

J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan  
Vol.I, n°2, Novembre 1991 : 61-70

**(5) INCIDENCES DE LA MODIFICATION DE LA CIRCULATION  
DES EAUX SUR L'HYDROCHIMIE ET LE DEGRE  
DE CONTAMINATION BACTERIENNE  
D'UN ESTUAIRE EUTROPHE TROPICAL**

**EFFECTS OF THE MODIFICATION OF THE WATERS CIRCULATION  
ON THE HYDROCHEMISTRY AND THE BACTERIAL CONTAMINATION  
LEVEL OF AN EUTROPHIC TROPICAL ESTUARY**

Par

**GUIRAL Daniel, KOUASSI Aka Marcel**  
Centre de Recherches Océanologiques  
BP V 18 Abidjan COTE D'IVOIRE

et

**ARFI Robert**  
Centre d'Océanologie de Marseille, Case 901  
Faculté des Sciences de Luminy  
13288 Marseille Cedex 9, FRANCE

**RESUME**

Pour contrôler la prolifération de la végétation aquatique flottante, en Côte d'Ivoire, une ouverture dans le cordon littoral a été pratiquée en septembre 1987 mettant ainsi en communication directe le fleuve Comoé avec l'océan. L'impact de cet aménagement sur l'hydrochimie (salinité, éléments nutritifs et biomasse chlorophyllienne) et le degré de contamination bactérienne a été étudié dans la zone proche du canal de Vridi. Avant la réouverture du grau de Bassam, les eaux du Comoé s'évacuaient dans l'océan par ce canal artificiel situé dans la ville d'Abidjan. L'étude comparative de deux cycles annuels en quatre stations avant (1985) et après (1987/88) l'ouverture du grau de Bassam (Analyses en Composantes Principales (ACP)) est discutée en fonction des précipitations et des débits du Comoé. Une première analyse globale montre l'importance de l'alternance saisonnière des influences continentale et océanique dans la définition de l'hydrobio-climat lagunaire. Au cours d'un cycle annuel, celui-ci évolue entre deux situations extrêmes "marin-non-pollué" et "continental-pollué". A cette organisation temporelle se surajoute un "effet station",

différenciant les baies à forte biomasse algale des chenaux à fort taux de renouvellement et biomasse plus faible. De nouvelles ACP réalisées sur deux stations caractéristiques de ces deux types de milieu ont mis en évidence des différences interannuelles. Dans les baies en 1987/1988, les concentrations en chlorophylle a sont significativement plus faibles. Cette diminution entraîne une augmentation des concentrations en P-PO<sub>4</sub> qui est alors peu immobilisé au sein de la biomasse algale. Pour les chenaux, l'année 1987/88 est caractérisée par des eaux superficielles plus fortement influencées par les apports continentaux en raison de précipitations très abondantes et anormalement réparties dans l'année. Cette influence continentale plus marquée et plus durable se traduit aussi par un degré de contamination bactérienne des eaux urbaines significativement plus élevé. Cette nouvelle situation hydrologique en partie créée par le détournement des eaux de crue du Comoé conduit à une péjoration de la qualité des eaux dans ce secteur de la lagune Ebrié, déjà fortement eutrophe et pollué. Cet aménagement repose ainsi avec plus d'acuité le problème du traitement et de l'évacuation des eaux résiduaires dans la ville d'Abidjan.

**Mots-clés :** *E. coli*, Entérocoques, *C. perfringens*, Milieu tropical, Pollution, Bactéries, Lagunaires Afrique de l'Ouest.

### ABSTRACT:

In order to control the proliferation of floating aquatic vegetation in Côte d'Ivoire, a coastal inlet, allowing a direct communication between the Comoe river and the ocean, was created in september 1987. The impact of this operation on the hydrochemistry (salinity, nutrients, algal biomass) and the bacterial contamination level was studied in the area close to the Vridi canal. Before the Bassam inlet creation, the Comoe river water was evacuated in the ocean through the Vridi canal located near the city of Abidjan. Comparative study of the two annual cycles, undertaken in four stations before (1985) and after (1987/88) the inlet installation, was carried out by means of principal component analysis (PCA). Then differences observed during these two annual cycles, were discussed in terms of rainfalls and river discharges. A first global analysis showed the importance of seasonal alternance of continental and oceanic inputs in the definition of the lagoonal hydroclimate. During an annual cycle, this hydroclimate varies between two extreme situations: "marine-non-polluted" and "continental-polluted". In addition to this temporal variation, a "station effect" differentiating high algal biomass bays from low renewal rate and low algal biomass channels is noticed. Further PCA, conducted on two stations representing these two types of environment, have evidenced interannual differences. In 1987/1988, in the bays, concentrations in chlorophyll a are significantly low. These low values lead to an increase of P-PO<sub>4</sub> concentrations. P-PO<sub>4</sub> is little immobilized within the algal biomass. With regard to channels, the year 1987/88 is characterized by surface waters strongly influenced by continental inputs, consecutively to abundant and abnormally distributed rainfalls. The strong and lasting continental influence leads to a significantly high bacterial contamination level of urban waters. This new hydrology, in part created by the diversion of Comoe river discharge, increased the eutrophication and pollution level of the Ebrié lagoon estuarine waters. The Bassam inlet creation puts again into question sewage treatment and waste disposal problems in the city of Abidjan.

**Key-Words :** *E. coli*, *Enterococcus*, *C. perfringens*, Tropical environment, West Africa, Coastal lagoons, Pollution, Bacteria.

### INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, afin de faciliter la navigation, d'améliorer l'évacuation des déchets urbains et d'augmenter les surfaces constructibles sur les berges, les autorités ivoiriennes ont modifié la morphologie et l'hydrologie de la lagune Ebrié (Fig. 1a).

En outre, pour lutter contre les végétations aquatiques flottantes qui envahissent périodiquement la lagune (Guiral et Etien, 1990), la Direction Centrale des Grands Travaux a procédé le 22 septembre 1987 à l'ouverture du Grau de Bassam, qui s'était spontanément fermé en juin 1954 (Varlet, 1978) consécutivement au percement du canal de Vridi en 1951 (Figure 1b). Cette réouverture devait à la fois permettre une évacuation directe des plantes vers l'océan, et en accélérant la remontée de la salinité des eaux lagunaires (par une pénétration marine plus précoce lors de l'étiage du fleuve Comoé), empêcher leur réinstallation ultérieure. En effet, les trois espèces (*Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta* et *Eichhornia crassipes*) qui posent en lagune Ebrié des problèmes écologiques mais aussi socio-économiques se développent quasi-exclusivement sur des eaux continentales, voire à très faible salinité (Guiral et Etien, 1990).

Cependant, le détournement de la majeure partie des eaux du Comoé qui assurait annuellement l'assainissement de la zone urbaine d'Abidjan (Lanuse et Guiral, 1988) pouvait présenter des effets négatifs vis-à-vis de la salubrité des eaux lagunaires. Antérieurement à la réouverture du grau de Bassam, on observait en saison des pluies un accroissement de la contamination bactérienne des eaux lagunaires résultant d'une augmentation des apports et d'un prolongement de la survie des bactéries lié à la dessalures des eaux (Lanuse, 1987). La crue, qui survenait lors de ce maximum annuel de contamination, contribuait à une élimination des bactéries d'origine fécale par effet de chasse.

Cette étude a pour but de déterminer l'impact de l'ouverture du grau de Bassam sur l'hydrochimie de la lagune Ebrié et le niveau de contamination bactérienne des eaux de surface. Les conséquences de ce percement vis-à-vis de la salubrité des eaux, seront mises en évidence en comparant les évolutions annuelles de densité de trois groupes de bactéries témoins de contamination fécale (*Escherichia coli*, entérocoques et *Clostridium perfringens*) antérieurement (1985) et postérieurement (1987/88) à cette ouverture. Les différences interannuelles des niveaux de pollution bactérienne seront analysées en fonction de l'évolution de divers paramètres physico-

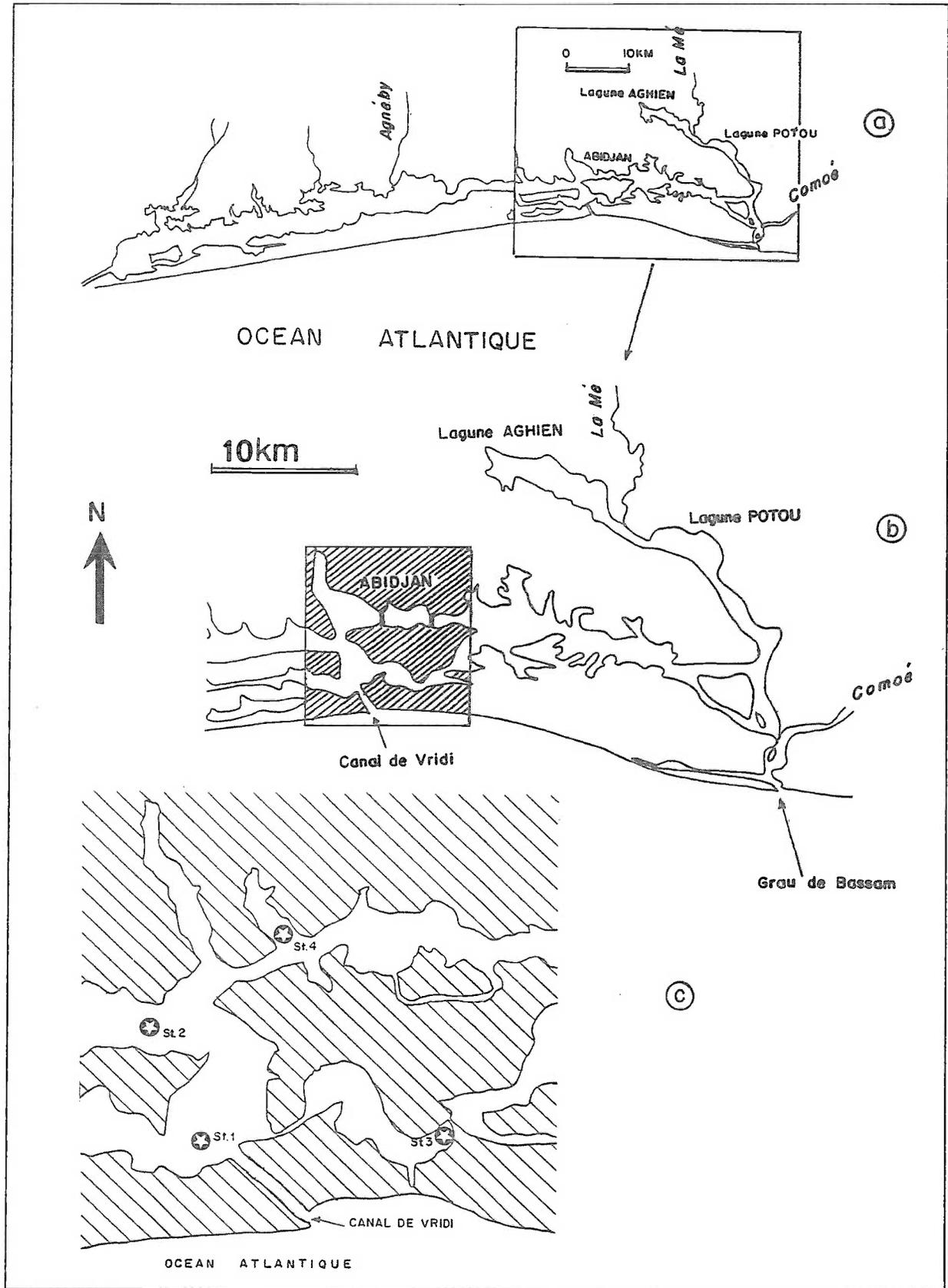


Figure 1 : L'écosystème lagunaire Ebré (a) ; La lagune Ebré du Canal de Vridi au grau de Bassam (b) et La zone estuarienne de la lagune Ebré (c).  
 The estuarine area of the Ebré lagoon (a) ; the Ebré lagoon from the Vridi canal to the Bassam inlet (b) and the estuarine area of the Ebré lagoon (c).

chimiques, permettant la caractérisation de l'hydrochimie de la zone estuarienne de la lagune Ebrié.

## 1 - MATERIEL ET METHODES

Quatre stations réparties le long de l'estuaire et situées respectivement à 1 (ST1), 5 (ST2), 8 (ST3), 8.5 km (ST4) du canal de Vridi et à 41, 37, 44,5 et 33,5 km du nouveau Grau de Bassam ont été prospectées (Fig.2). Vingt et une campagnes ont été réalisées en 1985 avec une fréquence bimensuelle et 52 en 1987/88 à raison de quatre prélèvements mensuels lors des basse et haute mers des périodes de morte-eau et vive-eau.

Les paramètres physico-chimiques étudiés sont la salinité, le pH, les concentrations en éléments nutritifs (N-NO<sub>2</sub>, N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub>-3, P-PO<sub>4</sub> et les biomasses phytoplanktoniques estimées par la charge en pigments chlorophylliens. Ces analyses ont été couplées à l'estimation des densités de trois groupes bactériens test de contamination fécale choisis parmi ceux les plus couramment utilisés en microbiologie de l'environnement (*E.coli*, entérocoques, *Clostridium perfringens*). Le protocole d'échantillonnage (prélèvements, conservation) et les méthodes d'analyses bactériologiques ont été précédemment décrits (Lanusse et Guiral, 1988; Kouassi et al. 1990). Les densités bactériennes ont été déterminées après ensemencement des échantillons d'eau sur des milieux de cultures spécifiques (milieu Désoxycolate Lactose, bioMérieux pour *E. coli* ; milieu D coccosel, bioMérieux pour les entérocoques; milieu Trypcase Sulfite Néomycine bioMérieux pour *C. perfringens*) soit directement après dilution décimale, soit après concentration sur des membranes filtrantes stériles. La salinité a été mesurée in situ par immersion d'une sonde YSI.

Les mesures de pH ont été réalisées à l'aide d'un pH-mètre Knick Portatest. Les composés azotés minéraux (ions ammonium, nitrite et nitrate) et les ions phosphates ont été dosés automatiquement à l'aide d'un autoanalyseur Technicon AA2, selon les modalités préconisées par Strickland et Parsons (1968). Les pigments chlorophylliens ont été dosés par fluorimétrie après extraction acétonique des pigments (Lorenzen, 1967).

L'ensemble des données (126 prélèvements, 11 variables) a été traité au moyen d'une Analyse en Composantes Principales (ACP).

La présentation et l'analyse des données correspondant aux campagnes 1985 et 1987/1988 ont fait l'objet de deux articles publiés antérieurement (Lanusse et Guiral, 1988; Kouassi et al. 1990). Les données pluviométriques et les caractéristiques hydrologiques du Comoé sont fournies respectivement par l'ORSTOM (station d'Adiopodoumé) et par la Direction des Ressources en Eau de Surface (DRES) du Ministère des Travaux Publics de Côte d'Ivoire.

## 2 - RESULTATS ET DISCUSSION

### 2.1. Apports continentaux

#### 2.1.1. Les précipitations

Au cours de l'année 1985, les précipitations s'élevaient à 1341 mm, tandis qu'en 1987/88, un total de 1763 mm était enregistré dans le sud de la Côte d'Ivoire (Station d'Adiopodoumé). Les déficits, comparativement au volume moyen des précipitations totales entre 1950-1980, étaient respectivement de l'ordre de 35% en 1985 et de 15% en 1987/1988. En 1985, les précipitations lors de la première saison des pluies (mai à juillet) représentaient 54% du total annuel (Tableau 1) et étaient trois fois plus importantes que celles enregistrées lors de la seconde saison des pluies (septembre à novembre). Cette répartition saisonnière était similaire à celle observée habituellement pour cette zone, caractérisée par un climat équatorial de transition (Durand et Chantraine, 1982). En 1987/88, la répartition des précipitations s'écartait très nettement de celle d'une année moyenne, avec des précipitations lors de la seconde saison des pluies (septembre à octobre) qui représentaient plus de 50% du total annuel, alors que la saison du maximum normal (mai-juillet) de précipitations ne contribuait qu'à 29% du total. Les apports atmosphériques au cours des mois de septembre et d'octobre 1987 ont été respectivement 9 fois et 19 fois plus importants que ceux enregistrés en 1985.

#### 2.1.2. Apports fluviaux du Comoé

Les volumes écoulés extrapolés à partir des débits enregistrés à Abradinou (correspondant à 82% du bassin versant total du Comoé) étaient de l'ordre de 6,4 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> en 1985 et de 6,1 10<sup>9</sup> m<sup>3</sup> en 1987/1988. Comparativement au volume moyen écoulé entre

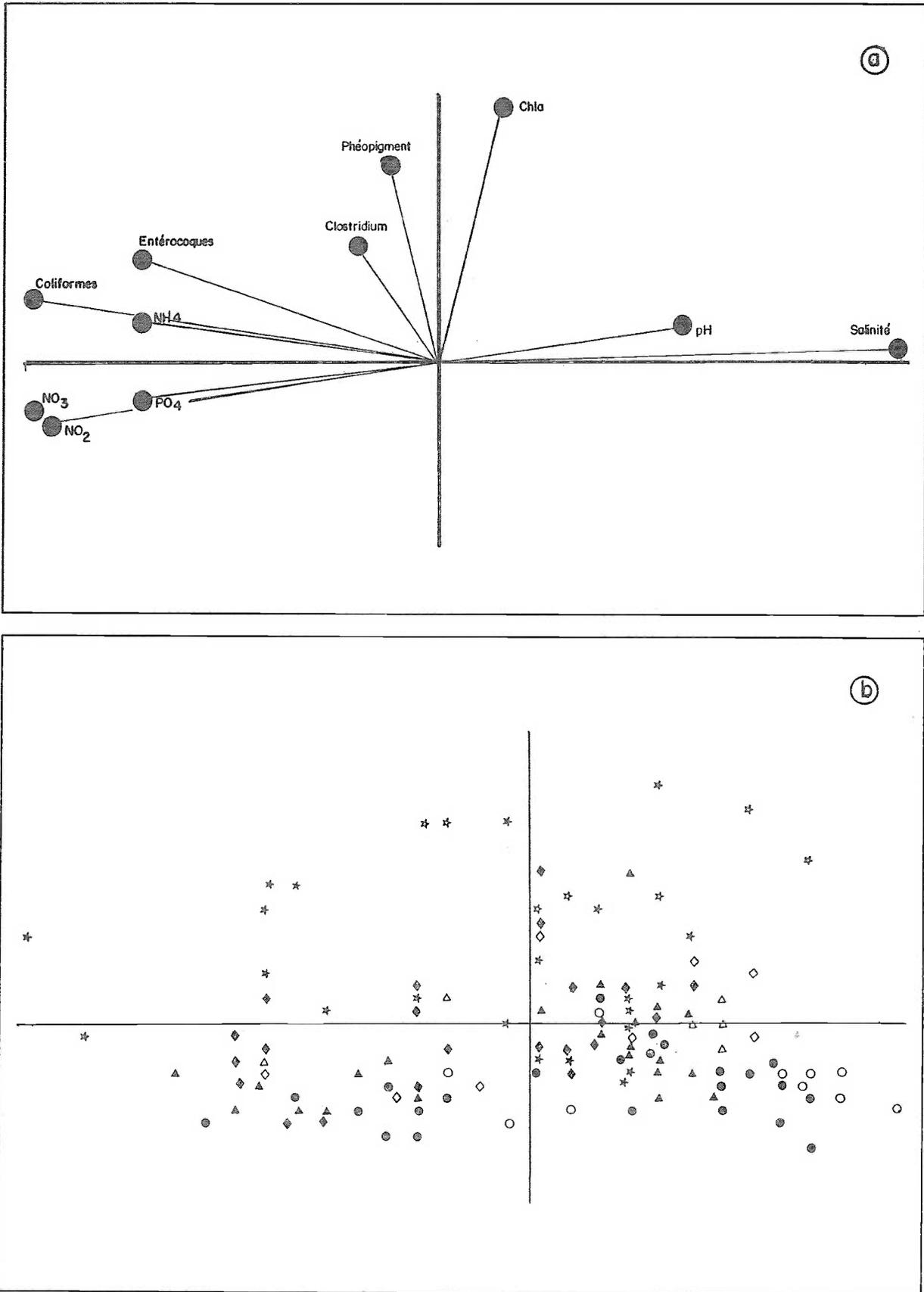


Figure 2 : Analyse en composantes principales se rapportant aux 4 stations étudiées. (St1 ○● ; St2 ▲▲ ; St3 ☆☆ ; St4 ◇◇ ) en 1985 (blanc) et 1987-1988 (noir) dans la zone urbaine de la lagune Ebré. (a) projection des variables ; (b) projection des observations.

Principal component analysis of 126 observations relative to the four stations (St1 ○● ; St2 ▲▲ ; St3 ☆☆ ; St4 ◇◇ ) sampled in 1985 (blank sign) and in 1987/88 (black sign) in the urban zone of the Ebré lagoon. (a) Projection of the

1950 et 1980, les apports fluviaux du Comoé à la lagune Ebrié, présentaient des déficits de 32 % et 35 % en 1985 et 1987/88. Alors que les précipitations étaient relativement plus importantes en 1987/88, on observe un déficit plus marqué des apports du Comoé. Ceci traduit l'indépendance qui existe entre le volume des précipitations près du littoral et le débit du Comoé compte tenu de l'importance de son bassin versant. Cependant, une augmentation sensible des débits était observée en septembre-octobre 1987, résultant du très important accroissement des précipitations sur le bas cours du fleuve (Tableau 2).

Dans le plan ainsi défini, six variables physico-chimiques et une variable bactériologique ont une contribution absolue élevée ; les densités d'entérocoques, de *C. perfringens* et les valeurs du PH contribuant peu à la définition de ce plan factoriel. Pour l'axe 1, 69% de la variance totale est expliquée respectivement par la salinité (0,20), les concentrations en nitrates (0,18) et en nitrites (0,14) et par les densités de *E. coli* (0,17). Pour l'axe 2, 82 % de la variance liée à cette composante est expliquée par les paramètres estimateurs de la biomasse chlorophyllienne: pigments chlorophylliens (0,35), chlorophylle a (0,29) et pheopigments (0,18).

Tableau 1 – Précipitations mensuelles (mesurées en millimètre) enregistrées à la station d'Adiopodoumé en 1985 et 1987–1988. (–) mois non considérés au cours de cette étude.

Monthly precipitations (measured in mm) recorded at the station of Adiopodoumé in 1985 and 1987–1988 (–) unconsidered months during the study.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1985	69.0	82.5	69.0	80.0	229.5	374.0	125.2	70.5	69.0	25.0	121.1	36.5
1987	-	-	-	-	-	-	84.5	40.5	592.5	284.5	51.5	30.0
1988	0.0	29.0	66.0	71.0	205.5	308.0	-	-	-	-	-	-

Tableau 2 – Débits mensuels moyens (en m<sup>3</sup>/s) du fleuve Comoé à la Station d'Abradinou en 1985 et 1987–1988 (le bassin versant à Abradinou correspondant à 82% du bassin versant total du Comoé). (–) mois non considérés au cours de cette étude.

Mean monthly discharges (in m<sup>3</sup>/s) of the Comoé river recorded at the Abradinous station in 1985 and 1987–1988 (the drainage basin at Abradinous corresponding to 82% of the total drainage basin of the Comoé river. (–) unconsidered months during the study.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1985	5.15	0.92	0.82	3.63	8.15	30.46	255.9	631.31	790.96	558.18	109.32	26.20
1987	-	-	-	-	-	-	61.66	320.53	1034.71	692.25	113.95	24.74
1988	7.48	2.244	2.16	5.04	11.10	41.87	-	-	-	-	-	-

### 2.1.3. Synthèse des données physico-chimiques et bactériologiques à partir des Analyses en Composantes Principales.

Les figures 3 représentent la projection des variables (3a) et des observations (3b) dans le plan défini par les deux premières composantes qui expliquent respectivement 27,8 et 22,2% de l'information totale. D'après le test de significativité des composantes (méthode du bâton brisé), seuls ces deux axes sont significatifs et seront pris en compte.

La structure ainsi définie s'articule selon deux pôles "marin-non-pollué" (forte salinité; faibles concentrations en sels nutritifs et en *E. coli*) et "continental-pollué" pour l'axe 1, et selon la biomasse chlorophyllienne pour l'axe 2.

La projection des observations dans ce plan 1–2 s'organise principalement en fonction de l'axe 1, et traduit l'alternance des influences continentale et océanique qui affecte saisonnièrement cette zone estuarienne. Aux périodes de fortes influences océaniques (eaux de surface plus salées, moins eutrophes et à plus faible contamination bactérienne) succèdent lors des périodes de précipitations, des eaux de type lagunaire (moins salées, à forte charge nutritive et

à niveau de contamination bactérienne élevé). Ce résultat confirme la relation déjà décrite entre la salinité des eaux lagunaires et leur niveau de contamination fécale, et ceci, particulièrement vis-à-vis de *E. coli* (Kouassi et al. 1990).

La diminution de contamination lors des périodes de salinité élevée résulte d'une dilution des eaux lagunaires polluées par des eaux océaniques à très faibles densités en bactéries d'origine fécale. Mais, elle peut aussi traduire une inaptitude croissante des cellules bactériennes à se développer sur les milieux de culture sélectifs utilisés pour leur numération. *E. coli*, bactérie de la flore intestinale, peut en effet entrer en dormance consécutivement à son transit dans un milieu hostile, et en particulier s'il présente une salinité élevée (Xu et al. 1982; Kouassi et al. 1990). A cette organisation essentiellement temporelle selon l'axe 1, se surajoute un "effet station" selon l'axe 2 et donc, selon la richesse phytoplanctonique des eaux. En effet, quelle que soit la saison, les observations de la station 4 et surtout de la station 3 sont fortement représentées dans le pôle "biomasse-chlorophyllienne-élevée" alors que les points représentant la station 1 et 2 sont plutôt caractérisés par leur faible biomasse algale.

Cette différence inter-station découle de l'importance du volume des rejets urbains (effluents domestiques et agro-industriels) qui sont déversés directement dans la lagune. Ces rejets constituent une source directe ou indirecte (après minéralisation bactérienne) de sels nutritifs, dont le rôle eutrophisant est d'autant plus important que ces déversements se réalisent dans des baies à faible taux de renouvellement comme les baies de Biétri (Station 3) ou de Cocody (Station 4).

Compte-tenu des très fortes variations intra-annuelles qui caractérisent les diverses stations étudiées, il n'est pas possible à partir de cette projection de mettre en évidence une éventuelle modification entre les années 1985 et 1987/1988. De ce fait, deux nouvelles ACP ont été effectués sur deux stations représentatives des situations estuariennes urbaines à faible (baie de Biétri: St.3) et plus fort (Canal de Vridi: St. 1) taux de renouvellement.

La figure 4 représente la projection des observations réalisées à la station 3 en 1985 et en 1987/88 dans le plan défini par les deux premiers axes, qui expliquent respectivement 29,6 et 14,0% de l'information totale. Comme précédemment, la structure ainsi définie s'articule selon deux pôles "marin-non pollué" et "lagunaire-pollué" pour l'axe 1, et pour l'axe 2, selon les pôles "forte biomasse algale et faible concentration en P-PO<sub>4</sub>" et "faible bio-

masse algale et forte concentration en P-PO<sub>4</sub>". Les contributions respectives des diverses variables sont respectivement :

- pour l'axe 1, la salinité (21,7%), les concentrations en sels azotes (N-NO<sub>3</sub> 21,2%; N-NO<sub>2</sub> 14,0%; N-NH<sub>4</sub>-3 11,7%) et les densités en *E. coli* (19,0%),

- pour l'axe 2, les concentrations en chlorophylle active (43,8%) et en P-PO<sub>4</sub> (19,7%).

L'opposition, qui est ainsi mise en évidence entre eau à forte salinité pauvre en sel azoté et eau à faible salinité riche en azote minéral, constitue une confirmation des travaux de Dufour et al. (1981). Ces auteurs ont en effet démontré que les eaux océaniques étaient fortement carencées en azote minéral comparativement aux eaux continentales (fluviales mais surtout atmosphériques). Cet élément contrôlait ainsi la production de la biomasse sestonique dans la zone estuarienne de la lagune Ebrié.

Dans cette analyse, les observations réalisées en 1985 se projettent préférentiellement vers le pôle "forte biomasse et faible concentration en P-PO<sub>4</sub>". Les concentrations moyennes annuelles de ces deux paramètres diffèrent en effet significativement pour les années 1985 et 1987/88. Les concentrations moyennes des eaux de surface étant respectivement pour la chlorophylle a de 60,5 µg/l en 1985 et de 41,5 en 1987/1988 et pour le P-PO<sub>4</sub> de 1,22 µmole/l en 1985 et de 2,91 µmole/l en 1987/1988. A partir de la relation reliant chlorophylle et phosphore particulière établie pour la zone estuarienne par Lemasson et al. 1981 (Pp en µmole/l = 0,218 (Chla)<sup>0,574</sup>), la diminution de la chlorophylle entre 1987/88 et 1985 correspond à une baisse de 1,18 µmole/l de P particulière. Ainsi, 70 % de l'augmentation des concentrations en P-PO<sub>4</sub> peuvent être attribués à la diminution de la biomasse algale.

En 1987/88, les observations se rapportant aux mois de fortes précipitations (juin, septembre, octobre, novembre) se situent dans le demi plan gauche défini par l'axe 2, et donc relativement proche du pôle lagunaire pollué. A l'opposé, les autres mois caractérisés par de faibles précipitations se projettent dans le demi plan droit et correspondent de ce fait à des eaux comparativement plus marines et moins polluées. Alors que les deux observations mensuelles (correspondant aux moyennes journalières des deux observations réalisées au cours de la basse-mer et haute-mer lors des mortes-eaux et vives-eaux) présentent des projections très voisines dans le plan, les eaux prélevées au cours du mois d'août correspondent à deux situations très différentes. Ce mois caractérisé par une très forte variabilité peut être considéré comme une période de transition.

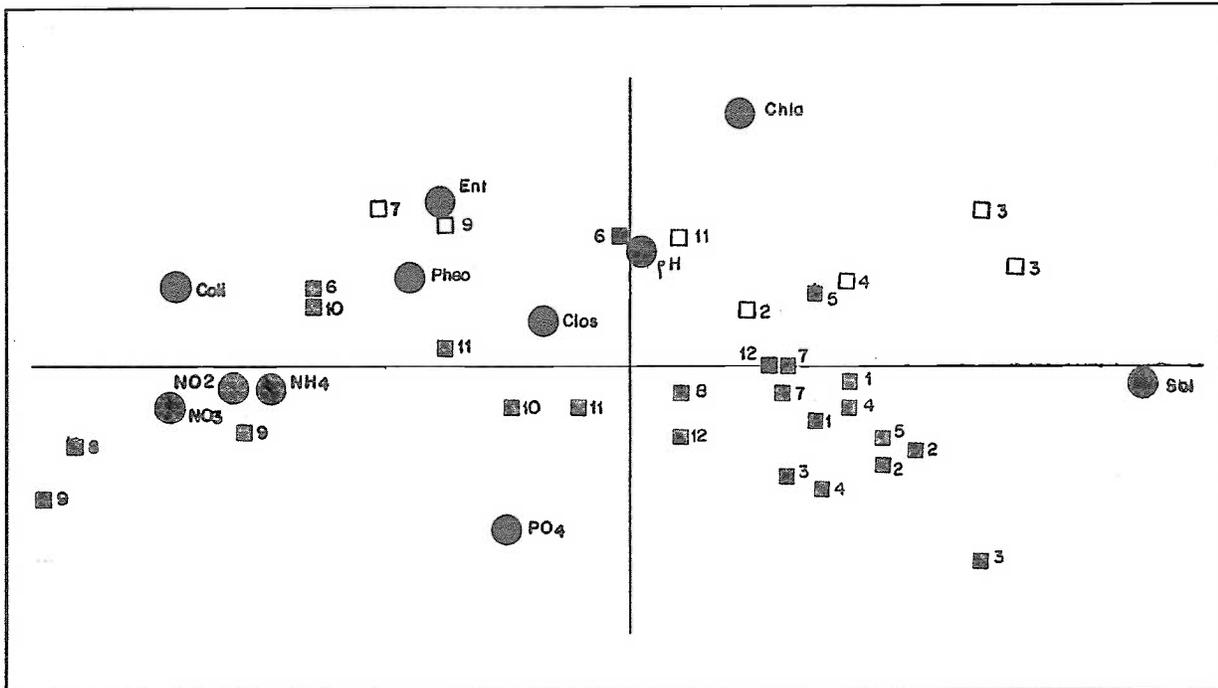


Figure 3 : Analyse en composantes principales des observations réalisées en 1985 (□) et 1987-1988 (■) à la st3 (les chiffres correspondent aux mois d'observation).  
Principal component analysis of the observations carried out in 1985 (□) and 1987-1988 (■) at st3 (the numbers correspond to the sampling months).

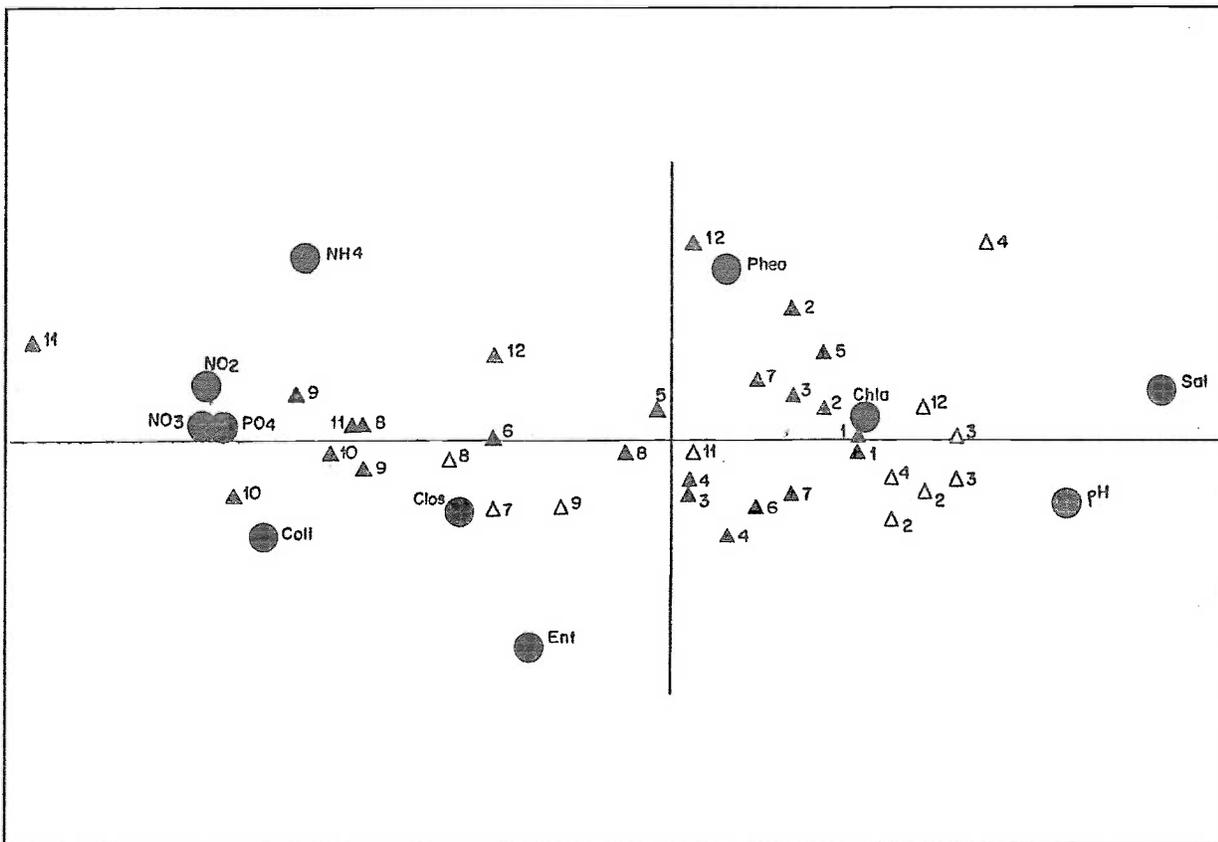


Figure 4 : Analyse en composantes principales des observations réalisées en 1985 (△) et 1987-1988 (▲) à la st1. (les chiffres correspondent aux mois d'observation).  
Principal component analysis of the observations carried out in 1985 (△) and 1987-1988 (▲) at st1. (the numbers correspond to the sampling months).

L'analyse en composante principale des observations effectuées dans l'axe du canal de Vridi (station 1) présente une organisation très similaire à celle décrite précédemment pour l'analyse des quatre stations (Fig. 5). Le premier axe expliquant 38,4% de l'information totale est en effet défini par les mêmes variables et on retrouve l'opposition d'un pôle "marin-non-pollué" et d'un pôle "continental-pollué". L'axe 2 correspondant à 13,2% de l'information est essentiellement expliqué par les concentrations en phéopigments (0,24) et en  $N-NH_4-3$  (0,26) et par les densités en entérocoques (0,33). Dans ce plan, les observations s'organisent surtout en fonction de l'axe 1 avec des projections en 1985 fortement représentées dans le pôle "marin-non-pollué". En particulier, les mois correspondant à la grande saison sèche (décembre, février, mars, avril) caractérisés par des salinités élevées et des densités en *E. coli* et en sels nutritifs très basses se projettent essentiellement à l'extrême gauche du plan factoriel. D'une manière générale, les diverses observations réalisées en 1987/88 se projettent à droite de leurs homologues de 1985. Ce décalage traduit une augmentation du caractère continental de la lagune Ebrié en 1987/88, qui s'accompagne d'un accroissement des charges en éléments nutritifs mais aussi de la pollution bactérienne des eaux de surface. Les densités moyennes annuelles de *E. coli* pour ce secteur strictement estuarien (après normalisation des données par transformation logarithmique et ajustement de la distribution par la droite des Probits) sont significativement différentes (test de Student;  $t = 7,18$  pour 71 ddl) et correspondent respectivement en 1985 et en 1987/88 à 3000 et 4350 colonies formant unité pour 100 ml.

## CONCLUSION

Paradoxalement, le détournement d'une partie de la crue du Comoé s'est soldé par un renforcement du caractère continental de la zone la plus estuarienne de la lagune Ebrié. La survie de *E. coli* dépendant de la salinité du milieu, cette modification de l'hydrochimie est aussi associée à une augmentation du degré de pollution des eaux de surface. Les eaux continentales transitant dans la zone estuarienne ont une double origine et correspondent aux précipitations locales et aux apports fluviaux. Ces derniers sont essentiellement représentés par le Comoé correspondant à 80% des apports fluviaux totaux à la lagune Ebrié (Guiral et Ferhi, 1989). En 1987/88, la diminution des

apports du Comoé et son détournement partiel par l'ouverture du grau de Bassam ne peuvent en aucune manière expliquer l'augmentation des influences continentales dans la zone urbaine d'Abidjan. De ce fait, l'accroissement du volume de précipitations locales et le caractère atypique de leur répartition annuelle sont probablement à l'origine de ce phénomène. Les précipitations exceptionnelles des mois de septembre et octobre 1987 dans le sud de la Côte d'Ivoire ont ainsi profondément modifié l'hydrochimie lagunaire. En limitant les intrusions océaniques en lagune lors de la grande saison sèche, elles ont permis le maintien d'une eau lagunaire relativement douce et fortement polluée dans la zone urbaine. En outre, la diminution probable du volume des eaux de crue, a contribué à une relative stagnation de ces eaux pluviales à forte charge polluante. Bien que non exclusivement liée à l'ouverture du grau de Bassam, la nouvelle situation hydrologique analysée en 1987/88 permet cependant de considérer ce nouvel aménagement comme un facteur de détérioration de la qualité bactériologique des eaux lagunaires dans la ville d'Abidjan.

En saison sèche, l'assainissement de cette zone est assuré par les processus d'auto-épuration et par les intrusions d'eaux marines par le canal de Vridi agissant comme facteur de dilution et comme agent bactériostatique. En cas de précipitations locales tardives qui limitent les pénétrations marines, l'élimination des flores témoins de contamination fécale et/ou pathogènes n'est plus assurée que par des mécanismes d'ordre biologiques (prédation, compétition).

En effet, compte tenu de la turbidité des eaux, l'action bactéricide des ultraviolets est très limitée dans ce type de milieu. Ainsi lors de fortes précipitations locales, la zone urbaine de la lagune Ebrié, à vocation touristique mais aussi voie de communication très importante, fonctionne selon des principes proches de ceux observés au sein des bassins d'une station d'épuration par lagunage.

Si les effets de l'ouverture du grau de Bassam sur le contrôle des végétations aquatiques flottantes sont suffisamment performants pour justifier le maintien de cette communication, il importe de très rapidement repenser dans son ensemble le schéma d'assainissement de la ville d'Abidjan. En effet, pour des raisons de santé publique et d'esthétisme et en l'absence de stations d'épuration, la lagune Ebrié ne peut en aucun cas être utilisée comme un bassin de lagunage pour le traitement de l'ensemble des effluents urbains.

## BIBLIOGRAPHIE

- Arfi, R., Dufour Ph. et Maurer, D., 1981  
Phytoplancton et pollution: premières études en baie de Biétri (Côte d'Ivoire). Traitement mathématique des données Oceanologica Acte 4: 319-329.
- Arfi, R., Guiral, D. et Torretton, J.P., 1990 -  
Cycle hydrologique annuel d'une baie lagunaire eutrophe: la baie de Biétri (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Rev. Hydrobiol. Trop. 22 : 263-273.
- Dufour, Ph. et Slepoukha, M., 1975 -  
L'oxygène dissous en lagune Ebrié: influences de l'hydroclimat et des pollutions. Doc. Scient. C.R.O. Abidjan 6 : 75-118.
- Dufour, Ph. Lemasson, L. et Cremoux, J.L. 1981 -  
Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. II. Variations géographiques et saisonnières. J. Exp. Mar. Biol. 51: 269-284.
- Durand, J.R. et Chantraine, J.M., 1982 -  
L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. Rev. Hydrobiol. Trop. 15: 85-113.
- Guiral, D. et Etien N., 1990 - Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. in Durand, J.R., Dufour, Ph. et Zabi, S. (Ed.): Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire 2 - Le milieu lagunaire, sous presse.
- Guiral, D. et Ferhi, A., 1989 - Caractérisation ionique et isotopique d'un système hydrologique tropical: la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Oceanol. Acta 12: 47-55.
- Kouassi, A.M., Guiral D. et Dosso, M., 1990 -  
Variations saisonnières de la contamination microbienne de la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne: cas de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Rev. Hydrobiol. Trop. 23: 179-192.
- Lanusse, A., 1987 - La contamination microbienne d'une lagune tropicale (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) Influences de l'hydroclimat - Thèse Univ. Aix-Marseille I. 147 p.
- Lanusse, A. et Guiral, D., 1988 - Suivi annuel de la contamination bactérienne et virale des eaux et des sédiments lagunaires au niveau d'Abidjan. Oceanis 14: 71-87.
- Lemasson, L., Pagès, J., Dufour, Ph. et Cré-moux, J.L., 1981.- Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. Rev. Hydrobiol. Trop. 14: 191-212.
- Lorenzen, C.J., 1967 - Determination of chlorophyll and phaeopigments: spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. 12: 343-346.
- Pagès, J., Dufour, Ph. et Lemasson, L., 1980 -  
Pollution de la zone urbaine de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Doc. Sc. C.R.O. Abidjan 11: 79-107.
- Strickland, J. et Parsons, T., 1968 - A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167, 310 p.
- Varlet, P. 1978. Le régime de la lagune Ebrié. Trv. Doc. O.R.S.T.O.M. 83: 162 p.
- Xu, H.S., Roberts, N., Singleton, F., Atwell, R., Grimes, D. et Colwell, R., 1982 - Survival and viability of non-culturable *E. coli* and *V. cholerae* in the estuarine and marine environment. Microbiol. Ecol. 8: 313-323.