

*Spécial - Plantes
Aquatiques Envahissantes*

JOURNAL IVOIRIEN D'OCEANOLOGIE ET DE LIMNOLOGIE

VOLUME 1 – N° 2

NOVEMBRE 1991



cro

CENTRE DE RECHERCHES
OCEANOLOGIQUES
ABIDJAN

JOURNAL IVOIRIEN D'OCEANOLOGIE ET DE LIMNOLOGIE

**CENTRE DE RECHERCHES OCEANOLOGIQUES
B.P. V 18 ABIDJAN, COTE D'IVOIRE**

Tél. (225) 35.50.14 – 35.58.80 ; Fax : (225) 35.11.55

Le Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie qui remplace les «Documents Scientifiques» du Centre de Recherches Océanologiques est une revue qui publie deux fois par an en français et en anglais les résultats de travaux dans les domaines des eaux marines, saumâtres et continentales.

The «Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie» which replaces the «Documents Scientifiques» of Oceanologic Research Center is a journal publishing twice a year in French and in English, results of work in the fields of marine, brackish and continental waters.

Directeur de la Revue : Bard F.X. ; Directeur du CRO d'Abidjan.

Rédacteur en Chef : Amon Kothias J.B.

Comité de Rédaction : Amon Kothias J.B., Bard F.X., Guiral D., Hié Daré J.P., Koffi K.P.,
Konan J., Luquet P., Zabi S.G., Soro M.B.

Secrétariat d'Edition : Sankaré Y., Soro M.B.

Comité de lecture : Aké Assi (UNCI, Abidjan, Côte d'Ivoire), Bard F.X. (CRO, Abidjan, Côte d'Ivoire), Castaing P. (Univ. Bordeaux I, France), Caumette P. (Univ. Bordeaux I, France), Charbonnel Y. (Univ. P. Sabatier, France), Charles-Dominique E. (ORSTOM, Montpellier, France), Dufour Ph. (ORSTOM, Thonon, France), Guelorget O. (Univ. Montpellier II, France), Guiral D. (CRO, Abidjan, Côte d'Ivoire), Legendre M. (CEMAGREF- Montpellier, France), Le Loeuf P. (IFREMER-Nantes, France), Levêque C. (Mus. Nl. Hist. Nat., France), Lhomme F. (ORSTOM-Cayenne, Guyane), Lorougnon Guédé (UNCI, Abidjan, Côte d'Ivoire), Mallet B. (CTFT, Abidjan, Côte d'Ivoire), Room P.M. (CSIRO, Australia), Rossi G. (Univ. Bordeaux, France), Traoré Dossahoua (UNCI, Abidjan, Côte d'Ivoire), Zabi S.G. (CRO, Abidjan, Côte d'Ivoire).

Impression : Service de Reprographie du C.R.O. d'Abidjan, B.P. V 18 Abidjan, Côte d'Ivoire

Revue d'Imprimerie Africaine
18 BP 1010 Abidjan 18, Côte d'Ivoire
Tél. (225) 45.44.57 ; Fax : (225) 45.01.08

Tarif d'abonnement (2 numéros par volume)/Subscription price (2 issues per volume)

4000 FCFA ou 80 FF

(Port avion en sus/Plus air postage)

**JOURNAL
IVOIRIEN
D'OCEANOLOGIE
ET DE
LIMNOLOGIE**

**CENTRE DE RECHERCHES OCEANOLOGIQUES
ABIDJAN - 1991**

**CENTRE DE RECHERCHES OCEANOLOGIQUES
ABIDJAN - 1991**

VOLUME I, N°2, NOVEMBRE 1991

**Catalogage dans la publication
Centre de Recherches Océanologiques
Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie, 1 (2)
Abidjan, CRO, 1991, 1-xx**

Maquette de couverture : Barro I. et J.B. Amon Kothias
© CRO : CENTRE DE RECHERCHES OCEANOLOGIQUES

Tous droits d'adaptation, de traduction et de reproduction
par tous procédés réservés pour tous pays.

Dépôt légal n°ED.IMP. 105 362 - 4ème trimestre 1991

P R E F A C E

Le **Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie** qui vous est présenté se veut à la fois une continuation et une nouveauté.

Une continuation, puisqu'il s'agit d'un ouvrage qui est dans la filiation directe des anciennes publications du Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan (CRO). Ces publications, produits des Editions Scientifiques du Centre sont parues de 1966 à 1990 avec des périodicités variées.

Les **Documents Scientifiques Provisoires** ont été publiés de 1966 à 1969 sous forme de 39 numéros.

Le souci de maintien de la valeur scientifique, garanti par un Comité de Lecture et des arbitres extérieurs, a conduit à faire fléchir le rythme de publication. Ainsi, de 1970 à 1989, les **Documents Scientifiques** ont été publiés sous forme de 17 volumes regroupant 31 numéros.

A côté de ces deux séries qui constituent l'oeuvre majeure des Editions Scientifiques du CRO, sont publiés les **Archives Scientifiques** et les **Notes à Diffusion Restreinte**.

Les **Archives Scientifiques** paraissent depuis 1976 (13 volumes, regroupant 44 numéros). Il s'agit de documents parfois volumineux, contenant des données de base de toutes sortes, de mesures, des prélèvements effectués dans les eaux ivoiriennes. La relative rareté des données issues des milieux aquatiques tropicaux confère à ces documents une grande valeur. On peut penser que l'archivage, tout en adoptant des formes plus modernes restera une pratique pertinente.

Les **Notes à Diffusion Restreinte** paraissent depuis 1982 et permettent de diffuser des informations scientifiques et techniques qu'il est convenu de nommer «littérature grise». Beaucoup ont parfois été bien heureux d'avoir eu accès à une telle source d'information.

Il est dans les intentions des Editions du CRO de poursuivre à un rythme raisonnable ces deux derniers types de publications, tout en favorisant bien sûr les contributions au Journal.

La nouveauté est donc la transformation des **Documents Scientifiques**, dont le seul titre même faisait vieillot, en un Journal d'Océanologie et de Limnologie. Ce titre affiche une ambition claire : ne plus se restreindre aux seuls domaines marin et lagunaire, mais être un Journal de l'hydrosphère tropicale.

Cet appel aux publications, dans le domaine des eaux continentales, nous a paru logique et nous espérons qu'il sera entendu des chercheurs travaillant dans ce domaine.

Parlons maintenant des enjeux dont le journal espère être le porteur.

Deux grandes nécessités de recherche existent pour les années à venir, dans les pays tropicaux pourvus d'une façade maritime, ou de grandes collections d'eau, telle que la Côte d'Ivoire.

D'une part, tirer le meilleur parti de ses ressources aquatiques, vivantes et minérales :

- On pense d'abord à la pêche. Selon une terminologie désormais classique, il s'agit de pratiquer le bon usage d'une ressource naturelle renouvelable. Il y a là, bien sûr, matière à de nombreux articles sur l'exploitation des écosystèmes tropicaux ;

- Il s'y ajoute naturellement l'aquaculture qui est loin d'avoir épuisé ses potentialités de développement en Afrique ;

- Enfin les études sur l'exploitation des ressources minérales en mer côtières tropicales ne sauraient être négligées.

D'autre part, se préoccuper de la compréhension et de la sauvegarde de ce qu'il est convenu de nommer «l'Environnement». Bien sûr, est ici concerné le milieu aquatique mais également ses interactions avec les écosystèmes environnants.

L'interdépendance de tous les milieux de la biosphère, des pôles à l'équateur, est désormais connue, et le devenir commun des hommes passe par la préservation globale de ceux-ci. Car nous le savons tous désormais, et comme l'a condensé en une formule frappante J.Y. Cousteau :

«Nous n'avons qu'une seule terre»

Le Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie se veut donc le relais de toutes sortes de publications sur la Biologie, l'Ecologie, la Chimie des pollutions ..., tous les travaux en zone tropicale, qui portent en eux la finalité d'une telle gestion globale à laquelle il faudra bien arriver un jour.

Les Editeurs du Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie attendent donc avec confiance, la soumission d'articles qui puissent tirer parti de son caractère original de Journal des Eaux tropicales, mais sans exclusive. Il s'agit d'une grande ambition, aux contraintes de laquelle ils tenteront de faire face. Que les auteurs et les lecteurs veuillent bien s'associer à cette oeuvre.

La Direction du CRO

AVANT - PROPOS

Antérieurement à 1983, la végétation aquatique flottante en lagune Ebrié ne comprenait que deux espèces (*Pistia stratiotes* et *Echinochloa pyramidalis*) et n'était observée que dans les régions influencées par les fleuves alimentant la lagune (zone de Dabou par la rivière Agnéby et zone de Grand-Bassam par le fleuve Comoé).

A partir de 1984, une fougère aquatique, *Salvinia molesta*, a été observée sporadiquement dans la partie Est de la lagune Ebrié avec comme foyer d'origine la lagune d'Ono, diverticule du fleuve Comoé. Depuis cette aire géographique très restreinte, cette espèce a très rapidement proliféré avec des densités et des taux de recouvrement maximaux atteints en 1986.

Cette période a coïncidé avec l'apparition des premiers plants d'*Eichhornia crassipes* (jacinthe d'eau) en lagune. Il semble que cette espèce ait été introduite par des horticulteurs d'Abidjan qui méconnaissaient ses extraordinaires capacités de croissance ainsi que la multiplicité des problèmes écologiques et socio-économiques qu'elle a posés et pose dans tous les pays où elle a été introduite. En lagune Ebrié, elle est entrée en compétition avec *S. molesta* qui a ainsi été progressivement éliminée de l'ensemble des eaux douces et à faible salinité. L'aire de répartition d'*E. crassipes* s'est ensuite étendue à divers fleuves. Cette espèce est maintenant devenue pérenne sur plusieurs lacs de barrage de Côte d'Ivoire.

Les autorités ivoiriennes, sensibilisées par les populations riveraines dans l'incapacité de se déplacer ou d'exploiter la lagune, ont décidé l'étude de ce phénomène biologique nouveau particulièrement spectaculaire à Abidjan, lors de l'évacuation des eaux de crue du fleuve Comoé par le canal de Vridi. Sa nouveauté résidait à la fois par la nature des espèces en présence et par l'importance spatiale et temporelle de ces invasions successives. En effet, tant que les conditions hydrochimiques des eaux lagunaires sont compatibles avec une croissance de ces plantes, elles se multiplient dans les nombreuses baies situées au nord de la lagune (en raison de l'axe général du vent) étendant sur une période relativement longue la présence de ces végétations flottantes sur le plan d'eau.

Face à l'ampleur du phénomène et à l'inefficacité des solutions de ramassage manuel ou mécanique au coût élevé, l'ouverture de l'ancienne embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam a été décidée, avec comme objectifs :

1 - l'évacuation directe des plantes vers l'océan ;

2 - l'accélération de la remontée saline dans le secteur situé à proximité de l'embouchure, en lagune, du fleuve Comoé. Des études réalisées au CRO avaient en effet montré que ces plantes d'origine continentale présentaient une grande sensibilité vis-à-vis des conditions physico-chimiques du milieu et en particulier de la salinité des eaux.

Ainsi le CRO a été chargé par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique d'étudier les végétations aquatiques en vue de leur contrôle et les conséquences écologiques (au sens large) de l'ouverture du Grau de Bassam.

La première partie de cette étude financée par le BSIE Transport maritime (décision prise lors du Conseil des Ministres du 15 Octobre 1986 et marché de gré à gré signé le 2 Octobre 1987 avait pour objectif :

1 - La réalisation de cartographies mensuelles de l'extension des végétations aquatiques flottantes.

2 - L'étude de l'impact sur l'assainissement de la ville d'Abidjan du détournement des eaux de crue du fleuve Comoé.

3 - L'étude de la dynamique sédimentaire consécutivement à l'ouverture du Grau de Bassam ; étude reposant sur la réalisation de cartes bathymétriques et des faciès sédimentaires.

4 - La réalisation et la pose d'un barrage flottant de 320 m de longueur à Grand-Bassam par le SAMARPOL.

La seconde partie a été financée à la demande du Gouvernement de la République de Côte d'Ivoire par le Fond d'Aide et Coopération français (Protocole de Financement du 11 Décembre 1986) et devait déterminer ou rechercher :

1 - La résistance potentielle de *S. molesta* à la salinité.

2 - La définition de moyens de lutte chimique contre les végétations aquatiques. Ce volet comprenait l'identification de la molécule la plus efficace et la recherche de sa concentration d'emploi optimale : dose efficace sur la plante et innocuité par rapport à l'environnement.

3 - La recherche d'informations susceptibles d'aboutir à des moyens de lutte ou de contrôle biologique (étude des organismes spontanément associés aux plantes flottantes en Côte d'Ivoire et recherche bibliographique).

Ce numéro spécial du Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie regroupe l'ensemble des travaux réalisés au CRO sur les végétations aquatiques flottantes de 1985 à 1990. Outre la synthèse de ces travaux, il comporte quinze documents qui traitent :

- de l'expansion, de la biologie et de l'écologie de ces plantes ;
- des effets de l'ouverture de la passe du fleuve Comoé ;
- des méthodes de lutte chimique et biologique.

La Direction du Centre

SYNTHESE DES TRAVAUX

**SYNTHESE DES TRAVAUX EFFECTUES AU CRO
SUR LES VEGETATIONS ENVAHISSANTES FLOTTANTES (1985-1990).
PROPOSITIONS et RECOMMANDATIONS.**

**SYNTHESIS OF STUDIES BY THE CRO ON FLOATING
AQUATIC WEEDS (1985-1990).
PROPOSITIONS AND RECOMMANDATIONS**

Par

**BARD F. X., D. GUIRAL
J.B. AMON KOTHIAS et Ph. K. KOFFI
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)**

---ooOoo---

1 - INTRODUCTION

Le présent document constitue une synthèse des connaissances scientifiques acquises au cours des années 1985-1990 par le Centre de Recherches Océanologiques (CRO) de Côte d'Ivoire sur le phénomène de prolifération des macrophytes aquatiques, dénommés communément "végétations envahissantes flottantes", en lagune Ebrié.

Dès 1983, avec le soutien de l'ORSTOM, le CRO, en raison de sa mission de service public, avait commencé des études biologiques et écologiques sur le phénomène. Par la suite, ses compétences ont été sollicitées par le Comité National de l'Environnement du Gouvernement de la Côte d'Ivoire, afin de contribuer à la lutte contre les végétations envahissantes flottantes. Dans ce cadre, le CRO a bénéficié de financement du BSIE (Budget Spécial d'Investissement et d'Equipe-ment) et de la MAC (Mission d'Aide et de Coopération française) et a mené des études de 1987 à 1990, plus particulièrement orientées sur l'impact de la réouverture artificielle de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam.

Ces circonstances ont permis de suivre le phénomène sur six ans. L'ensemble

des résultats scientifiques fait l'objet d'une publication spéciale du Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie (J.I.O.L.) comportant 15 documents (dont les résultats sont ici résumés). Dans la suite du texte ces documents seront référencés par des numéros, de 1 à 15.

Il a semblé utile de présenter en guise de conclusion générale une synthèse de l'ensemble de ces contributions scientifiques en les replaçant dans un contexte concret visant à éradiquer, ou au moins à réduire l'abondance de ces macrophytes.

Les résultats obtenus, les leçons des échecs et l'amélioration des connaissances sur le fonctionnement de l'écosystème lagunaire sont ainsi mis à disposition des responsables politiques, économiques et sociaux de Côte d'Ivoire. De plus, la très large expansion géographique de ces macrophytes fait que les éléments exposés ici peuvent également être utiles à d'autres pays, plus particulièrement en Afrique de l'Ouest, où des problèmes similaires sont rencontrés.

2 - HISTORIQUE

La prise de conscience en Côte d'Ivoire de ce que les macrophytes flottants pouvaient constituer une nuisance pour le milieu lagunaire date du début de la décen-

nie 1980. A l'origine, il ne s'agissait que d'une seule espèce: *Pistia stratiotes*, endémique aux cours d'eaux ouest-africains. Celle-ci était entraînée par les crues du fleuve Comoé et de la rivière La Mé en lagune Ebrié orientale jusque dans la zone lagunaire estuarienne de la ville d'Abidjan. Cependant, cette prolifération indésirable était toujours restée assez lâche.

Par la suite, en 1984, est apparue en lagune Ono une fougère flottante, *Salvinia molesta*, espèce étrangère aux écosystèmes ouest-africains, originaire d'Amérique du Sud. Sa prolifération a affecté dès 1985 le réseau lagunaire Ebrié oriental. Ceci a fait craindre une invasion massive susceptible de constituer une gêne importante des activités économiques lagunaires. En outre, une extension possible aux lacs de Côte d'Ivoire n'était pas à écarter.

Le CRO avait alors commencé des études du processus d'invasion et une évaluation des possibilités de lutte contre *P. stratiotes* puis contre *S. molesta*.

Mais à la fin 1986, une troisième invasion, de loin la plus importante, par des jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*) s'est produite en Côte d'Ivoire.

Cette espèce, originaire d'Amérique du Sud constitue un réel fléau pour de très nombreux plans d'eau et fleuves tropicaux ou subtropicaux, en Afrique et en Asie. Par son fort taux de recouvrement, elle crée en particulier un sérieux obstacle à la navigation fluviale. On peut citer à titre d'exemple le cas des cours inférieurs des fleuves Nil et Zaïre très affectés, et ceci dès les années 1965.

L'invasion du domaine lagunaire ivoirien a été très rapide, débutant apparemment en lagune Ebrié orientale et dans le bas cours du fleuve Comoé, et s'étendant par la suite à d'autres parties de la lagune. L'origine de cette invasion pourrait avoir été une importation dans la région d'Abidjan par des horticulteurs imprudents.

Lors de l'une des réunions de la Commission Nationale pour l'Environnement, il avait été proposé un moyen de lutte supposé radical, consistant en la réouverture de l'ancienne embouchure du fleuve Comoé, près de la ville de Grand Bassam. Cet ancien exutoire du fleuve s'était colmaté progressivement à la suite de l'ouverture du canal de Vridi (Varlet, 1978). La réouverture proposée devait permettre, lors de la crue du fleuve, l'évacuation directe vers la mer des macrophytes qui en encombraient le bas

cours. La pose de barrages flottants en amont d'Abidjan, à Moossou, à Bonoua et à Ebra, pour retenir les amas dérivants de plantes devait compléter ce dispositif.

La proposition de réouverture de l'embouchure avait suscité de la part du CRO des réserves, essentiellement motivées par deux risques potentiels :

.- D'une part, le risque que le chenal ainsi créé soit de nature instable voire divagante sauf ouvrages spéciaux pour le contenir ;

- D'autre part, le risque de perturbation de l'écoulement du flux du fleuve Comoé à travers Abidjan qui assure un assainissement naturel du milieu lagunaire urbain.

Il avait alors été convenu que le CRO serait chargé d'un suivi de l'évolution de cette passe et d'une étude d'impact de cette opération sur l'assainissement du milieu lagunaire urbain.

Par ailleurs, le CRO était encouragé à poursuivre les études biologiques et écologiques du phénomène d'invasion, ainsi qu'à évaluer les possibilités de lutte chimique par épandage de produits phytotoxiques, ou biologiques par introduction de prédateurs spécifiques.

L'ouverture de la passe de Bassam a été activement menée par la Direction et Contrôle des Grands Travaux (DCGTx) et a été effective le 22 Septembre 1987. Le succès de l'évacuation des jacinthes d'eau qui engorgaient totalement le bas cours du fleuve Comoé a été remarquable avec la vidange de crue. Toutefois cette crue brutale a induit l'érosion des berges de la rive droite et a provoqué des destructions de maisons dans un quartier limitrophe (Quartier France) de Grand-Bassam.

L'évacuation des jacinthes d'eau s'est poursuivie seulement l'année suivante. Le chenal s'est, en effet, refermé durant le premier semestre de l'année 1989.

3 - CARTOGRAPHIE DE L'EXPANSION DES VEGETATIONS FLOTTANTES

De 1986 à 1989 le CRO a effectué des survols aériens réguliers du complexe lagunaire oriental Ebrié, afin de suivre l'évolution de l'envahissement par les trois espèces. La distinction entre celles-ci était aisée et cela a permis de cartographier leur

répartition spatiale. Le document 1 regroupe et analyse l'ensemble de ces cartographies.

Il en ressort que le couvert végétal observé en lagune est essentiellement constitué de jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*). Celles-ci se développent à partir de deux poches dulçaquicoles qui sont le bas cours du fleuve Comoé avec son diverticule la lagune Ono et le bas cours de la rivière La Mé. Ces sites n'ont pas été affectés par l'ouverture du grau du fleuve Comoé à Grand-Bassam alors que celle-ci a provoqué :

- l'évacuation en mer des jacinthes d'eau (*E. crassipes*) de l'estuaire du fleuve ainsi que de la végétation aquatique des berges telle *Echinochloa pyramidalis* ;
- le dépérissement par intrusion saline des végétations flottantes (*E. crassipes*) de la partie orientale de lagune Ebrié.

4 - BIOLOGIE ET ECOLOGIE DES MACROPHYTES

C'est l'objet des documents 2 et 3. Il s'agit de résultats généraux.

Le premier document décrit en détail les végétations initiales des berges lagunaires et leur évolution consécutivement à l'invasion par *Salvinia molesta* puis *Echhornia crassipes*.

Le second document étudie la croissance de *S. molesta*, qui n'avait jamais été estimée dans le contexte climatique ouest-africain. On relève que *S. molesta* est relativement plus tolérante à la salinité que *E. crassipes*. Cette observation confirme la menace potentielle que représente *S. molesta* pour les secteurs oligohalins de l'ensemble des lagunes ivoiriennes. Il s'agit en particulier en la lagune Ebrié, des secteurs situés à l'ouest de la digue de Jacquville, et du complexe Aby-Tendo.

5 - EFFETS DE L'OUVERTURE DE LA PASSE DU FLEUVE COMOÉ A BASSAM

5.1. Elimination des macrophytes

Le résultat recherché, l'élimination des macrophytes, essentiellement constitués des jacinthes d'eau, a été atteint, par le jeu de plusieurs facteurs : flux du fleuve Comoé, barrages flottants et remontée de la salinité dans le bas cours du fleuve.

La partie superficielle du flux du fleuve Comoé s'est écoulée en mer à travers la passe, en entraînant la majeure partie des jacinthes d'eau accumulées dans le bas cours du fleuve. Ce qui était le principal but recherché. La proportion de la biomasse ainsi évacuée n'a toutefois pas pu être estimée exactement.

Le fleuve Comoé ne s'est pas pour autant complètement détourné de son trajet antérieur vers l'ouest, traversant Abidjan et débouchant au Canal de Vridi. En effet, si les sédiments proche de la passe ont été remis en suspension et les plus fins évacués vers la mer, l'ancien chenal du fleuve Comoé vers l'Ouest s'est maintenu (Document 4). Ce chenal subsistant a probablement canalisé une partie importante du flux du fleuve Comoé vers Abidjan. A ceci s'est superposé le jeu des marées.

Ces divers flux devaient être calculés sur la base de relevés courantométriques en continu. Cela n'a pas été possible. Toutefois, selon des mesures ponctuelles disponibles, les vitesses résiduelles intégrées sur l'ensemble des deux bras confirment que la majeure partie du flux s'est maintenue vers Abidjan (Document 4).

De ce fait, une autre partie des amas de jacinthes d'eau a dérivé vers Abidjan. Il semble que le vent, de dominante Sud-Ouest ait aussi joué un rôle important. Les amas de jacinthes ayant une forte prise au vent ont été repoussées vers le Nord-Est, ce qui a favorisé leur transport par l'ancien cours du fleuve. C'est dans ces conditions que les barrages flottants ont joué un rôle, en particulier ceux posés au lieu dit "carrefour d'Ebra" (DCGTx, 1990).

Ces barrages ont été de deux types.

Les premiers types correspondaient à un obstacle continu. Ils ont cédé sous la charge des végétaux accumulés. De plus les obstacles à la navigation qu'ils constituaient ont incité les populations riveraines à les endommager.

Le second type dit "en chevron", disposé en quinconce, a produit de meilleurs résultats. Toutefois un curage des amas de jacinthes d'eau ainsi piégées demeurerait nécessaire.

Un autre effet d'élimination des jacinthes d'eau qui correspondent à une espèce strictement dulcicole, a été provoqué par l'accroissement de salinité engendré par la pénétration des eaux marines.

5.2. Impact sur l'assainissement de la ville d'Abidjan.

Le document 5 étudie en détail l'impact de l'ouverture de la passe de Bassam sur la qualité bactériologique des eaux lagunaires de la ville d'Abidjan. Les conclusions obtenues peuvent se résumer comme suit :

A partir d'un suivi physico-chimique et d'une étude des niveaux de pollution réalisée en 1985, et en 1987-1988 il a été possible de mettre en évidence une péjoration de la qualité bactériologique des eaux lagunaires dans la zone estuarienne de la lagune, consécutive à l'ouverture de la passe de Bassam. Cette péjoration est liée à des apports polluants plus importants par les eaux de ruissellement et à une meilleure survie des bactéries témoins de la contamination fécale, compte tenu d'une baisse sensible de la salinité des eaux. L'accroissement de la charge polluante et la baisse de la salinité moyenne des eaux découlent de précipitations plus importantes et anormalement réparties, en 1987-1988. En outre, une partie des eaux de crue du fleuve Comoé étant détournées à travers la passe, l'effet de chasse a été limité et ceci a contribué au maintien dans la zone urbaine d'une eau lagunaire fortement polluée.

En cas d'ouverture permanente et plus conséquente de la passe de Bassam, il serait indispensable de revoir dans sa globalité le schéma d'assainissement de la ville d'Abidjan. En effet, en période de forte desalure et en l'absence de flux important du fleuve Comoé (créant un effet de chasse), l'assainissement ne serait plus assuré que par des processus biologiques (prédation, compétition interspécifique entre les bactéries pathogènes et les bactéries strictement lagunaires, antibioses...).

5.3. Modifications de l'écosystème lagunaire

La réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand Bassam a entraîné des modifications hydrologiques, sédimentaires et écologiques de la zone lagunaire proche de la passe, créant une nouvelle zone estuarienne.

Les documents 6 et 7 décrivent différents aspects écologiques de ces modifications sous l'influence de la pénétration marine.

Les végétaux flottants des berges lagunaires ont été évacués ou éliminés. La

mangrove constitue maintenant la seule formation végétale des berges lagunaires.

La composition faunistique du benthos a été modifiée sous l'effet de la salinité.

Mais au total, bien que cela puisse être modulé, selon le point de vue retenu : éthique ou utilitaire, on peut conclure qu'il n'est pas apparu de dommages graves à l'écosystème lagunaire Ebrié oriental.

5.4. Effets économiques et sociaux.

Ces effets ont été divers et peuvent être répertoriés comme suit :

5.4.1. Usage de l'eau pour l'irrigation

L'augmentation de la salinité dans le fleuve Comoé s'est propagée jusqu'à Bonoua. L'eau du fleuve est donc devenue, temporairement, impropre à l'arrosage des ananas dans les plantations voisines. Ceci a fait l'objet d'une information par voie de presse.

5.4.2. Aquaculture lagunaire

En lagune Aghien, l'augmentation de salinité a entraîné le dépérissement des jacinthes d'eau, mais aussi des mortalités dans les élevages en cages flottantes des tilapias d'eau douce (*T. nilotica*). Les essais de développement aquacole qui y étaient menés ont dû être abandonnés. Un remplacement par des cultures de tilapias plus tolérants à la salinité (*T. aurea*) y a été entrepris.

5.4.3. Pêcheries lagunaires

L'envahissement de la lagune Ebrié orientale par les macrophytes, particulièrement la jacinthe d'eau, avait eu un effet très négatif sur les pêcheries lagunaires. En effet, la couverture végétale était telle que les pêcheurs avaient de grandes difficultés pour actionner leurs embarcations et leurs engins de pêche.

Lors de l'ouverture de la passe de Bassam, l'évacuation des macrophytes a nettement amélioré cette situation. Par ailleurs, l'augmentation de salinité induite par la pénétration de l'océan en lagune a modifié la répartition des crustacés (crabes) et des poissons dans la zone proche de la passe.

Deux documents, 8 et 9, décrivent ces modifications. Des populations de poissons estuariens d'intérêt commercial (*Ethmalosa fimbriata*,...) sont ainsi apparues

en lagune, au prix il est vrai, de la raréfaction des espèces lagunaires traditionnellement capturées (*Chrysichtys sp.* et *tilapias*).

La population du crabe (*Callinectes*) s'est modifiée en faveur des femelles qui présentent d'ailleurs une meilleure valeur marchande.

Enfin il faut citer un développement des pêches maritimes. L'ouverture de la passe a permis à une vingtaine de grandes pirogues de pêche sardinière d'opérer en mer à partir de Grand Bassam. Cela a engendré, outre la pêche en mer, une activité artisanale en aval : fumage et commercialisation.

En définitive, en ce qui concerne les pêches, l'ouverture de la passe a été plutôt bénéfique aux activités halieutiques et a même contribué à redynamiser l'économie locale.

5.5. Effet accidentel

La passe ouverte artificiellement, tout en permettant les échanges mer-lagune Ebrié-fleuve Comoé, a constitué un piège pour un jeune cachalot macrocéphale (*Physeter catodon* L. 1758) égaré qui l'a franchi à la marée montante et s'est échoué le 16 Novembre 1987 dans l'estuaire.

Le document 15 rapporte ce fait insolite ainsi que deux autres cas similaires enregistrés dans le port d'Abidjan en 1979 et 1987 ; les individus ayant franchi le canal d'accès de Vridi.

6 - EVALUATION DES METHODES DE LUTTE CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE

6.1. Lutte chimique

Le CRO a procédé à des essais de deux produits phytotoxiques du commerce utilisés classiquement dans le domaine agricole. Le but recherché était de définir les conditions d'un éventuel épandage à moyenne ou grande échelle sur la lagune.

Ces essais ont comporté la recherche d'une dose efficace sur deux des espèces indésirables, jointe à des tests de toxicité sur des poissons lagunaires (tilapias). Deux documents, 10 et 11, présentent les résultats obtenus.

Une fois les doses efficaces déterminées et les essais de toxicité faits, un compromis doit être trouvé entre l'efficacité herbicide, le seuil de toxicité pour les orga-

nismes lagunaires et le coût du produit. Ceci permet de retenir le glyphosate, dont l'efficacité sur la jacinthe d'eau est satisfaisante à des concentrations, de l'ordre 0.72 g.m^{-2} .

Pour pousser plus avant ces études de lutte chimique, le CRO projetait de faire un essai en semi-grandeur sur les jacinthes d'eau dans un site envahi mais suffisamment isolé pour éviter tout risque collatéral. Des étangs voisins de la retenue du barrage de Buyo ont été donc présélectionnés. Toutefois l'autorisation de l'ECCI propriétaire du site n'a pu être obtenue. En conséquence, les recherches sur la lutte chimique ont été suspendues.

Il résulte des études sur la lutte chimique que celle-ci est possible par l'épandage de glyphosate pour compléter la lutte menée par d'autres moyens. Ce genre de situation peut se rencontrer lors du début d'invasion d'un plan d'eau, ou à l'inverse après une campagne d'éradication pour s'assurer qu'il n'y aura pas récurrence.

6.2. Contrôle biologique

Le contrôle biologique par opposition à la lutte chimique, offre des perspectives d'une action moins brutale mais bien plus durable, car permettant de réduire l'abondance de l'espèce indésirable à un très faible niveau. Deux voies sont possibles :

- La recherche de prédateurs, donc dans le cas des végétaux, des phytophages.
- La recherche d'organismes pathogènes.

La seule voie explorée par le CRO a été celle de la sélection d'espèces phytophages spécifiques.

Encore faut-il trouver des organismes prédateurs qui soient susceptibles de se maintenir sans provoquer eux-même une invasion. Le problème est encore plus complexe quand il s'agit de contrôler des espèces allochtones comme *S. molesta* ou *E. crassipes*.

6.2.1. Recherche d'espèces phytophages issues de l'aire d'origine des macrophytes.

En ce qui concerne *S. molesta*, des recherches bibliographiques, puis des contacts directs ont permis d'identifier un insecte coléoptère, "charançon", (*Cyrtobagus salviniae*) issu de l'habitat originel de *Salvinia molesta* en Amérique du

Sud. L'efficacité de prédation avait été démontrée par des travaux en Australie (Room et al, 1984) et en Afrique australe.

En 1986, le CRO a donc envisagé d'introduire ce charançon pour confirmer dans le contexte ivoirien sa spécificité comme prédateur de *S. molesta*. A cet effet il était prévu un essai d'un an en insectarium clos. Mais la quasi élimination de *S. molesta* par la jacinthe d'eau a rendu sans intérêt pratique cette option, qui a été suspendue pour l'instant.

Les perspectives de lutte biologique ont donc été reportées sur la jacinthe d'eau. Compte tenu de l'aspect ouest-africain du problème, une rencontre internationale s'est tenue du 7 au 12 Août 1988 à Lagos, Nigeria (Boso, 1988).

En particulier, un certain nombre de prédateurs potentiels y ont été décrits. Puis lors d'une seconde réunion, organisée par la CEDEAO à Abidjan, en octobre 1989, il a été décidé de confier aux scientifiques du Nigeria la responsabilité de l'essai d'introduction en l'Afrique de l'Ouest des espèces phytophages déjà utilisées à cet effet en Afrique de l'Est. En conséquence, le CRO arrête ses travaux sur la recherche de prédateurs allochtones de la jacinthe d'eau.

Depuis il n'y a, à notre connaissance, aucune nouvelle des travaux réalisés dans ce sens. Il serait donc peut être opportun de reprendre des expérimentations d'introduction directement en Côte d'Ivoire de prédateurs de jacinthes d'eau complémentaires aux démarches de la CEDEAO. Une espèce de charançon, *Neochetina eichhorniae* a été étudiée pour la lutte biologique aux USA et en Australie (Mitchell, 1985). La démarche d'introduction passe toutefois par des essais préalables d'élevage en insectarium. Il existe une telle installation au Département Café et Cacao (ex IRCC) de l'IDEFOR. Cet institut pourrait être sollicité à cet effet.

6.2.2. Etude des prédateurs potentiels locaux.

Une recherche de prédateurs potentiels issus de la faune locale a été effectuée par un chercheur du CRO. Il s'agit du document 12, qui consiste en une revue bibliographique complétée par des observations sur le terrain. Dans la même catégorie, on peut citer les documents 13 et 14 consacrés à la faune associée aux végétaux en différents sites envahis.

Les résultats de cette recherche de prédateurs locaux n'ont pas été très fructueux excepté l'identification d'un trichoptère qui s'attaque à *P. stratiotes* et *S. molesta*. Aucun prédateur majeur n'a été identifié à ce jour, ce qui est assez logique, s'agissant de plantes allochtones.

7 - CONCLUSION ET PROPOSITIONS

7.1. Bilan de la période 1985-1990.

Lors de cette période, une série d'actions a été menée, visant à la lutte contre les végétations flottantes en lagune Ebrié. Les résultats obtenus sont importants, bien que l'on puisse reprocher à ces actions un certain manque de coordination. Le bilan peut être fait ainsi:

- Le suivi des différentes phases d'envahissement indique bien que la cible principale est désormais la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*).

- L'espèce *Pistia stratiotes*, endémique, ne constitue pas une véritable menace.

- *S. molesta*, qui a été menaçante, reste actuellement cantonnée à quelques zones oligohalines de la lagune Ebrié, la concurrence de la jacinthe d'eau ayant fortement réduit son extension en zones dulçaquicoles. L'introduction de l'insecte phytophage spécifique *Cyrtobagous salviniae* reste toutefois envisageable.

- La lutte contre la jacinthe d'eau *E. crassipes* a donné de bons résultats. En particulier, l'ouverture de la passe du fleuve Comoé à Grand-Bassam est un succès incontestable. Le but principal, l'évacuation de la majeure partie des jacinthes d'eau, a été atteint.

Les effets secondaires observés sont les suivants :

- Le secteur de la lagune Ebrié proche de la passe était devenu un écosystème de type estuarien, sans entraîner de dommages écologiques évidents. Bien au contraire, les modifications des peuplements de poissons et de crustacés en faveur d'espèces à forte productivité et de bonne valeur marchande a été bénéfique ;

- L'accès à la mer, ainsi créé, a également amélioré la pratique de la pêche et les activités en aval.

Des dommages économiques sont toutefois apparus :

- Il s'agit d'abord de la destruction d'habitations proches de la passe, à la périphérie du Quartier France, causée par l'érosion de la berge ;

- L'autre dommage est lié à l'augmentation de la salinité dans l'ensemble du complexe lagunaire ébrié oriental. On a ainsi observé :

* L'arrêt des activités aquacoles en lagune Aghien ;

* Une impossibilité d'utiliser l'eau du fleuve Comoé pour l'arrosage des plantations d'ananas de la région de Bonoua.

Les dommages en matière de salubrité de la ville d'Abidjan ont été moindres que ce qui avait été appréhendé. En effet, le flux résiduel du fleuve Comoé passant par Abidjan est resté suffisamment important pour assurer un renouvellement des eaux urbaines. Si la passe était réouverte de façon permanente et qu'elle entraîne une évacuation totale des eaux du fleuve vers la mer, ce problème de salubrité pourrait se reposer avec acuité. On rappelle en effet que le passage de la crue du fleuve Comoé à travers Abidjan permet l'évacuation vers la mer de la pollution bactérienne lagunaire engendrée par le lessivage des sols.

Les moyens de lutte chimique ont été examinés et testés. Il apparaît que la lutte chimique par épandage de glyphosate est possible dans certains cas d'urgence. Ce produit est peu toxique pour l'environnement lagunaire, mais coûteux.

D'une manière générale, la lutte chimique ne peut pas être la voie d'éradication de la jacinthe d'eau. La solution durable la plus évidente pourrait consister en l'organisation du contrôle biologique.

7.2. Recommandations.

7.2.1. Lutte à moyen terme.

Une réouverture de la passe de Basam peut être envisagée. Cette réouverture pourrait être un canal permanent endigué ou un aménagement permettant une réouverture aisée et périodique.

Dans le cas d'une embouchure permanente, il est impératif qu'un chenal profond soit réalisé selon les résultats d'une modélisation. Ces travaux doivent comporter en particulier le creusement du seuil correspondant à l'ancien cordon littoral. En conséquence, les travaux risquent d'être

longs et coûteux, Le creusement du Canal de Vridi est exemplaire à cet égard.

De plus, un tel chenal profond risquerait de détourner l'essentiel du flux du fleuve Comoé vers la mer, et pourrait entraîner la dégradation de la qualité bactériologique des eaux lagunaires de la ville d'Abidjan.

La solution d'une réouverture périodique de faible profondeur divisant le flux de crue entre les deux voies, la passe et l'ancien chenal vers Abidjan pourrait être un compromis raisonnable. Mais ceci ne dispensera pas d'une étude et de calculs nécessaires à la planification d'un minimum de travaux d'endiguage afin d'éviter la divagation du chenal.

L'utilisation de barrages flottants peut alors compléter le dispositif, pour éviter le transit des plantes résiduelles vers Abidjan. Les barrages en chevrons, réalisés en un deuxième temps par la DCGTx, ont été efficaces. Toutefois, un curage régulier de ces barrages, ainsi qu'une coopération des populations riveraines resteront nécessaires.

Enfin, il semble souhaitable de vérifier la faisabilité d'un ramassage manuel (payé à la quantité mise à terre ?). Cette solution a été retenue récemment au Ghana. Les jacinthes d'eau collectées ont en outre une assez bonne valeur comme source de biogaz et d'engrais après compostage.

7.2.2. Lutte à long terme

La solution durable pourrait être l'organisation d'un contrôle biologique qui consiste à faire régresser la densité des plantes cibles jusqu'à un minimum, par l'usage de prédateurs spécifiques. Compte tenu des résultats acquis lors du suivi de l'expansion des macrophytes en lagune Ebrié par survol aérien, cette lutte devrait être principalement focalisée sur la lagune Ono et le bas cours de la rivière La Mé. Pour ces milieux protégés par des causes hydrologique et morphologique de toute influence océanique, ce mode de contrôle est en effet le seul qui puisse prévenir durablement la prolifération des végétations aquatiques flottantes en milieu lagunaire en période de dessalure. Toutefois il ne faut pas viser une extinction totale des plantes qui engendrerait une disparition des prédateurs. Une nouvelle invasion serait alors possible.

Faute de prédateurs locaux, il s'agit d'introduire des prédateurs spécifiques, de la

jacinthe d'eau d'abord, et par la suite, de *S. molesta*. Toutes ces manipulations demandent une certaine prudence et donc des expérimentations préalables. Des insectes coléoptères "charançons", déjà identifiés semblent les prédateurs potentiels les plus spécifiques.

Une action nationale, relayant celle de la CEDEAO devrait être entreprise rapidement. En effet l'invasion des eaux douces ivoiriennes par la jacinthe d'eau a atteint un niveau critique.

L'envahissement de la lagune Ebrié orientale est un phénomène évident, bien que limité par la salinité. Mais, ce qui est plus grave, les jacinthes d'eau ont envahi certains lacs de barrage ivoiriens et s'y sont multipliées rapidement. Ainsi, le lac de retenue de Taabo sur le fleuve Bandama était fortement envahi dès 1989.

Par ailleurs, en lagune Aghien, redevenue complètement douce depuis la fermeture de la passe, les jacinthes d'eau constituent un obstacle à l'accès aux cages flottantes servant à l'élevage réactivé de tilapias (*Tilapia aurea*).

La coordination de la lutte contre la jacinthe d'eau devrait être prise en charge, à l'évidence par les services compétents du Ministère de l'Environnement, de la Construction et de l'Urbanisme.

Enfin, une recommandation plus générale est celle de la mise en place d'une instance nationale spécialisée dans la lutte biologique, pour la recherche d'organismes pathogènes, ou prédateurs spécifiques. Le rôle de cet organisme serait de centraliser ces recherches. En effet les méthodes sont les mêmes, qu'elles visent le contrôle des végétations envahissantes (aquatiques ou terrestres), ou celui des vecteurs de trans-

mission de maladies humaines ou animales (cas des moustiques, par exemple), ou encore celui des animaux ravageurs de cultures.

8 - BIBLIOGRAPHIE

Les 14 documents qui constituent le volume spécial du J.I.O.L. n°2, sont référencés dans le sommaire de cet ouvrage.

D.C.G.Tx., 1990 - Lutte contre les végétations envahissantes flottantes. Rapport intermédiaire. *Doc. Int. DCGTx*, 50 p.

Mitchell R., 1985 - African aquatic weeds and their management. Chapitre 7. *In* : The ecology and management of african wetlands vegetation. *Denny Patrick Editor. Dr. W. Junk publishers. Dordrecht.*

Oso B., 1988 - Rencontre internationale sur la Jacinthe d'Eau. Lagos, Nigeria, 7 au 12 Aout 1988. Résumé des communication, 28 p.

Room P.M., I.W. Forno and M.F.J. Taylor, 1984 - Establishment in Australia of two insects for biological control of the floating weed *Salvinia molesta*. *Bull. Ent. Res.* 74 : 505-516.

Varlet F., 1978 - Le régime de la Lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) Traits physiques essentiels. ORSTOM. *Travaux et Documents Tomes 1 et 2*, 164 p.

**EXPANSION, BIOLOGIE ET ECOLOGIE
DES VEGETATIONS AQUATIQUES FLOTTANTES
DU SYSTEME LAGUNAIRE EBRIE**

(1) SUIVI CARTOGRAPHIQUE DE L'EXPANSION DES MACROPHYTES
ENVAHISSANT LE SYSTEME LAGUNAIRE EBRIE
(COTE D'IVOIRE)

REMOTE MAPPING OF THE EXPANSION OF THE MACROPHYTES
INVADING THE EBRIE LAGOON SYSTEM
(COTE D'IVOIRE)

Par

AMON KOTHIAS J.B., D. GUIRAL,
Y. SANKARE, N. KABA et N. ETIEN
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)

---ooOoo---

RESUME

Des cartographies par survol aérien ont été réalisées de Décembre 1986 à Septembre 1989 pour décrire l'évolution saisonnière des macrophytes colonisant les eaux de surface du secteur oriental de la lagune Ebrié. Le couvert végétal de ce secteur lagunaire et des lagunes qui lui sont associées est essentiellement constitué de *Eichhornia crassipes* (Jacinthe d'eau). Son expansion saisonnière est favorisée par la dessalure des eaux lagunaires due aux précipitations. Sa migration dans le milieu lagunaire est assurée par la crue du fleuve Comoé. L'ouverture du grau de Bassam a entraîné son élimination temporaire de la zone estuarienne nouvellement créée.

Mots clés : Cartographie aérienne, Macrophytes aquatiques flottants, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Echinochloa pyramidalis*, Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire, ASE.

ABSTRACT

Remote Mappings were realised from December 1986 to September 1989 to describe the seasonal evolution of macrophytes colonizing the surface waters of the eastern sector of the Ebrié lagoon. The vegetal cover of this sector and associated lagoons is essentially composed of *Eichhornia crassipes* (water hyacinth). Its expansion is favored by the decrease in the salinity of the lagoon waters which is due to rain falls. Its migration through the lagoon environment is ensured by the overflow of the Comoé river. The opening of the Bassam inlet induced its temporary disappearance from the newly created estuarian zone.

Key-Word : Remote mapping, Floating aquatic macrophytes, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Echinochloa pyramidalis*, Ebrié Lagoon, Côte d'Ivoire, ASE.

INTRODUCTION

La partie Est du système lagunaire Ebrié et les lagunes associées connaissent depuis quelques années un envahissement plus ou moins périodique par des végétations flottantes (*Pistia stratiotes*, Aracées ; *Salvinia molesta*, Salviniacées ; *Eichhornia crassipes*, Pontédériacées).

Ce phénomène semblait s'accroître depuis 1984, et a réellement pris, depuis 1986, les dimensions d'un problème économique et social. Aussi, les Autorités ivoiriennes ont-elles décidé l'étude des végétations aquatiques flottantes en vue de leur contrôle. L'un des volets de cette étude est la réalisation de cartographies dans un triple but :

- suivre la régression des aires envahies par les trois espèces de plantes en fonction de l'hydrologie et, en particulier en période d'étiage, en fonction de la remontée saline. Avec l'ouverture du grau de Bassam, cette remontée de salinité devant s'accroître, ce suivi par survol aérien doit ainsi permettre d'évaluer l'impact réel de cette ouverture sur le degré de colonisation des eaux lagunaires par les macrophytes flottants ;

- guider les opérations d'éradication (manuelles, mécaniques ou chimiques) des macrophytes aquatiques flottants lorsqu'ils occuperont leur aire de répartition minimale du fait de la salinité des eaux ;

- évaluer l'impact réel de l'évacuation des végétaux lors de la crue du fleuve Comoé par la mise en service de la nouvelle passe.

1 - MATERIEL ET METHODES

Le suivi de l'expansion des végétations flottantes s'est effectué dans la partie Est (Fig. 1 à 15) du système lagunaire Ebrié qui comporte :

- la partie de la lagune Ebrié située à l'Est de la ville d'Abidjan ;

- les lagunes associées Aghien et Potou ;

- la rivière La Mé ;

- le bas cours du fleuve Comoé et son diverticule la lagune Ono ;

- et l'estuaire de Grand-Bassam où confluent les éléments précités.

Les cartographies ont été réalisées à main levée lors de survols effectués à 600 pieds d'altitude sur des avions de l'AÉRO-CLUB d'Abidjan. A cette altitude les trois espèces de macrophytes sont aisément identifiables.

L'étude a prévu 12 survols qui ont été réalisés à un rythme mensuel, de Décembre 1986 à Novembre 1987. Cependant, certains survols ont du être annulés en raison des conditions climatiques. En outre, par manque de visibilité des sorties n'ont pas pu faire l'objet de cartographies.

Trois survols de contrôle ont été réalisés en 1988 et en 1989.

Chaque cartographie (Fig. 1 à 15) est la synthèse des relevés effectués par au moins deux chercheurs.

2 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. Aperçu hydroclimatique

La région d'étude est localisée dans la zone littorale sub-équatoriale et est caractérisée par un climat attéen dominé par des précipitations abondantes (Eldin, 1971 ; Girard *et al.*, 1971).

L'hydroclimat lagunaire de la région d'étude est la résultante des influences combinées des climats marins (Morlière, 1970) et terrestres. On peut schématiquement considérer - comme l'ont défini Durand et Skubich (1979) - trois saisons distinctes :

- Saison sèche (de Janvier à Avril) : les apports continentaux - qu'il s'agisse d'écoulement ou de précipitations - sont négligeables, l'évaporation est maximale et l'influence marine prépondérante (intrusion marine par le canal de Vridi). Températures (30-32°C) et salinités (15-25‰) atteignent leur niveau le plus élevé.

- Saison des pluies (de Mai à Août) : époque des plus fortes précipitations puis des apports des rivières forestières ; la température (25-27°C) et la salinité (0-2‰) atteignent leur valeur minimale ;

- Saison des crues (de Septembre à Décembre) : l'arrivée des eaux du fleuve Comoé bouleverse la région où la salinité s'approche de zéro. La température remonte à partir d'Octobre ;

Le régime des cours d'eau de la région d'étude s'apparente étroitement au régime des précipitations sur leurs bassins versants (Girard *et al.*, 1971) :

- La rivière côtière La Mé a un régime sub-équatorial de transition caractérisé par deux crues annuelles. Cette rivière qui coule entièrement en zone forestière véhicule de la matière organique issue de l'érosion des sols et de la décomposition de la matière végétale (couleur brun foncé des eaux) ;

- Le fleuve Comoé a un régime tropical de transition caractérisé par une seule crue annuelle située généralement entre Septembre et Novembre. Les eaux qui gonflent considérablement charrient beaucoup de sédiment (couleur limoneuse des eaux) et constituent les apports d'eaux douces continentales les plus importantes de la lagune Ebrié (58% du volume de l'apport annuel évalué à $9,6 \times 10^9 \text{m}^3$ selon Varlet, 1978).

L'on constate alors que les crues de ces cours d'eau produisant le dessalement des eaux lagunaires, favorisent le développement des végétations flottantes. Elles assurent également leur transport, des zones de colonisation permanente vers Abidjan.

2.2. Description des cartographies

Décembre 1986 (Fig. 1)

Environ deux mois après la crue du fleuve Comoé, on n'observe plus de plantes dans la zone urbaine d'Abidjan. Elles sont cependant présentes dans la partie Est : baie de la rive nord de la lagune Ebrié, lagunes Aghien, Potou et Ono et dans le bas cours de la rivière La Mé.

Toutes les aires colonisées sont recouvertes par la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) qui connaît sa première explosion démographique. On ne rencontre que des îlots réduits de salade d'eau (*Pistia stratiotes*) sur le fleuve Comoé. La troisième espèce est une fougère d'eau (*Salvinia molesta*) qui est principalement cantonnée en lagune Ono. Pour la contenir, les riverains ont installé, d'une rive à l'autre, une barrière de bambou qui isole au fond de la lagune, une "pelouse" de *Salvinia*.

Février 1987 (Fig. 2)

Les plantes des baies de la rive Nord et en partie de la lagune Aghien sont mortes (couleur marron) mais flottent encore sur les plans d'eau lagunaires.

La rivière La Mé, les lagunes Potou et Ono sont toujours couvertes, principalement de jacinthes d'eau (*Eichhornia*) et par quelques îlots de *Salvinia* et de *Pistia*. Le bas cours du fleuve Comoé, de Bassam à Alépé, comporte des tapis denses de jacinthes d'eau.

En lagune Ono, les jacinthes d'eau s'accumulent contre la barrière de bambou.

Mars 1987 (Fig. 3)

Les tapis de jacinthes d'eau demeurent, à quelques variantes de forme près, aux mêmes endroits mais connaissent une expansion plus importante en lagune Aghien. En lagune Ono, les touffes de jacinthes d'eau sont plus nombreuses et denses. La bande accumulée contre la barrière de bambou s'est élargie.

Avril 1987 (Fig. 4)

Les plantes demeurent sur les sites colonisés avec une prolifération nouvelle au Nord de l'île Vitré. A l'entrée de la lagune Ono, un important tapis de jacinthes d'eau s'est constitué. Au fond, la bande de jacinthes accumulées a rompu la barrière de bambou et les jacinthes sont donc en compétition directe avec les *Salvinia*.

Fin Avril 1987 (Fig. 5)

Sur les sites principaux, il n'y a pas de changement si ce n'est les formes des tapis et les nombres de touffes. Par contre, en même temps qu'on observe des plantes mortes entre l'île Morin et le village d'Eloka-To, on note quelques touffes vertes, à l'Ouest de l'île Vitré.

En lagune Ono, les jacinthes d'eau ont envahi la "pelouse" de *Salvinia* et couvrent presque toute la surface de cette lagune. Il persiste tout de même en lagune Ono et dans le fleuve Comoé des plages constituées exclusivement de *Salvinia*.

Entre le village Motobé et Alépé, le fleuve Comoé, par endroits, est totalement couvert par des tapis compacts de jacinthes d'eau.

La rivière La Mé est également couverte, à partir des plantations de l'IRHO jusqu'à la lagune, par des jacinthes d'eau (*E. crassipes*).

Mai 1987 (Fig. 6)

La situation est la même sur les sites principaux mais les touffes de jacinthes d'eau (*E. crassipes*) progressant vers Abidjan sont plus nombreuses.

Juin 1987 (Fig. 7)

Il y a un déplacement des jacinthes d'eau :

- de la lagune Potou vers l'île Vitré ;
- du fleuve Comoé vers l'île Vitré.

Le fleuve Comoé, entre Ono et Bassam et à Alépé, est couvert de jacinthes d'eau.

De l'île Vitré vers Abidjan, on observe des jacinthes d'eau dans les baies Nord et Sud jusqu'au niveau de la baie d'Anna.

Juillet 1987 (Fig. 8)

Le tapis de plantes (*E. crassipes*) sur le fleuve Comoé est clairsemé sauf à Alépé.

Entre l'île Vitré et la baie d'Anna (vers Abidjan) les jacinthes d'eau sont accumulées dans les baies de la rive Nord.

Août 1987 (Fig. 9)

Les tapis de jacinthes d'eau sont plus importants dans la région d'Alépé mais le fleuve Comoé est sensiblement dégagé jusqu'à Bassam.

Par contre la rivière La Mé est totalement colonisée sur toute la longueur prospectée.

Les jacinthes d'eau ont progressé un peu plus vers Abidjan et les tapis et touffes qu'elles forment sont plus nombreux.

Septembre 1987 (Fig. 10)

La région de Bassam est moins colonisée.

Par contre, les surfaces couvertes par les plantes (*E. crassipes*) sont plus importantes au niveau des berges Nord de la lagune Ebrié.

Le fleuve Comoé et la rivière La Mé sont libres de végétation.

La région d'Alépé est dégagée de ses plantes.

Octobre 1987 (Fig. 11)

Le Grau de Bassam est ouvert (22 Septembre 1987) depuis 18 jours.

Les plantes, essentiellement composées de jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*) et d'herbiers hélophytes tel *Echinochloa pyramidalis* (Poacées), sont évacuées en mer. Déportées vers l'Est par le courant et la houle, celles-ci sont par la suite rejetées sur les plages.

Ainsi, le fleuve Comoé et une partie de la lagune Ono sont dégagés de leur couverture végétale.

La rivière La Mé en crue est égale-

ment dégagée ; mais les jacinthes d'eau qu'on y observait, semblent s'être répandues dans les marais et plantations environnants.

Les tapis de jacinthes d'eau de la rive Nord de la lagune Ebrié sont plus importants et ont progressé, avec des touffes plus nombreuses, vers Abidjan et atteignent la baie de Bingerville.

Novembre 1987 (Fig. 12)

Abidjan est envahie depuis deux semaines environ ; les plantes (*E. crassipes*) sont partout observées.

Avril 1988 (Fig. 13)

Sur le plan d'eau lagunaire, les plantes sont mortes ou très dégradées. Cependant, en certaines zones du fleuve Comoé et surtout dans la rivière La Mé, les jacinthes d'eau ont fait une réapparition spectaculaire.

En lagune Ono, on trouve encore des jacinthes d'eau et des *Salvinia*.

Juillet 1988 (Fig. 14)

Deux sites principaux demeurent couverts par les plantes flottantes :

- la lagune Ono avec une couverture plus importante de jacinthes d'eau et de *Salvinia*;

- la rivière La Mé avec des tapis denses de jacinthes d'eau.

Ailleurs on rencontre des touffes éparses :

- de jacinthes d'eau et de *Salvinia* dans le bas cours du fleuve Comoé, autour de l'île Vitré jusqu'au village Vitré 2. Cette répartition et une même couleur blanchâtre des eaux (forte charge minérale en suspension) font penser que ces touffes ont dérivé de la lagune Ono et ont été entraînées par les eaux du fleuve Comoé ;

- de jacinthes d'eau en lagune Aghien. Là encore, la nature de l'espèce et la couleur limoneuse des eaux indiquent que ces plantes sont issues de la rivière La Mé.

Août 1989 (Fig. 15)

Les deux foyers, lagune Ono et bas cours de la rivière La Mé, comportent toujours des jacinthes d'eau. Sur le cours du fleuve Comoé, entre Bassam et Alépé, on observe des touffes isolées de jacinthes d'eau. Les eaux limoneuses de la rivière La Mé colorent celles de la lagune Potou et charrient des touffes de jacinthes d'eau dont certaines ont déjà dépassé l'île Vitré en di-

rection d'Abidjan. La zone de Bassam et Moossou est également colonisée.

Deux ans après son ouverture artificielle, l'embouchure du fleuve Comoé s'est refermée. Cette fermeture doit être relativement ancienne car des herbiers ont déjà colonisé le nouveau cordon dunaire qui s'est reformé au niveau de l'ancienne passe.

2.3. Analyse

Durant la période du suivi, trois espèces ont été observées avec des densités et répartitions variables. Il s'agit des hydrophytes nageants libres suivants :

- *Pistia stratiotes* Linn., Aracées (salade d'eau): première espèce apparue en lagune ; n'a été observée que ponctuellement dans le bas cours du fleuve Comoé, en Décembre 1986.

- *Salvinia molesta* Mich., Salviniacées (fougère d'eau) : cette espèce qui avait en 1985-1986 supplanté les salades d'eau ne se trouve plus que cantonnée en lagune Ono.

- *Eichhornia crassipes* Solms-Laub., Pontédériacées (jacinthe d'eau) : toutes les aires colonisées sont recouvertes par cette espèce qui connaît sa première explosion démographique en lagune Ebrié.

Dans la zone estuarienne de l'embouchure du fleuve Comoé, les berges sont également colonisées par des hélophytes essentiellement constitués de *Echinochloa pyramidalis* (Poacées).

Le suivi de l'évolution de ce couvert végétal par cartographie aérienne a permis les constats suivants :

- Pendant la saison sèche, allant de Janvier à Avril 1987, les plantes sont localisées dans le bas cours de la rivière La Mé et des marais environnants, dans la lagune Potou, au niveau des berges du bas cours du fleuve Comoé et dans la lagune Ono. Dans cette lagune, la biomasse végétale y est particulièrement importante. L'ensemble de ce secteur correspond à des eaux en permanence douces ou à très faible salinité (Guiral et Etien, 1991) ;

- De Mai à Octobre 1987 : les pluies sur le littoral ivoirien gonflent les eaux de la rivière La Mé et des marais environnants. Il s'y développe très rapidement une importante biomasse végétale qui est charriée par les eaux de crue de la rivière La Mé vers la lagune Potou, elle-même déjà fortement colonisée. A la sortie de cette lagune, les plantes sont alors entraînées vers Abidjan par les eaux de crue du fleuve Comoé. En Novembre, elles sont ainsi observées dans

les baies urbaines d'Abidjan où leur présence engendrera de multiples réactions. Les plantes en migration, qui trouvent en lagune des conditions favorables à leur multiplication (eaux très dessalées par les précipitations) forment des tapis de plus en plus nombreux et denses. Leur répartition spatiale semble être liée au vent qui, généralement de secteur Sud-Ouest, conduit à une accumulation des plantes dans les baies de la rive Nord de la lagune Ebrié. En 1984, l'envahissement de la zone urbaine d'Abidjan par les salades d'eau (*Pistia stratiotes*) s'était déroulé selon un scénario similaire (Guiral et Etien, 1991) ;

- L'effet de l'ouverture du grau du fleuve Comoé à Bassam intervenue le 22 Septembre 1987 a été spectaculaire. Les jacinthes d'eau de l'estuaire et du bas cours du fleuve Comoé (ainsi que la végétation aquatique des berges telle *Echinochloa pyramidalis*) ont été évacuées en mer où elles ont été ensuite déportées vers l'Est par le courant et la houle, puis rejetées sur les plages ;

- De Décembre 1987 à Juillet 1988, consécutivement à l'intrusion saline par l'ouverture du grau de Bassam, toutes les plantes ont péri dans la partie orientale de la lagune Ebrié (d'Abidjan à l'île Vitré).

Il est important de noter que l'ouverture du grau du fleuve Comoé à Grand-Bassam n'a eu que très peu d'influence sur les jacinthes d'eau localisées dans la lagune Ono et dans le bas cours de la rivière La Mé et des marais environnants.

CONCLUSION

Il ressort de ce suivi par cartographie aérienne que le couvert végétal observé en lagune est essentiellement constitué de jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*). Celles-ci se développent à partir de deux poches dulçaquicoles qui sont le bas cours du fleuve Comoé avec son diverticule la lagune Ono et le bas cours de la rivière La Mé. Ces sites, même lors d'une ouverture permanente de la lagune Ebrié à Grand-Bassam, ne peuvent être affectés par les eaux océaniques, à la fois, par leur situation géographique par rapport au système lagunaire Ebrié (leur mise en communication n'est assurée que par des chenaux étroits) et par les apports fluviaux qui, même en période d'étiage, s'opposent à toute intrusion saline. De ce fait, malgré une ouverture du grau à Grand-Bassam qui, sans conteste, a permis par effet de chasse et augmentation de la

salinité un contrôle des jacinthes d'eau en lagune, une solution définitive à ce problème de prolifération ne pourra être obtenue que par une action directe sur ces foyers d'endémisme. En effet, en cas de fermeture spontanée du grau, la situation de crise observée en 1984 et en 1987 risque de se reproduire comme l'atteste le survol aérien du 11 Août 1989 (planche II in Koffi *et al.*, 1991).

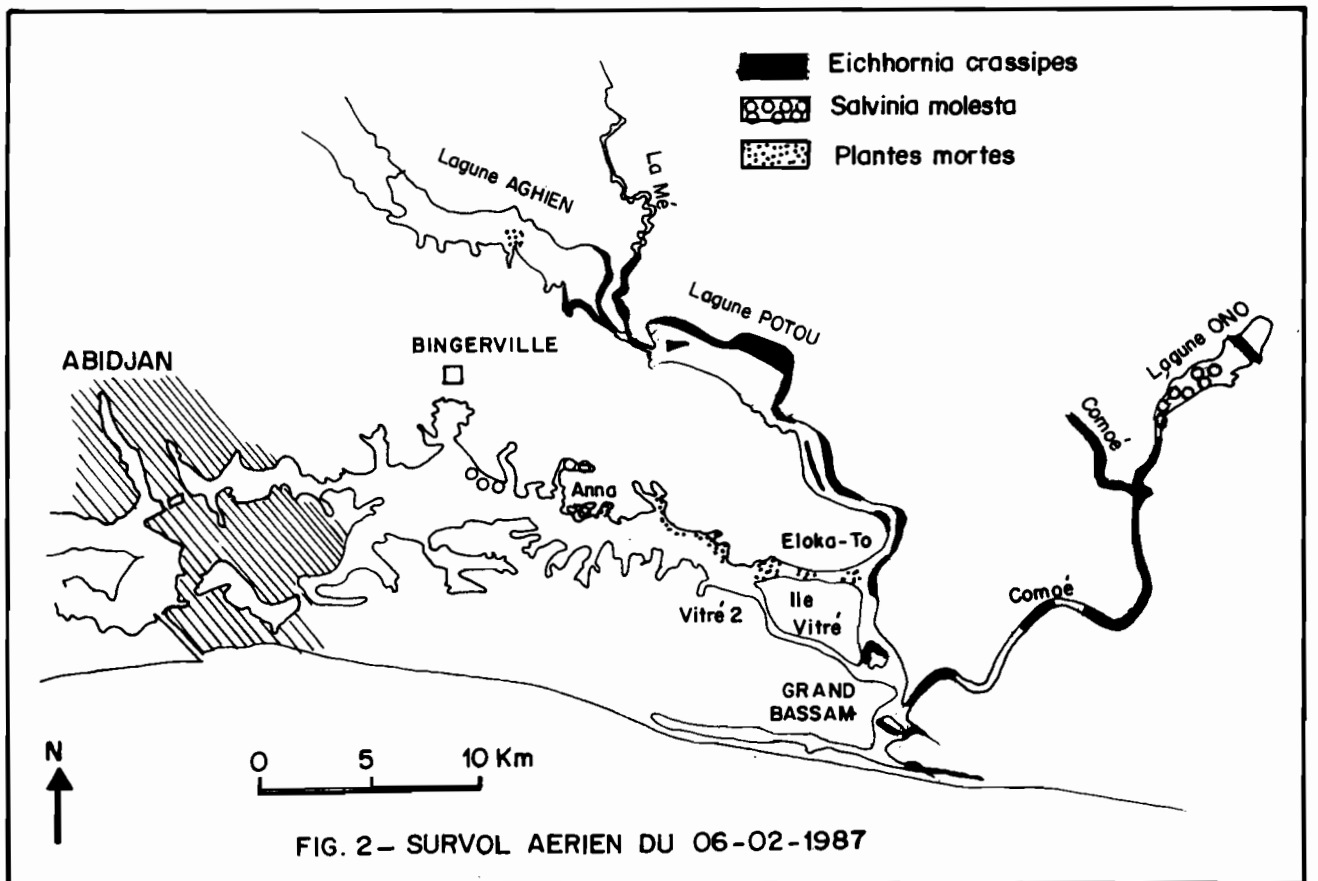
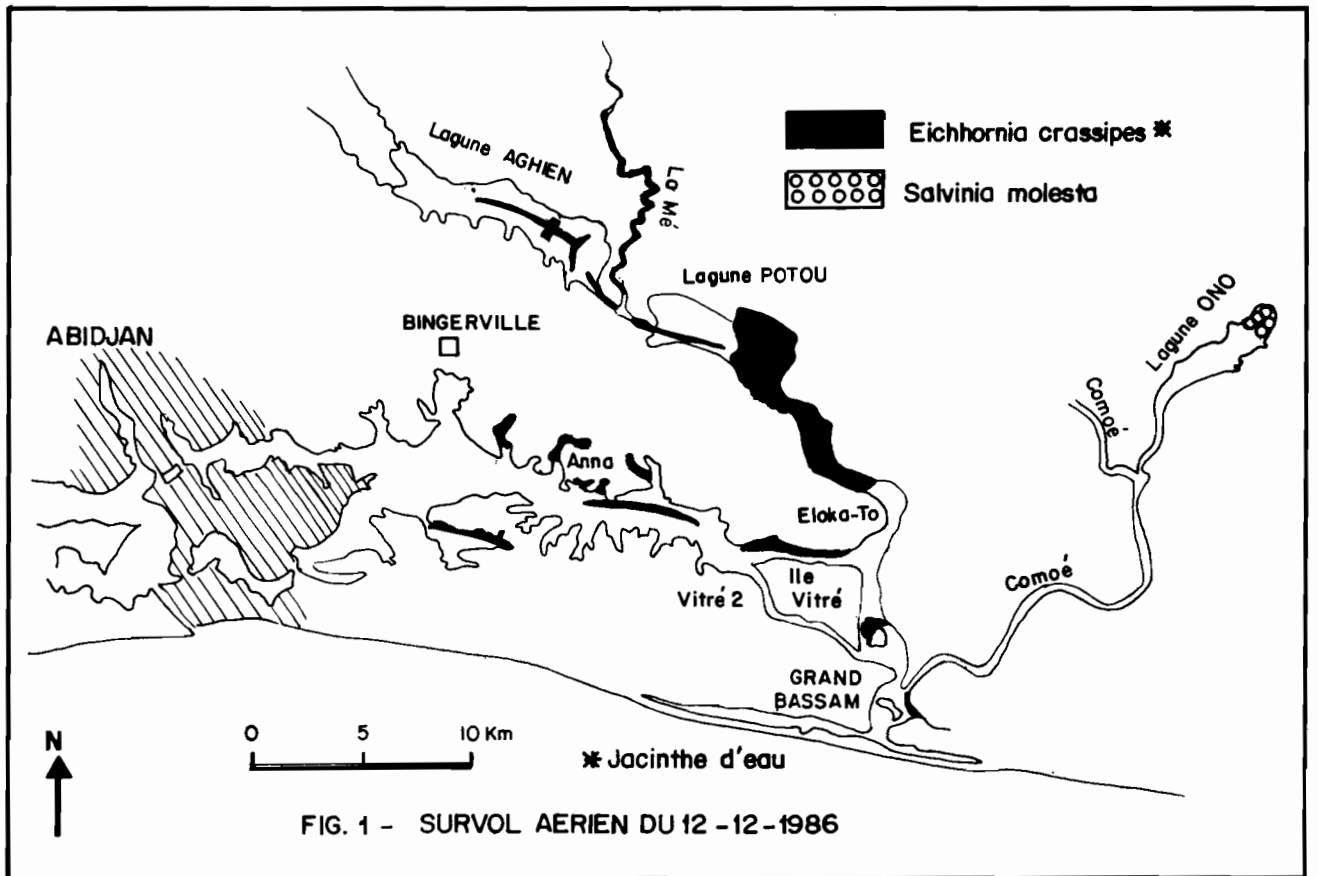
Une stratégie de lutte efficace, durable et peu coûteuse contre les végétations aquatiques flottantes dans le secteur oriental de la lagune Ebrié doit donc être préventive, c'est à dire, concentrée sur les foyers d'endémisme lors de leur extension minimale soit en période d'étiage des fleuves et ciblant spécifiquement le peuplement d'*Eichhornia crassipes*.

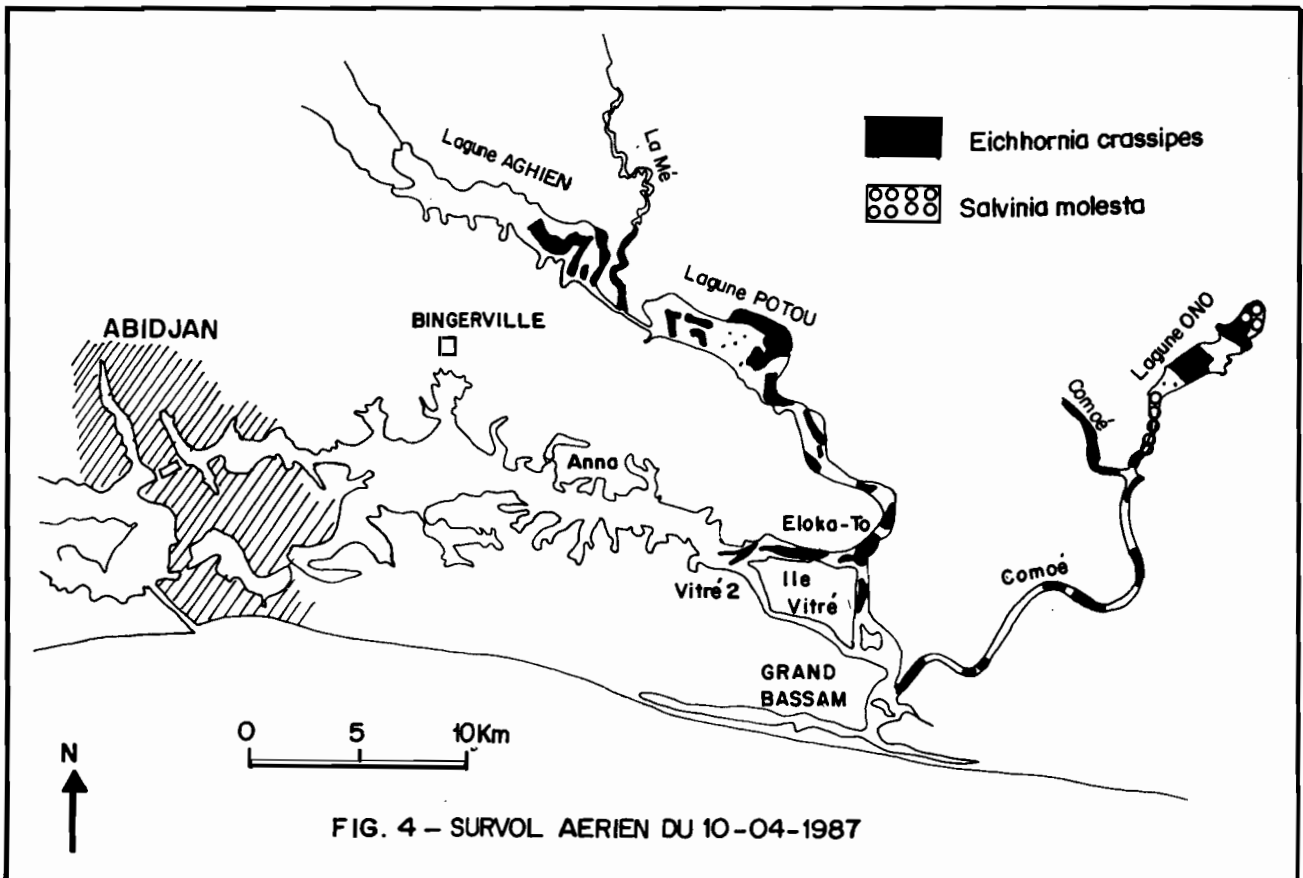
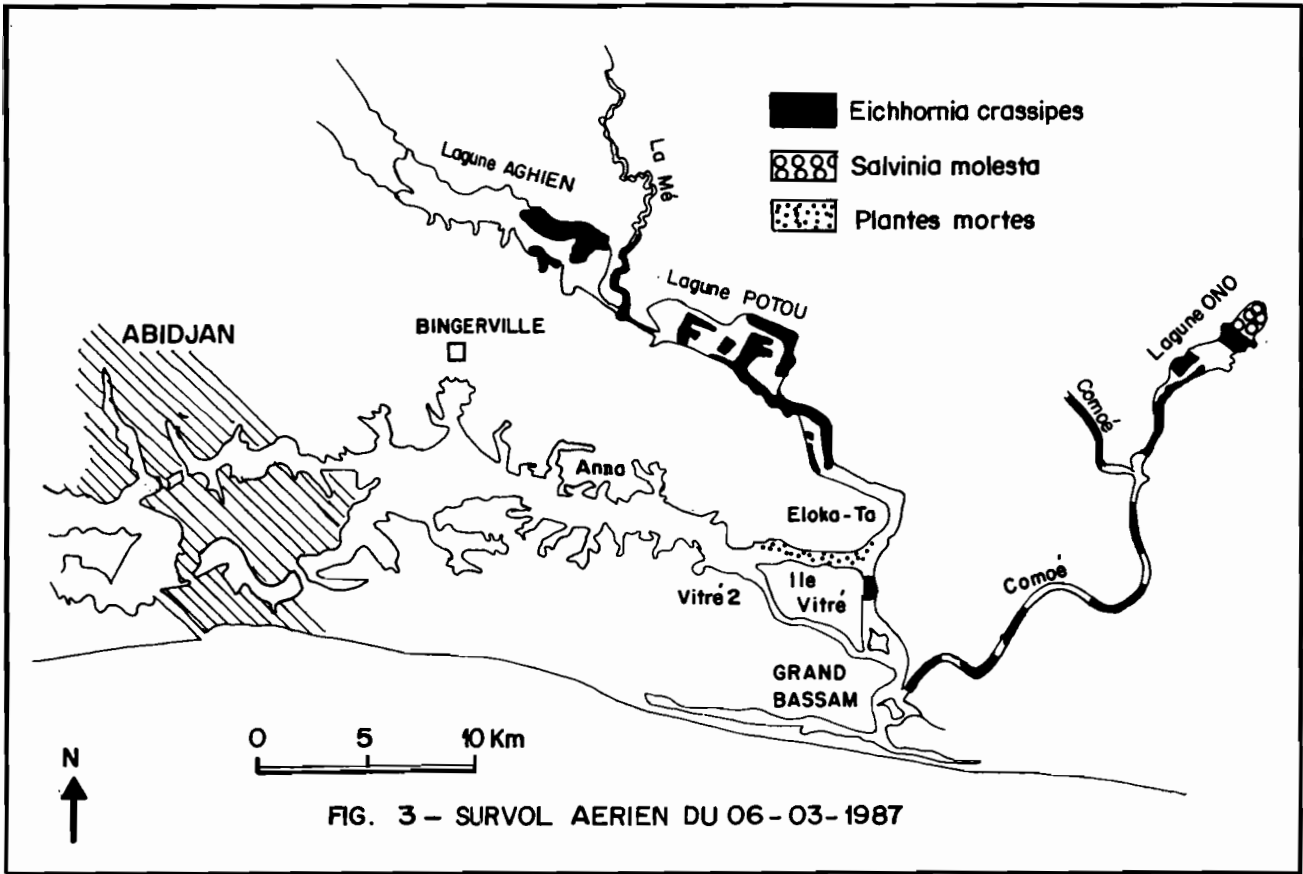
REMERCIEMENTS

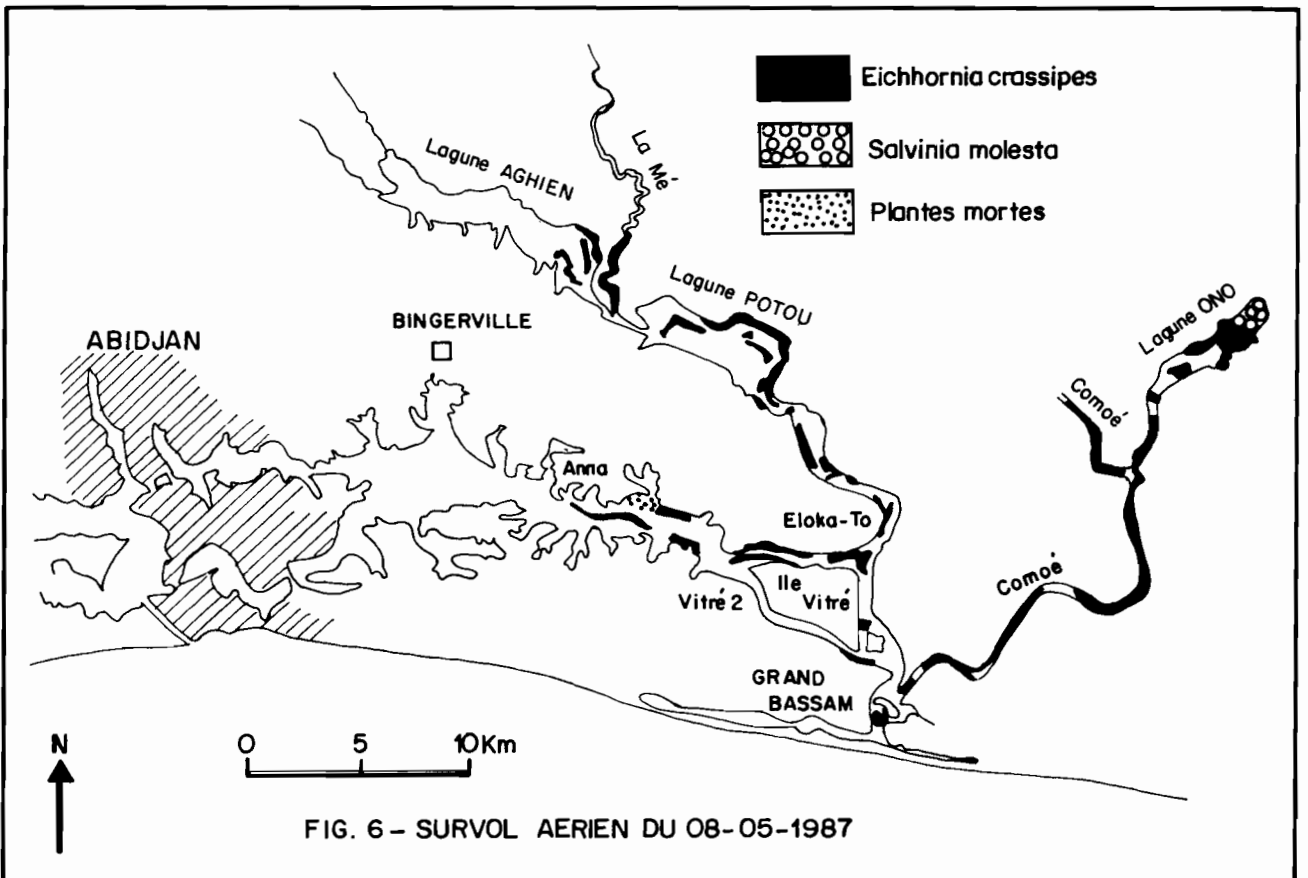
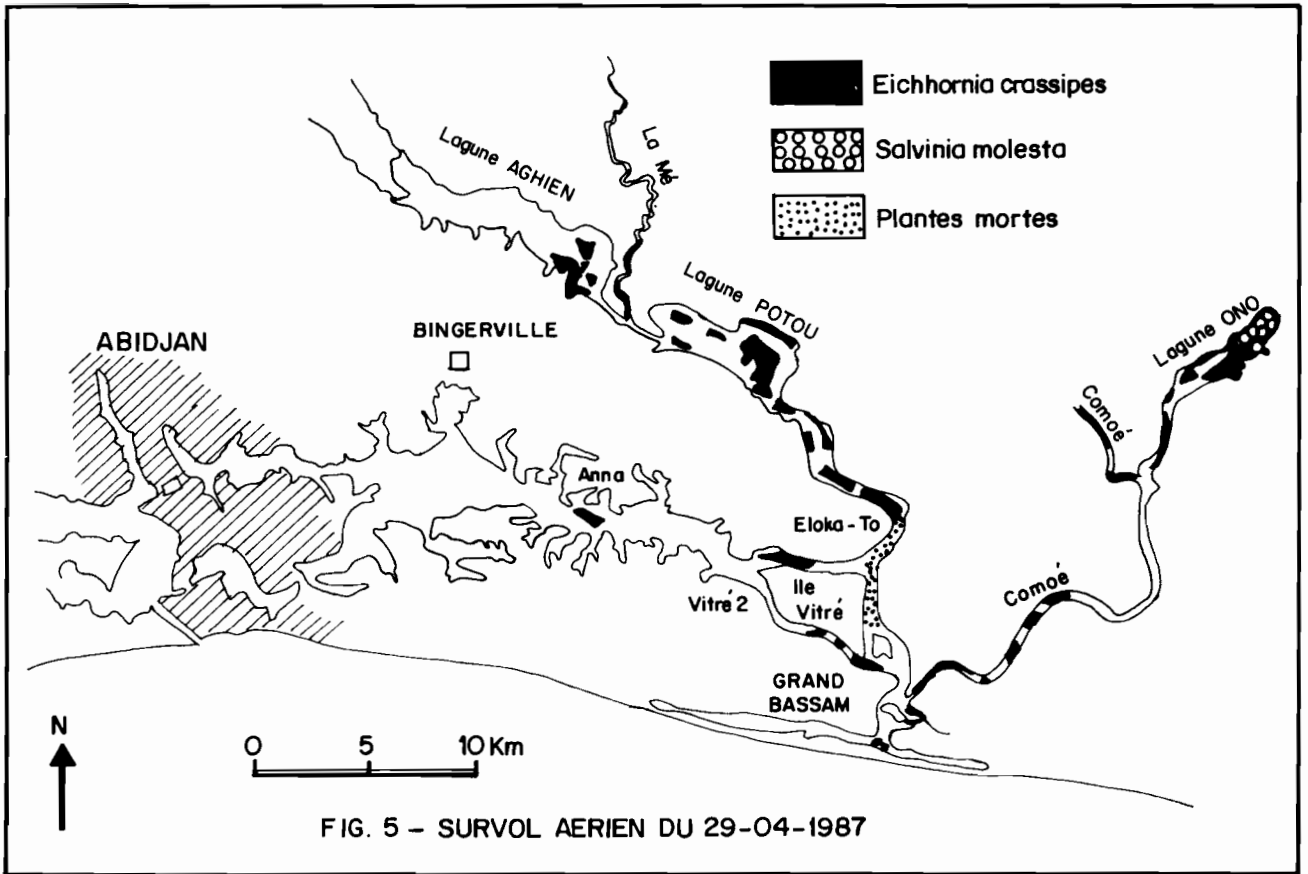
Les auteurs adressent leurs sincères remerciements à leurs collègues (Konan J., Koffi Ph. et Abé J.) et techniciens (Dadié P., Kouadio Y. et Akou B.) qui ont apporté leur concours à la réalisation de cette étude en participant, soit aux survols aériens, soit à la confection du document (dactylographie, dessin, et reprographie).

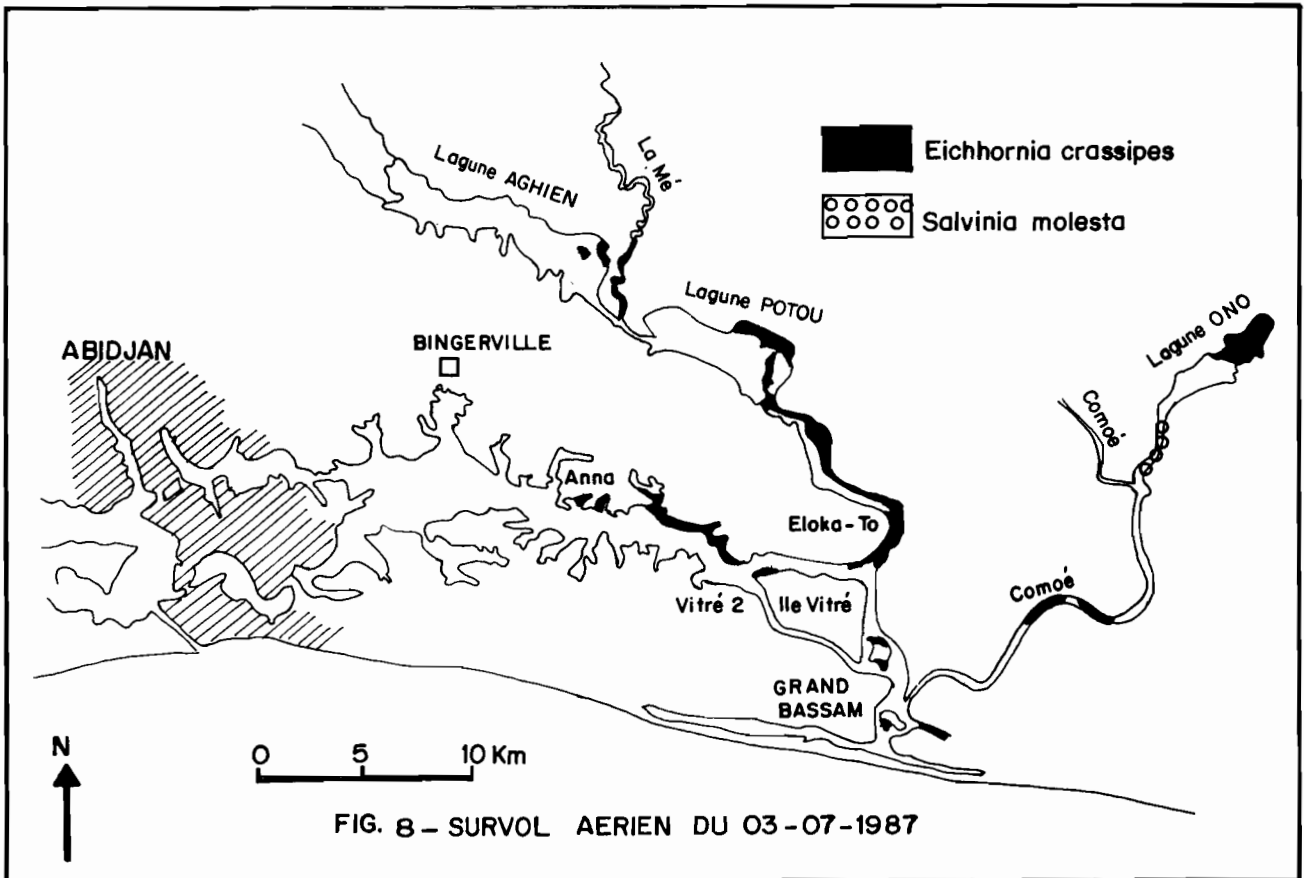
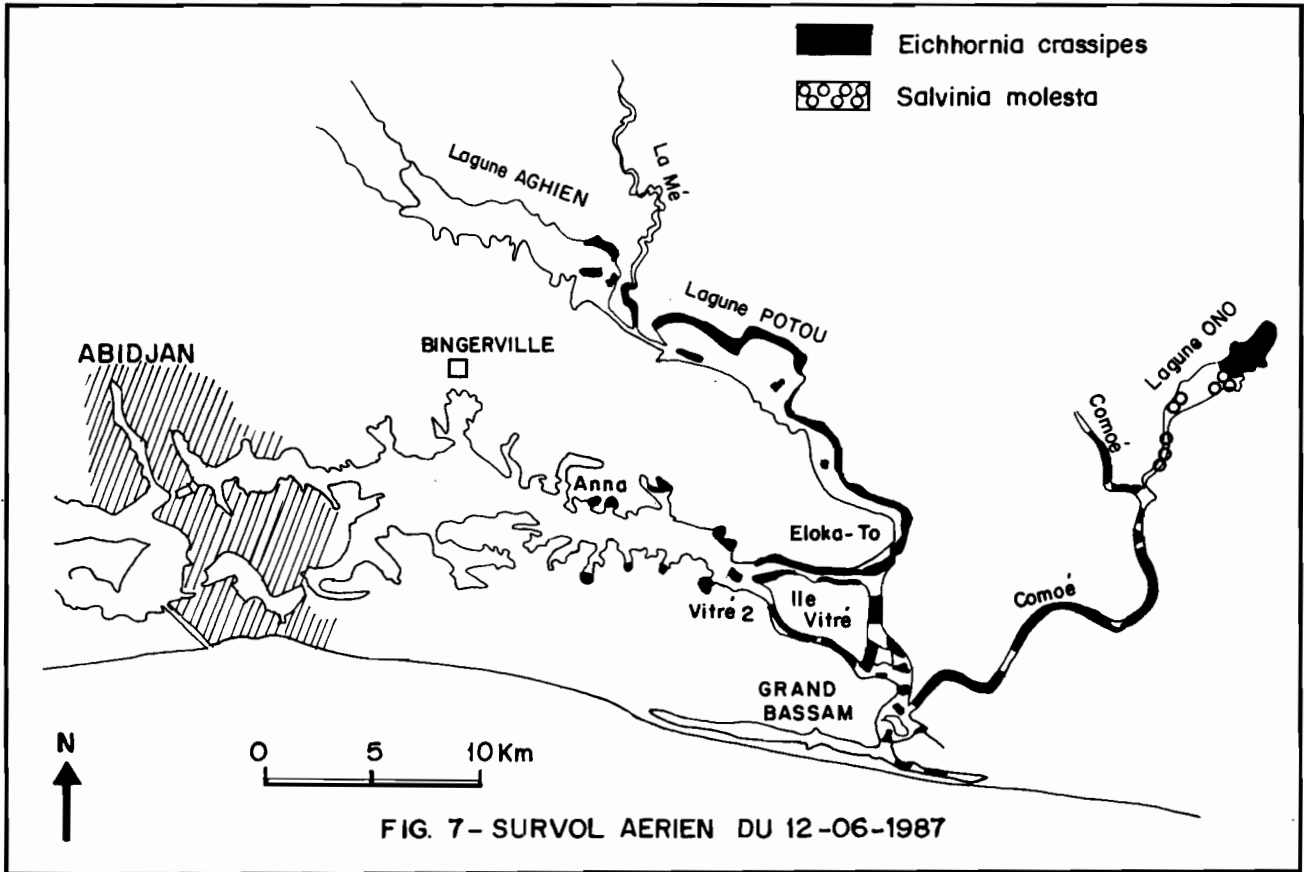
BIBLIOGRAPHIE

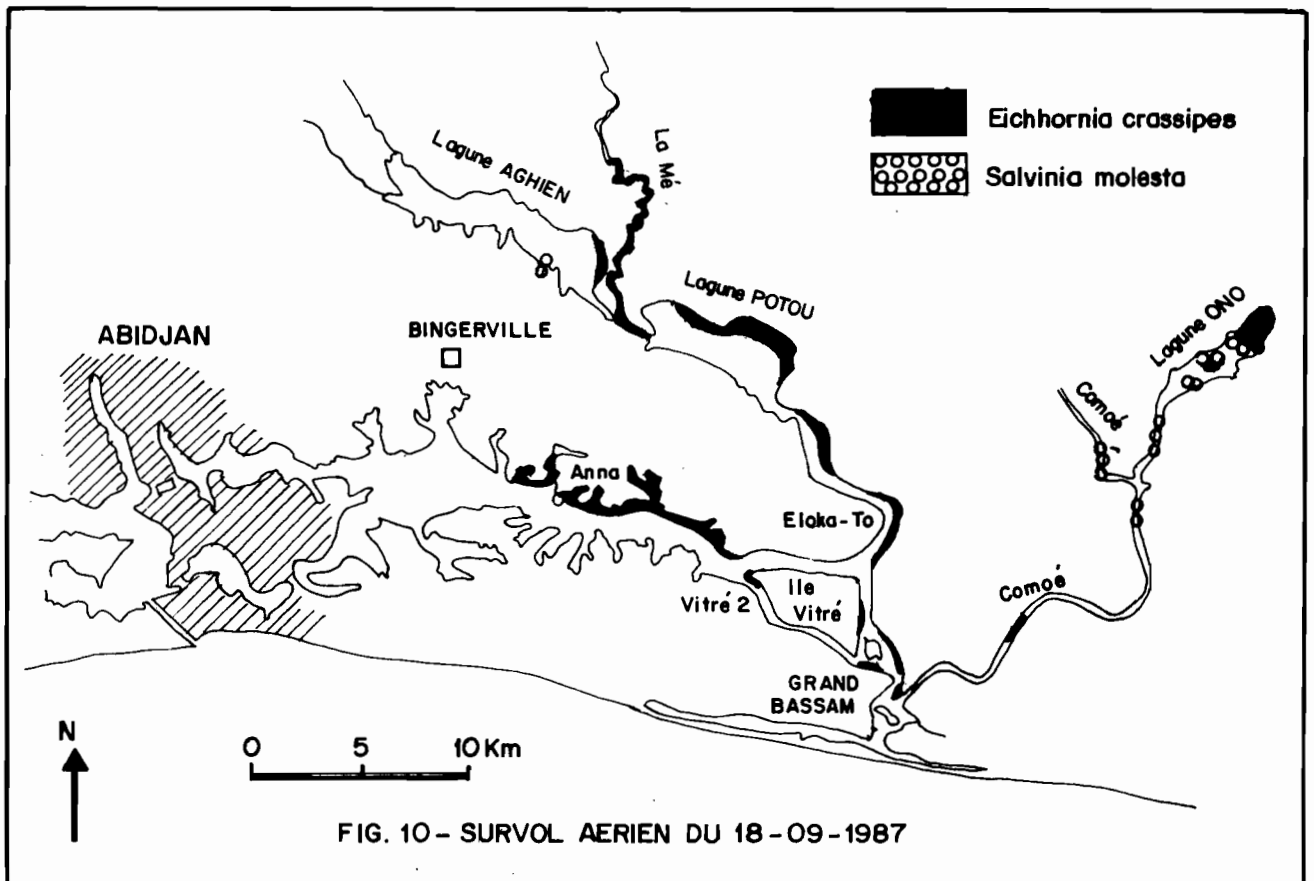
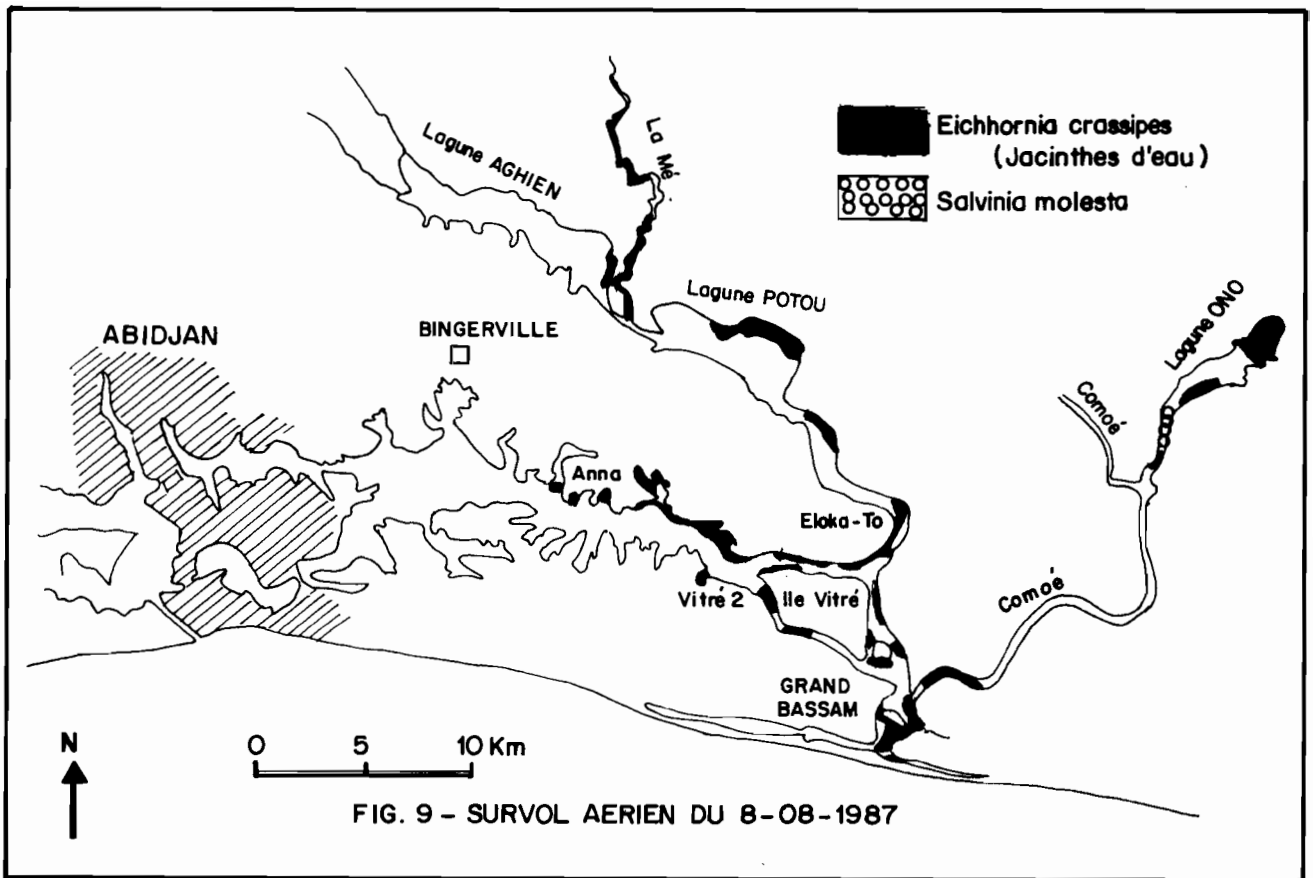
- Durand J.R. et M. Skubich, 1979.- Recherches sur les lagunes ivoiriennes. *Réunion de travail sur la Limnologie africaine, Nairobi, 55 p.*
- Eldin M., 1971.- Le climat. In *Le Milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM, n°50 : 73-108.*
- Girard G., J. Sircoulon et P. Touchebeuf, 1971.- Aperçu sur les régimes hydrologiques. In : *Le Milieu naturel de la Côte d'Ivoire. Mém. ORSTOM, n°50 : 109-156.*
- Guiral D. et N. Etien, 1991 - Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. *J. Ivoir. Océanol. Abidjan, Vol 1, N°2 : 25-40.*
- Koffi Ph., J. Abé et J.B. Amon Kothias, 1991 - Contribution à l'étude des modifications hydro-sédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam. *J. Ivoir. Océanol. Abidjan, Vol 1, N°2 : 47-60.*
- Morlière A., 1970.- Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 1 (2) : 1-15.*
- Varlet F., 1978.- Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels. *Trav. et Doc. ORSTOM, n°83, 164 p., 110 fig.*

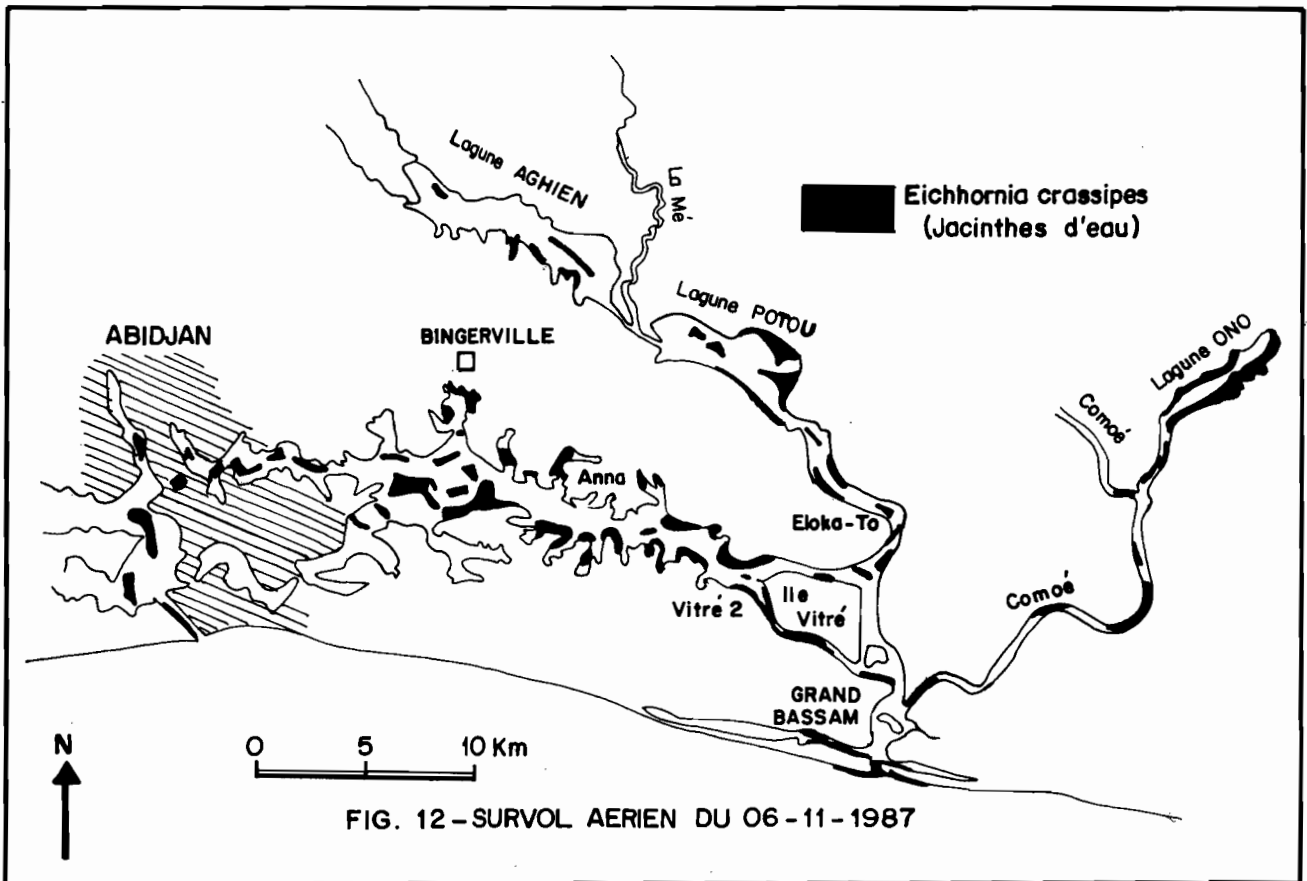
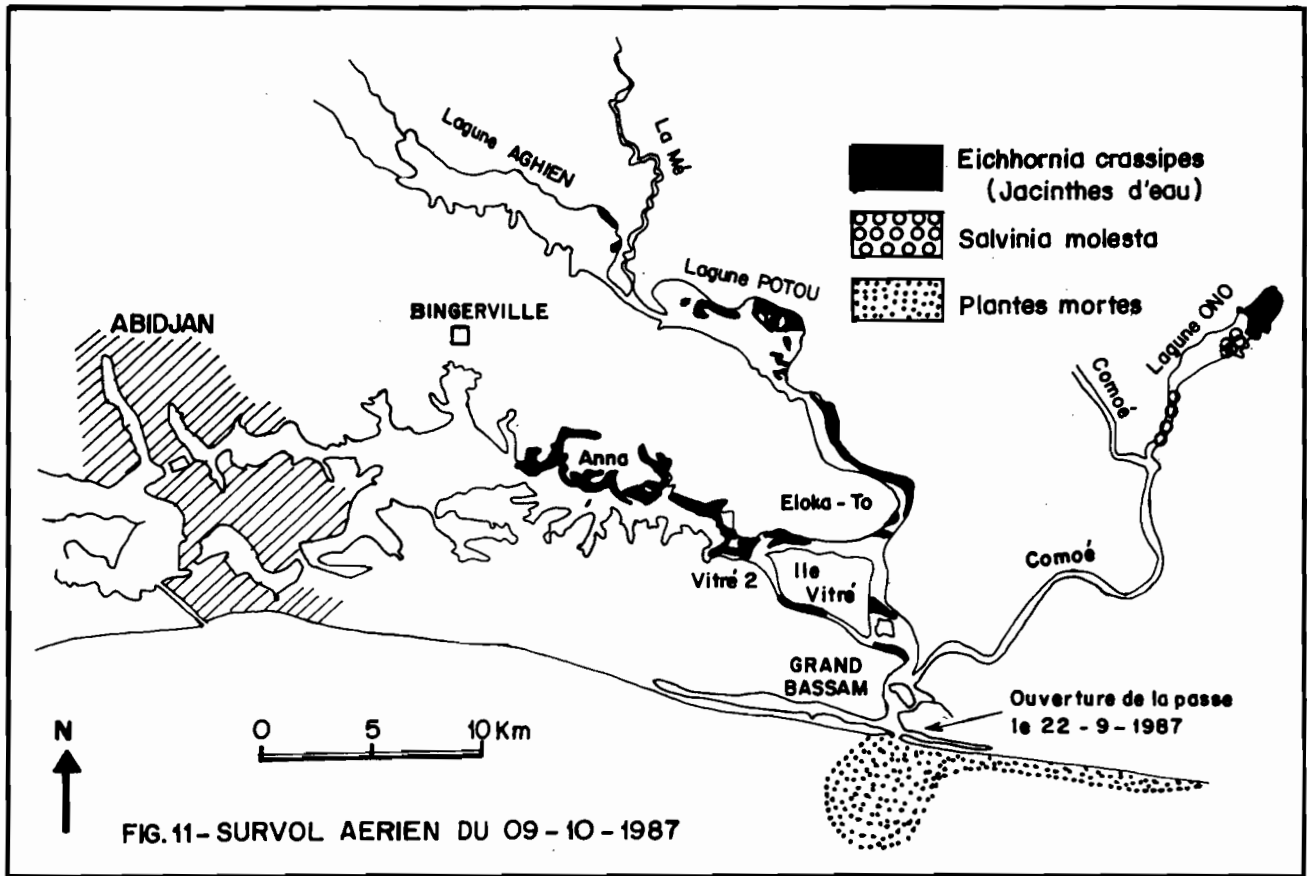


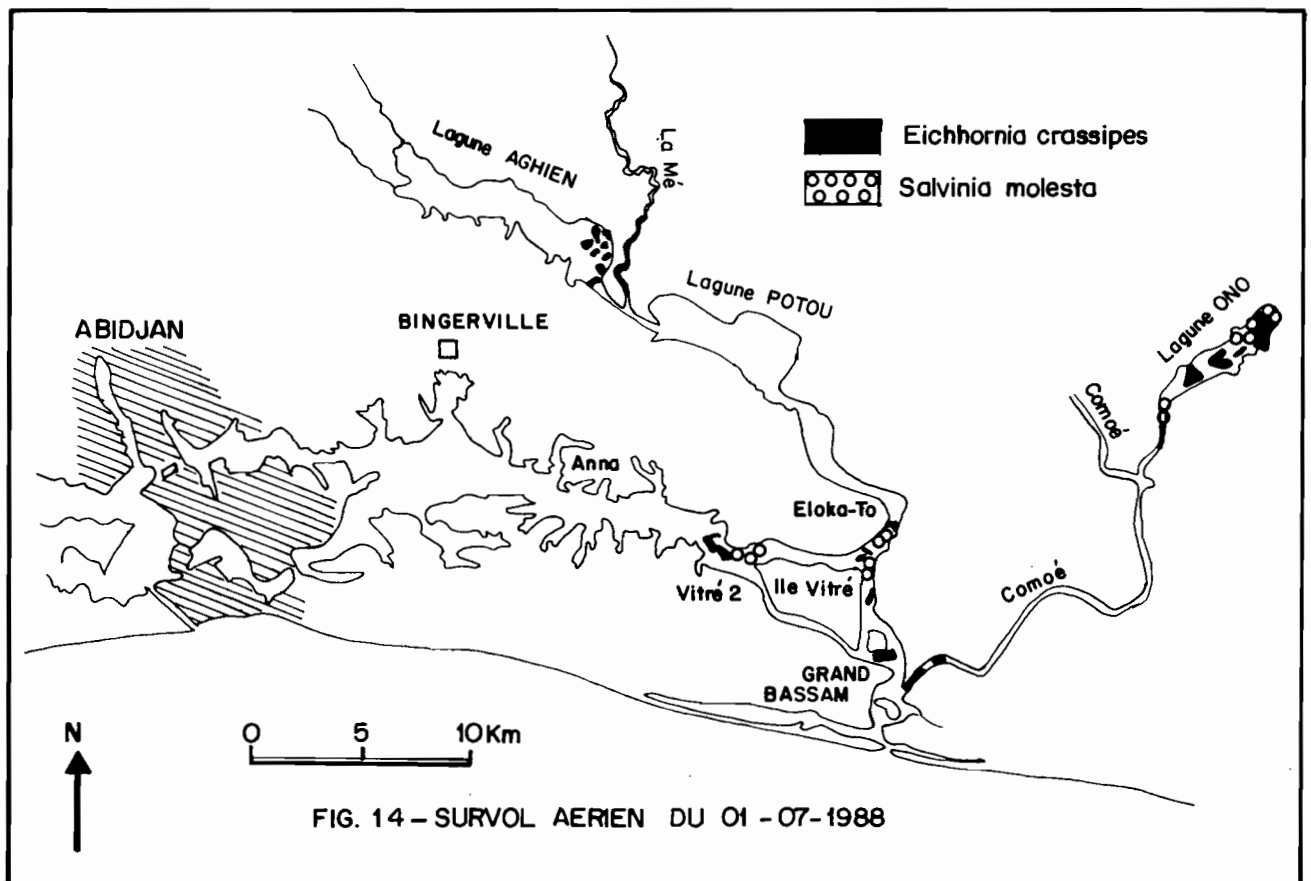
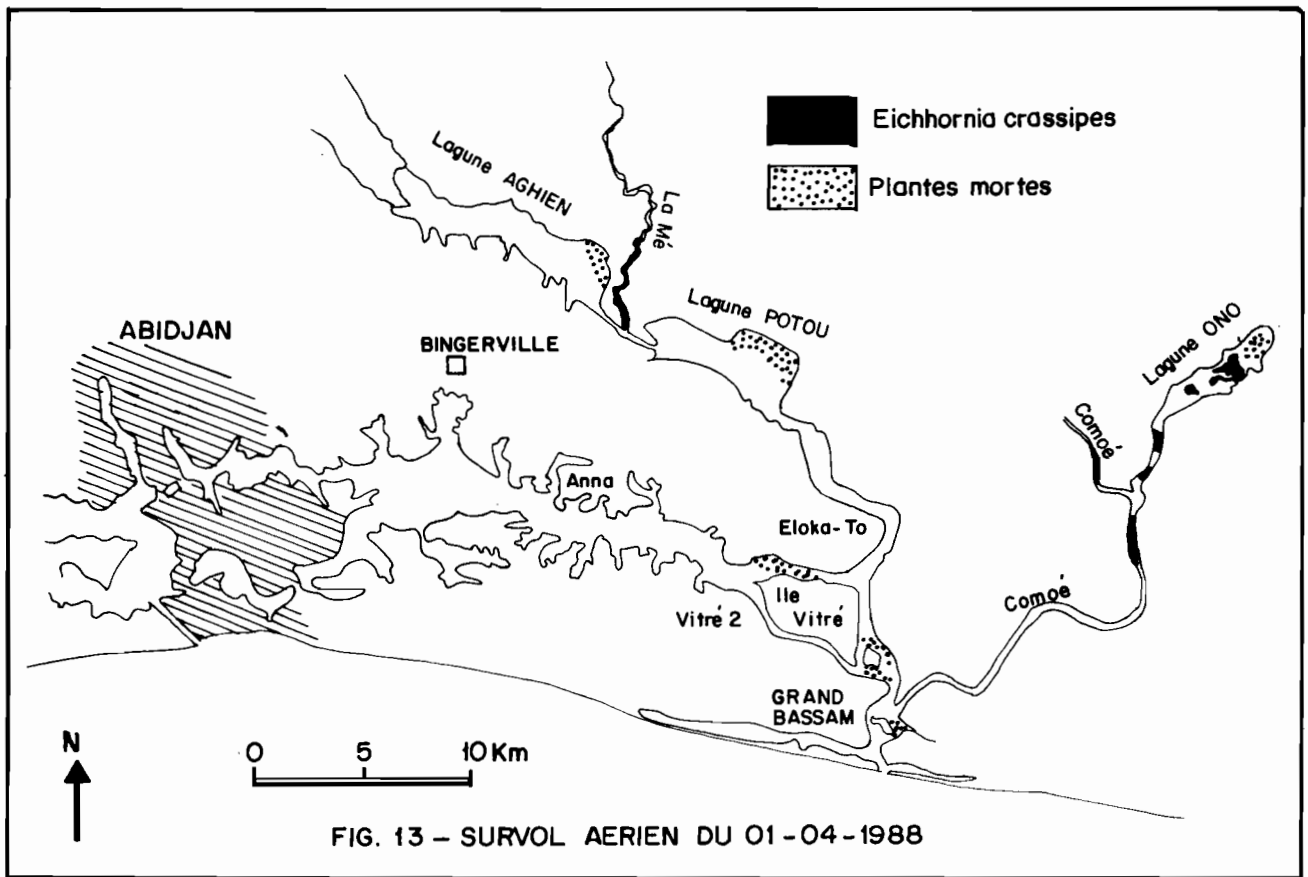


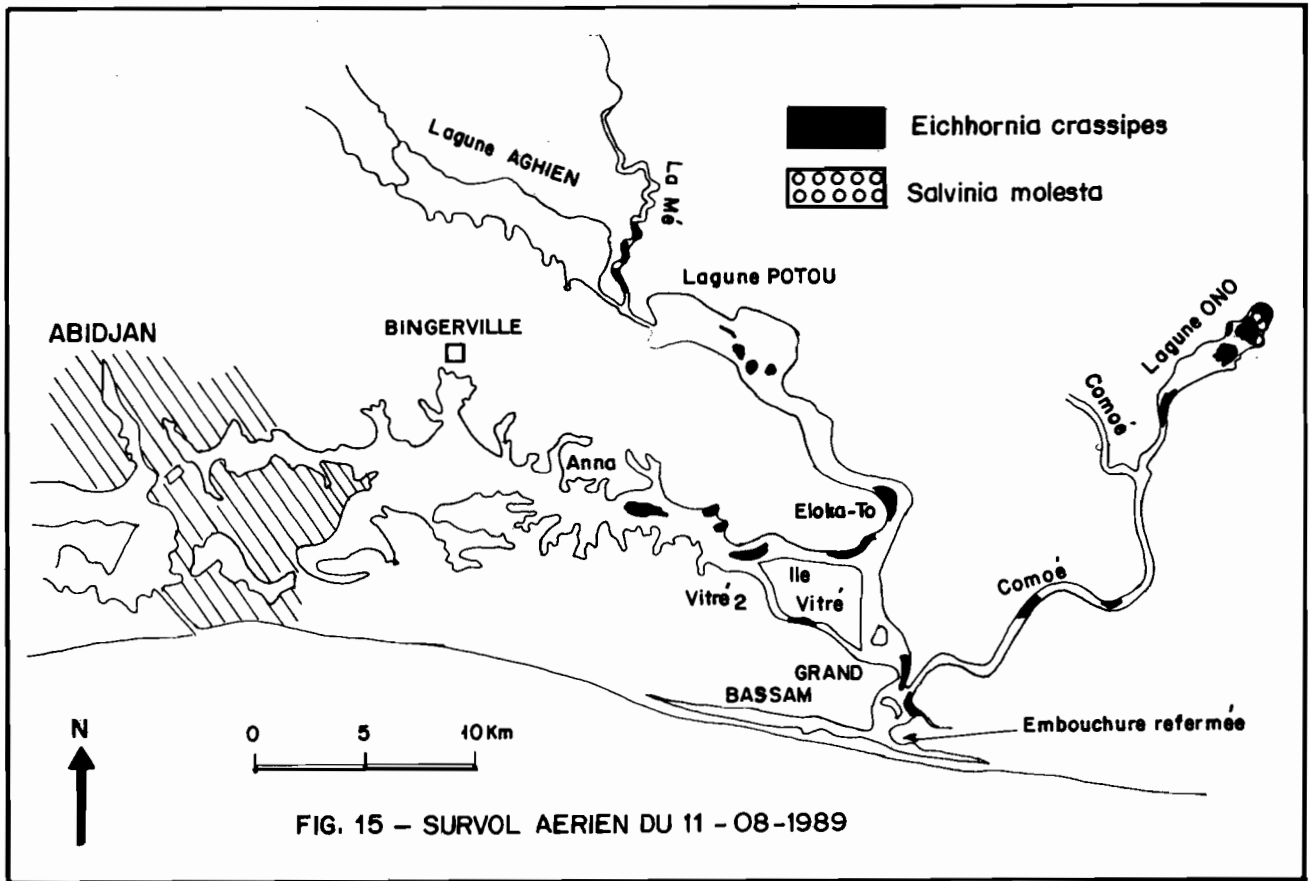












(2) LES MACROPHYTES AQUATIQUES DES BERGES LAGUNAIRES

AQUATIC MACROPHYTES OF LAGUNAR RIVES

Par

GUIRAL D. et N. ETIEN
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)
---==0000==---

RESUME

Cet article de synthèse décrit la composition et l'organisation des végétations colonisant les berges de la lagune Ebrié et fournit des données originales sur l'évolution récente de ces associations consécutivement à l'introduction accidentelle de 2 nouvelles espèces de macrophytes flottantes (*Salvinia molesta* et *Eichhornia crassipes*).

Un historique de l'invasion de ces 2 espèces en Côte d'Ivoire est présenté et resitué dans un cadre plus général retraçant à partir d'un travail bibliographique l'expansion mondiale et plus spécifiquement africaine de ces 2 espèces.

Une étude comparative des compositions chimiques (C,N,P) des 3 espèces de macrophytes aquatiques flottantes (*Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes*) colonisant la lagune Ebrié a mis en évidence la richesse nutritive potentielle de *E. crassipes*.

Dans le cadre spécifique de la lagune Ebrié les modifications écologiques engendrées par la prolifération de ces plantes sont présentées.

La croissance de ces 3 espèces en milieu contrôlé a été estimée et le rôle de la salinité en tant que facteur de contrôle de la multiplication de ces plantes a été analysé.

En conclusion, les divers moyens de lutte contre les végétations aquatiques flottantes ont été énumérés et les options prises par la Côte d'Ivoire pour l'éradication de ces plantes de la lagune Ebrié présentées :

- dans l'immédiat
- 1) détournement des eaux de crue par la réouverture du Grau de Bassam
- 2) installation de barrages flottants.
- dans le futur, lutte chimique et biologique.

Mots-clés : Macrophytes aquatiques flottants, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, Milieu lagunaire, Composition élémentaire, Biomasse, Résistance à la salinité.

ABSTRACT

This synthetic article describes the composition and organization of vegetations colonizing the Ebrié Lagoon banks and provides original data on the recent evolution of this association consecutively to the accidental introduction of 2 new species of floating macrophytes (*Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes*).

An historical record of the invasion by this 2 species in Côte d'Ivoire is presented and relocated in a more general context, recalling, from a bibliographical work, the worldwide and more specifically the african expansion of this 2 species.

A comparative study of chemical composition (C,N,P) of the 3 aquatic floating macrophytes species (*P. stratiotes*, *S. molesta*, *E. crassipes*) colonizing the Ebrié Lagoon displayed the potential nutritive resource of *E. crassipes*.

In the specific limits of the Ebrié Lagoon, ecological modifications generated by the proliferation of these plants are presented.

The growth of these 3 species in a controlled environment was estimated and the role of salinity as a control factor of the multiplication of these plants was analyzed.

To sum up, various means of controlling this floating aquatic vegetation were enumerated and options taken by Côte d'Ivoire for the eradication of these plants from the Ebrié Lagoon were presented :

- For the time being

1) diversion of rising waters by the opening of Bassam channel

2) setting up of floating barriers

- In the future chemical and biological control.

Key-Words : Floating aquatic macrophytes, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*, *Eichhornia crassipes*, Lagoon environment, Elementary composition, Biomass, Resistance to salinity.

INTRODUCTION

La Lagune Ebrié est caractérisée par de faibles marnages, limités essentiellement à la seule zone estuarienne. Elle ne présente ainsi que de très faibles surfaces exondables aux échelles journalières et annuelle. Cette particularité du système lagunaire, avec des zones inondables très limitées, est à l'origine du faible développement des formations végétales colonisant les berges. L'étude de ces associations reste encore très fragmentaire, bien que leur rôle fonctionnel soit localement important, comme l'attestent les très nombreux débris figurés dans les sédiments superficiels des baies fermées (Aghien, Abou Abou, Cosrou).

Cependant, l'introduction récente d'espèces très proliférantes dans le secteur Est de la lagune a contribué à un renouveau de l'étude de ces formations et à une meilleure prise en compte de leur importance écologique. Indépendamment de cet aspect conjoncturel, l'intérêt pour la connaissance et la conservation des zones humides côtières (Z.H.C.) à l'échelle mondiale et en Côte d'Ivoire tend à se développer depuis quelques années. Le fonctionnement de tels milieux est encore très mal connu, mais ces sites hébergent une faune très diversifiée, dont certaines espèces endémiques souvent menacées d'extinction. Parmi celles-ci, on peut citer en Lagune Ebrié, pour les Mammifères, les lamantins (*Trichechus senegalensis*), pour les Reptiles, les crocodiles (*Crocodylus niloticus*, *C. cataphractus* et *Osteolaemus tetraspis*), et pour les oiseaux, les rapaces *Pandion*

haliaetus et *Scotopelia peli* (Nicole et al., 1987).

1 - ZONATION VEGETALE EN LAGUNE EBRIE

Les associations végétales des berges de la Lagune Ebrié s'organisent classiquement en zones parallèles selon la bathymétrie. Leur structure et leur composition spécifique sont conditionnées par les caractéristiques édaphiques du substrat (granulométrie, degré d'hydromorphie), et par la salinité des eaux d'immersion.

Aux embouchures en lagune des fleuves Comoé, La Mé et Agnéby, on observe en passant des eaux libres à la terre exondée, une ceinture d'hydrophytes submergés et flottants relativement bien développée dans les zones d'eau vive. Cette association correspondant aux zones potamifère (très peu développée) et nupharifère comprend des hydrophytes nageants fixés en voie de disparition (*Nymphaea lotus*, Nymphaeacées), des hydrophytes nageants libres (*Pistia stratiotes*, Aracées, *Salvinia molesta*, Salviniacées, *Eichhornia crassipes*, Pontédériacées). A cette ceinture, succède une zone de prairie (Borgoutière) nettement plus développée, constituée d'hélophytes graminéens (*Echinochloa pyramidalis*, Poacées) à laquelle se substitue une frange d'hélophytes à Cypéacées (*Cyperus articulatus*, Cyperacées) colonisant les fonds plats et vaseux périodiquement inondés (Porter, 1950, 1951 ; Hedin, 1933). De cette ceinture de colmatage des berges, on peut passer ensuite graduellement en s'éloignant du plan d'eau :

- soit à une formation marécageuse tourbeuse à hydromorphie permanente, présente exclusivement dans les zones de bas-fond mal drainées et périodiquement inondées par des eaux très douces. Cette formation particulièrement bien développée dans l'ancien delta de l'Agnéby comprend essentiellement des fougères (*Nephrolepis biserrata*, Davalliées et *Caeratopteris cornuta*, Adiantacées) ; elle est considérée comme une formation résultant de la dégradation de la raphiale climacique. Dans les secteurs non anthropisés, les espèces dominantes sont *Mitragyna ciliata* (Rubiacées), *Symphonia globulifera* (Guttifères) et *Raphia hookeri* (Arécacées), et les espèces accompagnatrices *Ficus congensis*, *F. ovata* (Moracées), *Cludia klainei* (Caesalpiniacées)... (Nicole et al., 1987). Il est à noter que la présence du genre *Raphia*, correspondant à des plantes de lumière, indique toujours une ouverture plus ou moins ancienne de la forêt.

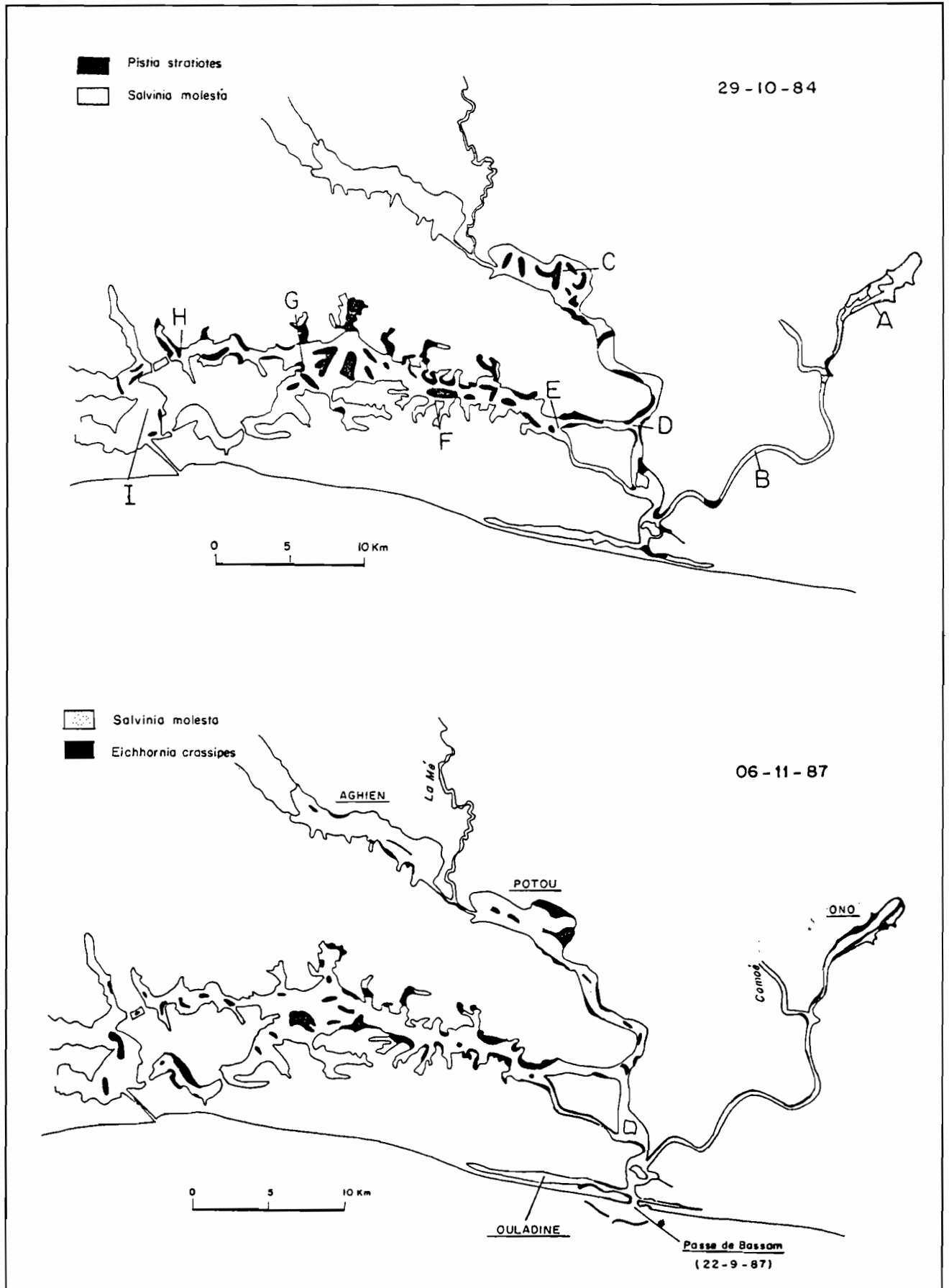


Figure 1 : Evolution des taux de recouvrement et de la composition spécifique des hydrophytes flottantes colonisant le secteur Est de la lagune Ebrié. (a) Survol aérien du 29 octobre 1984 ; (b) Survol aérien du 6 novembre 1987. Evolution of covering rates and specific composition of floating hydrophytes colonizing the East sector of the Ebrié lagoon. (a) October 29th 1984 flight over ; (b) November 6th 1987.

Ceci explique l'absence de *R. hookeri* des forêts marécageuses bien conservées des lagunes Aghien et Potou (Fig. 1b) ;

– soit à des mangroves, où seule la formation à palétuviers est représentée. Les marais à halophytes herbacés (tannes herbus ou tannes herbacés) rencontrés dans les mangroves des pays limitrophes sont, en effet, inexistant dans le système lagunaire Ebrié (et d'une manière générale, en Côte d'Ivoire) en tant que formation végétale bien définie. La mangrove se développe sur des sols hydromorphes salés, résultant de l'accumulation d'alluvions, et soumis à l'influence des marées (Nicole *et al.*, 1987). En Côte d'Ivoire, cette formation à palétuviers est considérée, d'un point de vue floristique, comme l'une des plus pauvres du monde. Elle ne comprend que trois espèces arborescentes spécifiques : *Rhizophora racemosa* (Rhizophoracées), *Avicennia germinans* (Alicénniacées) et *Conocarpus erectus*, Combretacées), parmi les six présentes dans l'Ouest Africain, alors que soixante espèces sont recensées à l'échelle du globe (Egnankou, 1985). Ces trois espèces présentent une distribution zonale conditionnée par la nature du substrat, la fréquence des inondations, et surtout la salinité des eaux de submersion. Constituant l'essence la plus fréquemment observée, et souvent en peuplement monospécifique en Lagune Ebrié, *R. racemosa* colonise les zones de front à faible salinité, entre lagune et continent. Associée à la précédente, *A. germinans* présente une zonation moins stricte, se développant à la fois sur substrat meuble et sableux, et supportant des salinités plus élevées. Plus rare, *C. erectus* est observé dans la zone d'interface entre la mangrove et la forêt tropicale humide. Remarquable sur le plan écologique car constituée d'espèces présentant de multiples adaptations morphologiques et physiologiques, cette association comprend un nombre limité de familles (Avicénniacées, Combretacées, Rhizophoracées, et Adiantacées).

Ces diverses espèces et particulièrement les palétuviers sont soumises à une intense exploitation en lagune (bois de construction, bois de chauffe et de fumage de poissons), et ne constitue plus qu'un peuplement relictuel, objet de fortes pressions anthropiques (aménagement des rives lagunaires, établissement de plantations industrielles : palmeraies, cocoteraies). Dans les zones où cette formation de mangrove est encore observée (Lagunes Potou, Aghien et Ouladine - Fig.1), elle colonise seulement 1,5% des rives lagunaires (Fredoux, 1980), étant partout très fortement concurrencée par la forêt marécageuse à *Raphia hookeri* et *Cyrtosperma senegalense* (Aracées).

Si la végétation arborée colonisant les berges lagunaires présente une certaine pérennité (indépendamment des modifications anthropiques), la situation est bien différente pour les ceintures d'hélophytes graminéens et surtout pour les hydrophytes submergés et flottants. Depuis cinquante ans, en effet, ces associations ont enregistré de très profonds bouleversements occasionnés par l'ouverture du Canal de Vridi et l'introduction accidentelle d'espèces à très fort potentiel de croissance en milieu oligohalin (*Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes*). Plus directement dépendantes du système lagunaire, ces végétations ont fait l'objet d'études plus approfondies en Lagune Ebrié (Guiral, *in prep.*), car leurs explosions démographiques entraînent des modifications très profondes du fonctionnement de l'écosystème lagunaire, et bouleversent l'organisation socio-économique des zones riveraines.

2 - LES MACROPHYTES FLOTTANTS DE LA LAGUNE EBRIE

Antérieurement à l'ouverture du Canal de Vridi, *Pistia stratiotes* constituait une espèce commune de la Lagune Ebrié, colonisant particulièrement les criques et les baies à fort taux de sédimentation aux contacts des eaux vives continentales. En 1933, cette espèce a présenté une expansion maximale lors d'une crue exceptionnelle du Comoé (le niveau de la lagune se situant 1,4 m au-dessus de son niveau normal). Cette prolifération a coïncidé avec un développement très important de *Ceratophyllum demersum* (Cératophyllacées). En 1934, à la suite du drainage réalisé par une ouverture du Canal de Vridi et d'un arrêt précoce des pluies, l'intrusion marine affecta l'ensemble du système lagunaire, atteignant les Lagunes Potou et Aghien (Fig. 1). L'augmentation de la salinité entraîna la mort et la décomposition très rapide de *Pistia stratiotes* (à l'origine d'une mortalité très importante de poissons) et une éradication, totale et définitive de *C. demersum* et des nénuphars (*Nymphaea micrantha*, Nymphéacées). Cette forte régression de *P. stratiotes* a coïncidé avec une extension des borgoutières à *Echinochloa pyramidalis*, qui en 1949, colonisait tous les atterrissements des berges Nord de la lagune, à l'exception de la crique de Dabou, où cette espèce était concurrencée par *Oryza barthii* (Poacées), introduite vers 1940 (Porter, 1950 et 1951). Cette tendance à l'élimination des hydrophytes d'eau continentale et vive s'est renforcée lors de l'ouverture permanente du Canal de Vridi en janvier 1951. A partir de cette date, *P. stratiotes* n'est observée, dans

l'ensemble du secteur Est de la lagune, qu'en période de post-cruée du fleuve Comoé, constituant des îlots flottants et dérivants au sein desquels sont associés *E. pyramidalis* (détaché par le courant des berges du bas cours du fleuve). Cette évolution s'est reproduite annuellement jusqu'en 1984, avec une intensité et une durée liée à l'importance de la crue, et donc de la dessalure des eaux lagunaires.

En 1983, une nouvelle espèce, à l'origine exclusivement localisée en lagune Ono, est apparue en Lagune Ebrié (Fig. 1). Très rapidement, elle a colonisé d'une manière permanente les baies où, jusqu'alors, seule *P. stratiotes* était présente de manière saisonnière. Cette espèce déterminée initialement comme *Salvinia nymphellula*, était observée pour la première fois en Côte d'Ivoire en décembre 1971 dans les mares proches d'Abidjan, et en 1972 dans le Parc National du Banco (Aké Assi, 1977). Dans le cas de la Lagune Ono, des études complémentaires ont permis de rattacher cette plante à l'espèce *S. molesta*, qui a été décrite pour la première fois en mai 1959 dans le lac Kariba au Zimbabwe (Mitchell, 1972). Contrairement à *S. nymphellula*, *S. molesta* (Fig. 2) présente des sporocarpes stériles densément velus (les mâles étant sessiles, les femelles pédonculés), et sur la face supérieure des feuilles, des papilles surmontées de poils dont l'extrémité est subdivisée en quatre ramifications se rejoignant à leur sommet. *S. molesta* est un ptéridophyte aquatique flottant originaire du Sud-Est brésilien (Forno et Harley, 1979). Elle a été introduite par l'homme dans diverses régions tropicales et subtropicales, où son potentiel de croissance et de multiplication l'ont assimilée à un véritable fléau. En 1933, elle est importée à Calcutta (Inde), puis expédiée en 1939 à l'Université de Colombo (Sri-Lanka). En 1947, elle présente dans cette île sa première phase de prolifération, colonisant l'ensemble des rizières et obstruant les canaux d'irrigation (Williams, 1956). Elle est observée pour la première fois sur le continent africain en 1948 sur le Zambeze, au-dessus des chutes Victoria. En mai 1959, cinq mois après la construction du barrage et la création du Lac Kariba au Zimbabwe, *S. molesta* qui s'était maintenue sur le Zambeze sans apparente progression connaît une phase d'expansion considérable, occupant une superficie de 266 km² en 1960, et atteignant 1003 km² en 1962 (Loveless, 1969). Elle est ensuite signalée au Kenya sur le Lac Naivaska (Gaudet, 1976) et sur le Congo (Little, 1965a). Son aire de répartition s'étend à l'Australie en 1952 (Mitchell, 1978), et à la Papouasie - Nouvelle Guinée en 1971 (Mitchell, 1979). Elle est très certainement présente en Malaisie, en Indonésie et en

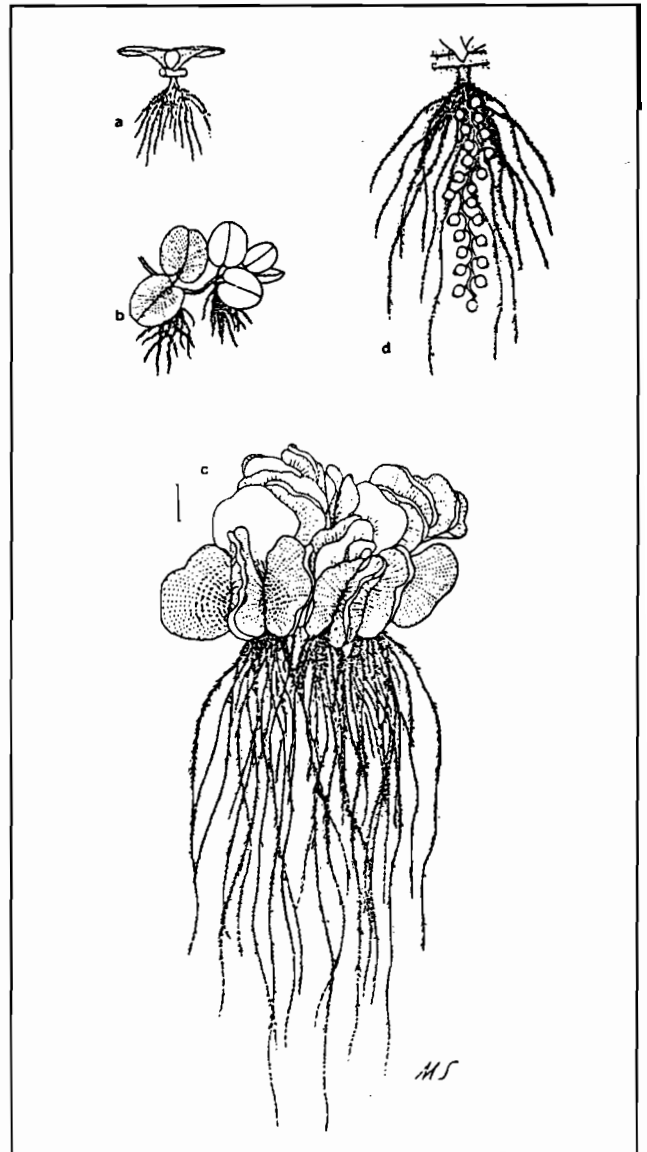


Figure 2 : *Salvinia molesta* MITCHELL. Aspect général des rameaux aériens et submergés des plantes en phase de colonisation (a et b), et à fort taux de recouvrement (c). Feuille submergée montrant le segment portant les sporocarpes stériles lisses et pédonculés (d).

Salvinia molesta Mitchell. General aspect of aerial and submerged ramifications of plants in colonization phase (a and b) and in high covering rate phase (c). Submerged leaves showing the segment with sterile, smooth and peduncled sporocarps.

En Lagune Ebrié, son expansion, constante jusqu'en 1986, fut arrêtée par l'arrivée en lagune d'*Eichhornia crassipes* (Fig. 3). Cette espèce a été observée pour la première fois hors de son aire d'origine sud-américaine au Sri-Lanka en 1933 (Jepson; 1933). Elle colonise ensuite successivement les îles Fidji (Parham, 1947), l'Indonésie (Vaas et Sachlan, 1949) et la

Nouvelle-Zélande (Manson et Manson, 1958). Son aire de répartition englobe maintenant l'ensemble des zones tropicales et subtropicales

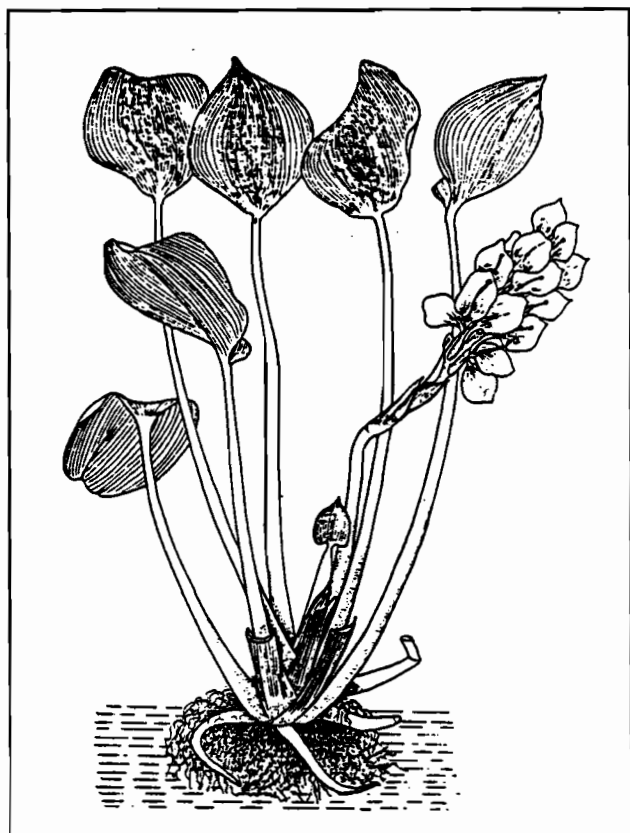


Figure 3 : *Eichhornia crassipes* SOLM. Morphologie générale.

Eichhornia crassipes SOLM. General morphology.

mondiales, s'étendant aux Etats-Unis (Holm *et al.*, 1969 ; Bennett, 1972) et à l'Australie (Wright, 1981). En Afrique, elle est décrite pour la première fois en 1950 dans la flore d'Egypte (Tackholm et Drar, 1950). Sa présence sur les systèmes fluviaux est ensuite notée au Zaïre en 1955, avec d'importantes nuisances (Dubois, 1955 ; Robyns, 1956) et au Zimbabwe (Wild, 1956). Elle est ensuite observée au Mozambique et en Angola (Mendonca, 1958), et fait l'objet de multiples études au Soudan en vue de son éradication du haut cours du Nil (Gay, 1958). Dans la première synthèse sur la répartition en Afrique d'*E. crassipes*, Wild (1961) indique sa présence en Tanzanie et Madagascar. Sa première observation dans un pays de l'Afrique de l'Ouest est notée par Little (1965b) au Sénégal. Elle est ensuite observée à l'île Maurice (Robson, 1976), et infeste à partir de 1979 des lacs de barrage d'Afrique du Sud (Scott *et al.*, 1979), où sa première observation date de 1959 (Jacot-Guillarmod, 1979). A partir de 1984, son extension se généralise en Afrique de l'Ouest : elle colonise d'abord le Bénin, puis le

Nigéria en janvier 1985 (Oso, 1988), où sa prolifération dans la Lagune de Lagos est immédiatement à l'origine de multiples difficultés (limitation des activités de pêche et de navigation). Sa présence est aussi signalée sur des lacs de barrage au Ghana. Elle a été introduite en Côte d'Ivoire en 1985 comme plante ornementale par les horticulteurs installés à Abidjan sur les rives lagunaires. En quelques mois, cette plante s'est répandue accidentellement dans l'ensemble du système lagunaire, colonisant toutes les zones oligohalines (à l'Est d'Abidjan) et estuarienne (en période de crue), supplantant progressivement *S. molesta* et ceci même au sein de la lagune Ono. En octobre 1984, cette dernière était colonisée à 70% par un peuplement monospécifique de *S. molesta* (Fig. 1a), alors qu'à la même période, en 1987, en association avec *E. crassipes*, *S. molesta* ne représente que 30% du peuplement macrophytique total, dont l'ensemble n'occupe plus que la moitié de la surface du plan d'eau (Fig. 1b). Devant l'ampleur de cette invasion et des conséquences économiques associées, la Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest décide en 1988 l'élaboration d'un plan intégré visant au contrôle efficace et/ou une éventuelle valorisation (engrais, compost, aliments pour le bétail, source de bio-gaz, pâte à papier ...) de la Jacinthe d'eau (Oso, 1988).

3 - COMPOSITION CHIMIQUE DES MACROPHYTES AQUATIQUES FLOTTANTS DE LA LAGUNE EBRIE

Les trois espèces de macrophytes flottants colonisant les eaux de surface de la Lagune Ebrié sont caractérisées par des teneurs en eau très élevées, voisines de 95% du poids frais. Cependant, les concentrations en carbone et azote organiques et les compositions minérales diffèrent sensiblement selon les espèces (Fig. 4). Ces différences de composition observées en Lagune Ebrié sont confirmées par des analyses réalisées à partir d'échantillons recueillis dans d'autres régions également infestées (Tab. 1). *E. crassipes* présente de fortes concentrations en azote et, à un moindre degré, en phosphore, ceci principalement au niveau de son système foliaire. Les concentrations en potassium et calcium sont importantes chez *P. stratiotes*, plus particulièrement au niveau du système racinaire. Chez *S. molesta*, les compositions des feuilles aériennes et de la feuille immergée (pourtant très différentes sur un plan morphologique) sont très voisines (Fig. 2). Parmi les trois espèces observées en lagune, *S. molesta* présente les concentrations les plus

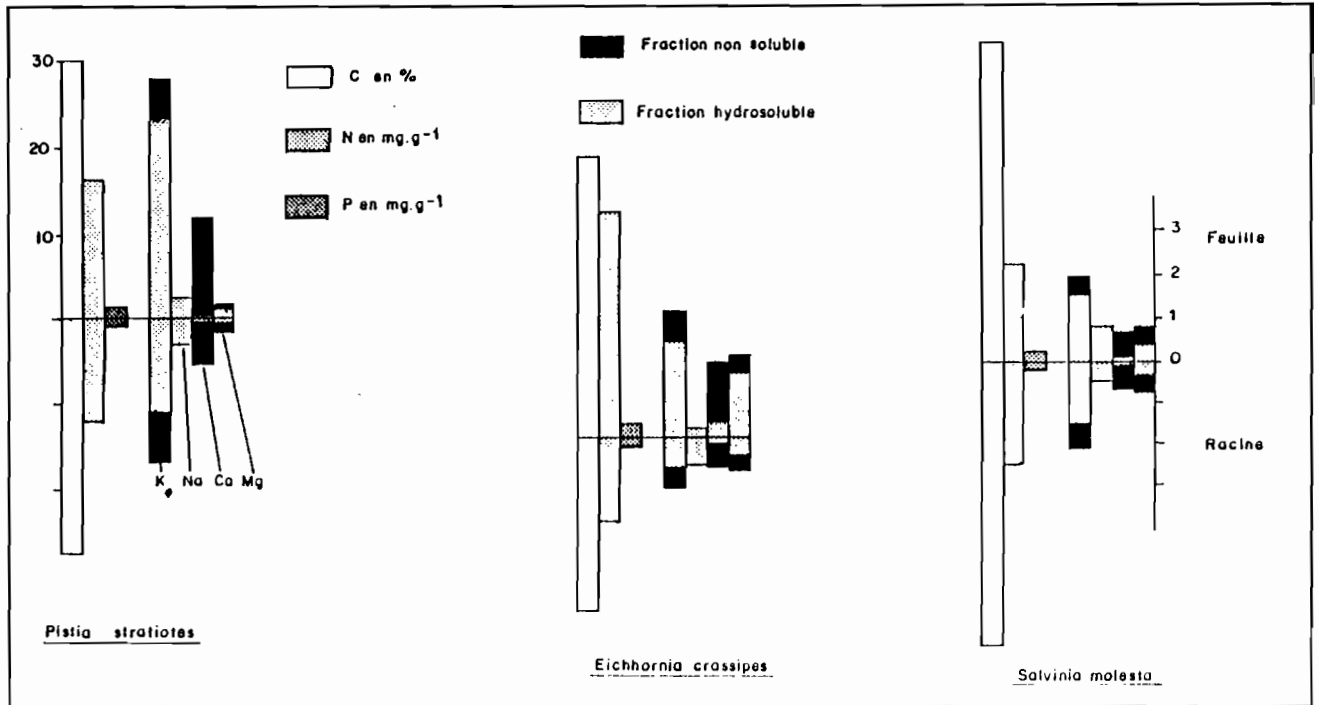


Figure 4 : Comparaison des teneurs en C,N,P et des compositions minérales des feuilles et des racines chez les trois hydrophytes colonisant la lagune Ebrié. (Echantillons prélevés au sein de tapis dense monospécifique dans des zones lagunaires de salinité nulle. *P. stratiotes* station B, *S. molesta* station A, *E. crassipes* station C : cf. Fig.1a).

Comparison of C,N,P contents and mineral compositions of leaves and roots for the 3 hydrophytes colonizing the Ebrié lagoon (samples taken from a dense, monospecific cover in zero salinity lagoon areas : Station B, *Pistia stratiotes* ; Station A, *Salvinia molesta* ; Station C, *Eichhornia crassipes*).

Tableau 1 – Comparaison des concentrations ioniques moyennes en mg.l^{-1} des eaux infestées par *Salvinia molesta*.

1 – Room et Gill (1985) ; 2 – Farrel *et al.* (1979) ; 3 – Mitchell *et al.* (1980) ; 4 – Hattingh (1962), Gaudet (1973) ; 5 – Gaudet (1976).

* = Valeurs moyennes enregistrées en novembre 1984 lors de l'extension maximale de *Salvinia molesta* dans cette baie.

Comparison of mean ionic concentrations (mg.l^{-1}) of water infested by *Salvinia molesta*.

Mean values recorded in November 1984 during the maximal spreading of *Salvinia molesta* in this bay.

Lagune Ebrié		1	1	2	3	4	5
Lagune d'Ono	Baie* d'Anna	Barrage Wappa	Station de lagunage	Lac Moondarra	Lac Sepik	Lac Kariba	Lac Naivasha
Côte d'Ivoire		Australie			Papouasie Nouvelle Guinée	Zim-babwé	Kenya
Na ⁺	85	112	24	163	31	3	43
Mg ²⁺	0,0	13	12	31	9	4	6
Co ²⁺	0,6	5	12	31	17	14	19
K ⁺	0,6	4	2	17	6	0,3	21
Cl ⁻	18	64	38	268	32	0,0	13
NO ₂ ⁻ - N	0,04	0,04	/	/	/	/	/
NO ₃ ⁻ - N	0,37	0,72	0,01	4,50	0,05	0,02	0,05
PO ₄ ³⁻ - P	0,47	0,64	0,03	7,00	0,10	0,01	0,00

Tableau 2 - Comparaison des pourcentages de cendres, de N, de P et de K exprimés en fonction du poids sec des 3 espèces de macrophytes flottants colonisant la lagune Ebrié. 1 - Côte d'Ivoire (Guiral, 1988) ; 2 - Brésil (Howard-Williams et Junk, 1977) ; 3 - Etats Unis (Boyd, 1969) ; 4 - Australie (Finlayson *et al.*, 1984) ; 5 - Zimbabwe (Mitchell, 1970) ; 6 - Papouasie/N.Guinée (Room et Thomas, 1985) ; 7 - Sri Lanka (Williams, 1956).

Comparison of N, P and K ash pourcentages expressed as a function of dry weights of the 3 floating macrophytes species colonizing the Ebrié Lagoon. 1 - Côte d'Ivoire (Guiral, 1988) ; 2 - Brésil (Howard-Williams et Junk, 1977) ; 3 - Etats Unis (Boyd, 1969) ; 4 - Australie (Finlayson *et al.*, 1984) ; 5 - Zimbabwe (Mitchell, 1970) ; 6 - Papouasie/N.Guinée (Room et Thomas, 1985) ; 7 - Sri Lanka (Williams, 1956).

	Pistia stratiotes			Salvinia molesta					Eichhornia crassipes			
	Lagune Ebrié	Amazonie Centrale	Floride	Lagune Ebrié	Amazonie Centrale	Lac Moondarra	Lac Kariba	Lagune Binatang		Lagune Ebrié	Amazonie Centrale	Floride
	1	2	3			4	5	6	7			
Teneur en Cendres	28.4	28.7	20.0	26.6	21.4	19.9	17.2	/	43.3	20.8	15.0	17.0
Teneur en N	1.53	1.85	2.10	0.80	1.95	1.70	1.35	0.98	0.84	2.48	1.83	2.5
Teneur en P	0.22	0.19	0.31	0.15	0.24	0.18	0.17	0.23	0.21	0.33	0.17	0.44
Teneur en K	3.26	4.78	3.47	2.04	1.78	3.59	2.98	4.32	1.46	3.13	4.30	3.47

basses en éléments minéraux. Cette plante colonise principalement des eaux oligohalines à teneurs en sels nutritifs très basses (Tab. 2). Les faibles exigences nutritionnelles de cette espèce peuvent expliquer sa non-prolifération dans l'ensemble du système lagunaire Ebrié, et en particulier, son absence dans les eaux oligohalines du secteur Ouest, nettement plus eutrophes.

En tapis dense, ces trois espèces correspondent à des biomasses fraîches très différentes, liées à l'importance plus ou moins grande de leur système foliaire. A cet égard, *E. crassipes* domine largement les deux autres espèces présentes en Lagune Ebrié (Tab. 3).

Ainsi, les écarts observés précédemment et relatifs aux teneurs en azote et phosphore (exprimées en fonction du poids sec) se trouvent très amplifiés si ces concentrations sont exprimées par unité de surface. Pour une surface donnée, *E. crassipes* présente comparativement à *P. stratiotes* et à *S. molesta*, 1,5 et 1,7 fois plus de carbone, 2,2 et 6,0 fois plus d'azote et 2,1 et 4,3 fois plus de phosphore.

En utilisant un facteur de conversion de 6,25 (Boyd, 1970), les teneurs en protéine sont de 31,5 g.m⁻² pour *P. stratiotes*, 11,8 g.m⁻² pour *S. molesta* et 70,0 g.m⁻² pour *E. crassipes*.

Dans le cas d'un peuplement monospécifique de *E. crassipes* et de *P. stratiotes*, cette biomasse constitue une réserve nutritive particulièrement abondante. Des estimations réalisées pour *P. stratiotes* indiquent un enrichissement d'un facteur 15000 pour l'azote, 2500 pour le phosphore et de 10000 pour le potassium entre les teneurs de ces trois éléments exprimées par unité de surface au sein du tapis, et leurs masses au sein de la colonne d'eau sous-jacente.

4 - IMPACTS ECOLOGIQUES

Ces végétations qui constituent un réel écran à la pénétration lumineuse (limitant de ce fait la production des organismes autotrophes phytoplanctoniques) représentent un stock très important d'éléments nutritifs transitoirement immobilisés, et de composés minéraux facilement mobilisables (principalement potassium et sodium, Fig. 4). Lors de la décomposition de ces végétaux, les sels nutritifs sont remis à la disposition de l'écosystème lagunaire et constituent un facteur très important d'enrichissement du milieu. En l'absence de

Tableau 3 - Compositions des 3 macrophytes flottants colonisant la lagune Ebrié. Valeurs exprimées en g.m⁻². Prélèvements réalisés au sein de tapis monospécifique. (P.s. Fleuve Comoé 1984 - S.m. Lagune d'Ono 1984 - E.c. Lagune Potou 1987).

Compositions of the 3 floating macrophytes colonizing the Ebrié lagoon. Values expressed in g.m⁻². Sampling made in monospecific cover.

Poids	<i>Pistia stratiotes</i>			<i>Salvinia molesta</i>			<i>Eichhornia crassipes</i>		
	Feuilles	Racines	Plante	Feuilles	Feuilles immergées + Segments à sporocarpes	Plante	Feuilles	Racines	Plante
Frais	5810	1190	7000	1950	3050	5000	7535	935	8500
Sec	267	61	328	127	107	234	416	37	453
Carbone	80,10	15,25	93,35	46,82	38,34	85,16	134,78	7,58	142,36
Azote	4,27	0,76	5,03	1,50	0,38	1,88	10,82	0,39	11,21
Phosphore	0,61	0,10	0,71	0,19	0,16	0,35	1,41	0,08	1,49

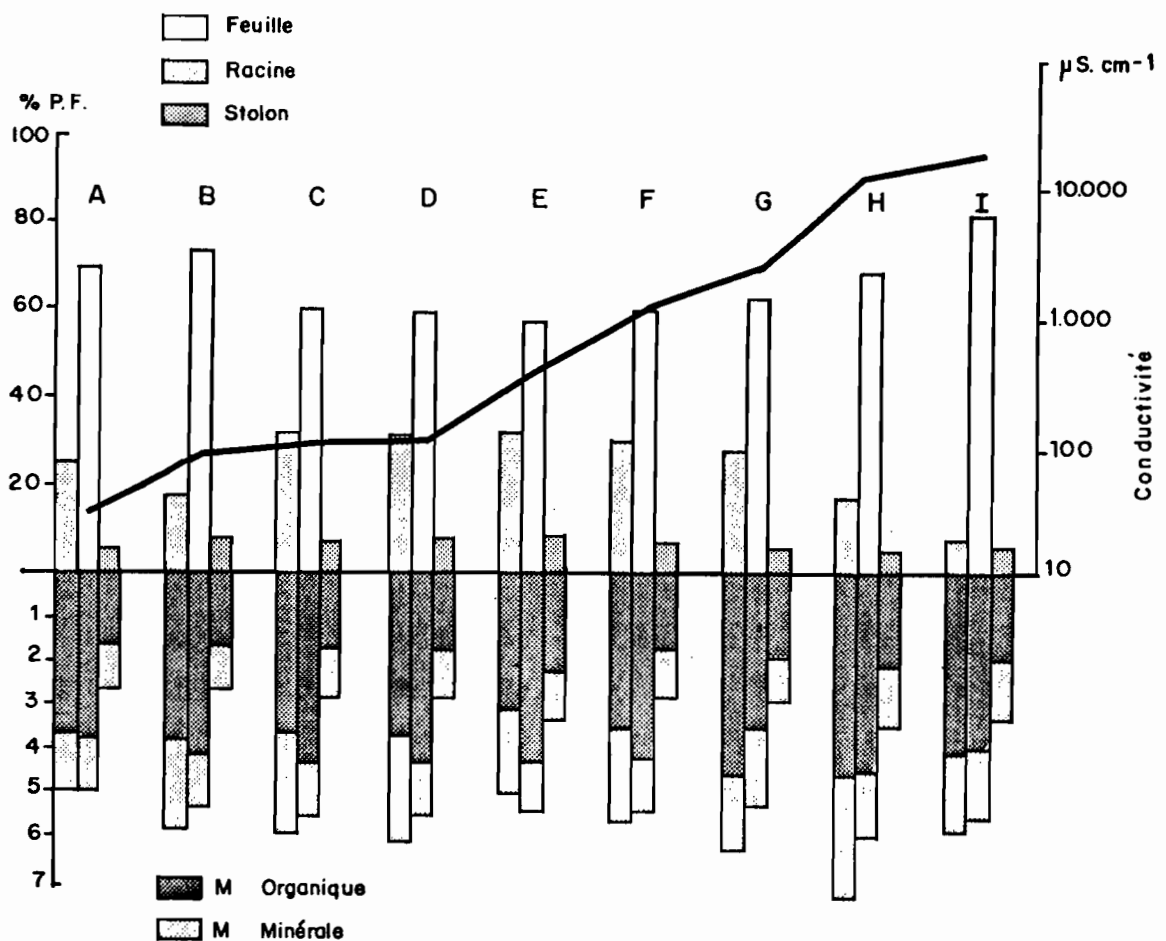


Figure 5 : Transformations morphologiques, évolution des teneurs en eau, en matière organique et en cendres de *Pistia stratiotes* lors de son transit en lagune Ebrié. Rôle de la conductivité des eaux (localisation des stations échantillonnées : cf. Fig. 1a).

Morphological, transformations, water organic matter and ash content evolution for *Pistia stratiotes* during its transit in the Ebrié lagoon. Role of water conductivity (localisation of sampling stations).

cette colonisation, une part très importante des éléments fertilisants serait évacuée vers l'océan lors des crues. De plus, en cette période, il n'existe pas de réelle compétition vis-à-vis des peuplements phytoplanctoniques quant à l'immobilisation des éléments nutritifs, compte tenu de la forte turbidité des eaux et de leur faible temps de résidence dans le milieu lagunaire.

Leur prolifération constitue cependant un problème socio-économique majeur, interdisant toute exploitation et toute utilisation du plan d'eau. La pêche et la navigation se trouvent les plus directement affectées.

En modifiant l'hydrodynamisme au voisinage immédiat des îlots flottants, les systèmes racinaires favorisent le dépôt des apports terrigènes véhiculés par les crues. Cette sédimentation accrue contribue alors à une accélération du processus d'envasement, principalement dans les fonds de baie à faible taux de renouvellement. L'apport de matière organique supplémentaire lors de la décomposition de ces végétations flottantes conduit à un accroissement notable de la consommation d'oxygène au niveau des sédiments et des berges où s'accumulent les plantes poussées par le vent. Les profils verticaux d'oxygène réalisés de jour montrent des concentrations minimales en surface dans la zone colonisée par les systèmes racinaires des plantes. Cette diminution des teneurs en oxygène résulte :

- d'une limitation de la production photosynthétique et des échanges eaux-atmosphère,
- de la création par le feutrage racinaire d'un micro-environnement confiné et isolé des eaux profondes, mieux oxygénées,
- d'un accroissement très important des activités respiratoires.

Cette augmentation de la demande en oxygène coïncide avec un accroissement de la densité bactérienne hétérotrophe aérobie.

Alors que le nombre de bactéries formant colonie est en moyenne de $1,7 \cdot 10^3$ bactéries par ml pour les eaux libres des 7 stations prospectées, la densité bactérienne pour les eaux rhizosphériques est de $63,1 \cdot 10^3$. Cette forte biomasse bactérienne repose sur des concentrations en matériel particulaire importantes, liées à la décomposition *in situ* des feuilles et des racines piégées au sein des chevelus racinaires. Ainsi, comparativement aux eaux libres, les eaux de surface situées immédiatement sous le tapis végétal présentent un important enrichissement en matériel particulaire. Selon le taux de recouvrement des macrophytes, cet enrichissement exprimé en terme de carbone est compris respectivement entre 10 et 4, et en azote, entre

15 et 5. Des composés organiques solubles exudés par les plantes en phase de croissance doivent aussi notablement contribuer à l'eutrophisation observée au niveau des eaux superficielles.

Cette double évolution, (envasement et consommation accrue d'oxygène à partir d'une réserve limitée) se solde par une dégradation très importante du milieu dont les effets néfastes sont à l'origine de fortes mortalités dans les systèmes aquacoles implantés en milieu lagunaire. Il semble, en effet, que les populations en élevage dont les migrations sont impossibles, sont plus que les populations naturelles, affectées par les désoxygénations temporaires des eaux, liées à la mort et à la décomposition des macrophytes aquatiques flottants.

5 - ROLE DE LA SALINITE COMME FACTEUR DE CONTROLE DES VEGETATIONS AQUATIQUES FLOTTANTS.

Cette étude a porté principalement sur *P. stratiotes*, qui colonise exclusivement les milieux dulçaquicoles. Lors de l'affaiblissement de la crue du fleuve Comoé, les échanges océan-lagune s'inversent. Ils permettent alors une intrusion d'eau océanique dans le milieu lagunaire à l'origine d'une augmentation progressive de la salinité, d'autant plus rapide que l'on se situe près du Canal de Vridi. En milieu oligohalin, les plantes montrent très précocement des signes de vieillissement (jaunissement des feuilles), et les centres des rosettes s'enfoncent progressivement sous la surface de l'eau par modification de la flottabilité des plantes. Dès ce stade, la base des feuilles présente une décoloration très importante et un début d'hydrolyse. En quelques jours, l'ensemble de la rosette est affecté et sa décomposition s'accélère rapidement. La croissance est alors inhibée, et tous les stolons reliant la plante mère à ses rejets sont totalement détruits.

Une analyse plus détaillée montre que, pour des conductivités supérieures à $200 \mu\text{S cm}^{-1}$, les plantes développent par réaction un système racinaire particulièrement important. Cet allongement des racines (dépassant parfois un mètre) se traduit par un accroissement de l'importance pondérale des systèmes racinaires par rapport à la plante fraîche, et plus nettement encore par rapport à la plante sèche. En effet, ces racines présentent un faible taux d'hydratation, lié principalement à des teneurs en cendres plus importantes (Fig. 5). Ces modifications quantitatives s'accompagnent d'une profonde transformation des racines, qui présentent une coloration blanche uniforme et une

absence de radicelles. A l'opposé, en milieu continental, les racines sont légèrement colorées en vert par les pigments chlorophylliens, et développent un système radicellaire très dense. Au-delà de $3000 \mu\text{S cm}^{-1}$, un nombre très important de ces racines transformées se détache spontanément de la rosette, et l'alimentation en eau de la plante se trouve alors particulièrement affectée. Un jaunissement des feuilles apparaît alors, lié à une disparition de la chlorophylle (Fig. 6) et à un enrichissement relatif en flavonoïdes (principalement des C-Glycosylflavones). L'activité photosynthétique pourvoyeuse d'énergie est profondément modifiée par le vieillissement et la dégradation de la chlorophylle. Au-delà de $10000 \mu\text{S cm}^{-1}$, l'extrémité des limbes des feuilles les plus marginales se flétrissent et se rétractent, par perte de leur eau de constitution. Les racines, par ablation, et les stolons, par décomposition, ont alors disparu. Les parties des feuilles non desséchées sont l'objet d'attaques cryptogamiques de colorations variées, qui accélèrent la mort et la décomposition des plantes. Cette ultime évolution est généralement très rapide, et se déroule à la surface de l'eau. De ce fait, à l'exception des baies, cette décomposition n'entraîne pas d'accroissement notable de la sédimentation organique, et ne modifie pas l'intensité des processus de minéralisation sédimentaire.

Parallèlement à ces observations réalisées *in situ*, des cultures en eaux de salinité croissante ont mis en évidence des modifications de la composition minérale affectant l'ensemble de la plante. Elles se traduisent principalement par une diminution des concentrations en potassium et à une augmentation des teneurs en sodium (Fig. 7). Cette inversion importante pour les eaux les plus minéralisées indique une insuffisance des mécanismes de régulation ionique des plantes (pompe à Na et K). Le recours à ces processus de contrôle pour des conductivités très faibles doit entraîner chez les plantes un épuisement rapide des réserves énergétiques. De plus, cette régulation active est très rapidement insuffisante, et traduit l'inadaptation de *P. stratiotes* à survivre en milieu oligohalin.

En outre, la silice montre une évolution complexe, principalement pour les systèmes racinaires, où cet élément est particulièrement abondant. Elle se caractérise par une décroissance pour les eaux les plus faiblement minéralisées coïncidant avec la phase d'allongement des racines. A l'opposé, pour les eaux de conductivité supérieure, les concentrations en silice s'accroissent considérablement lors de la perte des racines transformées.

Ces transformations (d'ordre morphologique, physiologique et chimique) observées pour les racines doivent correspondre à des stratégies d'adaptation de la plante lors de son transit au sein d'un environnement défavorable. Le premier stade correspond à un allongement racinaire, et implique un accroissement de la surface d'échange avec le milieu et une modification de la perméabilité membranaire. Très rapidement, du fait de l'immersion des racines dans un milieu de plus en plus hypertonique, la plante ne peut plus satisfaire ses besoins en eau. L'ultime réaction correspond alors à une réduction des systèmes foliaires (limitation de l'évapotranspiration) et racinaires (limitation des pertes en eau liée à l'équilibration des pressions osmotiques intra et extracellulaire) et à un épaississement des membranes cellulaires, se traduisant par une augmentation de leur teneur en silice (diminution de la perméabilité racinaire).

En milieu de culture non renouvelé, constitué d'eau du fleuve Comoé, la croissance de *P. stratiotes* est linéaire sur une dizaine de jours, avec un taux d'accroissement constant (égal à $0,85 \text{ g j}^{-1}$ de biomasse fraîche) et indépendant du poids initial des plantes testées. Le temps de doublement est ainsi de 11 jours pour de jeunes plantes, et de 19 jours pour des plantes adultes. Passé ce stade, on n'observe plus d'accroissement pondéral, la croissance compensant les pertes de feuilles et de racines liées au vieillissement des plantes. Cette phase, qui se poursuit une quinzaine de jours, est suivie d'une lente décroissance linéaire. Ce schéma évolutif se reproduit sans modification pour des cultures réalisées avec des eaux de conductivité inférieure ou égale à $5500 \mu\text{S cm}^{-1}$. A partir de $13000 \mu\text{S cm}^{-1}$, la croissance est nulle et la vitesse de décomposition s'accroît avec l'augmentation de la conductivité des eaux (Tab. 4).

Pour *E. crassipes*, la croissance estimée en bac d'eau renouvelée est de 3 g j^{-1} pour des plantes adultes, et de 2 g j^{-1} pour de jeunes pieds, valeurs correspondant à des temps de doublement respectifs de 30 et 20 jours (Etien et Guiral, 1988). Ces valeurs sont très nettement supérieures à celles de la littérature : une multiplication par 2 du nombre de plantes est observée en 6,2 jours pour un bassin de lagunage par Bagnall *et al.*, (1974), alors que pour des eaux tropicales non limitées en sels nutritifs, un temps de doublement de 10 à 12 jours est généralement admis (Mitchelle, 1985).

Non estimé en Côte d'Ivoire, le temps moyen de doublement de la biomasse de *S. molesta* en milieu naturel est de 11 jours.

Tableau 4 - Etude de la croissance et de la survie de *Pistia stratiotes* en culture dans des bacs de conductivité croissante.

Study of the growth and the survival of *Pistia stratiotes* cultured in increasing conductivity tanks.

Conductivité μScm^{-1}	2,5		120	450	1200	5500	13000	20000	Eau de mer pur
Poids moyen initial des plantes testées (en g) (N = 10)	10,11	16,06	17,80	20,55	20,21	7,10	10,39	11,35	17,04
Durée de la phase de croissance linéaire (en jours)	11	> 8	> 8	> 8	> 8	11	inexistante		
Gain journalier (g.j^{-1})	0,90	0,85	0,85	0,85	0,90	0,40	inexistante		
Durée de la phase de croissance relative nulle (en jours)	14 (11-25)	n.d.				12 (11-23)	inexistante		
Début de la phase de décroissance linéaire	T-25					T-23	T-0	T-0	T-0
Perte journalière (g.j^{-1})	0,7	n.d.				n.d.	0,4	1,26	2,00

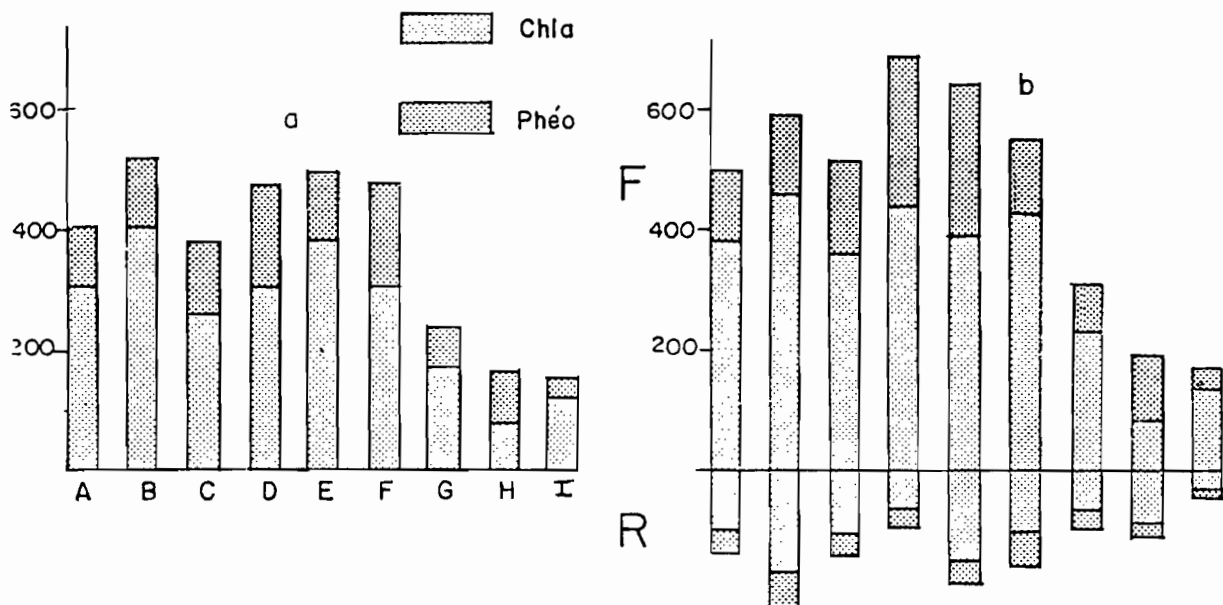


Figure 6 : Concentrations (en $\mu\text{g.g}^{-1}$ de poids frais) en chlorophylle a et en phéopigments.

(a) pour les plantes entières, (b) au sein des racines (R) et des feuilles (F) chez *Pistia stratiotes* lors de son transit en lagune Ebrié (localisation des stations échantillonnées : cf. Fig. 1a).

Chlorophyll a and pheopigment concentrations (in $\mu\text{g.g}^{-1}$ of fresh weight). (a) for the entire plant ; (b) in roots (R) and leaves (F) of *Pistia stratiotes* during its transit in the Ebrié lagoon. (Localisation of sampling stations : Cf. Fig. 1a).

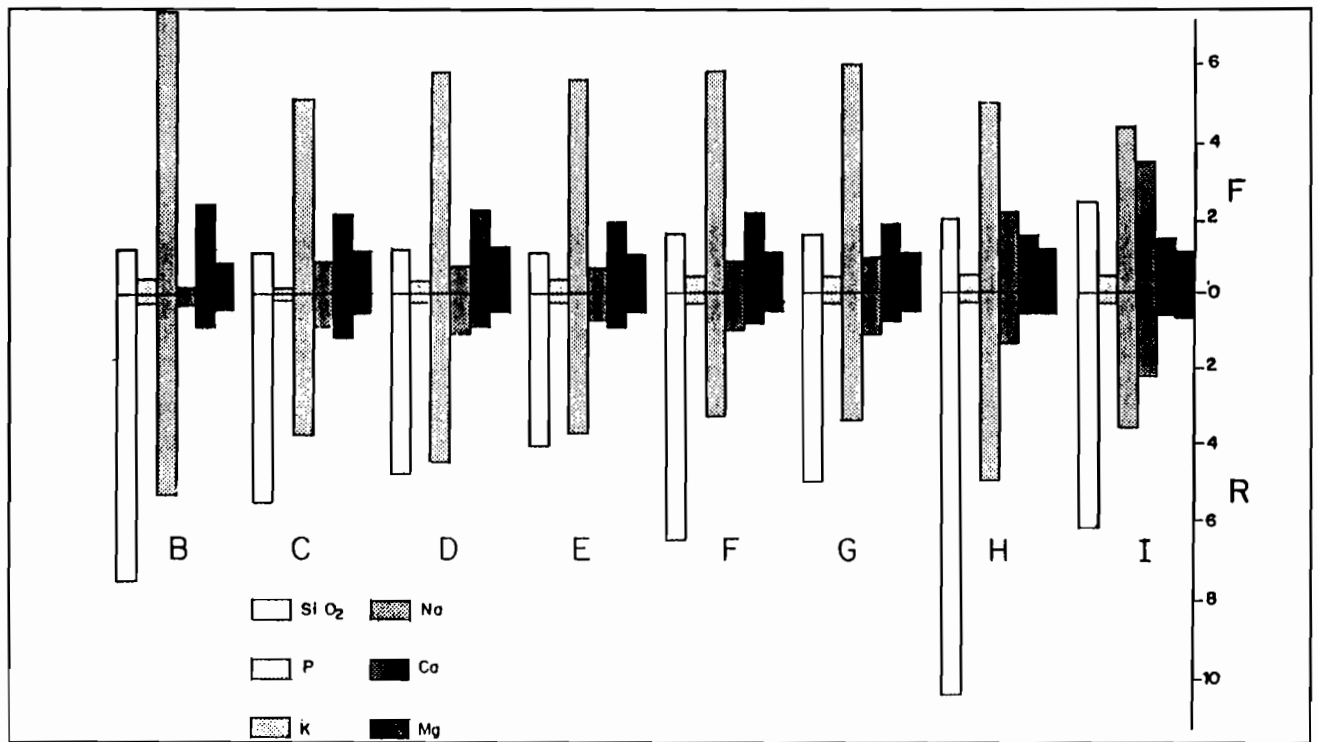


Figure 7 : Influence de la composition ionique des eaux lagunaires (localisation des stations échantillonnées : cf. Fig. 1a) sur la composition minérale des cendres chez *Pistia stratiotes*, racines (R) et feuilles (F). Les valeurs sont exprimées en % du poids sec.

Dans le cas d'une population de colonisation (Fig. 2a), cette valeur est de 8,6 jours et de 11,6 jours pour une population issue d'un tapis dense (Fig. 2c) (Mitchell et Tur, 1975). Des temps de doublement du nombre de feuilles de 2 à 3 jours correspondant à une croissance de type exponentielle ont été obtenus lors d'expérimentations en milieu contrôlé (température optimale de 25 à 30°C, forte luminosité, et sels nutritifs non limitants, Gaudet, 1973 ; Toerien *et al.*, 1983).

6 - MOYENS DE LUTTE ENVISAGÉS EN LAGUNE EBRIE

La valeur de conductivité entraînant une inhibition de la croissance est sensiblement équivalente pour *P. stratiotes* et pour *E. crassipes* (entre 5000 et 10000 $\mu\text{S cm}^{-1}$). Pour *S. molesta*, une faible croissance est encore observée pour des eaux de conductivité supérieure de 15000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (correspondant approximativement à une salinité de 10‰). Cette observation est confirmée par les travaux de Divakaran *et al.* (1980) qui notent pour cette espèce une croissance à 7‰ égale au

cinquième de celle observée en eau douce. *S. molesta* est ainsi caractérisée par une meilleure

résistance à l'augmentation de la conductivité des eaux et présente de ce fait des potentialités de colonisation en milieu lagunaire supérieures dans le temps et l'espace à celle des deux autres espèces.

Globalement, l'augmentation de la salinité affecte (plus ou moins rapidement) la croissance et la survie des trois espèces. De plus, leurs migrations et les nuisances qui y sont associées sont toujours consécutives à l'arrivée en lagune de la crue du Comoé. De ces deux observations, découle la première mesure prise en septembre 1987 pour limiter, voire éradiquer, les végétations aquatiques colonisant le secteur Est de la Lagune Ebrié : l'ouverture d'un chenal dans le cordon dunaire, dans l'axe du fleuve. Cette opération avait pour double finalité l'évacuation directe des plantes vers l'océan et l'accélération de la remontée de la salinité immédiatement après le passage de la crue.

Cependant, cette solution ne peut constituer qu'un "remède local" tirant partie de la situation géographique des zones infestées par rapport au fleuve. En outre, les végétations aquatiques flottantes ne sont pas limitées en Côte d'Ivoire aux seules eaux de la Lagune Ebrié. Les barrages hydro-électriques établis sur la Bia (Ayamé 1 et 2, Mouraret, 1971) et le Bandama (Kossou, Mulligan, 1972) sont aussi très fortement envahis par *P. stratiotes*. La pré-

BIBLIOGRAPHIE

sence de ces végétations sur le plan d'eau est source de difficultés multiples : gêne du fonctionnement normal des turbines, réduction et anoxie des eaux conduisant à une accélération des processus de corrosion des ouvrages, altération de la qualité chimique et bactériologique des eaux, prolifération d'escargots vecteurs de la schistosomiase (Mouraret, 1971). Pour ce type de milieu, le recours à une destruction par une augmentation de la salinité est évidemment impossible. Des recherches ont été alors initiées afin de disposer en Côte d'Ivoire et pour la Lagune Ebrié de moyens de lutte complémentaire chimique et/ou biologique.

Dans le cadre d'une lutte chimique contre *P. stratiotes* et *E. crassipes*, des tests de laboratoire ont démontré qu'une élimination était possible avec des herbicides utilisés classiquement en agriculture. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le glyphosate-N-phosphonométhyl-glycine, un inhibiteur de la biosynthèse d'acides gras aromatiques et de certains enzymes. La dose efficace, déterminée pour les deux espèces est de $0,63 \text{ g.m}^{-2}$ (effet phytotoxique à 50% après 18 jours pour *P. stratiotes*, Etien et Kaba, 1987, et pour *E. crassipes*, Etien et Guiral, 1988). Alors que la concentration qui affecte directement la faune ichthyologique (tests réalisés sur *Sarotherodon melanotheron*) est de 14 mg.l^{-1} , soit, pour une profondeur moyenne d'eau de 4 mètres, une concentration 90 fois supérieure à celle déterminée comme efficace pour les plantes (Etien et Kaba, 1987).

Suite à de nombreux travaux et devant l'inefficacité des herbicides mais surtout du coût et des conséquences écologiques liées à leur emploi (Mitchell, 1985), de nombreux pays ont opté pour un contrôle biologique de *E. crassipes* : Etats-Unis (Bennett, 1972 ; Ashton *et al.*, 1979), Australie (Wright, 1981), et de *S. molesta* : Zimbabwe (Binnett, 1972), Afrique du Sud (Edwards et Thomas, 1977), Australie (Room *et al.*, 1981 et 1984), et Papouasie-Nouvelle Guinée (Room *et al.*, 1985). Des projets d'introduction du parasite spécifique le plus efficace sur *S. molesta* (Forno, 1983), un coléoptère Curculionide : *Cyrtobagous singularis*, sont actuellement à l'étude en Côte d'Ivoire.

Dans l'attente d'une mise au point définitive des plans de lutte chimique et biologique, l'installation de barrages flottants et le ramassage mécanique ou manuel des plantes constituent en Lagune Ebrié la seule alternative pour une élimination des îlots de végétations aquatiques non directement évacués vers l'océan par la nouvelle passe.

Aké Assi, 1977.- *Salvinia nymphellula* (Salviniacées), fléau en extension vers l'Ouest de l'Afrique intertropicale. Bull. IFAN, 39 A N°3 : 555-562.

Ashton, P.J., W.E. Scott, D.J. Steyn et R.J. Wells, 1979.- The chemical control water hyacinth *Eichhornia crassipes* (Mart.). Solms. Progress in Water Technology, 13 : 865-882.

Bagnall, L.O., T.S. Furman, J.F. Hentges, W.J. Nolan et R.L. Shirley, 1974.- Feed and fiber from effluent-grown water hyacinth. In : Wastewater use in the production of food and fiber-proceedings. EPA-66012-74-041. Environmental Protection Agency, USA : 116-141.

Bennett, F.D., 1972.- Some aspects of the biological control of aquatic weeds. Proceedings of the Second International Symposium on the Biological Control of Weeds, Rome 1971.

Boyd, C.E. 1969.- The nutritive value of three species of water. Econ. Bot., 23 : 123-127.

Boyd, C.E., 1970.- Aminoacid, protein and caloric contents of vascular aquatic macrophytes. Ecolog., 51 : 902-906.

Divakaran, O., M. Arunachalam et N. Balakrishnannair, 1980.- Growth rates of *Salvinia molesta* Mitchell with special reference to salinity. Proc. Indian Acad. Sci., 89 (3) : 161-168.

Dubois, L., 1955.- La jacinthe d'eau au Congo Belge. Bulletin Agricole du Congo Belge, 46 : 893-900.

Edwards, D. et P.A. Thomas, 1977.- The *Salvinia molesta*. Problem in the northern Botswana and eastern Cogrivi Area. Proceedings of the Second National Weeds Conference of South Africa. 221-237.

Eghankou Wadja, M., 1985.- Etude des mangroves de Côte d'Ivoire. Aspect écologique et recherches sur les possibilités de leur aménagement. Thèse 3è cycle Université de Toulouse.

Etien, N. et D. Guiral, 1991.- Contrôle chimique de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes* Solms). NDR, Cent. Rech. Océanogr. Abidjan (Côte d'Ivoire) (sous presse).

- Etien, N. et N. Kaba, 1991.- Essai de destruction des plantes envahissantes flottantes (*Pistia stratiotes*, L.) par "faucardage" chimique. NDR, Cent. Rech. Océanogr. Abidjan (Côte d'Ivoire) (sous presse).
- Farrel, T.P., C.M. Finlayson et D.J. Griffiths, 1979.- Studies of the hydrobiology of a tropical lake in north western Queensland. 1. Seasonal changes in chemical characteristic. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 30 : 579-595.
- Finlayson, C.M., T.P. Faree et D.J. Griffiths, 1984.- Studies of the hydrobiology of a tropical lake in North western Queensland. 3. Growth, chemical composition and potential for harvesting of aquatic vegetation. Aust. J. Mar. Freshwater Res., 35 : 525-536.
- Fomo, I.W. et K.L.S. Harley, 1979.- The occurrence of *Salvinia molesta* in Brazil. Aquatic Botany, 6 : 185-187.
- Fomo, I.W., D.P.A. Sans et W. Sexton, 1983.- Distribution, biology and host specificity of *Cyrtobagous singularis*. Hustache (coleoptera : curculionidae) for the biological control of *Salvinia molesta*. Bulletin of Entomological Research, 73 : 85-95.
- Fredoux, A., 1980.- Evolution de la mangrove près d'Abidjan (Côte d'Ivoire) au cours des quarante derniers millénaires. Trav. Doc. Géogr. Trop. CEGET-CNRS. 39.
- Gaudet, J.J., 1973.- Standardised growth conditions for an aquatic weed, *Salvinia*. Hydrobiologia, 41 : 77-106.
- Gaudet, J.J., 1976.- *Salvinia* infestation on lake Naivasha in East Africa (Kenya). pp. 193-209, in Varshney C.K. et Rzoska J. (eds) Aquatic weed in South East Asia.
- Gay, P.A., 1958.- *Eichhornia crassipes* in the Nile of the Sudan. Nature, London, 182 : 538-539.
- Hattingh, E., 1962.- Report on investigations into the control of *Salvinia auriculata* on lake Kariba. Parts 1 and 2 (report by : Hattingh, Wead consultant to Federal Government of Rhodesia and Nyasaland).
- Hedin, L., 1933.- Observations sur la végétation des bords lagunaires dans la région de Grand-Bassam et de Bingerville (Côte d'Ivoire). La Terre et la Vie, 3 (10) : 596-609.
- Holm, L.G., L.W. Weldon et R.D. Blackburn, 1969.- Aquatic weeds. Science, New York, 166 : 699-709.
- Howard-Williams et W.J. Junk, 1977.- The chemical composition of Central Amazonian Aquatic Macrophytes with special reference to their role in the Ecosystem. Arch. Hydrobio., 79 (4) : 446-464.
- Jacot-Guillarmod, 1979.- Water weeds in Southern Africa. Aquatic Botany, 6 : 377-391.
- Jepson, F.P., 1933.- The water-hyacinth problem in Ceylon. Trop. Agric. Mag. Ceylon Agric. Soc. 81 : 339-355.
- Little, E.C.S., 1965a.- Occurrence of *Salvinia auriculata* Aublet on the Congo river. Nature, London, 208 : 1111-1112.
- Little, E.C.S., 1965b.- The world wide distribution of water hyacinth. Hyacinth Control Journal, 4 : 30-32.
- Loveless, A.R.,; 1969.- The possible role of pathogenic fungi in local degeneration of *Salvinia auriculata* on Lake Kariba. Annals of Applied Biology, 63 : 61-69.
- Manson, J.G. et B.E. Manson, 1958.- Water hyacinth reproduces by seed in New Zeland. N.Z.J. Agric., 96 : 191
- Mendonca, A., 1958.- Etat actuel du problème de *Eichhornia crassipes* au Mozambique et en Angola. Bull. Agric. Congo Belge, 7 : 1362-1268.
- Mitchell, D.S., 1970.- The autoecology of *Salvinia auriculata* on Lake Kariba. Ph. D. Thesis Univ. London.
- Mitchell, D.S., 1972.- The Kariba weed : *Salvinia molesta*. Brit. Fern Gaz., 10 (5) : 251-252.
- Mitchell, D.S., 1978.- Aquatics weeds in Australian inland water. Aust. Gout. Publ. Serv. Canberra. 189 pp.
- Mitchell, D.S., 1979.- The incidence and management of *Salvinia molesta* in Papoua New Guinea. FAO Report to the office of Environment and Conservation, Papoua New Guinea.
- Mitchell, D.S., 1985.- African aquatic weeds and their management. In : P. Denny (eds),

- The ecology and management of African wetland vegetation. Junk Publishers, Dordrecht, 178. 202.
- Mitchell, D.S., T. Peter et A.B. Viner, 1980.- The water fern *Salvinia molesta* in the Sepik River, Papua New Guinea. Environ. Conserv., 7 : 115-122.
- Mitchell, D.S. et N.M. Tur, 1975.- The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* A.) in laboratory and natural conditions. J. Appl. Ecol., 12 : 213-225.
- Mouraret, M., 1971.- Etude biologique des eaux du barrage Ayamé I et II (Côte d'Ivoire). Doc. Cent. ORSTOM Dakar-Hann, 30 p.
- Mulligan, H.F., 1972.- *Pistia stratiotes* dans le lac de Kossou (Côte d'Ivoire). Bull. Phytosanitaire de la FAO, 7, 10.
- Nicole, M., M. Egnankou Wadja et M. Schmidt, 1987.- Les zones humides côtières de Côte d'Ivoire. Rapport ORSTOM, Université Nationale de Côte d'Ivoire, C.I. Nature (eds), 73 p.
- Oso, B.A., 1988.- Invasion des eaux nigérianes par la jacinthe d'eau : observations sur le terrain. Proceedings of International Meeting on *Eichhornia crassipes*. Lagos, 1988.
- Parham, B.E.V., 1947.- Weed control studies in Fiji. II - Eradication of water hyacinth and their aquatic weeds. Agric. J. Dep. Agric. Fiji, 18 : 35-42.
- Porter, R., 1950.- Compétition au sein de groupements végétaux aquatiques dans les lagunes de la Côte d'Ivoire. Bull. Soc. Bot. France, 4, 6 : 109-112.
- Porter, R., 1951.- Les variations des ceintures hydrophytiques et graminéo-hélophytiques des eaux vives du système lagunaire de la Côte d'Ivoire. Bull. Inst. de l'AFN., 13 (4) : 1011-1028.
- Robson, T.O., 1976.- A review of the distribution of aquatic weeds in the tropics and sub-tropics. In : C.K. Varshney et J. Rzoska (eds). Aquatic Weeds in Southeast Asia. Dr. W. Junk. The Hague : 25-30
- Robyns, W., 1956.- Le genre *Eichhornia*, spécialement *E. crassipes* (Jacinthe-d'eau) au Congo Belge. Bull. Acad. Sci. Colon, 1 : 1116-1137.
- Room, P.M., I.W. Forno et M.F.J. Taylor, 1984.- Establishment in Australia of two insects for biological control of the floating weed *Salvinia molesta*. Bull. Ent. Res., 74 : 505-516.
- Room, P.M. et J.Y. Gill, 1985.- The chemical environment of *Salvinia molesta* Mitchell : Ionic concentrations of infested waters. Aquatic Botany, 23 : 125-135.
- Room, P.M., K.L.S. Harley, I.W. Forno et D.P.A. Sands, 1981.- Successful biological control of the floating weed *Salvinia*. Nature, London, 294 : 78-80.
- Room, P.M. et P.A. Thomas, 1985.- Nitrogen and establishment beetle for biological control of the floating weed *Salvinia* in Papua New Guinea. J. Appl. Ecology, 22 : 139-156.
- Scott, W.E., P.J. Ashton et D.J. Steyn, 1979.- Chemical control of the water hyacinth on Harbeespoort Dam. Water Research Commission, Pretoria, 84 pp.
- Tackholm, V. et M. Drar, 1950.- Flora of Egypt. Vol.11. Fouad I University Press, Cairo.
- Toerien, D.F., P.R. Cary, C.M. Finlayson, D.S. Mitchell et P.G.J. Weerts, 1983.- Growth models for *Salvinia molesta*. Aquatic Botany, 16 : 173-179.
- Vaas, K.F. et M. Sachlan, 1949.- On the ecology of some small lakes near Buitenzorg, Java. Hydrobiologia, 1 : 238-250.
- Wild, H., 1956.- Water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mat.) Solms.) in Southern Rhodesia. Proceedings of Second Symposium on African Hydrobiology and Inland fisheries : 127-129.
- Wild, H., 1961.- Harmful aquatic plants in Africa and Madagascar. Kirbia, 2 : 1-66.
- Williams, R.H., 1956.- *Salvinia auriculata* Aublet : The chemical eradication of a serious aquatic weed in Ceylon. Trop. Agric., 33 (2) : 145-157.
- Wright, A.D., 1981.- Biological control of water hyacinth in Australia. Proceedings of the Fifth International Symposium on Biological Control of Weeds. Brisbane, 1980: 529-535.

(3) CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA CROISSANCE DE LA FOUGERE AQUA-
TIQUE *SALVINIA MOLESTA* (MITCHELL), SALVINIACEAE

CONTRIBUTION TO THE GROWTH STUDY OF THE AQUATIC FERN
SALVINIA MOLESTA (MITCHELL), SALVINIACEAE

Par

ETIEN N., Y. SANKARE et N. KABA
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)
-----ooOoo-----

RESUME

La croissance des formes primaire (forme colonisatrice) et tertiaire (forme en "tapis dense") de la fougère d'eau *Salvinia molesta* (Salviniaceae) a été suivie pendant 60 jours dans des récipients de surface de 0.06 m² et contenant de l'eau douce.

La croissance en fonction du temps de cette espèce est exponentielle. Les deux formes d'expansion présentent des taux de croissance statistiquement identiques. L'accroissement journalier moyen, exprimé en nombre de feuilles, est égal à 6,40 % par jour pour la forme colonisatrice et à 5,90% par jour pour la forme en "tapis dense" avec des temps de doublement moyens équivalents à 10,78 ± 1.08 jours et à 11.64 ± 0,15 jours.

Mots-clés : Croissance, *Salvinia molesta*.

ABSTRACT

The growth of the primary and the tertiary forms of the water fern *Salvinia molesta* was studied during 60 days in 0.06 m² glass containers containing fresh water.

The growth of this plant as a function of time is exponential. The two forms have growth rates statistically identical.

The mean daily growth rate, expressed in number of leaves, is equal to 6,40% per day for primary forms and to 5,90% per day for tertiary form with doubling time of 10.78 ± 1.08 days and 11.64 ± 0.15 days.

Key-words : Growth, *Salvinia molesta*.

INTRODUCTION

De nombreuses espèces de la fougère d'eau *Salvinia* couvrent de vastes étendues d'eau douce des zones tropicales et équatoriales (Sale and al., 1985). En Côte d'Ivoire, une espèce a été identifiée par AKE ASSI (1977) comme étant *Salvinia nymphellula* (Salviniacées). Par la suite, des plantes du même genre, rencontrées quelques années plus tard, ont été identifiées comme étant *Salvinia molesta* (Guiral et Etien, 1988). En effet, des échantillons prélevés en lagune Ono en 1983 ont permis de confirmer cette détermination : contrairement à *Salvinia nymphellula*, *Salvinia molesta* présente des sporocarpes stériles très velus et sur la face supérieure des feuilles, l'on observe des papilles surmontées de poils dont l'extrémité est subdivisée en quatre ramifications qui se rejoignent à leur sommet. Cette fougère flottante se présente sous trois formes (Figure 1) (Mitchell and Tur, 1975) :

- une forme primaire, colonisatrice, possède des feuilles de petite taille et flotte à la surface de l'eau ;

- une forme secondaire (forme transitoire), à feuilles de largeur supérieure ou égale à 2 cm; ici, seule la partie inférieure de la feuille est en contact avec l'eau ;

- une forme tertiaire possédant des feuilles de largeur supérieure ou égale à 6 cm, qui sont dressées à la surface de l'eau. L'organe plongeant dans l'eau tient lieu de racine et est considéré comme une feuille modifiée (Gaudet, 1973).

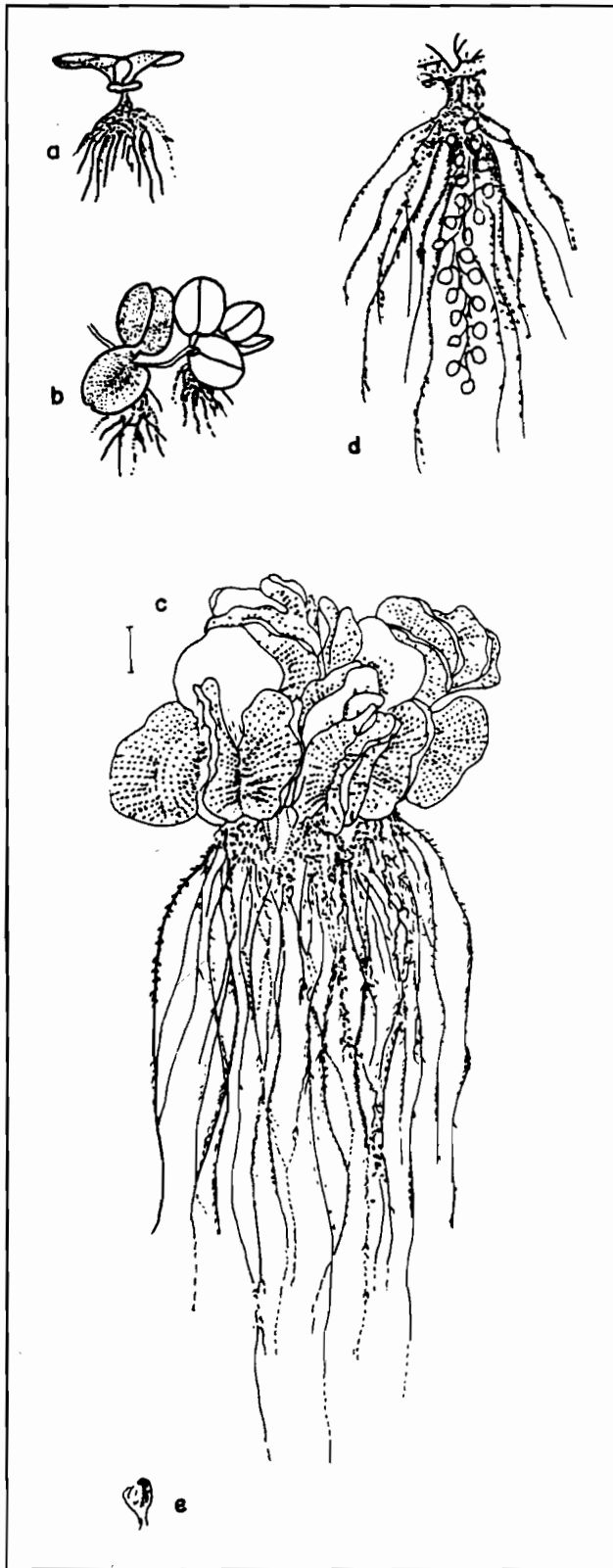


Figure 1 - Aspect général des rameaux aériens et submergés des formes primaire (a et b) et tertiaire (c) de *Salvinia molesta*. Feuille submergée montrant le segment portant les sporocarpes stériles lisses et pédunculés (d). Extrémité des poils (e).

General aspect of arial and submerged ramifications of *Salvinia molesta* primary (a and b) and tertiary (c) forms. Submerged leaf showing the segment with sterile, smooth and peduncle sporocarpes (d). Tips of down.

En Côte d'Ivoire, la plante se trouve en permanence sur la rivière Agnéby et sur la lagune Ono (Guiral et Etien, 1988) où elle croît activement. Sa croissance a fait l'objet de nombreuses recherches.

Les taux de croissance ont été évalués soit dans le milieu naturel soit au laboratoire dans des milieux enrichis et contrôlés ; il s'avère que ces taux sont étroitement liés aux facteurs physico-chimiques du milieu (Gaudet, 1973; Mitchell and Tur, 1973; Cary and Weertap, 1983; Sale and al., 1985; De Silva and Pemadasa, 1988).

Dans la présente étude, la croissance des formes primaire et tertiaire de l'espèce a été suivie dans des enceintes expérimentales contenant de l'eau douce.

1 - MATERIEL ET METHODES

Les plantes proviennent de la lagune Ono, leur lieu d'expansion originelle (GUIRAL et ETIEN, 1988). Avec l'ouverture de l'embouchure du fleuve Comoé, la remontée des eaux marines tend à rendre l'eau de la lagune Ono de plus en plus salée. C'est pourquoi l'eau utilisée pour les cultures a été prélevée dans une zone où elle est encore douce c'est à dire dans la rivière LA ME. Les caractéristiques physico-chimiques de cette eau sont les suivantes :

- température : 28°C
- pH : 7.30
- éclairage ambiant
- ammoniac (NH₄) : 6.14 ± 0.99 Umoles.l⁻¹
- nitrates (NO₃) : 6.88 ± 1.82 Umoles.l⁻¹
- nitrites (NO₂) : 0.50 ± 0.11 Umoles.l⁻¹
- phosphates (PO₄) : 1.13 ± 0.22 Umoles.l⁻¹

L'eau d'alimentation des cultures a été prélevée au niveau de la station de pompage de l'Institut de Recherche sur les Huiles et Oléagineux situés à La Mé pendant la saison sèche de Décembre 1988 à Février 1989. Le milieu est ouvert et ne subit pas les influences salines susceptibles de provenir de la lagune.

Deux types de plantes (formes primaire et tertiaire) sont mis en culture dans des enceintes en verre de surface de 0.06 cm². Un échantillon de chaque forme portant deux paires de feuilles a été mise dans les enceintes à raison de cinq réplicats pour chacun des stades de développement. L'eau d'expérimentation est renouvelée une fois par semaine, période au bout de laquelle les feuilles sont comptées. Le nombre de feuilles est ainsi pris comme estimation de la croissance des plantes (Mitchell and Tur, 1975). Dans le cas de la forme pri-

maire, ce paramètre a été évalué tous les trois jours pendant les trois premières semaines d'expérience en raison de leur croissance très importante au cours de la phase initiale de leur développement.

RESULTATS - DISCUSSION

Les figures 2 et 3 montrent l'évolution du nombre de feuilles en fonction du temps respectivement chez les formes primaire et tertiaire. Il apparaît que la croissance de *Salvinia molesta* est exponentielle. L'on note que la régression du nombre de feuilles en fonction du temps est hautement significative au seuil de risque 5%. Les accroissements journaliers moyens sont égaux à 6,4% (forme primaire) et 5,7% (forme tertiaire). Les temps de doublement respectifs sont 10.78 ± 1.08 jours et 11.64 ± 0.15 jours.

En raison du faible nombre de données ($n=5$), nous avons utilisé le test non paramétrique de MANN-WHITNEY pour comparer les taux de croissance des deux séries de plantes.

Les résultats montrent que les formes primaire et tertiaire possèdent des taux de croissance équivalents (Tableau 1). Ce type de croissance (forme exponentielle) indique que chez cette fougère d'eau, une période d'acclimatation est nécessaire avant la colonisation d'un milieu donné. Au cours de cette phase, la croissance des plantes est lente puis elle devient plus rapide jusqu'à atteindre un maximum. Cette étape finale est liée à la qualité physico-chimique du milieu où se trouvent les plantes. Dans le cas des plantes en phase de colonisation, le temps de latence est moins marqué et dure 10 jours. Chez les plantes matures, ce temps est assez net et s'étend sur 20 jours.

Tableau 1 - Résultats du test de MANN-WHITNEY pour la comparaison des taux de croissance des plantes matures et immatures. La valeur du paramètre $U_{théorique}$ ($U_{th}=2$) comparée à la plus petite valeur de $U_{calculée}$ ($U_{calc}=5$) montre que les taux de croissance des deux types de plantes sont identiques au seuil de risque 5%

Results of MANN-WHITNEY test for the comparison of young and mature plant growth rate. The value of the parameters $U_{theoretical}$ ($U_{th}=2$) compared to the lowest value $U_{calculated}$ ($U_{calc}=5$) shows that growth rates of the two types of plants are identical at risk 5%

Paramètres	Forme primaire	Forme tertiaire
n	5	5
R	35	20
U_{calc}	20	5

n = nombre de réplicats par échantillon

R = somme des rangs de chaque échantillon

U = paramètre de MANN-whitney pour la comparaison de deux échantillons

n = number of duplicate by sample

R = sum of ranks of each sample

U = Mann-Whitney parameter for the comparison of two samples.

Au cours de leur expansion dans les aquariums, les plantes émettent des feuilles qui s'étalent progressivement à la surface de l'eau. Ceci survient au bout de 7 à 10 jours pour la forme primaire et 14 à 20 jours pour la forme tertiaire.

Des travaux effectués sur les formes primaires par d'autres auteurs, ont donné des temps de doublement plus faibles. En effet, des valeurs de 4.60 jours ont été trouvées par Mitchell et Tur (1975) pour des températures égales à 27°C, une intensité lumineuse de 0.8×10^5 ergs.cm⁻².sec⁻¹ et un milieu enrichi en sels nutritifs. Pour des températures et des intensités lumineuses équivalentes, il semble que ce soit les sels nutritifs qui constituent le facteur limitant dans la croissance de *Salvinia molesta*. Gaudet (1973) a montré que des plantes de milieux enrichis en sels nutritifs ont une croissance meilleure. Au contraire, des plantes se trouvant dans un milieu ouvert tel qu'un lac ont un taux de croissance plus faible avec un temps de doublement équivalent à 13.8 jours (Mitchell, 1969, 1974). De plus, il a été trouvé par ces auteurs que les concentrations en azote et phosphore sont plus faibles dans ce lac que dans leurs milieux d'expérience.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus dans le milieu naturel bien que nos expériences soient faites en milieu confiné. Ceci ne doit pas surprendre dans la mesure où l'eau utilisée provient du milieu naturel; de plus, les expériences sont menées à la température ambiante.

CONCLUSION

Ce travail est une contribution. De ce fait, il vient en partie, aider à comprendre l'éthologie de *Salvinia molesta*. En effet, lorsque les conditions environnementales sont suffisantes (température, sels nutritifs, intensité lumineuse et espace disponible), cette plante colonise de grandes étendues d'eau ; cela, en émettant de nombreuses ramifications portant de petites feuilles groupées par deux. La face inférieure de ces feuilles repose à la surface de l'eau. Leur nombre va augmenter rapidement jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'espace disponible. Elles vont alors croître de manière à atteindre le dernier stade de leur développement qui est la forme tertiaire. C'est cette dernière forme qui pose un problème lorsqu'une étendue d'eau est colonisée par la fougère d'eau *Salvinia molesta*.

BIBLIOGRAPHIE

- Aké Assi, 1977 - *Salvinia nymphellula* (Salviniacées), fléau en extension vers l'Ouest de l'Afrique intertropicale. Bull. IFAN 39 A N°3, 555-562.
- Cary P.R. and Weertsp G.J. 1953 - Growth of *Salvinia molesta* as affected by water temperature and nutrition. I. Effects of nitrogen level and nitrogen compounds. Aquatic botany, 16, 163-173.
- De Silva M.P. and M.A. Pemadasa, 1988 - A preliminary study of the interaction between *Eichhornia crassipes* (MART) SOLMS and *Salvinia molesta* (MITCHELL). In Proceedings of the international conference on water Hyacinth, Hyderabad, India, February 7-11, 298-304.
- Gaudet J.J., 1973 - Growth of a floating aquatic weed, *Salvinia* under standard conditions. Hydrobiologia, 41(1), 77-106.
- Guiral D. et Etien N., 1988 - Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. Atelier Taabo "Synth. Mer et Lag.", 16-21 Mai, 1-25.
- Mitchell D.S., 1969 - The ecology of vascular hydrophytes on Lake Kariba. Hydrobiologia, 34, 448-464.
- Mitchell D.S. (ed.), 1974 - Aquatic vegetation and its use and control. UNESCO, 1-135.
- Mitchell D.S. and Tur N.M. 1975 - The rate of growth of *Salvinia molesta* (*S. auriculata* Auct.) in laboratory and natural conditions. J. Appl. Ecol., 12, 213-225.
- Sale P.J.M., Orr P.T., Shell G.S. and Erskine D.J.C., 1985 - Photosynthesis and growth rates in *Salvinia molesta* and *Eichhornia crassipes*. J. Appl. Ecol., 22, 125-137.

* *
*

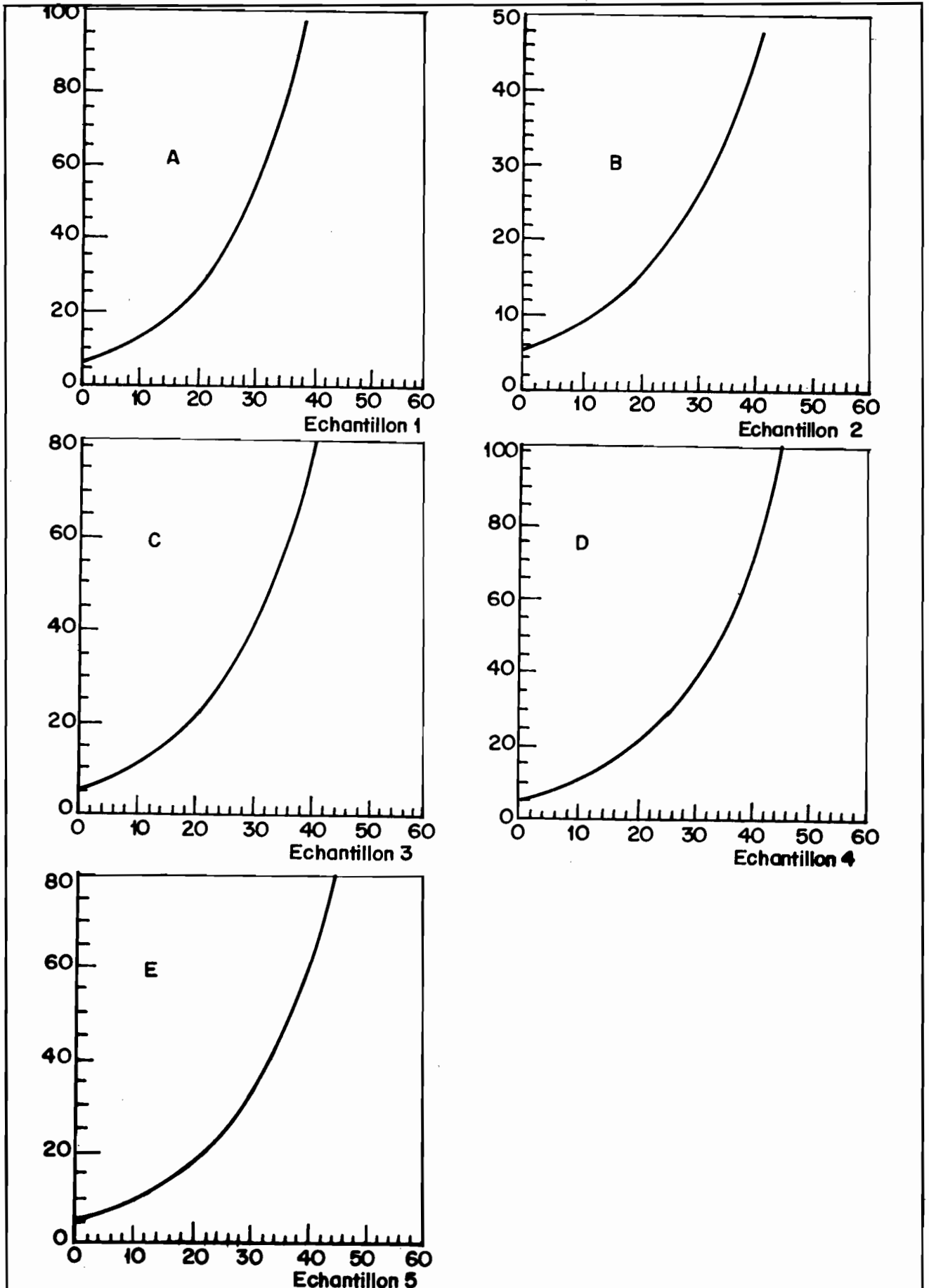


Figure 2 - Evolution du nombre de feuilles (N) en fonction du temps (T) chez *Salvinia molesta* (forme primaire).
Evolution of number of leaves as a function of time (T) for *Salvinia molesta* (primary form).

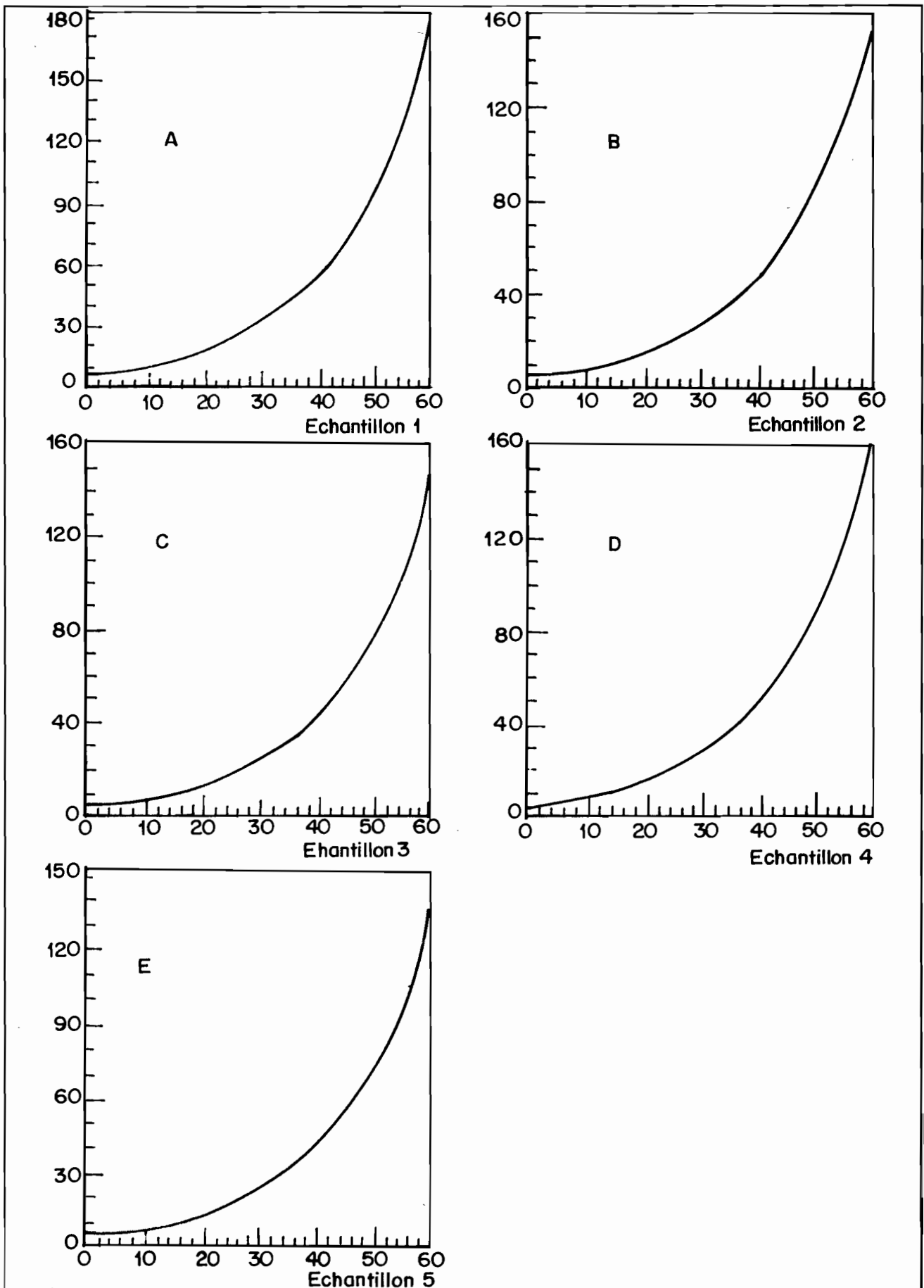


Figure 3 - Évolution du nombre de feuilles (N) en fonction du temps (T) chez *Salvinia molesta* (forme tertiaire).
Evolution of *Salvinia molesta* (tertiary form) number of leaves as a function of time (T)

**EFFETS DE L'OUVERTURE
DE LA PASSE DU FLEUVE COMOE
A GRAND-BASSAM**

**(4) CONTRIBUTION A L'ETUDE DES MODIFICATIONS
HYDRO-SEDIMENTAIRES CONSECUTIVES A LA REOUVERTURE
ARTIFICIELLE DE L'EMBOUCHURE DU COMOE A GRAND-BASSAM**

**CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE HYDRO-SEDIMENTARY
MODIFICATIONS RESULTING FROM THE ARTIFICIAL REOPENING
OF COMOE INLET AT GRAND-BASSAM**

Par

KOFFI K. Ph., J. ABE et J.B. AMON KOTHIAS
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

---ooOoo---

RESUME

La réouverture artificielle du canal naturel du fleuve Comoé (22 septembre 1987) en vue de l'élimination en mer des plantes flottantes envahissantes, a modifié considérablement l'environnement hydro-sédimentaire du domaine lagunaire à Grand-Bassam.

L'action des courants de marée a conféré un caractère plus estuarien aux eaux lagunaires, l'intrusion saline (25-30‰) remontant au delà des ponts de Moossou à la confluence du fleuve Comoé. Ceci a entraîné un curage du cours inférieur du fleuve et surtout des fonds lagunaires antérieurement confinés. La remobilisation des vases (des fonds autour de l'île Bouët), évacuées en suspension vers le large a découvert les faciès sableux lagunaires et marins. Ce nouveau système demeure fragile, par la suite d'un colmatage saisonnier du canal en étiage.

Mots-clés: Côte d'Ivoire, Lagune Ebrié, Hydrologie, Plantes flottantes, Canal, Erosion.

ABSTRACT

The Bassam artificial inlet was opened (in September 22, 1987) in order to revacuate offshore invasive aquatic plants. This has considerably modified the hydro-sedimentary environment of the lagoonal domain at Grand-

Bassam. Tidal currents effect has conferred the lagoonal waters an estuarine feature, the saline intrusion (25-35‰) increasing beyond the Moossou bridges up to the confluence of the Comoé river. This has led to a cleaning of the river lower course and above all to the bottoms of the lagoon which were previously confined. The remobilization of mud (from lagoonal bottoms around Bouet Island) evacuated offshore, has exposed lagoonal and oceanic sandy features. This new system remains fragile, with the seasonal (low river-flow) clogging.

Key words: Côte d'Ivoire, Ebrie lagoon, hydrology, Floting plants, sediments, inlet, erosion.

INTRODUCTION

L'embouchure naturelle du fleuve Comoé à Grand-Bassam communique avec l'océan par un canal peu profond (2 à 3 m) à travers le mince cordon littoral quaternaire.

Cet exutoire, comme la plupart des passes de la côte orientale ivoirienne est instable. Sa migration dans le cordon qui est liée à l'équilibre dynamique entre le transit sédimentaire littoral et les processus estuariens (marée, courant de chasse et vidange de crue) a provoqué des épisodes successifs de colmatage et d'ouverture.

Ainsi les divagations de l'embouchure, observées sur environ un siècle portent sur plus de 11 km de côte, entre le village d'Azureti à l'Ouest et le bras mort du fleuve Comoé à Mondoukou (Varlet, 1958 ; Tricart, 1957). Il faut souligner dans cet historique du grau, l'épisode actuel (1951-1987) après le percement du Canal de Vridi (1951), où la baisse consécutive des courants de chasses dans l'estuaire et le détournement des eaux depuis Moossou en direction des passes de Vridi ont favorisé le colmatage, l'ensablement quasi-permanent⁽¹⁾ des passes et le confinement du milieu.

La vidange de cet estuaire bifide par le seul pôle du canal de Vridi, a provoqué une surcharge des eaux lagunaires. L'envahissement saisonnier (crue du fleuve Comoé) des plans d'eau des secteurs Central et Oriental de la lagune Ebrié par les végétations flottantes (*Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia stratiotes*) ces dernières années en constitue un aspect à la fois spectaculaire et gênant. Aussi la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam a-t-elle été décidée par la Commission Nationale de l'Environnement, en vue de l'évacuation en mer de ces plantes par le grau de Bassam.

Cette opération a suscité un programme concomitant d'étude de l'impact de cette réouverture sur l'évolution du domaine estuarien. L'approche hydro-sédimentaire de ce suivi qui a fait l'objet de trois campagnes, 15-17 Avril 1987 (état zéro), 8-10 Octobre 1988 et 9-12 Janvier 1989 (post-ouverture) est développée ci-après.

1 - GENERALITES

1.1. Cadre général

La zone étudiée est le secteur estuarien du fleuve Comoé à l'extrémité orientale de la lagune Ebrié. Celle-ci couvre les environs de l'île Morin au Nord, les ponts de Moossou à la confluence du fleuve Comoé-lagune Ebrié, l'île Bouët et le cordon littoral au Sud (Fig.1 et 4).

1.2. Géologie et paysage littoral

Le domaine du Canal du fleuve Comoé se localise dans la zone centrale du bassin sédimentaire où on observe du Nord au Sud les

formations miopliocène à quaternaire (Fig.1 ; Tastet, 1979).

Les plateaux sablo-argileux miopliocène du Continental Terminal au Nord, dominent les sables argileux des bas-plateaux antéholocène qui sont relayés au Sud par les vases et sables lessivés fluvio-lagunaires. Le cordon littoral quaternaire plus au Sud est formé de cordons marins sableux successifs. On observe à l'Est de ces cordons et rides de sable marins, moyens à grossiers-roux, une génération de cordons de sable moyen à fin blanc jaunâtre (Mondoukou-Assinie).

2 - APERCU HYDROLOGIQUE

Le fleuve Comoé et la lagune Ebrié confluent à Grand-Bassam pour former le plus vaste estuaire du littoral Ivoirien (Fig.1). Cet estuaire bifide, assez singulier est alimenté par le fleuve Comoé qui draine du Nord au Sud, 78000 km², selon un régime tropical de transition (débit moyen annuel 156,8 m³s⁻¹, 1987) à crue unique (Septembre-Octobre) et par le système lagunaire Ebrié et les rivières forestières à crue dédoublées (Juin-Juillet et Octobre-Novembre).

L'évolution de cet estuaire se résume en deux états transitoires, la période avant le percement du canal de Vridi (1950-1951) où seul l'embouchure "temporaire" du fleuve Comoé à Bassam évacuait en mer et la période après l'ouverture dudit canal qui a entraîné de profondes modifications hydrologiques. La situation actuelle créée par la réouverture du grau du fleuve Comoé à Bassam (22 Septembre 1987) n'est qu'une des nombreuses variantes de ce dernier cas.

2.1. L'hydrologie ancienne avant l'ouverture du Canal de Vridi

La pénétration de l'onde de marée par l'unique exutoire du fleuve Comoé, se caractérisait par d'énormes pertes de charges dans le cours inférieur du fleuve avec un fort amortissement 6 à 10 (rapport des marnages en mer et dans l'estuaire), dès la confluence Ouladine jusqu'à Moossou presque équivalent en zone centrale lagunaire Ebrié-Abidjan. La dynamique de l'intrusion saline conférait trois secteurs distincts qui étaient respectivement : un domaine sous influence marine, sans dilu-

(1) L'embouchure a été totalement fermée en Avril 1972 (Tastet, 1979) et depuis 1975, l'aménagement de la route littorale avait rendu cette fermeture définitive.

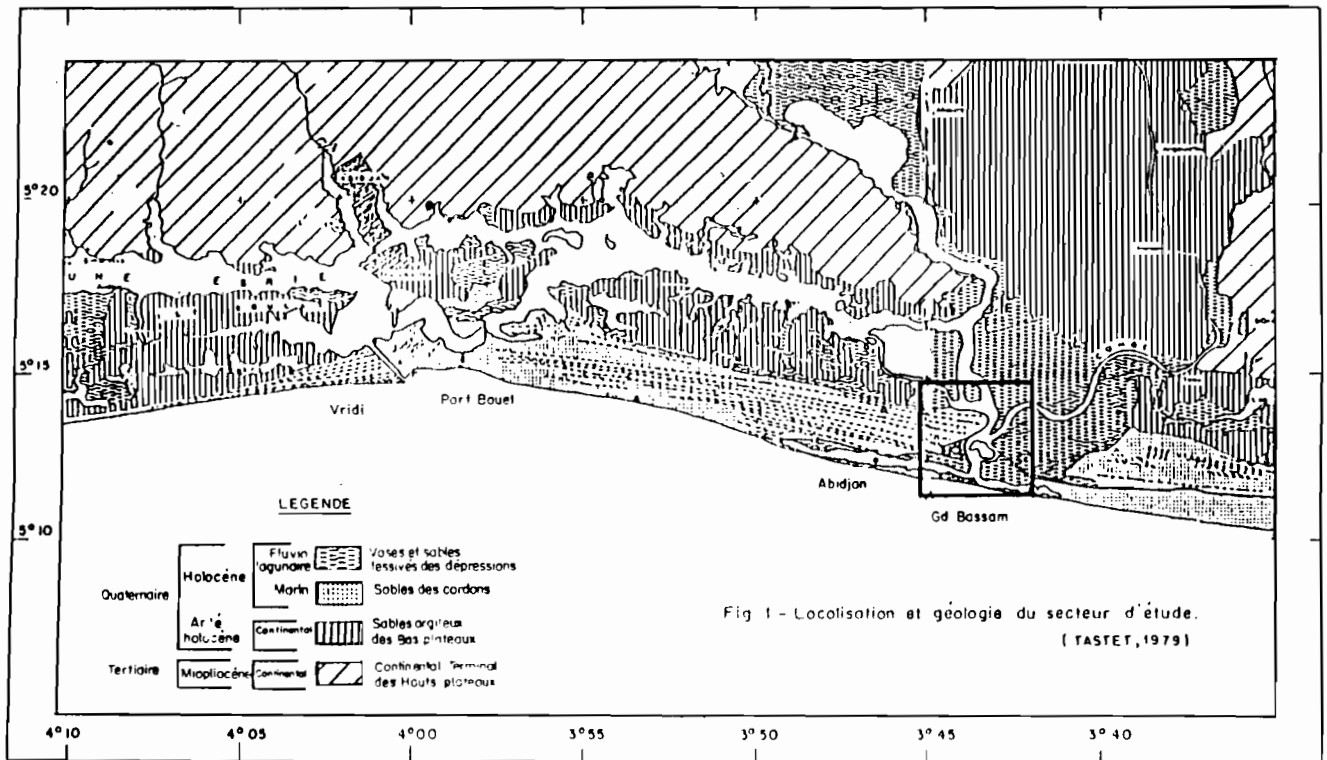


Figure 1 : Localisation et géologie du secteur d'étude (Tastet, 1979).
Location and geology of the study area (Tastet, 1979).

tion (salinité supérieure à 30‰), à la confluence Ouladine ; un domaine saumâtre, 10 à 13‰, du cours inférieur du fleuve Comoé à la confluence des lagunes Potou ; et un domaine à salinité inférieure à 10‰ dans la zone Centrale de la lagune Ebrié (Abidjan) à caractère plus lacustre à l'Ouest.

Les essais de bilan hydrique (Varlet, 1978) avec un canal aux dimensions moyennes (largeur : 300 m ; profondeur : 3,5 m) soulignaient une contribution égale du fleuve Comoé et de la lagune Ebrié, avec 12.10^6 m^3 d'eau évacués au jusant et représentant le double des entrées au flot.

2.2. L'hydrologie de l'estuaire après l'ouverture du Canal de Vridi

L'estuaire dès lors bifide a maintenu un flux principal en direction du canal de Vridi. Cette situation favorisée par le caractère temporaire du canal et les dimensions du canal artificiel (longueur : 2.7 km ; largeur : 230 m ; profondeur moyenne : 12 m ; section mouillée : 2760 m^2) a provoqué le déplacement du secteur estuarien sous forte influence marine (salinité supérieure à 20‰) dans la zone centrale de part et d'autre de Vridi (Tastet, 1979).

L'onde de marée, depuis Vridi, induit dans le secteur de l'embouchure naturelle du fleuve Comoé (confluence Ouladine - Moossou - Ile Vitré) un marnage faible sensiblement équivalent à celui occasionné par le flux du canal de Bassam, 17 à 33 cm pour 100 cm d'amplitude au large de Vridi. Toutefois, il faut mentionner la réduction sensible du retard de propagation de la marée et l'apparition d'un front salé à la confluence Ouladine lorsque les deux exutoires sont fonctionnels.

Le bilan estimé au niveau du Canal de Vridi (Mai-Octobre), le grau fermé, confirme des flux nets plus importants de $18,6.10^6 \text{ m}^3$ évacués par cycle de marée pour un flux de jusant de près de $46,7.10^6 \text{ m}^3$ (Tastet, 1974).

Les écoulements résiduels estimés depuis Moossou traduisaient un flux préférentiel en direction du canal de Vridi (1).

(1) Les maxima des courants de marée à Moossou étaient de $1,15 \text{ m s}^{-1}$ (jusant) et $0,70 \text{ m s}^{-1}$ (flot).

2.3. Hydrodynamique à l'embouchure après la réouverture artificielle du 22 Septembre 1987

Nous avons procédé à des essais de relevés de vitesse de courant de marée sur deux états post-ouverture (Station Moossou: S2 ; Station Embouchure : S1 ; Fig. 3).

2.3.1. A l'état "zéro", Avril 1987.

On distinguait deux zones dynamiques distinctes :

- Une zone interne confinée II, maître des environs de l'île Bouet jusqu'à la confluence Ouladine sans courant de marée effectif (Anonyme, 1987) ;
- Une zone interne, fluviale I, drainée en permanence par le jeu des courants de chasses du fleuve et de la marée depuis Vridi. La circulation résiduelle correspond en surface à 6.3 cms^{-1} direction jusant et au fond 3.4 cms^{-1} direction flot. Il s'agit là d'une répartition classique dans les estuaires.

2.3.2. Les deux états post-ouverture.

Les deux essais de relevés de vitesse de courant de marée que nous avons réalisés les 17 Août 1988 et 7-8 Janvier 1989 nous permettent de déterminer trois zones dynamiques comme suit :

- L'apparition d'une zone externe III, sous forte influence marine à salinité comprise entre 25 et 30‰ ou supérieure à 30‰ plus ou moins réduite à la confluence Ouladine-grau (Fig. 2). Les vitesses instantanées supérieures à $0,400 \text{ ms}^{-1}$ ont été relevées ;

- La zone interne II, de la confluence Ouladine à l'île Bouet soumise à l'action de courants de marée faibles à modérés selon la section du canal. Les vitesses maximales relevées à la station embouchure sont comprises entre $0,18 \text{ ms}^{-1}$ le 17 Août 1988, avec le grau très ensablé et une section de moins d'une centaine de mètres, et $0,50 \text{ ms}^{-1}$ le 7 Janvier 1989 avec l'embouchure largement dégagée (Fig. 3).

Les écoulements résiduels, de surface $V_r = 0,08 \text{ ms}^{-1}$ direction jusant et du fond $V_r = 0,08 \text{ ms}^{-1}$ direction flot, sont équivalents.

La salinité de cette zone intermédiaire varie entre 5‰ et 30‰ avec une stratification des eaux (Fig. 2) ;

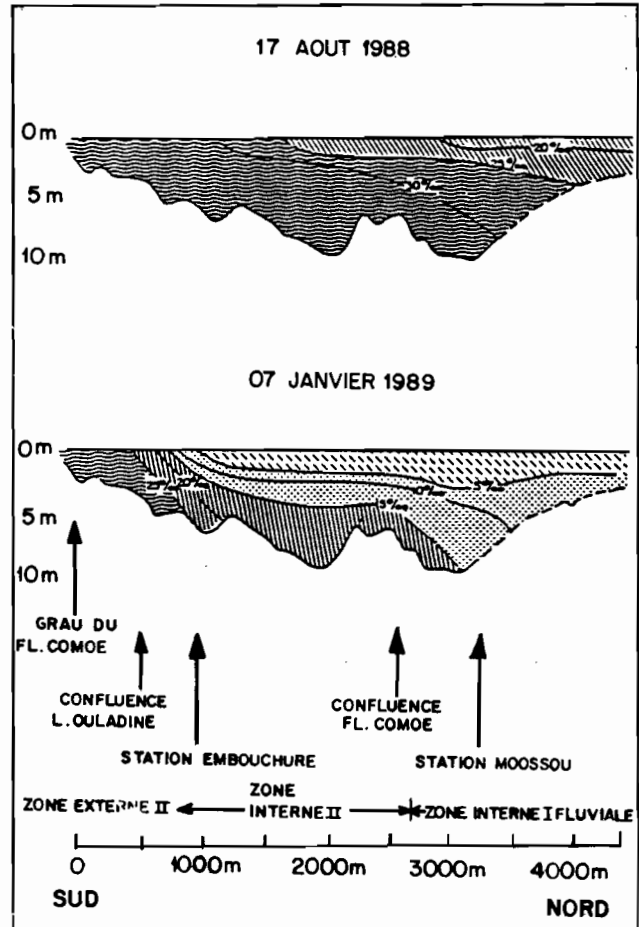


Figure 2 : Coupe de salinité dans l'estuaire du fleuve Comoé. Zone de Grand-Bassam.

Salinity transect in the Comoe estuary in the vicinity of Grand-Bassam.

- La zone interne «fluviale» I, à la confluence du fleuve Comoé - lagune Ebrié Moossou est drainée par un écoulement plus important. La vitesse maximale à la station Moossou varie entre $0,68 \text{ ms}^{-1}$ (17 Août 1988) et $0,55 \text{ ms}^{-1}$ (7 Janvier 1989) (Fig.3). Les courants alternatifs donnent respectivement un écoulement résiduel de $0,04 \text{ ms}^{-1}$ direction jusant en surface et $0,08 \text{ ms}^{-1}$ et $0,11 \text{ ms}^{-1}$ direction flot à 3 m et 5 m de la surface. La salinité traduit la plus forte dilution de l'intrusion saline (5-15‰) et l'écoulement en surface des eaux du fleuve Comoé (Avril 1988). L'eau de mer remonte en profondeur (4-5 m) jusque dans cette zone en étiage (7 Janvier 1989; Fig. 2).

L'onde dynamique de marée décrite pour les différents états ci-dessus entraîne un très faible marnage de moins de 30 cm.

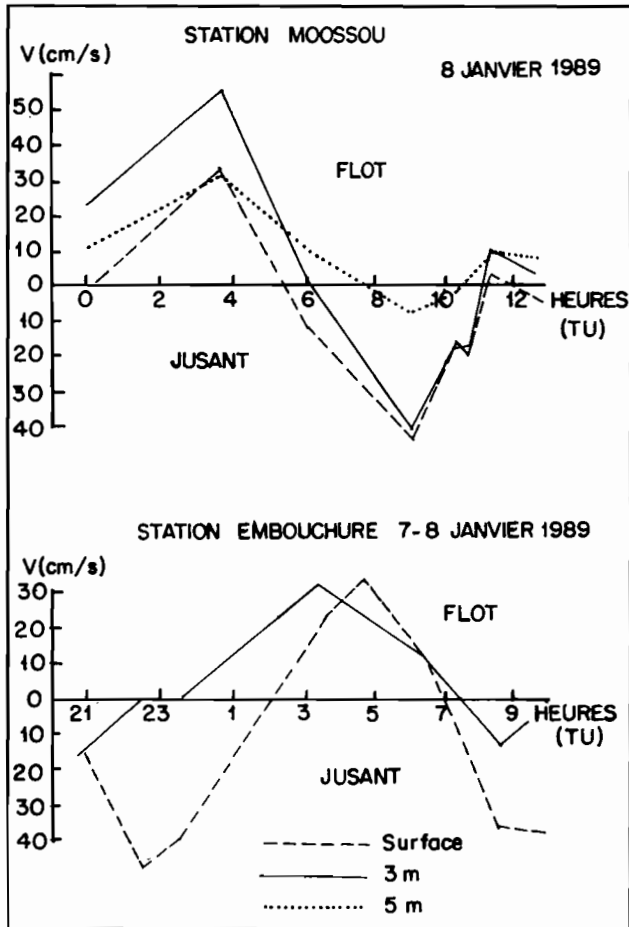


Figure 3 : Relevés des courants de marée au grau de Bassam.

Tide currents in the Grand-Bassam inlet.

3 - ETUDE DES SEDIMENTS SUPERFICIELS

3.1. Méthodologie

3.1.1. Echantillonnage.

Il a été réalisé trois campagnes de prélèvements des sédiments superficiels au Cône Berthois :

- La campagne "état zéro", 15-17 Avril 1987, 87 échantillons.
- La campagne du 8 au 10 Octobre 1987, 75 échantillons.
- La campagne du 9 au 11 Janvier 1989, 64 échantillons.

3.1.2. Analyse des sédiments.

Les analyses effectuées sur les sédiments sont les suivantes :

- description sommaire des sédiments.
- tamisage sous l'eau des échantillons bruts pour séparation des sables et vases et analyse granulométrique de la fraction sableuse.

Les résultats de l'analyse granulométrique ont été traités à l'aide d'un programme FORTRAN IV (Allen, 1970). Les paramètres suivants sont calculés :

$$Mz = \frac{\sum f.d_1}{100}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum f.d_2}{100}}$$

$$Sk = \sqrt{\frac{f.d_3}{\sigma}}$$

où

Mz : moyenne ou le grain moyen.

σ : l'écart-type ; il définit le perfectionnement du classement.

Sk : représente le coefficient d'assymétrie.

f : pourcentage des différentes catégories de grains dans l'échantillonnage considéré.

d₁ : distance respective qui sépare, sur le diagramme, l'origine du milieu des divisions correspondantes (on prend comme origine le milieu de la division où a lieu le maximum).

d₂ : distance du centre de gravité au milieu de chaque division correspondante de l'histogramme.

d₃ : distance du centre de gravité au milieu de chaque division correspondante de l'histogramme, mais pris positivement à droite et négativement à gauche.

3.2. Cartographie des faciès superficiels

3.2.1. Description des faciès.

Il a été déterminé cinq faciès sédimentaires dans le domaine de l'embouchure du fleuve Comoé pour les 3 campagnes:

- Les sables grossiers ($\phi > 500 \mu\text{m}$) du domaine fluvial, jaune-roux, généralement azoïques : ce faciès se caractérise par une forte occurrence de gravillons. Les populations sont relativement homogènes, modérément classées ($0,55 < \sigma < 0,93$). La teneur en carbonate est faible et inférieure à 5% ;

- Les sables moyens ($500 \mu\text{m} < \phi < 250 \mu\text{m}$);

Ces sables jaune-roux à grisâtre contiennent quelques débris coquilliers. Ils sont peu homogènes, multimodaux avec un écart-type compris entre 0,51 et 1,17 pour des populations modérément classées à mal classées. La teneur en carbonate est modérée avec quelques exceptions à plus de 30%.

- Les sables fins à très fins ($250 \mu\text{m} > \phi > 63 \mu\text{m}$).

Les sables fins à très fins sont blancs à grisâtres. Ils constituent une population assez hétérogène, modérément classée à mal classée ($0,51 < \sigma < 1,32$). On y observe les plus fortes teneurs en carbonate pour les sables fins vaseux (40%);

- Les vases et silt ($\phi < 63 \mu\text{m}$) comprennent :

* les vases molles gris-verdâtres, bioturbées, assez riches en matière organique provenant en grande partie de la décomposition des plantes flottantes ;

* les vases fluides, noires, à forte odeur de H_2S et très riches en matière organique.

L'analyse granulométrique de la fraction inférieure à $63 \mu\text{m}$ n'ayant pu être faite, le faciès des vases couvre ici les silts et argiles ;

- Les faciès de mélange (sables vaseux et vases sableuses).

Il s'agit du mélange des faciès sableux et vaseux susmentionnés en des proportions variables. La coupure entre vases et sables est située à 50% de particules inférieures ou supérieures à $63 \mu\text{m}$.

3.2.2. Carte des faciès sédimentaires superficiels et interprétation dynamique.

La répartition des faciès superficiels dans le domaine de l'embouchure en relation avec le niveau d'énergie et la dynamique des fonds trace parfaitement les différentes zones dynamiques définies dans l'aperçu hydrologique.

3.2.2.1. La cartographie des sédiments avant l'ouverture (15 Avril 1987; Fig. 5)

La cartographie des sédiments avant l'ouverture, état du 15 Avril 1987, met en évidence, avec l'hydrologie, les principales zones dynamiques suivantes :

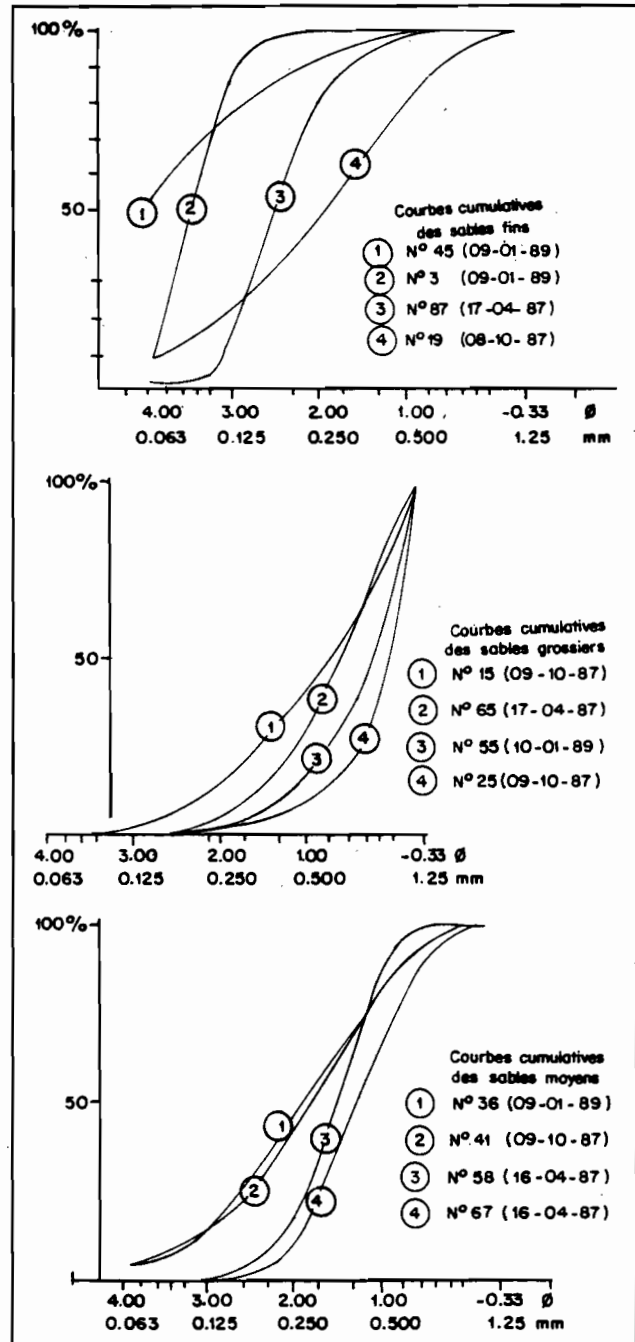


Figure 4 : Courbes cumulatives des sables. (a : grossiers ; b : moyens ; c : fins).

Cumulative curves of sands from coarse to fine.

- La zone interne I de Moossou, sous forte influence fluviale, est caractérisée par les faciès les plus grossiers: sables grossiers roux à sables moyens fluvio-lagunaires (Martin, 1977; Tastet, 1979). Leur répartition délimite parfaitement la confluence du fleuve en lagune Ebrié. Les vases sont localisées sur les berges fortement colonisées par les plantes flottantes. Les abords de l'île Morin au Nord sont tapissés de sables fins ;

- La zone interne II du Nord de l'île Bouët à la confluence Ouladine au Sud, où le confinement du milieu a favorisé la décantation des eaux lagunaires et des crues du fleuve Co-moé. Les fonds sont formés de vase jusqu'à la confluence Ouladine où sont observés les sables fins à très fins lagunaires. Les affleurements de sables (moyens et fins) dans cette zone forment les bancs et hauts fonds.

Le bras lagunaire à l'opposé de la lagune Ouladine est très confiné avec des dépôts de vases fluides noires à forte odeur de H₂S.

3.2.2.2. La cartographie des sédiments après l'ouverture du Canal

* Etat du 8-10 Octobre 1987 (Fig. 6)

La répartition des faciès superficiels comparativement à l'état initial traduit une amorce d'érosion des fonds avec l'apparition d'une zone externe sous influence marine (houle et swash).

La zone interne I de Moossou. Les sables moyens occupent une superficie plus importante à la faveur du lessivage des vases localisées aux berges orientales du fleuve Co-moé et de la lagune Ebrié.

La zone interne II du Nord de l'île Bouët au Nord de la confluence Ouladine : L'érosion des fonds des berges Nord de l'île Bouët découvre des sables moyens. Les fonds restent vaseux dans le secteur de l'île. Les vases remobilisées sont évacuées en suspension permanente vers le large (Rivière, 1977 ; Migniot, 1968 ; Allen, 1977).

La zone externe III, du Canal à la confluence Ouladine: on observe la progradation des sables marins moyens sur les sables fins lagunaires à la faveur des courants de marée de flot. Le bras lagunaire oriental n'a pas évolué. Les fonds y demeurent vaseux.

* Etat du 6-11 Janvier 1989 (Fig. 7)

L'érosion des sédiments du fond est à un stade très avancé; les faciès sableux, sables grossiers à fins sont dominants.

La zone interne I de Moossou n'a pas sensiblement évolué, toutefois, l'on remarque le dépôt de vases le long des berges abritées.

Le lessivage des vases au niveau de la zone interne II est plus important. Les particules fines sont localisées sur quelques plages de vase au Nord-Ouest et la baie Sud de l'île Bouët. Les sables fins à très fins qui se découvrent dans cette zone interne correspondent à un faciès de mélange sable fin vaseux.

La zone externe III, au Sud de la confluence Ouladine. Les sables moyens marins sont réduits à l'axe du chenal du canal. Les sables fins à très fins charriés vers le canal occupent la lagune Ouladine et les berges de la rive gauche. Les vases noires fluides du bras lagunaire ne sont pas remaniées.

3.3. Colmatage et ensablement du canal.

Avant le percement du cordon (Annexe 2a), la fermeture permanente du canal depuis 1972, avec le développement d'un mince cordon aménagé en route littorale (1975), a favorisé le confinement du milieu lagunaire : sédimentation et colonisation des berges et baies par les plantes flottantes.

La dynamique des sédiments dans l'axe de l'embouchure correspond à une pénétration des sables moyens marins remaniés à la côte sous l'action de la houle en déferlement (Swash) et des courants de marée. L'importance de cet apport de sable est favorisée par la diminution de l'énergie des chasses du fleuve (Planche II) en étiage et par l'érosion des plages

- a. 6 Novembre 1987 : l'embouchure présente sa section maximale (plus de 600 m) suite à l'élargissement spectaculaire observé dès les premières marées qui ont suivi le percement du cordon (22-24 septembre 1989). Ceci étant accéléré par la vidange de crue du fleuve.

- b. 9 Septembre 1988 : l'ensablement des passes amorcé au début de l'étiage (Février-Avril) a entraîné la formation de flèches libres sur les berges. L'ouverture "aérienne" du canal très réduite (moins d'une cinquantaine de mètres, et peu profonde ne permet plus par le jeu de marée un écoulement efficace malgré l'amorce de crues). Les sables moyens marins du cordon littoral érodé sont remontés par la houle (jet de rive et uprush) dans l'axe du canal et alimentent ces flèches.

- c. 6 Novembre 1988 : fin des crues. On retrouve l'état de fin des crues, déjà observé 1987 (a) avec un canal largement dégagé (environ 400 m de large). Ceci correspond à une érosion des apports sableux (estran et flèche libre) de la rive droite, quartier France, avec allongement de la flèche de la rive gauche.

- d. 11 Août 1989 : (fin d'étiage - amorce des crues) : On observe le colmatage total du canal avec le développement d'un banc sableux dans le lit de celui-ci.

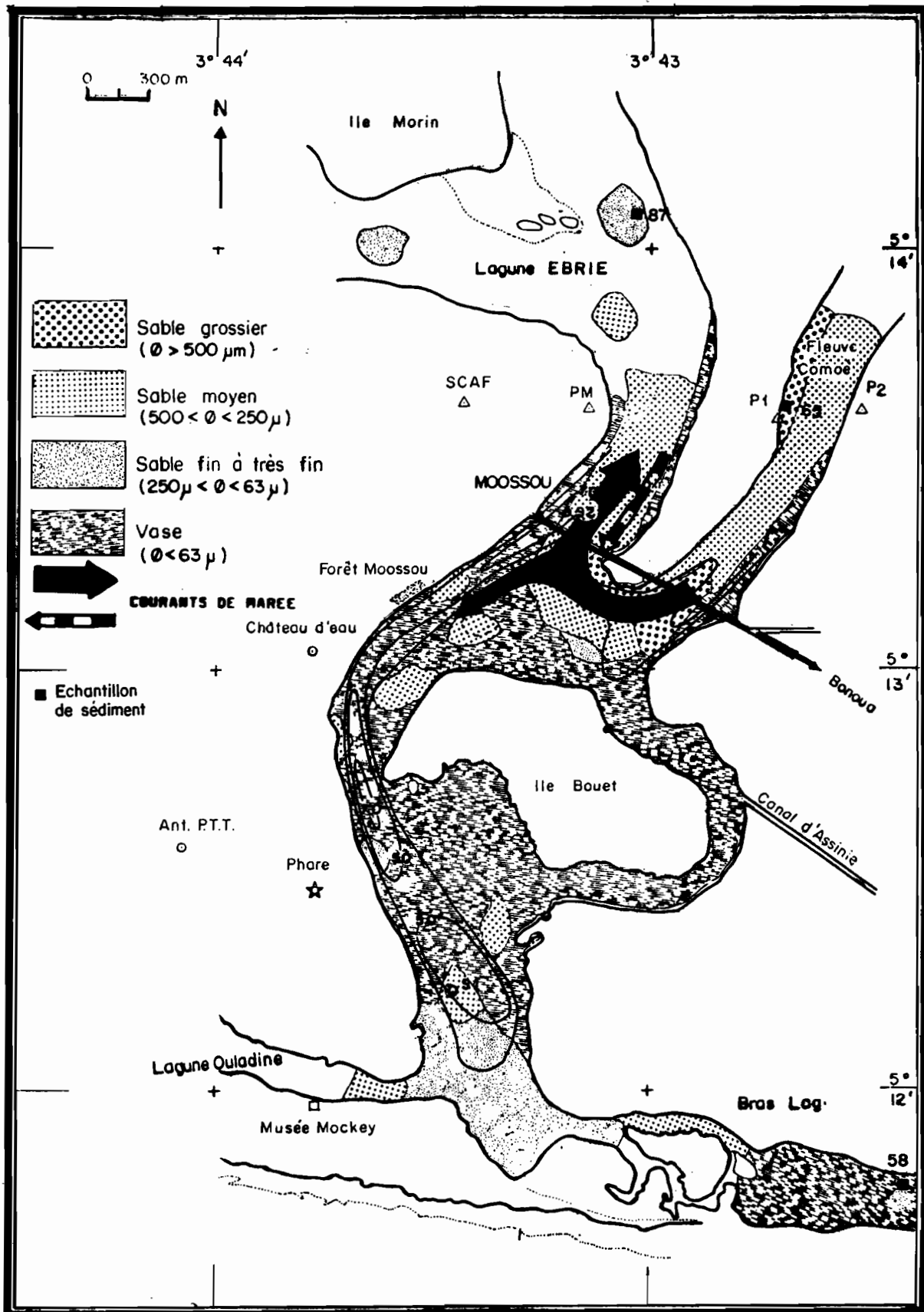


Figure 5 - Carte des faciès sédimentaires superficiels. 15 Avril 1987

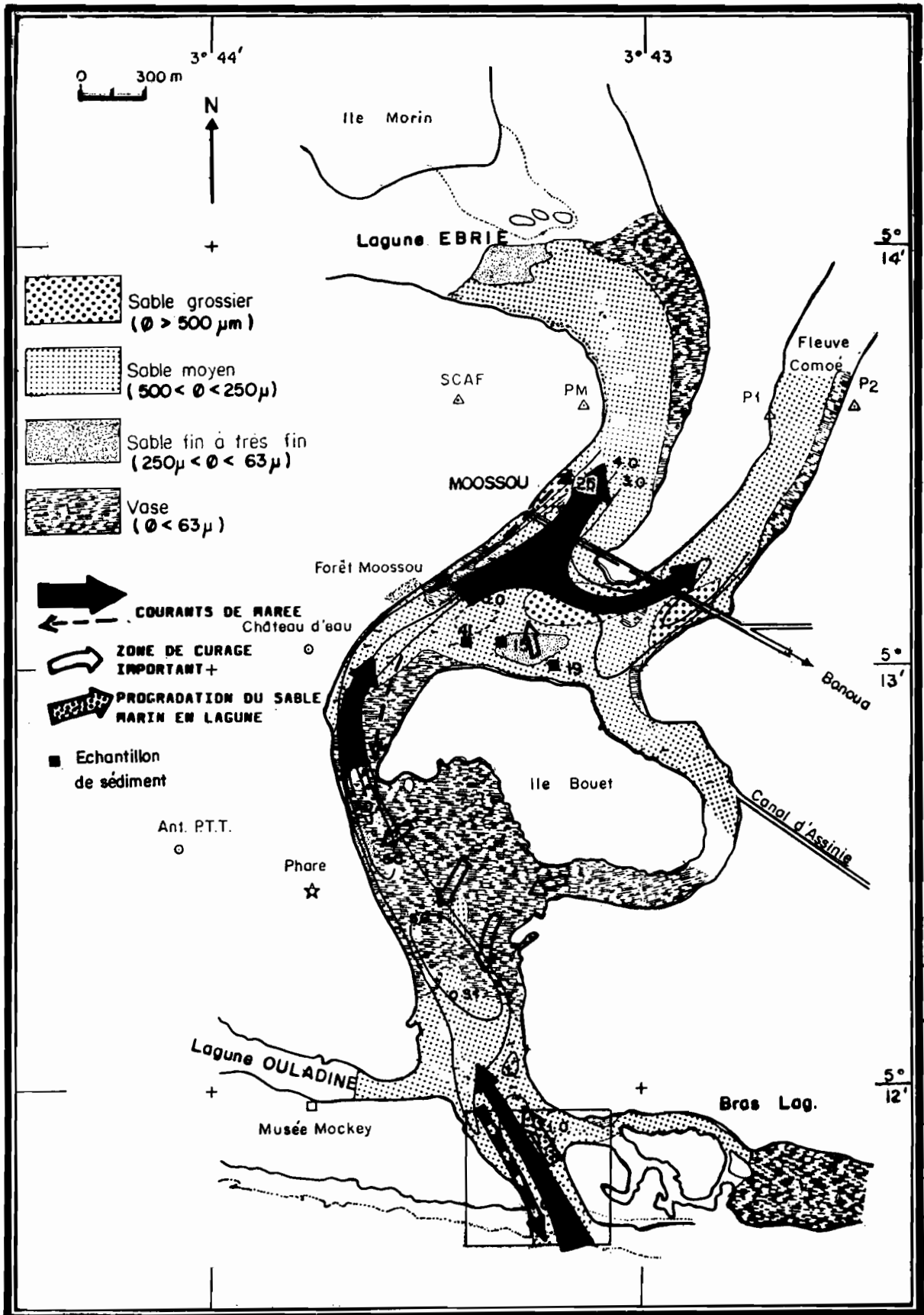


Figure 6 – Carte des faciès sédimentaire Superficiels. 8 Octobre 1987

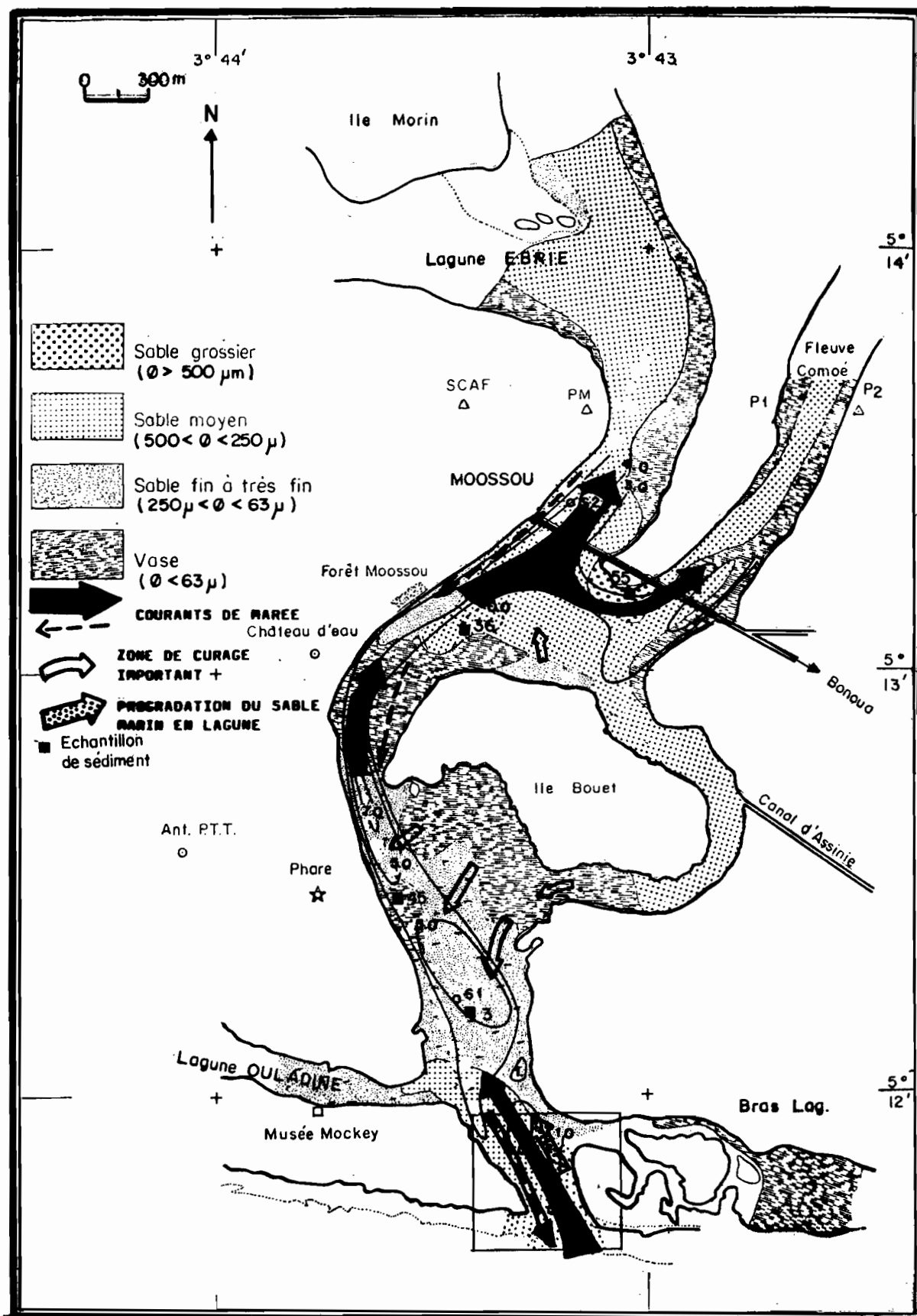


Figure 7 - Carte des faciès sédimentaires superficiels. 6 Janvier 1989

PLANCHE I : Etat de l'embouchure du Comoé à Grand-Bassam colmatée depuis 1972. (Photo aérienne 1985).

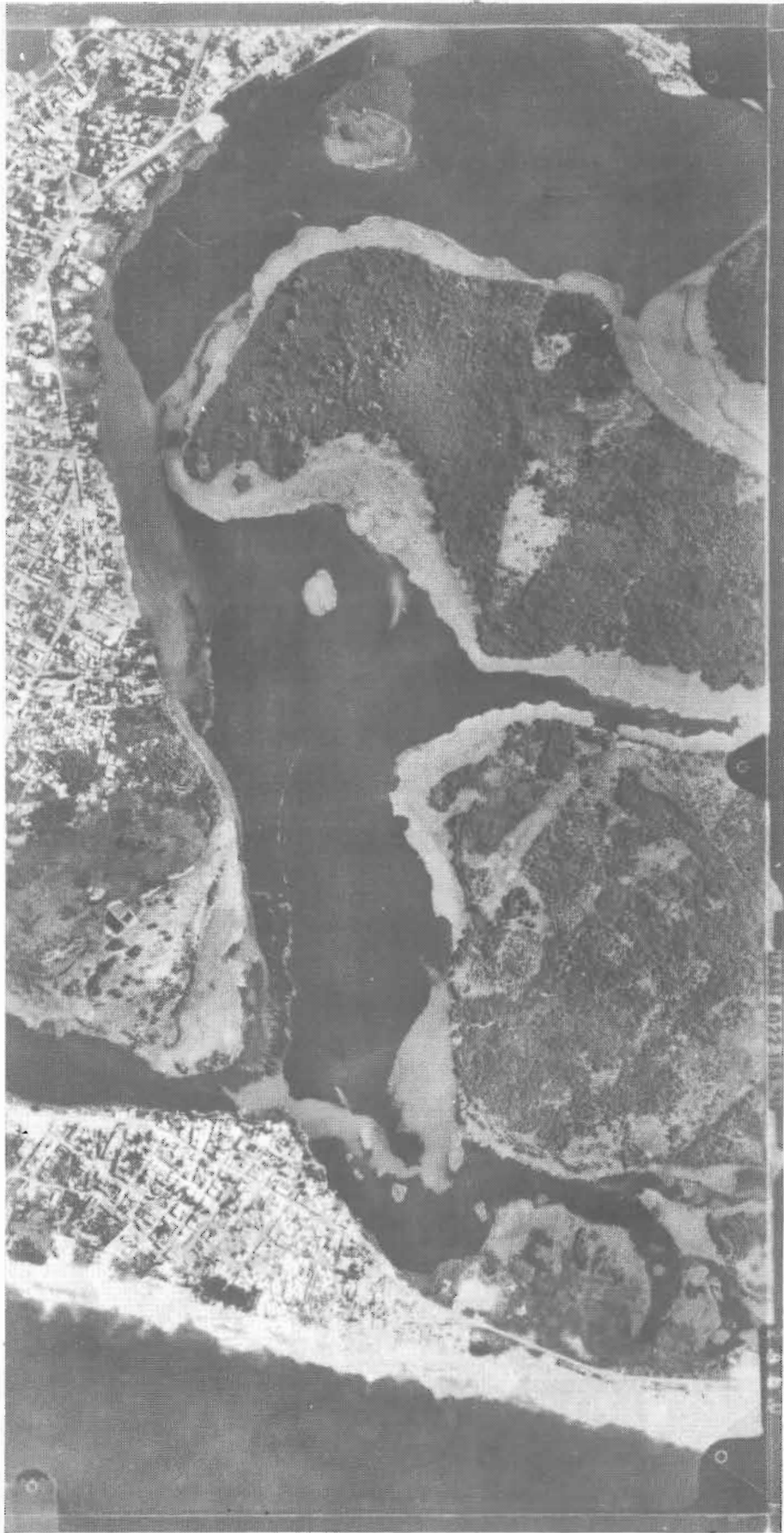


PLANCHE II — Colmatage et ensablement saisonnier du Grau.

a. 6 Novembre 1987

Elargissement spectaculaire du Grau (plus de 600 m) consécutif au percement du cordon (22-23 Septembre) et à la vidange de crue.



b. 9 Septembre 1988

Ensablement très avancé des passes avec la formation de 2 flèches libres.



c. 6 Novembre 1988

Erosion des berges de la rive droite lors de la vidange de crue (Octobre).



d. 11 Août 1989

Fermeture du Grau. et développement d'un banc sableux sur environ 400 mètres.



Légende : FL. L. : Flèche Libre ; Ba : Barre sous-marine ; Pa : Passe.
C.L. : Cordon Littoral ; PL. Plage ou estran ; Estu : Estuaire.

Photos Aurélien Kovalev

CONCLUSION

La réouverture artificielle du Canal du fleuve Comoé à Grand-Bassam, le 22 Septembre 1987, a entraîné de profondes modifications de l'environnement hydro-sédimentaire du secteur lagunaire avec un flux dominant maintenu en direction du canal de Vridi.

La pénétration d'une onde de marée à moins de 4 km de la confluence du fleuve Comoé en lagune Ebrié, bien qu'amortie (très faible marnage), a induit un caractère estuarien dans un domaine lagunaire antérieurement confiné, malgré les crues annuelles du fleuve Comoé. La dynamique de l'intrusion saline après la pénétration des premières marées suivant la coupure du cordon, détermine la création de trois zones distinctes :

- la zone externe II, sous influence marine à salinité comprise entre 25‰ et 30‰ ou supérieure à 30‰ correspondant à l'embouchure (canal-confluence Ouladine);

- la zone interne II, intermédiaire à salinité comprise entre 15 et 25‰, avec des vitesses de courant maxima de 0,18 ms⁻¹ à 0,50 ms⁻¹ entre la confluence Ouladine et le Nord de l'Île Bouët :

- la zone interne I sous influence permanente du fleuve Comoé où les salinités sont comprises entre 0‰ et 25‰; les courants assez forts avec des vitesses maxima de l'ordre 0,55 ms⁻¹ à 0,70 ms⁻¹.

La modification des fonds est significative. Le curage amorcé dès la réouverture de l'embouchure, s'est poursuivi selon les deux états cartographiés (8 Octobre 1987 et 9 Janvier 1989).

L'action des courants de marée sur le fond a entraîné une importante remobilisation de ces sédiments cohésifs (vases) évacués en suspension vers le large. Les vitesses maxima que nous avons relevées sur le fond dépassent largement le seuil critique de leur remise en suspension (Migniot, 1968).

Le lessivage de ces fonds confinés a découvert des faciès plus grossiers : sables fins à très fins lagunaires dans la zone interne II, confluence Ouladine - Île Bouët; sables moyens à grossiers, dans la zone interne I, confluence fleuve Comoé à Moossou.

Le domaine particulier du canal, très instable traduit une progradation des sables moyens marins vers le domaine interne sur les sables fins lagunaires sous la forme de hauts fonds et flèches libres.

BIBLIOGRAPHIE

- Allen G.P., 1970.- Présentation d'un programme d'analyse granulométrique en FORTRAN IV. Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, n°8, p. 253-260.
- Anonyme, 1987.- Rapport préliminaire de relevés de courant de marée à l'embouchure du fleuve Comoé à Bassam. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan (non publié).
- Debyser J., 1955.- Etude sédimentologique du système lagunaire d'Abidjan. Rev. Inst. Fr. Pétr., Paris, 10 : 329-334.
- Debyser J., 1959.- Contribution à l'étude géochimique des vases. Thèse Sc. nat., Paris, Publ. Inst. Fr. Pétr., 1961, 251 p.
- Martin L., 1973.- Morphologie, sédimentologie et paléogéographie au Quaternaire récent du plateau continental ivoirien. Thèse Doct. Etat Sc. Nat. Univ. Paris VI, Trav. Doc. ORSTOM, N°61, 226 p.
- Migniot C., 1968.- Etude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur comportement sous des actions hydrodynamiques. La Houille Blanche, Grenoble, n°1, p. 9-47.
- Migniot C., 1977.- Action des courants, de la houle et du vent sur les sédiments. La Houille Blanche, Grenoble, n°1, p. 9-47.
- Rivière A., 1977.- Méthodes granulométriques. Techniques et interprétations Paris, Masson, 71 p., 12 fig. XVIII tabl.
- Tastet J.P., 1974.- L'environnement physique du système lagunaire Ebrié. Série Doc. Département Sciences de la Terre, Univ. Abidjan, n°11, 2 t., 28 p., 58 fig.
- Tastet J.P., 1979.- Environnement sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire - Togo - Bénin). Thèse docteur ès sciences, Univ. de Bx-1, 181 p., 127 fig.

Tricart J., 1957.— Aspects et problèmes géomorphologiques du littoral occidental de la Côte d'Ivoire. Bull. IFAN, Dakar (A), t. XIX, 1, p. 1-20.

Varlet F., 1958.— Le régime de l'Atlantique près d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Essai d'océanographie littorale. Extrait des Etudes Eburnéennes, tome 7, 222 p., 43 fig., 39 tabl.

Varlet F. 1978.— Le régime de la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. Traits physiques essentiels. Trav. et Doc. ORSTOM n°83, 162 p., 110 fig.

**(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-PO₄ 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 Comoé 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 Comoé 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-PO₄ concentrations. P-PO₄ 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 Comoé 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-

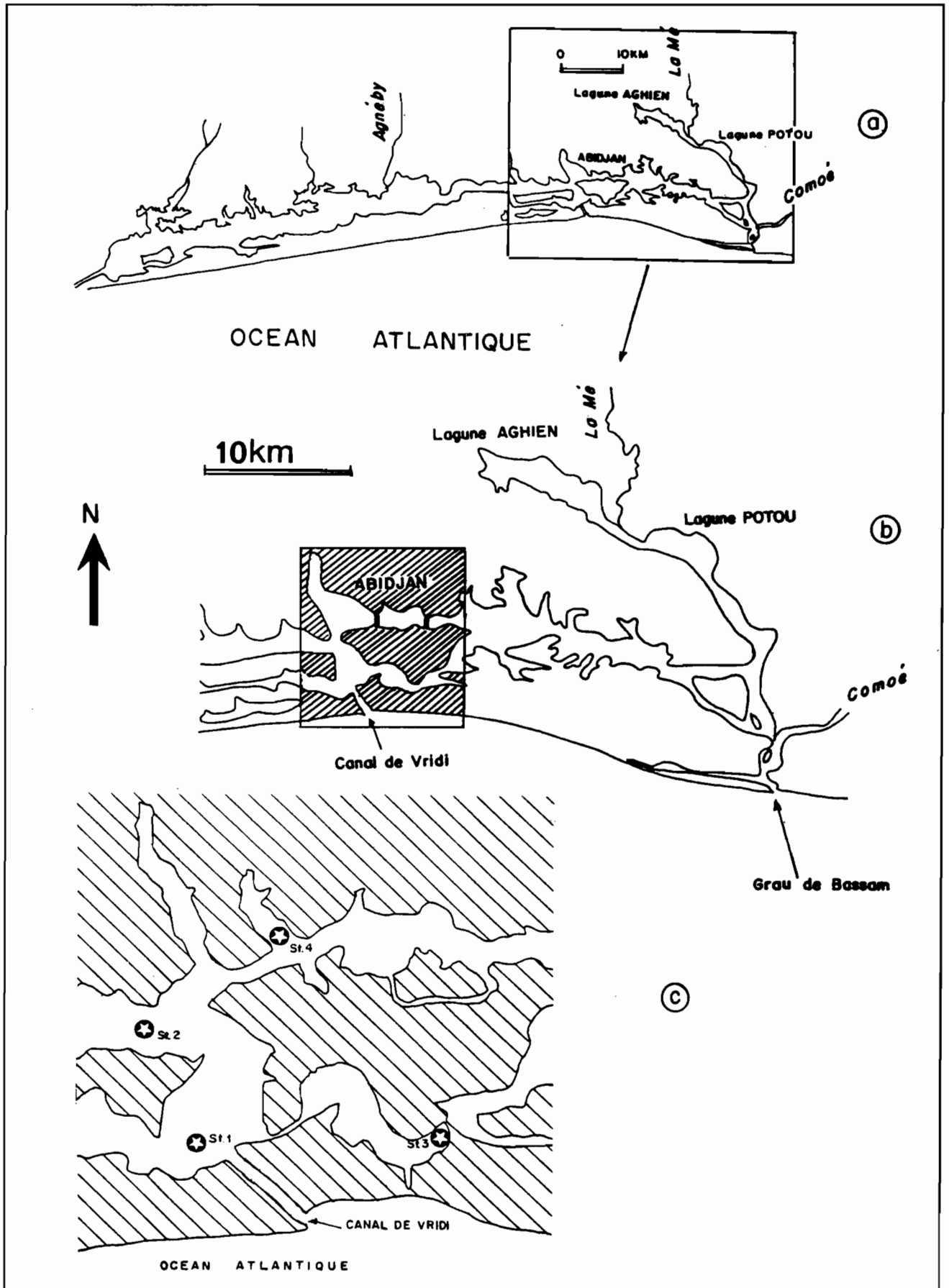


Figure 1 : L'écosystème lagunaire Ebré (a) ; La lagune Ebré du Canal de Vridi au grau de Bassam (b) et La zone estuarienne de la lagune Ebré (c).

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-NO₂, N-NO₃, N-NH₄-3, P-PO₄ et les biomasses phytoplanctoniques 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 6,4 10⁹ m³ en 1985 et de 6,1 10⁹ m³ en 1987/1988. Comparativement au volume moyen écoulé entre

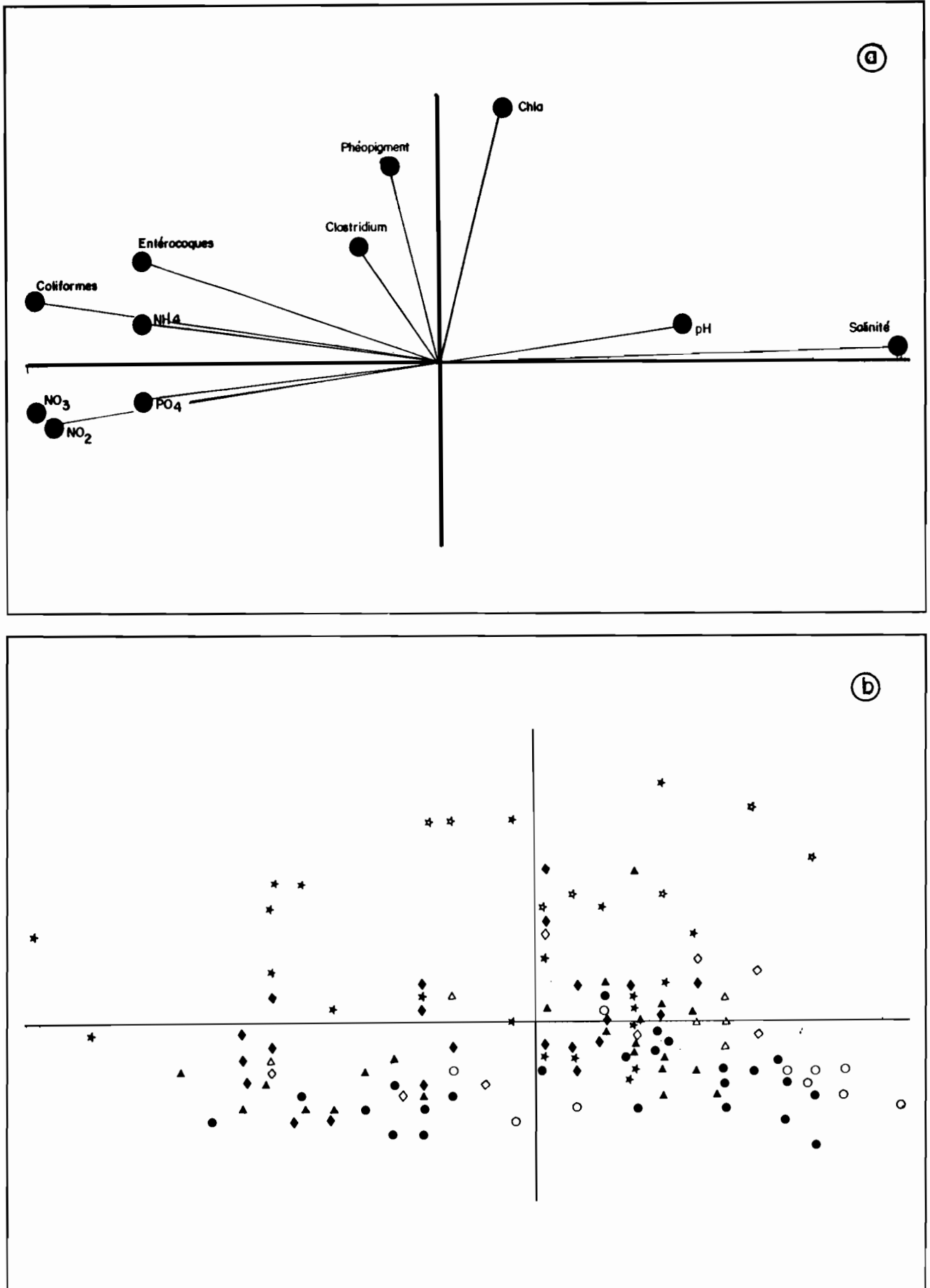


Figure 2 : Analyse en composantes principales se rapportant aux 4 stations étudiées. (St1 $\odot\bullet$; St2 $\triangle\blacktriangle$; St3 $\star\star$; St4 $\diamond\blacklozenge$) en 1985 (blanc) et 1987-1988 (noir) dans la zone urbaine de la lagune Ebrié. (a) projection des variables ; (b) projection des observations.

Principal component analysis of 126 observations relative to the four stations (St1 $\odot\bullet$; St2 $\triangle\blacktriangle$; St3 $\star\star$; St4 $\diamond\blacklozenge$) sampled in 1985 (blank sign) and in 1987/88 (black sign) in the urban zone of the Ebrié 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 m³/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 m³/s) of the Comoé river recordered 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-PO₄" et "faible bio-

masse algale et forte concentration en P-PO₄". Les contributions respectives des diverses variables sont respectivement :

- pour l'axe 1, la salinité (21,7%), les concentrations en sels azotes (N-NO₃ 21,2%; N-NO₂ 14,0%; N-NH₄-3 11,7%) et les densités en *E. coli* (19,0%),

- pour l'axe 2, les concentrations en chlorophylle active (43,8%) et en P-PO₄ (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-PO₄". 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-PO₄ 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 particulaire établie pour la zone estuarienne par Lemasson et al. 1981 (Pp en µmole/l = 0,218 (Chla)^{0,574}), la diminution de la chlorophylle entre 1987/88 et 1985 correspond à une baisse de 1,18 µmole/l de P particulaire. Ainsi, 70 % de l'augmentation des concentrations en P-PO₄ 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.

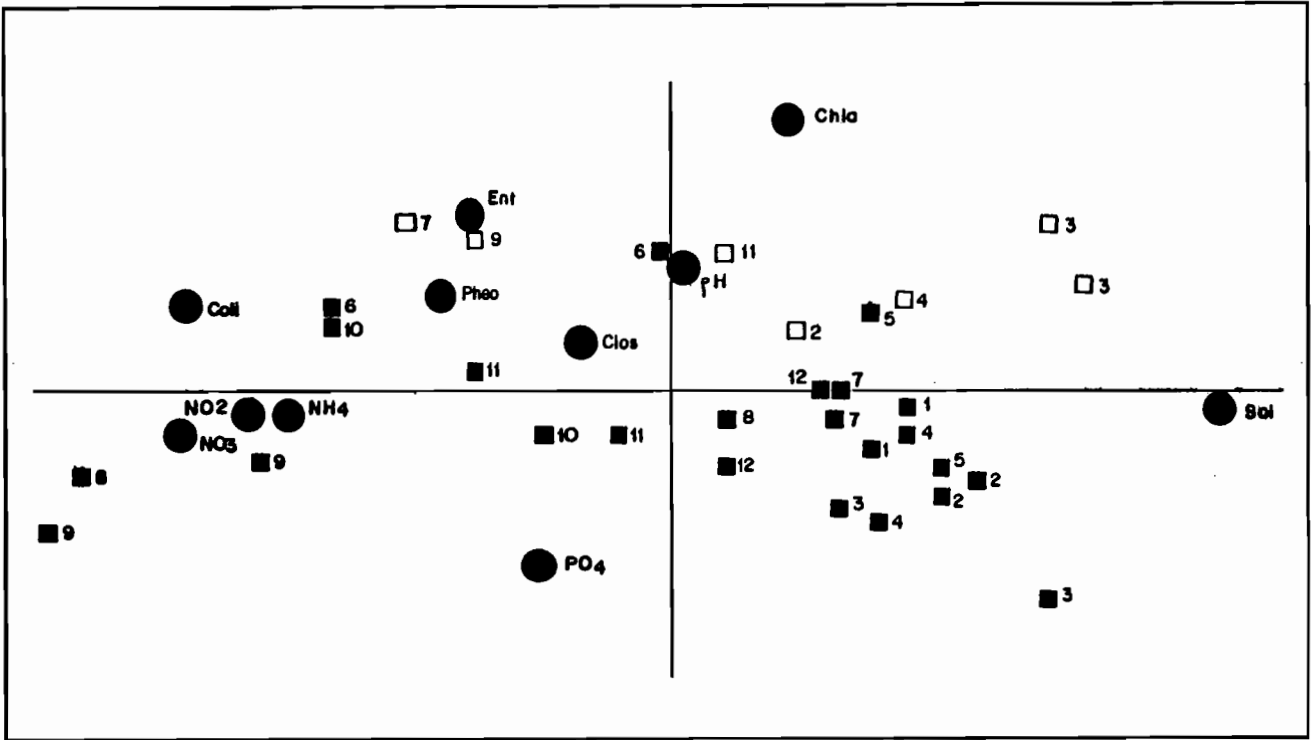


Figure 3 : Analyse en composantes principales des observations réalisées en 1985 (□) et 1987-1988 (■) à la st3 (les chiffres correspondent aux mois d'observation).
Principal component analysis of the observations carried out in 1985 (□) and 1987-1988 (■) at st3 (the numbers correspond to the sampling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

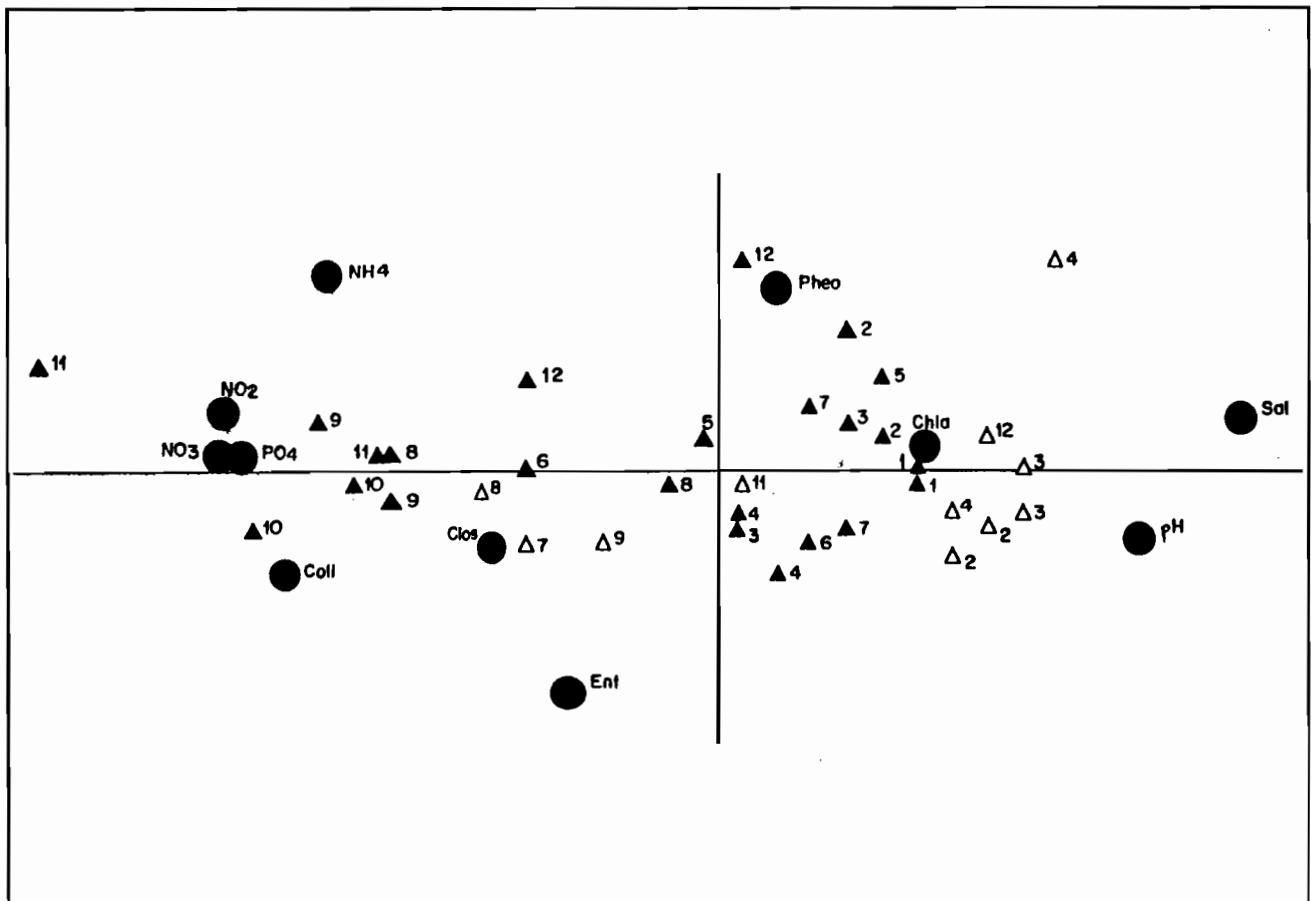


Figure 4 : Analyse en composantes principales des observations réalisées en 1985 (△) et 1987-1988 (▲) à la st1. (les chiffres correspondent aux mois d'observation).
Principal component analysis of the observations carried out in 1985 (△) and 1987-1988 (▲) at st1. (the numbers correspond to the sampling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

(6) LES EFFETS DE LA REOUVERTURE DE L'EMBOUCHURE
DU FLEUVE COMOË SUR LA VÉGÉTATION LITTORALE LAGUNAIRE
(LAGUNE EBRIE - CÔTE D'IVOIRE)

EFFECTS OF THE REOPENING OF THE COMOË RIVER INLET
ON THE LITTORAL LAGOON VEGETATION
(EBRIE LAGOON - CÔTE D'IVOIRE)

Par

SANKARE Y., J.B. AMON KOTHIAS et A.A. KONAN
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)
-----0000000-----

RESUME

Les résultats des données floristiques recueillies, au cours de deux campagnes, dans le secteur oriental de la lagune Ebrié, en 1987 (avant la réouverture de l'embouchure) et en 1988 (après la réouverture de l'embouchure) sont présentés dans ce texte. L'augmentation de la salinité (de 4 à 30‰) consécutive à la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé, en Septembre 1987 a profondément modifié, qualitativement et quantitativement, les groupements végétaux. Les macrophytes flottants libres ou fixés ont été complètement détruits ; la forêt de mangrove constituant essentiellement la seule ceinture hydrophytique des berges lagunaires.

Mots-clés : Végétaux flottants, Impact environnemental, Lagune, Mangroves, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

The results of floristic data collected during two surveys in the eastern region of Ebrie lagoon in 1987 (before the reopening of the inlet) and in 1988 (after the reopening of the inlet) are discussed in this article. Salinity increase (from 4‰ to 30‰) as a result of the reopening in September 1987 of the channel of Comoé river, profoundly modified qualitatively and quantitatively, the plant population. Floating or fixed macrophytes have been completely destroyed ; Mangrove forest being the only hydrophytic belt of the lagoonar rives.

Key-words : Floating plants, Environmental impact, Lagoon, mangrove, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

L'objet de cette étude est d'analyser les conséquences de la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé sur les peuplements végétaux des berges lagunaires de la région de Bassam.

Après l'envahissement des cours d'eau ivoiriens et, en particulier, de la lagune Ebrié par quatre espèces de plantes flottantes (*Echinochloa pyramidalis* Hitchc. et Chase, Poacées; *Eichhornia crassipes* Solms-Laub., Pontédériacées; *Pistia stratiotes* Linn., Aracées; *Salvinia molesta* Mitch., Salviniacées) (Aké Assi, 1977; Aké et Paradis, 1982; Dossahoua, 1985), il a été envisagé, en raison des dangers écologiques et socio-économiques liés à ce phénomène, la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé. Cette réouverture devrait donc permettre l'évacuation directe de ces plantes vers l'océan et l'intrusion d'eau marine dans la région afin d'accélérer la destruction des plantes flottantes. Cette solution a donné de bons résultats au Bénin (chenal de Cotonou), bien que l'ouverture de l'embouchure eût d'autres objectifs (Paradis, 1975a et 1975b). Guiral (1988) fait remarquer que cette solution constitue un "remède local" qui tire partie de la situation géographique des secteurs envahis, sans tenir compte des modifications de l'environnement et de la structure des végétaux non cibles qui peuvent en découler.

On comprend, alors, l'intérêt des recherches sur les impacts de la réouverture du canal de Bassam sur les peuplements végétaux cibles ou non.

1 - MATERIEL ET METHODES

1.1. Lieu d'étude

La région d'étude comprend les plans d'eau fluvio-lagunaires situés entre le cordon littoral, au Sud, l'île Morin, au Nord-Ouest et le bas cours du fleuve Comoé (Figure 1).

Cette région, localisée dans la basse Côte d'Ivoire, est caractérisée par un climat équatorial de transition ou climat attiéen (Rancurel, 1971), avec des températures variant entre 21°C et 33°C et un taux annuel des pluies compris entre 2000 et 2500 mm. Elle est alimentée par le fleuve Comoé, la rivière La Mé et les eaux de précipitation. Le tableau 1 récapitule les apports mensuels d'eau douce. L'apport d'eaux marines dans la zone d'étude se fait par le Canal de Vridi; il a été estimé par Varlet (1978) à 37 993.10⁶ m³/an.

tion et les caractéristiques biologiques de l'échantillon.

Ramenées au laboratoire, les plantes ont été identifiées (famille, genre et espèce). Les reconnaissances ont été faites grâce aux ouvrages disponibles au Centre de Recherches Océanographiques et à Messieurs Dossahoua T. et Aké Assi, tous deux, Botanistes à l'Université Nationale de Côte d'Ivoire. Nous avons effectué des mesures biométriques et utilisé les coefficients d'abondance-dominance de Boudouresque (1969) avec 75 à 100% = 5 ; 50 à 75% = 4 ; 25 à 50% = 3 ; 5 à 25% = 2 ; 1 à 5% = 1, et le signe + représente les espèces rares.

Tableau 1 - Apports mensuels d'eau douce (10⁶m³) du fleuve Comoé et de la rivière La Mé. Source : Zabi (1982).
Monthly input of fresh water (10⁶m³) from Comoé and la Mé rivers. Source : Zabi (1982)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total annuel
Comoé	224	220	279	360	410	477	375	939	2870	2603	614	308	9644
La Mé	46	41	50	47	119	185	176	48	46	67	107	44	976

1.2. Récolte

Nous avons procédé par les méthodes classiques de relevés de transects complétés par des survols aériens et des prises de vue photographiques (Figure 2).

- Sur chacun des transects nous effectuons des collectes de plantes pendant 10 minutes sur une centaine de mètres.

- Certaines ont été identifiées sur place, compte tenu du fait qu'elles étaient inaccessibles. Dans l'ensemble des cas, un échantillon est collecté puis ramené au laboratoire.

- Le même effort d'échantillonnage n'a pas pu être consacré à toutes les stations car le sédiment était très vaseux (cas de la station de l'île Morin).

1.3. Tri et identification

Les plantes identifiées sur les lieux d'étude ne sont pas conservées. Les autres macrophytes sont mis dans des sacs en matière plastique avec un fichier de la station portant les informations sur la date, le numéro de sta-

2 - RESULTATS

2.1. Liste floristique

Nous avons inventorié, au cours de notre étude, 31 espèces végétales, avant l'ouverture, et, 19 espèces, après la réouverture du canal de Bassam, le 22 Septembre 1987 (Tableau 2). Le nombre d'espèces liées aux apports d'eau douce (groupe 2) diminue nettement, après la réouverture : il passe de 13 à 2.

2.2. Carte d'ensemble de la végétation

Pour les deux périodes d'étude, les unités végétales cartographiées correspondent à des espèces qui, par leur importance quantitative, imposent leur physionomie aux berges lagunaires.

Figure 1 : Situation géographique de la lagune Ebrié et site d'étude.
Geographical location of the Ebrie Lagoon and the study area.

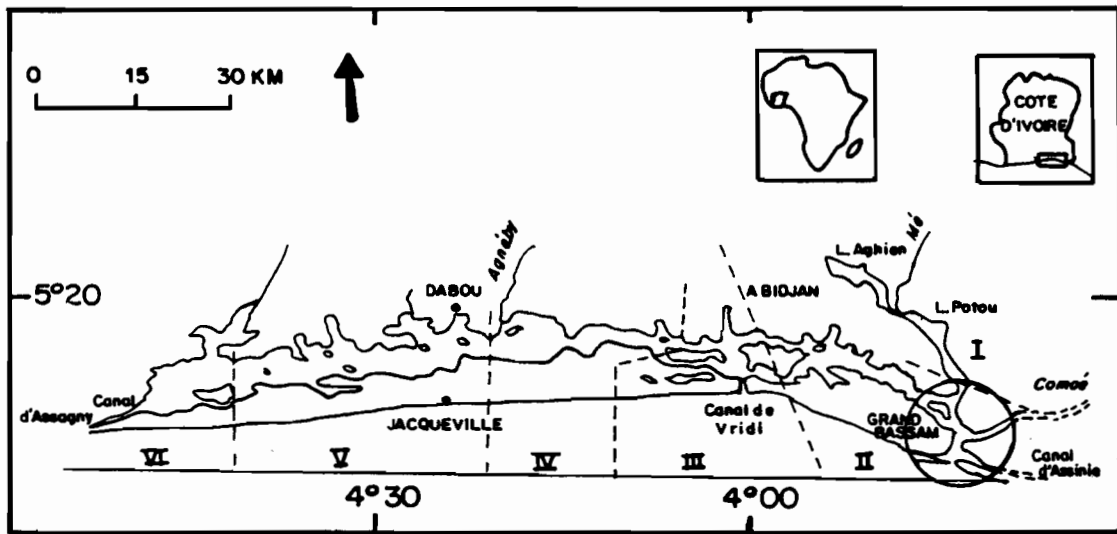


Figure 2 : Localisation des transects et des stations.
Location of transects and stations.

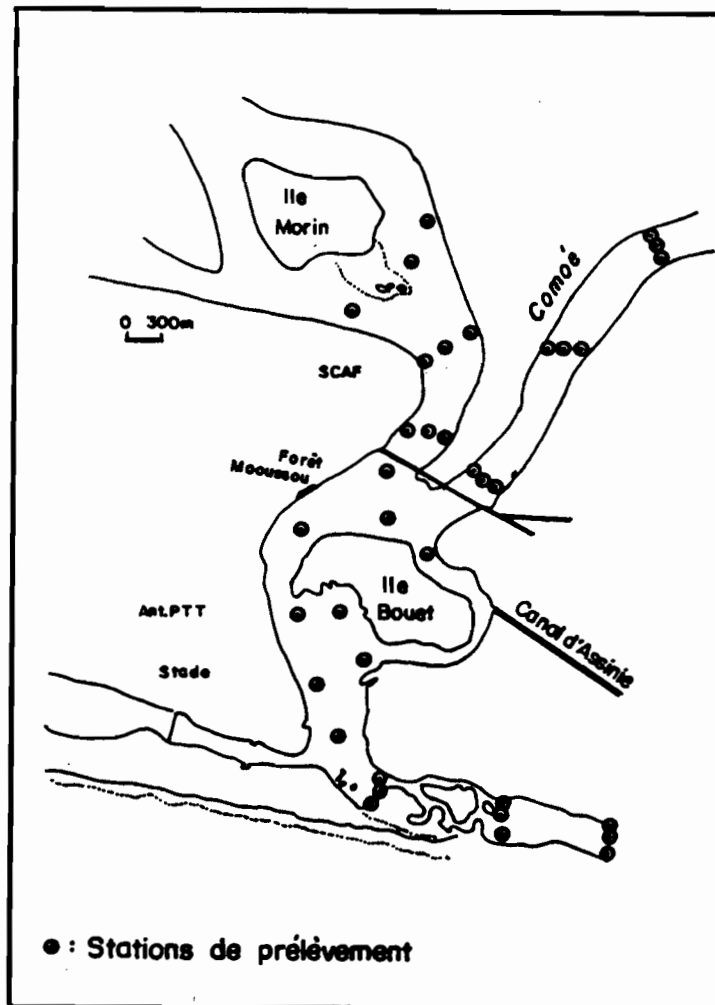


Tableau 2 - Principales plantes collectées ou rencontrées autour de la zone d'étude (+ = présent ; - = absent).
Major plants collected in the study area (+ = present ; - = absent).

ESPECES VEGETALES	Avant la réouverture	Après la réouverture
Zones périodiquement inondées		
Groupe 1		
1 <i>Acrostichum aureum</i>	+	+
2 <i>Cyperus</i> sp.	+	+
3 <i>Drepanocarpus lunatus</i>	+	+
4 <i>Echinochloa pyramidalis</i>	+	-
5 <i>Phragmites karka</i>	+	
6 <i>Rhizophora racemosa</i>	+	+
7 <i>Typha australis</i>	+	+
8 <i>Bambusa vulgaris</i>	+	+
Groupe 2		
9 <i>Aspilia</i> sp	+	-
10 <i>Crotalaria</i> sp.	+	-
11 <i>Eichhornia crassipes</i>	+	-
12 <i>Ipomoea aquatica</i>	+	-
13 <i>Ipomoea stolonifera</i>	+	+
14 <i>Neptunia oleracea</i>	+	-
15 <i>Nymphaea lotus</i>	+	-
16 <i>Paspalum vaginatum</i>	+	-
17 <i>Pennisetum</i> sp	+	-
18 <i>Pistia stratiotes</i>	+	-
19 <i>Raphia hookeri</i>	+	+
20 <i>Salvinia molesta</i>	+	-
21 <i>Vossia cuspidata</i>	+	-
Zones non inondées		
22 <i>Citrus cuspidata</i>	+	+
23 <i>Cocos nucifera</i>	+	+
24 <i>Cola maclaudi</i>	+	+
25 <i>Colocasia esculenta</i>	+	+
26 <i>Elaeis guineensis</i>	+	+
27 <i>Ipomoea batatas</i>	+	+
28 <i>Mangifera indica</i>	+	+
29 <i>Manihot esculenta</i>	+	+
30 <i>Musa sapientum</i>	+	+
31 <i>Zea mays</i>	+	+
TOTAL	31	19

Avant l'ouverture du Canal, trois groupements végétaux ont été notés pour la plupart des transects (Figure 3) :

- le groupement mixte des plantes flottantes libres, dominé par *Eichhornia crassipes*. Ce groupement comprend en plus les espèces telles que *Pistia stratiotes* et *Salvinia molesta* ;
- le groupement mixte des plantes flottantes fixées, dominé par *Echinochloa pyramidalis*. Ce groupe occupe l'interface eau continent ;
- Enfin, en arrière plan de ces groupements, sur la terre ferme nous notons les grands arbres et les cultures.

Après la réouverture, le nombre de groupements végétaux est passé à deux :

- le groupement à *Rhizophora racemosa* G. F. Mey (Rhizophoracées), dans lequel cette dernière espèce peut, par endroits, être remplacée par *Drepanocarpus lunatus* (Linn. F.) G.F. Mey (Papilionacées), par *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendel (Poacées) ou par *Acrostichum aureum* Linn (Adiantacées) ;
- le groupement des grands arbres et des cultures

2.3. Analyse des principaux groupements végétaux

* Les plantes flottantes fixées sur la berge : ce groupe de végétaux est dominé, en abondance, par *Echinochloa pyramidalis*. Il ressort du tableau 3 que la prairie à *Echinochloa* domine, largement, tous les groupements végétaux dans tous les transects, avant la réouverture de l'embouchure.

La largeur de la ceinture varie d'un transect à l'autre et est comprise, relativement, entre 5 et 150 m. Cette graminée dépasse, par endroits deux mètres de hauteur (pour les ramifications orthotropes) et atteint plus de trois mètres (pour les ramifications plagiotropes). Elle constitue une biomasse importante et forme un tapis végétal susceptible de modifier le dynamisme des eaux. Paradis et Rabier (1979) montrent que cette espèce a un rôle sédimentogène de première importance en eau douce. Ces auteurs notent que *Echinochloa pyramidalis* a permis un comblement de la pointe nord de la lagune de Porto-Novo (Bénin) sur près de 400 m en 20 ans.

* Les plantes flottantes libres : ce groupe comprend, par importance d'abondance-dominance, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* et *Pistia stratiotes* (Tableau 3).

Eichhornia crassipes, introduite en Côte d'Ivoire, en 1985, par les Horticulteurs (Guiral, 1988), a supplanté en quelques mois, les deux autres espèces de plantes flottantes. Cette es-

pèce occupe la deuxième position après *Echinochloa pyramidalis*. Ce résultat présente les observations d'un instant. De façon générale, elle occupe la première place dans le système lagunaire Ebrié, depuis 1986, en raison de sa rapide croissance, de sa reproduction asexuée et de sa capacité d'adaptation aux eaux envahies.

Les groupements végétaux dominants, après la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé, sont, par dominance-abondance, *Rhizophora racemosa*, *Drepanocarpus lunatus* et *Bambusa vulgaris* (tableau 4).

* Les palétuviers (*Rhizophora racemosa*) : les travaux de Hedin (1933) et les témoignages de la population riveraine indiquent que la mangrove était très importante dans la région de Bassam. Comme en témoignent les mangroves des lagunes Aghien et Potou. Mais, les activités humaines (utilisation pour la construction, la pêche, bois de chauffe et de tissage etc...) et les modifications hydrologiques ont causé leur dégradation. Cette dernière est remplacée par *Acrostichum aureum* dans certains endroits (en particulier à l'île Bouët). Cette plante est considérée par Profizi (1981) comme accompagnatrice des palétuviers.

Globalement, les palétuviers observés sont de petite taille; leurs racines échasses sont recouvertes par endroits par les huîtres *Crassostrea rhizophorae*. Sur le substrat vaseux on note la présence de nombreux crabes amphibies : *Cardiosoma armatum* (dans la région du canal d'Assinie) et *Sesarma huzardi* (dans les autres régions).

* Le groupement à *Drepanocarpus lunatus* : les fourrés à *Drepanocarpus lunatus* se rencontrent, aussi, après l'ouverture, sur grand nombre de berges, et plus particulièrement, aux environs de l'île Bouët. Ils sont d'accès très difficile à cause des nombreuses épines portées par les tiges et les branchages. Paradis et Rabier (1979) considèrent que l'espèce a un intérêt biologique pour la protection de l'avifaune.

Nous avons observé de nombreux nids d'oiseaux sur cette plante, lors de notre étude, tandis que les plantes avoisinantes étaient sans nids.

Ainsi, *Drepanocarpus lunatus* sert de dortoir et de lieux de nidification à de nombreux oiseaux aquatiques, dans les régions de l'île Bouët et de la lagune opposée à la lagune Ouladine.

* Le groupement à *Bambusa vulgaris* : ce groupement est localisé, immédiatement après les palétuviers, sur la rive opposée au village de Moossou. Ces plantes imposent, par leur taille (plus de 10 m de hauteur), leur physiologie à la région. Nous n'avons pas pu effectuer les mesures biométriques, ni approfondir nos observations sur ce groupement dont

Figure 3 : Carte phytogéographique schématique (a) avant et (b) après la réouverture du canal de Bassam (espèces végétales dominantes).

Phytogeographical map (a) before and (b) after the reopening of the Bassam inlet (Dominant plant species).

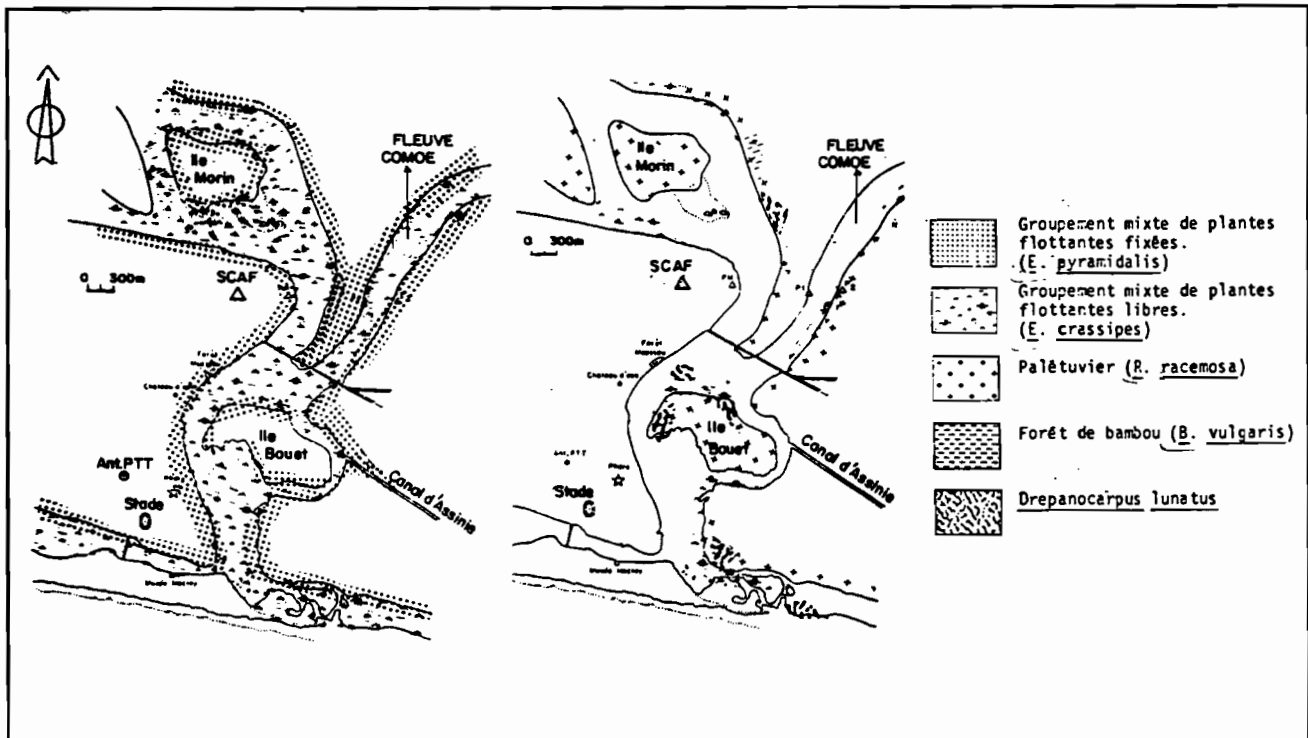


Tableau 3 – Recouvrement des plantes observées avant l'ouverture.
Recovery of observed plant before the opening.

Plantes	Transects								
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
<i>Echinochloa pyramidalis</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	
<i>Eichhornia crassipes</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	1
<i>Rhizophora racemosa</i>	2	2	+	2	2	1	1	1	1
<i>Salvinia molesta</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	+
<i>Pistia stratiotes</i>	+	+	1	1	1	+	1	1	+
<i>Drepanocarpus lunatus</i>	+	+	1	1	1	+	+	+	1
<i>Bambusa vulgaris</i>	+	2	+	+	+	+	+	+	+

l'accès est particulièrement difficile.

2.4. Distribution des espèces les plus fréquentes

La distribution de la fréquence des espèces végétales dominantes (tableau 5) montre que *Echinochloa pyramidalis* et *Eichhornia crassipes* ont les fréquences les plus élevées et se rencontrent dans tous les transects visités, avant l'ouverture du canal, en 1987. Après la

réouverture c'est l'espèce *Rhizophora racemosa* qui présente la plus forte fréquence; la plante a été rencontrée 8 fois, soit 88% des stations, sur les sols meubles sablo-vaseux.

2.5. La salinité

Les études précédentes (Pagès et al., 1979) montrent que la salinité des eaux de la région d'étude varie entre 1 et 10‰. Elle est minimale durant les périodes des grandes sai-

sons des pluies et maximale pendant les périodes chaudes et sèches. Les valeurs enregistrées après l'ouverture du Canal de Bassam montrent que celles-ci ont considérablement augmenté (Tab. 6 et 7).

En ce qui concerne les variations spatiales, les résultats de notre étude indiquent que la salinité est légèrement élevée dans les lagunes Ouladine, et faible dans les autres plans d'eau avant la réouverture de l'embouchure.

flottantes (5 Km²) et du nombre d'espèces. C'est Portère (1951) qui, le premier a montré que l'augmentation de la salinité liée à la baisse des eaux était responsable de la mort des plantes flottantes en lagune Ebrié. Paradis et Rabier (1979) aboutissent à la même conclusion en lagune de Porto-Novo au Bénin. Guiral (1988) à partir d'études expérimentales et d'observations "in situ" décrit le processus de dégradations des plantes par le sel. Il montre

Tableau 4 - Recouvrement des plantes observées après l'ouverture.
Recovery of observed plant after the opening.

Transects									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Plantes									
<i>Rhizophora racemosa</i>	5	3	+	3	3	2	2	2	2
<i>Drepanocarpus lunatus</i>	+	+	5	2	1	1	+	+	3
<i>Bambusa vulgaris</i>	+	3	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eichhornia crassipes</i>	1	+	+	+	+	1	1	1	+
<i>Echinochloa pyramidalis</i>	+	+	+	+	+	1	1	1	+
<i>Salvinia molesta</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pistia stratiotes</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Tableau 5 - Fréquence d'apparition des espèces végétales dominantes.
Occurrence frequency of dominant plant species.

ESPECES	AVANT	%	APRES	%
<i>Eichhornia crassipes</i>	9	100	4	44
<i>Echinochloa pyramidalis</i>	9	100	3	33
<i>Drepanocarpus lunatus</i>	4	44	5	55
<i>Bambusa vulgaris</i>	1	11	1	11
<i>Pistia stratiotes</i>	5	55	0	0
<i>Rhizophora racemosa</i>	2	22	8	88
<i>Salvinia molesta</i>	8	88	0	0

DISCUSSION

Avant la réouverture du grau, sur 9 transects visités dans la région lagunaire de Grand-Bassam, tous, soit 100%, étaient couverts par des plantes flottantes libres ou fixées. La surface de la région d'étude ayant été estimée à 70 Km² (Varlet, 1978), on peut estimer, à titre indicatif, la surface occupée par les macrophytes, avant l'ouverture, à 30 Km² (Figure 3).

Après la réouverture du Grau de Bassam (le 22 Septembre 1987), l'on observe une diminution de l'espace occupée par les plantes

que, pour des conductivités supérieures à 200 $\mu\text{S cm}^{-1}$, *Pistia stratiotes* meurt, alors que les deux autres plantes (*Salvinia molesta* et *Eichhornia crassipes*) exigent pour leur destruction des conductivités nettement plus élevées.

La salinité (30‰) enregistrée après la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé, dans la région de Bassam, est donc suffisante pour causer la mort des plantes flottantes.

Nous avons, également, recensé çà et là, sur les plages d'Azuretti et de Bassam, des plantes flottantes mortes par l'effet de la salinité et de la turbulence des eaux notée après l'ouverture du Canal de Bassam.

Tableau 6 – Salinité enregistrée dans les stations d'étude avant et après la réouverture du canal de Bassam.
Salinity recorded in the study stations of before and after the reopening of the Bassam inlet.

Périodes	Stations				
	I	II	III	IV	V
Avant la réouverture (Mai 87)	3,4	5,8	2,8	3,5	7,2
Après la réouverture (Octobre 87)	1	1	1	3	3
Après la réouverture (Janvier 89)	20	27	29	30	30

Tableau 7 – Salinités avant et après la réouverture de l'embouchure du fleuve Comoé. (a) modifié de Pagès *et al.* (1979). (b) prélèvements faits par notre équipe.
Salinities before and after the reopening of the Bassam inlet (a) from Pagès *and al.* (1979) (b) during our study.

Période		Salinité (‰)
Embouchure fermée (a)	Crue	1
	Etiage	3 à 10
Embouchure ouverte (b)	Crue	1
	Etiage	15 à 30

Les mangroves et l'espèce *Drepanocarpus lunatus*, rares avant la réouverture, apparaissent, désormais, très nettement et dominent la physionomie du paysage. Cette apparition fait simplement suite au départ des plantes flottantes libres et fixées.

Cependant, si on se réfère aux travaux d'Hedin (1933) dans la région d'étude, nous notons que les peuplements végétaux étaient dominés par des phanérophytes (*Rhizophora racemosa*). Cette dominance s'est maintenue jusqu'à la fermeture de l'embouchure du fleuve

Comoé (1954). A partir de cette date, l'avantage est passé, progressivement, aux plantes dulcicoles.

CONCLUSION

La situation que nous observons actuellement dans la région de Bassam, au niveau des peuplements végétaux, est la résultante de plusieurs processus conséquents à l'ouverture du Canal de Bassam.

L'augmentation de la salinité de la région, due à l'ouverture du Canal de Bassam et aux faibles débits du fleuve Comoé, durant ces

dernières années, a contribué à la destruction des plantes flottantes libres et fixées et à la modification des groupements végétaux des berges.

Avant la réouverture, les eaux lagunaires de Bassam étaient caractérisées par de faibles taux de salinité (1 à 10‰) et les peuplements végétaux foisonnaient sur les berges et les plans d'eau étaient d'origine limnique. Ce sont : *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes* et *Echinochloa pyramidalis*. Ces peuplements constituaient la première ceinture hydrophytique.

Après l'ouverture du Canal, la salinité des eaux a considérablement augmenté. Elle a eu pour effet la destruction de ces plantes d'eau douce, ainsi les arbres ou les arbustes (*Rhizophora racemosa* et *Drepanocarpus lunatus*) qui étaient en arrière plan de ces dernières se sont retrouvés seuls en premier plan.

On peut prévoir que, si la réouverture actuelle de l'embouchure du fleuve Comoé est maintenue, l'avantage sera pour les palétuviers et pour *Drepanocarpus lunatus*; dans le cas contraire, cet avantage se déplacera en faveur des plantes dulcicoles.

BIBLIOGRAPHIE

- Aké Assi, L., 1977.- *Salvinia nymphellula* Desv. (Salviniaceae) : Fléau en extension vers l'ouest de l'Afrique intertropicale. Bull. I.F.A.N., tome 39, série A, N° 3, pp. 555-562.
- Aké Assi, L. et Paradis, G., 1982.- Malacofaune et flore holocènes d'un forage en bordure de la lagune Adjinn (Côte d'Ivoire), Géobios, N° 15, Fasc. 1, pp. 43-52.
- Boudouresque C.F., 1969.- Une nouvelle méthode d'analyse phytosociologique et son utilisation pour l'étude des phytoce-noses marines benthiques. Thetys, 1 (2) : 529-534.
- Guiral D., 1988.- Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. Atelier Taabo, "Synth. Mar. et Lag.", 16-21 Mai, 25p.
- Hedin P., 1933.- Observations sur la végétation des bords lagunaires dans la région de Bassam et de Bingerville (Côte d'Ivoire). Terre et Vie, 3 (10) : 596-609.
- Mitchell D.S., 1978.- Aquatic weeds in Australian inland waters. Aust. Gout. Publ. Serv. Canberra, 189 pp.
- Mitchell D.S., 1985.- African aquatic weeds and their management. In : P. Denny (ed), The ecology of management of African wetland vegetation. Junk. Publishers, Dordrecht, 178-201.
- Okali D.U.V. and Hall J.B., 1974.- Die back of *P. stratiotes* on Volta Lake, Ghana. Nature, London 248 : 452-453.
- Pagès J., L. Lemasson et Ph. Dufour, 1979.- Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. Arch. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 5 (1) : 1-60.
- Paradis G., 1975a.- Observations sur les forêts marécageuses du Bas-Dahomey. Localisation, principaux types, évolution au cours du quaternaire récent. Ann. Univ. Abidjan, E, tome VIII : 281-315.
- Paradis G., 1975b.- Physionomie, composition floristique et dynamique des formations végétales d'une partie de la basse vallée de l'Ouémé (Dahomey). Ann. Univ. Abidjan, C, tome XI : 65-101.
- Pettet A. et Pettet S.J., 1970.- Biological control of *Pistia stratiotes* L. In : Western state, Nigeria, Nature, London 226, p.282.
- Porteres R., 1951.- Les variations des ceintures hydrophytiques et graminohelophytiques des eaux vives du système lagunaire de la Côte d'Ivoire. Bull. Inst. Fond. Afr. Noire, A, 13 : 1011-1028.
- Profizi M., 1981.- Introduction aux végétations littorales des lagunes à eau saumâtre au Sud-Bénin. Séminaire Nat. sur "Environnement de Pêche Lagunaire". In : INFOSEC". Cotonou, 18-23 Mai, 10 p.
- Rancurel M.P., 1971.- Les Teredinidae (Mollusques lamellebranchés) dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM n°47 : 1-231.
- Traoré, D., 1985.- Etude de la végétation des milieux hydrophytiques ouverts en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat ès Sciences Naturelles. Université de Bordeaux III, 433 pages.
- Varlet F., 1978.- Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels. Trav. et Doc. ORSTOM, 23, 164 p. 110, figures.

(7) ANALYSE DES EFFETS DE L'OUVERTURE DU CHENAL
DE GRAND BASSAM (ESTUAIRE DU FLEUVE COMOË, LAGUNE EBRIË)
SUR LA MACROFAUNE BENTHIQUE LAGUNAIRE.

THE EFFECTS OF THE OPENING OF THE GRAND BASSAM CHANNEL
(COMOË RIVER ESTUARY, EBRIË LAGOON)
ON THE LAGOON BENTHIC MACROFAUNA

Par

SANKARE Y. et N. ETIEN
Laboratoire d'Ecologie Benthique
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)
-----ooOoo-----

RESUME

Cet article présente les résultats d'une étude comparative de trois séries de prélèvements dans la zone proche du canal de Bassam avant, 6 mois et 20 mois après son ouverture en septembre 1987. Les effets constatés sont la diminution de l'abondance et la modification de la composition de la macrofaune benthique. Ces effets semblent de longue durée, sans reprise en ce qui concerne l'espèce la plus abondante, *Corbula trigona*. Les changements observés dans la structure des peuplements sont dus essentiellement à l'augmentation de la salinité, et à un degré moindre, aux modifications de la nature du sédiment.

Mots clefs : Plantes flottantes, macrofaune benthique, sédiment, salinité, lagune tropicale, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

This paper presents the results of a comparative study of three series of samples collected in the area near the Bassam channel before, six and twenty months after its opening in september 1987. Observed effects are the decrease in the abundance and the modification of the benthic macrofauna composition. These effects appeared to be definitive, without recovery of the most abundant species *Corbula trigona*. Most differences noted in the population structure are due to the increase of the salinity and at a least degree to the modification of the nature of the sediment.

Keys words : Floating plants, benthic macrofauna, sédiment, salinity, tropical lagoon, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

En 1951 était percé le canal de Vridi dans la région lagunaire d'Abidjan afin de faciliter la navigation. Consécutivement à ce percement, le chenal de Grand Bassam exutoire naturel du fleuve Comoë s'est colmaté naturellement en juin 1954 (Varlet, 1978).

En septembre 1987, suite à la prolifération et à l'envahissement de la lagune Ebrié par les plantes flottantes *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* et *Salvinia molesta*, le canal de Grand Bassam a été réouvert. Cette réouverture devrait permettre l'éradication de ces plantes par l'intrusion d'eaux marines dans la région lagunaire concernée et leur évacuation en mer.

L'ouverture d'un canal entre l'océan et les lagunes ne peut être sans conséquences sur la faune aquatique et plus particulièrement la faune benthique. A partir des récoltes réalisées en 1954 aux stations 38 et 73 (Fig. 1) dans la région qui nous intéresse et cela avant la fermeture naturelle du canal de Bassam, Binder (1968) notait que la faune benthique comprenait *Pachymelania aurita*, *Pachymelania fusca*, *Tympanotonus fuscatus*, *Corbula trigona*, *Iphigenia delesserti*, *Ostrea gasar* à la station 38, *Neritina glabrata*, *Neritina adansoniana*, *Pachymelania aurita* et *Pachymelania fusca* à la station 73. Zabi (1982a) observe à partir des récoltes de 1977 à 1979, époque où le chenal est

fermé, que cette même zone est occupée par un peuplement lagunaire typique, à *Pachymelania aurita* et *Congeria ornata*. Ce peuplement couvre des superficies importantes et est dominé par des mollusques gastéropodes brouteurs et détritivores (Zabi et Le Loeuff, com. pers.). Outre *Pachymelania aurita* et *Congeria ornata*, les espèces les plus caractéristiques de ce peuplement sont le polychète *Sigambra constricta* et les gastéropodes *Tympanotonus fuscatus* et *Pachymelania byronensis*. Bien que cette dernière étude n'avait pour but de suivre l'évolution du peuplement, elle fait cependant apparaître une évolution dans ce peuplement. Les impacts de ces modifications (ouverture et fermeture du canal) sur la faune benthique n'ont jamais été abordés et la présente étude a précisément pour objet de comparer les peuplements benthiques avant et après la réouverture du chenal de Bassam et de mettre en évidence une évolution éventuelle.

1 - MATERIEL ET METHODES

Trente six stations ont été réalisées par campagne (Figure 1) et trois campagnes dans la zone d'étude ont été effectuées (état zéro : Avril 1987 ; états post-ouverture : Août 1988 et Janvier 1989).

Deux échantillons de sédiment superficiel ont été collectés par station à l'aide d'un cône Berthois. L'un pour l'analyse du sédiment et l'autre pour l'étude de la faune.

Le tamisage a été effectué au laboratoire sur un tamis d'un millimètre de vide de maille. Les organismes recueillis ont été fixés au formol dilué à 5%.

Les méthodes d'analyse du sédiment ont été décrits par Koffi et Abé (1991).

Comme estimation globale de la qualité des eaux de la région d'étude, nous avons mesuré par station la salinité à l'aide d'un salinomètre.

Pour caractériser le peuplement et comparer les stations nous avons utilisé les paramètres analytiques biologiques et les coefficients suivants:

- Abondance apparente (A) ou effectif : c'est le nombre d'individus présents dans chaque série de prélèvements.

- Degré de présence (DP) : nombre de prélèvements dans lesquels une espèce donnée a été trouvée.

- Indice de diversité de Margalef $d = (S - 1)/\ln N$ (d : diversité spécifique, S : nombre d'espèces, $\ln N$: logarithme népérien du nombre d'individus).

- Degré d'affinité de Sanders $S = 2C/(A+B)$ (C : nombre d'espèces communes

aux stations a et b, A : nombre d'espèces de la station a, B : nombre d'espèces de la station b). Cet indice permet de comparer les stations deux à deux, évaluant ainsi la similitude ou la disparité de leur peuplement.

2 - RESULTATS

2.1. Données hydrologiques

Les valeurs moyennes de la salinité, de la température et de l'oxygène dissous enregistrées dans la zone d'étude avant l'ouverture sont illustrées à la figure 2. La salinité et la température présentent des variations très nettes. Elles sont maximales durant la saison sèche de janvier à mai ($S = 15 \text{ ‰}$, $T = 32 \text{ °C}$.) et minimales durant la saison de pluie de juin à octobre ($S = 0,1 \text{ ‰}$, $T = 26 \text{ °C}$.). Les teneurs en oxygène dissous sont généralement supérieures à 4 mg/l dans les eaux superficielles durant toute l'année et sont insignifiantes voire nulles dans les couches profondes durant la grande saison chaude (mars à avril).

La figure 3 présente les variations de la salinité de 1986 à 1988 dans la région d'étude. Il ressort que la salinité suit le même rythme saisonnier que les années précédentes. En saison des crues, malgré l'ouverture du canal, l'importance des apports d'eau douce du fleuve Comoé ne permet pas à l'eau de mer de pénétrer. En saison sèche, on assiste à une pénétration importante des eaux océaniques, ce qui explique l'augmentation de la salinité. En effet celle-ci passe de 10‰ à plus de 25‰ aux mêmes périodes.

2.2. Description des sédiments

L'analyse granulométrique des sédiments est présentée dans le tableau 1. Avant l'ouverture du canal, ces sédiments sont composés essentiellement de vases molles gris-vertâtres, riches en matière organique d'origine végétale et de sables fins à très fins blanchâtres.

Comparativement à la situation de départ l'ouverture du canal a conduit progressivement à une diminution de l'envasement dans la majorité des stations. Le pourcentage du taux de vase passe de 47% en avril 1987 à 44% en octobre 1987 puis à 39% en janvier 1989. Le pourcentage du taux de sable fin à très fin ($125 \text{ à } 250 \mu\text{m}$) est de 50% en avril 1987, puis augmente légèrement en octobre 1987 (53%) et plus fortement en janvier 1989 (61%).

D'après Koffi *et al.* (1991), ces modifications de sédiment seraient dues aux variations de la dynamique et de la nature des apports du fleuve Comoé et des eaux marines.

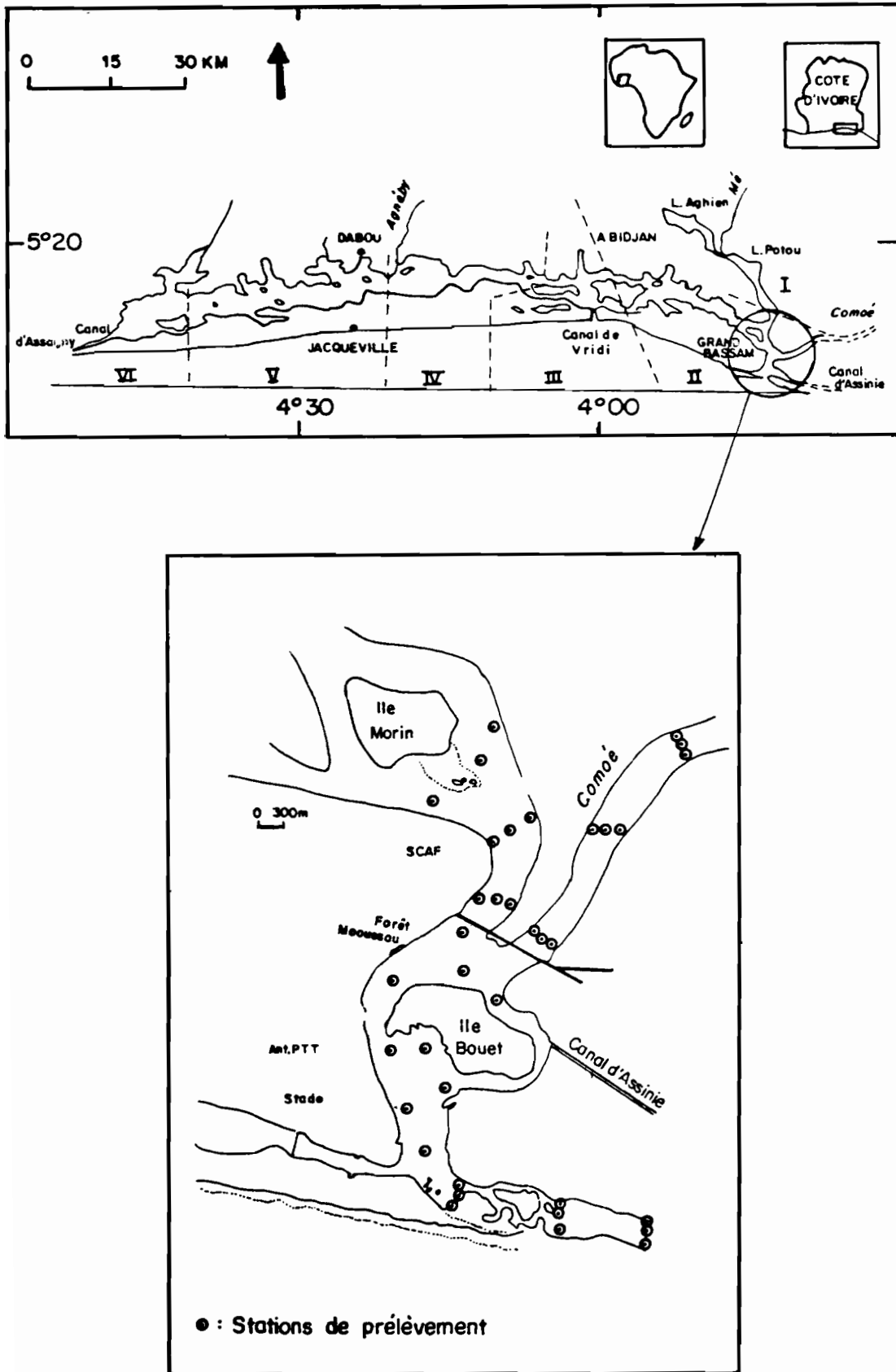


Figure 1 : Situation géographique de la lagune Ebrié et site d'étude.
Geographical location of the Ebrié Lagoon and the study area.

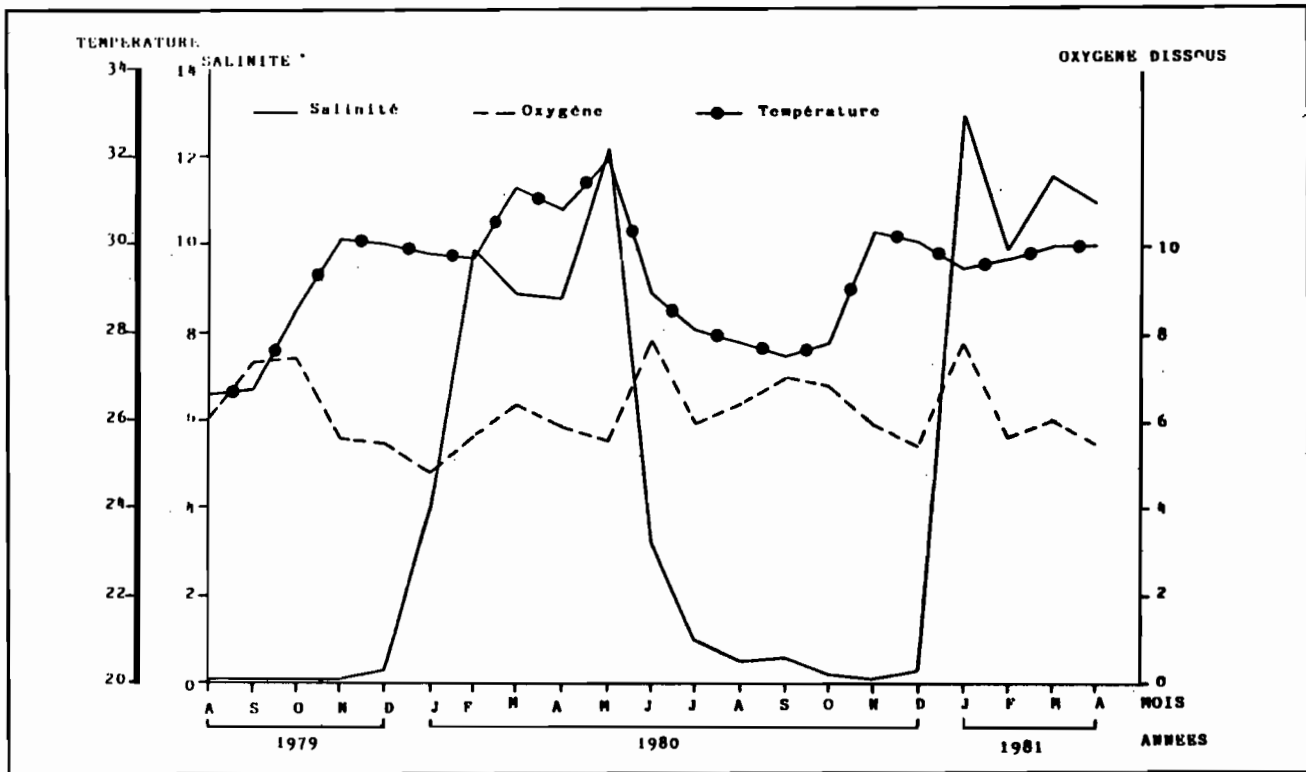


Figure 2 : Variations moyennes mensuelles de la salinité, de la température et de l'oxygène dissous dans la région d'étude (modifié de Chantraine *et al.*, 1984).

Mean monthly variations of salinity, temperature and dissolved oxygen in the study area (modified from Chantraine and *al.*, 1984).

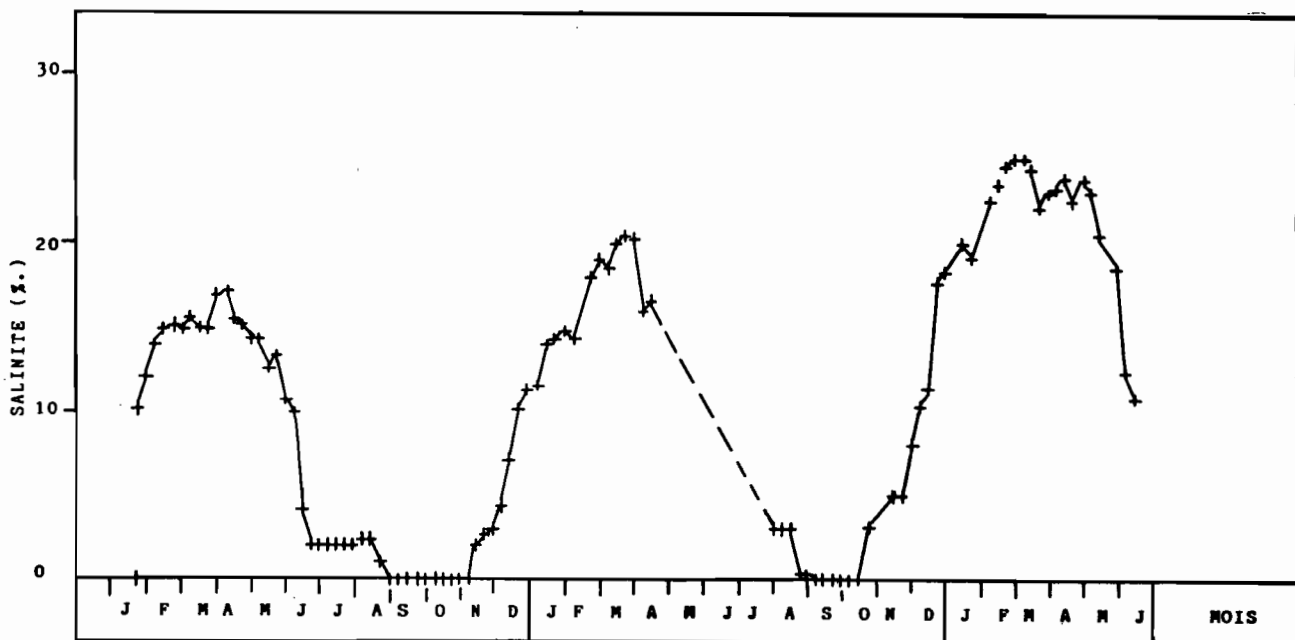


Figure 3 : Variations de la salinité de 1986 à 1988 dans la région d'étude.
Variations of the salinity from 1986 to 1988 in the study area.

Tableau 1 – Composition granulométrique des sédiments superficiels et moyenne des pourcentages de classe granulométrique dans les 36 stations étudiées.

Granulometric composition of surface sediment and average of the percentage of granulometric frequency observed in the 36 studied stations.

* = 250 – 500 μm

** = 125 – 250 μm

*** = 63 – 125 μm

**** = <63 μm

Stations	Av. 1987	Oct. 1987	Janv. 1989
1	63	63	250
2	250	250	250
3	250	250	250
4	250	250	250
5	63	63	63
6	250	63	63
7	250	250	250
8	250	250	63
9	63	250	250
10	250	250	250
11	63	63	250
12	63	250	250
13	250	500	250
14	63	63	425
15	63	63	63
16	63	63	250
17	63	250	250
18	125	250	125
19	500	250	63
20	250	250	250
21	250	63	63
22	63	63	63
23	250	250	250
24	250	250	250
25	63	250	63
26	250	63	250
27	250	250	250
28	125	250	125
29	250	250	125
30	250	250	125
31	63	63	63
32	63	63	63
33	63	63	63
34	63	63	63
35	63	63	63
36	63	63	63
P. C.			
*	3%	3%	0%
**	44%	53%	47%
***	6%	0%	14%
****	47%	44%	39%

2.3. Evolution des peuplements benthiques

2.3.1. Avant la réouverture du canal de Bassam

Les prélèvements effectués avant la réouverture du canal ont donné un effectif de 3535 individus répartis en 11 espèces (Annexe 1).

Les mollusques constituent l'essentiel des peuplements : ils représentent à eux seuls 98,69% de l'ensemble des organismes prélevés contre 1,15% pour les polychètes, 0,11% pour les oligochètes et 0,02% pour les crustacés. Sept espèces de mollusque ont été déterminées comprenant trois gastéropodes et quatre bivalves. Parmi les gastéropodes *Pachymelania fusca* et *Pachymelania aurita* présentent un degré de présence très élevé et sont très abondants (1938 individus). Sur quatre espèces de bivalves enregistrées, seule *Corbula trigona* a un degré de présence important et constitue l'espèce numériquement dominante avec 2464 individus.

Chez les polychètes l'espèce prédominante est *Nereis victoriana* (28 individus).

Une seule espèce d'oligochète de la famille des Nadidae a été collectée.

Il ressort que la faune benthique collectée dans la région de Bassam avant la réouverture du canal dans nos travaux est dominée par les mollusques et particulièrement par *Pachymelania fusca* et *Corbula trigona*. Ces organismes ont été généralement collectés dans des fonds sablo-vaseux.

2.3.2. Six mois après la réouverture du canal de Bassam

Six mois après la réouverture du canal de Bassam, les prélèvements ont fourni 874 individus répartis en huit espèces (Annexe 2).

Quatre espèces parmi les organismes collectés ont un degré de présence égal ou supérieur à 10, ce sont *Pachymelania fusca*, *Pachymelania aurita*, *Corbula trigona* et un polychète indéterminé.

Chez les gastéropodes *Pachymelania aurita* présente le plus élevé degré de présence et est la plus abondante (157 individus).

Chez les bivalves, *Corbula trigona* est l'animal prédominant (596 individus).

Chez les polychètes *Nereis victoriana* avec 16 individus domine un peu moins qu'en avril 1987.

La composition faunistique est sensiblement la même que précédemment. Le fait notable est la diminution des effectifs de *Pachymelania aurita* et *Corbula trigona*, ce phé-

nomène étant à mettre vraisemblablement en relation avec le cycle biologique des espèces (Gomez, 1978).

2.3.3. Vingt mois après la réouverture du canal de Bassam

On relève dans les prélèvements effectués 20 mois après la réouverture du canal 696 individus et 9 espèces (Annexe 3).

Quatre espèces de mollusques réparties en deux espèces de gastéropodes et deux espèces de bivalves. *Pachymelania aurita* est le plus abondant avec 363 individus et présente le degré de présence le plus élevé des gastéropodes. L'huître *Crassostrea gasar* domine largement en abondance le peuplement des bivalves (66 individus).

Deux espèces de polychètes *Nereis victoriana* et une espèce non déterminée ont été aussi collectées.

Pour ce qui concerne les crustacés, nous notons la présence de *Clibanarius cooki*, des amphipodes et *Balanus sp.* Cette dernière espèce domine numériquement le peuplement des crustacés (121 individus).

Cet état correspond sur le plan hydrologique à une situation d'estuaire en saison sèche (Binder, 1958 et Gomez, 1975). Chez les gastéropodes l'espèce *Pachymelania aurita* supplante de plus en plus *P. fusca*. On voit disparaître *Corbula trigona* qui ne tolère pas les eaux de forte salinité et s'installe des organismes qui sont souvent signalés dans la zone de contact mer-lagune comme *Crassostrea gasar*, *Clibanarius cooki*, *Balanus sp.*, voire franchement marin comme *Mytilus perna* (Gomez, 1975 et Zabi, 1982). Il y a encore appauvrissement par rapport à octobre 1987 mais seulement en terme d'effectifs du fait de l'absence de *Corbula trigona*.

3 - DISCUSSION ET CONCLUSION

Les auteurs qui ont mené des recherches en lagune Ebrié (Zabi, 1982a et 1982b et Gomez, 1983) ont tous souligné que la répartition des espèces et donc des peuplements est contrôlée par les facteurs salinité et nature du sédiment. Dans le cas présent, les variations observées de la granulométrie et de la teneur en éléments fins du substrat sont d'un niveau modeste et n'interviennent sans doute pas dans les changements de la faune; en particulier *Corbula trigona* est un bivalve tolérant vis à vis du sédiment (Gomez, 1978 et Maslin, 1983); nous l'avons même rencontré associé aux racines des plantes flottantes.

Les modifications de la faune benthique observées semblent en fait dépendre essentiellement de la salinité. D'avril à octobre 1987 la zone étudiée passe d'un régime lagunaire de fin de saison sèche à un régime d'estuaire en période de crue. Conséquemment on note une forte diminution de la richesse du benthos du fait surtout d'une importante baisse des effectifs.

La valeur de la diversité baisse légèrement (elle passe de 1,22 à 1,04) mais l'indice d'affinité est élevée (76%). Il s'agit vraisemblablement du même peuplement mais en octobre il est en phase de fin de cycle biologique. Plus d'une année après, en période de saison sèche établie, le peuplement peut être considéré comme un peuplement d'estuaire typique du fait notamment de la disparition de *Corbula trigona* et de la présence de *Crassostrea gasar*. Ce peuplement est plus proche du peuplement stable observé en avril 1987 (nombre d'espèces communes = 6; affinité = 55%) que du peuplement en phase de déclin noté en octobre 1987 (nombre d'espèces communes = 4; affinité = 42%).

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par Zabi (1982) dans le secteur lagunaire de Vridi (région communicant avec la mer par le canal de Vridi percé en 1951) vient confirmer cette remarque bien que cette comparaison soit rendue difficile par la diversité des techniques d'échantillonnage utilisées. En effet, au niveau de la composition spécifique du peuplement, la comparaison du peuplement de la région de Bassam après la réouverture du canal avec celui de Vridi met en évidence l'absence de nombreux organismes estuariens ou lagunaires comme *Nephtys polybranchia*, *Littorina angulifera*, *Arca senilis*, *Brachyodontes tenuistriatus*, marins comme *Loandalia maculata*, *Diopatra neapolitana*, *Scoloplos armiger*, *Cirriformia tentaculata*. En revanche on retrouve dans le secteur de Grand Bassam, après le percement du cordon littoral, un certain nombre d'espèces communes en lagune Ebrié; il s'agit de *Nereis victoriana*, *Pachymelania fusca*, *Pachymelania aurita*, *Crassostrea gasar* et *Clibanarius cooki*. Malgré une richesse spécifique nettement plus faible à Grand Bassam qu'à Vridi, on conclura cependant que les deux secteurs lagunaires sont maintenant occupés par les mêmes peuplements benthiques.

En conclusion, la réouverture du canal de Bassam le 17 septembre 1987 a entraîné le départ massif des plantes flottantes envahissantes et provoqué des modifications des variables environnementales telles que la salinité et le sédiment.

La faune benthique étudiée avant, six et vingt mois après l'ouverture du canal présente des modifications. L'effectif et la richesse en espèces baissent et l'on a tendance à passer du fait de l'augmentation de la salinité en saison sèche d'un peuplement typiquement lagunaire à *Pachymelania aurita* à un peuplement du contact mer lagune à *Crassostrea gasar*.

BIBLIOGRAPHIE

- Binder E., 1957.- Mollusques aquatiques de Côte d'Ivoire. I. Gastéropodes. Bul. IFAN 19 (A) : 97-125.
- Binder E., 1958.- Mollusques de Côte d'Ivoire. II. Lamellibranches. Op. Cit., 20 (A) : 82-89.
- Binder E., 1968.- répartition des mollusques dans la lagune Ebrié Côte d'Ivoire). Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol., 2 (3-4) :30-45.
- Chantraine J.M., Guiral D. et Djédjé R., 1984. - Analyses physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié effectuées de 1979 à 1981 au cours des programmes "variabilités interannuelles" et "baie de Bietri". Arch. Scient. Centr. Rech. Océanogr. Abidjan 10 (6) 21-71.
- Gomez M., 1975.- Premières données sur la faune benthique de la lagune Ebrié. Rapp., DEA Inst. Univ., Ecol., Tropicale d'Abidjan (CI), 36 p
- Gomez M., 1978 - Données biologiques sur deux peuplements benthiques autour de l'île Boulay et de l'île Leydet. Thèse 3ème cycle, Univ. Nat. Côte d'Ivoire, Abidjan, 108 p.
- Gomez M., 1983.- Cycle biologique et production de *Corbula trigona* (Mollusque, Hinds) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire - Afrique de l'Ouest). Doc. Scient. Centr. Rech. Océanogr. Abidjan, 14 (2) : 37-59.
- Koffi K. Ph., Abé J. et Amon Kothias J.B., 1991.- Contribution à l'étude des modifications hydro-sédimentaires consécutives à la réouverture artificielle de l'embouchure du Comoé à Grand-Bassam. Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie. 1 (2) Sous presse.
- Margalef R., 1957.- La Teoua de l'information en ecologia. Mems. Real Acad. li. Artes Barcelona, 23 : 373-449.
- Maslin J.L., 1983 - Les mollusques benthiques d'une lagune du sud Bénin, le lac Ahémé: les facteurs de leur répartition, dynamique de population et estimation de la production de *Corbula trigona*. Thèse doct. 3ème cycle, Univ. Lyon I, 152 p + figures.
- Zabi S.G., 1982a.- Répartition et abondance des espèces de la macrofaune benthique de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Doc. Scient. Centr. Rech. Océanogr. Abidjan, 13 (1) : 73-96.
- Zabi S.G., 1982b.- Les peuplements benthiques lagunaires liés à la pollution en zone urbaine d'Abidjan. Oceanologica Acta (suppl. N°4) : 441-455.

Annexe 1 - Degré de présence, effectifs et pourcentage des effectifs par groupe zoologique en avril 1987.

Indice of presence, abundance and percentage of the abundance by zoological group observed in April 1987.

Groupe Zoologique	Degré de présence	Effectifs	Pourcentage des effectifs
POLYCHETES		(41)	1,15
<i>Nereis victoriana</i> .	17	28	
Polychète ind.....	9	13	
OLIGOCHETES	3	(4)	0,11
MOLLUSQUES			
. Gastéropodes		(1000)	28,48
<i>Neritina glabrata</i> .	11	42	
<i>Pachymelania fusca</i> .	27	412	
<i>Pachymelania aurita</i>	27	526	
. Bivalves		(2482)	70,21
<i>Corbula trigona</i> ...	33	2464	
<i>Loripes aberrans</i> ..	04	8	
<i>Mytilus perna</i>	01	1	
<i>Tagelus angulatus</i> .	04	9	
CRUSTACES		(1)	0,02
Amphipodes	1	1	
Total effectifs = 3.535			
Nombres d'espèces = 9 (non compris les indéterminés)			
Indice de diversité = 1,22			

Annexe 2 – Degré de présence, effectifs et pourcentage des effectifs par groupe zoologique en octobre 1987.

Indice of presence, abundance and percentage of the abundance by zoological group observed in October 1987.

Groupe Zoologique	Degré de présence	Effectifs	Pourcentage des effectifs
POLYCHETES		(39)	4,46
<i>Nereis victoriana</i> ..	6	16	
Polychète ind.....	10	23	
MOLLUSQUES			27,11
. Gastéropodes		(237)	
<i>Neritina glabrata</i> ...	4	6	
<i>Pachymelania fusca</i> ...	15	62	
<i>Pachymelania aurita</i> .	20	157	
<i>Tympanotonus fuscatus</i>			
. Bivalves		(598)	68,42
<i>Corbula trigona</i>	21	596	
<i>Loripes aberrans</i>	2	2	
Total effectifs = 874			
Nombres d'espèces = 7 (non compris les indéterminés)			
Indice de diversité = 1,04			

Annexe 3 – Degré de présence, effectifs et pourcentage des effectifs par groupe zoologique en janvier 1989.

Indice of presence, abundance and percentage of the abundance by zoological group observed in January 1989.

Groupe Zoologique	Degré de présence	Effectifs	Pourcentage des effectifs
POLYCHETES		(9)	1,29
<i>Nereis victoriana</i> .	5	7	
Polychète ind.....	2	2	
MOLLUSQUES			
. Gastéropodes		(442)	63,50
<i>Pachymelania fusca</i> .	5	79	
<i>Pachymelania aurita</i>	9	363	
. Bivalves		(77)	11,06
<i>Crassostrea gasar</i> .	11	66	
<i>Mytilus perna</i>	3	11	
CRUSTACES		(168)	24,13
Amphipodes	1	1	
<i>Balanus sp.</i>	6	121	
<i>Clibanarius cooki</i> .	9	46	
Total effectifs = 696			
Nombres d'espèces = 7 (non compris les indéterminés)			
Indice de diversité = 1,22			

(8) INFLUENCE DE LA REOUVERTURE DU CANAL DE BASSAM
SUR LA PECHERIE DE CRABES DE VITRE II
EN LAGUNE EBRIE (COTE D'IVOIRE)

INFLUENCE OF THE REOPENING OF BASSAM CHANEL
ON THE FISHERY OF CRABS OF VITRE II
IN THE EBRIE LAGOON (COTE D'IVOIRE)

Par

SANKARE Yacouba
Laboratoire d'Ecologie Benthique
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN - Côte d'Ivoire
---=0000000=---

RESUME

Ce travail est le résultat d'une année d'enquête de Mai 1987 à Juin 1988 auprès des pêcheurs du village Vitré II localisé dans le secteur oriental de la lagune Ebrié.

Les captures après avoir été relativement abondantes de Mai à Juillet 1987 pour les deux types d'engins utilisés dans la région d'étude, ont considérablement baissé de Février à Juin 1988 et sont même devenues insignifiantes entre Août et Janvier 1988.

Comme conséquence de la diminution des p.u.e., on observe un abandon progressif de l'activité de pêche. Cette évolution n'est probablement pas due au départ des crabes vers d'autres zones, mais à la présence des plantes flottantes.

Avec la réouverture du Canal de Bassam en Septembre 1987, on note une diminution d'abondance des plantes et une reprise progressive de l'activité de pêche, des modifications profondes dans la structure de la population des crabes et l'apparition de macroinvertébrés vagiles d'origine marine. Ces modifications de la communauté seraient liées à l'augmentation de la salinité consécutive à l'ouverture du canal de Bassam.

Mots-clés : Plantes flottantes, *Callinectes amnicola*, Invertébrés, Lagune, Côte d'Ivoire, Impact environnemental.

ABSTRACT

This work is the result of one year of investigation from May 1987 to June 1988 among fishermen of Vitré II village located in the Eastern region of the Ebrie Lagoon.

Catches, after being relatively important from May to July 1987 for both types of material used in the study area, decreased from February to June 1988 and, even became insignificant between August and January 1988.

In relation to the decrease of catches, we note a progressive abandon of the fishing activity. The decrease in catches and the abandon of crab fishing activities are probably not associated to the departure of the animals towards new regions, but seems related to the presence of floating plants.

With the opening of Bassam channel in September 1987, we note the departure of floating plants, the return of fishermen, the modification of sexual categories of *Callinectes amnicola* and the apparition in the study area of marine fauna. These modifications of the community seem related to the increase of the salinity, resulting from the opening of the Bassam channel.

Key-Words : Floating plants, *Callinectes amnicola*, invertebrates, Lagoon. Côte d'Ivoire, Environmental Impact.

INTRODUCTION

La lagune Ebrié, située au Sud de la Côte d'Ivoire a été décrite et subdivisée en 7 secteurs (Fig. 1) sur la base de ses caractéristiques physico-chimiques (Pagès *et al.*, 1979). Les secteurs orientaux I et II décrits par Briet (1965) et Durand *et al.* (1979) comme des régions à faible activité de pêche, ont été durant ces dernières années (1981 à 1987) envahis par les plantes flottantes *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta* et *Eichhornia crassipes*. La lutte chimique contre ces végétaux pose des problèmes très complexes, liés aux modifications des conditions abiotiques de l'eau et des animaux qui y vivent.

En Septembre 1987, il a été procédé à la réouverture du Canal de Bassam. Cette réouverture visait à éliminer en partie les végétaux flottants envahissants. Suite à cette communication entre l'océan et la région de Bassam, les conditions physico-chimiques de l'eau se sont modifiées par rapport à la situation antérieure. Ceci s'est traduit surtout par des variations de la salinité, du pH, de la température et du mouvement des eaux (Guiral *et al.*, sous presse).

Il faut s'attendre alors à des modifications du peuplement des invertébrés nageurs, plus particulièrement des crabes. En effet la répartition des crabes *Callinectes amnicola* est structurée par la salinité. Selon Monod (1956), Manning et Holthuis (1981), Charles-Dominique et Hem (1981) et Pantoustier (1982) :

- Les crabes mâtures mâles sont sédentaires et se rencontrent dans les eaux oligohalines telles que celles des régions de Dabou et de Vitré ;

- Les crabes juvéniles se retrouvent dans les régions précitées lors de leur croissance ;

- Les crabes femelles mâtures et les crabes ovigères se rencontrent essentiellement dans les eaux à salinité élevée de la région lagunaire d'Abidjan, sauf pendant la période de l'accouplement où elles s'observent dans les eaux de faibles salinité de Dabou et de Vitré. Suite à l'accouplement, elles migrent dans la région d'Abidjan pour la maturation des gonades, la ponte et la libération des oeufs ;

- Les développements embryonnaire et larvaire ont lieu dans les eaux salées de la région lagunaire d'Abidjan. Les post-larves migrent dans les eaux de faible salinité pour la croissance.

La présente étude a pour objectif d'appréhender les modifications de la pêcherie de crabes de Vitré II liées à la présence des plantes flottantes et à la réouverture du Canal

de Bassam.

1 - MATERIEL ET METHODES

La zone d'étude (Fig. 1) est localisée dans la partie orientale de la lagune Ebrié et est considérée dans son ensemble comme une zone à faible activité de pêche (Durand *et al.*, 1978), sous influence des eaux fluviales (Comoé et Bia) et représentative des pêcheries locales de crabes. Deux types d'engins sont utilisés dans la région pour la pêche des crustacés (crevettes et crabes) les filets fixes et les balances.

Pour évaluer les effets des plantes flottantes et de la réouverture du Canal de Bassam sur la pêcherie de crabes, nous avons régulièrement suivi l'évolution de la salinité et les débarquements de pêche entre Mai 1987 et Juin 1988. Pour ce faire un enquêteur basé à Vitré II notait tous les jours le nombre de pêcheurs, le nombre et le type d'engins posés, les quantités de crabes capturés et nous rapportait mensuellement une centaine de crabes pour les analyses biologiques et un spécimen de chaque macroinvertébré capturé pour l'inventaire faunistique.

2 - RESULTATS - DISCUSSION

2.1. Données hydrologiques antérieures à la réouverture

Les paramètres que l'on a coutume de mesurer pour caractériser le milieu hydrologique sont la température, la salinité et la teneur en oxygène dissous. Les valeurs moyennes mensuelles de ces paramètres enregistrées dans la zone d'étude sont résumées dans la figure 2. La salinité et la température présentent des variations saisonnières très nettes. Elles sont maximales durant les saisons sèches de Janvier à Mai ($S = 15\text{‰}$, $T = 32^{\circ}\text{C}$) et minimales durant les saisons de pluie de Juin à Octobre ($S = 0,1\text{‰}$, $T = 26^{\circ}\text{C}$). Les teneurs en oxygène dissous sont généralement supérieures à 4mg/l dans toute la colonne d'eau.

2.2. Données hydrologiques postérieures à la réouverture

La figure 3 présente les variations de la salinité de 1986 à 1988 de la région d'étude. Il ressort que la salinité suit le même rythme saisonnier que les années précédentes. Elle est cependant plus marquée deux à trois mois après la réouverture du canal de Bassam. En effet, elle passe de 10‰ à plus de 25‰ pour la saison sèche. Plusieurs facteurs sont à l'origine

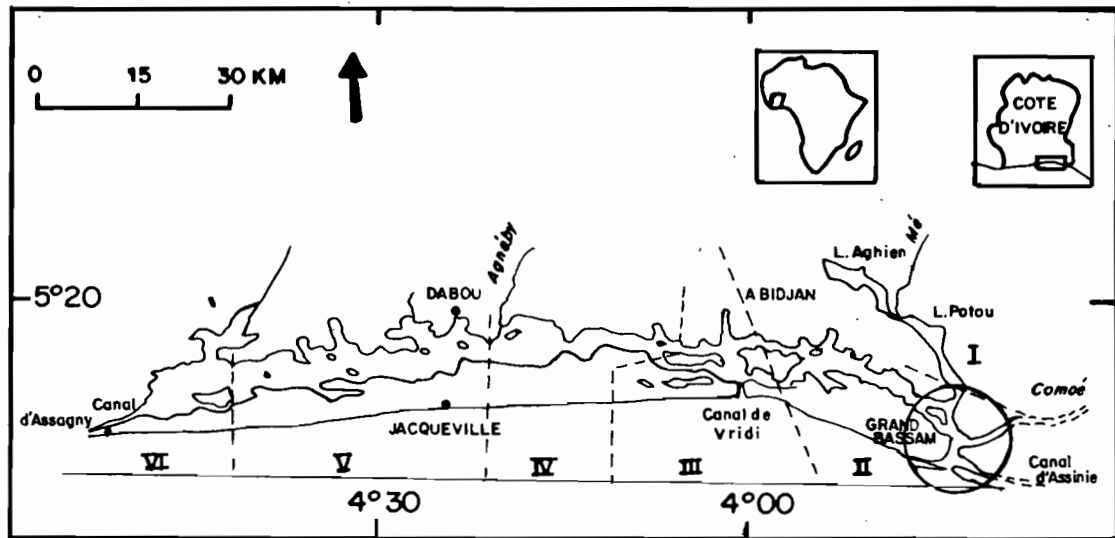


Figure 1 : Situation géographique de la lagune Ebré et site d'étude.
Geographical location of the Ebré lagoon and study area.

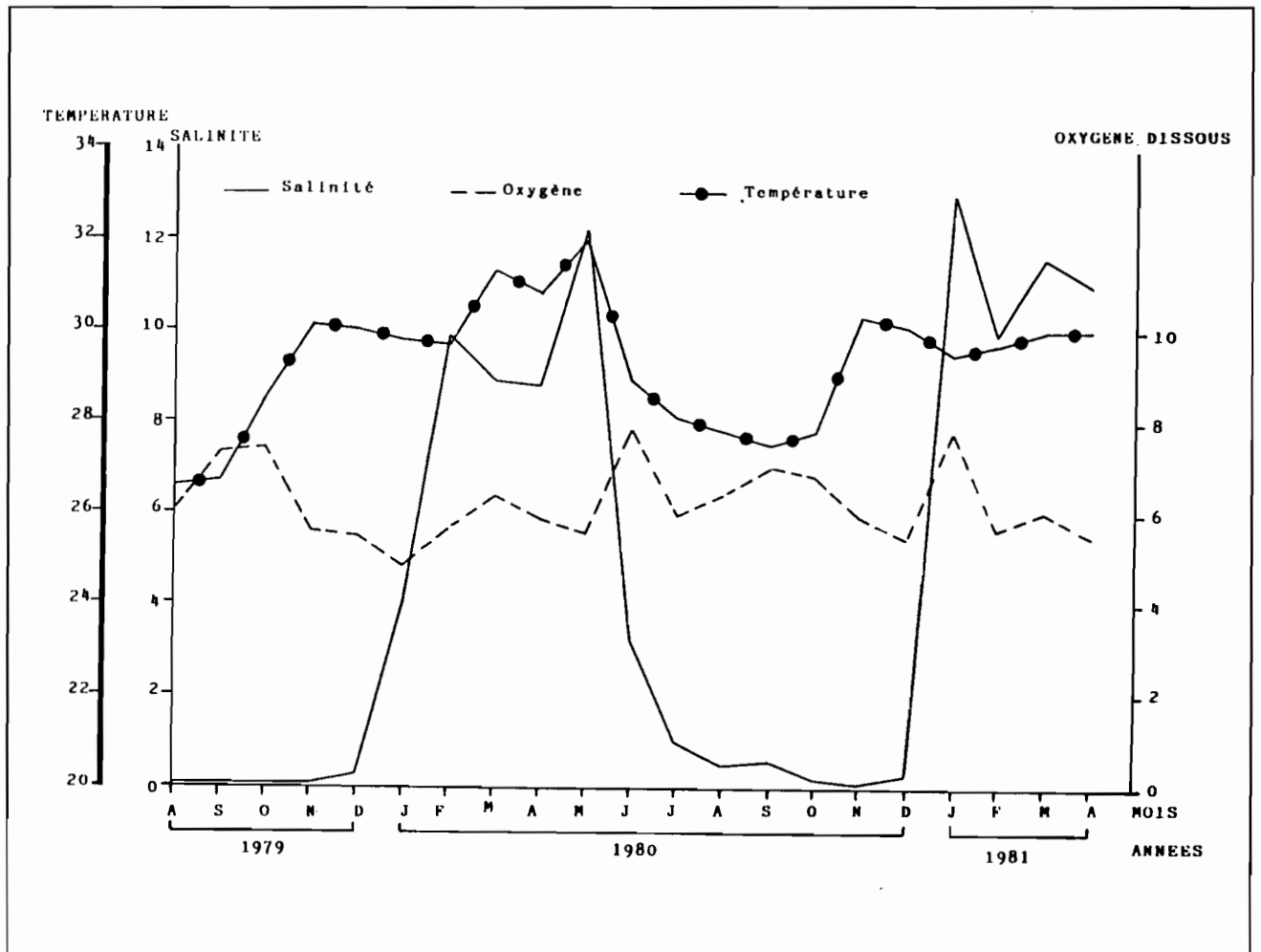


Figure 2 : Variations moyennes mensuelles de la salinité, de la température et de l'oxygène dissous dans la région d'étude (Modifié de Chantraine *et al.*, 1984).

de cette augmentation. Parmi ceux-ci, nous avons retenu les intrusions d'eaux marines dans la région et les apports des fleuves et des rivières. Guiral *et al.* (sous presse) signalent que les apports fluviaux du Comoé à la lagune Ebrié ont présenté un déficit de 35% de 1987 à 1988 comparativement au volume moyen écoulé entre 1950 et 1980.

Pendant la période d'étude, les filets fixes et les balances n'ont pas été posés toute l'année. L'effort de pêche avec les balances est relativement stable durant la période d'utilisation effective des engins. Il est élevé pour les filets fixes de Mai à Juin 1987, nul entre Juillet 1987 et Janvier 1988 et faible de Février à Juin 1988.

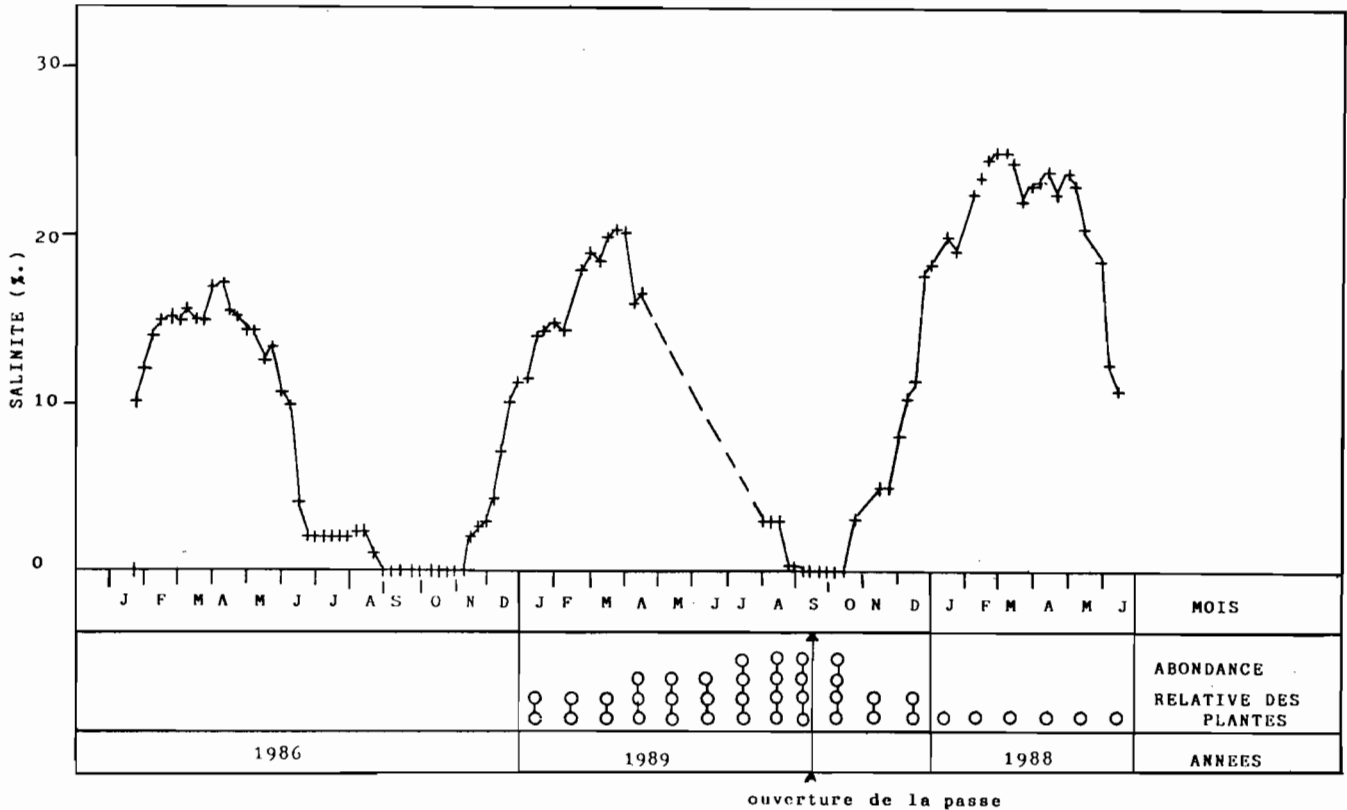


Figure 3 : Salinités relevées en lagune Ebrié Est et abondance relative des plantes flottantes. (0 : Absent ou rare ; 0-0 : Présent ; 0-0-0 : Abondant. Anonyme, 1988).

Recorded salinities in the study area and relative abundance of floating plants.

2.3. Evolution de la pêche

a) Evolution du potentiel humain

L'effectif des pêcheurs à balances est resté stable durant les périodes d'activité de pêche. C'est-à-dire de Mai 1987 à Juillet 1987. Celui des pêcheurs à filet fixe présente trois phases dans son évolution : Il est stable en Mai et Juin 1987, demeure nul jusqu'à Juillet 1987 à Janvier 1988 et redémarre en Février 1988 sans retrouver son niveau antérieur (tableau 1).

b) Evolution de l'effort de pêche

L'effort de pêche mensuel par Engins, déterminé par addition du nombre d'engins effectivement utilisés par jour est résumé dans le tableau 1.

On peut concevoir que les variations du nombre de pêcheurs et de l'effort de pêche sont dues à la présence des plantes flottantes et cela peut se résumer en plusieurs phénomènes:

- envahissement de la surface de la lagune par les plantes flottantes,
- prolifération et maturation des plantes flottantes,
- vieillissement, dégénérescence et sédimentation des feuilles et du système racinaire,
- constitution d'une importante biomasse végétale à la surface et au fond des eaux. La conséquence évidente de tous ces phénomènes sera dans une première phase d'empêcher la navigation et dans une deuxième étape d'arrêter toute activité de pêche.

- La reprise progressive des pêcheurs à filets fixes et des efforts de pêche de ceux-ci fait suite au départ des plantes flottantes des eaux superficielles par suite de la réouverture du canal de Bassam en Septembre 1987 (Figure 3).

Pour comprendre l'effondrement des captures et des p.u.e. durant la période d'étude, il est nécessaire de subdiviser les observations en plusieurs phases :

- d'après les travaux de Pantoustier (1982), la population de crabes de la région

Tableau 1 - Nombre de pêcheurs en activité, effort de pêche, captures et prises par unité d'effort de mai 1987 à juin 1988 des balances et des filets fixes dans la région de Vitré II.

Number of fishermen in activity, fishing effort, catches and catch per unit effort from May 1987 to June 1988 for "balances" and modified fixed crab trawl in the Vitré II area.

ANNÉES	1987									1988				
	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
BALANCES														
Nombre de Pêcheurs	2	2	2											
Effort de pêche (Nombre total de balances posées par mois)	44 160	44 840	49 680											
Captures totales (Kg)	1 519	1 360	1 200											
P.U.E. (Kg/Balances posées)	0,03	0,02	0,02											
FILETS FIXES	10	10								1	8	5	7	4
Nombre de pêcheurs														
Effort de pêche des filets fixes (nombre total des filets posés par mois)	1 098	691								24	480	479	596	545
Captures totales (Kg)	2 651	2 215								60	1 546	1 798	970	1 050
P.U.E. (Kg/filets posés par mois)	2,41	3,30								2,50	3,15	3,75	1,95	1,92

c) Evolution des captures et des prises par unité d'effort

Les prises par unité d'effort et les captures avec les balances sont stables de Mai à Juillet 1987 et diffèrent légèrement. Il est cependant difficile de tirer des conclusions compte tenu du nombre restreint d'observations dû à l'arrêt des activités de pêche (Tableau 1).

Les captures mensuelles des filets fixes (Tableau 1) subissent les effets de la baisse sur l'effort. Ainsi elles diminuent de Mai à Juin 1987, s'annulent entre Juillet 1987 et Janvier 1988 et enfin augmentent légèrement entre Février et Juin 1988.

d'étude comprenait essentiellement des crabes mâles et des crabes juvéniles quelle que soit la saison, sauf durant les périodes d'accouplement. Ces observations sont confirmées par nos résultats (Tableau 2). En effet l'essentiel des crabes débarqués de Mai à Juin 1987 étaient de sexe mâle ;

- deux à trois mois après la réouverture du canal de Bassam, les pêcheurs signalent des mortalités importantes de crabes et de poissons. Cette mortalité pourrait être la conséquence de l'augmentation soudaine de la salinité des eaux ;

- de Août 1987. à Janvier 1988, on assiste à un arrêt des activités de pêche par suite de la couverture des eaux par les plantes flottantes. Cette couverture végétale persiste

jusqu'en Septembre 1987. Période à laquelle la réouverture du Canal est faite. Malgré cela, la reprise des pêches s'effectue quatre mois plus tard. Cela s'explique par la présence de matière végétale sédimentée dans le fond des eaux qui empêche la pose des filets et des balances. Les informations recueillies auprès des pêcheurs indiquent que la biomasse végétale sédimentée constitue un substrat lourd véhiculé par le courant dans le fond des eaux. Cette biomasse colmate, et, sous la pression de la force de l'eau et de son poids, elle déchire les filets ;

- Dans la dernière phase, contrairement à ce que l'on pourrait espérer, les captures demeurent faibles par rapport à la situation antérieure. Il est possible que l'augmentation de la salinité ayant modifié la structure de la population de *C. amnicola* (Tableau 2) ait indirectement influé sur les captures.

d) Evolution des diverses catégories sexuelles

Le tableau 2 qui indique les pourcentages pour chaque stade de maturité sexuelle (Cf. Charles-Dominique et Hem, 1981), nous permet de noter qu'avant l'ouverture du Canal les prises étaient essentiellement composées de crabes mâles matures et de crabes femelles immatures.

Après l'ouverture du Canal, les prises de la région de Vitré II comprennent principalement des crabes femelles matures et des crabes Ovigères. Ces derniers signalés dans les paragraphes précédents ne se rencontraient uniquement que dans la région d'Abidjan aux eaux très salées (25 à 35‰). Tout se passe comme si l'ensemble de la zone d'étude étant plus salé est devenu un habitat adéquat à crabes femelles matures et Ovigères.

e) Evolution du peuplement

Le tableau 3 montre les espèces d'invertébrés rencontrées et leur abondance relative dans les filets fixes. 9 espèces d'invertébrés ont été capturées entre Mai 1987 et Juin 1988. Toutes les espèces n'apparaissent pas avec les mêmes fréquences dans les captures. Globalement avant l'ouverture du Canal de Bassam nous avons inventorié 4 espèces et 9 espèces après la réouverture. *C. amnicola* dominait numériquement dans les captures avant l'ouverture du Canal. Après l'ouverture nous notons l'abondance très nette des espèces ou groupes d'espèces suivants : *C. amnicola*, *C. pallidus*, les méduses et *P. notialis*. Les modifications du peuplement semblent selon ces observations préliminaires se présenter comme suit :

- Disparition des organismes d'origine limnique. Des prélèvements d'organismes benthiques effectués avant la réouverture du canal de Bassam montrent que ceux-ci étaient riches en mollusques tels que *C. trigona*. Après la réouverture du canal les prélèvements effectués étaient composés de coquilles vides de *C. trigona* (C'est aussi le cas des crabes mâles matures signalés précédemment) ;

- Le deuxième type de peuplement est celui qui effectue des migrations vers les eaux saumâtres cadre adéquat pour sa reproduction et la vie de ses juvéniles. Ce sont les cas de *C. amnicola*, de *Macrobrachium* sp., des peneides et des squilles ;

- Enfin le dernier type de peuplement représenté par *C. pallidus*, les méduses et les céphalopodes qui préfèrent les eaux saumâtres à salinité élevée.

CONCLUSION

Les travaux antérieurs à la réouverture du canal de Bassam en Septembre 1987 sur la biologie de *Callinectes amnicola* et les paramètres physico-chimiques de la région d'étude constituent un ensemble d'observations de référence.

En 1987 les conditions particulières d'invasion du plan d'eau lagunaire par des plantes flottantes et la réouverture du canal ont conduit à une modification de l'activité de pêche et de la qualité des eaux. Les plantes flottantes en entravant l'activité de pêche, ont provoqué l'abandon de celle-ci par les populations riveraines. La réouverture du Canal de Bassam en favorisant le départ massif des plantes, a provoqué la mort de certains crabes mâles, favorisé la reprise de l'activité de pêche et modifié la structure de la population de *C. amnicola* et du peuplement d'invertébrés vagiles dans la région d'étude. Dorénavant, les crabes femelles dominant et le peuplement est caractérisé par des animaux d'origine marine à avenir incertain compte tenu de la fermeture progressive du canal et de l'intrusion des cours d'eau de La Mé et de la Comoé dans la région d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

- Amon Kothias J.B. et D. Guiral, 1988.- Rapport intermédiaire de recherches sur les impacts écologiques de l'ouverture du canal de Bassam. Suivi aérien des plantes flottantes. Conv. Etudes Sci. BSIE Transp. Maritimes, 21-480 521 Marché n°870777.

- Anonyme 1988.- Rapport Intermédiaire de Recherches sur les impacts écologiques de l'ouverture du canal de Bassam : Relevé de salinité. Cons. BSIE n° 21-480 521 marché n°870 777 MRS-CRO.
- Briet R., 1965.- La pêche en lagune Ebrié. Abidjan, T.I. : 104 p. multigr., T.II, 120 p. multigr.
- Chantraine J.M., Guiral D. et Djédjé R. 1984.- Analyses Physico-chimiques des eaux de la lagune Ebrié effectuées de 1979 à 1981 au cours des programmes "variabilité interannuelle" et "Baie de Biétri" Arch. Scient. Vol. X, n°6 : 21-71.
- Charles Dominique E., Hem S., 1981.- Biologie et pêche des crabes du genre *Callinectes* stimpson, 1860 (Decapodes, Portunidae) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) résultats préliminaires. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan XII, 1 : 95-121.
- Durand J.R., J.B. Amon Kothias, J.M. Ecoutin, F. Gerlotto, J.P. Hié Daré et R. Laé, 1978.- Statistiques de pêche en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). 1976-1977. Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 9 (2) : 67-114.
- Guiral D., Kouassi A.M. et Arfi R. - Incidences de la modification de la circulation des eaux sur l'hydrochimie et le degré de contamination bactérienne d'un estuaire eutrophe tropical. Doc. Spécial, Jour. Ivoir. Océanogr. Limn. (sous presse).
- Manning, R., Holthuis, L.B. 1981.- West African Brachyuran Crab. (Caustucea: Decapoda). Smith. Contrib. Zool., 306-379 p.
- Monod, T. 1956.- Hippidae et Brachyura ouest africains. Rém. I.F.A.N., 45 : 1-674.
- Pagès J., L. Lemasson et Ph. Dufour, 1979.- Éléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 5 (1) : 1-60.
- Pantoustier G., 1982.- Contribution à la biologie des crabes du genre *Callinectes*, Stimpson, 1860 (Decapoda, Portunidae) de la Côte d'Ivoire. Leur répartition dans la lagune Ebrié. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan. NDR/08, 10 p.
- Williams A.B. 1974.- The swimming crabs of the genus *Callinectes* (Decapoda: Portunidae) fish. Bull. Vol. 72 N°3, 685-798.

Tableau 2 - Variation mensuelle du pourcentage des différentes catégories sexuelles de *Callinectes amnicola* capturé entre mai 1987 et juin 1988 (effectif mensuel N = 100 ; 1-2-3 = crabe immature (abdomen triangulaire blanc à vert) ; 4 = crabe en début de maturation (abdomen semi-circulaire) ; 5-6 = crabe mature ; 7 = crabe grainé.
 Monthly variation of the percentage of the different sexual categories of *Callinectes amnicola* caught between May 1987 and Jun 1988 (N = 100).

MOIS STADE SEXUEL		1987									1988					
		M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
MALES	mature	80	80	85						-	-	-	-	-	-	
	immature	-	-	-						-	-	-	-	-	-	
FEMELLES	1	-	-	-						-	-	-	-	-	-	
	2	10	5	5						-	-	-	-	-	-	
	3	10	15	10						-	-	-	-	-	-	
	4	-	-	-						-	-	-	-	-	-	
	5	-	-	-						85	95	90	95	96		
	6	-	-	-						15	15	10	5	4		
	7	-	-	-						-	-	-	-	-	-	

Tableau 3 - Espèces ou groupes d'espèces d'invertébrés collectés et leur abondance relative (- = absent ou rare ; + = présent ; ++ = abondant).
 Relative abundance of species or group species of collected invertebrates (- = absent or rare ; + = present ; ++ = abundant).

ESPECES	MOIS	1987									1988					
		M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	
<i>Callinectes amnicola</i>		++	++	++							+	++	++	++	++	
<i>Callinectes pallidus</i>		+	+	+							+	++	++	++	++	
<i>Macrobrachium sp.</i>		-	-	-							-	+	+	+	+	
<i>Alpheus pontederiae</i>		-	+	+							+	+	+	+	+	
Meduses		-	-	-							-	++	++	++	++	
<i>Octopus sp</i>		-	-	-							-	+	+	+	-	
<i>Penaeus notialis</i>		+	+	-							-	+	+	+	-	
<i>Sepia sp</i>		-	-	-							-	+	+	+	-	
<i>Squilla mantis</i>		-	-	-							-	+	+	+	-	

(9) COMMUNICATION MER-LAGUNE : IMPACT D'UNE REOUVERTURE
SUR L'ICHTYOFAUNE DE LA LAGUNE EBRIE
(COTE D'IVOIRE)

SEA-LAGOON COMMUNICATION : IMPACT OF A REOPENING
ON THE ICHTYOFAUNA OF THE EBRIE LAGOON
(COTE D'IVOIRE)

Par

ALBARET J. J. et J.-M. ECOUTIN
Centre ORSTOM, B.P. 5045,
2051, Avenue du Val de Montferland,
34032 Montpellier Cedex, France

RESUME

La réouverture artificielle de la passe de Grand-Bassam, pratiquée en septembre 1987 dans le but de limiter la prolifération des végétaux aquatiques, a modifié l'environnement et la structure des peuplements ichthyologiques de la partie orientale de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Les résultats de deux séries d'observations réalisées en mai 1988 montrent une élévation notable de la salinité et une augmentation de la composante marine au sein des peuplements de poissons par rapport à la situation antérieure (années de référence : 1980 et 1981).

Mots-Clés : Côte d'Ivoire, Lagunes, Impact environnemental, Peuplements de poissons, Afrique de l'Ouest.

ABSTRACT

The artificial of the lagoon inlet, made in Grand-Bassam in September 1987 in order to reduce the aquatic weeds proliferation, induced some environmental and fish communities alterations in the eastern part of the Ebrié lagoon (Côte d'Ivoire). A preliminary field survey made in May 1988 shows an increase in in the salinity rate and an increase of

the marine component among fish communities when compared to the former ecological state of this lagoon area (reference data of 1980 and 1981).

Key-Words : Côte d'Ivoire , Lagoon, Environmental impact, Fish communities, West Africa.

INTRODUCTION

En septembre 1987, le cordon dunaire séparant la lagune Ebrié de l'océan Atlantique était percé d'un chenal situé à l'emplacement approximatif de l'exutoire naturel du fleuve Comoé (Fig. 1), exutoire colmaté naturellement à la suite du percement du canal de Vridi (Varlet, 1978). Cette réouverture vise à limiter, voire éradiquer les végétations aquatiques qui prolifèrent depuis quelques années de manière incontrôlée en lagune Ebrié du fait de l'introduction accidentelle d'espèces à très fort potentiel de croissance (*Salvinia molesta*, *Eichhornia crassipes*). Guiral (1988) retrace l'historique de ces proliférations successives (*Pistia*, puis *Salvinia* et enfin *Eichhornia*), en analyse les conditions de développement et les effets sur l'écologie lagunaire.

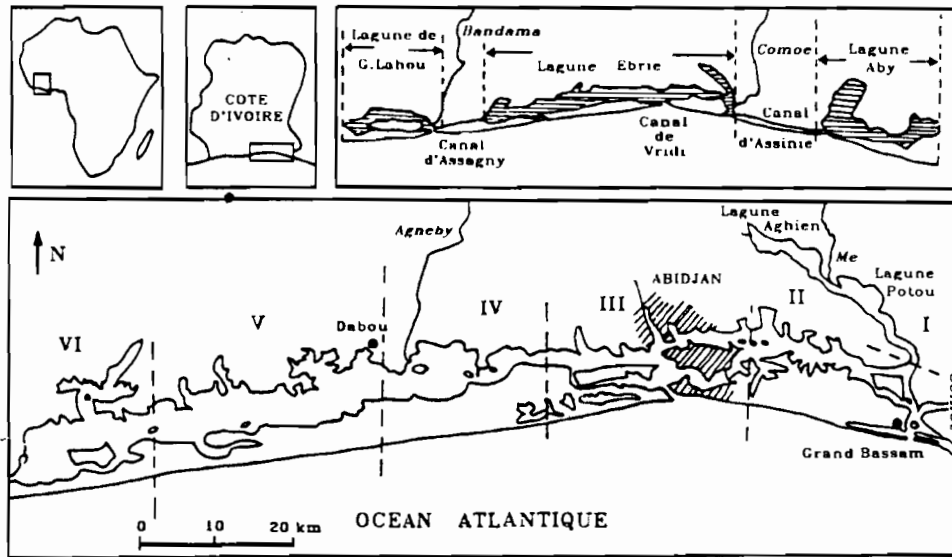


Figure 1 : Situation géographique de la lagune Ebrié et délimitation des différents secteurs (en chiffres romains).

Map of the Ebrié lagoon showing six sectors (in roman numerals).

La mise en communication directe avec l'océan d'une région lagunaire qui, jusque là, n'en subissait que les effets atténués n'est pas sans conséquences sur l'écologie de la zone concernée. Outre le double effet escompté sur la végétation flottante(1), des modifications environnementales et faunistiques ont eu lieu.

La gestion des passes (fréquence, durée, importance des ouvertures) est un aspect fondamental des lagunes de la côte ouest-africaine. A partir de quelques exemples (lac Nokoué, lagune de Kéta et estuaire du fleuve Sénégal) Kapetsky (1981) analyse les conséquences halieutiques, souvent contradictoires des aménagements réalisés dans chacun de ces cas en matière d'«ingénierie hydraulique». Laé (comm.pers.) observe de légères modifications dans la nature des débarquements (augmentation du nombre des espèces d'origine marine) à la suite de la réouverture du lac Togo en 1985. Les conséquences écologiques de ces transformations du paysage lagunaire (quelles soient naturelles ou d'origine anthropique) ont été peu étudiées et nous avons tenté, en lagune Ebrié, d'appréhender les principales modifications ichtyologiques liées à la réouverture de la passe de Grand-Bassam.

(1) Evacuation directe des plantes d'une part, et, d'autre part, accélération de la remontée haline immédiatement après la crue (les Pistia, Eichhornia et dans une moindre mesure les Salvinia ne supportent pas de taux élevés de salinité).

1 - NATURE DES DONNEES

Deux séries de données ont été utilisées pour évaluer ces modifications de la nature des peuplements de poissons :

Bingerville - Les données de référence (salinité et composition faunistique), caractérisant la situation précédant l'ouverture, proviennent de l'étude globale des peuplements de poissons de la lagune Ebrié menée entre 1980 et 1982 au Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan. Les méthodes et le protocole d'échantillonnage de cette étude qui se fonde sur des pêches expérimentales à la senne tournante et au chalut de fond ont été exposés par ailleurs (voir Albaret et Legendre, 1985, par exemple).

La région lagunaire comprise entre et l'île Vitré (Fig. 2) a été prospectée régulièrement tous les deux mois par des prélèvements à la senne tournante effectués de février 1980 à septembre 1981 en 12 à 14 stations prédéfinies.

Compte tenu de leur grande stabilité environnementale (Durand et Skubich, 1982), les lagunes Potou et Aghien (Fig. 2) n'ont été échantillonnées qu'aux deux périodes les plus caractéristiques du cycle annuel, en saison sèche et en saison des pluies. A chaque fois, quatre stations en lagune Potou et huit en lagune Aghien ont été visitées.

- En mai 1988, après la réouverture de la passe de Grand-Bassam, deux types d'information ont été récoltés avec des buts différents et complémentaires :

* Des enquêtes ont été réalisées sur des engins de pêche aussi nombreux et variés que possible afin d'obtenir, par l'intermédiaire des captures de la pêcherie professionnelle, une image instantanée et très générale des peuplements de poissons dans une large zone susceptible de subir l'influence de la réouverture du grau de Grand-Bassam. Les prises ont été triées au niveau de l'espèce et les abondances ont été évaluées par un système de cotation d'abondance (Ecoutin et Albaret, 1988).

* Des pêches expérimentales au chalut de fond ont été effectuées afin de fournir une image plus précise des peuplements dans la zone située à proximité immédiate de la nouvelle embouchure.

Les caractéristiques du filet utilisé sont les suivantes : ouverture verticale 1,5 m, corde à dos 10 m, mailles au cul de 20 mm de côté.

La salinité a été mesurée au réfractomètre:

- En surface dans 19 stations réparties depuis la baie de Bingerville jusqu'à la passe de Grand-Bassam d'une part, jusqu'au fond de la lagune Aghien d'autre part (Fig. 2)

- En surface et au fond en chaque station de chalutage. Des échantillons ont été rapportés au laboratoire pour calibration de ces mesures (Ecoutin et Albaret, 1988).

Afin d'appréhender les modifications majeures survenues dans les peuplements, les espèces ont été réparties dans huit catégories et les principales espèces qui les illustrent, sont présentées à la figure 3.

2 - EVOLUTION DE LA SALINITE

Les salinités mesurées en surface ont été portées sur la carte représentée à la figure 2 de même que celles relevées à la même époque de l'année (fin de la saison sèche), avant l'ouverture du grau de Grand-Bassam (1980/1981).

Dans toute la partie de la lagune Ebrié située à l'est d'Abidjan, la salinité est considérablement plus élevée qu'elle ne l'était avant l'ouverture.

Entre Bingerville et l'île Vitré, on note des salinités élevées comprises entre 20 et 23‰, cette valeur maximale est relevée à Bregbo (Fig. 2) où la salinité était nulle en cette saison en 1980/1981 et ne dépassait pas 8,5‰ au plus fort de la saison sèche (mars 1981, Albaret, données non publiées). On observe ensuite une légère diminution jusqu'au débouché du Comoé (16,5‰), puis une remontée rapide vers le grau. Dans l'estuaire du Comoé lui-même, des salinités de l'ordre de 10‰ ont été

mesurées. Cette région (Bassam, Moossou, estuaire du Comoé) est marquée par une forte variabilité spatio-temporelle de la salinité de surface et une forte stratification verticale notamment à marée montante (10‰ en surface, plus de 30‰ au fond, par exemple, dans l'estuaire du Comoé).

La salinité de la lagune Aghien atteint 10‰ en surface alors que cette partie du système lagunaire était totalement dessalée auparavant (Fig. 2 et Durand et Chantraine, 1982).

Enfin, pour la première fois en lagune Ebrié, des salinités nettement supérieures à celles de l'eau de mer ont été mesurées (40 à 42‰). Ces prélèvements ont été effectués devant Grand-Bassam à proximité de la passe.

D'autres cas de sursalinité ont été signalés dans cette région du Golfe de Guinée par Pauly (1975) et Kwei (1977) dans de petites lagunes du Ghana. Il s'agit de situations temporaires observées en fin de saison sèche et résultant d'une évaporation intense.

Sur la base d'observations réalisées au cours de la saison sèche de 1950 - soit quelques mois avant l'ouverture du canal de Vridi alors que le grau de Bassam constituait le seul exutoire de la lagune, Debyser (1955) propose un découpage de la lagune Ebrié en 4 secteurs :

- un secteur «marin» localisé à l'embouchure du grau de Bassam (salinité supérieure à 31‰) ;

- un secteur d'«estuaire» entre Moossou et le nord de l'île Vitré (salinité comprise entre 10 et 16‰) ;

- un secteur «saumâtre» de l'île Vitré jusqu'à l'ouest d'Abidjan (salinité comprise entre 2 et 20‰) ;

- un secteur «lacustre» correspondant à toute la partie ouest de la lagune.

Les deux premiers secteurs peuvent être retrouvés dans les relevés de 1988 avec cependant un décalage général vers des salinités légèrement, plus élevées. En revanche, le secteur «saumâtre» de Debyser a fait place à une vaste zone homogène d'étendue équivalente mais dont la salinité est beaucoup plus élevée : 20 à 23‰ (Fig. 2).

Les observations de Varlet (1978), effectuées en 1945, indiquent des salinités nettement plus faibles dans toute cette partie orientale de la lagune. Elles correspondent au début de la saison des pluies et à la crue du Comoé et ne sont donc pas comparables aux valeurs de la figure 2 ni aux données de Debyser.

En conclusion, les observations de mai 1988 révèlent une augmentation générale de la salinité de surface de la partie est de la lagune Ebrié aussi bien par rapport à la situation antérieure à l'ouverture du canal de Vridi (le grau de

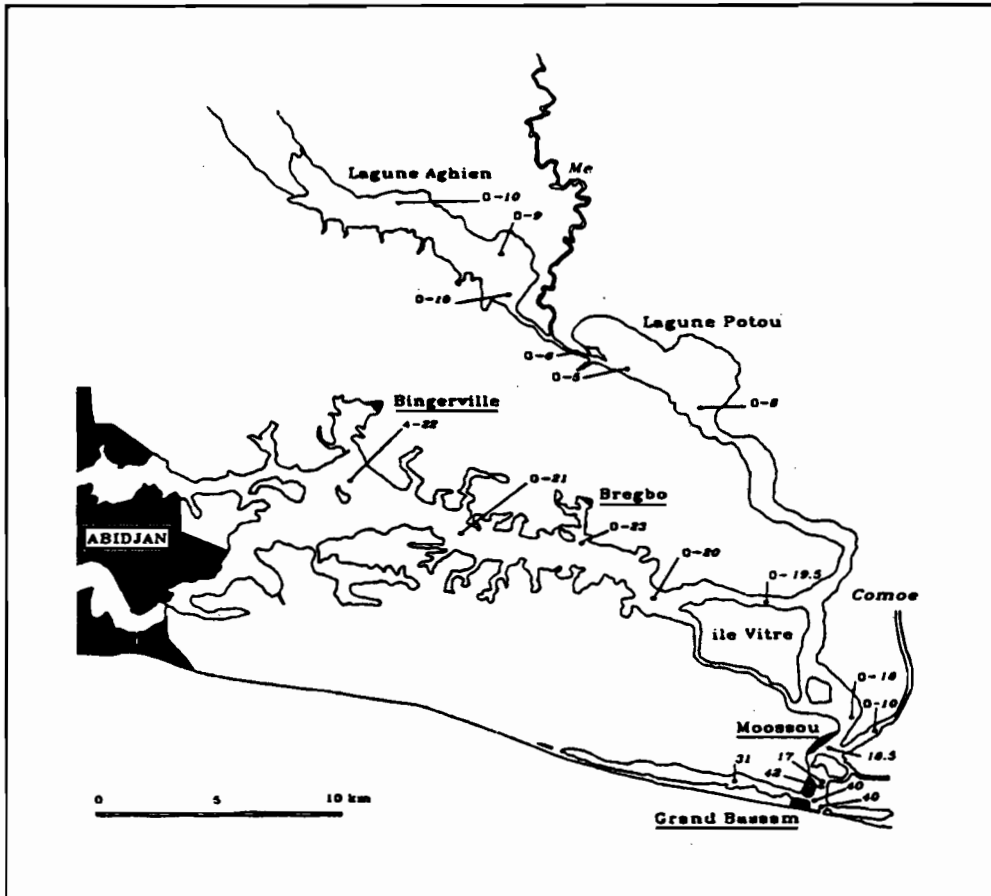


Figure 2 : Salinités de surface relevées dans 19 stations de la partie Est de la lagune en mai 1980 (première valeur) et en mai 1988 (deuxième valeur en italique).

Surface salinity in 19 stations of the Eastern part of the Ebrié

Lagoon measured in May 1980 (First value) and in May 1988 (Second value in italics).

Grand-Bassam existait alors) que par rapport à la situation du début des années 1980 (canal de Vridi ouvert, passe de Bassam fermée).

3 - OBSERVATIONS ICHTYOLOGIQUES

Nous évaluerons, dans un premier temps, les modifications ichthyologiques survenues dans le vaste secteur oriental de la lagune, entre Bingerville et l'île Vitré. Ensuite, sera examiné le cas, un peu particulier, des lagunes annexes Potou et Aghien, douces en permanence avant la réouverture de la passe. Enfin, nous terminerons en exposant les profonds changements ichthyologiques de la région située à proximité immédiate de la nouvelle embouchure.

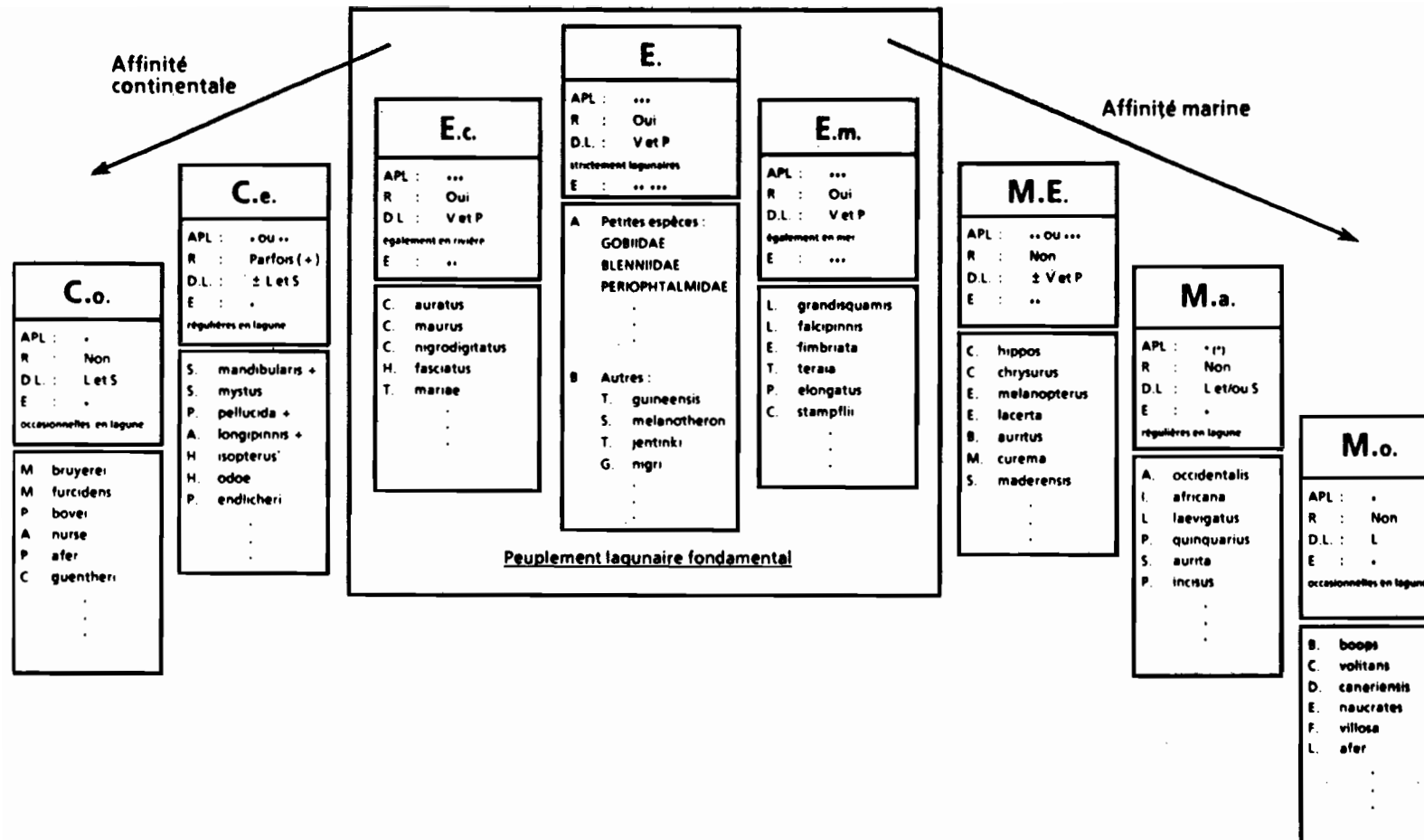
3.1. Le secteur oriental (de Bingerville à l'île Vitré).

3.1.1. Rappel des connaissances sur la situation antérieure à la

réouverture du grau.

Les caractéristiques ichthyologiques de ce secteur ont été décrites de manière synthétique (Albaret, 1988) et nous n'en rappellerons ici que les principaux traits. La richesse spécifique globale en 1980-1981, est élevée (48 espèces) de même que l'abondance évaluée, en effectifs ou en biomasse, par la prise par unité d'effort en pêche expérimentale à la senne tournante (Albaret, 1988).

Les effectifs relevés dans ce secteur sont les plus élevés de la lagune. Cette région est aussi celle où les variations environnementales saisonnières et les modifications qui en résultent au sein des communautés de poissons sont les plus accentuées. De forme allongée et étroite, soumise à la double influence du Comoé et de l'océan - donc particulièrement sensible à l'alternance crue/étiage d'une part, flot/jusant d'autre part - elle peut, lors de la crue, être assimilée à un prolongement du Comoé et de nombreuses espèces continentales (*Hepsetus odoe*, *Brycinus macrolepidotus*, *Schilbe mandibularis*) viennent se joindre aux



C.o. : formes continentales occasionnelles, C.e. : formes continentales à affinité estuarienne, E.c. : formes estuariennes d'origine continentale, E. : formes estuariennes strictes, E.m. : formes estuariennes d'origine marine, M.E. : formes marines-estuariennes, M.a. : formes marines accessoires, M.o. : formes marines occasionnelles.
 A.P.L. : abondance des populations lagunaires : * rares, **abondantes, *** très abondantes.
 R : reproduction lagunaire.
 D.L. : distribution lagunaire : V = vaste, L = limitée, S = saisonnière, P = permanente.
 E. : euryhalinité : * faible, ** forte, *** quasi-totale.

Figure 3 : Les grandes catégories dans les peuplements de poissons de la lagune Ebrié. (D'après Albaret, 1988).
 The broad categories in fish communities of the Ebrié Lagoon. (From Albaret, 1988).

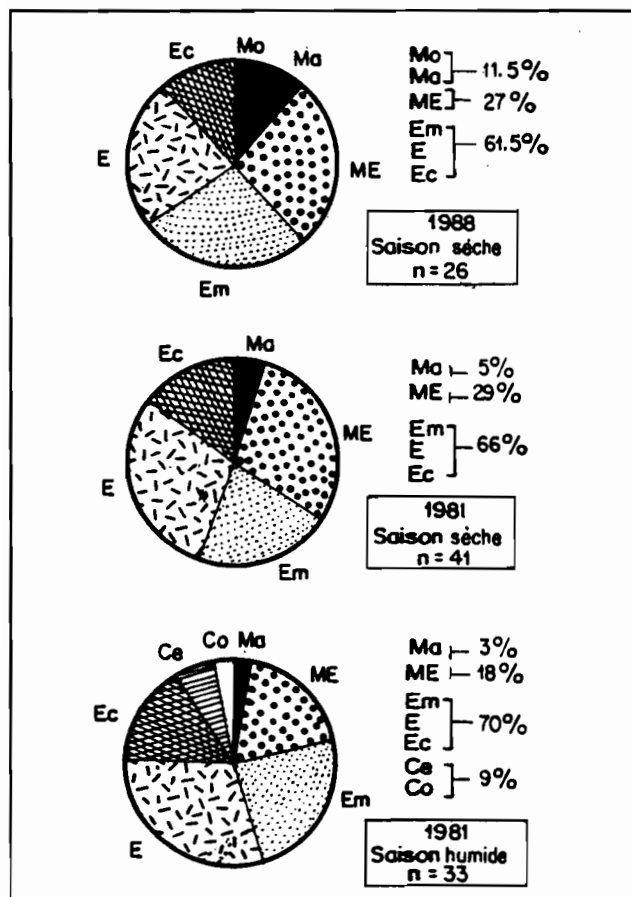


Figure 4 - Nature des peuplements de la région lagunaire comprise entre Bingerville et Vitre (en saison sèche 1988), en saisons sèche et humide 1981). Abréviations, voir fig.3 ; n = nombre d'espèces.

Nature of fish communities between Bingerville and Vitre island (during the 1988 dry season and during the 1981 dry and wet seasons). See fig. 3 for abbreviations ; n = number of species.

formes estuariennes, majoritaires dans ce secteur (Fig. 4). En saison sèche, les peuplements s'apparentent largement à ceux du secteur maritime (secteur III, fig. 1) avec lequel la limite devient assez floue.

La p.u.e. moyenne, d'environ 20 kg par coup de senne expérimentale, ce qui correspond à une ichtyomasse moyenne de 29 kg/ha, est la plus forte relevée en lagune Ebrié après celle du secteur VI (Fig.1). Cette biomasse est principalement constituée de poissons appartenant à des espèces de petite taille et de formes juvéniles d'espèces de taille plus importante.

Les variations saisonnières de l'ichtyomasse sont largement déterminées par les variations saisonnières d'abondance de l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) qui est l'espèce dominante (70% en poids de l'échantillon global, Fig. 5) avec une période d'abondance minimale de septembre à janvier pendant laquelle les *Chrysichthys* et les tilapias

(*Tilapia guineensis* et *Sarotherodon malanoteron*) constituent une part importante des captures.

Rappelons enfin que, malgré cette richesse ichtyologique apparente, l'exploitation halieutique de ce secteur demeure relativement limitée (Durand *et al.*, 1978), peut-être en raison des difficultés de mise en oeuvre des engins «collectifs» telles les sennes de rivage et les sennes tournantes coulissantes (fort courant, nombreux piquets utilisés par la pêche crevettière ...).

3.1.2. Evaluation de la situation postérieure à l'ouverture du grau de Bassam

La figure 4 présente une comparaison sommaire de la nature des peuplements observés :

- avant l'ouverture en saison sèche,
- avant l'ouverture en saison humide et
- après l'ouverture en fin de saison sèche.

Cette comparaison qui se fonde sur des données de valeur très inégale (plusieurs mois d'échantillonnage avant l'ouverture et quelques observations ponctuelles après celle-ci) montre néanmoins qu'il n'y a pas eu de bouleversement de la composition faunistique globale et que la liste des espèces établie après l'ouverture est tout à fait comparative, à quelques exceptions près, à ce qui pouvait être observé avant l'ouverture, à la même époque. En revanche, les différences de composition faunistique semblent nettes entre ces observations post-ouverture en saison sèche et celles de la saison des pluies pré-ouverture où figure un nombre important d'espèces continentales (Fig. 5).

En ce qui concerne la distribution des espèces au sein des peuplements, l'ethmalose reste l'espèce largement dominante (Tab. 1). Parmi les dix espèces les plus abondantes dans les relevés effectués après l'ouverture, six figuraient déjà parmi les dix premières de la distribution caractérisant la saison sèche avant la mise en communication. Il faut noter la progression, depuis l'ouverture, de *T. guineensis*, d'*Hemichromis fasciatus* (mais le mode d'échantillonnage dominant à la senne de rivage y est sans doute pour beaucoup) et de *Sphyraena afra*. En revanche, on peut remarquer le recul des *Elops lacerta* et celui très marqué des *Chrysichthys*. On constate aussi que *Sardinella maderensis* ne figure plus dans les relevés mais l'abondance de cette espèce en lagune, et particulièrement dans ce secteur, est limitée dans le temps et sujette à de fortes variations interannuelles.

Tableau 1 – Agencement des 20 premières espèces dans les élevés du secteur II en mai 1988 et en 1981 (SS = Saison sèche, SP = Saison des pluies, * = espèce présente dans l'échantillon mais rang supérieur à 20 ; - = espèce absente dans l'échantillon).

Arrangement of the first 20 species in the survey of sector II in May 1988 and in 1981 (SS = Dry season and SP = Runy season, * = species present in the sample but rank over 20 ; - = missing species in the sample).

Espèces	mai 88	s.s. 81	s.p. 81
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	1	1	1
<i>Tilapia guineensis</i>	2	8	8
<i>Sphyraena afra</i>	3	20	19
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	4	5	14
<i>Hemichromis fasciatus</i>	5	16	*
<i>Citharichthys stampflii</i>	6	4	10
<i>Trachinotus teraia</i>	7	10	*
<i>Caranx hippos</i>	8	13	*
<i>Cynoglossus senegalensis</i>	9	*	17
<i>Eucinostomus melanopterus</i>	10	9	20
<i>Liza grandisquamis</i>	11	*	18
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	12	17	4
<i>Pomadasys jubelini</i>	13	15	12
<i>Pellonula afzeliusi</i>	14	12	6
<i>Liza falcipinnis</i>	15	*	*
<i>Elops lacerta</i>	16	3	5
<i>Epinephelus aeneus</i>	17	*	-
<i>Tylochromis jentinki</i>	18	19	13
<i>Porogobius schlegelii</i>	19	*	*
<i>Polynemus quadrifilis</i>	20	18	11
<i>Sardinella maderensis</i>	-	2	-
<i>Monodactylus sebae</i>	-	6	9
<i>Chrysichthys maurus</i>	-	7	2
<i>Caranx senegallus</i>	-	11	-
<i>Gerres nigri</i>	-	14	16
<i>Pseudotolithus elongatus</i>	-	*	3
<i>Chrysichthys auratus</i>	-	*	7
<i>Schilbe mandibularis</i>	-	-	15
Nombre d'espèces total	26	41	33

3.2. Les lagunes Potou et Aghien

3.2.1. Rappel des connaissances sur la situation antérieure à la réouverture du grau

Les caractéristiques ichtyologiques de cette région lagunaire sont bien particulières car fortement influencées par la proximité des fleuves Comoé et Mé. La richesse spécifique de cette région qui s'apparente à une zone de tran-

sition avec le paralique lointain (zone VI) dans l'échelle de confinement proposée par Guelorget et Perthuisot (1983), demeure relativement élevée grâce à l'apport de nombreuses formes continentales (Fig. 6). Les communautés de poissons à caractère continental prononcé y semblent stables (notamment en lagune Aghien) et bien structurées (Albaret, 1988). Les rendements pondéraux des pêches expérimentales sont les plus faibles enregistrés en lagune Ebrié (15 kg/ha), mais cela est essentiellement dû à la petite taille des poissons capturés (petites espèces et formes juvéniles d'espèces plus grandes). Les espèces dominantes dans les distributions d'abondance sont les trois *Chrysichthys* (*C. maurus* étant le plus abondant) et des formes typiquement continentales telles *Pailia pellucida*, *Schilbe mandibularis*, *S. mystus*...

3.2.2. Evaluation de la situation postérieure à l'ouverture du grau de Bassam

Les enquêtes sur les captures effectuées par les pêcheurs artisans ainsi que les informations recueillies auprès de ces derniers indiquent que les modifications environnementales survenues depuis l'ouverture du grau de Bassam se sont accompagnées d'une modification sensible des peuplements de poissons. La figure 6 montre que, globalement, la composante marine s'est largement développée au sein des peuplements de ce secteur alors que les espèces à affinité continentale ont notablement régressé.

L'ethmalose, fort rare auparavant dans ce secteur (0,06% des prises des pêches expérimentales), devient très abondante après l'ouverture du grau de Grand-Bassam (jusqu'en lagune Aghien où elle n'avait jamais été capturée) (Tab. 2). De même *Polynemus quadrifilis* est devenu un élément majeur dans les captures effectuées dans ce secteur où il n'était que peu abondant. Les mullets (*Liza falcipinnis*) qui n'avaient jamais été capturés lors des prospections de 1980/1981 sont désormais très abondants, y compris en lagune Aghien (Tab. 2). Une autre espèce, *Caranx hippos* d'origine marine (forme Marine Estuarienne), n'avait jamais été signalée dans ce secteur. On a également noté l'abondance nouvelle des crabes *Callinectes*. En revanche, d'après nos observations, confirmées par celles des pêcheurs professionnels, les «mâchoirons» (*Chrysichthys maurus*, *C. nigrodigitatus* et *C. auratus*), autrefois les espèces dominantes dans ce secteur lagunaire, se sont nettement raréfiés ; *C. nigrodigitatus* paraissant être l'espèce qui s'est le mieux maintenue (Tab. 2). De la même façon, cer

Tableau 2 - Agencement des 20 premières espèces dans les relevés de secteur I, en mai 1988 et en 1981 (SS = saison sèche, SP = saison des pluies. * = espèce présente dans l'échantillon mais rang supérieur à 20 ; - = espèce absente dans l'échantillon).

Arrangement of the first twenty species in the survey of sector I in May 1988 and in 1981. (SS = dry season and SP = rainy season. * = species present in the sample but rank over 20 ; missing species in the sample).

Espèces	mai 88	s.s. 81	s.p. 81
<i>Ethmalosa fimbriata</i>	1	*	-
<i>Polynemus quadrifilis</i>	2	*	*
<i>Liza falcipinnis</i>	3	-	-
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	4	6	3
<i>Elops lacerta</i>	5	5	6
<i>Sphyraena afra</i>	6	11	*
<i>Clarias anguillaris</i>	7	-	-
<i>Heterobranchus sp.</i>	8	*	-
<i>Caranx hippos</i>	9	-	-
<i>Pomadasyd jubelini</i>	10	*	*
<i>Tylochromis jentinki</i>	11	12	12
<i>Monodactylus sebae</i>	12	*	*
<i>Parailia pellucida</i>	-	1	4
<i>Chrysichthys maurus</i>	-	2	1
<i>Schilbe mandibularis</i>	-	3	5
<i>Pellonula afzeliusi</i>	-	4	11
<i>Chrysichthys auratus</i>	-	7	2
<i>Tilapia guineensis</i>	-	8	10
<i>Trachinotus teraia</i>	-	9	*
<i>Tilapia mariae</i>	-	10	-
<i>Schilbe mystus</i>	-	13	7
<i>Brycinus longipinnis</i>	-	14	15
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	-	15	9
Nombre d'espèces total	12	32	30

taines espèces typiquement continentales autrefois très abondantes dans ce secteur même en saison sèche (*Parailia pellucida*, *Schilbe mandibularis*, *S. mystus*) ne figurent plus dans les captures ; c'est également le cas de formes moins communes comme *Brycinus longipinnis*, *B. macrolepidotus*, certains Mormyridae, etc. Les deux espèces continentales observées lors de la prospection de 1988, *Heterobranchus longifilis* et *Clarias anguillaris*, sont cantonnées à proximité de l'embouchure de la Mé, dans les zones de bordure.

3.3. La région proche de la nouvelle embouchure (Grand-Bassam, Moossou)

3.3.1. Données de référence

Les informations sur cette région qui se

prête mal à un échantillonnage à la senne tournante (courant fort, très nombreuses palangres) concernent l'est et le sud-est de l'île de Vitré et l'embouchure du fleuve Comoé (Fig.2). Le peuplement, avant l'ouverture, y est peu diversifié (19 espèces) et essentiellement composé de formes estuariennes (Fig. 7) (Albaret, 1988).

3.3.2. Evaluation de la situation de la postérieure à l'ouverture du grau de Bassam

Les résultats des chalutages expérimentaux de mai 1988, associés aux observations effectuées lors des enquêtes de pêche (Fig. 7) montrent que les peuplements de ce secteur lagunaire ont été complètement bouleversés par l'ouverture du grau. La richesse spécifique a augmenté (N = 28) et surtout la proportion entre formes estuariennes et marines s'est inversée avec maintenant environ 65% d'espèces marines. Ces dernières sont représentées en parts égales par des formes Marines-Estuariennes (espèces marines ayant cependant une large répartition spatio-temporelle en lagune correspondant à des aptitudes osmorégulatrices poussées) et par des formes marines accessoires ou occasionnelles plus sténohalines dont la présence en lagune est très limitée dans le temps et/ou l'espace.

Les espèces marines *Eucinostomus melanopterus* et *Chloroscombrus chrysurus* sont, dans cet ordre, les espèces les plus abondantes. *Citharichthys stampflii* et *Gerres nigri* sont les formes estuariennes les mieux représentées.

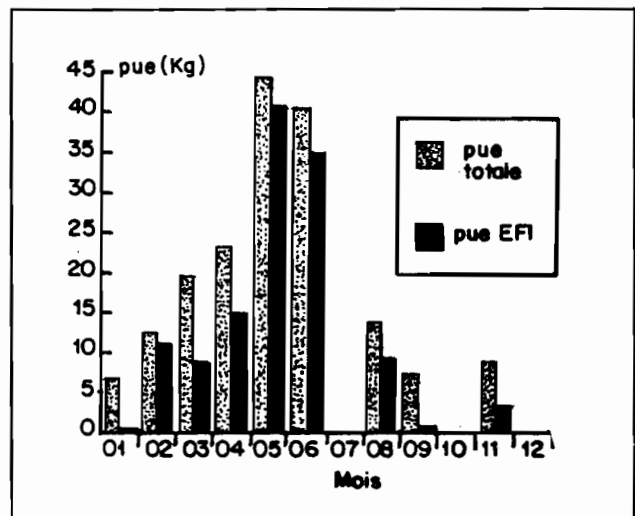


Figure 5 - Variations saisonnières de l'abondance totale et de celle de l'ethmalose (EFI) dans le secteur lagunaire compris entre Bingerville et l'île Vitré en 1980-1981. Seasonal changes in the total, and the *Ethmalosa fimbriata* (EFI) abundance (c.p.u.e.) between Bingerville and Vitre island in 1980-1981.

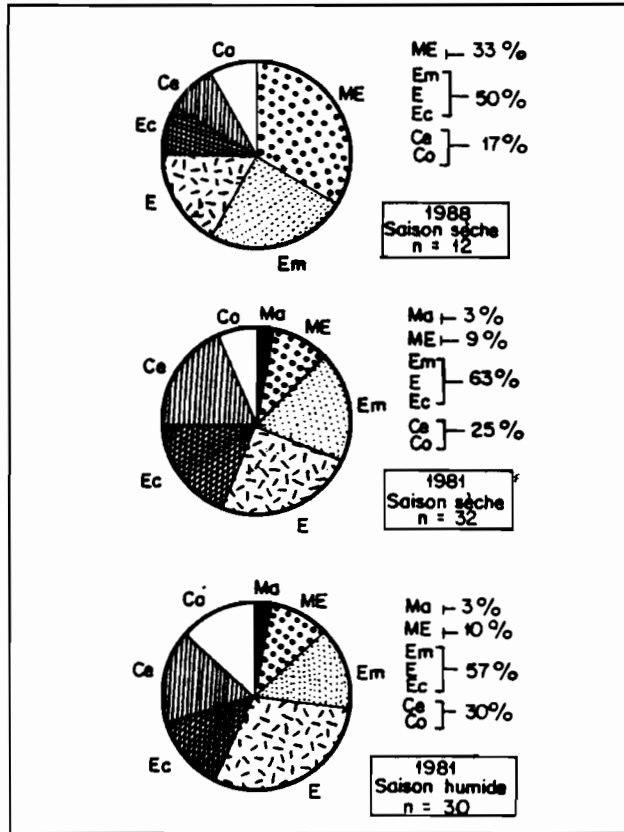


Figure 6 : Nature des peuplements des lagunes Aghien et Potou (en saison sèche 1988, en saison sèche et humide 1981). Abréviation, voir figure 3 ; n = nombre d'espèces. Nature of fish communities in the Aghien and Potou Lagoons (during the 1988 dry season and during the 1981 dry and wet seasons). See figure 3 for abbreviation ; n = number of species.

Plusieurs espèces d'invertébrés ont été capturées au cours de ce chalutage ; méduse en quantités considérables provoquant la saturation du chalut, céphalopodes (*Octopus sp.* et *Sepia sp.*) et crustacés (*Callinectes pallidus*, *Caridina africana* et *Penaeus notialis*).

Par l'importance de la composante thalassique et sa composition spécifique, ce peuplement paraît très proche de ceux échantillonnés de la même manière (chalut expérimental identique) dans la région proche du canal de Vridi. Les quelques observations réalisées sur l'état sexuel des poissons (Ecoutin et Albaret, 1988) permettent en outre de préciser que la zone de Grand-Bassam est devenue, comme la région de Vridi, un lieu de reproduction pour de nombreuses espèces dont *Liza grandisquamis*, *Cynoglossus senegalensis*, *Gerres nigri*, *Antennarius occidentalis*, *Citharichthys stampflii* ...

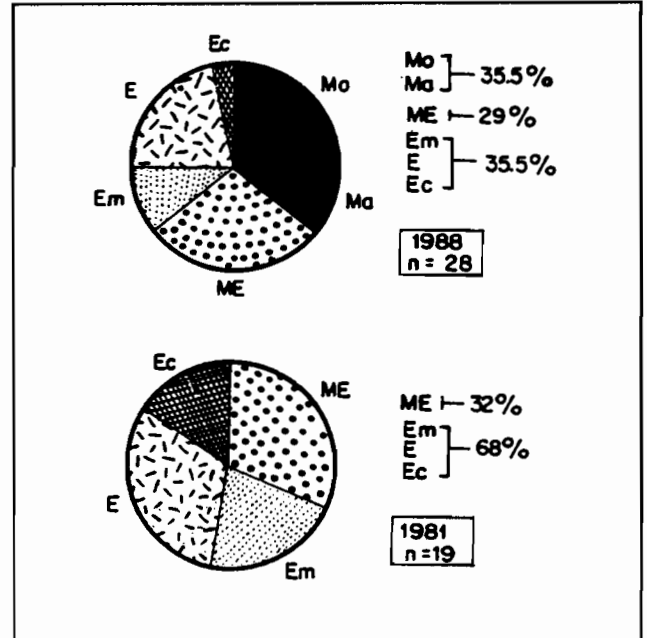


Figure 7 : Nature des peuplements dans la zone lagunaire proche de Grand-Bassam (saison sèche 1988, saison sèche 1981). Abréviation, voir figure 3 ; n = nombre d'espèce.

Nature of fish communities in the Grand-Bassam lagoon area (during the 1988 and 1981 dry seasons. See fig.3 for abbreviations ; n = number of species).

CONCLUSION

Les données et interprétations préliminaires dans cette note sont le fruit de deux courtes missions effectuées dans la partie orientale de la lagune Ebrié pour tenter d'évaluer sommairement et quantitativement les principales modifications de l'environnement, des peuplements de poissons et de l'activité halieutique consécutives à la réouverture artificielle du grau de Grand-Bassam. Ces observations, effectuées en mai 1988, surviennent 8 mois environ après la mise en communication directe de ce secteur lagunaire avec l'océan alors que la position, la morphologie et l'hydrologie de la nouvelle passe sont toujours en évolution. Malgré leur caractère ponctuel et fragmentaire, ces données qui constituent les seules références dans le domaine de l'ichthyologie montrent que des modifications profondes sont survenues dans la nature des peuplements de poissons dans la région située à proximité immédiate de l'ouverture, bien sûr, mais aussi dans l'ensemble du secteur I composé des lagunes Aghien et Potou.

Il n'est pas aisé, en l'état actuel de nos connaissances de préciser l'impact - effectif ou potentiel - de cette évolution vers une «marinisation» des peuplements sur l'activité

halieutique. Certaines observations (Ecoutin et Albaret, 1988) semblent indiquer un regain d'intérêt pour la pêche dans les secteurs I et II touchés par la réouverture du grau de Bassam. Regain d'intérêt que l'on peut lier au développement d'espèces comme l'ethmalose, mais aussi à celui d'espèces nobles à affinité marine comme les trachinotes (*Trachinotus teraia*), les capitaines (*Polynemus quadrifilis*), les pomadasys (*Pomadasys jubelini*), les mullets (*Liza grandisquamis*). Ce développement correspond à une extension de la zone écologiquement «favorable» à ces espèces (conditions halines notamment), mais on peut également souligner que l'ouverture du grau de Grand-Bassam favorise dans une large mesure la reproduction de ces espèces (ethmalose en particulier) en élargissant notablement la zone propice à la maturation des gonades et à la ponte.

A l'opposé, les formes continentales ont tendance à régresser, c'est le cas des *Pellonula*, des *Chrysichthys*, des silures, des *Schilbeidae* ... dont l'intérêt commercial était cependant limité dans cette partie de la lagune Ebrié par la petite taille des individus. Ajoutons enfin, que la lagune Aghien, douce en permanence avait été retenue pour l'élevage du tilapia d'eau douce *Oreochromis niloticus*. L'augmentation de salinité consécutive à l'ouverture du grau compromet cette activité aquacole dans ce secteur qui, en revanche, si la situation se pérennise, pourra faire partie de la zone potentiellement favorable à l'élevage de certaines espèces autochtones.

BIBLIOGRAPHIE

Albaret J.J., 1988.- Les poissons : biologie et peuplement. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2. Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. Dufour (P.), Durand (J.R.) et Zabi (G.S.) (Eds). 35 p., à paraître.

Albaret J.J., Legendre M., 1985.- Biologie et écologie des *Mugilidae* en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 18 (4) : 281-303.

Debysier J., 1955.- Etude sédimentologique du système lagunaire d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Rév. Inst. Franç. pétrole*, 10 (5) : 319-334.

Durand J.R., Amon Kothias J.B., Ecoutin J.M., Gerlotto F., Hié Daré J.P., Laé R., 1978.- Statistiques de pêche en lagune Ebrié. Année 1976-77. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (2) : 67-114.

Durand J.R., Chantraine J.M., 1982.- L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 15 (2) : 85-113.

Durand J.R., Skubich M., 1982.- Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27 (3) : 261-272.

Ecoutin J.M., Albaret J.J., 1988.- Données préliminaires sur les effets de la réouverture du grau de Bassam sur les peuplements de poissons et l'activité halieutique. *Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 27 p. (sous presse).

Guelorget O. Perthuisot J.P., 1983.- Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et écologiques du confinement. *Presse de l'Ecole Normale Supérieure*, Paris, 138 p.

Guiral D., 1988.- Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. *In* : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2. Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. Dufour (P.), Durand (J.R.) et Zabi (G.S.) (Eds), 12 p., à paraître.

Kapetsky J.M., 1981.- Pêche artisanale en lagunes côtières et estuaires : sa place dans le secteur des pêches, quelques réflexions sur son aménagement et son développement. *COPACE/TECH/81/36* 32 p.

Kwei E.A., 1977.- Biological, chemical and hydrological characters of coastal lagoons of Ghana, West Africa. *Hydrobiologia*, 56 (2) : 157-174.

Pauly D., 1975.- On the ecology of a small West African lagoon. *Ber. dt. wiss. Kommk. Mecresforsh*, 24 : 49-62.

Varlet F., 1978.- Le régime alimentaire de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Traits physiques essentiels. Trav. Doc. ORSTOM*, n°83 : 164 p.

A N N E X E
LISTE DES ESPECES DE POISSONS RENCONTREES EN MAI 1988
OSTEICHTHYES

Elopiiformes	1 ELOPIDAE	<i>Elops</i>	<i>lacerta</i>
Albuliformes	2 ALBULIDAE	<i>Albula</i>	<i>vulpes</i>
Clupeiformes	3 CLUPEIDAE	<i>Ethmalosa</i>	<i>fimbriata</i>
		<i>Pellonula</i>	<i>afzeliusi</i>
Siluriformes	4 BAGRIDAE	<i>Chrysichthys</i>	<i>nigrodigitatus</i>
	5 CLARIIDAE	<i>Clarias</i>	<i>anguillaris</i>
		<i>Heterobranchus</i>	<i>longifilis</i>
Lophiiformes	6 ANTENNARIIDAE	<i>Antennarius</i>	<i>occidentalis</i>
Atheriniformes	7 HEMIRAMPHIDAE	<i>Hyporamphus</i>	<i>picarti</i>
Scorpaeniformes	8 SCORPAENIDAE	<i>Pontinus</i>	<i>accraensis</i> (1)
Perciformes	9 SERRANIDAE	<i>Epinephelus</i>	<i>aeneus</i>
	10 CARANGIDAE	<i>Caranx</i>	<i>hippos</i>
		<i>Caranx</i>	<i>senegalus</i>
		<i>Chloroscombrus</i>	<i>chrysurus</i>
		<i>Trachinotus</i>	<i>teraia</i>
	11 LUTJANIDAE	<i>Lutjanus</i>	<i>goreensis</i>
	12 LOBOTIDAE	<i>Lobotes</i>	<i>surinamensis</i> (1)
	13 GERREIDAE	<i>Eucinostomus</i>	<i>melanopterus</i>
		<i>Gerres</i>	<i>nigri</i>
	14 HAEMULIDAE	<i>Pomadasys</i>	<i>jubelini</i>
		<i>Plectorhinchus</i>	<i>macrolepis</i>
	15 LETHRINIDAE	<i>Lethrinus</i>	<i>atlanticus</i>
	16 MONODACTYLIDAE	<i>Monodactylus</i>	<i>sebae</i>
	17 CICHLIDAE	<i>Tylochromis</i>	<i>jentinki</i>
		<i>Sarotherodon</i>	<i>melanotheron</i>
		<i>Tilapia</i>	<i>guineensis</i>
		<i>Hemichromis</i>	<i>fasciatus</i>
	18 MUGILIDAE	<i>Liza</i>	<i>grandisquamis</i>
		<i>Mugil</i>	<i>curema</i>
	19 SPHYRAENIDAE	<i>Sphyraena</i>	<i>afra</i>
	20 POLYNEMIDAE	<i>Galeoides</i>	<i>decadactylus</i>
		<i>Polynemus</i>	<i>quadrifilis</i>
	21 BLENNIIDAE	<i>Hypleurochilus</i>	<i>bananensis</i> (1)
	22 GOBIIDAE	<i>Porogobius</i>	<i>schlegetii</i>
		<i>Gobionellus</i>	<i>occidentalis</i>
	23 ELEOTRIDAE	<i>Eleotris</i>	<i>sp.</i>
	24 ACANTHURIDAE	<i>Acanthurus</i>	<i>monroviae</i>
	25 TRICHIURIDAE	<i>Trichiurus</i>	<i>lepturus</i>
	26 SCOMBRIDAE	<i>Scomberomorus</i>	<i>tritor</i>
Pleuronectiformes	27 BOTHIDAE	<i>Citharichthys</i>	<i>stampflii</i>
	28 CYNOGLOSSIDAE	<i>Cynoglossus</i>	<i>senegalensis</i>
Tetraodontiformes	29 TETRAODONTIDAE	<i>Lagocephalus</i>	<i>laevigatus</i>
	30 MONACANTHIDAE	<i>Alutera</i>	<i>punctata</i> (1)
		<i>Stephanolepis</i>	<i>hispidus</i> (1)

(1) Espèces nouvelles pour la lagune Ebrié.

EVALUATION DES METHODES DE LUTTE

(10) DOSES EFFICACES EN GLYPHOSATE ET EN 2,4 -D
POUR LE CONTROLE CHIMIQUE DES LAITUE D'EAU
(*PISTIA STRATIOTES*, LINN.) ET TOXICITE
DU GLYPHOSATE VIS-A-VIS DES TILAPIAS
(*SAROTHERODON MELANOTHERON*)

GLYPHOSATE AND 2,4 -D EFFICACIOUS DOSES
FOR THE CHEMICAL CONTROL OF WATER LETTUCE
(*PISTIA STRATIOTES*, LINN.)
AND TOXICITY OF GLYPHOSATE AGAINST TILAPIAS
(*SAROTHERODON MELANOTHERON*)

Par

ETIEN N., N. KABA et J.B. AMON KOTHIAS
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

---ooOoo---

RESUME

Les effets toxiques des herbicides Round up (glyphosate) et 2,4 -D (herbazol) ont été testés puis comparés sur des échantillons de salade d'eau (*Pistia stratiotes*, Linn., Aracées) mis en culture dans des aquariums en verre. Le glyphosate paraît plus toxique sur ces plantes que le 2,4 -D. Il a été donc testé sur des juvéniles de tilapia *Sarotherodon melanothereon*. La dose létale chez le tilapia (CL₅₀ = 13.25 mg.l⁻¹) est 18, 37 et 74 fois environ plus élevée que la dose toxique de glyphosate chez les plantes pour les profondeurs d'eau de 1, 2 et 4 mètres respectivement.

Mots - clés : *Pistia stratiotes*, lutte chimique, *Sarotherodon melanothereon*, dose létale.

ABSTRACT

The toxic effects of two herbicides Round up (glyphosate) of 2,4 -D (herbazol) were tested on *Pistia stratiotes* (Linn. Araceae) samples cultivated in glass aquariums. The glyphosate appears to be more toxic on *Pistia stratiotes* than 2,4 -D. It was then tested on tilapia *Sarotherodon melanothereon* juveniles.

The lethal dose for tilapia (CL₅₀ = 13.25 mg.l⁻¹) is about 18, 37 and 74 times higher than the glyphosate toxic dose for plants at 1, 2 and 4 meters water depth respectively.

Key - words : *Pistia stratiotes*, chemical control, *Sarotherodon melanothereon*, lethal dose.

INTRODUCTION

La salade d'eau (*Pistia stratiotes*, Linn., Aracées) constituait, antérieurement à l'ouverture du Canal de Vridi, une espèce commune de la lagune Ebrié, colonisant particulièrement les criques et les baies à fort taux de sédimentation aux contacts des eaux vives continentales (Guiral et Etien, 1991). Mais à l'ouverture permanente du Canal de Vridi en 1951 (Varlet, 1978), elle n'est observée, dans l'ensemble du secteur Est de la lagune, qu'en période de post-crue du fleuve Comoé, constituant des îlots flottants et dérivants. Cette évolution s'est reproduite annuellement jusqu'en 1984, avec une intensité et une durée liée à l'importance de la crue, et donc de la dessalure des eaux lagunaires.

Par ailleurs, les lacs de barrage hydro-électrique (Ayamé, Kossou, Taabo et Buyo) sont également colonisés par cette espèce (Mouraret, 1971 ; Mulligan, 1972 et Sankaré *et al.*, 1986).

La biomasse végétale de l'espèce augmentant très rapidement par reproduction végétative (Mitchell, 1974), sa prolifération est souvent spectaculaire et gênante pour certaines activités humaines : obstacle à la pêche, à la navigation et aux activités de tourisme, obstruction des canaux de drainage et d'irrigation. Malencontreusement, cette prolifération est toujours consécutive à d'autres activités humaines : rejets dans les eaux de déchets d'usine, de ménage, d'engrais chimiques, déforestation, destruction de la faune aquatique herbivore (Charbonnel, 1989).

A travers le monde, la lutte contre les plantes aquatiques flottantes envahissantes est préoccupante et divers moyens sont utilisés : ramassage manuel ou mécanique, contrôle biologique et traitement chimique, avec des succès variables (Bennett, 1972 ; Edwards et Thomas, 1977 ; Ashton *et al.*, 1979 ; Room *et al.*, 1981, 1984 et 1985 ; et Mitchell, 1985).

Chacune de ces voies d'approche présente un intérêt particulier :

- Le contrôle biologique est une solution économique viable (Bennett, 1972 ; Wright, 1981 ; Room et Thomas, 1985 ; Room *et al.*, 1981 et 1984 et Thomas et Room, 1984) car moins brutal mais bien plus durable ; il permet de réduire l'abondance de l'espèce indésirable sans l'éradiquer totalement ;

- La récolte des végétaux, par contre, peut permettre d'éviter le phénomène d'eutrophisation (Hammer et Bastion, 1988). Dans certains cas, les plantes collectées (telle la jacinthe d'eau, *Eichhornia crassipes*, Solms-Laub., Pontédériacées) sont, en outre, une assez bonne source de bio-gaz, d'aliments de bétail ou d'engrais (Oso, 1988 et Amon Kothias, com. pers.) ;

- Dans le cas de la lutte chimique, les résultats sont obtenus dans un délai de temps relativement court, et elle est généralement moins coûteuse que la récolte mécanique ; mais l'inconvénient majeur est le risque d'intoxication de l'environnement (Ashton *et al.*, 1979 ; Mitchell, 1985 et Room et Gill, 1985).

La présente étude se propose de déterminer les doses efficaces de deux herbicides pour le contrôle chimique de la salade d'eau (*Pistia stratiotes*, Linn., Aracées) et de vérifier la toxicité de l'herbicide le plus efficace sur une ressource halieutique exploitée (le tilapia *Sarotherodon melanotheron*).

1 - MATERIEL ET METHODES

Dans cette étude axée sur le traitement chimique de *P. stratiotes*, nous nous proposons d'utiliser deux herbicides (Tableau 1) :

- le glyphosate (N-Phosphonométhyl glycine ou Round Up), inhibiteur de la biosynthèse d'acides aminés aromatiques et de certains enzymes ;

- l'herbazol 720 (2,4- Dichlorophénoxy acide acétique ou 2,4- D), activateur du métabolisme des phosphates et modificateur des acides nucléiques.

Ces herbicides sont couramment utilisés dans l'agriculture en Côte d'Ivoire et ont été essayés sur des plantes aquatiques dans d'autres laboratoires (Brandt, 1983 ; Reish 1986 ; Montégut, 1987 ; Goldsborough and Brown, 1988). Certains de leurs propriétés physico-chimiques (solubilité dans l'eau pour les doses utilisées, volatilité négligeable, biodégradabilité avec la demi-vie du glyphosate variant de 2 à 10 semaines dans l'eau et celle du 2, 4- D allant de 1.4 à 2.8 heures dans l'eau ; Brandt, 1983) font qu'ils ont des rémanences relativement faibles et ne présentent presque pas de danger pour l'homme au cours de l'application et du nettoyage du matériel.

Les plantes (poids moyen = 30.9 ± 15.2 g) ont été prélevées sur le lac Ayamé compris entre les barrages hydroélectriques Ayamé I et II.

Les poissons (poids moyen = 6.50 ± 1.00 g) proviennent de la station piscicole de Layo.

L'eau de l'expérimentation provient du lac Ayamé (PH = 5.70 ± 0.10 ; turbidité = 50 NTU) pour les plantes et de la station piscicole de Layo (PH = 7.30 ± 0.10 ; turbidité = 40 NTU) pour les poissons.

Les différentes doses utilisées sont préparées en fonction des paramètres suivants :

- Dose efficace fournie par la littérature (Worthing, 1983) spécialisée (10 l.ha^{-1} pour le glyphosate et 6 l.ha^{-1} pour le 2,4-D) ;

- Aire couverte par les plantes dans chaque aquarium (0.18 m^2) ;

- Concentration de matière active contenue dans la solution mère du produit (360 g.l^{-1} pour le glyphosate et 720 g.l^{-1} pour le 2,4-D).

Ainsi les doses suivantes (en g.m^{-2}) ont été appliquées sur les plantes :

- glyphosate : 0.72; 0.36; 0.18 et 0.09.

- 2,4-D : 0.88; 0.44; 0.22 et 0.11.

Le mode opératoire a comporté deux phases dans son déroulement :

Tableau 1 – Caractéristiques des herbicides Round Up et 2,4-D.
 Characteristics of herbicides Round Up and 2,4-D.

Nom commun	Round Up	Herbazol 720 ou 2,4 -D
Nom scientifique	N- (phosphonometyl) glycine ou glyphosate	(2,4 - Dichlorophenoxy) acide acétique
Solubilité	10 g/l à 25°C dans l'eau	620 mg/l à 25°C dans l'eau
Aspect physique	Solide blanc	Poudre colorée
Volatilité	Négligeable	Négligeable
Formulation	Liquide jaune à jaune ambré, légèrement sirupeux	Liquide marron
Concentration de matière active	360 g/l de glyphosate dans la solution mère	720 g/l de 2,4 -D dans la solution mère
Mode d'action	Absorption à travers les feuilles et diffusion au niveau des racines des rhizomes Inhibition de la biosynthèse des acides aminés aromatiques et de certains enzymes.	Absorption à travers les feuilles et diffusion dans la plante Activation du métabolisme des phosphates et modification des acides nucléiques.
Toxicité	DL50 par voie orale chez les rats mâles et femelles : 4900 mg/kg. DL50 par voie cutanée chez le lapin : supérieure à 7940 mg/kg. Produit légèrement irritant pour la peau et irritant pour les yeux chez le lapin : irritation inférieure à celle d'un savon de toilette contenant 10% de savon.	DL50 par voie orale chez le rat : 375 mg/kg.

- détermination des doses efficaces par soumission de différents lots de plantes à des doses croissantes de chacun des herbicides ;

- test de toxicité de l'herbicide le plus efficace sur le tilapia *Sarotherodon melano-theron*.

1.1. Test de phytotoxicité :

Une série d'aquariums parallélépipédiques en verre de 54 litres chacun est utilisée. Pour chaque herbicide deux aquariums sont réservés aux témoins et deux aquariums pour chacune des doses.

Dix pieds de "laitue d'eau" sont introduits par aquarium (soit 20 plantes par dose) contenant environ 45 litres d'eau et entourés de papier plastique noir. Les aquariums et leurs contenus sont soumis à la température ambiante et à l'éclairage du jour. Après quatre jours d'acclimatation, les feuilles des plantes sont traitées par pulvérisation des herbicides. Chaque dose est d'abord diluée dans un litre d'eau du milieu, puis pulvérisée entièrement sur toutes les feuilles des aquariums concernés.

Comme indiqué dans le tableau 1, les produits utilisés agissant au niveau du système foliaire (Brandt, 1983), l'état des feuilles peut par conséquent être utilisé comme critère de nécrose, donc comme l'effet des produits.

La phytotoxicité létale est alors définie comme la différence entre le pourcentage de feuilles jaunies dans les aquariums traités et le pourcentage de jaunissement lié au seul vieillissement des plantes (évalué à partir des témoins).

1.2. Test de toxicité sur les poissons :

Il s'agit de tester sur l'ichtyofaune lagunaire la toxicité de l'herbicide le plus efficace sur *Pistia stratiotes*. Nous avons donc fait les tests sur des juvéniles de tilapia *Sarotherodon melano-theron*, une espèce de poissons dont l'élevage est assez bien maîtrisé à la station d'aquaculture de Layo (Legendre, 1983).

Les expériences sont faites en régime statique dans des aquariums en verre, contenant 50 litres d'eau chacun. Deux aquariums sont utilisés par concentration et deux autres pour les témoins en raison de 7 poissons par aquarium (soit 14 poissons par concentration testée).

A partir d'un essai préliminaire, les concentrations de l'herbicide le plus efficace correspondant à 0% et à 100% de mortalité en 24h ont été déterminées. Elles ont ensuite permis d'établir une série de concentrations pour le test définitif qui a duré 96 heures (AFNOR, 1984). A partir de cette expérience la CL50 (96h) sera déterminée par interpolation de la courbe "concentration-réponse" (Reish et Oshida, 1986).

2 - RESULTATS - DISCUSSIONS

2.1. Observations des feuilles après le traitement

Les plantes traitées ont été choisies bien saines et avec toutes les feuilles vertes. A la fin du traitement, les feuilles des aquariums témoins demeurent encore vertes alors que celles ayant subi les pulvérisations sont jaunes (Planche I : Photos a et b).

Les feuilles des plantes traitées au glyphosate, présentent des colorations blanchâtres ; cette décoloration se localise au niveau des feuilles centrales. On note, par ailleurs, que le nombre de plages jaunies sur les feuilles, de même que le nombre des feuilles en jaunissement augmentent avec les doses de glyphosate : les feuilles soumises à la dose de 0.72 g.m^{-2} sont jaunes sur toute leur surface ; de plus, pour cette même dose, les feuilles situées au centre des plantes sont complètement détruites au bout de 18 jours (Planche I : Photos b et c)

Les plantes traitées au 2,4-D, présentent, au bout de sept jours, un jaunissement de leurs feuilles qui s'accroît pour les doses les plus fortes ; ainsi, au bout de dix huit jours, le jaunissement est à son maximum pour les plantes soumises à la dose de 0.88 g.m^{-2} (Planche I : Photo d).

Le blanchissement et le jaunissement des feuilles sont les manifestations de l'effet herbicide des produits, et sont considérés comme l'accomplissement de la translocation, c'est-à-dire la migration effective du produit vers les parties immergées (racines, et stolons).

Dans le cas du traitement au glyphosate, ce phénomène survient, en général, au bout de 10 à 15 jours, surtout quand la pulvérisation est faite au moment où l'humidité relative est assez élevée (Brandt, 1983).

2.2. Représentation graphique de la phytotoxicité

L'analyse de ce paramètre fait apparaître une augmentation de la toxicité avec le temps. L'effet est plus accentué pour les doses les plus fortes. L'on se situe ainsi à environ 50% et 60% de phytotoxicité dix huit jours après le traitement respectivement pour le 2,4-D et le glyphosate (Figure 1).

De plus, la détermination de la CE50 (dose ou concentration permettant d'obtenir une efficacité équivalente à 50%) pour chacun des deux herbicides, au bout de dix huit jours d'expérimentation, a permis d'obtenir des valeurs de 0.90 g.m^{-2} pour le 2,4-D et 0.63 g.m^{-2} pour le glyphosate (Figure 2). Il faut par conséquent des quantités relativement plus faibles (30% moindre) de glyphosate pour obtenir des effets identiques à ceux du 2,4-D.

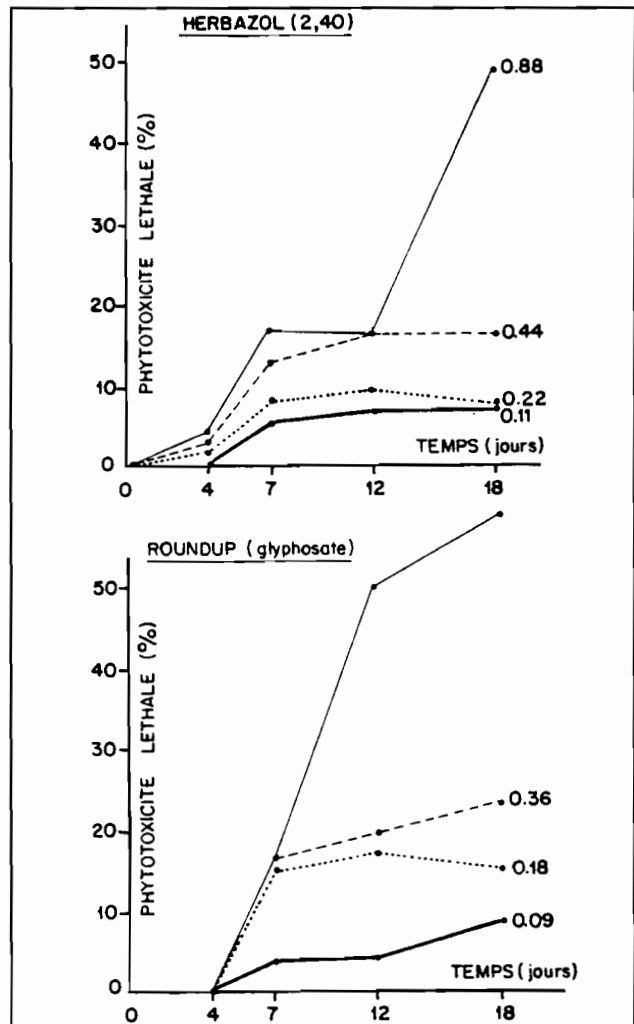


Figure 1 - Phytotoxicité du 2,4 -D (A) et du glyphosate (B) sur *Pistia stratiotes*.

Phytotoxicity of 2,4 -D (A) and glyphosate (B) on *Pistia stratiotes*.

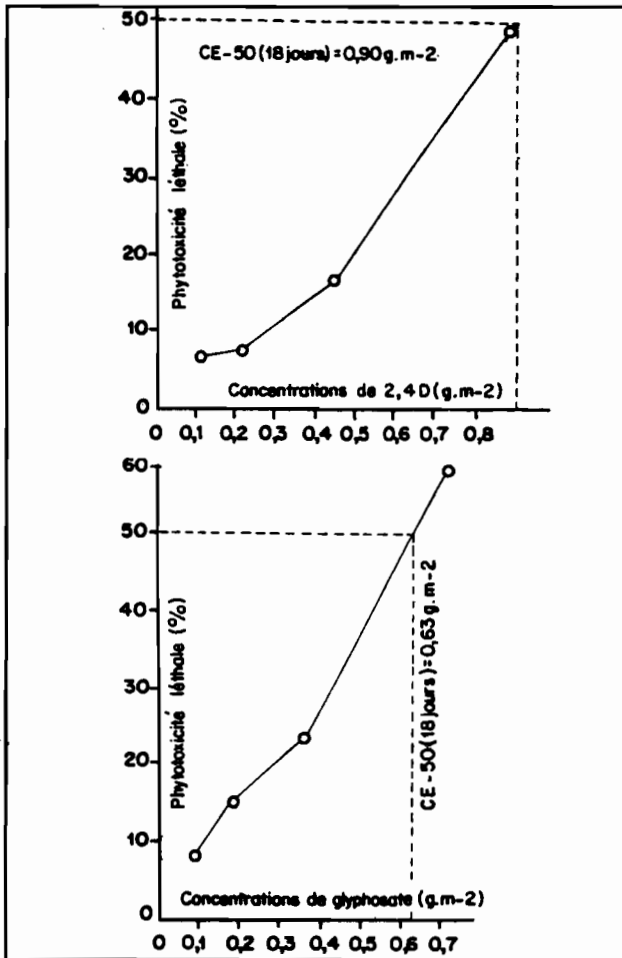


Figure 2 - Détermination graphique de la CE50 chez *Pistia stratiotes* (Effets du 2,4 -D et du glyphosate).
Graphical determination of CE50 for *Pistia stratiotes* (Effects of 2,4 -D and glyphosate).

Ces effets phytotoxiques sont certainement le reflet de dérèglements subis au niveau cellulaire : inhibition de la biosynthèse des acides aminés aromatiques et de certains enzymes dont le rôle est encore assez mal connu dans le cas du glyphosate ; inhibition de la photosynthèse et modification du métabolisme des acides nucléiques dans le cas du 2,4-D (Ware, 1927; Brandt, 1983).

Au vu des observations faites d'une part, (blanchissement et jaunissement des feuilles) et de la quantification de l'effet d'autre part, (phytotoxicité létale équivalente à 60% environ pour la dose la plus forte), le glyphosate apparaît être plus efficace sur *Pistia stratiotes*. C'est pourquoi la toxicité de ce produit sera testée sur les poissons.

2.3. Intoxication des poissons

Les concentrations qui correspondent à 0% et 100% de mortalité en 24h sont respectivement égales à 10.4 et 20.8 mg.l⁻¹. Les

concentrations testées pour le test définitif sont égales à 10.4 mg.l⁻¹, 12.5 mg.l⁻¹, 15 mg.l⁻¹ et 21.5 mg.l⁻¹. A partir de cette expérience la CL50 (96h) est déterminée par interpolation de la courbe "concentration-réponse" (Reish et Oshida, 1986).

Les résultats relatifs à cette expérience sont consignés dans le tableau 2.

Tableau 2 - Effets du glyphosate sur le poisson (juvéniles de *Sarotherodon melanotheron*).

Effects of glyphosate on fish (juveniles of *Sarotherodon melanotheron*).

Concentrations (mg.l ⁻¹)	Pourcentage de survivants en 96 heures
Témoin	100
10.40	100
12.50	57,10
15.00	35,70
18.00	0
21.60	0

La détermination graphique de la CL50 donne, dans les conditions de ce test, une valeur de 13.25 mg.l⁻¹ (Figure 3).

Si l'on ramène la dose efficace de glyphosate sur les plantes (CE=0.72 g.m⁻²) à la concentration qu'elle aurait, par dilution, dans des colonnes d'eau de profondeur de 1 m, 2 m ou 4 m, on obtiendrait respectivement : 0.72 mg.l⁻¹, 0.36 mg.l⁻¹ et 0.18 mg.l⁻¹.

L'on constate alors que la dose létale (CL₅₀ = 13.25 mg.l⁻¹) serait plus importante que ces valeurs (de 18.5, 37 et 74 fois). Autrement dit, la dose efficace de glyphosate, déterminée pour combattre les plantes ne représente pas un danger pour les poissons.

Il ressort donc que, dans l'hypothèse d'un épandage à dose efficace dans le milieu aquatique, les phénomènes de dilution, associés aux facteurs tels que la biodégradation, couplée à l'absorption sur la matière organique (Brandt, 1983), vont tendre à réduire ou annuler la toxicité du glyphosate.

3 - CONCLUSIONS

Ces essais ont permis de montrer les effets phytotoxiques des produits testés et surtout de montrer que le glyphosate est plus efficace que le 2,4-D qui, malgré son coût trois fois moindre, est plus toxique (13 fois plus toxique chez le rat comme l'a montré Worthing, 1983).

BIBLIOGRAPHIE

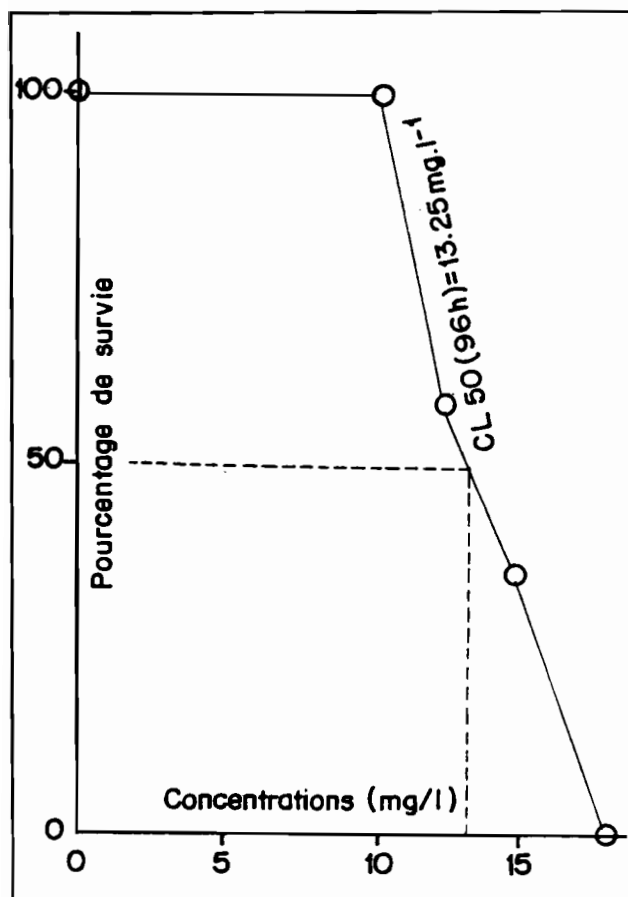


Figure 3 : Détermination graphique de la CL50 (96 h) chez le *Tilapia Sarotherodon melanotheron*. (Effets du glyphosate).
Graphical determination of CL50 (96 h) for *Tilapia Sarotherodon melanotheron*. (Effects of Glyphosate).

Il a été montré, par ailleurs, que la dose létale chez le tilapia est au moins 18, 37 et 74 fois environ plus élevée que la dose efficace chez les plantes pour des profondeurs d'eau de 1, 2 et 4 mètres respectivement. Ainsi, en cas d'un épandage dans le milieu naturel, les quantités de produit déversées seraient insignifiantes en raison des phénomènes de dilution et de biodégradation.

Au vu de cette expérimentation, l'emploi de ce produit dans le milieu naturel reste possible car il paraît sans danger apparent pour un des maillons essentiels de la chaîne trophique de l'écosystème aquatique : la faune ichtyologique. Toutefois, avant épandage à grande échelle, il reste conseillé d'effectuer des études sur la toxicité du glyphosate sur les autres maillons de la chaîne trophique qui conduit au poisson.

En tout état de cause, l'usage des herbicides dans les milieux aquatiques devra être soumis à une réglementation très stricte.

AFNOR, 1984.- Recueil de normes françaises : Essais toxico-logiques et écotoxicologiques des produits chimiques. Tour Europe CEDEX 7, 92080 Paris La Défense. 65p.

Ashton, P.J., W.E. Scott, D.J. Steyn et R.J. Wells, 1979.- The chemical control water hyacinth *Eichhronia crassipes* (Mart.). Solms. Progress in Water Technology, 13 : 865-882.

Bennett, F.D., 1972.- Some aspects of the biological control of aquatic weeds. Proceedings of the Second International Symposium on the Biological Control of Weeds, Rome 1971.

Brandt, E.J., 1983.- Rodeo^R herbicide : toxicological and environmental properties. Bull. n°1, Mosanto, St Louis, MO, 1-4.

Charbonnel Y., 1989 - Végétaux flottants : Eradication ou Domestication?. Conférence CEDEAO - Lutte contre la prolifération des végétaux flottants. Abidjan 1-6 Octobre 1989.

Goldsborough L.G. and Brown D.J., 1988 - Effect of glyphosate (Round up ^R Formulation) on periphytic algal photosynthesis. Bull. Environ. Contam. Toxicol. (1988) 41 : 253-260.

Guiral D. et N. Etien, 1991.- Les macrophytes aquatiques des berges lagunaires. J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan, Vol. 1, n°2 :

Hammer D.A., and Bastian R.K., 1988 - Wetlands Ecosystems : Naturel water purifiers? - Proceedings from the First International Conference on Constructed Wetlands, for Wastewater Treatment, held in Chattanooga, Tennessee on June 13-17, 1988.

Legendre M., 1983 - Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* (Rüppel, 1852) et de *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14 (2) : 1-36.

- Mitchell, D. S., 1974 – The effects of excessive aquatic plant population. In *Aquatic Vegetation and its use and control*. UNESCO, Paris 50–71.
- Mitchell, D.S., 1985.– African aquatic weeds and their management. In : Denny P. (eds), *The ecology and management of African wetland vegetation*. Junk Publishers, Dordrecht, 1978–202.
- Montegut J., 1987 – Les plantes aquatiques. Tome IV : Entretien – désherbage. 2^e Edition ACTA Paris.
- Mouraret M., 1971 – Etude biologique des eaux du barrage d'AyaméI en Côte d'Ivoire. Doc. Centre ORSTOM de Dakar–Hann, 30 p.
- Mulligan H.F., 1972.– *Pistia stratiotes* dans le lac de Kossou (Côte d'Ivoire). Bull. Phytosanitaire FAO, 7 (10) :
- Oso, B.A., 1988.– Invasion des eaux nigérianes par la jacinthe d'eau : observations sur le terrain. *Proceedings of International Meeting on Eichhornia crassipes*. Lagos, 1988.
- Reish J. and P.S. Oshida, 1986– Manual of methods methods in aquatic environment research. Part. 10. Short-term static bioassays. FAO Fish. Tech. Pap., 247, 62 p.
- Room, P.M., I.W. Forno et M.F.J. Taylor, 1984.– Establishment in Australia of two insects for biological control of the floating weed *Salvinia molesta*. Bull. Ent. Res., 74 : 505–516.
- Room, P.M. et J.Y. Gill, 1985.– The chemical environment of *Salvinia molesta* Mitchell : Ionic concentrations of infested waters. *Aquatic Botany*, 23 : 125–135.
- Room, P.M., K.L.S. Harley, I.W. Forno et D.P.A. Sands, 1981.– Successful biological control of the floating weed *Salvinia*. *Nature*, London, 294 : 78–80.
- Room, P.M. et P.A. Thomas, 1985.– Nitrogen and establishment beetle for biological control of the floating weed *Salvinia* in Papua New Guinea. *J. Appl. Ecology*, 22 : 139–156.
- Sankaré Y., N. Etien et J.B. Amon Kothias, 1986 – Plantes flottantes envahissantes sur les barrages d'Ayamé. NDR, Centre de Recherches Océanographiques Abidjan, 13 p
- Thomas P.A. and Room P.M., 1984 – Proc. VI Int. Symp. Biol. Contr. Weeds, 19–25 August 1984, Vancouver, Canada, Delfosse, E.S.(ed). *Agric. Can.*, pp. 567–74 (1985).
- Varlet F., 1978.– Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels. Trav. et Doc. ORSTOM, n°83, 164 p., 110 fig.
- Ware G.W., 1927 – Pesticides – Theory and application. Ed. of : The pesticide book (1978) , 291 p.
- Worthing C.R., 1983 – The pesticide manual. A word Compendium Seventh Edition. Published by the British Crop Protection Council, 565 p.
- Wright, A.D., 1981.– Biological control of water hyacinth in Australia. *Proceedings of the Fifth International Symposium on Biological Control of Weeds*. Brisbane, 1980 : 529–535.

PLANCHE I — Toxicité des herbicides (Glyphosate et Herbazol) sur *Pistia stratiotes*

a. Plantes de l'aquarium témoin à la fin de l'expérience après 18 jours.



b. Etat des feuilles, 18 jours après la pulvérisation du Round-Up (dose équivalente à 0.72 g. m^{-2}).



c. Etat des feuilles 12 jours après la pulvérisation du Round-Up (dose équivalente à 0.72 g. m^{-2}). Nécrose avancée des feuilles centrales.



d. Etat des feuilles, 18 jours après la pulvérisation du 2,4-D (dose équivalente à 0.88 g. m^{-2}).

(11) PHYTOTOXICITE DU GLYPHOSATE SUR LA JACINTHE D'EAU
(*EICHHORNIA CRASSIPES*, SOLMS)

GLYPHOSATE PHYTOTOXICITY ON WATER HYACINTH
(*EICHHORNIA CRASSIPES*)

Par

ETIEN N., N. KABA et D. GUIRAL
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 Abidjan - Côte d'Ivoire
---oo0oo---

RESUME

La toxicité de l'herbicide glyphosate a été testée sur des échantillons de jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) mis en culture dans des aquariums en verre.

La plus faible dose du produit (0.09 g.m⁻²) entraîne une augmentation de la croissance pondérale des plantes. Les doses intermédiaires (0.18 et 0.36 g.m⁻²) entraînent une diminution de cette croissance mais elles ont pour effet d'augmenter l'émission de stolons (reproduction végétative). Par contre, la dose de glyphosate égale à 0.72 g.m⁻² entraîne la destruction totale et irréversible des plantes.

Mots-clef : *Eichhornia crassipes*, lutte chimique

ABSTRACT

The toxicity of the herbicide glyphosate was tested on water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) samples cultivated in glass aquariums.

The lowest dose (0.09 g.m⁻²) leads to an increasing plant growth rate. This growth rate decreases with intermediate doses (0.18 and 0.36 g.m⁻²), which consequence is to increase stolons (vegetative reproduction). On the other hand, the dose of 0.72 g.m⁻² leads to a total and irreversible destruction of plants.

Key - words : *Eichhornia crassipes*, chemical control.

INTRODUCTION

La jacinthe d'eau *Eichhornia crassipes* est répandue dans de nombreuses régions du monde (Denny, 1985; Dutartre, 1986) : Amérique du Sud (Brésil), Amérique centrale (certaines îles des Caraïbes, états du Sud et du Sud-Ouest des Etats Unis), Asie du Sud-Est (Java, Ceylan etc...), Afrique (bassins du Nil et du Congo, Sénégal, Ghana, Togo, Bénin, Nigéria), Europe (bassin du Tage au Portugal).

En Côte d'Ivoire, de nombreux plans d'eau sont aussi envahis par la jacinthe d'eau : les lagunes Ono, Aghien et Potou; l'Est de la lagune Ebrié; la rivière La Mé, le fleuve Comoé, et le lac de barrage hydroélectrique Taabo. Après les saisons pluvieuses (période post-crues des cours d'eau), ces plantes sont transportées dans le secteur lagunaire de la ville d'Abidjan sous l'action des courants (de Mai à Novembre). Dans les baies du secteur Est de la lagune Ebrié, la couverture végétale constitue des îlots permanents peu affectés par les variations saisonnières de l'hydroclimat et de l'hydrochimie.

La colonisation de ces milieux se réalise essentiellement par reproduction végétative (Ashton *and al*, 1980).

Ces macrophytes aquatiques constituent un risque majeur pour les écosystèmes en raison de leur croissance souvent spectaculaire et de leurs impacts écologiques (engorgement et assèchement des milieux lacustres) et socio-économiques (gêne à la navigation, impossibilité de pêche etc...).

En raison de tous ces inconvénients, divers moyens ont été mis en oeuvre pour combattre ces végétaux : méthodes de lutte chimique, récoltes manuelle ou mécanique et la lutte biologique.

Les recherches sur la lutte biologique pour cette espèce sont peu avancées comparativement au contrôle chimique qui apparaît être plus facile, plus rapide et généralement moins coûteux que la lutte mécanique (Backburn, 1974). Ainsi donc, des essais utilisant des substances telles que l'ametryne ou l'imazapyr ont été tentés (Mitchell, 1974; Laur et Smart, 1988).

L'étude présente fait état des résultats obtenus en Côte d'Ivoire avec le glyphosate, herbicide utilisé dans les plantations de cocotiers, de palmiers à huile et d'hévéas.

MATERIEL ET METHODES

Les échantillons de jacinthes d'eau ainsi que l'eau d'alimentation des aquariums proviennent de la rivière La Mé. Pendant les expériences l'eau des bacs était renouvelée tous les 3 jours.

Les plantes ayant été cultivées hors de leur environnement naturel, des lots témoins non traités ont permis de tester les conditions de mise en culture.

Stratégie d'étude et analyse de la phytotoxicité :

Les caractéristiques de l'herbicide ont été présentés dans un rapport précédent (ETIEN *et al.*, 1991). Il a été aspergé sur les feuilles.

Les expériences ont été réalisées à l'extérieur à la température ambiante pendant les mois de Janvier à Avril (correspondant à la grande saison sèche en Côte d'Ivoire).

L'expérimentation s'est déroulée en deux étapes : un test préliminaire qui a permis de déterminer la plus faible dose de glyphosate efficace sur les plantes et un second test au cours duquel les effets à long terme du produit ont été mis en évidence.

Les plantes ont été étiquetées en début d'expérience. Tous les 3 jours, chaque plante d'un aquarium donné est sortie, égouttée puis pesée et remise immédiatement dans l'aquarium après avoir compté ses stolons.

* Test préliminaire :

Les doses testées sont de 0.09, 0.18, 0.36 et 0.72 g.m⁻². Ces doses ont été choisies en fonction de la dose de glyphosate cou-

ramment utilisée sur les végétations aquatiques (Brandt, 1983). Pour chaque dose testée, 2 aquariums ont été réservés à l'étude des plantes témoins (qui n'ont subi aucun traitement chimique). Dix plantes de poids moyen égal à 120 ± 10 g sont introduites dans chacun des aquariums contenant l'eau du milieu de prélèvement des plantes. Les doses ont été mises en une seule fois (au jour 0) par aspersion foliaire. L'analyse de la phytotoxicité a porté à la fois sur les variations pondérales et sur l'évolution du nombre de stolons (ramifications latérales) au cours du temps. Ce test a duré 22 jours.

* Second test :

De la même manière que précédemment, les doses égales à 0.72 et 1.44 g.m⁻² ont été appliquées sur les plantes. Cet essai a duré 70 jours. Cette période relativement longue a été choisie pour déterminer si les plantes ne reprenaient pas leur développement normal après le traitement. Deux lots de plantes ont été traités : des jeunes plantes de poids moyen égal à 18.6 ± 2.2 g et des plantes matures de poids moyen estimé à 89.0 ± 8.2 g. L'effet de l'herbicide est estimé par l'intermédiaire des pentes des droites de régression du poids en fonction du temps. Dans chacun des cas 2 aquariums de plantes témoins ont été aussi étudiées.

RESULTATS - DISCUSSION

Evolution du témoin

La croissance des plantes témoins est linéaire sur une période au minimum de 22 jours (fig.1) et au maximum de 70 jours (fig.2 et 3). Le gain de poids, donné en biomasse fraîche, est égale à 5.24 g.j⁻¹ dans le test préliminaire (Tableau 1) et à 2.00 g.j⁻¹ et 3.28 g.j⁻¹ respectivement pour les petites et grandes plantes dans le second test (Tableau 4). Ces croissances correspondent à des temps de doublement de 25, 20 et 28 jours. Dans certains milieux naturels (Lac Kariba, entre la Zambie et le Zimbabwe), des temps de doublement, variant entre 11 et 18 jours ont été trouvés (Mitchell, 1974). Cependant cet écart ne peut être interprété comme la conséquence d'une stratégie de mise en culture inadaptée. En effet les conditions climatiques ne sont pas obligatoirement comparables et surtout comme le montre notre expérience les taux de croissance semblent dépendre de la taille et/ou l'âge initial des plantes testées. En

outre, pendant ces deux expérimentations, toutes les plantes témoins ont conservé en permanence des feuilles bien vertes et des racines en bon état, indice d'une croissance normale.

Tableau 1 - Croissance pondérale de *Eichhornia crassipes* pour des doses croissantes de glyphosate (test préliminaire).

Ponderal growth of *Eichhornia crassipes* for increasing doses of glyphosate (preliminary test).

Dose (g.m ⁻²)	Gain (perte) de poids (g poids frais/j)	Gain (perte) de poids (g poids sec/j)
Témoin	+ 5.24	+ 0.50
0,09	+ 7.00	+ 0.67
0,18	+ 2.17	+ 0.21
0,36	+ 1.40	+ 0.13
0,72	- 0.17	- 0.02

PHytotoxicité du glyphosate

* Test préliminaire

La figure 1 montre l'évolution de la croissance pondérale en fonction du temps pour chaque dose de glyphosate et le tableau 1 illustre les gains ou pertes de poids pour ces mêmes doses. Pour la dose 0.09 g.m⁻², le gain de poids est supérieur à celle du témoin. La comparaison des biomasses moyennes (test non paramétrique des rangs pour des échantillons associés par paires) montre effectivement que la dose 0.09 g.m⁻² entraîne une diminution non significative (comparée au témoin) et que les doses 0.18, 0.36 et 0.72 g.m⁻² entraînent une diminution significative de la croissance pondérale (Tableau 2). Mais pour les doses 0.18 et 0.36 g.m⁻² il y a en plus gain de poids (Tableau 1); donc pour ces doses il n'y a pas destruction des plantes. Par contre pour la dose 0.72 g.m⁻², il y a en plus perte de poids.

Dans les conditions de nos expériences, seule la dose 0.72 g.m⁻² est indiquée pour détruire la jacinthe d'eau.

Le développement des plantes, comme nous venons de le voir, peut être mis en évidence par l'étude des variations pondérales. Mais cette croissance est aussi régie par la reproduction. Dans le cas de l'espèce *Eichhornia crassipes*, la reproduction végétative est connue pour être la principale cause de la dispersion puis de la colonisation des milieux aquatiques (Ashton *et al.*, 1980). Ainsi, l'étude

de l'impact de l'herbicide glyphosate sur l'apparition des stolons a permis de montrer une augmentation sensible du nombre de stolons essentiellement pour les doses de glyphosate comprises entre 0.09 et 0.36 g.m⁻² et ceci en fonction du temps de contact avec le produit (Tableau 3). En effet, l'augmentation est significative (test de Wilcoxon) au seuil de risque 5% à partir du 18 jours. Cependant les nouvelles feuilles apparues à partir des bourgeons terminaux des stolons se décomposent au bout de quelques jours. Pour ces doses on a un effet de contrôle de la croissance. Donc on a aussi une efficacité de l'herbicide. Ces résultats sont confirmés par ceux obtenus pour d'autres espèces végétales pour lesquelles les fortes doses de polluant entraînent la destruction totale des plantes alors que les doses faibles ont des effets plutôt favorables (Mitchell, 1974). Ceci est lié à l'action du produit au niveau cellulaire; en deçà d'une dose limite, l'on observe une activation de l'effet; au delà, le même altérage commence à présenter des effets inhibiteurs (Gaudy, 1983).

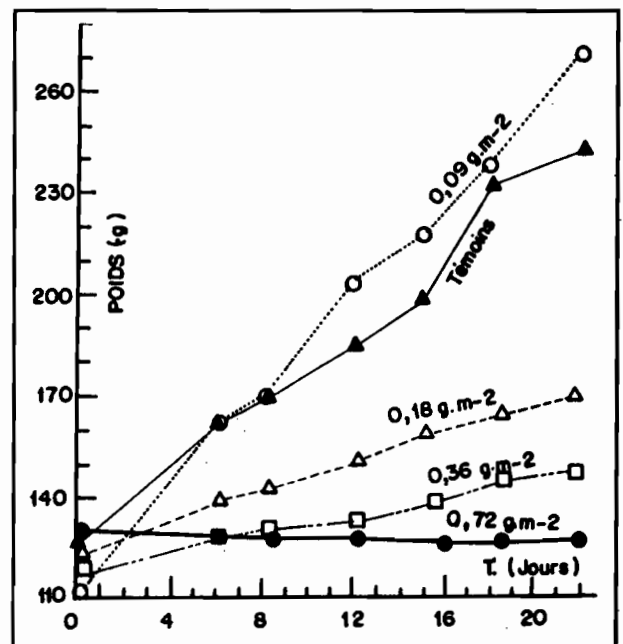


Figure 1 : Evolution du poids frais de *Eichhornia crassipes* en fonction du temps et des différentes doses de glyphosate. (test préliminaire).

Evolution of *Eichhornia crassipes* weight as a function of time and glyphosate different doses (preliminary test).

* Second test

L'application des doses équivalentes à 0.72 g.m⁻² et à 1.44 g.m⁻² entraînent des effets phytotoxiques irréversibles apparaissant en

une dizaine de jours chez les plantes traitées. En outre pour ces doses le poids décroît linéairement en fonction du temps (Fig.2a et 2b).

Tableau 2 - Evolution du nombre de stolons en fonction du temps (T12, T18, T22) chez *Eichhornia crassipes* pour des doses croissantes de glyphosate. Evolution of the number of stolons as a function of time (T12, T18, T22) for *Eichhornia crassipes* for increasing doses of glyphosate.

Concentrations (g.m ⁻²)	Nombre de stolons		
	T12	T18	T22
Témoin	9	16	23
0.09	12	25	31
0.18	14	33	40
0.36	10	25	31
0.72	0	1	5

Les pertes journalières, données par rapport au poids frais des plantes, sont égales à 0.34 g.j⁻¹ et 0.95 g.j⁻¹ chez les petites plantes aux doses respectives de 0.72 g.m⁻² et à 1.44 g.m⁻²; chez les grandes plantes, ces pertes sont de 1.21 g.j⁻¹ et 1.27 g.j⁻¹ (Tableau 3). On constate donc que si les pertes de poids semblent être plus marquées chez les petites plantes pour des doses croissantes de glyphosate, cela n'est pas le cas chez les grandes plantes pour lesquelles l'effet "dose" semble être moins net.

Chez les petites plantes, la toxicité est très dépendante de la dose de glyphosate appliquée. L'effet phytotoxique est en effet 1.5 fois plus fort lorsque la dose de l'herbicide appliqué est doublée. Dans le cas des grandes plantes, l'augmentation est seulement de 9%.

Il existe donc pour *Eichhornia crassipes*, comme pour de nombreuses espèces végétales ou animales, une sensibilité différente selon le stade de développement des plantes (Amiard, 1983; Amiard-Triquet, 1983).

Enfin, la période d'expérimentation relativement longue nous a permis de montrer que les plantes ne reprennent pas leur développement normal après le traitement herbicide : de nouvelles feuilles n'apparaissent pas de même les stolons, les racines et les feuilles sont dans un état de décomposition avancée.

CONCLUSIONS

Cette étude a permis de montrer l'efficacité du glyphosate sur la jacinthe d'eau *Eichhornia crassipes*. Le test préliminaire a

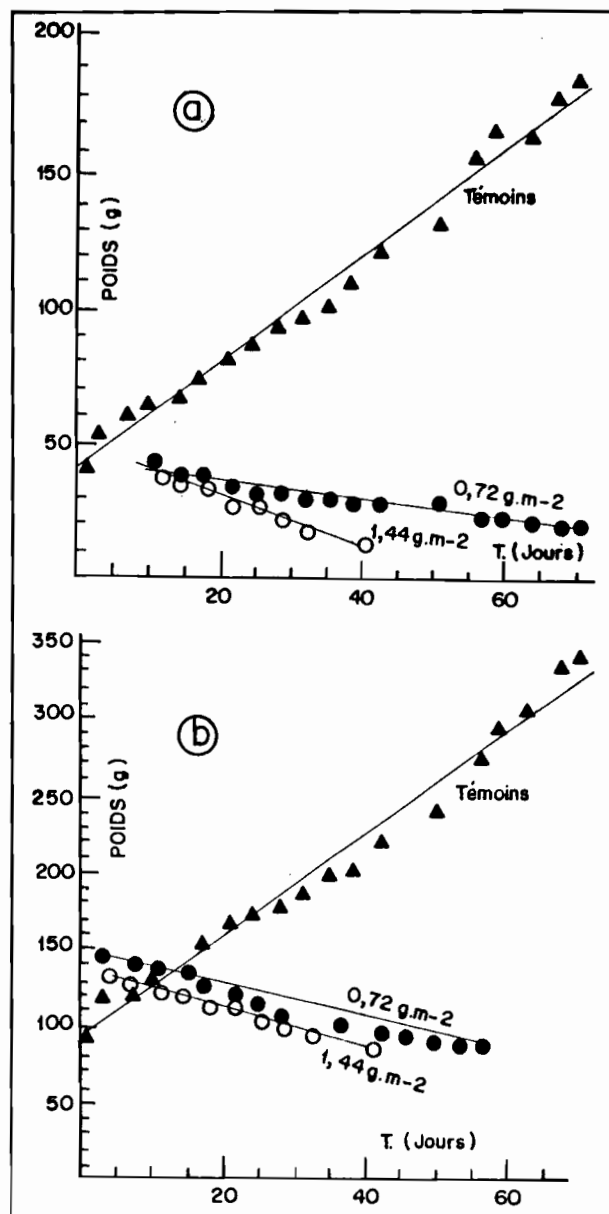


Figure 2 : Evolution du poids frais de *Eichhornia crassipes* en fonction du temps et des différentes doses de glyphosate. (a) jeunes plantes

(b) plantes mûres.

Evolution of *Eichhornia crassipes* fresh weight as a function of time and glyphosate different doses. (a) young plants, (b) mature plants.

permis de déterminer la plus faible dose permettant d'obtenir des effets phytotoxiques irréversibles. Cette dose, évaluée à 0.72 g.m⁻², agit à la fois sur la croissance pondérale et la reproduction végétative qui subissent une régression significative au cours du temps. Ceci suppose qu'à cette dose, l'herbicide glyphosate peut être appliqué sur la jacinthe d'eau *Eichhornia crassipes* en vue de son éradication des écosystèmes aquatiques qu'elle colonise. Ce traitement chimique doit être suivi d'un ramassage pour éviter que les plantes se décomposent dans l'eau.

Tableau 3 - Croissance pondérale de la jacinthe d'eau pour des doses croissantes de glyphosate. (second test) (PP = petites plantes ; GP = grandes plantes).

Ponderal growth of water yacynth for increasing doses of glyphosate (Second test).

Concentrations	Témoins		0.72 g.m ⁻²		1.44 g.m ⁻²	
	PP	GP	PP	GP	PP	GP
Gain ou perte journalier (g.pds frais)	+2.00	+3.28	-0.34	-1.21	-0.95	-1.27

Le dernière expérience montre une bonne efficacité des faibles doses pour les plantes adultes alors que cette même dose est peu efficace chez les plantes plus jeunes. Il importe donc, dans le souci de rentabilité, d'adapter la dose au stade de développement des plantes. Le recours à des basses doses appliquées sur des plantes adultes, qui constitue le plus économique traitement chimique, doit cependant être modulé en fonction de la surface à traiter, le vieillissement des plantes s'accompagnant en général d'une augmentation de leurs taux de recouvrement.

La finalité de telles expériences étant l'utilisation éventuelle de l'herbicide dans le milieu naturel, il convient donc de s'assurer de l'impact du produit sur l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- Amiard J.C., 1983 - Les tests de toxicité subléthale : approche biochimique et éthologiques. In : Impacts physiologiques et écophysiologiques des polluants sur les êtres marins. *Oceanis*, 9 (6) 465-480.
- Amiard-Triquet C., 1983 - Les tests de toxicité aiguë en milieux aquatiques : méthodologie, standardisation, interprétation, limites d'application. In : Impacts physiologiques et écophysiologiques des polluants sur les êtres marins. *Oceanis*, 9 (6) 451-463.
- Ashton P.J., W.E. Scott and D.J. Steyn, 1980 - The chemical control of the water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). *Prog. Wat. Tech.*, Vol. 12, pp. 865-882.
- Blackburn R.D., 1974 - Chemical control. In : D.S. Mitchell (Ed.) *Aquatic Vegetation and its use and control*. UNESCO, Paris, PP. 85-98.
- Brandt E.J., 1983 - RODEOR Herbicide : toxicological and environmental properties. Bull. N°1, Monsanto, St Louis, MO, 4pp.
- Brandt E.J., 1984 - A health and environmental report on RODEOR Herbicide. Bull. N°2, Mosanto, St Louis MO, 3 pp.
- Denny P., 1985 - The ecology and management of african wetland vegetation. Ed. P. Denny, Junk Publishers, 1-343.
- Dutartre A., 1986 - Dispersion des plantes vasculaires aquatiques. Revue bibliographique : exemples de quelques plantes adventices des milieux aquatiques du littoral aquitain. In : 13è Conférence du Columa - Journées d'études sur le désherbage. Tome I. ANPP Annales, 255-264.
- Etien N. Kaba, N. et J.B. Amon Kothias, 1991 - Doses efficaces en Glyphosate et en 2,4-D pour le contrôle chimique des laitues d'eau (*Pistia stratiotes* (L)) et Toxicité du Glyphosate vis-à-vis des Tilapias (*Sarotherodon melanotheron*). *J. Ivoir. Océanol. Limnol. Abidjan*, Vol.1, n°2 : 111-117.
- Gaudy R., 1983 - Action des métaux lourds sur le métabolisme (respiration, excrétion), la nutrition et la reproduction des crustacés. *Oceanis*, 9(8), 613-625.
- Jones T.W. and L. Winchell, 1984 - Uptake and photosynthetic inhibition by atrazine and its degradation products on four species of submerged vascular plants. *J. Environ. Qual.*, 13, 243-247.
- Laur P. and A. Smart, 1988 - Contrôle de la jacinthe d'eau par IMAZAPYR (herbicide arsenal) . Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau - Lagos, Nigéria du 7 au 12 Août 1988 - Résumés des communications.
- Mitchell D.S., 1974 - The effects of excessive aquatic plant populations. In : *Aquatic Vegetation and its use and control*. UNESCO, Paris, 50-71.
- Sanz P., M.J. Carrasco and M. Repetto, 1987 - Inhibition of Hill reaction produced by fatty Acid Anilides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 38, 602-609.

NOTE SCIENTIFIQUE

(12) CATALOGUE DES ENNEMIS NATURELS
DES MACROPHYTES FLOTTANTS *PISTIA STRATIOTES*, *SALVINIA MOLESTA*
ET *EICHHORNIA CRASSIPES*

CATALOGUE OF NATURAL ENEMIES OF THE FLOATING MACROPHYTE
PISTIA STRATIOTES, *SALVINIA MOLESTA*
AND *EICHHORNIA CRASSIPES*

Par

SANKARE Yacouba

Laboratoire d'Ecologie Benthique
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

---ooOoo---

RESUME

Nous avons déterminé, à partir d'une étude bibliographique et de nos observations sur le terrain quarante deux espèces animales comprenant essentiellement des mollusques et des insectes. Ces animaux s'attaquent aux plantes flottantes *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* et *Salvinia molesta*. Ils consomment ou détruisent indifféremment les plantes précitées sauf *Neochetina bruchi*, *Neochetina eichhorniae* et *Sameodes albiguttalis* qui s'attaquent spécifiquement à *E. crassipes*; *Neohydronomus putchellus*, *Lanistes guinaicus* et *Pila africana* broutent préférentiellement *P. stratiotes*; *Cyrtobagous salviniae*, *Cyrtobagous singularis* et *Paulinia acuminata* consomment uniquement *S. molesta*.

Mots-Clefs : Plantes flottantes, Invertébrés prédateurs, Amérique du Sud, Afrique de l'Ouest.

ABSTRACT

We identified from bibliographical review and field observations forty two species composed essentially of molluscs and insects. These animals attack floating plants such as *E. crassipes*, *P. stratiotes* and *S. molesta*. They indifferently consume or destroy the aquatic

plants except *N. bruchi*, *N. eichhorniae* and *S. albiguttalis* which specifically attack *E. crassipes*, *N. putchellus*; *L. guinaicus* and *P. africana* graze preferently *Pistia stratiotes*. *C. salviniae*, *C. singularis* and *P. acuminata* consume only *Salvinia molesta*.

Key-words : Floating plants, Predator invertebrates, South America, West Africa.

INTRODUCTION

Les macrophytes flottants *P. stratiotes*, *S. molesta* et *E. crassipes* par leur développement explosif en lagune constituent un véritable danger écologique et socio-économique.

Les méthodes de lutte utilisées contre ces plantes sont soit chimiques, soit biologiques ou mécaniques (ramassage). En cas de lutte chimique, il y a généralement intoxication du milieu, bien que cette méthode soit reconnue très efficace.

Contrairement à la lutte chimique, le contrôle biologique est peu coûteux et ne présente pas de danger sur la flore non cible. Le succès de cette méthode repose sur un choix judicieux des organismes prédateurs, qu'il convient de bien identifier.

Dès lors il apparaît nécessaire de faire l'inventaire de la faune étrangère ou locale qui s'attaque ou est susceptible de s'attaquer spécifiquement aux plantes envahissantes.

Le recensement présenté dans les tableaux 1, 2 et 3, a été réalisé à partir de nos recherches bibliographiques et de nos observations sur le terrain en Côte d'Ivoire. Cette liste, établie en fonction des espèces végétales, indique la répartition des prédateurs et les auteurs de ces observations.

Il est évident qu'un tel inventaire peut présenter des insuffisances. Cependant, pour toute étude sur la lutte biologique les organismes ici répertoriés seront très utiles et constitueront une base pour de futures recherches.

CONCLUSION

Sur les 42 taxons inventoriés dans cette étude, trois sont spécifiques à *E. crassipes* (*Neochetina bruchi*, *Neochetina eichhorniae*, *Sameodes albiguttalis*), trois s'attaquent uniquement à *P. stratiotes* (*Neohydromus putchellus*, *Lanistes guinaicus* et *Pila africana*) et trois consomment préférentiellement *S. molesta* (*Cyrtobagous salviniae*, *C. singularis*, et *Paulinia acuminata*). Tous ces prédateurs appartiennent à l'ordre des insectes et se rencontrent en Amérique du Sud sauf *Pila africana* et *Lanistes guinaicus* qui vivent en Afrique de l'Ouest.

Parmi les autres formes, quinze se rencontrent en Afrique de l'Ouest, et les autres en Amérique de Sud.

Cette brève étude est loin de rendre compte du nombre total des organismes qui s'attaquent aux plantes flottantes envahissantes ; elle ne constitue en fait qu'une contribution à leur inventaire.

BIBLIOGRAPHIE

Allen G.E., 1973.- Investigations and current status of insect enemies as biological control agents of aquatic weeds. Presented at proceedings of a regional seminar on noxious aquatic vegetation, New Delhi, India, 12 Dec. In : Aquatic weeds Junk publishers, The Hague (Netherlands) 1976, p. 323-329.

Bennet F.D., 1966.- Investigations on the insects attacking the aquatic Ferns *Salvinia* spp. in Trinidad and Northern

South America. pp. 497-504 In : Upchurch, R.P. (Ed.) Proceeding of the nineteenth Southern weed conference, Jacksonville, Florida, 1966, 638 p.

Bennet F.D., 1968.- Investigations on insects as controlling agents for *Salvinia auriculata* Aubl. and *Eichhornia crassipes* (Mart). Solms, two aquatic weeds of neotropical origin. Report Commonwealth Inst. of Biol. Contr. Curepe, Trinidad.

Bennet F.D., 1974.- Biological control in aquatic vegetation and its use. (Ed.) Mitchell, D.S. Paris, UNESCO, pp. 99-106.

Bennet F.D., 1975.- Insects and plant pathogens for the control of *Salvinia* and *Pistia*. pp. 28-35. In : Proceeding of a Symposium on water quality Management through Biological Control, Gainesville, Florida : 23-30 January 1975, 164 p. Univ.

Chow C.Y., Thevacagayam E.S. et Wambeek E.G., 1955.- Control of *Salvinia*. A host plant of *Ransonia mosquito*. Bull. Wld Hlth org., 12, 365-369.

Deloach C.J., Deloach A.D. et Cordo H., 1976.- *Neohydronomus pulchellus* a weevil attacking *Pistia stratiotes* in South America Biology and Host Specificity. An. Ent. Soc. Am, 69 (5) : 830-834.

Farrell T.P., 1978.- The spread and Control of *Salvinia molesta* in lake Moundara, M.T. Isa Queensland - pp. 179-180. In : Proceedings of the first conference of the Council of Australian Weed Science Societies held at National Science Centre, Parkville, Frankston, Victoria, Coun. Aus. Weed. Sci. Soc. Victoria 12-14 April 1978, 446 p.

Forno I.W., 1981.- Progress in the exploration for biological control agents for *Salvinia molesta* - pp. 167-173. In : Del Fosse, E.S. (ed.). Proceedings of the fifth International Symposium on Biological control of Weeds, Brisbane, Australia, 22-29 July 1980, 649 p.

Forno I.W., Sands D.P.A. and Sexton W., 1983.- Distribution, biology and host specificity of *Cyrtobagous singularis* Hustache (Coleoptera : Curculionidae) for the biological control of *Salvinia molesta*. Bull. ent. Res., 73 : 85-95.

- Forno I.W., 1984.- Studies in South America Arthropods on the *Salvinia auriculata* complex of floating ferns and their effects on *S. molesta*. Bull. Ent., 74 : 609-621.
- Harley K.L.S., 1988.- Le contrôle biologique. Un élément essentiel de toute stratégie pour contrôler la jacinthe aquatique. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Harley K.L.S., 1988.- Le contrôle d'une herbe aquatique peut entraîner son remplacement par une autre. Le contrôle biologique peut prévenir cet événement. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, Nigéria (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Julien M.H. (Ed.), 1982.- Biological control of weeds a world catalogue of agents and their target weeds. Slough, UR, Commonwealth Agricultural Bureaux, 108 p.
- Kuseniju K., 1988.- Stratégies de contrôle efficace de la jacinthe d'eau dans les criques et lagunes du Sud-Ouest du Nigéria. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Lebrun J., 1959.- La lutte contre le développement de l'*Eichhornia crassipes*. Bull. Agric. Congo Belge, vol.50, p. 251-252.
- Loveless A.R., 1969.- The possible role of pathogenic fungi in local degeneration of *Salvinia auriculata*. Aublet on lake kariba. Ann. Appl. Biol., 63 : 61-69.
- Mickling C.F., 1965.- Biological control of aquatic vegetation. Pestic Abstr., vol. 11 : 237-244.
- Mitchell D.S. and Thomas P.A., 1972.- Ecological survey of the aquatic weeds *Salvinia spp.* and *Eichhornia crassipes* and their natural enemies in the neotropics. Tech. Pap. Hydrol., 12, U.N. Educ., Sci. and Cult. Orgen, Paris.
- Oladiran D.O., 1988.- Attaque de la jacinthe d'eau par des plantes pathogènes. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Oke O.A., 1988.- Une nouvelle maladie de la jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes*) au Nigéria : les taches sur les feuilles causées par *Osporium helminth*. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Oso B.A., 1988.- Maladies par flétrissure de la jacinthe d'eau causées par le *Rhizophora solani* et le *Marasmiellus inoderma* au Nigeria. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Oso B.A. 1988.- Les maladies par tâches sur les feuilles de la jacinthe d'eau causées par *Acremonium ronatum* et un champignon de la rouille au Nigéria. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Oso B.A., 1988.- L'attaque de la jacinthe d'eau par des espèces de *Cercospora* au Nigeria. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Oso B.A., 1988.- Attaque de la jacinthe d'eau par les insectes et les mites. Rencontre Internationale sur la jacinthe d'eau. Résumé des communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Pellet A. and Pellet S.J., Biological control of *Pistia stratiotes* L. in Western State, Nigeria. Nature London, 224-282.
- Pierce P.C., 1971.- Aquatic weed development. Impact and control at volta lake. USAID, Ghana, Cyclostyled, Accra. 1967-1971, 30 p.
- Poi de Neiff A., Neiff J.J. y Bonetto A.A., 1977.- Enemigos naturales de *Eichhornia crassipes* en el nordeste argentino y posibilidades de su aplicacion al control biologico Ecosur, 4 (8) : 137-156.
- Rao V.P., 1965.- Survey for natural enemies

- of witchweed and water hyacinth and other aquatic weeds affecting waterway in India. Report for the period January to December 1964. Commonw. Inst. Biol. Control (Unp report), 45 p.
- Rao V.P., 1969.- Possibilities of biological control of aquatic weeds in India. *Water Resour. J.*, vol.82 : 40-50
- Room P.M., Harley K.L.S., Forno I.W. and Sands D.P., 1981.- Successful biological control of the floating weed *Salvinia*. *Nature*, 294 : 78-80.
- Room P.M., Forno I.W. and Taylor M.J.F., 1984.- Establishment in Australia of two insects for biological control of the *Salvinia*. *J. Aust. entomol. Soc.*, 22-250.
- Room P.M. and Thomas P.A., 1985.- Nitrogen and establishment of beetle for biological control of the floating weed *Salvinia* in Papua, New Guinea. *J. Appl. Ecology*, 22 : 139-156.
- Sands D.P.A., 1983.- Identity of *Cyrtobagous* (Coleoptera Curculionidae) introduced into Australia for biological control of *Salvinia*. *J. Aust. entomol. Soc.*, 22, 2 p.
- Sands D.P.A., Schotz M. and Bourno A.S., 1983.- The feeding characteristics and development of larvae of a *Salvinia* weevil *Cyrtobagous* sp (Coleoptera Curculionidae). *Entomologia exp. appl.*, 34 : 241-296.
- Sands D.P.A. and Kassulke R.C., 1984.- *Samea multiplicalis* Guene (Lepidoptera Pyralidae) for biological control of two waterweeds, *Salvinia molesta* and *Pistia stratiotes* in Australia. *Entomophaga*, 29 : 267-273.
- Sankaran T., 1973.- Possibilities of biological control of the aquatic weeds *Eichhornia crassipes* and *Salvinia auriculata* in India. Presented at Proceedings of a regional seminar on noxious aquatic vegetation, New Delhi, India, 12 Dec. *In* : Aquatic Weeds in S.E. Asia Varshney, C.K., Rzooka, U., (eds) Publ. by Dr. W. Junk Publishers, The Hague (Netherlands) 1976 p.
- Sankaré Y., 1989.- Observations sur un gastéropode ampullaire de la Rivière Agneby (Côte d'Ivoire) *Lanistes guinai-cus* (Lamarck 1822). NDR n°54 C.R.O Abidjan.
- Sankaré Y. et Amon Kothias J.B., 1991.- Utilisation possible d'un Trichoptère pour le contrôle biologique de *Pistia stratiotes* et de *Salvinia molesta* (en préparation).
- Schroeder D., 1986.- Le contrôle biologique de la jacinthe d'eau. Une vue d'ensemble. Rencontre Internationale jacinthe d'eau. Résumé des Communications, NIGERIA (Lagos), 7-12 Août 1988, 28 p.
- Thomas K.J., 1979.- The extent of *Salvinia* infestation in Kerala (*S. india*) : its impact and suggested methods of control. *Environ. Conserv.*, 6 : 63-69.
- Wright A.O., 1981.- Biological control of water hyacinth in Australia. pp. 529-535. *In* : Del Fosso, E.S. (Ed.). Proceedings of the First International Symposium on Biological Control of weeds, Melbourne Jul. 1980, 649 p.
- Yeo R.R. and Fisher T.W., 1970.- Progress and Potential for biological weed control with fish, pathogens, competitive plants, and snails. Rome (Italy FAO Int. Conf. Weed Control) 15 p.
- Zettler F.W., Freeman T.E., Reutz R.E. and Hill H.R., 1971.- Plant pathogens with potential for biological control of water hyacinth and alligator weed. Paper Presented at the 11 th Annual Meeting Hyacinth Control Society, Tompa, Fla. Jul., 1971, 30 p.
- Zwölfer M., Harris P., 1971.- Host specificity determination of insects for biological control of weeds. *A. Rev.* vol. 16 : 159-178.

Tableau 1 – Inventaire des organismes qui s'attaquent à *Eichhornia crassipes* ; (*) organismes s'attaquant spécifiquement à *Eichhornia crassipes* ; A.O. : Afrique de l'Ouest, A.S. : Amérique du Sud.
Inventory of organisms that attack *Eichhornia crassipes*. (*) organisms attacking specifically *Eichhornia crassipes* ; A.O. : West Africa, A.S. : South America.

ORGANISMES PREDATEURS	REPARTITION	AUTEURS
ORGANISMES PATROGENES		
<i>Acremonium zonatum</i>	A.O	Oso B.A.
<i>Cercospora piaropis</i>	A.O	Oso B.A.
<i>Cercospora rodmanii</i>	A.O	Oso B.A.
Champignon de la rouille	A.O	Loveless A.R., Oke O.A., Oso B.A.
<i>Choanephora curcubita</i>	A.O	Oke O.A., Oso B.A.
<i>Curvularia lunata</i>	A.O	Oke O.A., Oso B.A.
<i>Curvularia pallescens</i>	A.O	Oke O.A., Oso B.A.
<i>Fusarium moniliforme</i>	A.O	Oke O.A., Oso B.A.
<i>Helminthosporium sp.</i>	A.O	Oso B.A.
<i>Massmiellus inoderma</i>	A.O	Oso B.A.
<i>Rhizoctoma solani</i>	A.O	Oso B.A.
COLEOPTERES		
Curculionidae		
<i>Neochetina bruchi</i> (*)	A.S	Allen G.E., Bennet F.D., Harley K.L.S., Julien M.H., Mitchell D.S., Rao V.P., Thomas P.A.
<i>Neochetina Eichhorniae</i> (*)	A.S	Allen G.E., Bennet F.D., Harley K.L.S., Julien M.H., Mitchell D.S., Rao V.P., Thomas P.A.
Famille n.sp.		
<i>Phrynela leprosa</i>	A.S	Julien M.H.
LEPIDOPTERES		
Pyralidae		
<i>Acigona infusela</i>	A.S	Mitchell D.S., Thomas P.A.
<i>Epigagis albiguttalis</i>	A.S	Allen G.E., Bennet F.D., Harley K.L.S., Julien M.H.
<i>Orthogalma terebrantis</i>	A.S	Julien M.H.
Famille n. sp.		
<i>Sameodes albiguttalis</i> (*)	A.S	Bennet F.D., Julien M.H., Mitchell D.S., Rao V.P., Thomas P.A.
<i>Spilosoma maculosa</i>	A.S	Julien M.H., Mitchell D.S., Thomas P.A.

Tableau 2 – Inventaire des organismes qui s'attaquent à *Pistia stratiotes*. (*) organismes s'attaquant spécifiquement à *Pistia stratiotes* ; A.O. : Afrique de l'Ouest, A.S. : Amérique du Sud.
Inventory of organisms that attack *Pistia stratiotes*. (*) organisms attacking specifically *Pistia stratiotes* ; A.O. : West Africa, A.S. : South America.

ORGANISMES PREDATEURS	REPARTITION	AUTEURS
ORGANISMES PATHOGENES		
<i>Nigrospora sphaerica</i>	A.O	Pellet A., Pellet S.J.
<i>Vitrus aphide</i>	A.O	Pellet A., Pellet S.J.
Coléoptères		
<i>Neohydronomus putchellus</i> (*)	A.S	Bennet F.D., Deloach C.J., Deloach A.D., Cordo H., Mickling C.F.
Lépidoptères		
<i>Samea multiplicalis</i>	A.S	Bennet F.D., Mickling C.F., Sands D.P.A., Kassulke R.C.
Trichoptères		
<i>Anisocentropus sp.</i>	A.O	Sankaré Y.
MOLLUSQUES		
Gastéropodes		
<i>Lanistes guinaicus</i> (*)	A.O	Sankaré Y., Amon Kothias J.B.
<i>Pila africana</i> (*)	A.O	Sankaré Y., Amon Kothias J.B.

Tableau 3 – Inventaire des organismes qui s'attaquent à *Salvinia molesta* ; (*) organismes s'attaquant spécifiquement à *Salvinia molesta* ; A.O. : Afrique de l'Ouest, A.S. : Amérique du Sud.
 Inventory of organisms that attack *Salvinia molesta* ; (*) organisms attacking specifically *Salvinia molesta* ; A.O. : West Africa, A.S. : South America.

ORGANISMES PREDATEURS	REPARTITION	AUTEURS
COLEOPTERES		
<i>Chalipides barbatus</i>	A.S.	Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F.
<i>Cyrtobagous salviniae</i> (*) <i>Cyrtobagous singularis</i> (*) <i>Cyrtobagous sp.</i>	A.S.	Allen G.E., Bennet F.D.(a, b, c, d), Farrell T.P., Forno I.W.(a, b), Sands D.P.A.(a, b), Schroeder D., Room P.M.(a, b), Oso B.A.(d), Mickling C.F.
<i>Dyscinetus dubius</i>	A.S.	Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F.
<i>Ochetina bruchi</i> <i>Ochetina uniformis</i>	A.S.	Allen G.E., Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F.
DIPTERES		
<i>Dasyhelea sp.</i>	A.S.	Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F.
HOMOPTERES		
<i>Rhopalosiphum nymphaeae</i>	A.S.	Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F.
HETEROPTERES		
<i>Lipostemmata humeralis</i> <i>Lipostemmata major</i> <i>Lipostemmata sp.</i>	A.S. A.S.	Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F.
LEPIDOPTERES		
<i>Cryptocosma perlalis</i> <i>Cryptocosma sp.</i> <i>Samea multiplicalis</i>	A.S. A.S. A.S.	Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W.(c), Mickling C.F. Allen G.E., Bennet F.D.(a, b, c, d), Forno I.W., Mickling C.F., Room P.M. (a, b), Sands D.P.A., Schroeder D., Oso B.A.(d)
ORTHOPTERES		
<i>Paulinia acuminata</i> (*)	A.S.	Allen G.E., Bennet F.D.(a, c, d), Forno I.W., Mickling C.F., Oso B.A.(d) Room P.M.(a, b), Schroeder D.
TRICHOPTERES		
<i>Anisocentropus sp.</i>	A.S.	Sankaré Y.

(13) ETUDE COMPARATIVE DE LA MACROFAUNE
ASSOCIEE AUX RACINES DE *PISTIA STRATIOTES* L. (ARACEAE)
DU LAC DE BARRAGE D'AYAME II ET DU FLEUVE COMOÉ
(COTE D'IVOIRE)

COMPARATIVE STUDY OF THE MACROFAUNA
ASSOCIATED TO THE ROOTS OF *PISTIA STRATIOTES* L. (ARACEAE)
OF AYAME II LAKE AND COMOÉ RIVER (COTE D'IVOIRE)

Par

SANKARE Yacouba
Laboratoire d'Ecologie Benthique
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

---ooOoo---

RESUME

Les variations d'abondance des espèces de la macrofaune associée aux racines de *Pistia stratiotes* du Lac d'Ayamé II et du fleuve Comoé ont été étudiées durant un an. Les plantes ont été collectées mensuellement à la main au sein d'un quadrat de 1 mètre carré de recouvrement.

La biomasse de *Pistia stratiotes* est élevée et reste constante dans le Lac d'Ayamé II quelle que soit la saison. Elle est variable dans le fleuve Comoé.

Le dénombrement des organismes a permis de voir que l'abondance totale est plus élevée dans le fleuve Comoé que dans le Lac d'Ayamé II. Elle est maximale en grande saison des pluies puis diminue durant la petite saison sèche, la petite saison de pluies et la grande saison sèche. Durant cette dernière période elle augmente de nouveau dans le Comoé. Les Mollusques et les Insectes constituent les groupes taxonomiques les plus importants

Enfin le fleuve Comoé compte plus d'espèces animales associées aux racines des plantes flottantes (37 contre 23) que le Lac d'Ayamé II.

Mots clefs : *Pistia stratiotes*, Barrage d'Ayamé II, Fleuve Comoé, Annélides, Crustacés, Mollusques, Insectes.

ABSTRACT

Abundance and species variations of the macrofauna associated with the roots of *Pistia stratiotes* of Ayamé II lake and Comoé river were studied during one year. Samples of plants were collected by hand once a month within a sampler of 1 m² of surface.

Biomass of *Pistia stratiotes* is high and constant in Ayamé II lake during the four seasons and variable in the Comoé river.

Total abundance of the fauna is very high in the Comoé river comparatively to the lake of Ayamé II. It is high during the rainy season, and decreases during the other seasons. It increases again during the great dry season in the Comoé river. Molluscs and Insects are the taxonomic group the most important in number. Finally the Comoé river presents more species associated with the roots of *Pistia stratiotes* than the Ayamé II Lake.

Key words : *Pistia stratiotes*, Ayamé II Dam, Comoé river, Annelida, Crustacea, Mollusca, Insects.

INTRODUCTION

Il existe de nombreux travaux sur la faune associée aux racines des plantes flottantes en particulier *Pistia stratiotes* : Petr (1968), Paperna (1969), Mulligan (1972), Odei (1973), Frempong et Nijjar (1973), Poi de Neiff (1983), Poi de Neiff *et al.* (1983). Tous ces travaux portent sur les variations saisonnières (qualitatives et quantitatives) de la faune et sur les comparaisons de la faune associée aux racines de différentes espèces de plantes aquatiques.

Peu de recherches se sont intéressées à la comparaison de la faune abritée par la même espèce de plante flottante provenant de différents biotopes.

Le présent article contribue à la connaissance de la macrofaune associée aux racines de *Pistia stratiotes* échantillonnée dans un milieu lentique (Lac d'Ayamé II) et lotique (le bas cours de la Comoé).

1 - MATERIEL ET METHODES

1.1. Les milieux d'étude

1.1.1. Le fleuve Comoé

Le fleuve Comoé est situé à l'Est de la Côte d'Ivoire et a une longueur de 1160 km, avec un bassin versant couvrant une superficie de 78.000 km². Il se jette dans la lagune Ebrié et présente un régime tropical de transition c'est-à-dire qu'il reçoit la première saison des pluies de la zone subéquatoriale (de Mars à la mi-Juillet) puis l'unique saison des pluies du Nord (de la Mi-Juillet à Novembre) et la deuxième saison des pluies subéquatoriales (fin Septembre à fin Novembre). Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la région d'étude sont résumées dans le tableau 1.

1.1.2. Le lac d'Ayamé II

L'aménagement hydroélectrique de la Bia comporte deux chutes :

- une chute "Amont" Ayamé I
- une chute "Aval" Ayamé II.

Il est implanté sur la rivière la Bia à environ 120 km à l'Est d'Abidjan.

Ayamé II est un barrage d'écluse situé à 7 km d'Ayamé I (Fig. 1), dont les caractéristiques hydrauliques dépendent de celles d'Ayamé I. Le tableau 2 présente les caractéristiques physico-chimiques et hydrauliques d'Ayamé I.

1.2. Echantillonnage

La collecte totale des plantes a été faite à la main au sein d'un quadrat de 1 m² de surface, de septembre 1985 à août 1986. Le moyen navigant utilisé lors des différentes campagnes est un hors-bord du Centre de Recherches Océanologiques (CRO) de 5 m de long et 2 m de large pour le fleuve Comoé et une pirogue pour le lac Ayamé II. Les points de prélèvement sont indiqués sur la figure 1.

Les échantillons recueillis sont conservés dans des sachets plastiques transparents dans un peu d'eau du lieu de collecte et ramenés au laboratoire. Les racines sont sectionnées et lavées à l'eau sur un tamis de 2 mm de vide de maille pour séparer la matière végétale de la faune. Les animaux recueillis sont fixés au formol dilué à 5%.

Ils sont ensuite triés, identifiés, dénombrés et classés par ordre évolutif.

Etant donné qu'il s'agissait d'une étude comparative nous avons un deuxième lot de plantes pour le suivi de leurs caractéristiques (poids des feuilles - poids des racines - diamètre des rosettes et état des racines).

2 - RESULTATS - DISCUSSIONS

2.1. Les macrophytes

2.1.1. Le bas cours de la Comoé.

L'ensemble du milieu d'étude est bordé d'une prairie à *Echinochloa pyramidalis* et *Echinochloa sp.* Par endroits nous notons une mangrove à *Rhizophora racemosa* très dégradée par l'homme et remplacée par une prairie à *Paspalum* ou des plantations (dominée par *Cocos nucifera*). La zonation végétale est caractérisée des eaux libres à la terre exondée par des plantes flottantes *Pistia stratiotes* et *Salvinia molesta*, puis par la ceinture des plantes flottantes fixées sur la berge dominée par *E. pyramidalis* et enfin par endroits par *Rhizophora racemosa* et les plantations. Excepté *R. racemosa*, les plantes enregistrées sont caractéristiques des eaux douces.

Selon Portière (1951), la première explosion démographique de *P. stratiotes* dans la station de la Comoé d'après Portière (1951) date de 1933. Ce n'est que plus tard plus précisément en 1984 (Guiral 1988) qu'elle est réapparue dans la zone d'étude avec une forte abondance. Elle est progressivement supplantée par *Salvinia molesta* depuis 1985 et en 1987 seuls quelques pieds se rencontrent entre les tiges d'*E. pyramidalis*.

Tableau 1 - Caractéristiques des paramètres physico-chimiques de la station de la Comoé. (Durand et Skubich 1982, Pagano et Saint-Jean 1989).

Physico-chemical characteristics of the parameters of the stations of Comoé. (Durand et Skubich 1982, Pagano et Saint-Jean 1989).

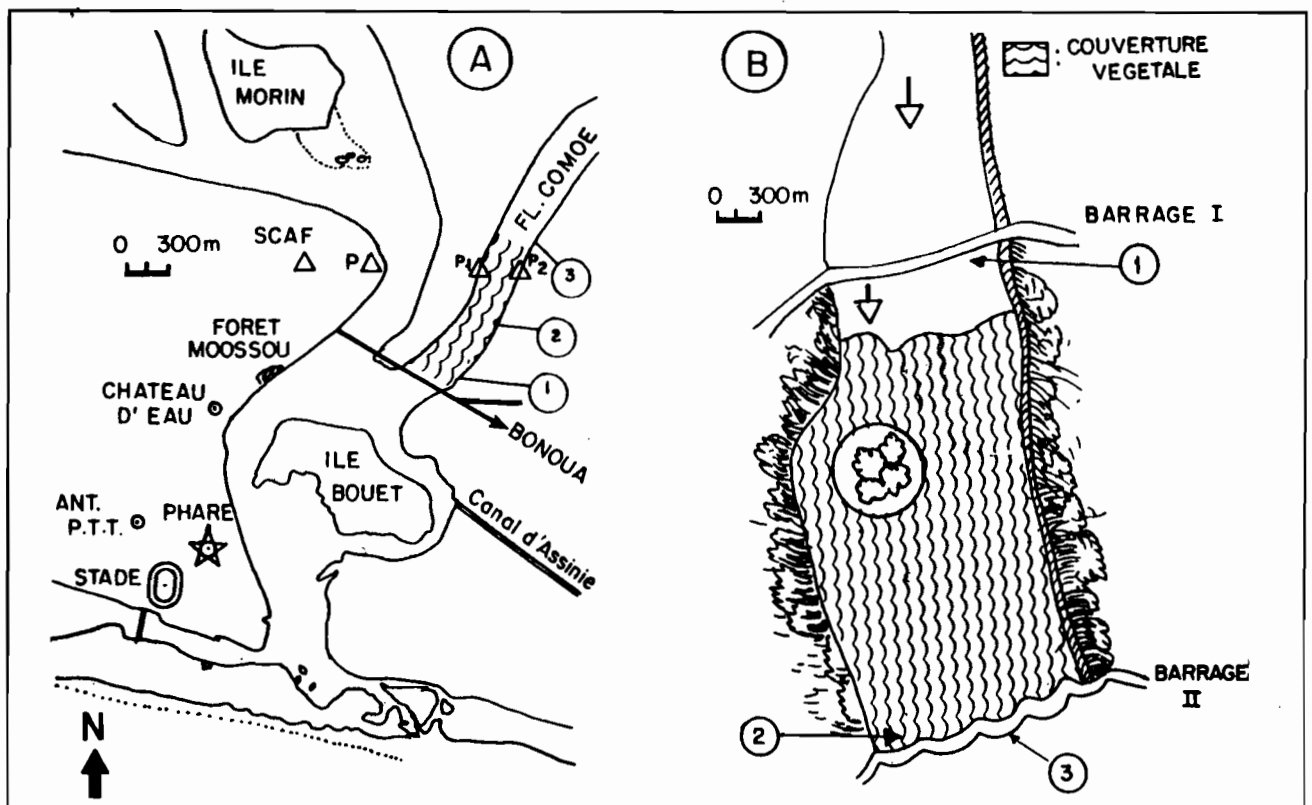
Superficie du bassin versant :	78.000 Km ²	
Pluviométrie Moyenne	1900 mm/an	
Debit.....	150 m ⁻³ /s (étiage)	- 1157 m ⁻³ /s (crue)
Salinité	1‰ (crue)	- 10‰ (étiage)
pH	6,5 (étiage)	- 8,5 (crue)
Oxygène	10ml/l (surface)	- 8 à 10 ml/l (fond)
Température	27°C (crue)	- 30°C (étiage)

Tableau 2 - Caractéristiques physico-chimiques des eaux d'Ayamé. (Mouraret, 1971 ; Yté, 1982 et N'douba 1987).

Physico-chemical characteristics of the parameters of the stations of Ayamé. (Mouraret, 1971 ; Yté, 1982 et N'douba 1987).

Superficie du Bassin versant	9320 km ²	
Pluviométrie moyenne .	1560 mm/an	
! Débit	665 m ⁻³ /S (crue)	3,3m ⁻³ /S (étiage)
Conductivité	70-90 NScm (surface)	80-145 Ncm (Fond)
pH	5,5 - 7,5	
Oxygène	4,9-6,9 ppm (surface)	fond 2 ppm
Température	27°C (crue)	30°C (étiage)

Figure 1 : Stations de prélèvements des plantes flottantes. A : Dans le bas cours de la Comoé, B : Dans le lac Ayamé.
Sampling stations of floating plants. A : Station of Comoé, B : Station of Ayamé.



2.1.2. Le Lac d'Ayamé II.

La liste des macrophytes enregistrés à la station du Lac d'Ayamé II est par ordre alphabétique :

- . *Bacopa crenata* (Scrophulariacées)
- . *Ceratopteris cornuta* (Adiantacées)
- . *Commelisa diffusa* (Commelinacées)
- . *Congronema latifolium* (Asclepiadacées)
- . *Cyclosorus striatus* (Thelypteridacées)
- . *Echinochloa pyramidalis* (Poacées)
- . *Ludwigia abyssinica* (Onagracées)
- . *Nephrolepis biserrata* (Davalliacees)
- . *Pistia stratiotes* (Aracées)
- . *Scleria verrucosa* (Cyperacées)
- . *Vigna campestris* (Papilionacées)

D'après Mulligan (1972) le Lac d'Ayamé II était couvert de *P. stratiotes* sur environ 80% de l'aire totale. Durant notre étude celui-ci était couvert à 90%.

D'après les témoignages des agents de l'Energie Electrique de Côte d'Ivoire (EECI) le lac d'Ayamé II est depuis 1972 à ce jour couvert de *P. stratiotes* à 90%.

Pour faciliter la présentation et l'interprétation des résultats, nous avons divisé l'année en quatre saison :

La grande saison des pluies (GSP) de Mai à Juillet,

La petite saison sèche (PSS) de Juillet à Août,

La petite saison des pluies (PSP) de Septembre à Octobre

La grande saison sèche (GSS) de Décembre à Avril.

Le Tableau 3 présente les variations de biomasses des plantes collectées.

En grande saison des pluies, les plantes collectées dans la Comoé présentent des biomasses élevées. Elles sont faibles durant les autres saisons. Les caractéristiques biométriques des plantes (Tableau 4) suivent la même évolution. Elles sont maximales en grande saison des pluies (diamètre des rosettes $25,113 \pm 1,0$ cm, poids frais total $132,15 \pm 17,0$ g et poids frais des feuilles $121,52 \pm 10,0$ g) et diminuent durant les autres saisons pour at-

teindre leur valeur minimale en grande saison sèche (diamètre des rosettes $19,25 \pm 2,0$ cm, poids frais total $109 \pm 18,0$ g et poids frais des feuilles $89,77 \pm 9,0$ g). On peut remarquer que l'abondance des plantes est concomitante à l'abondance des pluies et au refroidissement des eaux, et à la libération des sels nutritifs. En effet à cette époque, les sels nutritifs surtout après les premières tornades en Mai et Juin sont à leur maximum (Pagès *et al.*, 1979). A la suite des crues, les sels nutritifs sont lessivés et atteignent leur minimum en étiage. (Tableau 1). La conséquence immédiate est la diminution de la biomasse des plantes. Okali et Hall (1974) étudiant les variations de la biomasse de *P. stratiotes* dans le Lac Volta aboutissent à la même conclusion. Ils notent une variation de biomasse de *P. stratiotes* qui passe de 140g en grande saison des pluies à 90 g en grande saison sèche. Ils attribuent cette diminution végétale à la réduction des sels nutritifs.

Les biomasses des plantes du lac d'Ayamé II sont sensiblement les mêmes à toutes les saisons (Tableau 3). Par ailleurs elles sont nettement supérieures à celles du fleuve Comoé. Cette situation est favorisée par la fermeture permanente du barrage 2 et les apports constants d'éléments nutritifs. Ces sels nutritifs proviennent des plantations, des forêts environnantes (conséquence des précipitations) et des eaux de la Bia.

La présence permanente de *P. stratiotes* dans le Lac d'Ayamé II (depuis 1972) et le non renouvellement des eaux vont contribuer à l'appauvrissement du milieu en oxygène. Cela se note par l'odeur putride des eaux.

2.2. La macrofaune

2.2.1. Liste faunistique.

Nous avons inventorié au cours de notre étude 23 espèces d'animaux associés aux racines de *Pistia stratiotes* à Ayamé et 37 dans le fleuve Comoé (Tableau 5). Au cours d'un travail presque similaire sur la faune associée aux racines de *P. stratiotes* des étangs temporaires et permanents, Poi de Neiff (1983) note que la faune est plus riche en espèces dans les étangs permanents. Il attribue cela aux caractéristiques physico-chimiques du milieu. Ainsi le fleuve Comoé présentant des caractéristiques physico-chimiques fluctuants dans le temps et adéquats à la survie et au maintien des organismes présente plus d'espèces. Le Lac d'Ayamé II bien que calme (stagnation des eaux consécutive de la fermeture permanente des écluses) dans le temps a un nombre réduit d'espèces compte tenu de la présence permanente des plantes flottantes et la mauvaise qualité de l'eau. Durant

notre étude nous avons enregistré une valeur moyenne d'ammoniac (NH₄) de 0,120 ± 0,009 mg/l et noté comme signalé dans les chapitres précédents l'odeur putride de l'hydrogène sulfuré (H₂S).

Tableau 3 - Variations saisonnières de la densité (poids sec en g/m²) de *Pistia stratiotes* collecté dans le lac d'Ayamé 2 et dans le fleuve Comoé au cours des années 1985-1986.

Seasonary variations of the density (dry weight g/m²) of *Pistia stratiotes* collected in the lake of Ayamé 2 and in the river of Comoé during the years 1985-1986.

Poids sec Mois 85-86	Fleuve Comoé	Lac Ayamé 2
Septembre	247	389
Octobre	220	382
Novembre	234	398
Décembre	205	387
Janvier	200	381
Février	166	354
Mars	175	398
Avril	228	376
Mai	237	406
Juin	377	403
Juillet	431	413
Août	254	414

2.2.2. Abondance totale.

Le tableau 6 présente les variations saisonnières de l'abondance totale de la macrofaune associée aux racines de *P. stratiotes* dans le Lac d'Ayamé II et dans le fleuve Comoé.

2.2.1.1. Le fleuve Comoé

En grande saison des pluies l'abondance est élevée dans le fleuve Comoé (2873 individus). Elle diminue durant la petite saison sèche (995 individus) pour atteindre rapidement le minimum en petite saison des pluies c'est-à-dire 360 individus. Enfin la grande saison sèche est marquée par une augmentation très nette de l'abondance (2620 individus).

L'abondance de la faune durant la grande saison des pluies est favorisée par le refroidissement et le renouvellement (oxygène) des eaux, l'augmentation de la turbidité (diminution de la visibilité par conséquent réduction de la prédation), l'apport de nourriture (Tableau 1) et le développement des plantes

flottantes (Tableaux 3 et 4).

En grande saison sèche, les plantes constituent des lieux de refuge et de reproduction de nombreux invertébrés (Petr, 1968). La conséquence immédiate est l'augmentation de la densité de la population des animaux.

La faible abondance de la faune observée durant les post-crués et la petite saison sèche est due d'après Petr (1968) au lessivage des organismes et à la prédation exercée par les Odonates, les Hemiptères, les Coleoptères et les Poissons.

2.2.1.2. Le lac d'Ayamé II

L'abondance des organismes est relativement élevée en grande saison des pluies (1789 individus) et ne varie pas énormément durant les autres saisons. On note ainsi 1510 individus pour la petite saison sèche, 1425 individus pour la petite saison des pluies et 1401 individus pour la grande saison sèche. Cela s'explique par la dominance numérique permanente des Nadidae, de *B. pfeifferi*, *B. forskali*, *L. natalensis* et des Anopheles (Tableau 5).

2.2.3. Abondance des principaux taxons.

2.2.3.1. Le fleuve Comoé

- Annélides (Figure 2).

Les annélides représentés par les Oligochètes et les Hirudinidés constituent le groupe taxonomique le moins abondant. Ils représentent 14,2% dans le Lac d'Ayamé II et 0,9% du nombre total des organismes collectés durant toute la période d'étude. Le peuplement annélien est absent durant la petite saison sèche et la petite saison des pluies.

- Les crustacés.

Les gammaridae représentent l'essentiel du peuplement des crustacés collectés. A l'exception de la petite saison des pluies, les gammaridae ont été enregistrées durant toute la durée des travaux. Ce groupe vient en troisième position avec 8,4% du nombre total des organismes échantillonnés.

- Les mollusques.

Les Mollusques sont relativement abondants (28,5% du nombre total des organismes) et se rencontrent durant toute l'année associés aux racines des plantes flottantes dans le fleuve Comoé.

Tableau 4 - Caractéristiques biométriques de *Pistia stratiotes* collecté durant la période d'étude 1985-1986. A = Ayamé, B = Bas cours de la Comoé, GSP = Grande Saison des Pluies, PSS = Petite Saison Sèche, PSP = Petite Saison des Pluies, GSS = Grande Saison Sèche.

Biometric characteristics of *Pistia stratiotes* collected in the period 1985-1986. A = Ayamé, B = Comoé river, GSP = Great rainy season, PSS = Small dry season, PSP = Small rainy season, GSS = Great dry season.

Caractéristiques des plantes	G.S.P.	P.S.S.	P.S.P.	G.S.S.
A				
Diamètre des rosettes (cm)	31.23± 1.50	29.50± 2.10	28.80± 1.90	28.10± 1.90
Poids frais total (g)	159.76±22.00	154.15±15.00	151.21± 2.00	148.17±23.00
Poids frais des feuilles (g)	125.70±18.90	132.00±11.30	125.65±13.60	112.15±11.00
Etat des racines	Mauvais	Mauvais	Mauvais	Mauvais
B				
Diamètre des rosettes (cm)	25.13± 1.30	24.10± 2.10	22.30± 1.80	19.25± 2.30
Poids frais total (g)	132.15±17.00	125.20±21.00	120.90±22.00	109.00±18.00
Poids frais des feuilles (g)	121.52±10.50	113.13±13.10	109.50±10.70	89.77±09.10
Etat des racines	Bon	Bon	Bon	Bon

- Les insectes.

Les Insectes constituent la faune la plus importante collectée associée aux racines des plantes flottantes (65,9% du nombre total des organismes échantillonnés). Ce groupe taxonomique se rencontre aussi toute l'année.

2.2.3.2. Lac d'Ayamé II

- Les Annélides.

Les Annélides constituent 14,2% du nombre total des organismes rencontrés associés aux racines de *P. stratiotes* dans le lac d'Ayamé II. Ils se rencontrent durant toute l'année avec une forte abondance marquée en grande saison sèche.

- Les Mollusques.

Le peuplement des Mollusques se classe en deuxième position pour ce qui concerne l'abondance. Ils représentent 28,5% du nombre total des organismes associés aux racines des plantes.

- Les Insectes.

Les variations saisonnières de l'abondance des insectes présentent la même al

lure. On observe quelle que soit la saison une forte abondance. Ce groupe taxonomique est dominant dans la faune associée aux racines. Le pourcentage du nombre d'insectes capturés par rapport au nombre total s'élève à 57,1%.

L'examen des variations saisonnières des différents groupes taxonomiques (Figure 2) montre globalement que l'abondance de ces derniers est élevée et constante dans les deux milieux durant toute la période d'étude sauf pendant la petite saison sèche où elle est relativement faible dans le fleuve Comoé.

Globalement la comparaison de l'abondance de la faune entre les deux biotopes permet de noter que :

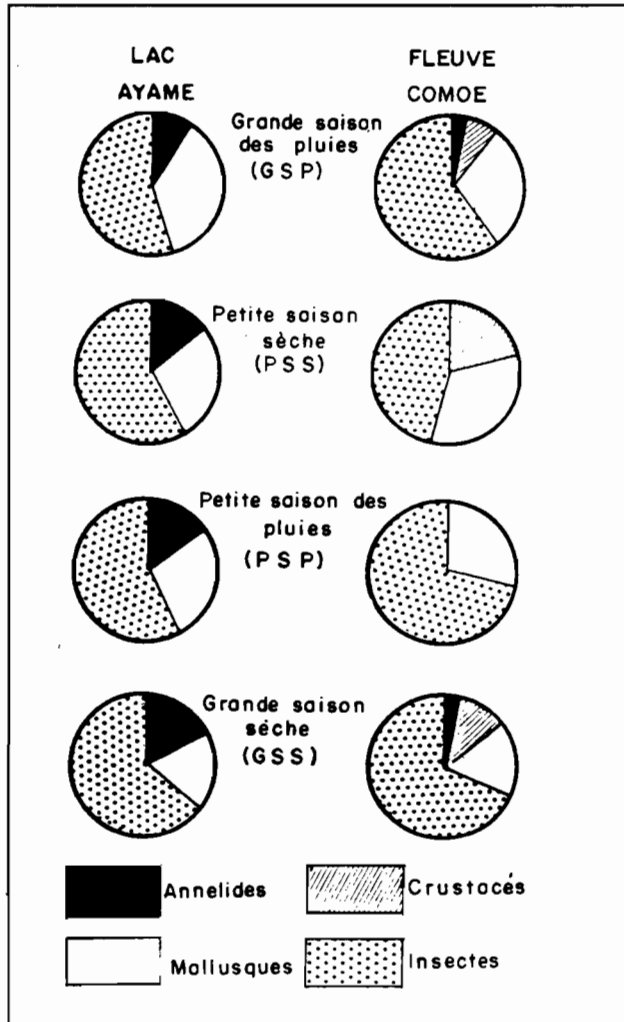
- excepté les Annélides, l'abondance des différents groupes taxonomiques enregistrés est nettement élevée dans la Comoé en grande saison des pluies ;

- en petite saison sèche et en petite saison des pluies l'abondance est plus élevée quel que soit le groupe taxonomique considéré sauf les Crustacés dans le Lac d'Ayamé II ;

- et enfin, en grande saison sèche l'abondance des invertébrés est plus grande dans le fleuve Comoé que dans le lac Ayamé II, excepté les Annélides.

Figure 2 : Abondance des différents groupes zoologiques associés aux racines de *Pistia stratiotes*.

Abundance of the different zoologic groups associated to the roots of *Pistia stratiotes*.



CONCLUSION

Le présent travail permet de formuler quelques conclusions générales concernant la flore et la faune collectées dans le lac d'Ayamé II et le bas cours du fleuve Comoé.

- Sur le plan floristique, il n'y a pas de variation notable de densité des plantes et de leurs caractéristiques biométriques dans le Lac d'Ayamé II. Le minimum est observé en Février (354 g/m²) et le maximum en Août (414 g/m²) en poids sec. Dans le bas cours de la Comoé l'abondance des plantes est élevée pendant la grande saison des pluies (431 g/m² de poids sec en Juillet) et faible durant les autres saisons (166 g/m² en Février et 220 g/m² en Octobre). La biomasse végétale annuelle est plus élevée dans le lac Ayamé 2 (2979g/m²) que dans le fleuve Comoé (4721g/m²).

- Sur le plan faunistique, les plantes collectées dans le fleuve Comoé sont globalement plus riches en espèces animales (37 dans le fleuve Comoé contre 23 à Ayamé II) et présentent une faune qui domine en abondance celle du Lac d'Ayamé II (6848 individus enregistrés associés aux plantes collectées dans le fleuve Comoé et 6125 individus associés aux plantes échantillonnées dans le lac d'Ayamé II). Quel que soit le milieu, l'abondance est élevée en grande saison des pluies (2873 individus dans le fleuve Comoé et 1789 individus dans le lac d'Ayamé II). Elle diminue en petite saison sèche et en petite saison des pluies et augmente de nouveau (dans le fleuve Comoé) mais demeure faible dans le Lac d'Ayamé II (Tableau 5). Ces modifications (animale et végétale) semblent suivre les fluctuations des paramètres environnementaux.

Tableau 5 - Abondance totale des différents groupes taxonomiques collectés durant la période d'étude. (les chiffres entre parenthèses indiquent les pourcentages des taxons en fonction du nombre total).

Total abundance of the different taxonomic groups collected during the study. (Numbers between parenthesis indicate the percentage of taxons in relation to total numbers).

Groupe d'espèce ou espèce	Lac Ayamé	Comoé
Nadidae	++	-
Nereis victoriana	0	-
Turbellaries	-	-
Hirudinidés	-	++
Biomphalaria pfeifferi	++	++
Bithynia tournieri	-	++
Bulinus forskali	++	+
Bulinus globosus	+	+
Bulinus truncatus	-	+
Gyraulus costulatus	0	-
Gyraulus gibbonsi	0	-
Lanistes guinaicus	0	-
Lanistes libycus	0	-
Lymnae natalensis	++	++
Pachymelania fusca	0	+
Pila africana	0	-
Corbula trigona	0	+
Gammaridae	0	++
Lynceidae	0	-
Sesarma africana	0	-
Coenagrion spp.	+	+
Libellulidae	+	+
Phylomacroma sp.	-	-
Ictinogomphus sp.	-	-
Cloeon sp.	-	-
Diplonichus sp.	-	-
Hydrophilidae	-	-
Lacophilus sp.	-	-
Culicoides susteni	-	-
Tabanus sp.	-	-
Chironomidae	++	+++
Anopheles squamosus	+++	+++
Anopheles coustani	+++	+++
Culex sp.	++	+++
Mansonia africana	+	++
Eristalis sp.	0	-
Dineutus	-	-
Pyralidae	-	-

BIBLIOGRAPHIE

- Durand J.R. et Skubich M., 1982.- Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27 (3) : 211-250.
- Frempong E. et Nijjar B., 1973.- Some preliminary observations on the fauna and flora of barekese lake, Ghana. *Bull. IFAN*, T.XXXV, Sér.A n°1 : 101-121.
- Guiral D. et Etien N., 1988.- Les macrophytes des berges lagunaires. Atelier de Taabo sur les écosystèmes côtiers et lagunaires. Avril, 35 p.
- Mouraret M., 1971.- Etude biologique des eaux du barrage d'Ayamé 1 en Côte d'Ivoire. Doc. Centre ORSTOM de Dakar-Hann, 30 p.
- Mulligan H.F., 1972.- "*Pistia stratiotes*" dans le Lac Kossou, Côte d'Ivoire. *Bull. Phytosanitaire de la FAO* : 7-10.
- N'douba V., 1987.- Contribution à l'étude des relations trophiques dans les étangs et lacs de Côte d'Ivoire : cas des peuplements de Copépodes. Thèse de 3^e cycle de Uni. d'Abidjan, 128 p.
- Odei M.A., 1973.- Observations on some weeds of malacological importance in the Volta lake (Ghana). *Bull. IFAN*, T.XXXV, Sér.A, n°1 : 534-541.
- Okeli D.V.U. et Hall J.B., 1974.- Die-back of *P. stratiotes* on Volta lake, Ghana. *Nature London*, 248 : 452-453.
- Pagano M. et Saint Jean L. 1989.- Importance et rôle du zooplancton dans une lagune Tropicale, la lagune Ebrié Côte d'Ivoire: Peuplements, Biomasse, Production et Bilan Metabolique. Thèse d'Etat. Univ. d'Ex-Marseille II.
- Pagès J., Lemasson L. et Dufour Ph., 1979.- Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Cycle annuel. *Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 5 (1) : 1-60.
- Paperna I., 1969.- Aquatic weeds snails and transmission of bilarzia in the new man-made Volta Lake in Ghana. *Bull. IFAN*, T.XXXI, Sér. A. n°2 : 145-281.
- Poi de Neiff D., 1983.- Observaciones comparativas de la mesofauna asociada a *Pistia stratiotes* L. (Araceae) en Algunos ambientes acuaticos permanentes y temporarios (Chaco, Argentina). *Physis (Buenos Aires)*, Secc. B.41 (101) : 95-102.
- Poi de Neiff D. y Bruquetas I., 1983.- Fauna fitofila de *Eichhornia crassipes* en Ambientes lenticos afectados por las crecidas del Rio Parana. *Ecosur*, Vol. 10 n°19/20 : 127-137.
- Portère R., 1951.- Les variations des ceintures hydrophytiques et graminéo-hélophytiques des eaux vives du système lagunaire de la Côte d'Ivoire. *Bull. IFAN*, Sér.A, n°13 : 1011-1028.
- Petr T., 1968.- Population changes in Aquatic invertebrates living on two water plants in a Tropical Man-made lake. *Hydrobiologia*, 32 (3-4) : 449-485.
- Yte W.A., 1982.- Contribution à l'étude du peuplement zooplanctonique du Lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse Doct. 3^e cycle, Univ. Abidjan, 121 pp.

(14) LES GASTEROPODES AQUATIQUES ASSOCIES
AUX PLANTES FLOTTANTES

THE AQUATIC GASTEROPODS ASSOCIATED TO FLOATING PLANTS

Par

SANKARE Yacouba
Laboratoire d'Ecologie Benthique
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)
--===ooOoo===--

RESUME

L'échantillonnage des gastéropodes effectué au niveau racinaire des plantes flottantes *Pistia striatiotes*, *Salvinia molesta*, *Salvinia nymphellula*, *Eichhornia crassipes* montre que celles-ci ne sont pas azoïques. On a récolté 18 espèces de gastéropodes.

La cartographie des espèces collectées a permis d'identifier trois régions et trois types de peuplements de gastéropodes :

- Les gastéropodes rencontrés entre 5° et 7° au Sud
- Les gastéropodes rencontrés entre 8° et 10° au Nord
- Les gastéropodes à large répartition.

La répartition des gastéropodes en relation avec la latitude a permis de voir que 90% des espèces se rencontrent entre 5° et 6° Sud, 65% entre 6° et 7° Sud, 20% entre 7° et 8°, 20% entre 8° et 9° et enfin 15% entre 9° et 10° Nord.

Mots-Clés : Gastéropodes, Plantes flottantes, Eaux douce.

ABSTRACT

The gasteropods sampling from roots system of floating plants *Pistia striatiotes*, *Salvinia molesta*, *Salvinia nymphellula*, *Eichhornia crassipes* show that those biotopes are not azoic. We collected 18 species of gasteropods.

The mapping of the species collected has been realized and permitted to identify three regions and three groups of gasteropods :

- The gasteropods collected between 5° and 7° South

- The gasteropods collected between 8° and 10° North

- The wide-spread gasteropods.

The species distribution according to latitude shows that 90% of species are found between 5° and 6° South, 65% between 6° and 7° South, 20% between 7° and 8°, 20% between 8° and 9° and 15% between 9° and 10° North.

Key-Words : Gasteropods, Floating plants, Soft waters.

INTRODUCTION

Depuis nombre d'années le système lagunaire Ebrié est envahi périodiquement par les plantes flottantes. Tandis que les eaux lotiques et lentiques continentales sont plus ou moins recouvertes en permanence. Un point reste commun à ces différents milieux aquatiques : les espèces de plantes flottantes qui les recouvrent sont les mêmes, c'est-à-dire *Pistia striatiotes*, *Salvinia molesta*, *Salvinia nymphellula* et *Eichhornia crassipes*.

D'après les travaux de Portères (1951), la présence des plantes dans la lagune Ebrié est la conséquence de l'augmentation du niveau d'eau qui passe de 0,30 m à 1,70 m en moyenne au-dessus de la mer. Augmentation qui entraîne une baisse de la salinité due à l'entrée massive d'eau douce. Cela va favoriser l'envahissement de la lagune Ebrié par les plantes flottantes en 1933.

Certains organismes associés aux racines sont transportés en même temps que les plantes et servent de proies à de nombreux poissons. D'autres sont par contre hôtes d'agents pathogènes. Il est en effet connu que les racines des plantes flottantes constituent un habitat pour les invertébrés aquatiques (Levêque, 1967).

Ce présent travail a pour objectifs, d'une part de décrire les différentes espèces de gastéropode associées aux racines des plantes flottantes et d'autre part de les cartographier sur l'ensemble du territoire.

1 - MATERIEL ET METHODES

1.1. Les biotopes

Le présent travail a été fait à la suite de plusieurs campagnes (1985-1986-1987) couvrant les régions suivantes :

Le secteur oriental de la lagune Ebrié, les fleuves La Bia, La Mé, le Comoé, les rivières Agnéby, Banco, les barrages hydroélectriques Ayamé I, Ayamé II, Kossou, Buyo. Il inclut l'exploitation des données de Binder (1957) et de Brown (1979).

Le système lagunaire Ebrié dans son secteur oriental comprend les lagunes Aghien, Potou qui sont peu exploitées, et dont la salinité des eaux est faible (0-9‰).

Les secteurs lagunaires II et III qui sont soumis à d'importantes variations saisonnières ainsi qu'à de forts courants. La salinité des eaux y est maximale pendant la saison sèche (janvier-avril) 30‰, et minimale pendant les saisons de pluie (juin-novembre) 0,3‰ (Pagès *et al.*, 1979).

La teneur en surface de l'oxygène dissous est maximale de janvier à février, 10 ml/l et minimale de mai à juin 3 ml/l (Dufour et Slepoukha, 1975).

Deux fleuves se jettent dans cette partie du système lagunaire Ebrié à savoir le fleuve Comoé et la rivière La Mé.

Les autres milieux aquatiques de prélèvement sont aussi des eaux lotiques exceptés les eaux des barrages hydroélectriques.

1.2 - Climat

Les régions d'échantillonnage sont situées dans la partie méridionale caractérisée par un régime équatorial de transition qui comprend deux saisons pluvieuses et deux saisons sèches. La température de l'air varie entre 21° et 33°C et celle de l'eau entre 22° et 34°C.

De manière générale, les eaux douces

sont légèrement acides (pH 6) alors que les eaux lagunaires ont un pH qui varie de l'acidité à l'alcalinité selon les régions et les activités biologiques. Binder (1968) a montré que les régions riches en mollusques dans le système lagunaire ont un pH compris entre 7 et 8. Il conclut cependant que le pH n'influence pas la répartition des mollusques car certaines régions à pH exceptionnellement bas ou haut sont habitées par les mollusques.

1.3. Végétation

Nous avons collecté plusieurs espèces de végétaux aquatiques qui sont :

Echinochloa pyramidalis, *Scleria verrucosa*, *Commelina diffusa*, *Neprolepis biserrata*, *Ceratopteris cornuta*, *Nymphaea spp.*, *Ceratophyllum demersum*, *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Pistia striatiotes*.

Nous avons délibérément axé le travail sur les plantes flottantes libres c'est-à-dire *Pistia striatiotes*, *Salvinia molesta*, *Salvinia nymphellula* et *Eichhornia crassipes*.

1.4. Echantillonnage et conservation

Le travail a consisté à prélever à la main les plantes flottantes et à lessiver vigoureusement leurs racines avec de l'eau de robinet dans un seau. Les organismes récoltés sont ensuite triés à la loupe binoculaire et conservés dans du formol dilué jusqu'à leur utilisation. Leurs caractéristiques allométriques ont été mesurées avec un pied à coulisse ou avec un micromètre oculaire (Tab. 1).

Nous avons ensuite réalisé la cartographie de chaque espèce par famille.

2 - RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Liste des espèces

Au total 22 espèces de gastéropodes ont été dénombrées.

Les espèces avec une astérisque ont été rencontrées associées aux racines des plantes flottantes. Les espèces sans astérisque sont d'origine limnique, non associées aux racines des plantes étudiées.

- Famille des Ampullaridae.

Genre *Pila*

. *Pila africana**

Genre *Lanistes*

. *Lanistes libycus**

. *Lanistes guinaicus**

Tableau 1 - Caractéristiques allométriques des gastéropodes rencontrés.
Allometric characteristics of collected gasteropods.

Paramètres Espèces adultes	Hauteur (mm)	Largeur ou diamètre (mm)	Longueur ouverture (mm)	Largeur ouverture (mm)
<i>Pila africana</i>	32-49	29-46	24-36	15-24
<i>Lanistes libycus</i>	32-37	29-33	20-24	13-16
<i>Lanistes guinaicus</i>	22-46	32-52	23-34	15-26
<i>Hydrobia guyenoti</i>	2,5-3	0,5-1,5	0,5-1	0,5
<i>Hydrobia lineata</i>	1,7	1,3	0,95	0,7
<i>Bithynia tourniari</i>	1,5	1	-	-
<i>Melania tuberculata</i>	-	-	-	-
<i>Cleopatra bulimoides</i>	-	-	-	-
<i>Bellamyia sp</i>	12-25	2-5	5-10	5-10
<i>Potadoma rahmi</i>	40	15-19	14-19	9-12
<i>Potadoma vogelii</i>	48	13	12	8
<i>Lymnae natalensis</i>	1-10	2-5	1-5	2-5
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	1-5	-	-	-
<i>Gyraulus costulatus</i>	0,8	1,9	-	-
<i>Gyraulus gibbonsi</i>	-	-	-	-
<i>Segmentorbis kanisaensis</i>	0,5-1	1-2	-	-
	-	-	-	-
<i>Bulinus globosus</i>	2-5	-	-	-
<i>Bulinus truncatus</i>	1-3	1-2	-	-
<i>Bulinus torskali</i>	2-5	1-2	-	-
<i>Ferrissia eburnensis</i>	1	2	-	-

- Famille des hydrobiidae.

Genre *Hydrobia*
. *Hydrobia guyenoti*
. *Hydrobia lineata**

- Famille des Bithyniidae.

Genre *Bithynia*
. *Bithynia (gabbia) tournieri*

- Famille des Thiaridae.

Genre *Melania*
. *Melania tuberculata*

Genre *Cleopatra*
. *Cleopatra bulimoides**

- Famille des Viviparidae.

Genre *Bellamyia*
. *Bellamyia sp.*

- Famille des Melaniidae.

Genre *Potadoma*
. *Potadoma rahmi**
. *Potadoma vogelii**

- Famille des Lymnaeidae.

Genre *Lymnae*
. *Lymnae natalensis**

- Famille des Planorbidae.

Genre *Biomphalaria*
. *Biomphalaria pfeifferi**

Genre *Gyraulus*
. *Gyraulus costulatus**
. *Gyraulus gibbonsi**

Genre *Segmentorbis*
. *Segmentorbis kanisaensis**

- Famille des Bulinidae.

Genre *Bulinus*
. *Bulinus forskali**
. *Bulinus globosus**

. *Bulinus truncatus**

- Famille des Ancyliidae.

Genre *Ferrissia*

. *Ferrissia eburnensis*

3.2. Systématique

Classe: Gastéropodes

Sous-classe : Prosobranches

Ordre : Mésogastropodes

Sous-ordre : *Architaenioglossa*

- Famille : Ampullaridae ou Pilidae

Genre *Pila* (Roding, 1798)

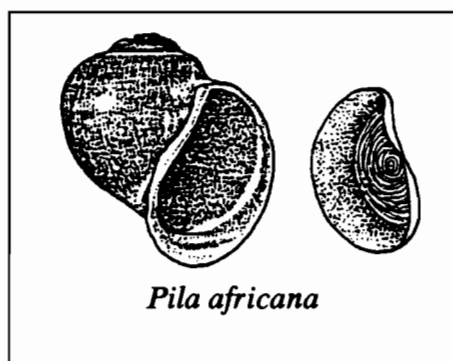
Pila africana (Von Martens, 1886)

Les pila sont des gastéropodes à coquille à enroulement dextre globuleuse. La coquille est composée de quatre tours de spire dont le dernier est très développé et convexe.

Le sillon sutural est très prononcé ; de nombreuses stries d'accroissement pas très visibles ornent la coquille.

Le labre de la coquille est très développé et attaché assez haut sur le dernier tour de spire. L'opercule présente un bord pariétal concave lisse alors que la zone centrale est ornée de structures concentriques.

La couleur de la coquille varie du brun au gris brillant. Cette espèce a été trouvée à Dabou dans la rivière Agneby. Binder (1957) notait la présence de l'espèce dans cette localité. Nous avons collecté un seul individu durant nos campagnes.



Genre *Lanistes* (Monfort, 1810)

. *Lanistes Libycus* (Morelet)

D'après les travaux de Binder. (1957), cette espèce est collectée dans les régions d'Agboville, Yapo Azaguié, Krinjabo et Tias-salé.

Notons que nous avons échantillonné cette espèce dans la région de Dabou dans les herbiers à *Echinochloa*.

L'animal est de forme ovoïde, caractérisé par deux carènes. La première borde l'ombilic et la deuxième moins prononcée longe la suture.

La cuticule présente des replis axiaux portant des épines triangulaires disposées en spirale.

La couleur de la coquille est uniforme et formée de bandes foncées.

. *Lanistes guinaicus* (Lamarck).

Nous avons collecté un seul individu de cette espèce à Dabou dans l'Agneby.

L'espèce est caractérisée par une coquille senestre globuleuse assez épaisse.

La coquille est ornée de quatre tours de spire saillants et bombée ; le dernier tour est très plat et présente une ouverture bien dégagée. Un canal traverse l'animal de l'apex à la zone ombilicale.

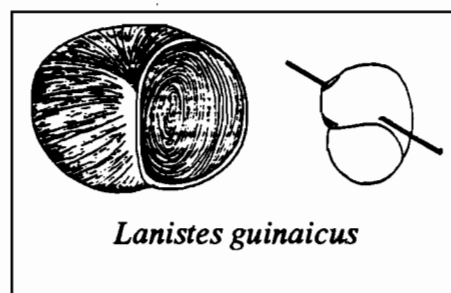
Le sillon sutural est aussi très prononcé par conséquent les tours sont bombés saillants comme chez *Pila*.

Le labre est développé et limité à la périphérie par une fine membrane.

La couleur de la coquille varie du vert au brun-jaunâtre. Toute la coquille est recouverte d'un périostracum brillant qui lui donne un aspect vernissé.

L'opercule présente des structures concentriques et un nucleus légèrement placé vers la droite.

Cette espèce a été récoltée par Binder (1957). C'est la première fois, à notre connaissance, qu'elle est figurée, bien qu'elle a été signalée par Binder dans l'Agneby.



Classe : Gastéropodes

Sous-classe : Prosobranches

Ordre : Mésogastropodes

Sous-ordre : Rissoacea

- Famille : Hydrobiidae

Genre *Hydrobia* (Hartman, 1840)

. *Hydrobia guyenoti* (Binder).

Cette espèce a été signalée pour la première fois par Binder (1957). Elle est localisée dans la baie de Toupah.

Petite coquille dextre, ornée de quatre tours de spire parcourues par des stries d'accroissement. Ouverture ovale et grande occupant presque la moitié de la coquille.

L'opercule est corné et orné de structures spiralées.

Nous signalons cette espèce à titre indicatif car nous ne l'avons pas rencontrée durant nos campagnes.

. *Hydrobia lineata n. sp*

Coquille globuleuse dextre à trois tours de spire ; ornée de stries de croissance très serrées.

Ouverture plus ou moins ovale anguleuse vers le sillon sutural et arrondie vers l'extérieur.

Opercule corné présentant des structures spiralées et un nucleus subcentral.

Coloration jaune grisâtre. Un seul exemplaire de cette espèce a été collecté dans les environs de Bingerville.

Notons au passage que cette espèce semble préférer les herbiers et la végétation semi-aquatique.

- Famille Bithyniidae

Genre *Gabbia* (Bithynia) Tryon, 1865)

. *Bithynia tournieri* (Binder).

Cette espèce a été signalée par Binder (1957) dans les eaux du Davo à Gagnoa.

Coquille dextre de petite taille, assez mince et légère, présentant 4 à 5 tours de spire plus ou moins saillante. Le dernier tour de spire occupe plus de la moitié de la hauteur de la coquille.

La coquille est transparente et lisse. Ce même genre a été signalé par Levêque (1967) dans les herbiers à ceratophylles.

L'espèce a été rencontrée en abondance dans l'embouchure de la Comoé.



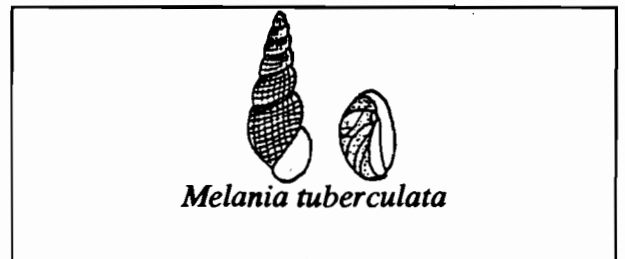
Bithynia tournieri

- Famille Thiariidae

Genre *Melanoides* (*Melania*) (Olivier, 1804).

. *Melania tuberculata* (Muller)

Cette espèce a été signalée pour la première fois par Brown (1979) dans les milieux aquatiques ivoiriens. D'après les travaux de Levêque (1967) cette espèce vit sur les fonds sableux et les débris végétaux. Ce même auteur décrit *Melania tuberculata* comme une coquille de 30 mm environ de coloration variant du gris au brun verdâtre. Ce gastéropode n'a pas été rencontré durant nos campagnes.

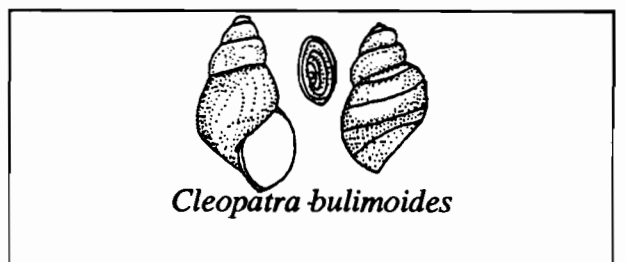


Melania tuberculata

Genre *Cleopatra* (Troschell)

. *Cleopatra bulimoides* (Olivier)

Cleopatra bulimoides a été récolté dans le Bandama rouge aux environs de la Marahoué (Binder, 1958). Elle vit dans les fonds sableux et entre les rochers submergés. Cette espèce n'a pas aussi été rencontrée durant nos campagnes.



Cleopatra bulimoides

- Famille Viviparidae

Genre *Bellamya* (*Vivipara*).

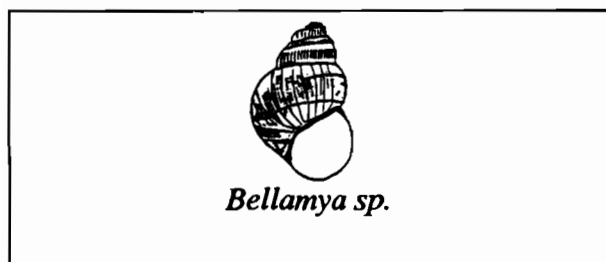
. *Bellamya* sp.

Cette espèce a été signalée par Brown (1979) dans les eaux lenticques et lotiques du nord de la Côte d'Ivoire.

C'est un mollusque à coquille dextre, plus haute que large, présentant quatre tours de spire dont le dernier est relativement développé.

L'opercule est corné et présente des structures concentriques.

Tout comme l'espèce précédente, nous la signalons à titre d'information.



Classe : Gastéropodes
Sous-Classe : Prosobranches
Ordre : Mesogastropodes
Sous-Ordre : Cerithiacea

- Famille Melaniidae

Genre *Pachymelania*

. *Pachymelania fusca*

Cette espèce a été signalée par Zabi (1982) comme un gastéropode à large répartition lagunaire et vivant dans le fond des eaux.

Elle a été observée sur les racines de *Pistia*. C'est une espèce à coquille dextre très dure, composée de 5 à 6 tours. La coquille présente de petites granulations qui font place à deux carènes.

La coloration est uniforme et varie du gris au noir. Elle n'a pas été figurée parce qu'elle n'est pas spécifique aux eaux douces.

Genre *Potadoma*

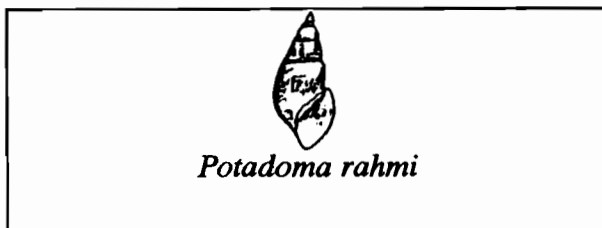
. *Potadoma nahmi* (Binder)

Cette espèce se rencontre dans le fleuve La Bia. Elle présente une coquille dextre, allongée oblongue, assez ventrue composée de 4 à 5 tours.

La coquille est lisse et colorée en brun

foncée.

L'ouverture est ovale et anguleuse vers le haut et plus ou moins arrondie en bas.



. *Potadoma vogelii* (Binder)

Cette espèce est typique des eaux de l'Agneby et de la Comoé. Elle vit sur les fonds des eaux, mais nous l'avons collectée sur les racines des plantes flottantes.

C'est la première fois que nous avons rencontré cette espèce associée aux racines. La coquille est à enroulement dextre et longue avec un nombre de tours variant de 10 à 15. Chaque tour porte 8 à 10 cordons spiralés.

Le bord latéral de l'ouverture est en dents de scie. La coloration de la coquille varie du chocolat-grisâtre au noir.



Classe : Gastéropodes
Sous-Classe : Pulmoneis
Ordre : Basommatophores

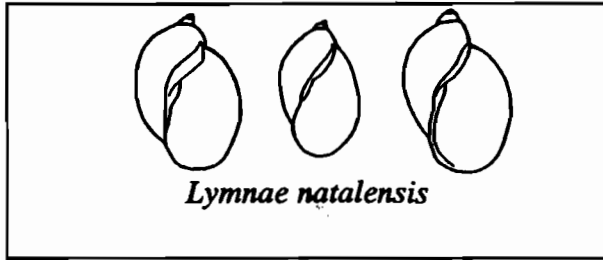
- Famille Lymnaeidae

Genre *Lymnaea* (Lamarck, 1799)

. *Lymnaea natalensis* (Krauss)

Cette espèce est assez commune sur les racines des plantes flottantes. On la rencontre dans tous les habitats en très grande abondance.

Coquille dextre globuleuse, mince et translucide de couleur blanc laiteux et ornée de fines stries d'accroissement à peine visibles. Elle présente deux à trois tours de spire. L'ouverture de la coquille est très grande et la hauteur est plus ou moins égale à la hauteur de la coquille.

*Lymnae natalensis*

- Famille Planorbidae

Genre *Biomphalaria* (Preston, 1910)
Biomphalaria pfeifferi (Krauss)

Coquille senestre de forme discoïde mince et translucide. Elle est formée de 4 à 5 tours de spire s'élargissant vers l'ouverture.

La face supérieure est plane. La face inférieure légèrement déprimée présente un ombilic dont le diamètre est équivalent au tiers du diamètre de la coquille.

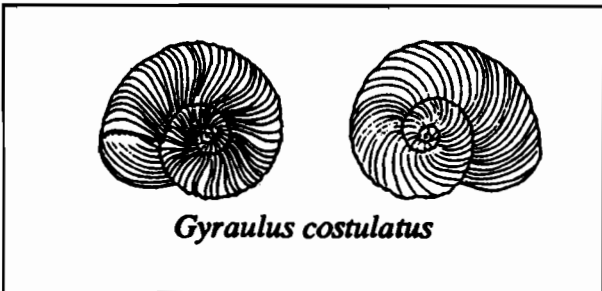
Nous avons rencontré cette espèce dans tous les milieux aquatiques que nous avons visités.

*Biomphalaria pfeifferi*

Genre *Gyraulus* (*Planorbis*) Charpentier, 1837

Gyraulus costulatus (Krauss)

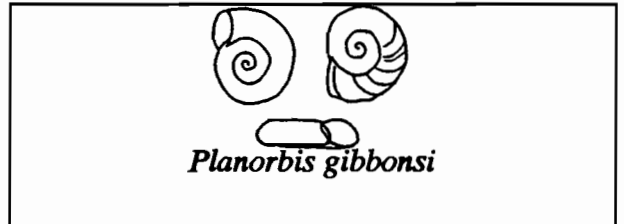
Coquille dextre de forme discoïde caractérisée par un dernier tour très élargi (nombre de tours que nous avons comptés est de l'ordre de 3 à 4 tours). La coquille est aussi ornée de costulations fines. Une carène médiane est présente sur les deux faces mais elle est plus marquée sur la face supérieure. Nous avons recensé cette espèce dans les environs d'Azaguié (Agboville).

*Gyraulus costulatus*

Planorbis gibbonsi (Nelson)

La coquille petite et aplatie est composée de 5 tours de spire à croissance lente. On observe sur le test de fines structures de croissance serrées et irrégulières.

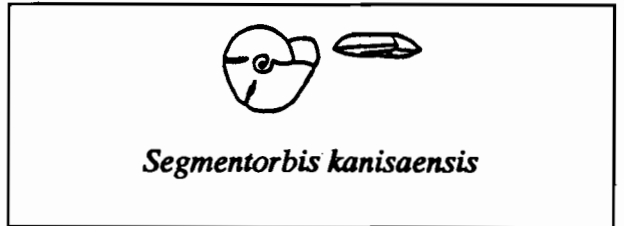
L'ouverture plus large que haute est oblique. C'est une espèce que nous avons rencontrée dans presque tous les milieux où nous avons échantillonné.

*Planorbis gibbonsi*

Coquille petite discoïde presque plate au niveau de la face inférieure. L'espèce est aussi caractérisée par la présence d'une carène placée du côté basal et de septa du côté supérieur qui sont des sortes de lames sinueuses auprès desquelles on note des petits points.

La coquille présente 3 à 4 tours de spire, colorée en brun jaunâtre presque transparente.

Cette espèce comme la précédente a été collectée en abondance dans toutes les zones visitées.

*Segmentorbis kanisaensis*

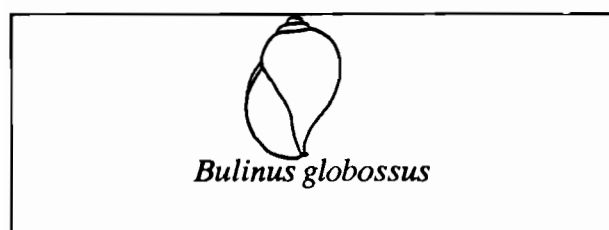
- Famille Bulinidae

Genre *Bulinus* (O.F. Muller, 1781)
Bulinus globosus

Cette espèce est caractérisé par une coquille senestre, plus haute que large. La coquille est formée de 3 tours de spire.

Ce gastéropode a été rencontré aussi dans les différents milieux aquatiques que nous avons échantillonnés. Il faut souligner qu'en Afrique de l'Ouest, on rencontre deux espèces de *Biomphalaria* : *Biomphalaria pfeifferi* (Krauss) et *Biomphalaria sudanica* (Martens). A notre connaissance la deuxième espèce n'a jamais été signalée dans les eaux ivoiriennes.

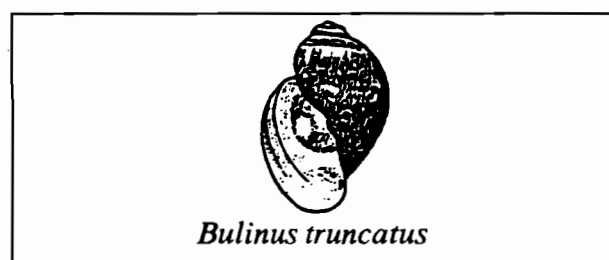
Sur sept espèces de *Bulinus* signalées en Afrique de l'Ouest, nous avons rencontré que trois espèces.



Bulinus globosus

Bulinus truncatus
Rohlfsi (Clessin)

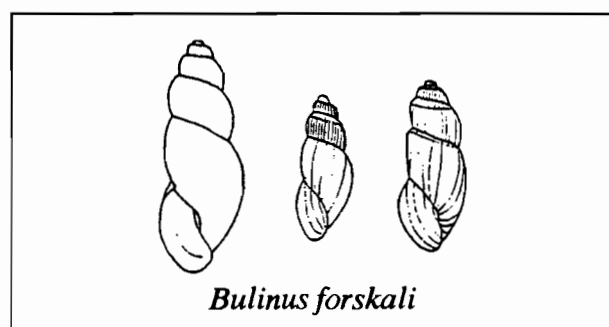
Nous avons rencontré cette espèce dans les environs de la Comoé. Petite coquille senestre formée de 3 tours de spire. Coquille plus haute que large présentant un bord columellaire non tronqué. Caractère qui différencie l'espèce de *Bulinus globosus*.



Bulinus truncatus

Bulinus forskali
(Ehrenberg)

Coquille senestre fusiforme, formée de 3 à 4 tours de spire souvent costulé. On rencontre cette espèce dans les régions de Bingerville de Dabou et de Comoé.



Bulinus forskali

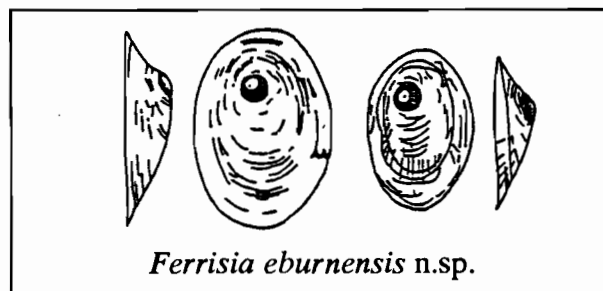
- Famille Ancyliidae

Genre *Ferrissia* (Walker, 1903)
Ferrissia eburnensis n.sp.

Coquille ovale plateforme, de hauteur faible avec un sommet rejeté vers l'arrière. Le profil est convexe en avant et concave en arrière donnant à la coquille l'aspect d'un cha-

peau. Le sommet présente des structures radiales. L'ensemble de la coquille est orné de stries fines concentriques.

La couleur de la coquille est grise-translucide. Nous avons rencontré cette espèce dans les régions de Dabou, la lagune d'Ono et le fleuve Comoé.



Ferrissia eburnensis n.sp.

3.3. Remarques biogéographiques sur les gastéropodes recensés

L'examen de la cartographie que nous avons établie permet dès à présent, malgré quelques incertitudes de tracer les grandes lignes de la distribution biogéographique des espèces et des genres de gastéropodes rencontrés dans les eaux ivoiriennes.

Les vingt espèces (identifiées) citées se répartissent en 14 genres et 9 familles. Les figures 1 à 12 indiquent la distribution de chaque espèce.

La superposition des figures de répartition des gastéropodes permet de dégager trois grands groupes de gastéropodes:

- Le premier groupe est composé des organismes rencontrés au Sud de la Côte d'Ivoire entre 5° et 7°

- Le second groupe est formé par l'ensemble des gastéropodes qui s'observent au Nord du pays entre 8° et 10°.

- Enfin le troisième groupe est formé par les gastéropodes qui se rencontrent dans toutes les eaux douces.

COMPOSITION DES DIFFERENTS GROUPES D'ORGANISMES

Premier groupe :

- . *Pila africana*
- . *Potadonta rhami*
- . *Lanistes guinaicus*
- . *Lymnea natalensis*
- . *Lanistes libycus*
- . *Planorbis gibbonsi*
- . *Hydrobia guyenoti*
- . *Segmentorbis kanisae*
- . *Hydrobia lineata*

- . *Bulinus globossus*
- . *Bythinia tournieri*
- . *Ferrissia eburnensis*
- . *Bulinus forskali*

Tous ces gastéropodes se rencontrent au Sud de la Côte d'Ivoire, c'est-à-dire dans la zone forestière. Cette zone est caractérisée par un climat plus proche du climat équatorial que du climat tropical humide. Il est caractérisé par deux saisons de pluie :

- la grande saison des pluies de mai à juillet avec le maximum en juin.
- la petite saison des pluies en octobre et novembre avec le maximum en octobre.

Les températures de cette zone varient entre 21°C et 33°C, le taux d'humidité varie entre 80 et 90%, la pluviométrie s'échelonne de 2000 à 2500 mm et la quantité d'énergie reçue en moyenne est de l'ordre de 1565 j/cm²/jour (Durand *et al.*, 1982).

Deuxième groupe :

Comprend une seule espèce à savoir *Bellamya* qui est inféodé aux eaux douces du nord. Cette région est caractérisée par une végétation de savane, et deux saisons :

- une saison de pluie de juillet à novembre et une saison sèche de décembre à juin.

Les températures varient entre 14°C et 39°C, la pluviométrie est de l'ordre de 1000 mm.

Troisième groupe :

- . *Melania tuberculata*
- . *Biomphalaria pfeifferi*
- . *Planorbis costulatus*
- . *Bulinus truncatus*

Ces gastéropodes présentent une large répartition. On les rencontre dans tous les milieux aquatiques continentaux ivoiriens.

3.4. Variation des espèces en relation avec la latitude

La figure 13 représente le pourcentage d'espèces en relation avec la latitude. Il ressort que 90% des espèces se rencontrent entre 5° et 6°N, 65% entre 6° et 7°N, 20% entre 7° et 8°N, 20% entre 8° et 9° et enfin 15% entre 9° et 10°N.

D'après les travaux de Levêque (1967), la présence des gastéropodes dans un milieu aquatique n'est pas influencé par la présence réduite ou excessive d'un élément chimique quelconque.

D'un point de vue malacologique, ces gastéropodes, étant phytophages, disposent d'un stock de nourriture très important que sont les plantes flottantes et les micro-organismes (animaux et végétaux) associés à ces dernières.

Il semble que les plantes flottantes contribuent à l'enrichissement de la faune au Sud de la Côte d'Ivoire. Elles constituent non seulement un habitat, mais aussi un moyen de dispersion des gastéropodes.

CONCLUSION

Les gastéropodes rencontrés jusqu'à ce jour en Côte d'Ivoire apparaissent peu diversifiés si l'on considère les 20 espèces sur 314 espèces rencontrées en Afrique (Brown, 1979).

La répartition des gastéropodes basée sur les paramètres climatiques, la végétation et la latitude Nord permet de distinguer les espèces rencontrées au Sud entre 5° et 7° de latitude Nord, les espèces à large répartition qui se rencontrent entre 5° et 10° de latitude Nord et la seule espèce inféodée au milieu aquatique du Nord.

Il ressort de cette répartition que la faune est plus diversifiée au Sud entre 5° et 7°N de latitude et que plus de 50% de cette faune a été retrouvée associée aux racines des plantes flottantes. Parmi ces gastéropodes, certains jouent un rôle dans la transmission de la bilharziose.

BIBLIOGRAPHIE

- Assi A., 1977.- *Salvinia nymphellula* Desv.(Salviniacées), fléau en extension vers l'ouest de l'Afrique Intertropicale. Bull. IFAN, T.39, n°3 : 555-562.
- Binder E., 1957.- Mollusques aquatiques de Côte d'Ivoire. I. Gastéropode. Bull. IFAN, T.19, Série A, n°1 : 97-125.
- Binder E., 1968.- Répartition des mollusques dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol., n°3-4 : 3-33.
- Brown D.S., 1979.- Biogeographical aspects of African Freshwater gastropods. Malacologia, 18 : 79-102.
- Levêque C., 1967.- Mollusques aquatiques de la zone Est du lac Tchad. Bull. IFAN, T.29, n°4 : 1494-1533.

- Dufour Ph., Slépoukha M., 1975.- L'oxygène dissous en lagune Ebrié : Influence de l'hydroclimat et des pollutions. Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 6 (2) : 75-118.
- Durant J.R., Chantraine J.M., 1982.- L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. Rev. Hydrobiol. trop., 15 (2) : 85-113.
- Pagès J., Lemasson L., Dufour Ph., 1979.- Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire : Cycle annuel. Arch. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 3 : 1-60.
- Porteres E., 1951.- Les variations de ceinture hydrophytiques et graminohélophytiques des eaux vives du système lagunaire. Bull. IFAN, T.13, n°3-4 : 1011-1028.
- Rai H., 1974.- Limnological observation on the different rivers and lakes in the Ivory Coast. Hydrobiologia, vol.44, n°2-3 : 301-317.

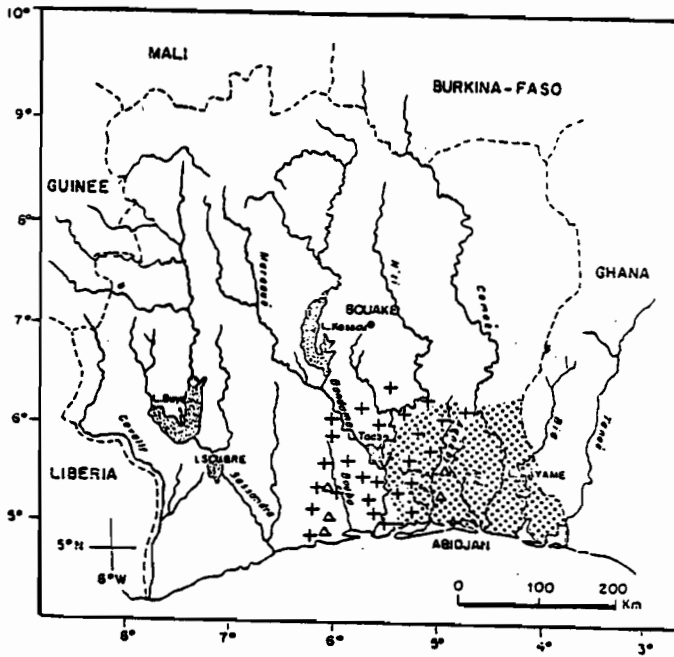


Figure 1 - Distribution de *Pila africana* +, *Lanistes guinaicus* :: et *Lanistes libycus* Δ

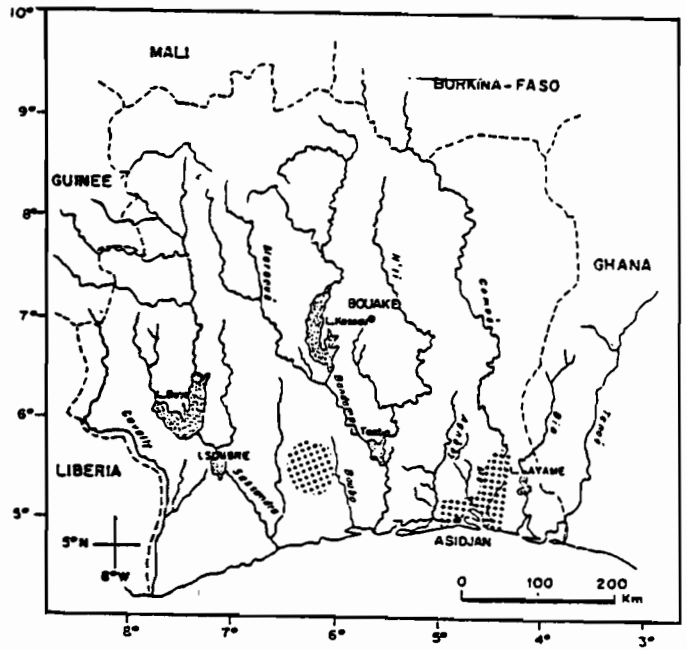


Figure 3 - Distribution de *Bythinia tournieri* ::::

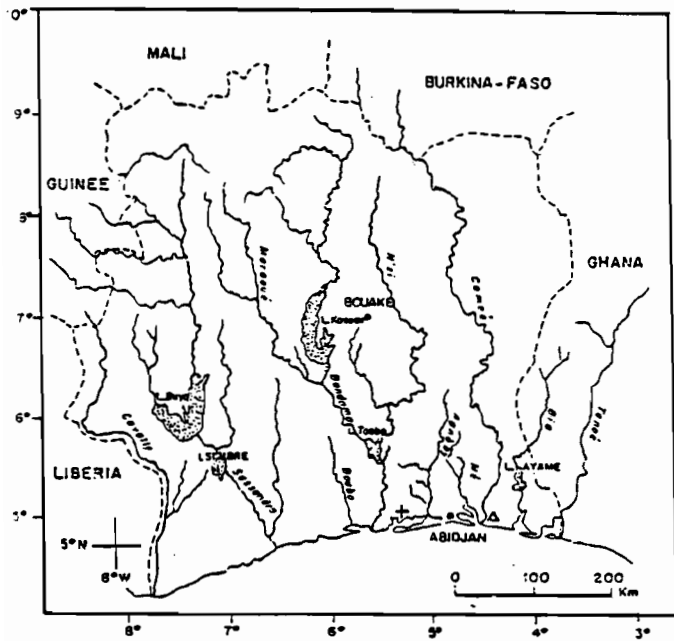


Figure 2 - Distribution de *Hydrobia guyenoti* (Baie de Toupah) + et de *Hydrobia iineata* (Baie de Bingerville) Δ

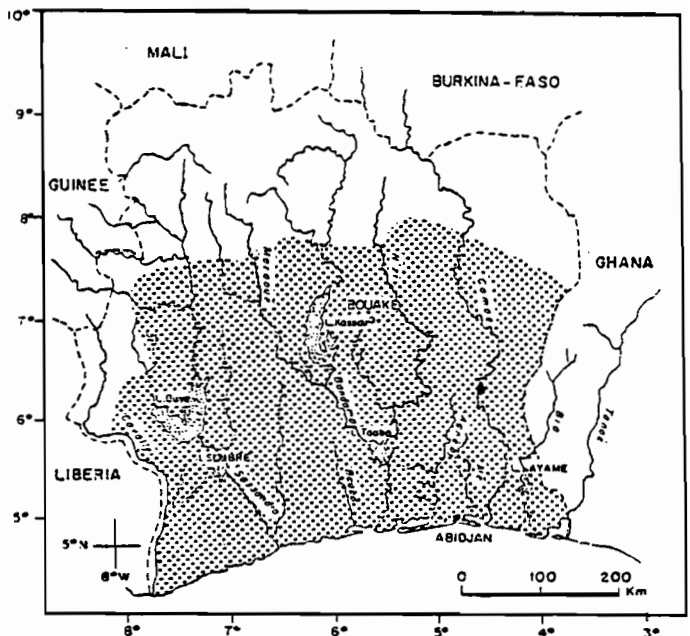


Figure 4 - Distribution de *Melania tuberculata* ::::

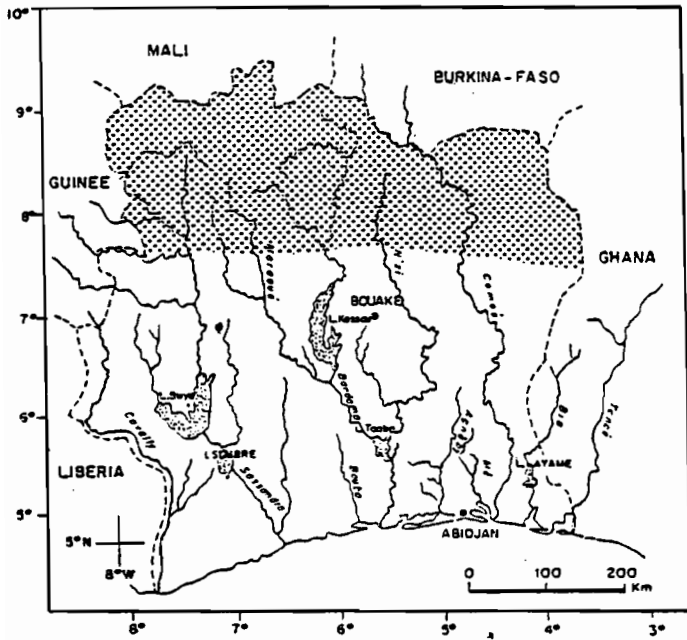


Figure 5 - Distribution de *Bellamya* sp.

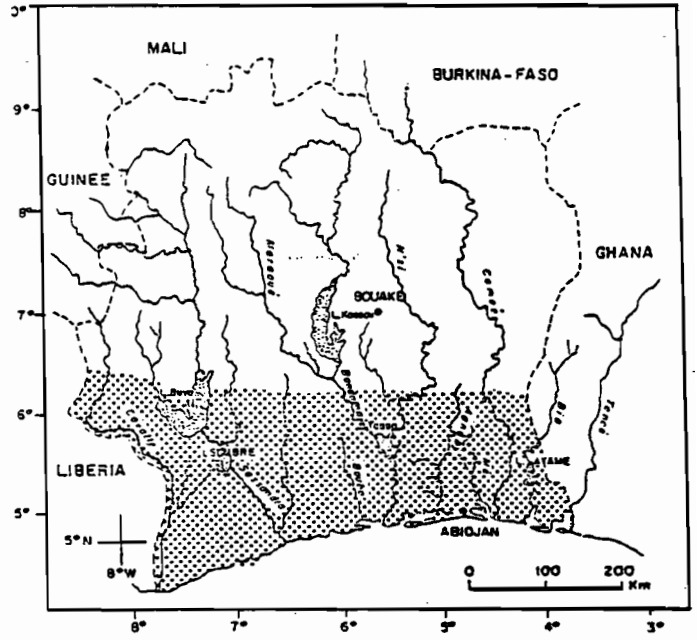


Figure 7 - Distribution de *Lymnae natalensis*

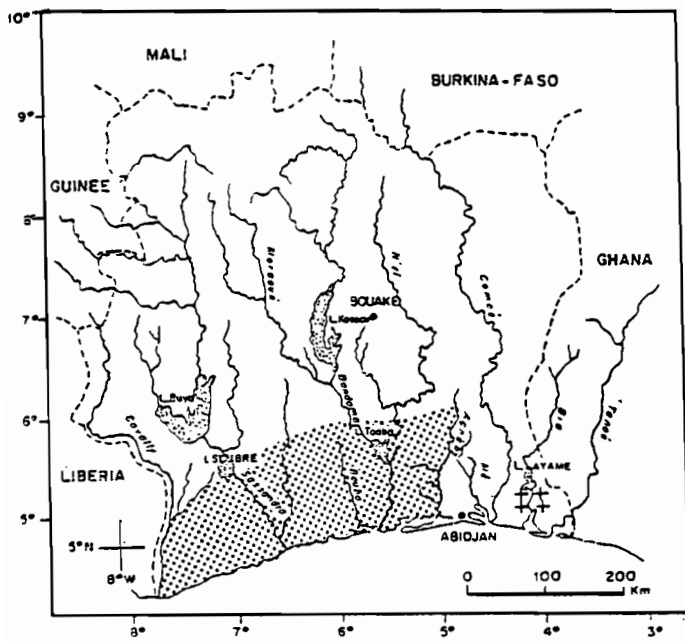


Figure 6 - Distribution de *Potadoma rahmi* +, de *Potadoma vogelii*

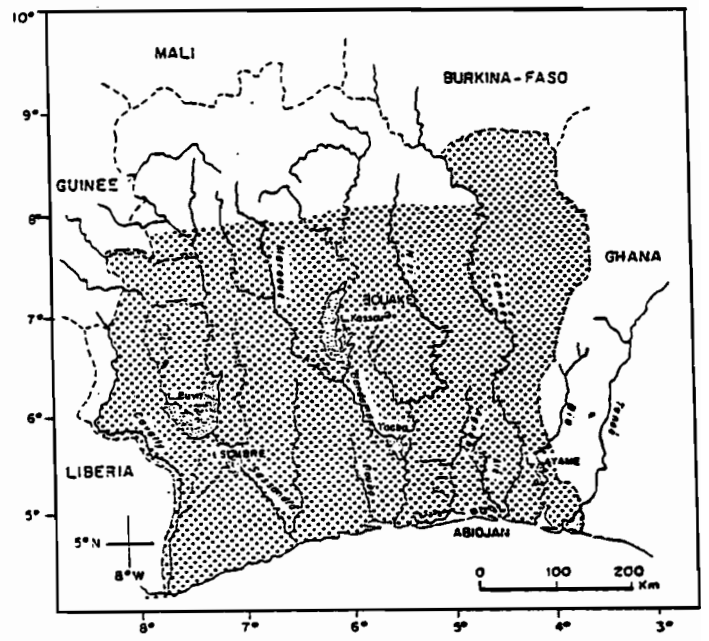


Figure 8 - Distribution de *Biomphalaria pfeifferi*

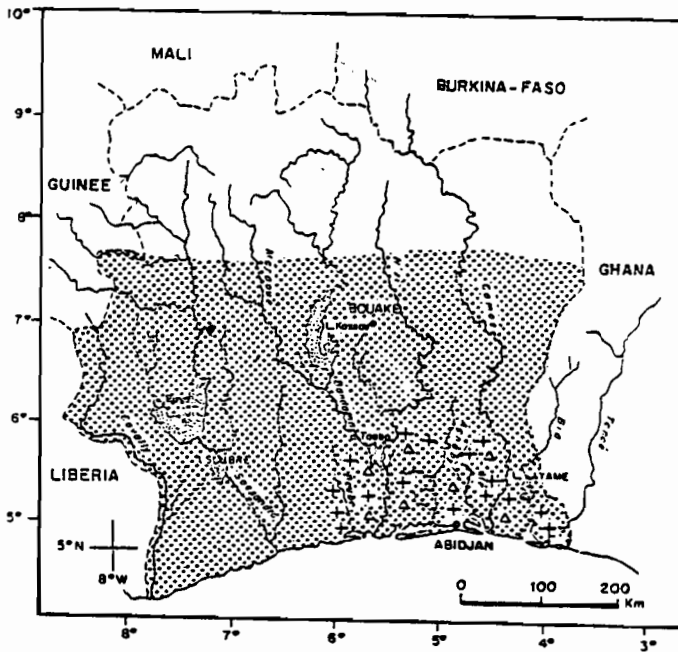


Figure 9 - Distribution de *Planorbis costulatus* :: de *Planorbis gibbonsi* + et de *Segmentorbis kanisaensis* Δ

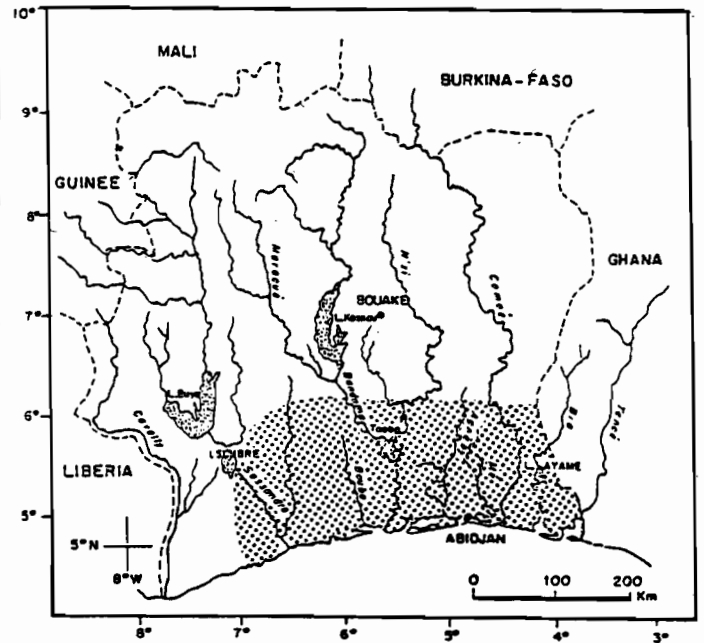


Figure 11 - Distribution de *Ferrissia eburnensis* ❖❖

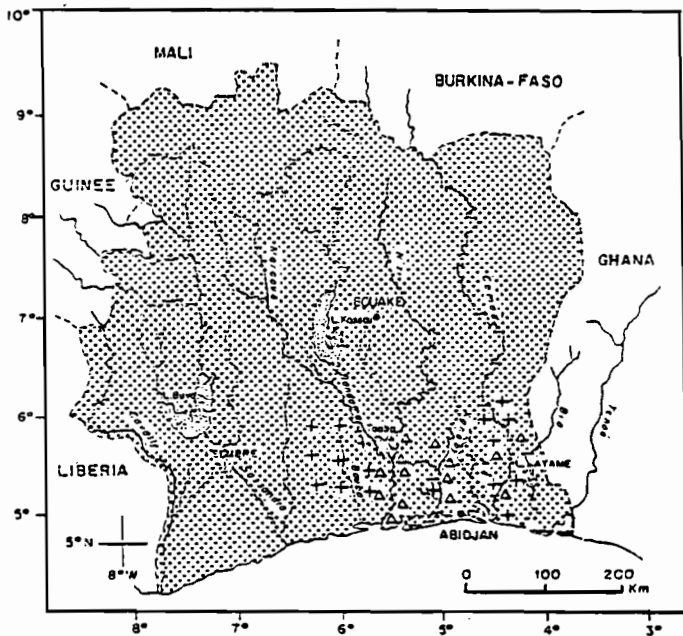


Figure 10 - Distribution de *Bulinus globosus* +, de *Bulinus truncatus* :: et de *Bulinus forskali*

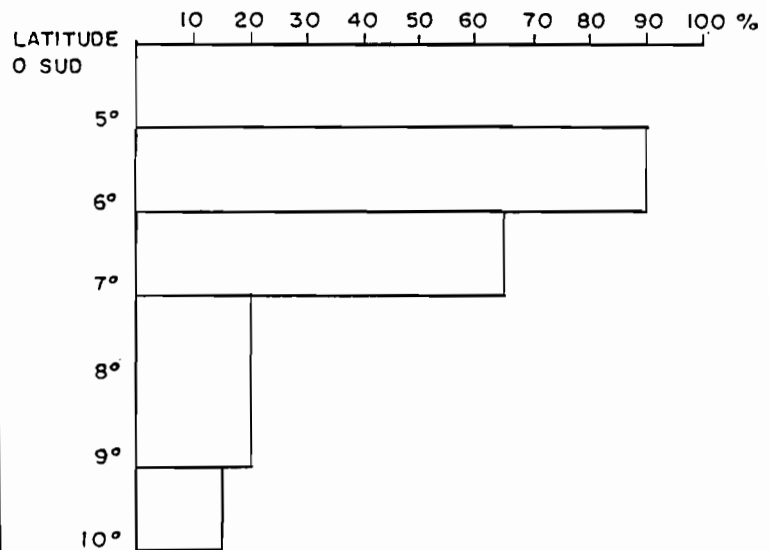


Figure 12 - Nombre d'espèces de gastéropodes en fonction de la latitude en Côte d'Ivoire:

NOTE SCIENTIFIQUE

(15) NOTE SUR LES BALEINES ECHOUÉES
EN ESTUAIRES ARTIFICIELS EN CÔTE D'IVOIRE

NOTE ON THE STRANDED WHALES
IN ARTIFICIAL ESTUARIES IN CÔTE D'IVOIRE

Par

AMON KOTHAS J.-B., N.Y. N'GORAN
Centre de Recherches Océanologiques
B.P. V 18 Abidjan (Côte d'Ivoire)
---=0000=---

RESUME

Des baleines échouées dans des eaux estuariennes ont été identifiées en Côte d'Ivoire: le Cachalot macrocéphale, *Physeter catodon* L. 1758 et le rorqual commun, *Balaenoptera physalus* L. 1758.

Mots-clés : Baleine, *Physeter catodon*,
Balaenoptera physalus, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Stranded whales in estuarian waters were identified in Côte d'Ivoire : the Sperm-Whale, *Physeter catodon* L. 1758 and the Fin-Whale, *Balaenoptera physalus* L. 1758.

Key-Words : Whale, *Physeter catodon*,
Balaenoptera physalus, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

La présence de baleines dans les eaux du littoral ivoirien est régulièrement signalée par les pêcheurs et, selon les informations des riverains, quelques uns de ces mammifères marins s'égarer parfois et échouent sur la plage.

Mais il arrive aussi à ces mammifères égarés qu'ils franchissent, à la faveur des flots de la marée montante, les canaux artificiellement ouverts pour se retrouver prisonniers dans les estuaires et y mourir.

C'est ainsi qu'il nous a été donné l'occasion d'observer trois spécimens échoués, l'un dans l'embouchure du fleuve Comoé, les deux autres dans le périmètre du port d'Abidjan.

Cette note rapporte ces trois cas, ainsi que quelques éléments bibliographiques sur les espèces concernées, tirés de Bourdelle et Grassé (1955) et de Martin (1978).

Deux espèces ont été identifiées : le Cachalot macrocéphale, *Physeter catodon* L. 1758 et le Rorqual commun, *Balaenoptera physalus* L. 1758.

1 - LE CACHALOT MACROCEPHALE
PHYSETER CATODON L. 1758

Deux spécimens ont été observés :

- le premier, un individu d'environ 10 mètres de longueur a franchi le canal de Vridi et s'est échoué sur la plage de l'île Boulay au port de la ville d'Abidjan le 8 Août 1979 (Fig.1, A ; Lat. 5°17'N, Long.4°02'W) ;

- le second, un individu jeune de 6 à 6,5 mètres de long, avec des dents encore très petites, a terminé sa course le 16 Novembre 1987, également dans la lagune Ebrié, non loin de l'embouchure du fleuve Comoé à Grand-Bassam (Fig. 1, B ; Lat. 5°12'N, Long. 3°44'W).

Ce dernier a franchi la passe ouverte artificiellement dans l'objectif d'évacuation des macrophytes flottants envahissant le système lagunaire Ebrié.

Systematique

Sous-ordre des ODONTOCETES:
Baleines à dents
Super famille des Physétéroïdés
Famille des Physétéridés :
CACHALOTS
Sous-famille des Physétéri-
nés : CACHALOT MACROCE-
PHALE (Sperm-Whale), *Physe-*
ter catodon L. 1758 (= *Phy-*
seter macrocephalus L. 1766)

Description

Le plus grand des cétacés à dents. Les mâles ont de douze à vingt mètres (le plus souvent de 15 à 18 mètres) ; les femelles sont plus petites (de neuf à douze mètres). Les mâles pèsent jusqu'à 50 tonnes, les femelles atteignent 13 tonnes. Le corps d'un mâle a entre 8 et 11 mètres de circonférence, et la queue mesure environ 4,50 mètres de largeur.

La tête colossale, en forme de tonneau, donne à ce cétacé un aspect singulier. La mâchoire inférieure étroite, comprenant une cinquantaine de grandes dents, est largement en retrait par rapport à la mâchoire supérieure. L'unique évent est situé à gauche sur le devant de la tête. La coloration très variable est le plus souvent d'un gris bleuté sur le dessus du corps, plus pâle en dessous. Pas de nageoire dorsale ; mais on trouve une série de tubercules vers l'arrière, le plus avancé - la "bosse" - étant le plus grand.

Nourriture

Constituée en majeure partie de calmars et de seiches pélagiques.

Vie sociale et reproduction

Les cachalots vivent en troupes composées d'un vieux mâle et de 20 à 100 femelles et jeunes.

Animal polygame. L'accouplement a lieu dans les mers chaudes, quand les harems sont formés. La gestation dure de dix à douze mois. Les femelles recherchent un endroit où l'eau est profonde et pure, près d'une île, pour mettre bas. Il n'y a apparemment pas de saison particulière pour les actes de la reproduction.

A la naissance, un cachalot mesure près de quatre mètres. Il est allaité pendant une année environ. Les mâles parviennent à maturité quand ils ont à peu près neuf mètres de longueur, et les femelles quand elles atteignent

environ sept mètres cinquante. Leur longévité n'est pas connue, mais on a mentionné l'existence d'un animal âgé de trente deux ans.

Utilisation

Les cachalots sont chassés pour leur sparmaceti, huile de choix supérieure à celle de la Baleine, dont certains sujets peuvent fournir jusqu'à près de 5 tonnes. On recherche aussi chez eux la concrétion intestinale (se formant dans la dernière portion de l'intestin ; un seul cachalot peut en fournir jusqu'à 63 kg), connue sous le nom d'ambre gris, qui était autrefois fort utilisée en thérapeutique humaine et dont l'usage est aujourd'hui restreint à la parfumerie.

Répartition

Universelle, mais préfère les régions plus chaudes (tropicales et subtropicales). Franchit probablement l'Equateur pour profiter de l'été dans chaque hémisphère. Ont tendance à se rassembler là où la nourriture est abondante, c'est-à-dire aux points de rencontre des courants chauds et froids.

2 - LE RORQUAL COMMUN *BALAENOPTERA PHYSALUS* L. 1758

Un spécimen d'environ 14-15 mètres est entré dans le port de la ville d'Abidjan, le 6 Décembre 1987 (Fig. 1, C ; Lat. 5°17'N, Long. 4°01'W).

Systematique

Sous-ordre des MYSTICETES
Famille des Balénoptéridés:
RORQUAL COMMUN,
(Fin-Whale)
Balaenoptera physalus L. 1758

Description

Au maximum 25 m de long, ce cétacé est au deuxième rang pour la taille après le rorqual bleu (*Balaenoptera musculus* L. 1758, dont la femelle peut mesurer jusqu'à 33 mètres. Il diffère de tous les cétacés par l'asymétrie de sa coloration : son corps est gris sur le dessus, blanc sur le dessous, mais la mâchoire inférieure est grise à gauche et blanche à droite. A l'intérieur de la bouche, et sur la langue, le côté droit est coloré, pas le gauche.

Nageoire dorsale assez élevée et acuminée, concave sur son bord postérieur. Tête relativement courte, triangulaire, déprimée de dessus en dessous. Mâchoire inférieure nettement plus forte et plus longue que la mâchoire supérieure.

Nourriture

Les Rorquals se nourrissent de tous les petits animaux planctoniques dont ils peuvent disposer, suivant les saisons, mais principalement de crevettes (krill) ou de poissons. Un individu consomme à peu près trois tonnes de nourriture par jour.

Vie sociale et reproduction

Grégaire, mais peut se trouver isolé.

Le rorqual commun naît au bout de 10 à 12 mois et mesure environ, de 4 à 6,5 mètres.

Répartition

Universelle ; il préfère les mers tempérées et froides mais, on peut voir certains rorquals communs errer dans les eaux tropicales.

Utilisation

L'importance économique de cette espèce est considérable en raison des grandes quantités d'huiles, de corps gras, de viande de peaux et de produits spéciaux (en opothérapie) que peuvent fournir les abats et issues.

BIBLIOGRAPHIE

Bourdelle E. et P.P. Grassé, 1955.- Ordre des Cétacés. In : Grassé P.P. et Coll., Traité de zoologie. Tome 17, fasc. 1, 341-450.

Martin R.M., 1978.- Les mammifères marins. Ed. Elsevier Séquoia, Bruxelles, 206 p.

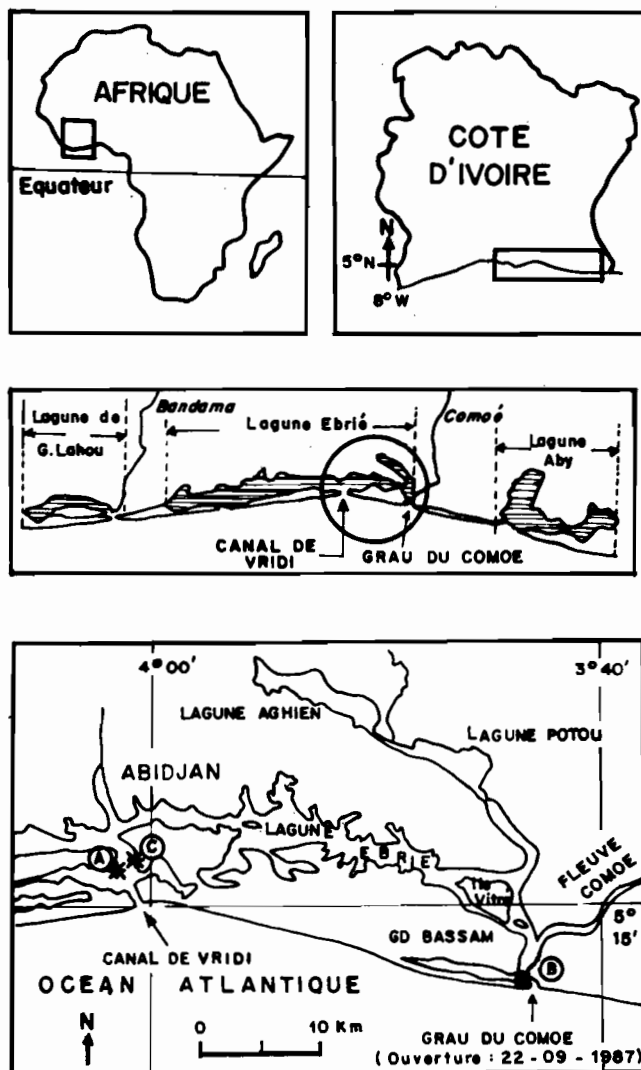


Figure 1 : Position géographique des baleines échouées en estuaires artificiels.

Geographic position of stranded whales in artificial estuaries.

INSTRUCTIONS AUX AUTEURS

Le "Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie" du Centre de Recherches Océanologiques (CRO) publie, deux fois par an, en français ou en anglais, les résultats de travaux dans les domaines des eaux marines, saumâtres et continentales.

Tout auteur qui soumet un article à la revue doit certifier par écrit que cet article n'a ni été publié (en partie ou en totalité), ni soumis à une autre revue. En outre il s'engage à donner plein droit de publication à la revue au cas où son article serait accepté. Dans le cas de reproduction des éléments d'un article bénéficiant du copyright, l'auteur doit obtenir une autorisation écrite de la revue propriétaire du copyright.

Le dépôt de cet accord est un préalable indispensable à l'enregistrement effectif de l'article soumis à publication. En cas de refus de l'article l'auteur reprend la possession de son article qu'il pourrait soumettre éventuellement à une autre revue.

Les manuscrits sont acceptés dans la mesure où leur qualité scientifique est reconnue par un comité de lecture. Ils peuvent être d'intérêt local ou international. Une préférence sera donnée aux travaux intéressant les régions tropicales.

Manuscrits

Les manuscrits dactylographiés, avec double interligne, marge de 4 cm, sans correction ni surcharge et au recto exclusivement, sur du papier format 21 x 29.7 cm, seront expédiés en triple exemplaires à l'éditeur scientifique, Journal Ivoirien d'Océanologie et de Limnologie, Centre de Recherches Océanologiques, B.P. V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire. Ils ne doivent pas excéder 30 pages (texte + figures + tableaux) pour les articles, et 5 pages (texte + figures + tableaux) pour les notes scientifiques.

La première page portera le titre dans la langue de rédaction, le nom et le(s) prénom(s) de ou des auteur(s), l'affiliation et l'adresse.

Les résumés figureront sur la deuxième page : un résumé dans la langue de rédaction et un autre résumé plus substantiel dans la seconde langue précédé de la traduction du titre.

Les mots-clés (10 au maximum) devront suivre les résumés dans la langue correspondante.

Le texte de l'article débutera en haut de la page suivante.

Les titres des chapitres (en capitales) et sous-chapitres (en minuscules) ne seront pas soulignés. Les subdivisions seront précisées par des chiffres arabes.

Les noms d'auteurs dans le texte excepté la première lettre doivent être en minuscules. Seuls seront soulignés ou en italique les noms latins.

Figures - Tableaux - Photos

Les figures et les photos doivent être numérotés en chiffres arabes et les tableaux en chiffres romains. Ils seront accompagnés d'une légende explicite également traduite dans l'autre langue.

Les dessins et les graphiques seront exécutés au trait, à l'encre de chine, sur papier blanc ou calque. Les dimensions optimales acceptées sont 10 x 14 cm. Les reproductions des figures et des photos seront adressées lors de la soumission du manuscrit. Les originaux ne devront être expédiés que lorsque l'article aura été accepté pour publication.

Les photographies (de préférence en noir et blanc) devront être aussi nettes que possible sur papier glacé, et très contrastées. Elles seront soumises sur du papier format 9 x 13 cm. Les négatifs seront transmis après acceptation de l'article.

Références bibliographiques

La bibliographie des auteurs cités dans le texte sera présentée à part, par ordre alphabétique et par chronologie, selon les modèles suivants :

- Périodique

Garcia S., Petit P., Troadec J.P., 1970.- Biologie de *Penaeus duorarum* (Burkenroad) en Côte d'Ivoire. I : Croissance. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanol. Abidjan, 1 (2) : 17-48.

- Livre

Dengens E.T., 1965.- Geochemistry of sediments, Prentice Hall, New York, 343 p.

- Article dans un livre à plusieurs auteurs

Ancellin J., 1976.- Pollutions radioactives en milieu marin, in : La pollution des eaux marines.

Édité par J.M. Perès, Imp. Com. Gauthier-Villars, Paris, p. 67-77.

Abréger selon la dernière édition du World list of Scientific Periodicals.

Pour plusieurs articles du même auteur, la même année, écrire : 1979a, 1979b, etc...

Les notes en bas de page

Il est souhaitable d'éviter au maximum les notes en bas de page. Si quelques unes sont absolument indispensables, elles seront imprimées au bas de chaque page et on aura recours à de petits chiffres supérieurs placés en appel de note à côté des mentions concernées.

Nomenclature et unités de mesure

Les unités de mesure et la nomenclature utilisées dans tous les articles destinés à être publiés par le journal devront être universellement acceptables (Unités SI). Les noms chimiques seront conformes aux règles de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée. Les noms des pesticides, selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et les médicaments selon les dénominations communes internationales (DCI).

Il sera fourni au maximum 10 tirés à part par auteur. Au-delà de quatre auteurs le nombre total de tirés à part ne peut excéder 40.

Des tirés à part supplémentaires peuvent être obtenus à titre onéreux.