

7.11.1993



O.R.S.T.O.M.-PARIS  
28 SEP. 1993  
ARRIVÉE

## INTERFACE CONTINENT-OCEAN

### BILAN DES TRAVAUX REALISES A L'ORSTOM

#### PROSPECTIVE DES ETUDES POSSIBLES

### INTRODUCTION

L'un des thèmes qui s'est imposé avec le plus de vigueur ces dernières années, non seulement auprès de la communauté scientifique, mais aussi des responsables de la politique de recherche, est celui de l'interaction continent-océan. Cette formulation correspond d'ailleurs mot pour mot à LOICZ, Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone, importante composante du Programme International Géosphère-Biosphère (PIGB). Au plan national, l'intérêt renouvelé pour cette thématique se manifeste par la mise en place du Programme National d'Océanographie Côtière (PNOC).

Le constat unanime qu'il est urgent de mettre d'importants moyens à la disposition de recherches sur les milieux côtiers et margino-littoraux est la conséquence d'une prise de conscience générale. En effet, 50% de la population mondiale actuelle est concentrée dans une bande côtière de 50 km de large (plus que la population mondiale d'il y a quarante ans) où se situent en particulier la plupart des mégapoles des pays développés ou pauvres. D'où les dommages déjà causés par l'urbanisation, l'industrialisation, l'agriculture intensive, à ces systèmes qui détiennent 90% des ressources vivantes d'origine marine et qui sont responsables de 24% de la production de CO<sub>2</sub> des océans, du fait des aménagements, de l'évacuation des déchets etc.

En revanche, les connaissances sont encore très fragmentaires sur les processus biogéochimiques qui contrôlent le fonctionnement d'écosystèmes littoraux caractérisés par des régimes hydrologiques contrastés, une forte productivité biologique, une diversité écologique élevée, mais particulièrement exposés aux effets des perturbations d'origine anthropique et des phénomènes climatiques (sécheresses, événements El Niño, variations du niveau marin).

La vocation de l'ORSTOM, la recherche pour le développement, a toujours conduit ses scientifiques à afficher un intérêt prioritaire pour les systèmes littoraux et margino-littoraux. Ainsi, par exemple, dès les années cinquante, Berrit caractérise les eaux dessalées du golfe de Guinée et détermine leur extension vers le large tandis que Varlet entreprend une étude sur l'hydrodynamique de la lagune Ebrié. Depuis lors, de

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B \* 16132 Ex : 1

Fonds Documentaire ORSTOM  
  
010016132

nombreuses connaissances ont été accumulées et des compétences acquises.

Ce rapport tente de dresser un bilan rapide, mais aussi complet que possible, des travaux de l'ORSTOM sur les milieux où s'exercent les influences réciproques des eaux marines et continentales. Ensuite, sur la base des études actuellement en cours, un certain nombre d'orientations, de voies de recherche seront proposées, qui tiennent compte également des réflexions menées sur le sujet dans les départements DEC et TOA, de la dynamique liée aux programmes nationaux et internationaux dont il a été question, ainsi que des idées qui animent le débat aujourd'hui entamé sur la biodiversité

## 1 - BILAN

La morphologie du littoral et le régime climatique déterminent des types d'interface continent - océan très différents. L'ordre de la présentation suivante correspond approximativement à la succession chronologique des travaux, mais aussi à un gradient croissant de confinement des milieux et à une diminution de l'importance des apports d'eaux douces. On peut y voir également les différents stades d'une évolution forcée par une sécheresse progressive.

### 1.1 - Littoral congolais (1965-1975)

Sur cette côte soumise à des upwellings saisonniers, principalement en hiver austral, la présence d'eaux dessalées est néanmoins fréquente pendant la saison humide qui correspond à l'été austral. En moyenne, la salinité de surface est inférieure à 34 de janvier à mai et de septembre à novembre. L'origine des ces eaux dessalées est multiple. Le Zaïre (ou Congo), dont l'embouchure est à 75 milles environ de Pointe-Noire, rejette de 30000 m<sup>3</sup>/s en étiage à 80000 m<sup>3</sup>/s pendant les crues (mai-juin et surtout décembre). Ses eaux, canalisées à leur arrivée en mer par un canyon, s'écoulent vers le nord-ouest ; elles sont reconnaissables à leur couleur foncée et des dessalures superficielles de 20 ‰ s'étendent jusqu'à 100 milles de l'embouchure. Pendant l'étiage, il semble que l'upwelling refoule vers le large les eaux du Congo, alors que pendant la saison humide ces eaux sont responsables de la baisse générale des salinités de surface le long de la côte. Sur le côté nord de leur parcours elles s'étalent en coin sur les eaux océaniques, alors qu'au sud elles en sont séparées par un front presque vertical. Devant Pointe-Noire elles s'écoulent davantage sur la partie externe du plateau, alors que le littoral est souvent baigné par les panaches des fleuves côtiers (Loémé et surtout Kouilou ). Enfin, et bien que leur présence ait été controversée, il semble que les eaux dessalées du fond du golfe de Guinée puissent parfois s'étendre jusqu'au littoral congolais. Le phénomène présenterait certaines analogies avec l'El Niño du Pacifique.

L'arrivée des eaux du Congo devant Pointe-Noire est accompagnée d'une baisse des phosphates, de la chlorophylle et de la production. Ces eaux très turbides sont peu favorables à une production élevée ; néanmoins des blooms ont été observés à faible

distance de l'estuaire et l'on a supposé que ces poussées peuvent épuiser les sels nutritifs disponibles ou du moins induire un déséquilibre entre eux.

Les eaux côtières sont peuplées de zooplanctons dont *Oithona nana* et *Paracalanus scotti* sont les formes dominantes, particulièrement pendant les saisons froides. Lors des saisons de dessalure, ce peuplement est appauvri et *Pseudodiaptomus serricaudatus* devient abondant.

Le peuplement littoral de poissons, entre la côte et les fonds de 50 m, représente 34% des captures réalisées lors des campagnes de chalutages. *Pseudolithus senegalensis*, *P. typus* et *Pteroscion peli* représentent 60 % de ce peuplement qui recouvre les deux communautés à Sciaenidés. A l'embouchure du Congo, on retrouve toutes les espèces importantes de la communauté inféodée aux estuaires. *Pseudolithus elongatus*, *Polydactylis quadrifilis*, *Dasyatis margarita* et *Pseudolithus typus* y sont particulièrement abondants.

La pêche de *Pseudolithus elongatus* (bossus) proche de l'embouchure du Congo a des rendements inversement liés à la salinité ; l'aire de pêche s'étend en période de crue du Congo et se restreint lors de l'étiage. Les bossus ont un régime carnivore composé d'animaux vivant à proximité du fond. Or le benthos des estuaires guinéens serait beaucoup plus riche en invertébrés que celui des régions purement marines, et c'est pendant la saison des crues que les poissons ont le meilleur coefficient de condition et c'est aussi pendant ces périodes qu'a lieu la reproduction.

Les deux espèces de sardinelles, *Sardinella maderensis* et *S. aurita*, constituent l'essentiel des captures pélagiques côtières. La première est relativement sédentaire et supporte de fortes variations thermo-halines, tandis que la seconde, assez sténohaline et sténotherme, se livre à des déplacements verticaux ou à de grandes migrations pour se maintenir dans un environnement plus constant. On a avancé l'hypothèse d'une influence de la pluviométrie de grande saison chaude sur l'indice gonado-somatique au cours de la principale saison de ponte (mai-juin) chez *S. aurita*. Il existe peut-être également une relation négative entre l'abondance de cette espèce et la pluviométrie.

Quelques essais ont montré la possibilité d'élever des huîtres de palétuvier (*Gryphaea gasar*) dans des milieux côtiers abrités, soumis à de faibles apports d'eaux douces.

En définitive, l'influence des eaux continentales sur le plateau congolais est très importante presque toute l'année ; l'influence océanique n'est sensible à la côte que lors des upwellings de grande saison froide, parce qu'ils coïncident avec l'étiage (juillet-août) du Congo. L'enrichissement dû aux upwellings étant de loin le plus manifeste, les travaux se sont davantage intéressés aux conséquences de ce mécanisme qu'au rôle des eaux continentales. Une des difficultés a peut-être été l'omniprésence de ces eaux dessalées, dont l'origine et les limites étaient difficiles à connaître, notamment en l'absence de données satellitaires. Des vues synoptiques à plus large échelle auraient permis de compléter les observations des stations fixes. En effet, une même dessalure peut

correspondre à des conditions nutritives très différentes si elle est due aux effluents d'un fleuve côtier proche ou du lointain Zaïre. Enfin il est un peu paradoxal que l'influence des eaux dessalées (et superficielles) sur les poissons démersaux ait été mieux perçue que chez les pélagiques.

## 1.2 - Baies de la côte nord-ouest de Madagascar (1966-1971)

Les premiers travaux de Frontier à Madagascar ont montré l'importance du facteur terrigène dans le cycle annuel du plancton du nord-ouest de la grande île et il a été décidé de mener une étude multidisciplinaire dans les baies d'Ambaro et d'Ampasindava, proches de Nosy-Bé. Ces baies ont un régime d'estuaire (diffus pour la première, de type fjord pour la seconde) en saison des pluies (décembre-avril). En saison sèche, la couche d'eau s'homogénéise grâce aux vents, suivant un processus qui part du talus continental en mai et arrive au fond des baies en septembre.

En l'absence d'upwelling au large des côtes, la productivité de toute la zone est sous la dépendance du cycle biologique des baies, gouverné par l'alternance saisonnière. Au début des pluies, la fertilisation des baies, dont l'eau est mal renouvelée, induit des explosions planctoniques et des eutrophisations passagères. Vers janvier, s'établit une circulation estuaire (dérive de surface vers le large et contre-courant profond : l'arrivée d' $1 \text{ m}^3$  d'eau douce entraîne par frottement l'évacuation de  $17 \text{ m}^3$  vers l'extérieur et le retour de  $16 \text{ m}^3$  près du fond). Cette circulation permet une stabilisation de l'écosystème juvénile par "exploitation physique" (entraînement vers le large). En même temps le peuplement planctonique se complexifie. La partie la plus mûre, en aval de la dérive de surface, est reprise par le contre-courant profond et ramenée vers la côte, au contact de la partie juvénile qu'elle exploite trophiquement. Le système atteint vers la fin de la saison des pluies une structure telle qu'il est capable de se maintenir par production de régénération plusieurs mois après le tarissement des sources d'enrichissement terrigènes.

En saison des pluies, un matériel organique important est charrié par les rivières et à travers les chenaux de mangrove, sédimente, est repris par le contre-courant profond et s'accumule dans la partie interne des baies, contre le fond, où il se minéralise en rendant le sédiment anoxique. La stratification de la couche d'eau néritique, importante à cette époque, interdit la bonne diffusion des produits de minéralisation. Cette diffusion ne se produit qu'en début de saison sèche grâce à l'homogénéisation, d'où un maximum secondaire de productivité (mai) qui apparaît vers 25 m, au sommet de la couche immobile en saison des pluies. Les pluies sporadiques de saison sèche (pluies des mangues) induisent des pullulations de Cyanophycées sur lesquels se développent des essaims d'*Acartia amboinensis*.

Le sédiment, très instable, riche en matière organique et souvent anoxique, est très pauvre en endofaune. Par contre un abondant peuplement de Diatomées benthiques est à l'origine d'une production primaire importante dans les parties éclairées. D'autre part des populations vagiles (Crevettes, Poissons), limivores et capables de fuir des conditions trop anoxiques se développent au point d'être exploitables industriellement.

La partie externe du plateau continental, à benthos riche et diversifié, exploite l'écosystème des baies, dont le plancton est entraîné par la dérive de surface. Le maximum d'émission des larves correspond au maximum de productivité des baies, ce qui semble traduire une adaptation écologique au niveau du peuplement de la région.

En l'absence d'enrichissement d'origine profonde, le cycle de l'écosystème côtier est entièrement sous la dépendance des apports fluviaux et pluviaux. Ce contrôle se fait directement grâce aux apports nutritifs immédiatement assimilés (on n'observe pas d'augmentation des nitrates en face des arrivées des rivières alors que des proliférations phytoplanctoniques ont lieu à la suite des crues) ou indirectement par le biais de la circulation estuaire, des structures verticales (stratification ou brassage par les alizés). Par contre un décalage d'une saison s'observe entre l'apport de la matière organique dans le milieu et son utilisation.

### **1.3 - Le littoral nord du golfe de Guinée : "Côte des lagunes"**

C'est à partir du C.R.O. d'Abidjan que le maximum d'efforts de recherche a été développé dans l'ensemble des disciplines, d'abord sur le milieu marin (fin des années 60-milieu des années 70), puis sur le système lagunaire (jusqu'à la fin des années 80). D'abord orientés sur l'environnement hydroclimatique, puis les peuplements, la production et les flux de matière vivante et inerte, ils se sont aussi tournés vers la pêche et ses aspects ethniques, sociaux et économiques.

Le régime de mousson détermine une saison des pluies intense sur le littoral (juin) au cours de laquelle se produit la crue des fleuves côtiers. Elle est suivie de la grande crue des fleuves soudaniens en septembre-octobre. Climat et couvert végétal de ces deux types de bassins diffèrent; aussi les éléments solides et dissous transportés par les rivières sont-ils différents. La silice notamment est plus abondante dans les cours d'eau des régions arides que dans les rivières des bassins forestiers.

#### **1.3.1 - Le milieu marin devant la Côte d'Ivoire**

L'une des difficultés de mettre en évidence les apports terrigènes dans la dynamique des systèmes côtiers est - à la différence du Congo - la quasi coïncidence entre périodes de crue (juin-juillet, septembre-octobre) et principale saison d'upwelling (juillet-septembre). C'est grâce aux différences climatiques interannuelles que les influences continentales et profondes ont pu être dissociées.

La silice dissoute est en effet abondante dans les eaux côtières à proximité du canal de Vridi au moment de la grande crue des fleuves à régime soudanien (septembre-novembre). Des peuplements phytoplanctoniques particuliers se développent lors des périodes de chasse de la lagune vers l'océan : saison des pluies sur la côte (juin) et crue des grands fleuves. La biomasse du phytoplancton côtier passe par un premier maximum lors des pluies côtières mais c'est en fin de saison d'upwelling, et au début de la grande crue,

que la plus forte biomasse algale est produite. En effet, la silice est le premier facteur à devenir limitant dans les eaux d'upwelling à cause de la poussée des Diatomées qui en font une forte consommation et de la lenteur de sa reminéralisation. Les apports des fleuves qui recueillent les pluies tombées sur la savane semblent à même de lever cette limitation et de permettre des poussées planctoniques plus fortes que celles qu'autoriseraient les seules remontées d'eau profonde. A cause d'une cinétique moins rapide, les biomasses zooplanctoniques accompagnent modérément la première saison de décharge et n'atteignent leur maximum qu'au moment où les derniers upwellings coïncident avec le début de la grande crue (septembre).

Depuis le début des années 70, le débit des fleuves soudaniens a été réduit d'un facteur 3 environ, notamment en période de crue. Les biomasses zooplanctoniques de fin de saison froide n'ont pas retrouvé des valeurs aussi importantes qu'avant la sécheresse.

Des efflorescences de Péridiniens peuvent se produire après une période d'upwelling intense, suivie de quelques jours de calme et de stratification, favorisées par des écoulements d'eaux douces. Aucune toxicité de ces eaux rouges n'a été signalée devant la Côte d'Ivoire.

Quelques Copépodes d'eaux saumâtres se retrouvent dans le plancton côtier au moment de la première crue (*Acartia clausi*, *Pseudodiaptomus serricaudatus*). Mais, dans l'ensemble, ce sont des peuplements opportunistes (*Centropages chierchiae*, *Temora turbinata*) qui profitent des poussées phytoplanctoniques induites par la conjugaison des remontées d'eaux profondes et des apports terrigènes.

La réduction des apports d'eau douce semble avoir déclenché au moins deux profonds changements dans les peuplements de poissons. *Sardinella aurita* a été en 1972, première année sèche, excessivement disponible, et fortement surpêchée. Cette espèce, assez sténohaline, se tenait habituellement à une certaine distance de la côte et des dessalures littorales. En 1972, en l'absence de dessalure côtière, de très grandes quantités de juvéniles ont été capturées près du rivage. Puis, pendant les quelques années suivantes, l'espèce a pratiquement disparu des débarquements. Si le recrutement de *S. aurita* est en partie déterminé par l'intensité de l'upwelling de l'année précédente, sa disponibilité est inversement proportionnelle aux débits fluviaux de l'année en cours.

*Balistes carolinensis* a connu un extraordinaire développement. Occasionnel, il est devenu l'une des espèces dominantes dans la plupart des pêcheries, du Sénégal à la baie de Biafra, au cours des années 70 et 80. La raison de cette prolifération soudaine est mal connue, mais on soupçonne la sécheresse d'en être en partie responsable. Les balistes sont, la plupart, des habitants des eaux limpides des milieux coralliens (au moins une douzaine d'espèces vivent dans le lagon de Nouvelle-Calédonie). Certaines espèces pondent dans des nids qu'ils protègent ; ce comportement ne peut s'exercer efficacement que dans des conditions de faible turbidité. Actuellement *B. carolinensis* est partout en récession, ce qui a été rapproché d'une reprise modérée des précipitations sur l'ouest africain. Il est regrettable que l'explosion et le retour à la normale n'aient pas été étudiés de façon approfondie.

### 1.3.2 - La lagune Ebrié

Lieu de transit des eaux fluviales avant d'atteindre la mer, la lagune Ebrié, allongée sur 130 km, profonde de 4,8 m en moyenne, est la plus grande d'Afrique occidentale. Depuis l'ouverture du canal de Vridi (1950) elle est également soumise à une influence marine. En moyenne les apports d'eau douce et d'eau de mer représentent respectivement 4 et 14 fois le volume de la lagune ; les apports d'eau douce, fonction des aléas climatiques, ont varié dans un rapport de 5 à 1 au cours des 30 dernières années.

Son régime hydrologique est soumis à l'alternance de la double crue des fleuves forestiers, la Mé et l'Agnéby (juin-juillet et octobre-novembre) et de la crue unique (et beaucoup plus puissante) d'un fleuve soudanien, le Comoé, (septembre-octobre). L'influence marine, presque nulle en période de crue, est la plus forte pendant l'étiage (décembre-mai). Vent, courants de marée et de chasse engendrent une forte turbulence.

Selon les saisons et les secteurs, la circulation est de type fluvial ou estuarien. Dans les secteurs occidentaux, l'eau, la moins renouvelée, ne dépasse jamais 5 ‰, tandis que dans les régions à fort hydrodynamisme, proches du canal, la salinité varie de 0 à 33 ‰ entre la période de crue et celle d'étiage. Dans les régions centrales proches des débouchés des rivières, l'eau serait renouvelée entre 6 et 30 fois par an, tandis que dans les régions périphériques le renouvellement n'aurait lieu que tous les 2 ans.

Apports de sels nutritifs d'origine externe et turbulence créée par le vent gouvernent la production primaire. Dans les régions les plus isolées, qui sont aussi les moins profondes, le clapot remet en suspension les matériaux sédimentés et entretient une forte production de régénération. La production est limitée par la faible transparence due à la remise en suspension du seston et à la coloration jaune due aux acides humiques. Enfin, la multiplication cellulaire, en inhibant la pénétration lumineuse, se limite elle-même. La minéralisation de la matière organique ainsi créée peut entraîner la création de poches anoxiques dans des fosses isolées. Le phytobenthos ne contribuerait que pour 10 % à la production autotrophe.

Les concentrations d'N et de P augmentent des saisons d'étiage à celles de dessalure. Des plus pauvres aux plus riches en sels nutritifs on trouve les eaux océaniques de saison chaude, celles d'upwelling, les eaux continentales de savane, de forêt, enfin les eaux météoriques et celles de l'agglomération d'Abidjan. Dans les régions fermées le phosphore est la plus souvent l'élément limitant de la production ; en zone ouverte, c'est l'azote. Les eaux océaniques sont déséquilibrées au détriment de l'N de même que les eaux continentales de savane et les effluents urbains, mais de façon moins intense. Au contraire les eaux forestières sont déséquilibrées au détriment du P. L'arrivée en mer des eaux de forêt puis de savane n'entraîne donc pas le développement des mêmes peuplements planctoniques.

La production est presque 4 fois plus élevée dans les régions fermées que dans les régions ouvertes, mais dans le premier cas elle est totalement entretenue par un recyclage

interne tandis que dans le second elle est supportée par des sels nutritifs issus du continent et elle enrichit le complexe lagune-océan en matière végétale.

La biomasse végétale moyenne est celle d'un upwelling modéré, mais elle est concentrée sur quelques mètres de profondeur. Maximale en saison d'étiage, minimale en saison des pluies et des crues, la production nette moyenne est de 236 g C/m<sup>2</sup>/an, 1,4 fois supérieure à celle du plateau. Moins de 10% de cette production sédimente. L'exportation de phytoplancton vers l'océan est 2,5 fois supérieure à l'ensemble des importations du continent et de l'océan. Si on y ajoute les exportations de matière organique dissoute et particulaire et de sels minéraux, l'ensemble est responsable de 9 % de la production annuelle nette du plateau continental, face à la lagune. Ceci explique les poussées observées à la suite des crues lagunaires.

Le peuplement zooplanctonique typiquement lagunaire est peu diversifié (*Acartia clausi*, *Oithona brevicornis*, *Pseudodiaptomus hessei*) et peu abondant ; sa biomasse ne représente que 2,6 % de celle du phytoplancton. Un tiers seulement de la biomasse phytoplanctonique serait exploitée par les herbivores. On attribue cette faiblesse à l'absence d'espèces parthénogénétiques (Rotifères, Cladocères) capables d'exploiter rapidement des poussées brutales. De la production primaire à la production terminale (poissons et crustacés) le rendement est faible (moins de 1 %). Le contrôle du zooplancton par les Mysidacés, l'absence de poissons filtreurs en dehors de la zone estuarienne sont responsables de la faiblesse de ce rendement.

La faune macrobenthique a fait l'objet d'un inventaire approfondi. Les taxons les mieux représentés sont les annélides polychètes, les crustacés décapodes, les mollusques gastropodes et bivalves. Les échinodermes sont absents. La salinité et ses variations ont le plus grand rôle dans la répartition des espèces ; l'influence de la nature du substrat, de la bathymétrie et de l'hydrodynamique est également notable. Quatre grands types de peuplement ont été identifiés ; deux d'entre eux, à *Crassostrea gasar* - *Brachyodontes tenuistriatus* d'une part, à *Anadara senilis* - *Tagelus angulatus* d'autre part, caractérisent des fonds proches de l'ouverture à la mer où les eaux sont bien renouvelées ; les deux autres, à *Pachymelania aurita* - *Congerina ornata* et *Corbula trigona* - *Iphigenia* spp. sont typiquement lagunaires, le premier dominant à l'est, le second à l'ouest de la lagune. On note en saison sèche, sur les fonds lagunaires proches du débouché à la mer, l'intrusion de nombreuses espèces marines euryhalines, surtout des polychètes, qui disparaissent au moment des crues ; ailleurs la composition faunistique des peuplements est beaucoup plus stable.

Le cycle biologique et la production du petit bivalve *Corbula trigona*, qui joue un rôle essentiel dans l'économie lagunaire du fait de son abondance et de la prédation intense qu'exercent sur ses populations les poissons malacophages, ont fait l'objet de quelques études ; à la station de récolte la biomasse moyenne a été évaluée à 84 g (poids sec décalcifié/m<sup>2</sup>) et la production à 359 g, soit un P/B élevé de 4,3. Par rapport à d'autres milieux margino-littoraux d'Afrique de l'Ouest, la faune benthique de la lagune Ebrié apparaît diversifiée, riche et productive.

Les peuplements de poissons sont dominés par les communautés estuariennes. On y trouve aussi des communautés à affinité continentale et marine. *Ethmalosa fimbriata* est l'espèce la plus pêchée, suivie de *Chrysichtys maurus* et *C. nigrodigitatus*. Dans la région la plus influencée par la mer, une vingtaine d'espèces constituent la base d'un peuplement remarquablement stable. La forte variabilité du milieu empêche ces communautés d'acquiescer un niveau d'organisation structural élevé. Deux crustacés, dont une partie du cycle se déroule en lagune, font également l'objet de pêcheries : *Macrobrachium vollenhovenii* et *Penaeus notialis*. Le premier se reproduit en rivière ou en bordure des eaux saumâtres, on ne trouve donc les adultes en lagune qu'à proximité des débouchés des rivières. Le second pond en mer. Les stades postlarvaires de *Macrobrachium*, postlarvaires et juvéniles de *Penaeus* grandissent en lagune.

En définitive, l'écosystème lagunaire est maintenu dans un état juvénile par un renouvellement intense : fort approvisionnement en sels nutritifs terrigènes et exportation de matière vivante vers la mer. Le système n'acquiesce une certaine maturité que dans les régions périphériques isolées, où prévaut la production de régénération. La lagune Ebrié importe sels minéraux et matière organique détritique qu'elle réexporte en grande partie vers l'océan après en avoir transformé une fraction en matière vivante.

L'existence d'espèces amphibiotiques aggrave les problèmes de pollution qui se situent malencontreusement à la jonction des milieux marin et lagunaire. Cette pollution, domestique et industrielle, se traduit par un fort enrichissement en matière organique. La DBO, demande biologique en oxygène nécessaire à l'oxydation de la matière organique détritique, des effluents urbains d'Abidjan est de 330 mg/l, contre 0,8 mg/l pour des eaux océaniques et 0,4 à 1,8 mg/l pour des eaux respectivement de savane et de forêt. Les effluents ne représentent que le 1/1000 du volume des eaux lagunaires en région d'estuaire, mais ils sont responsables du tiers de la DBO de la même région. L'eutrophisation qui se produit à quelque distance des émissaires permet des teneurs en chlorophylle 3 fois supérieures à celles des secteurs ruraux et une production deux fois plus élevée. En 1975 la pollution était responsable de 7 % de la production phytoplanctonique de l'ensemble de la lagune.

La baie de Biétri, relativement isolée bien que proche du canal de Vridi, est la plus fortement polluée par le déversements d'émissaires industriels (huilerie). La stratification verticale est la plus forte lors des saisons des pluies (l'effet de chasse y est faible) et lors des marées de morte-eau; le rendement de minéralisation est alors élevé, de même que l'activité photosynthétique (maximum d'oxygène dissous en surface). Au début de la grande saison sèche, l'influence marine se renforce, plus particulièrement lors des upwellings, et le gradient de densité s'affaiblit. L'eau de mer pénètre à chaque marée, refroidit les eaux de surface et détruit la stratification. Les périodes de vive-eau contribuent à cette déstabilisation du système et à son renouvellement, ce qui se traduit par une diminution de la production primaire et de la minéralisation. La biodégradation est aussi ralentie par les salinités élevées. L'atténuation du gradient de densité est suivie de la disparition des fortes charges en ammoniacque et en phosphate accumulés dans l'hypolimnion anoxyque, vraisemblablement grâce à un piégeage sur des particules. Ainsi

le système passe par une succession de phases stables au cours desquelles s'effectue la minéralisation, l'oxygénation de l'épilimnion et la désoxygénation de la couche profonde et de phases instables pendant lesquelles ces processus sont interrompus et où l'hypolimnion est quelque peu réoxygéné.

A la suite du creusement du canal de Vridi (1950), la passe naturelle de Grand Bassam, par où s'écoulaient les eaux de la Comoé, s'était refermée. Mais, pour limiter la prolifération des jacinthes d'eau dans le bas cours du fleuve, le chenal a été réouvert en 1987. Une intrusion d'eau de mer s'est produite, amenant en période d'étiage des salinités de 10 ‰ en lagunes Potou et Aghien auparavant constituées d'eau douce. La composante marine de l'ichtyofaune a été augmentée. On a noté un regain d'intérêt pour la pêche à cause, notamment, du développement des ethmaloses. Par contre les projets d'élevage d'espèces dulçaquicoles en lagune Aghien étaient remis en cause. La conséquence la plus remarquable a été la première apparition de sursalure (40 à 42 ‰) en 1988 à proximité de Grand Bassam. Depuis, faute d'un débit fluvial suffisant, la passe s'est refermée.

Il faut également citer une étude sur le **lac Togo**, lagune, de dimension réduite (64 km<sup>2</sup>). Une étude hydroclimatologique du milieu a permis de mettre en évidence la dynamique journalière, saisonnière et interannuelle de la circulation des eaux (de type "lacustre" et "estuarien").

L'étude des pêcheries artisanales des lagunes ivoiriennes et togolaises a permis d'identifier les facteurs bioécologiques pouvant influencer la dynamique des stocks et les facteurs sociaux et économiques jouant sur l'exploitation. Une stratégie d'échantillonnage propre à ces pêcheries dispersées est proposée. Une attention particulière est portée aux phénomènes de sécheresse, responsables de l'isolement du Lac Togo et de l'effondrement des captures d'ethmaloses dans les secteurs les plus occidentaux de la lagune Ebrié en 1981 et 1982.

En définitive, cette étude du système lagunaire ouest africain (et principalement ivoirien) est, de loin, la plus approfondie de toutes celles qui ont été menées par l'ORSTOM à l'interface continent-océan. Echelonnée sur une dizaine d'année, disposant également de données de 30 ans plus anciennes, elle a permis de voir l'impact de l'urbanisation et de la marinisation s'accroître en même temps que celui de la sécheresse.

#### **1.4 – Les estuaires sénégalais**

C'est au Sénégal que les effets de la sécheresse des deux dernières décennies est la plus sensible. Le long du fleuve Sénégal, l'intrusion des eaux marines dans la vallée était peu importante avant 1900. L'embouchure elle-même s'est déplacée et la coupure de la langue de Barbarie (le cordon littoral) a entraîné la formation d'une lagune en 1963. Par suite de la diminution du débit, l'intrusion haline qui atteignait 150 km en 1959 dépassait 200 km en 1978. La construction du barrage de Diama empêche désormais cette remontée d'eau salée.

Les nouvelles conditions hydroclimatiques de l'estuaire en aval du barrage ainsi que leur impact sur la répartition et la productivité des peuplements phytoplanctoniques a été étudiée (1986–1989). En fin de saison sèche, la salinité s'élève et atteint 40 ‰ juste avant l'arrivée de la crue et l'ouverture du barrage. La circulation a été modélisée en fonction du vent et de la marée. L'affrontement des eaux de mer et celles du fleuve crée des structures hétérogènes qui déterminent l'emplacement et l'importance des poussées phytoplanctoniques. La tension politique régnant dans cette région n'a pas permis d'y poursuivre ces recherches.

Le changement climatique a eu les effets les plus spectaculaires dans l'estuaire de la Casamance (études essentiellement menées entre 1984 et 1986). Cours maritime d'un fleuve au débit très faible (moyenne 1968–1983 : 2,7 m<sup>3</sup>/s), long de 230 km et étroit (1 à 10 km de largeur), il ne connaissait jusqu'en 1969 que de légères sursalures (40 ‰ en juin, à 80 km de l'embouchure). En fin de saison sèche 1986, le bouchon halin atteignait 170 ‰ à 220 km de la mer. Cette remontée de la salinité est due à un déficit d'alimentation en eau douce, notamment par la nappe phréatique (le cours supérieur se réduit à une succession de mares en saison sèche) et à une forte évaporation. Le sol des rives est sulfaté acide ou sursalé ; la nappe phréatique est fortement dessalée. Seule une forte reprise des précipitations pourrait inverser cette tendance.

Les courants ne sont dus qu'à la marée et lors de la saison sèche le bouchon halin progresse vers l'amont à la vitesse de 0,5 cm/s. Il s'agit donc d'un véritable "estuaire inverse", original, car il est rare d'observer des salinités supérieures à 80 ‰ dans des milieux en communication permanente avec la mer.

Les concentrations de phytoplancton sont modérées dans les portions aval et médiane du fleuve et plus fortes dans le cours supérieur, avec un maximum très net en amont du pic de salinité. Les teneurs augmentent en saison sèche et diminuent pendant les crues. L'oxygène est proche de la saturation, sauf très en amont à proximité du fond, à sédiment organique.

Le zooplancton est très abondant (16,5 10<sup>3</sup> individus / m<sup>3</sup>) et diversifié (indice de Shannon : 3) tant que la salinité est inférieure à 70 ‰. Dans la partie aval de l'estuaire, l'abondance est minimale en saison froide. Dans la partie amont sursalée, abondance et diversité sont beaucoup plus faibles, peu d'espèces survivent aux salinités extrêmes. Des eaux les plus salées (>48 ‰) aux milieux légèrement dessalés (<34 ‰) on a successivement pour espèces dominantes *Acartia grani*, *A. clausi* et *A. plumosa*.

De même qu'en lagune Ebrié, les postlarves de *Penaeus notialis* grandissent dans l'estuaire et retournent en mer pour s'y reproduire. Les crevettes sont exploitées en mer par des chalutiers et dans la partie aval de l'estuaire par des pêcheurs traditionnels. Contrairement à ce qui se passe dans la plupart des estuaires, la salinité et la vitesse du courant sont indépendants et il a été possible d'étudier leur influence respective sur la taille de la migration vers la mer et donc sur les résultats de la pêche artisanale. Il existe une relation linéaire négative entre les captures et la pluviométrie, du moins jusqu'à un certain

seuil. Au-dessous les captures diminuent rapidement.

Toute l'ichtyofaune dulçaquicole, encore présente dans un passé récent et vivant toujours dans l'estuaire de Gambie, a disparu. Certaines espèces marines (*Pristis pristis*) ont aussi quitté l'estuaire. Les peuplements sont caractérisés par une forte réduction de la diversité vers l'amont. Des phénomènes de mortalité massive peuvent se produire quand le bouchon halin rend impossible toute émigration hors de la zone sursalée. *Ethmalosa fimbriata* domine dans la partie aval, mais est capturée jusqu'à 82 ‰. *Sarotherodon melanotheron*, supporte des salinités un peu plus élevées et domine les peuplements plus en amont. *Tilapia guineensis* a la même répartition mais il est un peu moins abondant, sauf très en amont où il est capable de pulluler. Ces poissons ont des éthologies différentes : phytophages ou détritivores, pélagiques, démersaux ou territoriaux, ils exploitent des milieux distincts et entrent peu en compétition ; ils ne subissent également qu'une faible prédation. L'environnement instable et rigoureux, aux ressources trophiques momentanément abondantes conduit à des stratégies démographiques typiquement -r avec diminution de la taille à la maturité. La biomasse exploitable est élevée, mais vu les tailles, elle n'a qu'une faible valeur commerciale.

### 1.5 - Lagon et mangroves de Nouvelle-Calédonie (1978-1991).

Le lagon entourant la Nouvelle-Calédonie est un interface entre la grande île et l'océan. C'est un milieu semi-clos, partiellement isolé de l'océan par la barrière récifale. Dans la partie sud-ouest, les eaux seraient renouvelés en 11 jours. Très allongé en latitude, il s'étend sur plus de 500 km, mais la partie sud-ouest a été la plus étudiée. Il reçoit les effluents d'une île montagneuse, et dont la superficie lui est de deux fois supérieure. Les vallées fluviales se prolongent dans le lagon jusqu'aux passes et les apports sédimentaires ne dépassent guère les embouchures et les baies les plus fermées, notamment grâce au rôle filtreur des mangroves. Les régimes fluviaux suivent sans retard le rythme des précipitations, d'où une forte variabilité des débits. Les plus fortes pluies ont lieu en été (janvier à mars) au passage des dépressions tropicales et la charge solide des fleuves de bassins miniers est très élevée. En régime d'alizé les précipitations sont plus rares et beaucoup moins violentes. L'étiage a lieu au printemps (septembre-octobre). Les sédiments fins, lorsqu'ils s'épandent sur des massifs coralliens, entraînent la destruction. Il existe également, à proximité de Nouméa une pollution due aux rejets domestiques et industriels, capable de provoquer occasionnellement des mortalités de poissons.

Les formations de mangrove occupent, en moyenne, la moitié de la longueur des côtes, davantage sur le littoral ouest. On les trouve le long des estuaires, dans des baies envasées ou même en bordure de côte, mais elles ne présentent qu'une superficie très limitée (200 km<sup>2</sup>) morcelée en petites unités. La production végétale constitue une litière, origine d'une chaîne trophique. Les peuplements de poissons des mangroves du sud-ouest de l'île comprennent, en nombre, 70 % de juvéniles. Les communautés ichtyologiques des mangroves et des milieux lagunaires sont relativement indépendantes. Certaines espèces récifales ou de fonds meubles utilisent les mangroves comme nourriceries, mais la présence de juvéniles dans d'autres milieux lagunaires montre qu'elles ne sont pas

indispensables à leur cycle biologique. La mangrove ne constitue une zone de reproduction que pour un nombre restreint d'espèces du lagon, dont les Mugilidae. Un flux énergétique sort des mangroves, grâce à des migrations trophiques des poissons venus d'autres milieux, mais il semble moins important qu'on ne le supposait.

La gamme de variation des phosphates et des nitrates dans le lagon est du même ordre que dans l'océan voisin, les apports terrigènes seraient donc faibles ou très rapidement utilisés ; par contre les taux de silicates peuvent y être beaucoup plus élevés. En été les pluies cycloniques et les crues enrichissent le lagon et donnent naissance à une production nouvelle exploitée notamment par des herbivores à multiplication rapide (cladocères, thaliacés). Il semble que les eaux les plus riches en plancton soient celles qui bordent les terrains siliceux, comme si l'apport de silice dans les eaux côtières y levait une limitation. La variété de peuplements planctoniques dans le lagon est liée à celle des biotopes, influencés par des facteurs édaphiques (marins et terrestres) et par l'hydrodynamisme local.

Dans le lagon sud-ouest, en hiver, le zooplancton du large pénètre à l'intérieur du lagon avec de l'eau océanique, sous l'influence des coups de vent d'ouest. En période d'alizés une dérive résiduelle à l'intérieur du lagon entraîne au contraire une exportation de plancton vers le large.

Les populations planctoniques sont soumises à divers stress aux limites de leur habitat : turbidité et dessalure des fonds de baies, chocs et exploitation par les madrépores du récif barrière, exportation vers le large ou mélange avec les populations océaniques. Ces divers stress entraînent une forte réduction de la diversité planctonique aux confins du domaine lagonaire et engendrent des peuplements particuliers : *Acartia bispinosa* dans les baies peu profondes, *A. amboinensis* dans les baies en fjord et *A. australis* au-dessus du récif. Si les peuplements restent relativement stables, c'est que les facteurs d'enrichissement (pluies, crues) sont aussi facteurs d'exportation vers le large.

La semi-aridité du climat, l'étroitesse de l'île et l'ouverture du lagon aux eaux océaniques font que l'influence marine est prépondérante, à la différence de la Grande Barrière australienne. Cependant, les baies semi-closes ont un peuplement original, même lorsque les écoulements d'eau douce y sont faibles. Il existe des mangroves fréquentes, mais peu épaisses. Le rôle des mangroves dans l'économie lagonaire semble plus faible qu'on ne le pensait, mais il ne faudrait pas généraliser cette conclusion à d'autres milieux où elles occupent des surfaces bien plus importantes.

L'écosystème benthique du lagon a fait l'objet d'un programme important dont il ne sera pas fait état, vu le faible impact des eaux douces sur le fonctionnement de système.

## 1.6 - Conclusion

Un certain nombre de points émergent de la diversité des interfaces étudiés.

a ) Les études de peuplement montrent que, plus que des écotones, ces régions sont de véritables écosystèmes définis par un fonds faunistique caractéristique et des communautés particulières parmi lesquelles on peut distinguer des peuplements du contact avec l'océan, de la frange continentale, et d'autres typiquement laguno-estuariens. Une revue des connaissances sur la faune benthique (espèces et peuplements) de l'ensemble margino-littoral ouest-africain révèle chez les organismes des adaptations aux fluctuations de salinité, des capacités de résistance à la sécheresse, à la diminution de teneur en oxygène, de recolonisation rapide des milieux dès que les conditions redeviennent favorables. Les cycles biologiques, annuels ou pluriannuels chez de nombreuses espèces, avec leurs phases de reproduction, croissance, migrations, mortalité, sont sous la dépendance de l'alternance saison sèche-saison humide. Par rapport au milieu marin la richesse spécifique est faible, de l'ordre de 10 à 1. En revanche, les densités observées peuvent être très élevées ; les valeurs disponibles de biomasse et de production sont peu nombreuses et montrent une grande variabilité. La diversité diminue quand on va des systèmes bien alimentés en eaux continentale et marine (Cameroun, Nigeria, Côte d'Ivoire, Sierra Leone) à ceux qui subissent des sécheresses plus ou moins accentuées (Ghana et surtout Sénégal).

b ) Le fonctionnement de ces écosystèmes dépend d'enrichissement par des apports terrigènes, souvent complémentaires des apports océaniques, qui permettent de développer une production primaire supérieure à celle des eaux continentales ou côtières voisines, lorsque les tensions (turbulence, turbidité) se relâchent. La dynamique de ces systèmes répond à des alternances de stress et de relaxation et leur maturité n'est jamais élevée. La circulation estuaire typique, avec retour d'une partie du peuplement dans le courant profond permet une certaine maturation du système : les phases les plus âgées exploitant les plus jeunes. Mais cette circulation n'a réellement été observée qu'en baie d'Ambaro ou d'Ampasindava. Les communications mer-lagune, au travers de passes peu profondes, ne sont que des alternances de flux et de reflux. L'estuaire de la Casamance présente une circulation "d'estuaire inverse"; l'évaporation dans la partie amont amène une remontée du bouchon halin à l'intérieur des terres, mais la circulation profonde doit être très faible.

c ) Les facteurs d'enrichissement générateurs d'une production nouvelle sont aussi ceux qui déterminent l'exportation de la production (apports fluviaux). Une grande partie de la production est exportée vers la mer par effet de chasse. A l'exception de ce qui est assimilé par les espèces amphibiotiques, cette matière vivante devra être dégradée avant de participer aux chaînes trophiques côtières. En l'absence d'upwelling pendant les périodes d'étiage, l'écosystème côtier se maintient en réutilisant ces sels nutritifs sous forme d'une production de régénération.

Il semble toutefois que cet enrichissement du système côtier ne se fasse qu'à l'intérieur d'une certaine gamme de débits fluviaux. Trop faibles, ils ne permettent pas l'exportation (Casamance), trop élevés ils entraînent les éléments terrigènes au delà du

plateau (Zaire). Les flux au travers des embouchures ( $m^3/s/m^2$ ) déterminent la force de l'effet de chasse et la turbulence induite dans les eaux côtières.

d ) La nature des éléments nutritifs apportés aux eaux côtières dépend du sol et de la végétation des bassins, et leur rôle exact dans les mécanismes de production n'est pas totalement élucidé. L'idée que la silice d'origine terrestre, lente à reminéraliser dans les eaux marines, pouvait lever une limitation dans les eaux côtières a été suggérée pour la Côte d'Ivoire et la Nouvelle-Calédonie. Elle se trouve confortée par des observations dans les eaux côtières françaises, où l'on pense actuellement qu'elle serait devenue le facteur limitant, vu l'abondance des apports azotés et phosphorés des effluents domestiques et agricoles.

e ) Ces systèmes juvéniles sont déséquilibrés. La production primaire, sujette à une forte variabilité, est mal exploitée par les maillons secondaire et tertiaire. Les Copépodes (*Acartia*) sont des omnivores, les phytophages parthénogénétiques (Cladocères, Rotifères) sont peu nombreux. A cause de l'"imprévisibilité" des poussées phytoplanctoniques et des différences de cinétique entre phyto et zooplancton, le transfert de production primaire en secondaire se fait mal. L'importance du maillon secondaire est d'autant plus faible que le système est plus stressé. Dans les zones les plus perturbées – hyperhaline en Casamance, estuarienne en lagune Ebrié – la chaîne alimentaire est raccourcie, la plupart des poissons sont phytophages. Les peuplements sont dominés par quelques espèces aux stratégies démographiques typiquement -r (reproduction précoce et abondante), caractéristiques des milieux instables. Au contraire, là où les variations halines sont moins fortes, régions isolées de la lagune ou maritimes de la Casamance, les chaînes trophiques s'allongent et l'on trouve davantage de planctonophages ou de carnivores.

f ) La sécheresse est aussi la cause d'une "marinisation" sensible de la lagune Ebrié, avec des conséquences sur les peuplements de poissons ou de crustacés exploités : emplacements des frayères et des nourriceries, abondance des pêches. Les limites des biotopes "marins", "estuariens" et "continentaux" se sont déplacés vers l'intérieur des terres. Dans l'estuaire de Casamance, le plus touché par la sécheresse, les changements faunistiques sont très profonds, la multiplication des petites espèces dans les zones sursalées ne compense pas la perte des autres formes. Seules, les captures de crevettes en estuaire, inversement proportionnelles à la pluviométrie (jusqu'à un certain seuil) semblent avoir bénéficié du nouvel état. Dans les eaux côtières du Congo, la disponibilité de *Pseudotolithus elongatus* est améliorée par une pluviométrie importante, le contraire se produit pour *Sardinella aurita* devant la Côte d'Ivoire. L'explosion du baliste sur tout le plateau ouest africain semble avoir été provoquée par la phase la plus aiguë de la sécheresse ; tandis que les prises par unité d'effort de *Brachydeuterus auritus* et de *Ilisha africana* baissaient à partir de 1972, celles des *Pseudotolithus* spp. et des Sparidés augmentaient à partir de 1974, devant la Côte d'Ivoire. Les conséquences de la sécheresse sur la production halieutique côtière sont contrastés ; à court terme, il n'est pas aisé de faire la part des changements de disponibilité et de recrutement, ni celle des interactions spécifiques, parmi les changements observés. A long terme, il paraît vraisemblable que la diminution des apports terrigènes affaiblisse la production de toute la chaîne trophique.

g ) Les modèles globaux ou analytiques de dynamique des populations sont implicitement basés sur un postulat de constance de l'environnement. Leur utilisation se révèle inefficace dans le contexte lagunaire où l'instabilité est grande et où l'adaptation des espèces aux conditions de l'environnement et à la pression de pêche peuvent conduire certaines espèces à modifier leur stratégie démographique. Enfin l'aménagement de ces pêcheries doit être replacée dans un contexte social et économique africain.

h ) De véritables "études d'impact" ont rarement été réalisées à l'ORSTOM. Cependant, les problèmes de modification de l'environnement liés aux grands aménagements ont été abordés : construction de barrage anti-sel au Sénégal, ouverture d'un canal de navigation ou de grau pour éliminer la végétation d'eau douce en lagune Ebrié, destruction de mangrove pour aménagement urbains, rejet de boues métallifères en Nouvelle-Calédonie. De même les études de pollution, aiguë à proximité d'Abidjan, ont montré l'évolution vers l'eutrophie ou la dystrophie des eaux lagunaires.

## 2 - PROGRAMMES EN COURS

La période actuelle, dans le cadre de la thématique interaction continent-océan, peut être considérée comme une transition. De grands programmes pluridisciplinaires portant sur les milieux lagunaires (lagune Ebrié) et estuariens (Casamance) sont pratiquement achevés, ne se prolongeant, en Côte d'Ivoire comme au Sénégal, que par des opérations de recherche complémentaires, menées par de petites équipes, tandis que se dessinent les premiers contours de projets (Guinée, Guyane) qui pourraient devenir à terme fédérateurs et rassembler de nombreux spécialistes des milieux aquatiques.

Toutes ces études en cours, auxquelles il faut ajouter quelques travaux ponctuels (Brésil) ou en voie d'achèvement (Tunisie) ont fait récemment l'objet d'un examen critique de la part de la Commission (évaluation de l'UR 2D "Environnement et ressources aquatiques des milieux saumâtres" le 19 juin 1991) et ne seront que brièvement rappelés.

### 1- Les milieux lagunaires

#### Côte d'Ivoire

Les résultats obtenus en une quinzaine d'années de travaux sur la lagune Ebrié ont fait l'objet d'une synthèse qui sera publiée vers la fin de cette année. Des études se poursuivent cependant en Côte d'Ivoire qui concernent :

- les réseaux trophiques dans un système acadja (utilisé pour concentrer les poissons en lagune) : description des interactions entre les différents éléments, évaluation des flux énergétiques, mise en évidence des facteurs agissant sur la productivité globale, modélisation,

- l'aquaculture (alimentation, nutrition, reproduction, systèmes aquacoles),
- la caractérisation des populations naturelles des espèces aquacoles (polymorphisme enzymatique, parasitologie),
- l'hydrologie et la production primaire, la biologie de quelques espèces de poissons (ethmaloses, machoïrons, tilapias), la pêche artisanale, ceci en lagune Aby.

### Brésil

Le programme intitulé "Métabolisme des lagunes fluminenses" a pour objet d'étudier l'état trophique des lagunes côtières de l'état de Rio (géochimie, interactions eau-sédiment, dynamique de la matière organique, production hétérotrophe et autotrophe, peuplements phytoplanctoniques).

### Tunisie

Les travaux sur la productivité des lagunes (lac Ichkeul et lagune El Bibane) et l'écologie des alevins de muges sont achevés sur le terrain mais doivent encore être valorisés par des publications.

## **2- Les milieux estuariens du Sénégal**

Une opération aujourd'hui achevée porte sur les conditions hydrodynamiques de l'estuaire du fleuve Sénégal en aval du nouveau barrage de Diama et les conséquences sur la répartition, la structure et la productivité des peuplements phytoplanctoniques ; une thèse a été rédigée sur le sujet et va être présentée.

Un second volet de travaux concerne le rôle de l'environnement sur la composition et la structure des peuplements ichtyologiques des estuaires, notamment le Sine Saloum qui fonctionne depuis longtemps en estuaire inversé (hypersalinité) et qui a encore été fort peu étudié.

## **3- Le littoral de la Guinée**

Les recherches intéressent pour l'instant la frange la plus littorale (en deçà de l'isobathe des 30 m) et les estuaires ; la problématique est essentiellement centrée sur la bioécologie des poissons et l'halieutique.

En mer les travaux portent essentiellement sur les ressources exploitées par la pêche artisanale (organisation des peuplements démersaux ; variations saisonnières ; dynamique des populations des principales espèces exploitées ; composition des captures et effort de pêche de la pêcherie artisanale ; composantes sociologiques et économiques de l'activité de pêche ; adaptabilité des stratégies de pêche artisanale considérée à la fois sous l'angle de la biologie et de l'anthropologie). Il est prévu d'étendre les recherches à

l'ensemble du plateau et de prendre en considération la pêche industrielle.

En estuaire un programme débute dont les résultats devraient servir à la rédaction d'une thèse sur le "Rôle de l'environnement sur la composition et la structure des peuplements ichtyques des milieux estuariens de Guinée" avec comme aspects principaux la caractérisation du milieu, la structure des peuplements, la biologie (alimentation, reproduction...) des principales espèces, l'influence des facteurs du milieu sur les peuplements.

Un autre sujet de thèse avait été proposé sur le rôle de la mangrove dans le cycle biologique des peuplements de poissons ; mais le candidat choisi a finalement renoncé alors qu'il avait bien travaillé à préciser le cadre de son étude.

#### **4- La Guyane**

Pour l'instant un seul programme se situe à l'intérieur de la thématique envisagée ici ; il s'agit des études sur le recrutement de la crevette *Penaeus subtilis* : recensement par télédétection des zones de nurseries potentielles, marais côtiers et estuaires, avec confirmation par échantillonnage sur le terrain ; biologie de l'espèce (recrutement, migrations, croissance, mortalité) ; rôle des facteurs naturels sur le développement ; élaboration d'un modèle de production prédictif intégrant les paramètres hydroclimatiques.

#### **5. Le lagon de Nouméa**

Une étude d'hydrodynamique côtière a abouti à la réalisation d'un modèle de circulation bidimensionnel, prenant en compte les marées. Un modèle 3D, faisant intervenir également le vent, est en préparation. Les résultats de ce travail doivent permettre de mieux comprendre les processus de sédimentation, notamment ceux dûs aux apports terrigènes, dans le milieu lagonaire.

Parallèlement, des recherches sont menées sur la composition sédimentologique des fonds ainsi que sur la structure des communautés benthiques et leur production.

### **3 - PROSPECTIVE**

#### **3.1 - Le contexte**

Le document émanant de la CSHO, intitulé "Prospective des disciplines" et daté du 1/8/1990, met en avant trois grandes thématiques qui doivent recouvrir l'ensemble des activités des scientifiques de la Commission :

- rôle de l'océan intertropical dans le climat de la planète,
- fonctionnement des écosystèmes naturels et anthropisés,
- connaissance et aménagement des ressources vivantes aquatiques.

Au plan national le PNOG structure ses opérations de recherche selon deux grandes orientations :

- la place des écosystèmes côtiers dans les grands flux océaniques ; cycles biologiques et évolution,
- la qualité du milieu et la gestion des zones côtières.

Dans les trois sites d'étude choisis (delta du Rhône-golfe du Lion, Estuaire de la Seine-Manche ouest, Gironde-Pertuis charentais), il s'agira d'établir des bilans à mésoéchelle en carbone, éléments biogéniques (N, P) et contaminants (apports continentaux, utilisation par les écosystèmes, piégeage ou exportation), de déterminer l'influence du milieu sur les ressources, d'étudier le poids des facteurs socio-économiques dans l'évolution du littoral, de discerner les tendances évolutives à long terme.

Au plan international, et autant que l'on puisse en juger à la lecture des documents disponibles, le projet LOICZ insiste surtout sur les conséquences des changements climatiques en zone côtière, au niveau des transferts de matériaux du continent vers l'océan, des phénomènes hydrodynamiques, des processus biogéochimiques (en particulier le cycle du carbone).

Comme on l'a déjà signalé, les études menées aujourd'hui à l'ORSTOM sur les milieux littoraux et margino-littoraux où l'influence continentale est sensible ne constituent que des compléments aux travaux de plus grande ampleur des dernières années (lagune Ebrié, Casamance) ou ont été mises en place dans une perspective de développement et de gestion de pêcheries (Guinée et Guyane). Parmi les scientifiques impliqués dans ces programmes, les uns ressentent le besoin d'élargir le cadre de leurs études, les autres soulignent la nécessité d'acquérir des connaissances fondamentales sur le fonctionnement des écosystèmes. D'où une réflexion qui s'amorce dans les Départements TOA et DEC pour fédérer ces recherches autour d'une problématique commune, l'interaction continent-océan, réflexion à laquelle, il faut l'espérer, les quelques idées contenues dans ce rapport, rédigé à la demande de la CSHO, doivent pouvoir contribuer.

### **3.2 - Réflexions sur les systèmes margino-littoraux**

Si l'on considère le bilan des recherches réalisées par l'ORSTOM, les sites étudiés sont divers mais ne couvrent pas toute la gamme des écosystèmes dont les structures et le fonctionnement sont sous le contrôle d'influences à la fois marines et continentales.

La lagune Ebrié, bien alimentée en eau douce et marine, aux biotopes diversifiés, constitue vraisemblablement le modèle lagunaire le plus accompli dans le golfe de Guinée ; sa faune, en particulier benthique et ichtyologique, est riche en espèces, sa production est élevée.

Au Sénégal, la Casamance et le Sine Saloum connaissent ces dernières années de faibles apports d'eau douce et l'évaporation intense a conduit à des sursalures, voire des

hypersalinités ; ce sont des écosystèmes extrêmes, où la vie parvient cependant à se maintenir.

En milieu ouvert (plateaux continentaux), l'influence des apports fluviaux est sensible et a été mise en évidence au Congo et en Côte d'Ivoire, régions où la vie marine est cependant sous la dépendance prépondérante des upwellings.

En revanche, les effluents terrigènes ont des effets fondamentaux sur le fonctionnement des peuplements pélagiques et benthiques des baies d'Ambaro et d'Ampasindava à Madagascar.

On peut supposer que c'est également le cas dans les franges littorales au large de la Guinée et de la Guyane, régions sur lesquelles nos connaissances fondamentales sont encore très fragmentaires, notamment sur le rôle joué par les mangroves côtières.

En considérant uniquement l'ensemble des milieux margino-littoraux ouest-africains, le caractère le plus remarquable est sans conteste, en dépit d'une grande variabilité des conditions géomorphologiques et climatiques rencontrées, la très grande homogénéité de la flore et de la faune. Il s'agit d'un ensemble biogéographique parfaitement défini au sein duquel les variations portent sur les niveaux de biodiversité (spécifique et biocoenotique) et de production. Dans cet ensemble, il est aisé de mettre en évidence une évolution spatiale, du centre vers la périphérie, depuis les systèmes équatoriaux bien arrosés, en plein épanouissement (Guinée, lagune Ebrié) jusqu'aux milieux très perturbés avec des arrivées d'eau douce faibles et épisodiques et un renouvellement des eaux marines malaisé. Le terme ultime de la série n'est pas, comme on pourrait le penser, la Casamance ou le Sine Saloum ; en effet, à l'extrême nord de la zone intertropicale de l'Atlantique oriental, dans une région aujourd'hui désertique, mais qui était bien plus humide il y a 6-8000 ans, un certain nombre d'indices portent à croire que le Banc d'Arguin, et notamment sa partie méridionale, continue de fonctionner d'une certaine manière comme un estuaire, alors qu'il n'y a plus trace de flux d'eau douce ; ce serait un estuaire "fossilisé" du point de vue géodynamique, mais encore actif au plan biologique. Ceci tend à montrer que l'évolution d'un système dans le temps (Banc d'Arguin) coïncide avec la succession des milieux observée dans l'espace. Avec le repli vers le sud de la zone humide, surtout sensible depuis 4500 ans, dont l'actuelle sécheresse du Sahel ne représente vraisemblablement qu'un épisode aigu, des milieux autrefois saumâtres, occupés par une flore et une faune caractéristique, deviennent sursalés, d'abord de façon temporaire, puis permanente, du fait de l'intense évaporation mais aussi de la faible circulation des eaux océaniques. Les espèces marines, sténohalines, ne peuvent s'adapter à ces biotopes et les coloniser ; paradoxalement ce sont quelques espèces d'eaux dessalées, eurytopes, qui parviennent à survivre et à maintenir leurs populations. On constate donc, de façon surprenante, que les phénomènes climatiques qui ont pour conséquence la sursalure sont responsables de l'appauvrissement des écosystèmes mais leur permettent cependant de perdurer sous une forme réduite.

De l'autre côté de l'Atlantique, le littoral de la Guyane apparaît sensiblement comme le symétrique de celui de la Guinée avec de fortes précipitations, des fleuves

côtiers importants, une vaste mangrove. Une différence cependant, le plateau continental guyanais est sous l'influence des eaux de l'Amazonie ; de 10 à 20% des rejets fins déchargés par ce fleuve dans l'océan transite le long des côtes de la Guyane. L'influence prépondérante, dans tout l'Atlantique tropical occidental, de ce fleuve dont les effluents représentent près de 20% du total des rejets d'eau douce dans l'océan mondial, justifie par ailleurs tout l'intérêt qui lui est accordé aujourd'hui dans les réflexions en cours au Département TOA. Un tel débit a des conséquences sur les transferts de masse et de chaleur, la circulation océanique, ainsi que les échanges eau-atmosphère de CO<sub>2</sub>, du fait de la dessalure. L'ORSTOM peut trouver, en s'intéressant à ce sujet, l'occasion de valoriser les données tirées des observations des navires marchands sur les lignes de navigation dans l'Atlantique intertropical qui devraient permettre, moyennant un effort accru d'échantillonnage, de mieux connaître les modalités de la dispersion des eaux fluviales (Amazonie mais aussi Orénoque) dans l'Atlantique tropical.

### 3.3 - Propositions

A partir de toutes ces considérations, ce rapport propose plusieurs projets de recherche qui restent purement spéculatifs puisque faisant abstraction des contraintes d'application qui sont du domaine de compétence des instances chargées des choix et de l'exécution ; le rôle des Commissions Scientifiques étant de débattre des idées.

#### 1- EVOLUTION SPATIO-TEMPORELLE DE LA BIODIVERSITE (GENETIQUE, SPECIFIQUE, BIOCENOTIQUE) DANS LES MILIEUX MARGINO-LITTORAUX DE L'AFRIQUE DE L'OUEST EN FONCTION DES VARIATIONS DES CONDITIONS GEOMORHOLOGIQUES ET CLIMATIQUES.

Les taxons les mieux connus et sans doute les plus faciles à échantillonner sont les poissons et les invertébrés benthiques. Un travail de recherche important a déjà été accompli en ce domaine sur les espèces et les communautés, qu'il s'agit de compléter ponctuellement. Une étude génétique des populations de poissons a débuté en lagune Ebrié. Elle peut être développée. Ce programme suppose également une surveillance du milieu (données climatiques et hydrobiologiques, indices de pollution, information sur les aménagements) pour pouvoir appréhender les modifications liées à des événements accidentels (explosion, effondrement) ainsi que les évolutions progressives.

#### 2- PALEOECOLOGIE, STRUCTURE ET FONCTIONNEMENT ACTUELS D'UN ECOSYSTEME ESTUARIEN RELICTE : LA ZONE SUD DU BANC D'ARGUIN.

Dans la partie méridionale du Banc d'Arguin (vasières autour de l'île Tidra, baie de Saint Jean), les fonds sont faibles, l'hydroclimat de type tropical, les eaux sursalées. Des vestiges de mangrove subsistent et l'on rencontre de nombreux représentants d'une faune résiduelle d'estuaire. Ainsi le mollusque bivalve *Anadara senilis*, espèce caractéristique bien connue de l'une des grandes communautés benthique de substrat meuble identifiées en lagune et en estuaire, occupe, avec des biomasses notables, certains bancs sableux infralittoraux ; ainsi le tilapia *Sarotherodon melanotheron* est abondant en baie de Saint Jean, les mullets (*Mugil cephalus*) étant également fréquents dans les récoltes. Enfin, autre curiosité, un Sciaenidé plus septentrional, le maigre ou courbine (*Argyrosomus regius*) est

connu pour frayer uniquement dans la Gironde, dans quelques estuaires de la péninsule ibérique, dans le delta du Nil (?) ainsi que dans les eaux sursalées du Banc d'Arguin, ancien estuaire lors du dernier épisode humide du Sahara ; ce poisson aurait gardé la mémoire "génétique" du lieu malgré le changement radical des conditions halines qui ne semble pas perturber sa reproduction.

Des traces de ce passé d'estuaire doivent certainement exister (travaux de géomorphologie, de paléontologie du quaternaire à consulter) ; des recherches complémentaires peuvent être proposées sur ce sujet, en particulier sur les gisements de mollusques quaternaires fossiles.

Du fait de la faiblesse des marées dans la région, les échanges avec l'océan doivent être médiocres et il est vraisemblable que le système se maintient surtout par recyclage sur place des nutriments. Les études pourraient comporter deux volets, l'un d'écologie descriptive (milieu physico-chimique, inventaire floristique et faunistique, organisation des peuplements pélagiques, benthiques et ichtyologiques, variations saisonnières) l'autre d'écologie fonctionnelle (bilan hydrique, cycle des éléments biogènes, production primaire autotrophe et hétérotrophe, production secondaire, exploitation par la pêche artisanale, rôle éventuel comme aire de ponte et nourricserie pour les poissons du plateau continental).

Etant donnée la stabilité supposée du milieu, la réalisation d'un tel programme doit pouvoir être envisagé par envoi de plusieurs missions annuelles, avec l'assentiment des autorités qui gèrent le Parc National du Banc d'Arguin et en collaboration avec les laboratoires, en particulier néerlandais, qui ont entrepris des actions de recherche dans le Parc depuis plusieurs années.

### 3- INFLUENCE DES EAUX CONTINENTALES SUR UN ECOSYSTEME MARIN LITTORAL EN CLIMAT TROPICAL HUMIDE : LE CAS DE LA GUINEE.

La production halieutique élevée de cette région dépourvue d'upwelling mériterait d'être analysée. Les apports terrigènes sont-ils responsables de cette production ? à travers quels réseaux trophiques ? Ou bien faut-il attribuer cette richesse à l'étendue des zones peu profondes, à la largeur du plateau et à un recyclage à large échelle ? Enfin, existe-t-il des remontées de nutricline sous l'effet d'ondes internes sur certains accidents topographiques ?

Ce type d'écosystème comprend trois zones :

- la mangrove littorale,
- la zone néritique interne caractérisée par des eaux turbides et dessalées,
- la zone néritique externe, franchement marine.

La frontière entre ces deux dernières zones varie saisonnièrement, mais on peut considérer qu'elle coïncide, en moyenne, avec la limite de distribution sur le fond des sédiments envasés (passage des vases sableuses aux sables). Cette frontière se situe à 15-

20 milles de la côte.

Dans un tel système, les flux d'énergie sont sous la dépendance des apports continentaux. Il est donc indispensable de disposer de données hydrologiques (bilans en eau, en sels nutritifs, en matière organique dissoute et particulaire). Le DEC vient de mettre en place en Guinée une action de recherche qui doit permettre d'obtenir cette information de base.

L'utilisation des nutriments d'origine terrigène a lieu d'abord dans la mangrove, par les palétuviers. Une première chaîne trophique peut être identifiée à partir de la litière de feuilles tombées sur le substrat (invertébrés benthiques brouteurs, méiobenthos, puis organismes zooplanctoniques, qui interviennent successivement, au fur et à mesure de la fragmentation et de la décomposition). Une seconde chaîne est alimentée par la matière organique d'origine terrigène, point de départ d'une production hétérotrophe. Enfin une troisième chaîne utilise les apports de sels nutritifs et la photosynthèse (production autotrophe ou phytoplanctonique). Dans la mangrove les trois processus peuvent interférer ; en mer libre, dans la zone turbide et dessalée, la chaîne bactérienne peut être prépondérante, à partir de la matière organique fluviatile mais aussi, par le jeu des marées, de celle issue de la mangrove ; au large, la production autotrophe doit largement dominer.

- Les aspects suivants de cet ensemble vaste et complexe peuvent être abordés :

### 3-1- HYDRODYNAMIQUE COTIERE : ETUDE DES FACTEURS DE RENOUVELLEMENT ET DE CONFINEMENT DES EAUX DU PLATEAU

- Circulation côtière générale, modélisation forcée par le vent local et régional.
- Evolution spatio-temporelle de la zone turbide (utilisation de la télédétection), relation turbidité-salinité.
- Rôle des mélanges verticaux sur la déstratification et le recyclage des éléments nutritifs (turbulences induites par l'écoulement des eaux douces en mer, courants de marée, ondes internes à la rupture de pente)

### 3-2- EVOLUTION SAISONNIERE ET INTERANNUELLE DES PEUPELEMENTS PELAGIQUES ET BENTHIQUES

- Les peuplements pélagiques (phyto et zooplancton) ne devraient pas avoir une composition spécifique originale par rapport à ce qui est déjà connu dans le golfe de Guinée ; d'après les résultats obtenus dans d'autres régions, la mangrove, du fait des allées et venues de la marée, ne présente pas de particularités dans ce domaine.

- Les peuplements macrobenthiques sont certainement analogues à ceux déjà décrits en Sierra Leone ou en Côte d'Ivoire. La microflore benthique a été peu étudiée tandis que le méiobenthos (nématodes, copépodes harpacticoides, tanaïdacs) de la litière de palétuviers reste totalement inconnu.

L'important ici est de pouvoir caractériser les trois zones et de suivre les peuplements au cours du temps (opposition vraisemblable saison sèche - saison humide)

au point de vue qualitatif sinon quantitatif.

### 3-3- FLUX ET BILANS D'ENERGIE

C'est le volet le plus important. Il va s'agir d'évaluer la production aux différents échelons des chaînes trophiques identifiées dans les trois secteurs ; de déterminer les transferts d'énergie de la mangrove vers la frange littorale, puis vers le large ; de faire la part des échanges eau-sédiment (piégeage de matière organique, reminéralisation, libération d'éléments minéraux biogènes). Les mesures globales (respiration-excrétion) sont sans doute à préconiser plutôt que les méthodes analytiques. La détermination de l'origine de la matière organique (continent - mangrove - phytoplancton) par marquage isotopique peut également s'avérer utile (rapports isotopiques  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ,  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ ,  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ).

### 3-4- ROLE ECOLOGIQUE DE LA MANGROVE SUR LA PRODUCTION HALIEUTIQUE DE LA GUINEE

De nombreuses études sur des milieux analogues montrent que peu d'espèces de poissons sont endémiques de la mangrove, sinon quelques gobies, blennies et périophthalmes sans intérêt économique. Il semble par ailleurs que les mangroves ne soient pas des frayères (les premières phases de la vie chez la plupart des espèces se déroulant en pleine eau) mais des sites favorables à l'alimentation des juvéniles. D'où le plan d'étude proposé :

- mise au point de techniques et de protocoles d'échantillonnage ichtyologique adapté au milieu,
- composition et structure des peuplements,
- suivi des structures de taille des espèces principales ; croissance,
- régime alimentaire,
- migrations,
- recueil de données sur la reproduction des espèces marines et estuariennes à partir des résultats des travaux de biologie en cours.

### 4- L'AMAZONE ET LE LITTORAL DE LA GUYANE

Le littoral de la Guyane présente de nombreuses analogies avec celui de la Guinée et pourrait faire l'objet du même type d'études. Mais il vaut sans doute mieux, dans cette région, mettre l'accent sur le caractère original du système, du fait de la dérive des eaux amazoniennes que les scientifiques de l'ORSTOM ont par ailleurs la possibilité d'étudier dans sa globalité. D'où les propositions suivantes :

#### 4-1- ETUDE DE LA DISPERSION DES EAUX DE L'AMAZONE

Utilisation du traceur salinité (réseau de navires marchands), de la couleur de l'eau (données satellitaires), de la teneur en silicates (mesures directes). On pourra aussi faire appel aux données de l'altimétrie, aux résultats issus de la modélisation. Devenir de la faune associée aux lentilles d'eaux amazonienne au cours de leur dérive en Mer des Caraïbes.

#### 4-2- HYDRODYNAMIQUE COTIERE EN GUYANE

On manque cruellement aujourd'hui d'une simple description de l'hydroclimat sur le plateau continental pour interpréter les phénomènes bioécologiques observés. Le même schéma d'étude qu'en Guinée peut être retenu en tentant plus particulièrement de mettre en évidence les caractères physico-chimiques liés au passage des eaux de l'Amazone.

#### 4-3- CONTRIBUTION DES EAUX DE L'AMAZONE A LA PRODUCTION PRIMAIRE SUR LE PLATEAU CONTINENTAL

Les recherches peuvent présenter un aspect qualitatif en portant sur la composition floristique du phytoplancton, et un aspect productiviste (relation production-intensité du flux amazonien).

Trois idées-force sous-tendent toutes ces propositions de recherche ; elles visent

- 1- à tirer le meilleur parti des connaissances acquises, à les valoriser,
- 2- à élargir le champ des recherches sur tout un ensemble d'écosystèmes construits sur des schémas analogues pour mieux comprendre, par l'analyse de leurs différences et de leur variabilité, leur fonctionnement et leur évolution,
- 3- à mettre à la disposition des chercheurs engagés dans des études à caractère finalisé (halieutique) les données qui décrivent le cadre écologique et, éventuellement, des modèles de fonctionnement des écosystèmes, pour leur permettre de mieux interpréter leurs observations et de mieux construire leurs modèles de production.

A Nantes le 15 juin 1992

*revu le 7 juillet 1992*

Denis BINET et Pierre LE LOEUFF

## INTERFACE CONTINENT – OCEAN

### SOURCES DOCUMENTAIRES

- Anonyme, 1990 – Programme National d'Océanographie Côtière. Paris, 64 p.
- ARFI R., GUIRAL D., TORRETON J.P., 1989 – Cycle hydrologique annuel d'une baie lagunaire eutrophe : la baie de Biétri (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 22 : 263–273.
- ARFI R., PAGANO M., SAINT-JEAN L., 1987 – Communautés zooplanctoniques dans une lagune tropicale (la lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) : variations spatio-temporelles. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 21–35.
- ALBARET J.J., 1987 – Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 291–310.
- ALBARET J.J., LEGENDRE M., 1985 – Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ebrié. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 18 : 281–303.
- ALBARET J.J., ECOUTIN J.M., 1989 – Communication mer-lagune : impact d'une réouverture sur l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 22 : 71–81.
- ALBARET J.J., ECOUTIN J.M., 1990 – Influence des saisons et des variations climatiques sur les peuplements de poissons d'une lagune tropicale en Afrique de l'Ouest. *Acta Oecol.*, 11 : 557–583.
- BARAN E., 1991 – Rôle de l'environnement sur la composition et la structure des peuplements ichtyques des milieux estuariens de Guinée. Projet de thèse, Doc. ORSTOM, 20 p.
- BERNARD Y., 1990 – Influence des eaux continentales sur les milieux côtiers. Etude bibliographique. Doc. ORSTOM, 24 p.
- BERRIT G.R., 1958 – Les saisons marines à Pointe-Noire. *Cah. Oceanogr. COEC*, 10 (6) : 336–358.
- BERRIT G.R., 1961 – Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. Observations de surface le long des lignes de navigation. 1ère partie – Généralités. *Cah. Oceanogr. COEC*, 13 (10) : 715–727.
- BERRIT G.R., 1962 a – Id\*. 2ème partie – Etude régionale. *Cah. Oceanogr. COEC*, 14 (9) : 633–643.
- BERRIT G.R., 1962 b – Id\*. 2ème partie – Etude régionale. *Cah. Oceanogr. COEC*, 14 (10) : 719–729.

- BERRIT G.R., 1966 – Les eaux dessalées du golfe de Guinée. *Doc. Scient. Prov. CRO Abidjan*, 9, 15 p.
- BINET D., 1977 – Grands traits de l'écologie des principaux taxons du zooplancton ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15 : 89–109.
- BINET D., 1978 – Analyse globale des populations de copépodes pélagiques du plateau continental ivoirien. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 16 : 19–61.
- BINET D., 1982 – Influence des variations climatiques sur la pêcherie des *Sardinella aurita* ivoiro-ghanéennes : relation sécheresse–surpêche. *Oceanol. Acta*, 5 : 443–452.
- BINET D., 1983 – Phytoplancton et production des régions côtières à upwellings saisonniers dans le golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18 : 331–355.
- BINET D., 1983 – Zooplancton des régions côtières à upwellings saisonniers du golfe de Guinée. *Océanogr. trop.*, 18 : 357–380.
- BINET D., 1984 – Copépodes planctoniques du lagon de Nouvelle-Calédonie : facteurs écologiques et associations d'espèces. *Mar. Biol.*, 82 : 143–156.
- BINET D., 1986 – Note sur l'hypothèse d'une influence de la nature géologique des terrains côtiers sur la biomasse zooplanctonique dans le lagon de Nouvelle-Calédonie. *Océanogr. trop.*, 21 : 99–110.
- BINET D., BOELY T., 1981 – Etude de l'impact du projet Norcal sur l'environnement marin de Nouvelle Calédonie. Phase II A : Etude préliminaire. *Océanographie. COFREMMI / ORSTOM Nouméa*, 43 p.
- CARMOUZE J.P., CAUMETTE P., 1985 – Les effets de la pollution organique sur les biomasses et activités du phytoplancton et des bactéries hétérotrophes dans la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 18 : 183–212.
- CHABOUD C., CORMIER-SALEM M.C., DIAW M.C., KEBE M., Approche socio-économique de l'exploitation du milieu aquatique casamançais. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 323–332.
- CHARDY P., 1991 – Le Programme National d'Océanographie Côtière, du cycle de la matière à la gestion du milieu marin. *Doc. IFREMER*, 5 p.
- CHARLES-DOMINIQUE E., 1982 – Exposé synoptique des données biologiques sur l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata* S. Bowdich, 1825). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 : 373–397.
- CROSNIER A. 1964 – Fonds de pêche le long des côtes de la République Fédérale du Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, n° special, 132 p., 2 cartes.
- CSHO , 1990 – Prospective des disciplines. *Doc. ORSTOM*, 33 p.
- CSHO , 1991 – Compte-rendu de la session plénière des 17, 18 et 19 juin 1991. *Doc. ORSTOM*, 40 p.

- DANDONNEAU Y., 1970 – Un phénomène d'eaux rouges au large de la Côte d'Ivoire causé par *Gymnodinium splendens* Lebour. *Doc. Scient. CRO Abidjan*, 1 : 11–19.
- DANDONNEAU Y., 1972 – Etude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. II. Représentativité de l'eau de surface pour la description et l'interprétation des phénomènes dynamiques. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 10 : 267–274.
- DEC, 1991 – Environnement et production des milieux saumâtres tropicaux. Rapport d'activité 1987–90 (UR 2D). Doc ORSTOM, 198 p.
- DEC, 1992 – Recherches sur les eaux continentales de Guinée maritime. Rapport d'activité septembre 1990–janvier 1992. Doc. ORSTOM, 29 p.
- DESSIER A., 1979 – Ecologie dynamique des peuplements zooplanctoniques côtiers et plus particulièrement des copépodes, du sud du golfe de Guinée (côtes du Congo, du Gabon et de l'Angola). Thèse Doct. Etat., Univ. Paris 6., 275 p. + fig.
- DESSIER A., 1991 – Esquisse d'un projet de "programme Amazone". Doc. ORSTOM, 13 p.
- DESSIER A., 1991 – La salinité dans la couche superficielle (0–30 m) de l'Atlantique tropical nord-ouest (5°S – 25°N, 3–80°W). Cartes climatologiques. Doc. ORSTOM, 2 p., 24 pl.
- DIOUF P.S., DIALLO A., 1990 – Variations spatio-temporelles d'un estuaire hyperhalin : la Casamance. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 23 : 195–207.
- DIOUF P.S., DIALLO A., 1990 – Succession de dominance de trois espèces d'*Acartia* dans un estuaire hyperhalin : la Casamance. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 23 : 195–207.
- DOMAIN F., 1989 – Rapport des campagnes de chalutage du N.O. André Nizery dans les eaux de la Guinée de 1985 à 1988. *Doc. Scient. C.R.H.B.*, 5, 81 p.
- DOMAIN F., 1989 – Rapport des campagnes de chalutage du N.O. André Nizery au large des côtes de Guinée Bissau (avril et octobre 1988). Doc. ORSTOM/C.R.H.B., 81 p.
- DUFOUR P., 1982 – Influence des conditions de milieu sur la biodégradation des matières organiques dans une lagune tropicale. *Oceanol. Acta*, 5 : 355–363.
- DUFOUR P., 1984 – La biomasse végétale des lagunes côtières. Exemple de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 17 : 207–233.
- DUFOUR P., 1984 – Production primaire d'une lagune tropicale (Ebrié, Côte d'Ivoire). Facteurs naturels et anthropiques. Thèse Doct. Etat., Univ. Paris 6., 154 p.
- DUFOUR P., DURAND J.R., 1982 – Production végétale des lagunes de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 : 209–230.
- DUFOUR P., LEMASSON L., 1985 – Le régime nutritif de la lagune tropicale Ebrié (Côte d'Ivoire). *Océanogr. trop.*, 20 : 41–69.
- DUFOUR P., LEMASSON L., CREMOUX J.L., 1981 – Contrôle nutritif de la biomasse du seston dans une lagune tropicale de Côte d'Ivoire. II. Variations géographiques et

- saisonniers. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 51 : 269–284.
- DURAND J.R., 1967 – Etude des poissons benthiques du plateau continental congolais. III. Etude de la répartition de l'abondance et des variations saisonnières. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 5 : 6–68.
- DURAND J.R., CHANTRAINE J.M., 1982 – L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 : 85–113.
- DURAND J.R., DUFOUR P., ZABI S.G.S. (Eds.), à paraître – Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2. Les lagunes tropicales africaines : l'exemple de la lagune Ebrié. ORSTOM, Paris.
- FONTANA A. (Ed.), 1981 – Milieu marin et ressources halieutiques de la République populaire du Congo. *Trav. Doc. ORSTOM*, 138, 339 p.
- FRONTIER S. (Ed.), 1980 – Recueil de travaux sur les baies d'Ambaro et d'Ampasindava (côte nord-ouest de Madagascar). *Doc. ORSTOM*, 27 contributions.
- GAC J.Y., CARN M., SAOS J.L., 1986 – L'invasion marine dans la basse vallée du Sénégal. I. Période 1903–1980. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 19 : 3–17.
- GAC J.Y., CARN M., SAOS J.L., 1986 – L'invasion marine dans la basse vallée du Sénégal. II. Période 1980 – 1983 : proposition d'un nouveau modèle d'intrusion continentale des eaux océaniques. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 19 : 93–108.
- GARCIA S., 1977 – Biologie et dynamique des populations de crevettes roses (*Penaeus duorarum notialis* Perez-Farfante, 1967) en Côte d'Ivoire. *Trav. Doc. ORSTOM*, 79, 271 p., + 6 p. annexes.
- GUELORQUET O., PERTHUISOT J.P., 1983 – Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et écologiques du confinement. *Trav. Lab. Géol. E.N.S.*, 16, 136 p.
- GUIRAL D., 1984 – Devenir de la matière organique particulaire dans un milieu eutrophe tropical (baie de Biétri, lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 17 : 191–206.
- GUIRAL D., à paraître – La lagune Ebrié. Etude systémique au sein d'une lagune littorale tropicale et peu profonde des instabilités physiques temporelles et spatiales : turbulences et flux hydrodynamiques. *Vie et Milieu*.
- GUIRAL D., ARFI R., TORRETON J.P., 1990 – Conséquences biogéochimiques de l'atténuation de stratification dans une baie eutrophe : la baie de Biétri en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 23 : 11–25.
- HOLLIGAN P., 1991 – Land–Ocean Interactions in the Coastal Zone (LOICZ). NATO Advanced Research Workshop on the impacts of Global Change on coastal oceans, 2 p.
- ILTIS A., LEVEQUE C., 1982 – Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15 : 115–130.

- JOHN M., LAWSON G.W., 1990 – A review of mangrove and coastal ecosystem in West Africa and their possible relationships. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, 31 : 505–518.
- KOUASSI A.M., GUIRAL D., DOSSO M., 1990 – Variations saisonnières de la contamination microbienne dans la zone urbaine d'une lagune tropicale estuarienne. Cas de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 23 : 181–194.
- LAE R., 1990 – Les pêcheries artisanales lagunaires ouest-africaines : échantillonnage et dynamique de la ressource et de l'exploitation. Thèse Doct., Univ. Bretagne Occidentale, 272 p.
- LAE R., FAGGIANELLI D.S., FAGGIANELLI E., 1984 – La pêche artisanale individuelle sur le système lagunaire togolais : description des pêcheries et estimation de la production au cours d'un cycle annuel. Doc. ORSTOM, 76 p.
- LE GUEN J.C., 1971 – Dynamique des populations de *Pseudolithus (Fonticulus) elongatus* (Baird, 1925), Poissons, Sciaenidae. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 9 : 3–84.
- LE LOEUFF P., 1991 – Conclusion des études bibliographiques de A. Dessier et Y. Bernard sur l'interaction continent-océan. Rapport de l'action incitative TOA, 4 p.
- LE LOEUFF P., 1992 – Influence des eaux continentales sur l'écosystème marin de Guinée. Projet action incitative TOA, 4 p.
- LE LOEUFF P., MARCHAL E., AMON KOTHIAS J.B., 1992 – Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire; 1. Le milieu marin. ORSTOM, Paris.
- LE LOEUFF P., MARCHAL E., PAUGY D., MARIUS C., 1992 – Aménagement du milieu continental et ressources halieutiques : le modèle guinéen. Projet de recherche présenté à l'action incitative "Dynamique et Usage des Ressources Renouvelables", 6 p.
- LE LOEUFF P., ZABI S.G.S., (à paraître) – Revue des connaissances sur la faune benthique des milieux margino-littoraux d'Afrique de l'ouest. 1. Les espèces. 2. Travaux sur les peuplements. 3. Discussion et conclusions. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 3 articles.
- LEMASSON L., PAGES J., 1982 – Apports de Phosphore et d'Azote par la pluie en zone tropicale (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 15. :, 9–14.
- LEMASSON L., PAGES J., 1983 – Réflexion sur la stratégie d'étude de la production d'une lagune tropicale. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 16 : 119–133.
- LEMASSON L., PAGES J., CREMOUX J.L., 1982 – Echanges d'éléments nutritifs dissous entre l'eau et le sédiment dans une lagune tropicale saumâtre. *Océanogr. trop.*, 17 : 45–58.
- LE RESTE L., 1982 – Variations spatio-temporelles de l'abondance et de la taille de la crevette *Penaeus notialis* en Casamance (Sénégal). *Oceanol. Acta*, n° sp., les lagunes côtières : 327–332.
- LE RESTE L., 1984 – Etudes des variations annuelles de la production de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). In : Aménagement des pêches dans les lagunes côtières. *Etudes et Revues CGPM*, FAO, 61 : 253–269.

- LE RESTE L., 1987 – Influence de la salinité et du courant sur la taille des migrations de la crevette *Penaeus notialis* dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 279–289.
- LE RESTE L., (à paraître) – Pluviométrie et captures de crevettes *Penaeus notialis* dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal), entre 1962 et 1984. *Aquat. Liv. Ress.*
- LE RESTE L., COLLART-ODINETZ O., 1987 – Etude des déplacements de crevettes dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 271–277.
- LONGHURST A.R., 1983 – Benthic–pelagic coupling and export of organic carbon from a tropical Atlantic continental shelf – Sierra Leone. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, 17 : 261–285.
- MILLET B., 1986 – Hydrologie et hydrochimie d'un milieu lagunaire tropical : le lac Togo. ORSTOM, Paris, 228 p.
- MORLIERE A., 1970 – Les saisons marines devant Abidjan. *Doc. Scient. C.R.O. Abidjan*, 1 (2) : 1–15.
- MORLIERE A., REBERT J.P., 1972 – Etude hydrologique du plateau continental ivoirien. *Doc. Scient. C.R.O. Abidjan*, 3 (2) : 1–30.
- PAGANO M., SAINT-JEAN L., 1988 – Importance et rôle du zooplancton dans une lagune tropicale, la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) : Peuplements, biomasse, production et bilan métabolique. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix–Marseille II, 380 p., Annexe 67 p.
- PAGES J., DEBENAY J.P., LEBRUSCQ J.Y., 1987 – L'environnement estuarien de la Casamance. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 191–202.
- PAGES J., DEBENAY J.P., 1987 – Evolution saisonnière de la salinité de la Casamance. Description et essai de modélisation. *Rev. Hydrobiol. trop.*, 20 : 203–218.
- POR F.D., DOR I. (Eds.), 1984 – Hydrobiology of the mangal. The ecosystem of the mangrove forests. Dr. W. Junk Publ., 260 p.
- QUERO J.C., 1989 – Sur la piste des maigres *Argyrosomus regius* (Pisces, Sciaenidae) du golfe de Gascogne et de Mauritanie. *Océanis*, 15 : 161–170.
- SEVRIN-REYSSAC J., RICHER de FORGES B., 1985 – Particularités de la faune ichthyologique dans un milieu sursalé du parc national du banc d'Arguin (Mauritanie). *Océanogr. trop.*, 20 : 85–90.
- THOLLOT P., 1992 – Les poissons de mangrove du lagon sud–ouest de Nouvelle–Calédonie. Ecologie des peuplements, relations avec les communautés ichthyologiques côtières. Thèse Doct., Univ. Aix–Marseille II, 406 p.
- VARLET F., 1978 – Le régime de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Traits physiques essentiels. *Trav. Doc. ORSTOM*, 83, 164 p., 110 fig.
- WAUTHY B., 1977 – Révision de la classification des eaux de surface du golfe de Guinée (Bertré, 1961). *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, 15 : 279–295.