

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC
CENTRE INTERNATIONAL D'ETUDES SUPERIEURES EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Master : *Sciences et Technologies*

Mention : *Biologie, Géosciences, Agroressources, Environnement*

Spécialité : *Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels Et Cultivés*

Les Catégories bioécologiques des espèces de poissons des estuaires et lagunes de l'Afrique de l'Ouest

par Delphine CHABANNE



Stage de M2

réalisé sous la direction de Monique SIMIER & Jean-Marc Ecoutin

UR 070 (RAP), IRD, Centre de Recherche Halieutique

Avenue Jean Monnet, BP 171,34203 Sète Cedex, France



Soutenu le 13-14 juin 2007 à Montpellier

Résumé :

L'étude des assemblages piscicoles des milieux estuariens et lagunaires (MEL) fait l'objet d'un intérêt scientifique croissant en raison des menaces liées à l'expansion des activités humaines et aux changements climatiques. Des classifications bioécologiques ont été proposées afin de comparer la structure des peuplements des MEL. Ainsi, pour appréhender les assemblages piscicoles des MEL d'Afrique de l'Ouest, huit catégories ont été définies par Albaret (1999). Quatre critères sont utilisés : l'abondance, l'euryhalinité, la distribution et la reproduction dans les MEL. Des pêches d'échantillonnage à la senne tournante coulissante ont été réalisées dans la lagune Ebrié et les estuaires de la Fatała, de la Gambie et du Sine Saloum. Le traitement de ces données a permis de préciser les valeurs seuils des critères définissant ces catégories. Les huit catégories se répartissaient suivant un double gradient liant salinité, transparence et distance à l'embouchure. Les catégories continentales occasionnellement dans les MEL (Co) et à affinité estuarienne (Ce) se trouvaient dans des eaux douces à oligohalines, turbides et situées en amont des MEL alors que les catégories marines accessoires ou occasionnelles dans les MEL (Ma et Mo) peuplaient des eaux polyhalines, claires à proximité de la connexion avec la mer. Les catégories estuariennes d'origine continentale (Ec), estuariennes strictes (Es), estuariennes d'origine marine (Em) et marines-estuariennes (ME) étaient plus tolérantes aux conditions environnementales fluctuantes des MEL et y étaient largement distribuées. Les Ec, Es et Em s'y reproduisaient. Des analyses multivariées ont aussi permis de discuter de la pertinence des catégories attribuées aux espèces. La majorité répondait aux critères de sélection de leur catégorie, à l'exception de quelques unes pour lesquelles un changement de catégorie a été suggéré sur la base des résultats obtenus. Cependant, des connaissances bioécologiques sur l'espèce et sa famille sont également nécessaires pour conclure à l'attribution d'une espèce à une catégorie plutôt qu'une autre.

Mots clés : Peuplements de poissons, Classification bioécologique, Analyses de co-inertie, Tolérance, Reproduction.

Abstract:

Studies on fish assemblages in estuaries and coastal lagoons areas are the subject of an increasing scientific interest. This is due to disturbances resulting from the expansion of human activities and climatic changes. Bio-ecological classifications were proposed to compare the composition of the assemblages in the estuarine systems. So, to discuss of fish assemblages in West African estuarine systems, eight categories were defined by Albaret (1999). Four criteria are used: abundance, euryhalinity, spatial and temporal distribution and reproduction in the estuarine systems. Fish sampling surveys by purse seine net were conducted in the Ebrié Lagoon and in the Fatala, the Gambia River and the Sine Saloum estuaries. Data analysis allowed to specify criteria scales defining these categories. The eight categories were ordered on a double gradient relating salinity, transparency and distance from estuary mouth. The freshwater occasional in estuaries (Co) and with estuarine affinities (Ce) categories were in freshwater to oligohaline, turbid and in upstream zones whereas marine accessory or occasional in estuaries categories (Ma and Mo) was associated with polyhaline and transparent water in downstream zones. The estuarine of freshwater origin (Ec), the strictly estuarine (Es), the estuarine of marine origin (Em) and the marine-estuarine (ME) categories were more tolerant with variability of environmental conditions and were widely distributed there. Ec, Es and Em were able to reproduce there. Multivaried analysis also permitted to discuss the relevance of categories affected to species. The majority of species were in agreement with categories selection criteria, except some species for which a categorie change was suggested because of results obtained. However, bio-ecological knowledge about species and their family are necessary to conclude with assignment of species to a categorie or another.

Keywords: Fish community, Bio-ecological classification, Co-inertia analysis, Tolerance, Reproduction

Abréviations

MEL : Milieux Estuariens et Lagunaires

Co : Espèces continentales occasionnelle dans les estuaires

Ce : Espèces continentales à affinité estuarienne

Ec : Espèces estuariennes d'origine continentale

Es : Espèces estuariennes strictes

Em : Espèces estuariennes d'origine marine

ME : Espèces marines-estuariennes

Ma : Espèces marines accessoires en estuaire

Mo : Espèces marines occasionnelles en estuaire

ACO : Analyse de co-inertie

ACP : Analyse en Composantes Principales

AFC : Analyse Factorielle des Correspondances

SQL : Standard Query Language

TM : Taille Maximale

Introduction

Les écosystèmes aquatiques sont très diversifiés tant par leur origine, leur formation, leur fonctionnement que par la richesse faunistique et floristique qu'ils renferment. Parmi toutes les formes existantes, les estuaires et les lagunes sont des écosystèmes de grande importance écologique due à leur rôle d'interface entre les environnements continentaux et marins et leur complexité fonctionnelle est très variable d'un milieu à l'autre. Pritchard (1967) a proposé une définition mettant en valeur le caractère poikilohalin de ces milieux mais ne convenant pas aux estuaires temporairement fermés (Afrique du Sud, Australie de l'Ouest et du Sud), estuaires "inverses", lagunes et deltas (Day, 1981). Modifiée par Day (1980), la définition devient : "un estuaire est une entité aquatique côtière partiellement close, temporairement ou constamment ouverte sur la mer et dans laquelle existe une variation mesurable de la salinité due au mélange de l'eau de mer et de l'eau douce issue du drainage terrestre" (ruissellement continental). Cette complexité justifie l'emploi par Amanieu et Lasserre (1982) des termes "entités écologiques originales". De plus, le nombre croissant d'études consacrées à ces milieux estuariens et lagunaires (MEL) a permis de confirmer qu'ils constituent des systèmes à part entière et très complexes (Potter *et al.*, 1986 ; Albaret & Ecoutin, 1990 ; Whitfield, 1994 ; Blaber, 2002). Ces MEL sont aussi l'objet d'un intérêt scientifique croissant lié, en grande partie, au développement des multiples activités humaines : pêche, aquaculture, transport, aménagements urbains et portuaires, tourisme (Blaber *et al.*, 2000). Ainsi, depuis les années 1970, des études ont été menées pour évaluer les effets de l'action anthropique et des changements globaux sur ces MEL et en particulier sur les assemblages piscicoles qui y vivent (Albaret & Ecoutin, 1990 ; Albaret & Diouf, 1994 ; Garcia *et al.*, 2001 ; Potter *et al.*, 2001 ; Whitfield & Elliott, 2002).

Les assemblages piscicoles qui réagissent face aux perturbations environnementales d'ordre physique, chimique et biologique sont de bons indicateurs environnementaux (Whitfield & Elliott, 2002). Pour mieux appréhender cette notion d'assemblage, plusieurs auteurs ont défini des classifications écologiques dont l'utilisation permet de s'affranchir de la notion d'espèce (Blaber, 2002) et de comparer des MEL qui présentent des espèces différentes mais avec des conditions de vie similaires. D'abord fondées uniquement sur les performances osmorégulatrices des espèces (Kiener, 1978), ces classifications n'ont pas été satisfaisantes et il s'est avéré nécessaire de prendre également en compte les caractéristiques fondamentales du cycle bioécologique des espèces (lieu de reproduction, répartition...) (Albaret, 1994). Dans les régions tempérées les classifications utilisées s'appuient à la fois sur l'écologie des espèces, la distribution verticale, les préférences en substrats et nutritionnelles et les stratégies de reproduction. Elliott & Dewailly (1995) ont ainsi établi 29 groupes fonctionnels grâce à l'analyse des données de 17 estuaires européens (Mathieson *et al.*, 2000). Dans ces mêmes écosystèmes, une classification en espèces anadromes et catadromes a été proposée pour prendre en compte les phénomènes de migrations (Thiel *et al.*, 2003).

La classification proposée par Albaret (1999) permet de mieux appréhender l'origine et la nature des peuplements ichthyologiques des milieux paraliques d'Afrique de l'Ouest. Le littoral ouest africain s'étend sur plusieurs milliers de kilomètres et les milieux estuariens et lagunaires y sont très représentés (Figure 1a). La lagune Ebrié et les estuaires de la Fataha, de la Gambie et du Sine Saloum sont les quatre systèmes auxquels nous nous sommes intéressés. La classification d'Albaret repose à l'origine sur les interprétations des assemblages piscicoles de la lagune Ebrié (1994) et a été

révisée une première fois par Albaret (1999) grâce à des données recueillies lors des programmes d'études du Sine Saloum (Diouf, 1996), de la Fatala (Baran, 1995) et des données du fleuve Casamance (Albaret, 1984 ; 1987). Plusieurs travaux ont utilisé cette classification pour discuter de la composition des assemblages piscicoles (Albaret & Ecoutin, 1990 ; Albaret *et al.*, 2004 ; Simier *et al.*, 2004 ; Ecoutin *et al.*, 2005 ; Simier *et al.*, 2006).

Les objectifs de notre étude sont multiples. 1) La classification d'Albaret (1999) doit être revue en précisant les ordres de grandeur des critères utilisés pour répartir les espèces en huit catégories écologiques. 2) L'affectation des catégories aux espèces dépend de leur bioécologie. Une analyse couplée des données environnementales et faunistiques permettra de vérifier la cohérence du choix de la catégorie affectée à l'espèce. Pour ces deux objectifs, les données recueillies lors des derniers échantillonnages réalisés en Gambie (Albaret *et al.*, 2004 ; Simier *et al.*, 2006) et dans le Sine Saloum sont ajoutées aux données déjà existantes sur la lagune Ebrié, le Sine Saloum et la Fatala.

Matériel et Méthodes

Les milieux d'études

La lagune Ebrié, située en Côte d'Ivoire, est le système le plus au sud de la zone d'étude (Figure 1b). Par ses dimensions (Tableau 1), elle est la plus grande des lagunes du littoral ouest africain. Ses principales caractéristiques morphologiques et hydrobioclimatiques ont été présentées par Durand et Skubich (1982). La lagune Ebrié est soumise à un climat de type équatorial avec trois saisons distinctes : la saison sèche, de janvier à avril (apports continentaux quasiment nuls, évaporation maximale), la saison des pluies, de mai à août (précipitations et apports fluviaux importants) et la saison des crues, de septembre à décembre (arrivée des eaux des fleuves en particulier la Comoé). La lagune reçoit aussi des entrées d'eaux marines permanentes via le canal de Vridi, construit en 1950 (Durand *et al.*, 1994).

Plus au nord, se situe l'estuaire de la Fatala (Figure 1c), dans la région de Guinée maritime. Le fleuve qui alimente cet estuaire est le plus court de ceux étudiés ici (Tableau 1). Les caractéristiques morphologiques et hydrologiques de ce système sont présentées par Baran (1995). Cette région est soumise à un climat tropical humide de type subguinéen, avec une saison sèche de novembre à mai et une saison pluvieuse de juin à octobre, les plus fortes précipitations étant observées en juillet.

L'estuaire de la Gambie (Figure 1d), contrairement à celui de la Fatala, est alimenté par un long fleuve. Les principales caractéristiques hydrobioclimatiques de ce système (Tableau 1) ont été présentées par Lesack *et al.* (1984). Ce milieu est soumis à un climat de type soudanien avec une saison des pluies de juin à octobre ; les précipitations les plus importantes ont lieu en août ; la saison sèche est fraîche de novembre à mars et chaude d'avril à juin (Albaret *et al.*, 2004 ; Simier *et al.*, 2006).

Le delta du Sine Saloum (Figure 1e), situé au Sénégal, est un système estuarien complexe tant par sa morphologie que son hydrologie (Tableau 1). Il est constitué de trois bras principaux : au sud le Bandiala, au nord le Saloum, et entre les deux le Diomboss (Diouf, 1996). Ces trois bras restent interconnectés par des chenaux de marée ("bolongs"). Le Sine Saloum est sous l'influence d'un climat de type soudanien avec une saison des pluies de juillet à octobre et une saison sèche de novembre à juin, fraîche jusqu'en mars et chaude ensuite (Simier *et al.*, 2004). A la différence des deux estuaires précédents, le fonctionnement de l'estuaire du Sine Saloum est de type

"inverse", car il est caractérisé par un gradient croissant de salinité de l'aval vers l'amont (Diouf, 1996).

Collecte des données

Plusieurs programmes de recherche s'appuyant sur des pêches d'échantillonnage ont été conduits sur ces 4 systèmes. Pour chacun, un protocole expérimental a été mis en place en utilisant le même engin : une senne tournante coulissante de 250 mètres de long, 18 mètres de chute et avec une maille de 14 mm (Tableau 2). La senne tournante est une méthode de pêche peu sélective qui permet une bonne reproductibilité de l'échantillonnage dans des milieux très variés (Simier *et al.*, 2006).

Les échantillons pêchés ont été triés à l'espèce, comptés et pesés (g). Des mesures individuelles de longueur à la fourche (mesure de l'extrémité antérieure à l'extrémité centrale de la queue, en mm) ont été prises ainsi que la détermination du sexe et du stade de maturité. Dans le cas de captures très abondantes, un échantillon de 30 ou 50 individus a été mesuré et un coefficient d'extrapolation est calculé en faisant la rapport de l'effectif total de l'espèce dans le coup de pêche sur le nombre d'individus mesurés.

Lors de chaque coup de pêche, des mesures de salinité et de température (en °C) de l'eau ont été effectuées. La transparence, mesurée par la profondeur de disparition du disque de Secchi (en m) et la distance à l'embouchure (en km) ont aussi été notées.

Classification Écologique d'Albaret, 1999

La classification définie par Albaret (1999) a été l'outil de base du présent travail (Figure 2). Cette classification comprend huit catégories bioécologiques réparties sur deux gradients formés à partir d'un point central, les espèces estuariennes strictes (Es). Le gradient à affinité marine comprend 4 catégories : les espèces estuariennes d'origine marine (Em), les espèces marines-estuariennes (ME), les espèces marines accessoires en estuaire (Ma) et les espèces marines occasionnelles en estuaire (Mo). Le gradient à affinité continentale comprend les espèces estuariennes d'origine continentale (Ec), les espèces continentales à affinité estuarienne (Ce) et les espèces continentales occasionnelle dans les estuaires (Co). Quatre de ces catégories (Ec, Es, Em et ME) forment le peuplement de base des estuaires et lagunes, les catégories extrêmes pouvant être totalement absentes suivant le système. Dans cette classification, chaque catégorie est définie par quatre critères : l'abondance, le degré d'euryhalinité (capacité pour les poissons d'osmoréguler dans des milieux à salinité changeante), la distribution spatiale et temporelle et le lieu de reproduction.

Traitements des données

Toutes les données sont regroupées dans une base de données relationnelle sous Access 2000. Des requêtes SQL ont permis d'extraire les tableaux de données utilisés pour les traitements statistiques.

Pour discuter des ordres de grandeur des différents critères de chaque catégorie définie par Albaret (1999), des analyses univariées sur l'occurrence de la catégorie dans les coups de pêche ont été réalisées. Des représentations de type "boîtes à moustaches" ont été utilisées pour représenter la distribution d'une variable et donnent les éléments suivants (de bas en haut) : le minimum, le 1^{er} quartile, la médiane, le 3^{ème}

quartile et le maximum. Les étendues représentent 1,57 fois la taille de la boîte (Chambers *et al.*, 1983). Les moyennes, notées en rouge, ont fait l'objet d'un test de Kruskal-Wallis.

Les zones estuariennes et lagunaires étudiées ayant des dimensions différentes, les distances à l'embouchure ont été calculées en pourcentage de la longueur de chaque système. Dans le cas particulier de la lagune Ebrié qui s'étend à l'est et à l'ouest de part et d'autre de la communication avec la mer, la distance à l'embouchure a été calculée pour les secteurs est et ouest séparément.

Deux saisons hydroclimatiques ont été définies pour traiter les données, une saison humide et une saison sèche, en accord avec celles définies pour chaque système. Les analyses tiennent compte du nombre plus important de coups de pêche réalisés en saison sèche.

Pour étudier le critère reproduction, seuls ont été traités les individus dont le sexe et le stade de maturité défini par Albaret (1994) avaient été identifiés. Pour faciliter l'analyse, les stades de maturité ont été regroupés en trois classes: 1) les individus non matures qui regroupaient les immatures, les individus en repos sexuel et les individus en début de maturité sexuelle, 2) les individus en maturation sexuelle avancée 3) les individus matures en phase de reproduction effective.

L'analyse de co-inertie (ACO), alternative de l'Analyse Canonique des Correspondances (Dolédéc & Chessel, 1994 ; Dray *et al.*, 2003), couple deux tables portant sur les mêmes lignes et calcule une table croisée de covariances entre les colonnes des deux tables. Des axes d'inertie sur lesquels sont projetés les deux groupes de variables sont extraits de cette table croisée. L'ACO a été utilisé pour mettre en relation une table "environnement" et une table "espèce". La table "environnement" contenait les données de transparence, salinité, température, distance à l'embouchure (%) et saison hydroclimatique (humide ou sèche) pour chaque coup de pêche. La table "espèces" donnait les effectifs spécifiques par coup de pêche transformés en logarithme népérien, afin de diminuer l'importance des espèces localement très abondantes et de ramener leur variabilité à une échelle permettant de toutes les comparer. Les coups de pêche comportant des valeurs manquantes pour les paramètres environnementaux ont été retirés de l'analyse. Préalablement à l'analyse de co-inertie, une AFC a été réalisée sur la table "espèces" et une ACP normée sur la table "environnement", avec pour cette dernière une pondération des lignes issue de l'AFC des espèces. Pour les représentations graphiques, les espèces ont d'abord été regroupées par catégorie écologique (représentation du centre de gravité des catégories écologiques). Puis, une classification automatique par la méthode de Ward a permis de regrouper les espèces selon leur position dans le plan factoriel (1-2).

Sur le même principe, des analyses de co-inertie ont été réalisées sur les individus dont le stade de maturité a été déterminé. La table "espèces" contenait les effectifs des espèces par classe de maturité. Chaque catégorie écologique a été analysée indépendamment.

Une analyse de la structure de taille des espèces par catégorie a été faite en fixant 4 classes de taille correspondant à 0-25%, 25-50%, 50-75% et 75-100% de leur taille maximale (TM) (Froese & Pauly, 2007) . Les effectifs ont été calculés en tenant compte des coefficients d'extrapolation. Comme pour les autres critères, des analyses de co-inertie par catégorie ont été réalisées afin de mettre en relation la structure en taille avec les paramètres de l'environnement.

Les traitements statistiques multivariés ont été réalisés à l'aide de la librairie ADE-4 sous R (R Development Core Team) (Thioulouse *et al.*, 1997), logiciel disponible en libre accès sur le web à l'adresse suivante: <http://cran.r-project.org/>.

Résultats

Les critères de définition des catégories écologiques

L'ensemble des données provient de 951 coups de pêche (Tableau 2) et 146 espèces ont été recensées (Annexe 1). Les catégories de l'axe marin, Em, ME, Ma et Mo, étaient les plus riches en espèces avec respectivement 18, 24, 21 et 43 espèces identifiées (Tableau 3). Les catégories de l'axe continental étaient les moins riches en espèces avec 6 et 8 espèces identifiées pour les catégories Ec et Ce. Les Co, quant à elles, étaient intermédiaires avec 13 espèces identifiées, de même que les Es.

Les catégories centrales, ME, Em et Es ont été les plus fréquemment rencontrées : elles étaient présentes respectivement dans 95, 90 et 61% des coups de pêche. La catégorie Ec, en revanche, n'était présente que dans 35% des coups de pêche. Il en était de même pour les Ma. Les catégories marines et continentales étaient peu fréquentes, particulièrement les extrêmes Co et Mo, présentes dans seulement 5 et 13% des coups de pêche. Les Ma, quant à elles, étaient aussi fréquentes que les Ec (Tableau 3). En terme d'abondances, les catégories Em et ME regroupaient, à elles deux, 86% des individus capturés. En revanche, les catégories extrêmes, Co, Ce, Ma et Mo, regroupaient moins de 1% des individus chacune. Cette répartition s'est généralement confirmée en biomasse (Tableau 3), bien que les catégories Ec et Mo présentent un pourcentage plus important en biomasse qu'en effectif. La figure 3a met en évidence la grande variabilité de l'effectif par espèce pour les catégories centrales (Ec, Es, Em, ME). La variabilité était moindre pour les catégories extrêmes (Co, Ce, Ma, Mo) et particulièrement pour les Mo autour d'une moyenne de 2 individus par espèce. Le poids individuel moyen par coup de pêche (Figure 3b) était plutôt faible pour les catégories centrales et les catégories continentales extrêmes. En revanche, il était élevé mais très variable pour les Mo.

En ce qui concerne la salinité, le trio central Es, Em et ME montrait une même distribution avec des valeurs moyennes de salinité voisines (24,4; 21,5 et 23,6 respectivement) accompagnées d'une forte variabilité (Figure 4). En revanche, les Ec présentaient une variabilité moins importante de la salinité et une moyenne plus faible (4,9). Les catégories continentales Co et Ce avaient une plus faible variabilité avec une salinité moyenne proche de zéro (0,4 et 0,9). Du côté marin, les catégories Ma et Mo ont été observées à des salinités plus élevées en moyenne (27,2 et 32,5) et leur variabilité était plus faible que celle des autres catégories de l'axe marin (Em et ME).

D'un point de vue spatial, les catégories centrales Es, Em et ME étaient largement présentes et ont pu être trouvées à l'embouchure comme à l'extrême amont (Figure 5a). La catégorie Ec était plus limitée spatialement et s'observait davantage en amont. Les catégories extrêmes avaient une distribution spatiale encore plus limitée : celles de l'axe continental, Co et Ce, se limitant aux zones amont des systèmes étudiés ; celles de l'axe marin aux zones aval. D'un point de vue saisonnier, la figure 5b montre que les catégories centrales Em et ME ont été aussi souvent observées en saison sèche qu'en saison humide et légèrement plus en saison humide pour les Es. Pour la catégorie Ec, cette tendance se renforçait avec davantage d'observations en saison humide (58% des coups de pêche où la catégorie était présente). Cette tendance était équivalente pour les Ce et moins importante pour les Co. A l'opposé, les catégories marines extrêmes et plus particulièrement les Mo, ont été plus souvent observées en saison sèche.

Le tableau 4 présente la distribution des individus capturés et déterminés selon les trois classes de maturité définies. Parmi les catégories centrales de la

classification, les catégories Ec, Es et Em présentaient un fort pourcentage d'individus en activité sexuelle (en maturation et en ponte) (31,3; 52,4 et 41,8%) dans lequel la proportion d'individus en phase de reproduction n'était pas négligeable par rapport au nombre d'individus sexés dans ces catégories. La catégorie ME se distinguait par une large proportion d'individus non matures (89,1%) et seuls 1,3% des individus ont été observés en phase de reproduction. Les catégories des axes continental et marin présentaient le même profil que la catégorie ME : plus de 75% des individus sexés étaient non matures, et parmi les individus en activité sexuelle, très peu étaient en phase de reproduction, voire aucun pour les catégories Co et Mo (1 individu observé par catégorie).

D'autres paramètres environnementaux

La température et la transparence n'avaient pas été retenues comme critères de sélection dans la classification d'Albaret, mais la distribution des catégories écologiques selon ces deux paramètres a été étudiée ici. La température ne variait pas significativement entre les catégories de même affinité (Figure 6a). Les catégories Es et celles de l'axe marin ont été observées sur toute la gamme de température mesurée lors des coups de pêche et autour d'une même température moyenne ($27,7^{\circ}\text{C} \pm 0,1$) excepté pour les Mo ($27,1^{\circ}\text{C}$) ($p > 0,01$). Les catégories de l'axe continental ont été observées dans des eaux où la température était supérieure à $23,8^{\circ}\text{C}$ avec des valeurs moyennes semblables aux autres catégories ($p > 0,05$).

Les variations de transparence (Figure 6b) en fonction des catégories écologiques étaient plus importantes ($p < 0,01$). Les catégories centrales Es, Em et ME étaient présentes dans des eaux de transparence variable avec des moyennes de 1,55; 1,34 et 1,51 m. Les catégories marines (Ma et Mo) présentaient les mêmes caractéristiques de variabilité et des profondeurs moyennes plus élevées (1,67 et 1,89 m). A l'opposé, sur l'axe continental, la catégorie Ec a été observée dans des eaux plus turbides (0,90 m) et les catégories Co et Ce, dans des eaux encore plus turbides (0,36 et 0,43 m) avec une faible variabilité.

Validation des définitions des catégories écologiques

L'analyse de co-inertie (ACO) des tables "environnement" et "espèces" a été réalisée sur 95% des 951 coups de pêche, les 5% restant ayant des données environnementales manquantes. Les deux premiers axes expliquent près de 85% de l'inertie totale avec une dominance de l'axe 1 (73%) (Figure 7a). La représentation factorielle des variables environnementales sur le plan (1-2) (Figure 7b) montre que l'axe 1 est expliqué par la salinité et la transparence, toutes deux positivement corrélées entre elles et négativement corrélées à la distance à l'embouchure. La formation de l'axe 2 était aussi fonction de la salinité et de la distance à l'embouchure mais leurs contributions relatives à cet axe étaient moins bonnes. Le premier axe décrit un gradient de transparence et de salinité, avec des eaux douces et turbides (0,1 m) en amont des MEL, et des eaux relativement salées (32) et claires (6 m), à proximité de l'embouchure. La corrélation positive de la salinité et de la distance à l'embouchure sur l'axe 2 indique la présence d'eaux hypersalées (138) en amont du Sine Saloum.

La représentation des espèces groupées par catégorie (Figure 7c) montre un net gradient depuis les espèces à affinité continentale (Co, Ce et Ec) situées à gauche du plan jusqu'aux espèces à affinité marine (Mo, Ma) situées à droite. Les espèces des catégories Em et ME se distribuaient à la fois dans des eaux peu salées et turbides, en

amont et des eaux salées et claires, en aval.

Le regroupement des espèces par classification automatique sur la base de leurs coordonnées dans le plan 1-2 de l'ACO a permis de définir sept groupes d'espèces suivant les gradients croissants de transparence et salinité et décroissant de distance à l'embouchure, et ce indépendamment de leur catégorie (Figure 7d). Le groupe 1, le plus en amont des MEL et correspondant à des eaux douces et turbides, regroupait essentiellement des espèces appartenant aux catégories Co et Ce. Les espèces *Tilapia mariae* (Ec) et *Gobioides sagitta* (Es) s'associaient à ce groupe. Le groupe 2 regroupait également des Co et Ce, la majorité des Ec et quelques Es. Une espèce Mo, *Dasyatis ukpam*, s'y associait également. Le groupe 3 était constitué par des Es, Em et ME, ainsi que 3 espèces de catégories différentes : *Hemichromis fasciatus* (Ec), *Synaptura lusitanica* (Ma) et *Lutjanus dentatus* (Mo). Le groupe 4 rassemblait des espèces à affinité marine et *Gerres nigri* (Es). Les groupes 5 et 6 regroupaient également des espèces à affinité marine. Ils se différenciaient suivant le gradient de salinité, avec des valeurs plus fortes pour le groupe 5. Au sein de ce groupe, 2 espèces dont une Es, *Sarotherodon melanotheron*, et une ME, *Mugil cephalus*, ont été observées en abondance dans des eaux hypersalées (maximum de 138). Enfin, le groupe 7 regroupait majoritairement des espèces Mo et quelques Ma, ces dernières étant observées dans des eaux aux caractéristiques physicochimiques proches de celles peuplées par les Ma des groupes 5 et 6. Une espèce Em, *Hemiramphus brasiliensis*, était associée à ce groupe 7.

Afin de prendre en compte le critère reproduction, des analyses de co-inertie ont été réalisées pour chaque catégorie sur les individus sexés (Annexe 2). Pour chaque co-inertie, plus de 70% de l'inertie totale est expliquée, et salinité, transparence et distance à l'embouchure sont les principales variables qui expliquent la distribution des individus. Les catégories Ec, Es et Em ont été observées à tous les stades de maturité. Aucune tendance entre les conditions environnementales et le stade de maturité pour une espèce donnée n'a été observée, à l'exception de *Dasyatis margaritella* (Em) capturée à proximité de l'embouchure lors de la phase de maturation. Les ME ont uniquement été observée au stade non mature et en maturation à l'exception de *Caranx senegalensis* qui était aussi en phase de ponte. Cette espèce peuplait des eaux plus salées en phase non mature et moins salées dans des secteurs éloignés de la mer (56.4%) lors de la ponte. D'autres ME ont aussi été observées dans eaux moins claires et moins salées pendant la phase non mature puis plus claires et salées lors de la maturation (*Ephippion guttifer*, *Sphyraena guachancho*, *Pseudotolithus brachygnathus* et *Sphyraena afra*). Les espèces des catégories continentales et marines extrêmes ont été observées au stade non mature ou en maturation voire les deux. Dans ce cas, les continentales en maturation étaient capturées dans des secteurs plus en amont des MEL que les non matures et les marines en maturation plus près de l'embouchure que les non matures. La phase de ponte n'a jamais été observée parmi les espèces de ces catégories extrêmes à l'exception de 3 espèces Ce (*Brycinus longipinnis*, *Parailia pellucida* et *Schilbe mandibularis*) et une espèce Ma (*Pentanemus quinquarius*), cette dernière étant dans des secteurs proches de la mer.

L'analyse de la répartition des espèces par classe de taille (Figure 8) et les analyses de co-inertie (Annexe 3) montrent que les catégories centrales Ec, Es, et Em regroupaient des espèces de taille très variée à l'exception de *T. mariae* (Ec), *Strongylura senegalensis*, *Hemiramphus balao* et *Mugil curema* (Em) toujours de petite taille. Pour l'espèce *Pellonula leonensis* (Ec), des individus de petite taille ont été capturés en saison sèche et de grande taille en saison humide. Ceci a également été observé pour *Eleotris senegalensis* et *S. melanotheron* (Ec). La catégorie ME était

majoritairement représentée par des petits individus (taille inférieure à 50% de la TM). Seules *Drepane africana* et *Ephippion guttifer* ont été observées à toutes les tailles avec les petits individus dans des eaux moins salées et moins transparentes que les grands. Les catégories marines extrêmes suivaient la même structure que les ME à l'exception de *Fodiator acutus* (Ma), *D. ukpam* et *P. semicinctus* (Mo) observées seulement à de grandes tailles. *Hyporamphus picarti* (Ma) a été observée à toutes les tailles avec des petits individus dans des eaux moins salées et moins transparentes que les grands. Enfin, les catégories continentales extrêmes regroupaient des espèces de petite ou de grande taille. Parmi les Ce, *C. johnelsi*, a été observée à toutes les tailles, avec les plus grands individus dans les secteurs plus amont des MEL.

Discussion

Huit catégories écologiques ont été définies pour étudier les assemblages piscicoles des milieux estuariens et lagunaires (MEL) de l'Afrique de l'Ouest (Albaret, 1999). Quatre critères bioécologiques ont été utilisés pour cette classification : l'abondance dans les MEL, le degré d'euryhalinité, la distribution spatiale et temporelle et la reproduction dans les MEL. La présente analyse a porté sur 146 espèces recensées lors des pêches d'échantillonnage effectuées dans la lagune Ebrié (81 espèces), l'estuaire de la Fataala (55), de la Gambie (70) et du Sine Saloum (97).

Les critères de définition des catégories écologiques

Les estuaires et lagunes des zones tropicales et subtropicales sont beaucoup plus riches en espèces que ceux des zones tempérées (Blaber, 2002). Dans les MEL d'Afrique de l'Ouest, tous situés en zone tropicale, cette richesse s'est avérée variable selon la catégorie considérée. Ainsi, pour les catégories de l'axe continental, la richesse spécifique était faible, avec un maximum de 13 espèces pour la catégorie Co. Sur l'axe marin, la richesse était bien supérieure, avec 21 espèces pour la catégorie Ma et jusqu'à 43 espèces pour la catégorie Mo. Ce contraste, confirmé par d'autres études (Nordlie, 2003), s'explique par le fait que la taille et la diversité du stock d'espèces issu des réservoirs continentaux et pouvant peupler les MEL sont plus restreintes que pour les espèces d'origine marine (Albaret & Ecoutin, 1990 ; Albaret, 1999). Les catégories Es, Em et ME, ainsi que Ec, bien que moins riches en espèces que celles de l'axe marin, constituent des groupes abondants et régulièrement capturés. Les catégories extrêmes de la classification sont plus irrégulièrement capturées et en abondance moindre quelle que soit leur richesse spécifique. Basées sur la classification de Whitfield (1999), des études en zone tempérée méditerranéenne ont montré les mêmes résultats : la catégorie marine-estuarienne dépendante (équivalent Em) était plus abondante que la catégorie marine (équivalent Ma et Mo) (Akin *et al.*, 2005). Toutes ces caractéristiques observées sont expliquées par la grande diversité et variabilité des MEL qui, selon Albaret (1999) implique que les peuplements présentent des degrés d'organisation et de stabilité très inégaux.

La salinité est l'un des paramètres environnementaux qui varie le plus dans les MEL en fonction de la nature ou de l'importance de la connexion avec la mer d'une part, les eaux douces d'autre part (Elliott & McLusky, 2002). Sa variabilité en fait un facteur dominant quant à la distribution des espèces piscicoles dans ces milieux (Marshall & Elliott, 1998). Pour chaque catégorie, l'analyse de la distribution d'occurrence dans les coups de pêche suivant la salinité (classification de Por, 1972), met en évidence d'importantes disparités de leurs capacités osmorégulatrices. Les

catégories centrales Es, Em et ME regroupent des espèces vivant préférentiellement dans des eaux polyhalines (de 18 à 30) et ayant la capacité de vivre dans des eaux à salinité douce et/ou métahaline (jusqu'à 60). La présence de ces catégories dans une large gamme de salinité indique la parfaite adaptation des espèces qui en font partie, aux milieux estuariens et lagunaires (Albaret, 1994). L'euryhalinité des espèces de ces catégories est donc "forte" voir "totale" (Albaret, 1999) notamment pour une dizaine d'espèces de ces catégories également observées à des fortes salinité (max.138) (*Ethmalosa fimbriata*, *Elops lacerta*, *Eucinostomus melanopterus*, *Gerres nigri*, *Liza dumerili*, *L. falcipinnis*, *Mugil bananensis*, *M. cephalus*, *M. curema*, *Sardinella maderensis*, *Tilapia guineensis* et *S. melanotheron*). Des études environnementales et faunistiques réalisées dans des milieux hyperhalins (de salinité supérieure à 60) tels que la "Laguna Madre", au Texas (Hedgpeth, 1967), le Rio Lagartos, au Mexique (Vega-Cendejas *et al.*, 2004) et d'autres en Afrique du Sud (Whitfield *et al.*, 1981) ont montré que très peu d'espèces étaient capables d'adapter leur capacité éco-physiologique et certains traits d'histoire de vie comme la reproduction ou l'alimentation (Albaret, 1987) aux exigences extrêmes de ces milieux. Les catégories à affinité continentale ont été trouvées dans des eaux de salinité beaucoup plus faible : la catégorie Ec regroupait des espèces ayant la capacité d'osmoréguler mais dans des eaux allant du domaine limnique au polyhalin (de 0 à 30). Les Co et Ce peuplaient des milieux plutôt oligohalins (de 0,5 à 5) et ne présentaient qu'une tolérance très limitée à la salinité répondant à une "faible" euryhalinité (Albaret, 1999). Les catégories marines Ma et Mo ont généralement été capturées dans des eaux poly-mixoeuhaline (de 18 à 40). Les espèces de ces catégories marines extrêmes n'ont jamais été observées à des salinités supérieures à 70 et plus rarement que les Em et ME dans des eaux douces et métahalines montrant leur moindre euryhalinité. Ainsi, ce ne sont pas les catégories d'origine marine (Ma et Mo) qui supportent les plus fortes amplitudes de variation de salinité, mais les estuariennes à affinité marine Em et ME. Toutefois, les tolérances à la salinité semblent plus importantes pour les catégories à affinité marine que celles à affinité continentale : les capacités à s'adapter pour les espèces d'origine marine présentes dans des eaux moins salées seraient plus importantes que pour celles des espèces continentales présentes dans des eaux salées.

L'étude de la répartition des catégories écologiques par rapport à la distance à l'embouchure a permis de préciser le critère distribution spatiale utilisé par Albaret pour établir cette classification. Les catégories centrales Es, Em et ME ont largement été observées, depuis l'embouchure jusqu'à l'amont de l'estuaire. La catégorie Ec n'a généralement pas été trouvée dans les zones très proches de l'embouchure. En général, les catégories à affinité continentale sont spatialement plus restreintes que les marines : ceci pourrait être lié à la richesse spécifique, plus importante dans les catégories marines et nécessitant plus de diversité environnementale (Jaureguizar *et al.*, 2003). En effet, les catégories à affinité continentale (Co et Ce) se trouvaient plus en amont des estuaires. Les catégories à affinité marine ont le plus souvent été observées dans les secteurs à proximité de la communication avec l'océan mais pouvaient également être dans les secteurs intermédiaires. Cette répartition spatiale est fortement influencée par les processus marins (Yoklavich *et al.*, 1991).

D'un point de vue saisonnier, les catégories centrales, Es, Em et ME étaient présentes de façon équivalente en saison humide et sèche, ce qui confirme leur présence permanente dans les MEL mais renforce aussi la notion de "peuplement de base" (Albaret, 1994). En revanche, les espèces de la catégorie Ec, qui d'après Albaret (1994) font également partie du peuplement de base des estuaires et lagunes, ont plus souvent été observées en saison humide, ceci en liaison avec leur affinité continentale.

Les catégories continentales extrêmes étaient plus fréquentes en saison humide alors que les marines extrêmes l'étaient davantage en saison sèche : cette distribution saisonnière est fréquemment notée (Jaureziguar *et al.*, 2003 ; Rueda & Defeo, 2003).

Cette analyse de la répartition spatiale et temporelle conforte celle de la distribution des catégories en lien avec la salinité. Les espèces ayant la capacité d'osmoréguler (Es, Em et ME) se retrouvent à la fois dans des eaux oligohalines en amont, polyhalines à proximité de l'embouchure et quelques unes dans des eaux hypersalines en amont d'un estuaire "inverse" tel que le Sine Saloum. La présence des espèces continentales dans les MEL est fonction des conditions hydrologiques qui leurs sont favorables (Simier *et al.*, 2006). Ainsi, en saison des pluies, l'arrivée importante d'eau douce permet une diminution de la salinité, surtout en amont des estuaires (Potter *et al.*, 1990). Les Ec sont moins limités par les barrières physico-chimiques spatiales mais sont plus abondantes lors des crues. En saison sèche, l'évaporation et la diminution des apports d'eau douce induit une augmentation de la salinité dans les zones plus internes des MEL laissant la possibilité aux catégories à affinité marine de pénétrer plus en amont, dans les secteurs intermédiaires (Hedgpeth, 1967). D'après les critères salinité et distribution spatio-temporelle, il serait rare de rencontrer une espèce de type Co et une de type Mo dans le même coup de pêche.

Les MEL sont fréquemment considérés comme des lieux de transit pour de nombreuses espèces de poissons (McDowall, 1988) et/ou des "nourriceries" (Potter *et al.*, 1990). Plusieurs études ont montré que ces écosystèmes pouvaient aussi être le siège d'une intense activité de reproduction pour plusieurs espèces (Whitfield, 1994, Malavasi *et al.*, 2004). Dans la présente étude, seules les catégories centrales Ec, Es et Em montraient une présence notable d'individus en activité sexuelle. Parmi eux, la portion d'individus au stade de ponte n'était pas négligeable, confirmant l'utilisation des MEL comme lieu de reproduction pour ces trois catégories. Ce groupe correspondrait à celui des résidentes-estuariennes défini par Day *et al.* (1981) qui regroupe des espèces qui complétant leur cycle de vie dans les MEL. Les espèces marines pondent exclusivement en mer et reviennent dans les MEL au stade juvénile (Whitfield, 1994). La présente étude montre que la catégorie ME et les catégories extrêmes ont généralement été observées au stade non mature et les individus en phase de ponte étaient négligeables voire inexistants chez les Co et Mo dans les estuaires et les lagunes. En revanche, la majorité des individus de la catégorie Ce en activité sexuelle était en phase ponte : sur 8 espèces Ce identifiées ici, 3 peuvent être en activité sexuelle dans les MEL (*B. longipinnis*, *P. pellucida* et *S. mandibularis*) (Albaret, 1994).

Quelques paramètres environnementaux non pris en compte dans la classification d'Albaret (1999)

D'après Marshall & Elliott (1998), la température est un paramètre environnemental qui influence la composition des assemblages de poissons des estuaires et lagunes en milieu tempéré et subtropical. Ce paramètre est souvent mentionné comme corrélé à la salinité (Day *et al.*, 1989; Marshall & Elliott, 1998 ; Garcia *et al.*, 2001; Malavasi *et al.*, 2004), mais s'avère plutôt un facteur secondaire dans la structuration des peuplements des milieux estuariens et lagunaires tropicaux et subtropicaux (Stoner, 1986 ; Albaret, 1999). La présente étude, située en zone tropicale, en Afrique de l'Ouest, a montré que la température minimale était différente entre les catégories à affinité continentale (24-25°C) et estuariennes et marines (21°C). Cette différence de distribution est liée à l'absence totale d'espèces à affinité continentale dans le Sine Saloum où les températures les plus basses ont été mesurées. On ne peut donc conclure à un effet

de la température sur les peuplements des MEL étudiés, d'autant que la température moyenne est sensiblement équivalente quelle que soit la catégorie (27 à 28°C).

La transparence est aussi un facteur qui influence la structure piscicole des estuaires tropicaux (Stoner, 1986 ; Diouf, 1996). D'après Castillo-Rivera *et al.* (2002) et Akin *et al.* (2005), ce paramètre est souvent positivement corrélé à la salinité, ce qui est confirmé dans cette étude. Les catégories à affinité continentale ont été retrouvées dans des eaux très turbides et oligohalines alors que les catégories à affinité marine étaient principalement présentes dans des eaux claires mixoeuhalines.

Catégories écologiques et Environnement

Plusieurs analyses de co-inertie ont été nécessaires pour valider l'ensemble des critères de définition des catégories écologiques utilisés par Albaret (1999). Leur complémentarité a permis de montrer l'adéquation pour la plupart des espèces entre leurs préférences environnementales ou biologiques (reproduction, structure en taille) et la catégorie qui leur est attribuée. La salinité et la distance à l'embouchure sont les deux principaux paramètres environnementaux négativement corrélés : ils expliquent la distribution des espèces et à plus grande échelle, des assemblages piscicoles (Malavasi *et al.*, 2004 ; Thiel *et al.*, 2003). La transparence, qui s'est avérée faiblement corrélée à la salinité, n'entre pas dans la définition des catégories écologiques d'Albaret (1999) mais des études ont montré que l'ensemble salinité, transparence et distance à l'embouchure avait un effet sur les assemblages piscicoles (Akin *et al.*, 2005). Dans les estuaires tropicaux, l'effet de la température est généralement négligeable alors que la transparence varie selon la saison et la salinité (Stoner, 1986). Toutefois, elle ne peut être interprétée comme dans les milieux tempérés où la corrélation entre transparence et salinité est toujours positive (Marshall & Elliott, 1998).

La distribution des catégories vue par l'ACO renforce les caractéristiques des critères précisées lors des analyses univariées. Les gradients d'affinité continentale et marine sont retrouvés avec les catégories extrêmes Co et Ce dans les eaux douces, turbides, en amont des estuaires, et les Mo et Ma dans des eaux mixoeuhalines, claires, à proximité de la mer. Cette distribution spatiale est commune à d'autres estuaires des zones au climat méditerranéen (Akin *et al.*, 2005 ; Veiga *et al.*, 2006).

La classification automatique réalisée sur les coordonnées des espèces dans l'ACO met en évidence 7 groupes allant du continental vers le marin. Les espèces des catégories Ec, Es, Em et ME se distribuent dans 5 de ces groupes avec la majorité des Ec dans le groupe 2, des Es dans les groupes 2 et 3, des Em dans les groupes 3 et 4 et des ME dans les groupes 4, 5 et 6. Cette distribution spatiale semble indiquer une rupture entre les groupes 3 et 4 avec les espèces à affinité continentale à gauche et celles à affinité marine à droite. Alors que, selon Albaret (1994 ; 1999), la catégorie Es représente le centre de la classification bioécologique, la présente analyse met en évidence les Em comme la catégorie la plus tolérante aux conditions environnementales très fluctuantes des MEL, avec une distribution à la fois vers l'affinité continentale et l'affinité marine. La majorité des espèces des groupes 3 et 4 étaient présentes dans les 4 systèmes étudiés, ce qui a rarement été le cas pour les espèces des autres groupes. De plus, toutes les espèces Em ont été observées en phase de reproduction, ce qui conforte leur position essentielle dans les MEL.

Remise en cause de certains éléments de la classification écologique d'Albaret, 1999

Suite à ces analyses, la catégorie écologique de neuf espèces a pu être remise en

cause : 2 Ec (*T. mariae*, *H. fasciatus*), 3 Es (*G. sagitta*, *G. nigri* et *S. melanotheron*), 1 Em (*H. brasiliensis*), 1 Ma (*S. lusitanica*) et 2 Mo (*D. ukpam* et *L. dentatus*). Les caractéristiques environnementales issues des résultats ne répondaient pas entièrement aux critères de définition de la catégorie qui leur est actuellement attribuée. Aucune ME ne semble devoir être remise en cause.

L'étude de la distribution de *T. mariae* (Ec) et *G. sagitta* (Es) montre que ces espèces sont trouvées dans les mêmes conditions environnementales que les Co ou Ce : eaux douces, turbides, en amont des estuaires et lagunes. *T. mariae* était de petite taille non mature ou en maturation et restait très localisée à l'embouchure des rivières. C'est une espèce endémique à l'Afrique de l'Ouest qui se reproduit à l'interface des MEL et des rivières (Albaret, 1994 ; King & Etim, 2004). L'analyse justifie le reclassement de *T. mariae* en Ce. *G. sagitta*, capturées à toutes les tailles mais seulement au stade non mature, a la capacité de remonter dans les rivières (Paugy *et al.*, 2003b). L'absence de connaissance sur la bioécologie de *G. sagitta* ne permet pas de proposer un reclassement de cette espèce.

Seuls 3 individus *D. ukpam* (Mo) de grande taille, non matures, ont été capturés lors des pêches d'échantillonnage réalisées en Gambie pendant la saison sèche, dans des conditions environnementales typiques des Ce et Ec (eaux oligohalines, turbides et en amont. Les espèces de la famille des Dasyatidae vivent habituellement dans des zones côtières tropicales et subtropicales. Cependant, certaines peuvent être trouvées dans les estuaires et même vivre partiellement en eau douce (Paugy *et al.*, 2003a ; Balbino & Antunes, 2006). D'autres études seraient nécessaires pour discuter d'une reclassification de *D. ukpam*.

Deux autres espèces classées dans les catégories à affinité très marine, *S. lusitanica* (Ma) et *L. dentatus* (Mo) avaient une distribution environnementale plus proche de celles des Em ou des ME. Leur faible abondance (13 et 3 individus respectivement) est le critère qui justifie le maintien des catégories actuellement retenues.

Les caractéristiques environnementales de *G. nigri* (Es) correspondaient davantage à celles des Em, et de leur parente, *Eucinostomus melanopterus* (ME). *G. nigri* est une espèce abondante et effectue tout son cycle de vie dans les MEL (Albaret & Desfossez, 1988). N'ayant jamais été observée dans les zones côtières, *G. nigri* répond au critère essentiel de la catégorie Es : espèce exclusive aux MEL. En revanche, *E. melanopterus* a été régulièrement observée dans les MEL à des stades larvaires ou juvéniles (Vidy *et al.*, 2004). Dans ces écosystèmes, cette espèce ne dépasse jamais le stade de début de maturation (Albaret & Desfossez, 1988). Elle est aussi abondante dans les zones côtières de l'Afrique de l'Ouest où elle s'y reproduit, critère décisif de la catégorie ME. Des études dans la lagune de "Pueblo Viejo" (Golfe du Mexique) ont également montré l'abondance de *E. melanopterus* dans les secteurs côtiers et sa présence au stade juvénile dans les MEL (Diaz-Ruiz *et al.*, 2003 ; Castillo-Rivera *et al.*, 2005).

S. melanotheron (Es) et *M. cephalus* (ME) sont présentes en abondance dans les zones hypersalées telles que l'amont du Saloum. *S. melanotheron* est une espèce Cichlidae, qui est une famille principalement de poissons d'eau douce. *S. melanotheron* est rarement observée en dehors des MEL, ce qui justifie sa classification en Es. En revanche, *M. cephalus* a été abondamment observée dans les secteurs sous forte influence marine (Albaret & Legendre, 1985). Cette espèce vit aussi dans des eaux côtières où elle se reproduit. L'hyperhalinité reste limitée à certains types d'estuaires (fermés, inverses) et le cycle bioécologique des poissons de toutes origines et catégories peut être perturbé par cette hyperhalinité. Des études ont

montré une corrélation négative de cette hypersalinité avec l'abondance des espèces (Hedgpeth, 1967) mais aussi un effet minimisant sur la taille de première maturation (Garnier & Gaudant, 1984 ; Diouf *et al.*, 2006). L'hyperhalinité ne peut donc pas être considérée comme un critère de la classification des espèces de poissons des MEL.

Enfin, *H. brasiliensis* (Em) est observée dans des eaux mixoeuhalines, claires et à proximité de la mer, ce qui correspondrait aux conditions optimales pour les Mo. Cependant, cette espèce se reproduit dans les MEL, critère décisif d'affectation à Em.

D'après les analyses en référence à la reproduction, certaines espèces ont été observées au stade de ponte dans les MEL, ceci ne répondant pas à la définition de leur catégorie. *S. mandibularis*, *B. longipinnis* et *P. pellucida* (Ce) se reproduisent à la limite continentale des MEL lors des saisons humides quand les conditions sont idéales pour y pénétrer (Albaret, 1994). Leur affinité très continentale et le fait qu'elles se nourrissent largement dans les rivières (Kone *et al.*, 2003 ; Traore *et al.*, 2005) justifie la catégorie Ce. A l'opposé du gradient, certaines espèces à affinité marine telles que *C. senegallus*, *A. parkii*, *D. africana* (ME), et *P. quinquarius* (Ma) semblent se reproduire dans les MEL. Pour les trois dernières espèces, la majorité des observations ont eu lieu à proximité de la mer. On peut donc émettre l'hypothèse que les individus au stade de reproduction auraient été ramenés dans les estuaires par un courant marin. En revanche, de nombreux *C. senegallus* en phase de reproduction ont été observés plus en amont des MEL. Cette espèce, signalée par ailleurs dans la lagune temporairement fermée du Togo (Laë, 1994), pourrait s'être adaptée aux conditions liées à la fermeture. Elle serait devenue plus tolérante à la salinité avec une maturation plus précoce lui permettant de se reproduire dans les MEL. Cette réflexion nous amène donc à proposer pour *C. senegallus* un reclassement parmi les Em.

Les estuaires et lagunes sont des milieux de protection pour les juvéniles car les eaux y sont turbides (Lobry *et al.*, 2003). Pour beaucoup d'espèces, les individus de petite taille s'y réfugient. Ils tendraient en grandissant à migrer dans des eaux plus claires et salées en raison d'un changement de régime alimentaire ou pour s'approcher des conditions favorables à la maturation et à la reproduction, comme c'est le cas pour la plupart des espèces marines (Whitfield, 1994).

Conclusion

La taille et l'hydrologie des milieux estuariens et lagunaires (MEL) varient considérablement suivant les connexions avec la mer et les apports fluviaux, ce qui occasionne une variabilité distributionnelle des espèces piscicoles dans ces milieux selon leur affinité continentale ou marine. L'euryhalinité des espèces en particulier joue un rôle fondamental dans leur capacité à coloniser des milieux où la salinité constitue la principale source de variation. Du fait de leur configuration, les MEL peuvent aussi être le siège d'une importante activité de reproduction. La connaissance des caractéristiques fondamentales des cycles bioécologiques des espèces des MEL permet de définir des catégories écologiques. Ainsi, la classification d'Albaret (1999) définit pour les assemblages piscicoles des MEL d'Afrique de l'Ouest, huit catégories fondées sur 4 critères dont l'euryhalinité, l'abondance, la distribution et la reproduction dans les MEL. Au vu des résultats des analyses des données environnementales et ichthyofaunistiques recueillies dans la lagune Ebrié, l'estuaire de la Fatala, de la Gambie et du Sine Saloum, la transparence peut être prise en compte dans cette classification. Ces analyses montrent que les milieux hétérogènes conviennent aux espèces des catégories centrales de la classification et particulièrement aux espèces Em et ME. Les espèces Em semblent les mieux adaptées aux conditions

environnementales très fluctuantes des MEL et constituent en majorité le peuplement fondamental des MEL de l'Afrique de l'Ouest. En revanche, les catégories à forte affinité continentale ou marine ne colonisent que partiellement les MEL, et ce quand les conditions environnementales se rapprochent de celles de leur milieu d'origine. Elles ne s'éloignent que très rarement des rivières et fleuves pour les catégories continentales et de la mer pour les catégories marines. Les analyses ont aussi permis de discuter de l'adéquation entre les caractéristiques observées des espèces et leur catégorie écologique. Pour celles ne répondant pas entièrement aux critères de leur catégorie, des reclassements ont été proposés. La classification d'Albaret (1999) a été construite sur des connaissances bioécologiques des espèces. Tandis que le présent travail aboutit à une classification dont les catégories sont définies de manière statistique. Cependant, les hypothèses émises pour les reclassements doivent tenir compte des connaissances bioécologique, telle que l'origine marine ou continentale de la famille.

Remerciements

Je remercie très vivement Monique Simier et Jean-Marc Ecoutin de m'avoir fait confiance pour réaliser ce stage. Leur gentillesse, leur patience, leurs conseils, leur soutien m'ont permis d'avancer dans d'excellentes conditions. J'ai pu bénéficier de leurs connaissances professionnelles pour enrichir mes propres connaissances sur les différentes méthodes d'analyses multivariées et me guider dans mes réflexions et l'élaboration de mon rapport.

Je remercie aussi Jean-Jacques Albaret qui, à la retraite depuis peu, a suivi l'évolution de mon stage. Lors de ces visites au Centre, il n'a pas manqué de partager ses opinions et ses connaissances débordantes sur l'écologie des milieux estuariens et lagunaires de l'Afrique de l'Ouest.

Je tiens également à remercier toute l'équipe CRH pour leur accueil très chaleureux, leur sympathie, leur bonne humeur et leurs nombreux conseils et soutiens qui m'ont motivée.

Mes pensées vont également aux stagiaires et thésards avec qui j'ai pu partager des bons moments.

Bibliographie

Périodiques :

- Akin S, Buhan E, Winemiller KO, Yilmaz H 2005. Fish assemblage structure of Koycegiz Lagoon-Estuary, Turkey: Spatial and temporal distribution patterns in relation to environmental variation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 671-684.
- Albaret JJ 1987. Les peuplements de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20, 291-310.
- Albaret JJ & Desfossez P 1988. Biologie et écologie des Gerreidae (Pisces, teleostei) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Review Hydrobiological tropical*, 21, 71-88.
- Albaret JJ & Ecoutin JM 1990. Influence des saisons et des variations climatiques sur les peuplements de poissons d'une lagune tropicale en Afrique de l'Ouest. *Acta Oecologica*, 11, 557-583.
- Albaret JJ & Legendre M 1985. Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Revue Hydrobiologie tropicale*, 18, 281-303.

- Albaret JJ, Simier M, Darboe FS, Ecoutin JM, Raffray J, Tito de Morais L 2004. Fish diversity and distribution in the Gambia Estuary, West Africa, in relation to environmental variables. *Aquatic Living Resources*, 17, 35-46.
- Amanieu & Lasserre G 1981. Organisation et évolution des peuplements lagunaires. Actes Symposium sur les lagunes côtières, S.C.O.R./I.A.B.O./UNESCO, Bordeaux. *Oceanologica Acta*, 201-213.
- Balbino AC & Antunes MT 2006. Latest Miocene Dasyatidae (Neoselachii, Batomorphii) from the Alvalade Basin, Portugal. *Geobios*, 39, 747-755.
- Blaber SJM 2002. "Fish in hot water": the challenges facing fish and fisheries research in tropical estuaries. *Journal of fish Biology*, 61, 1-20.
- Blaber SJM, Cyrus DP, Albaret JJ, Ching Ving Ching J, Day JW, Elliott M, Fonseca MS, Hoss DE, Orensanz J, Potter IC, Silvert W 2000. Effects of fishing on the structure and functioning of estuarine and nearshore ecosystems. *ICES Journal of Marine Science*, 57, 590-602.
- Castillo-Rivera M, Montiel M, Anorve L, Zarate R 2005. Spatial, seasonal and diel distribution Patterns of two species of mojarras (Pisces : Gerreidae) in a Mexican tropical coastal lagoon. *Journal of Applied Ichthyology*, 21, 498-503.
- Castillo-Rivera M, Zavala-Hurtado JA, Zárata R 2002. Exploration of spatial and temporal patterns of fish diversity and composition in tropical estuarine system of Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 167-177.
- Day JH 1980. What is an estuary? *South African Journal of Science*, 76, 198.
- Diaz-Ruiz S, Perez-Hernandez MA, Aguirre-Leon A 2003. Characterization of Fish Assemblages in a Tropical Coastal Lagoon in the Northwest Gulf of Mexico. *Ciencias Marinas*, 29, 631-644.
- Diouf K, Panfili J, Labonne M, Aliaume C, Tomás J, Do Chi T 2006. Effects of salinity on strontium: calcium ratios in the otoliths of the West African black-chinned tilapia *Sarotherodon melanotheron* in a hypersaline estuary. *Environmental Biology of Fishes*, 77, 9-20.
- Dolédéc S & Chessel D 1994. Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology*, 31, 277-294.
- Dray S, Chessel D, Thioulouse J 2003. Co-inertia analysis and the linking of ecological data tables. *Ecology*, 84, 3078-3089.
- Durand JR & Skubich M 1982. Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27, 211-250.
- Ecoutin JM, Richard E, Simier M, Albaret JJ 2005. Spatial versus temporal patterns in fish assemblages of a tropical estuarine coastal lake: The Ebrié Lagoon (Ivory Coast). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64, 623-635.
- Elliott M & Dewailly F 1995. The structure and components of European Estuarine fish assemblages. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 29 (3-4), 397-417.
- Elliott M & McLusky DS 2002. The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55, 815-827.
- Garcia AM, Vieira JP, Winemiller KO 2001. Dynamics of the shallow-water fish assemblage of the Patos Lagoon estuary (Brazil) during cold and warm ENSO episodes. *Journal of Fish Biology*, 59, 1218-1238.
- Garnier JM & Gaudant J 1984. Note d'écologie générale sur la présence de *Sarotherodon melanotheron* Rüppell (Poisson téléostéen, Cichlidae) dans les eaux hyperhalines du lac Retba (Sénégal). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 298 (série III), 559-562.
- Jaureguizar AJ, Menni R, Bremec C, Mianzan H, Lasta C 2003. Fish assemblage and environmental patterns in the Río de la Plata estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 921-933.

- King RP & Etim L, 2004. Reproduction, growth, mortality and yield of *Tilapia mariae* Boulenger 1899 (Cichlidae) in a Nigerian rainforest wetland stream. *Journal of Applied Ichthyology*, 20, 502-510.
- Kone T, Teugels GG, N'douba V, Bi GG, Kouamelan EP 2003. First data on the ichthyofauna and its distribution of the Go River, a small West African coastal basin (Cote d'Ivoire). *Cybium*, 27, 101-106.
- Laë R, 1994. Changes in fish and crustacean communities of a tropical lagoon, lake Togo, submitted to alternate phases of opening and closing belt. *Aquatic Living Resources*, 7, 165-179.
- Lesack LFW, Hecky RE, Melack JM 1984. Transport of carbon, nitrogen, phosphorus and major solutes in the Gambia River, West Africa. *Limnology and Oceanography*, 29, 816-830.
- Lobry J, Mourand L, Rochard E, Elie P 2003. Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: a comparison of European estuaries perspective. *Aquatic Living Resources*, 16, 47-58.
- Malvasi S, Fiorin R, Franco A, Franzoi P, Granzotto A, Riccato F, Mainardi D 2004. Fish assemblages of Venice lagoon shallow waters: an analysis based on species, families and functional guilds. *Journal of Marine Systems*, 51, 19-31.
- Marshall S & Elliott M 1998. Environmental influences on the fish assemblage of the Humber Estuary, U.K. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46, 175-184.
- Mathieson S, Cattrijsse A, Costa MJ, Drake P, Elliott M, Gardner J, Marchand J 2000. Fish assemblages of European tidal marshes: a comparison based on species, families and functional guilds. *Marine Ecology Progress Series*, 204, 225-242.
- Nordlie FG 2003. Fish communities of estuarine salt marshes of eastern North America, and comparisons with temperate estuaries of other continents. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 13, 281-325.
- Por FD 1972. Hydrobiological notes on the high-salinity waters of the Sinai Peninsula. *Marine Biology*, 14, 111-119.
- Potter IC, Beckley LE, Whitfield AK, Lenanton RCJ 1990. Comparisons between the roles played by estuaries in the life-cycles of fishes in temperate Western Australia and Southern Africa. *Environmental Biology of Fishes*, 28, 143-178.
- Potter IC, Bird DJ, Claridge PN, Clarke KR, Hyndes GA, Newton LC 2001. Fish fauna of the Severn Estuary. Are there long-term changes in abundance and species composition and are the recruitment patterns of the main marine species correlated? *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 258, 15-37.
- Potter IC, Claridge PN, Warwick RM 1986. Consistency of seasonal-changes in an estuarine fish assemblage. *Marine Ecology-Progress Series*, 32, 217-228.
- Rueda M & Defeo O 2003. Spatial structure of fish assemblages in a tropical estuarine lagoon: combining multivariate and geostatistical techniques. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 296, 93-112.
- Simier M, Blanc L, Aliaume C, Diouf PS, Albaret JJ 2004. Spatial and temporal structure of fish assemblages in an "inverse estuary", the Sine Saloum system (Senegal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 59, 69-86.
- Simier M, Laurent C, Ecoutin JM, Albaret JJ 2006. The Gambia River estuary: a reference point for estuarine fish assemblages studies in West Africa. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 69, 615-628.
- Stoner AW 1986. Community Structure of the demersal fish species of laguna Joyuda, Puerto Rico. *Estuaries*, 9, 142-152.
- Thiel R, Cabral H, Costa MJ 2003. Composition, temporal changes and ecological guild classification of the ichthyofaunas of large European estuaries – a comparison

- between the Tagus (Portugal) and the Elbe (Germany). *Journal of Applied Ichthyology*, 19, 330-342.
- Thioulouse J, Chessel D, Dolédec S, Olivier JM 1997. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing*, 7, 75-83.
- Traore A, Diomande D, Ouattara A, Gourene G 2005. Feeding, habits of the catfish *Parailia Pellucida* (Schilbeidae) in three rivers of Ivory Coast. *Cybiurn*, 29, 355-362.
- Vega-Cendejas ME & Hernández de Santillana M 2004. Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Rio Lagartos, Yucatan, Mexico. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60, 285-299.
- Veiga P, Vieira L, Bexiga C, Sá R, Erzini K 2006. Structure and temporal variations of fish assemblages of the Castro Marim salt marsh, southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 70, 27-38.
- Vidy G, Darboe FS, Mbye EM 2004. Juvenile fish assemblages in the creeks of the Gambia estuary. *Aquatic Living Resources*, 17, 56-64.
- Whitfield AK 1994. An estuary association classification for the fishes of southern Africa. *South African Journal of Science*, 90, 411-417.
- Whitfield AK 1999. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9, 151-186.
- Whitfield AK, Blaber SJM, Cyrus DP 1981. Salinity ranges of some southern African fish species occurring in estuaries. *South African Journal of Zoology*, 16, 151-155.
- Whitfield AK & Elliott M 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, 61, 229-250.
- Yoklavich MM, Cailliet GM, Barry JP, Ambrose DA, Antrim BS 1991. Temporal and spatial patterns in abundance and diversity of fish assemblages in Elkhorn Slough, California. *Estuaries*, 14, 465-480.

Ouvrages :

- Albaret JJ 1984. Premières observations sur la faune ichthyologique de la Casamance. *Archive Scientifique du Centre de Recherche Océanographiques de Dakar Thiaroye*, 22 p.
- Baran E 1995. Dynamique spatio-temporelle des peuplements de poissons estuariens en Guinée : Relations avec le milieu abiotique, vol. 142. *ORSTOM, Paris*, 237 p. Thèse de Doctorat Université de Bretagne Occidentale, Brest. Thèses et Documents Microfichés. http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes_6/TDM/42826.pdf.
- Chambers JM, Cleveland WS, Kleiner B, Tukey PA 1983. Graphical Methods for Data Analysis. *Wadsworth & Brooks, California*, 386 p.
- Day JW, Hall CAS, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A 1989. Estuarie Ecology. 558 p.
- Diouf PS 1996. Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : L'exemple de l'estuaire hypersalin de Sine-Saloum, vol. 156. *ORSTOM, Paris*, 267 p. Thèse de doctorat, Université Montpellier II, Montpellier. Thèses et Documents Microfichés. http://www.bondy.ird.fr/pleins_textes/pleins_textes_7/TDM/010008130.pdf.
- Durand JR, Dufour P, Guiral D, Zabi SGF 1994. Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II : Les Milieux lagunaires. *ORSTOM, Paris*, 546 p.
- Froese R & Pauly D 2007. Fishbase. World Wide Web electronic publication,

www.fishbase.org

- Kiener A 1978. *Ecologie, physiologie et économie des eaux saumâtres*. Masson, Paris, 220 p.
- McDowall RM 1988. Diadromy in fishes: migrations between freshwater and marine environments. *Croom Helm, London*, 308 p.
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG 2003a. Poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Coll Faune et Flore tropicales. *IRD, Paris, Tome I*, 457 p.
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG 2003b. Poissons d'eaux douces et saumâtres d'Afrique de l'Ouest. Coll Faune et Flore tropicales. *IRD, Paris, Tome II*, 815 p.

Chapitres d'ouvrages :

- Albaret JJ 1994. Les poissons : biologie et peuplements. *In : Les Milieux Estuariens (Eds. Durand JR, Dufour P, Guiral D, Zabi SGF)*. ORSTOM, Paris, pp. 239-279.
- Albaret JJ 1999. Les peuplements des estuaires et des lagunes. *In : Les Poissons Des Eaux Continentales Africaines : Diversité, Biologie, Écologie, Utilisation Par L'Homme (Eds. Lévêque C, Paugy D)*. IRD, Paris, 325-249.
- Albaret JJ & Diouf PS 1994. Diversité des poissons des lagunes et des estuaires ouest-africains. *In : Biological Diversity in African Fresh and Brackish Water (Eds. Teugels G, Guegan JF & Albaret JJ)*. Annales Sciences Zoologiques du Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, pp. 165-177.
- Day JH 1981. The nature, origin and classification of estuaries. *In : Estuarine Ecology with Particular Reference to Southern Africa (Ed. Day JH)*. AA Balkema, Rotterdam, pp. 1-6.
- Day JH, Blaber SJM, Wallace JH 1981. Estuarine fishes. *In : Estuarine Ecology with Particular Reference to Southern Africa (JH Day)*. AA Balkema, Rotterdam, pp. 1-6.
- Hedgpeth JW 1967. Ecological aspects of the Laguna Madre, a hypersaline estuary. *In : Estuarine (Ed. Lauff GH)*. American Association for the Advancement of Science, Washington, pp. 407-419.
- Pritchard D 1967. What is an estuary: physical viewpoint. *In : Estuaries (Ed. Lauff GH)*. American Association for the Advancement of Science, Washington, pp. 3-5.

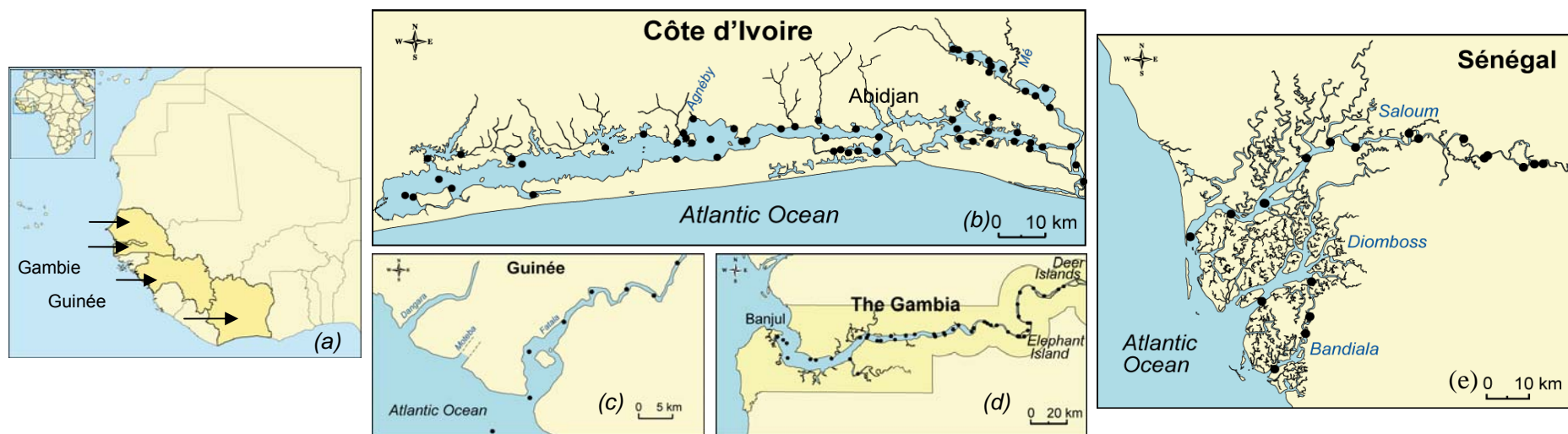


Figure 1 : La zone d'étude. La Côte Ouest africaine (a), les 4 écosystèmes étudiés avec localisation des sites d'échantillonnage : la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) (b), l'estuaire de la Fataha (Guinée) (c), l'estuaire de la Gambie (Gambie) (d) et le delta du Sine Saloum (Sénégal) (e).

Noms	Pays	Type d'écosystème	Longueur du milieu d'étude	Surface du milieu d'étude	Longueur du fleuve	Gammes		
						Salinité	Température	Transparence
Lagune Ebrié	Côte d'Ivoire	lagune côtière	164 km	566 km ²	-	0 à 31	24,8 à 32,7 °C	0,2 à 6 m
Estuaire de la Fataha	Guinée	estuaire "normal"	60 km	56 km ²	190 km	0 à 29	25 à 31,6°C	0,2 à 3,2 m
Estuaire de la Gambie	Gambie	estuaire "normal"	230 km	864 km ²	1200 km	0 à 39	23,8 à 32°C	0,07 à 1,82 m
Delta du Sine Saloum	Sénégal	estuaire "inverse"	130 km	900 km ²	250 km pour le Saloum	27 à 138	20,8 à 32,4°C	0,53 à 5 m

Tableau 1 : Les caractéristiques morphologiques et hydrobiologiques des quatre systèmes estuariens d'Afrique de l'Ouest étudiés.

Noms	Nombre de campagnes	Nombre de secteurs	Nombre de stations	Nombre de coups de pêche	Période d'étude	Références
Lagune Ebrié	30	6	56	296	1980-1981	Albaret & Legendre, 1985
Estuaire de la Fataala	7	4	15	86	1993-1994	Baran, 1995
Estuaire de la Gambie	5	3	44	208	2000-2002	Albaret <i>et al.</i> , 2004
Delta du Sine Saloum	18	8	30	361	1991-1993 1997 2002-2003 2005-2006	Diouf, 1996

Tableau 2 : Les pêches expérimentales à la senne tournante coulissante des quatre systèmes d'étude.

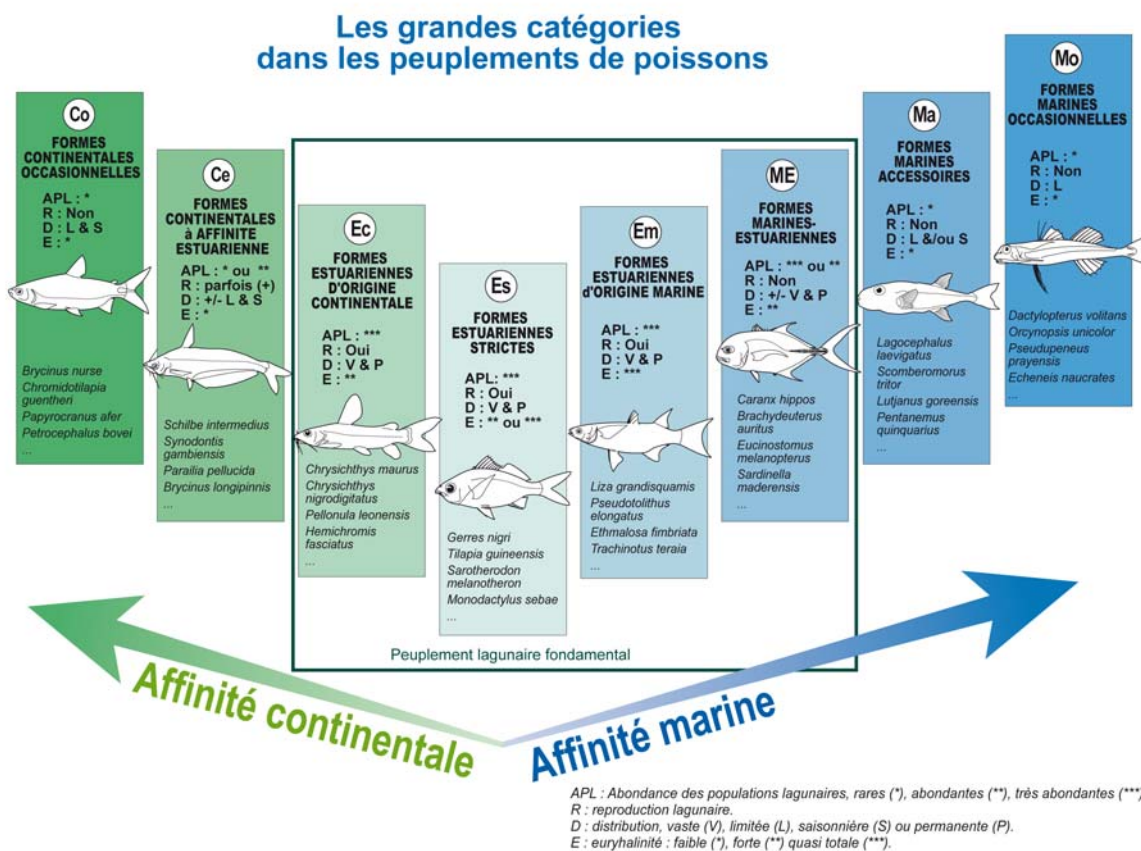


Figure 2 : Classification Écologique d'Albaret (1999)

	Co	Ce	Ec	Es	Em	ME	Ma	Mo	Total
Richesse	13	8	6	13	18	24	21	43	146 espèces
Occurrence	49	136	335	586	854	895	320	129	951 coups
Nombre d'individus (%)	0,1	1,0	2,8	9,3	49,6	36,7	0,4	0,1	511 983 ind.
Biomasse (%)	0,3	1,1	7,6	9,5	49,4	30,5	0,9	0,8	13 452 kg

Tableau 3 : Richesse, occurrence et abondances (effectif et biomasse en %) des huit catégories écologiques sur l'ensemble des 4 écosystèmes étudiés.

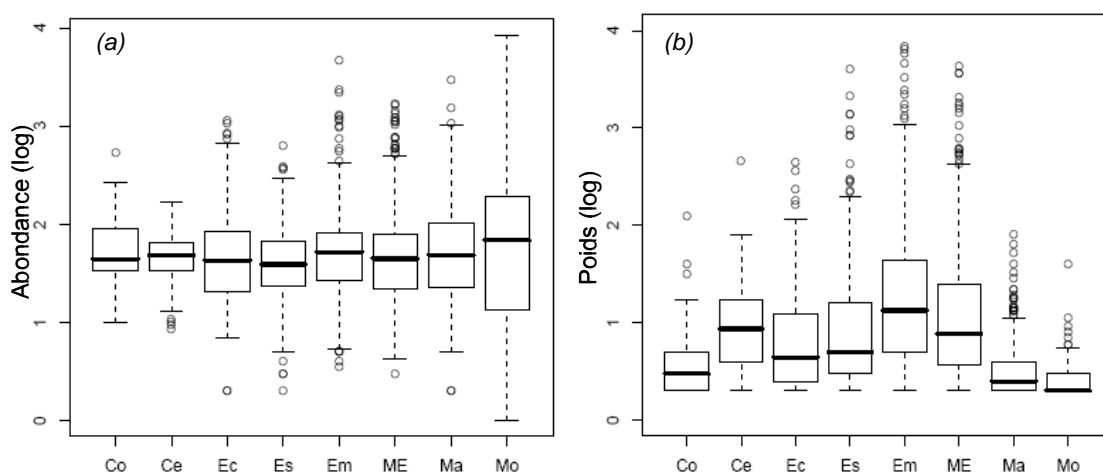


Figure 3 : Paramètres individuelles par catégorie écologique. Distribution du nombre d'individus par espèce (a) et du poids d'un individu (g) (b) (données exprimées en $\log(x+1)$).

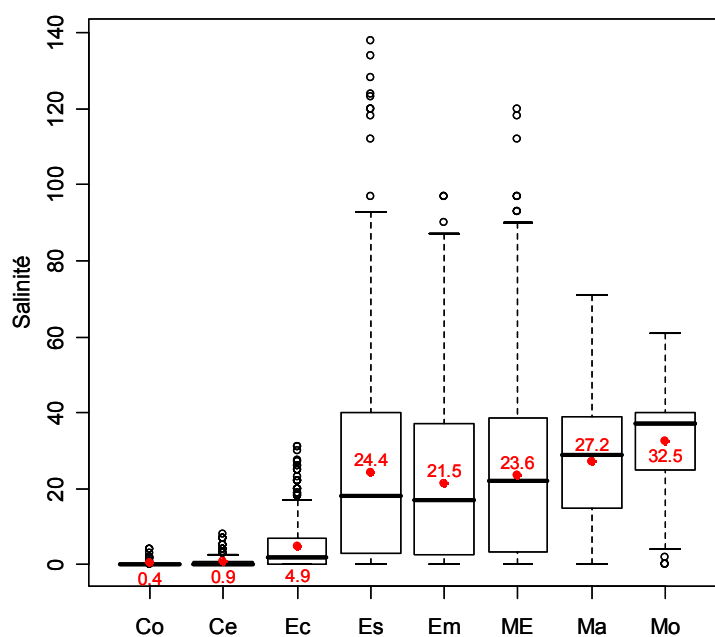


Figure 4 : Distribution de la salinité associée à la capture des différentes catégories écologiques.

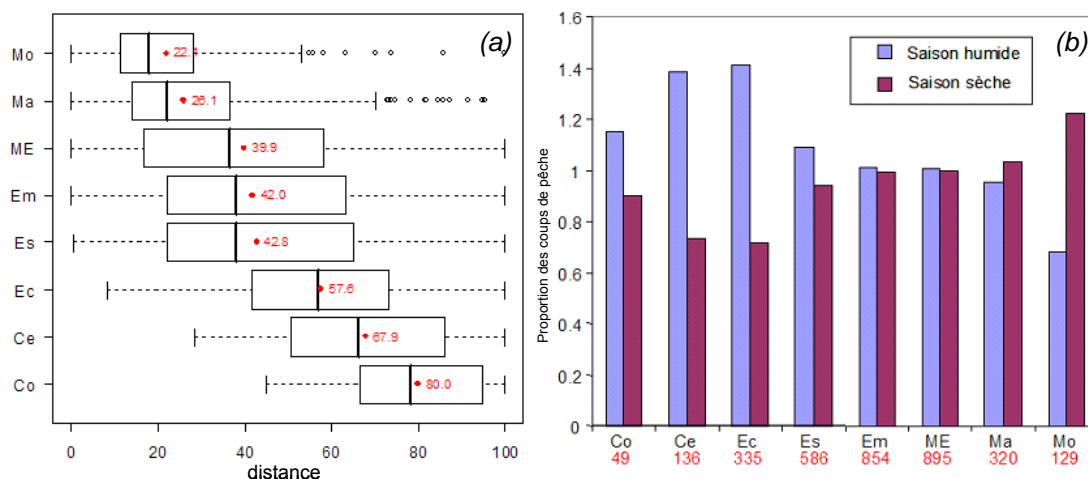


Figure 5 : Distribution spatio-temporelle des catégories écologiques. Le spatial est exprimé en % de la longueur maximale de l'estuaire (a) et le temporel en proportion des coups de pêche où les catégories sont présentes par saison (b).

	Nombre total d'individus sexés	Stade (%)		
		Non mature	En maturation	En ponte
Co	125	81,6	17,6	0,8
Ce	1188	82,6	12,5	4,9
Ec	2552	68,7	27	4,3
Es	8243	47,6	39,9	12,5
Em	19531	58,2	35,3	6,5
ME	10348	89,1	9,6	1,3
Ma	875	76,5	21,1	2,4
Mo	170	86,5	12,9	0,6

Tableau 4 : Nombre d'individus sexés par catégorie et répartition selon leur stade de maturité : non mature , en maturation et en ponte.

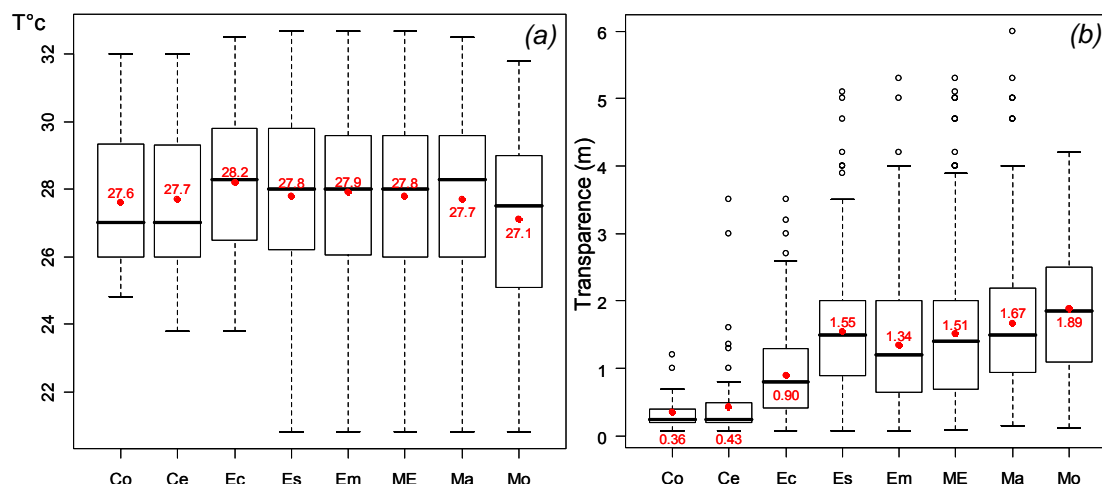


Figure 6 : Distribution des catégories écologiques selon les paramètres environnementaux non pris en compte par Albaret (1999) : la température en °C (a) et la transparence de l'eau en mètres (b).

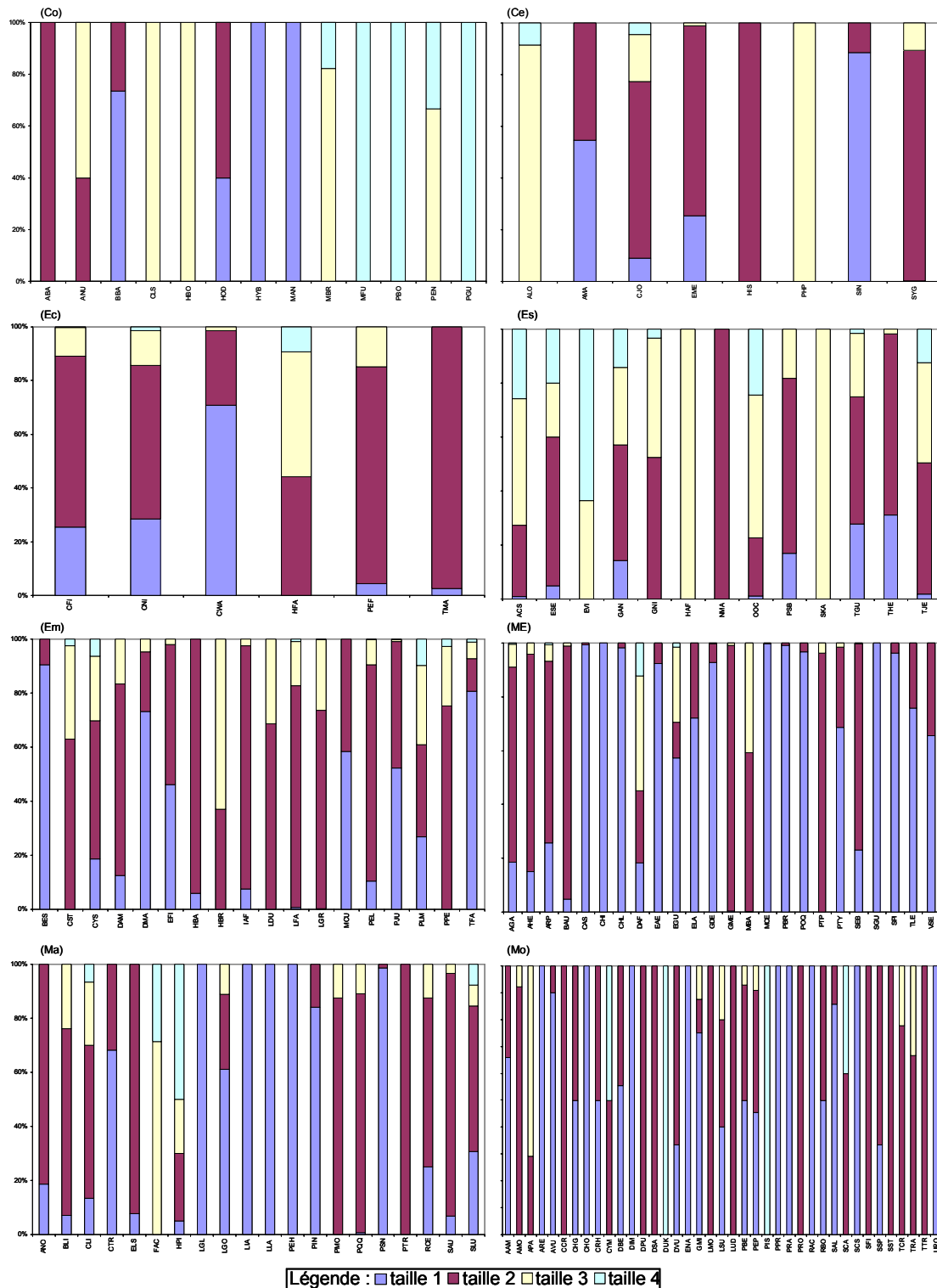


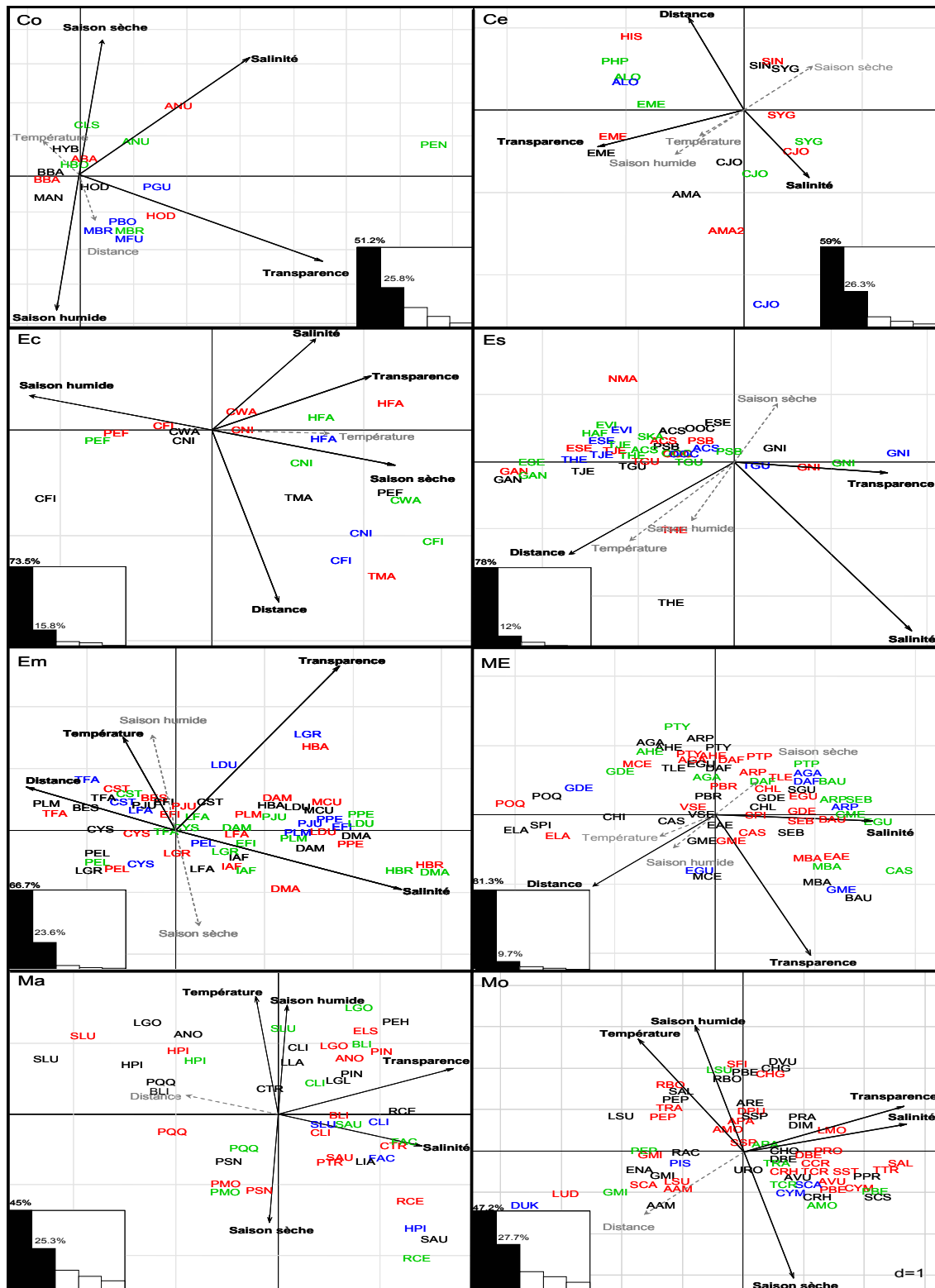
Figure 8 : Répartition des espèces par classe de taille et par catégorie. Les classes de tailles 1, 2, 3 et 4 regroupent les individus dont la taille est respectivement comprise de 0 à 25%, 25 à 50%, 50 à 75% et 75 à 100% de la taille maximale (TM) de l'espèce considérée.

Annexe 1 : Liste des 146 espèces recensées dans les 4 écosystèmes étudiés, regroupées par catégorie écologique. TM : Taille Maximale (données de *Fishbase* sauf celles marquées d'un (*) qui proviennent des données RAP)

Cat. Ecol.	Code espèce	Libellé espèce	TM (mm)	Cat. Ecol.	Code espèce	Libellé espèce	TM (mm)	
Co	ABA	<i>Alestes baremoze</i>	430	Em	HBA	<i>Hemiramphus balao</i>	400	
	ANU	<i>Brycinus nurse</i>	250		HBR	<i>Hemiramphus brasiliensis</i>	502	
	BBA	<i>Synodontis batensoda</i>	500		IAF	<i>Ilisha africana</i>	330	
	CLS	<i>Clarias anguillaris</i>	1000		LDU	<i>Liza dumerili</i>	380	
	HBO	<i>Hyperopisus bebe</i>	510		LFA	<i>Liza falcipinnis</i>	410	
	HOD	<i>Hepsetus odoe</i>	700		LGR	<i>Liza grandisquamis</i>	402*	
	HYB	<i>Hydrocynus brevis</i>	860		MCU	<i>Mugil curema</i>	813	
	MAN	<i>Mormyrops anguilloides</i>	1500		PEL	<i>Pseudotolithus elongatus</i>	520*	
	MBR	<i>Marcusenius bruyerei</i>	305		PJU	<i>Pomadasys jubelini</i>	564*	
	MFU	<i>Marcusenius furcoides</i>	286		PLM	<i>Plectorhinchus macrolepis</i>	670*	
	PBO	<i>Petrocephalus bovei</i>	115*		PPE	<i>Pomadasys perotaei</i>	345	
	PEN	<i>Polypterus endlicheri</i>	630		TFA	<i>Trachinotus teraia</i>	770*	
	PGU	<i>Chromidotilapia guentheri</i>	160		ME	AGA	<i>Arius latiscutatus</i>	601
	Ce	ALO	<i>Brycinus longipinnis</i>			120	AHE	<i>Arius heudelotii</i>
AMA		<i>Brycinus macrolepidotus</i>	530	ARP		<i>Arius parkii</i>	652	
CJO		<i>Chrysichthys johnelsi</i>	350	BAU		<i>Brachydeuterus auritus</i>	274	
EME		<i>Schilbe mandibularis</i>	500	CAS		<i>Caranx senegallus</i>	812	
HIS		<i>Heterobranchus isopterus</i>	900	CHI		<i>Caranx hippos</i>	1094	
PHP		<i>Parailia pellucida</i>	150	CHL		<i>Chloroscombrus chrysurus</i>	573	
SIN		<i>Schilbe intermedius</i>	605	DAF		<i>Drepane africana</i>	361	
SYG		<i>Synodontis gambiensis</i>	348	EAE		<i>Epinephelus aeneus</i>	1200	
Ec	CFI	<i>Chrysichthys auratus</i>	350	EGU		<i>Ephippion guttifer</i>	783	
	CNI	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	609	ELA		<i>Elops lacerta</i>	859	
	CWA	<i>Chrysichthys maurus</i>	530	GDE		<i>Galeoides decadactylus</i>	610*	
	HFA	<i>Hemichromis fasciatus</i>	241*	GME		<i>Eucinostomus melanopterus</i>	271	
	PEF	<i>Pellonula leonensis</i>	235	MBA		<i>Mugil bananensis</i>	380	
	TMA	<i>Tilapia mariae</i>	394	MCE	<i>Mugil cephalus</i>	1230		
Es	ACS	<i>Porogobius schlegelii</i>	172*	PBR	<i>Pseudotolithus brachygnathus</i>	2300		
	ESE	<i>Eleotris senegalensis</i>	212	POQ	<i>Polydactylus quadrifilis</i>	1606		
	EVI	<i>Eleotris vittata</i>	265	PTP	<i>Pteroscion peli</i>	320		
	GAN	<i>Gobioides sagitta</i>	500	PTY	<i>Pseudotolithus typus</i>	1400		
	GNI	<i>Gerres nigri</i>	205*	SEB	<i>Sardinella maderensis</i>	373		
	HAF	<i>Bostrychus africanus</i>	210	SGU	<i>Sphyaena guachancho</i>	1819		
	NMA	<i>Nematogobius maindroni</i>	80	SPI	<i>Sphyaena afra</i>	1864		
	OOC	<i>Gobionellus occidentalis</i>	190*	TLE	<i>Trichiurus lepturus</i>	2340		
	PSB	<i>Monodactylus sebae</i>	250	VSE	<i>Selene dorsalis</i>	380		
	SKA	<i>Enneacampus kaupi</i>	200	Ma	ANO	<i>Antennarius striatus</i>	250	
	TGU	<i>Tilapia guineensis</i>	353*		BLI	<i>Batrachoides liberiensis</i>	460	
	THE	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	353		CLI	<i>Chaetodipterus lippei</i>	310	
TJE	<i>Tylochromis jentinki</i>	289	CTR		<i>Scomberomorus tritor</i>	980		
Em	BES	<i>Strongylura senegalensis</i>	1500		ELS	<i>Elops senegalensis</i>	900	
	CST	<i>Citharichthys stampflii</i>	212*		FAC	<i>Fodiator acutus</i>	160	
	CYS	<i>Cynoglossus senegalensis</i>	665*	HPI	<i>Hyporamphus picarti</i>	332*		
	DAM	<i>Dasyatis margaritella</i>	765*	HPU	<i>Hippocampus algiricus</i>	192		
	DMA	<i>Dasyatis margarita</i>	1000	LGL	<i>Trachinotus ovatus</i>	700		
	EFI	<i>Ethmalosa fimbriata</i>	371	LGO	<i>Lutjanus goreensis</i>	800		

Cat. Ecol.	Code espèce	Libellé espèce	TM (mm)	Cat. Ecol.	Code espèce	Libellé espèce	TM (mm)
Ma	LIA	<i>Lichia amia</i>	1552	Mo	ENA	<i>Echeneis naucrates</i>	1100
	LLA	<i>Lagocephalus laevigatus</i>	1000		FTA	<i>Fistularia tabacaria</i>	2000
	PEH	<i>Pagrus caeruleostictus</i>	900		GMI	<i>Gymnura micrura</i>	1370
	PIN	<i>Pomadasys incisus</i>	474		LMO	<i>Lithognathus mormyrus</i>	550
	PMO	<i>Pseudolithus moorii</i>	500		LSU	<i>Lobotes surinamensis</i>	1100
	PQQ	<i>Pentanemus quinquarius</i>	336		LUD	<i>Lutjanus dentatus</i>	1500
	PSN	<i>Pseudolithus senegalensis</i>	1140		PBE	<i>Psettodes belcheri</i>	800
	PTR	<i>Pegusa triophtalma</i>	300		PEP	<i>Pseudolithus epipercus</i>	600
	RCE	<i>Rhinobatos cemiculus</i>	2420		PIS	<i>Pisodonophis semicinctus</i>	800
	SAU	<i>Sardinella aurita</i>	310		PPR	<i>Pseudupeneus prayensis</i>	550
	SLU	<i>Synaptura lusitanica</i>	400		PRA	<i>Priacanthus arenatus</i>	500
	Mo	AAM	<i>Hemicaranx bicolor</i>		610	PRO	<i>Pomadasys rogerii</i>
AMO		<i>Acanthurus monroviae</i>	450	RAC	<i>Rhizoprionodon acutus</i>	1750	
APA		<i>Antennarius pardalis</i>	399*	RBO	<i>Rhinoptera bonasus</i>	2130	
ARE		<i>Argyrosomus regius</i>	2300	SAL	<i>Alectis alexandrinus</i>	1000	
AVU		<i>Albula vulpes</i>	894	SCA	<i>Synaptura cadenati</i>	350	
CCR		<i>Caranx crysos</i>	700	SCS	<i>Scorpaena scrofa</i>	500	
CHG		<i>Chaetodipterus goreensis</i>	300	SFI	<i>Stromateus fiatola</i>	500	
CHO		<i>Chaetodon hoefleri</i>	270	SHI	<i>Stephanolepis hispidus</i>	275	
CRH		<i>Caranx rhonchus</i>	529	SSP	<i>Sphoeroides spengleri</i>	300	
CYM		<i>Cynoglossus monodi</i>	400	SST	<i>Scorpaena stephanica</i>	400	
DBE		<i>Diplodus bellottii</i>	300	TCR	<i>Tylosurus crocodilus</i>	1500	
DIM		<i>Diodon holocanthus</i>	500	TET	<i>Tetraodon sp.</i>		
DPU		<i>Dicentrarchus punctatus</i>	700	TOR	<i>Torpedo sp.</i>		
DSA		<i>Diplodus sargus</i>	450	TRA	<i>Tylosurus acus rafale</i>	1327	
DUK		<i>Dasyatis ukpam</i>	600	TTR	<i>Trachurus trecae</i>	350	
DVU		<i>Diplodus vulgaris</i>	450	URO	<i>Umbrina ronchus</i>	1000	

Annexe 3 : Représentation par catégorie des plans factoriels 1-2 des analyses de co-inertie entre les espèces par classe de taille et les paramètres environnementaux. Pour chaque catégorie, les valeurs propres (%) de la co-inertie sont indiquées par l'histogramme. Les variables environnementales qui contribuent à la formation des axes 1 et 2 sont en caractère gras. Les espèces observées dans la classe de taille 1 sont en noir ; de taille 2, en rouge ; de taille 3, en vert ; et de taille 4 en bleu.



Légende : ■ taille 1 ■ taille 2 ■ taille 3 ■ taille 4

Résumé : L'étude des assemblages piscicoles des milieux estuariens et lagunaires (MEL) fait l'objet d'un intérêt scientifique croissant en raison des menaces liées à l'expansion des activités humaines et aux changements climatiques. Des classifications bioécologiques ont été proposées afin de comparer la structure des peuplements des MEL. Ainsi, pour appréhender les assemblages piscicoles des MEL d'Afrique de l'Ouest, huit catégories ont été définies par Albaret (1999). Quatre critères sont utilisés : l'abondance, l'euryhalinité, la distribution et la reproduction dans les MEL. Des pêches d'échantillonnage à la senne tournante coulissante ont été réalisées dans la lagune Ebrié et les estuaires de la Fatala, de la Gambie et du Sine Saloum. Le traitement de ces données a permis de préciser les valeurs seuils des critères définissant ces catégories. Les huit catégories se répartissaient suivant un double gradient liant salinité, transparence et distance à l'embouchure. Les catégories continentales occasionnellement dans les MEL (Co) et à affinité estuarienne (Ce) se trouvaient dans des eaux douces à oligohalines, turbides et situées en amont des MEL alors que les catégories marines accessoires ou occasionnelles dans les MEL (Ma et Mo) peuplaient des eaux polyhalines, claires à proximité de la connexion avec la mer. Les catégories estuariennes d'origine continentale (Ec), estuariennes strictes (Es), estuariennes d'origine marine (Em) et marines-estuariennes (ME) étaient plus tolérantes aux conditions environnementales fluctuantes des MEL et y étaient largement distribuées. Les Ec, Es et Em s'y reproduisaient. Des analyses multivariées ont aussi permis de discuter de la pertinence des catégories attribuées aux espèces. La majorité répondait aux critères de sélection de leur catégorie, à l'exception de quelques unes pour lesquelles un changement de catégorie a été suggéré sur la base des résultats obtenus. Cependant, des connaissances bioécologiques sur l'espèce et sa famille sont également nécessaires pour conclure à l'attribution d'une espèce à une catégorie plutôt qu'une autre.

Mots clés : Peuplements de poissons, Classification bioécologique, Analyses de co-inertie, Tolérance, Reproduction.

Abstract: Studies on fish assemblages in estuaries and coastal lagoons areas are the subject of an increasing scientific interest. This is due to disturbances resulting from the expansion of human activities and climatic changes. Bio-ecological classifications were proposed to compare the composition of the assemblages in the estuarine systems. So, to discuss of fish assemblages in West African estuarine systems, eight categories were defined by Albaret (1999). Four criteria are used: abundance, euryhalinity, spatial and temporal distribution and reproduction in the estuarine systems. Fish sampling surveys by purse seine net were conducted in the Ebrié Lagoon and in the Fatala, the Gambia River and the Sine Saloum estuaries. Data analysis allowed to specify criteria scales defining these categories. The eight categories were ordered on a double gradient relating salinity, transparency and distance from estuary mouth. The freshwater occasional in estuaries (Co) and with estuarine affinities (Ce) categories were in freshwater to oligohaline, turbid and in upstream zones whereas marine accessory or occasional in estuaries categories (Ma and Mo) was associated with polyhaline and transparent water in downstream zones. The estuarine of freshwater origin (Ec), the strictly estuarine (Es), the estuarine of marine origin (Em) and the marine-estuarine (ME) categories were more tolerant with variability of environmental conditions and were widely distributed there. Ec, Es and Em were able to reproduce there. Multivariate analysis also permitted to discuss the relevance of categories affected to species. The majority of species were in agreement with categories selection criteria, except some species for which a categorie change was suggested because of results obtained. However, bio-ecological knowledge about species and their family are necessary to conclude with assignment of species to a categorie or another.

Key words: Fish community, Bio-ecological classification, Co-inertia analysis, Tolerance, Reproduction.