



HAL
open science

Impact des facteurs environnementaux sur la répartition et la variabilité de l'abondance spécifique des peuplements ichthyologiques dans 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire.

K. S da Costa, Luis Tito de Morais, G. Gourène

► To cite this version:

K. S da Costa, Luis Tito de Morais, G. Gourène. Impact des facteurs environnementaux sur la répartition et la variabilité de l'abondance spécifique des peuplements ichthyologiques dans 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire.. *Sciences et Nature*, 2005, 2 (1), pp.35-53. hal-01483094

HAL Id: hal-01483094

<https://hal.science/hal-01483094>

Submitted on 18 May 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Impact des facteurs environnementaux sur la répartition et la variabilité de l'abondance spécifique des peuplements ichthyologiques dans 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire

Da Costa Kouassi Sébastino (1), Tito de Morais Luis (2) et Gourène Germain (3)

- (1) Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station piscicole, 08 BP 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire. Tél. : 05 78 21 88 ; E-mail : dacostaks@hotmail.com
- (2) IRD - Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, BP 171, 34203 Sète Cedex, France. E-mail : tito@ird.fr
- (3) Université d'Abobo-Adjamé (CUAA), Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, E – mail : gourene@hotmail.com

Impact of environmental factors on the spatial distribution and the species abundance variability of fish populations in 13 small water reservoirs in the northern Côte d'Ivoire

Da Costa Kouassi Sébastino (1), Tito de Morais Luis (2) et Gourène Germain (3)

- (1) Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), Station piscicole, 08 BP 33 Abidjan 08, Côte d'Ivoire. Tél. : 05 78 21 88 ; E-mail : dacostaks@hotmail.com
- (2) IRD - Centre de Recherche Halieutique Méditerranéenne et Tropicale, BP 171, 34203 Sète Cedex, France. E-mail : tito@ird.fr
- (3) Université d'Abobo-Adjamé (CUAA), Laboratoire d'Environnement et de Biologie Aquatique, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement, E – mail : gourene@hotmail.com

RESUME – L'impact du taux d'oxygène dissous, du pH, de la profondeur, de la température et de la transparence de l'eau sur la répartition de l'ichtyofaune de 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire a été évalué à cinq périodes différentes : août, septembre et octobre 1991, janvier et mars 1992. Leur superficie varie entre 0,07 et 12 km². Au total, 34 espèces ont été recensées. Les résultats obtenus montrent un effet site sur la qualité de l'eau dans les barrages étudiés. La variabilité inter-barrages est conditionnée par le taux d'oxygène dissous (TDO), le pH, la profondeur et la transparence de l'eau. Par ailleurs, les variables physico-chimiques mesurées excepté la profondeur, varient significativement dans le temps ($p < 0,05$). Toutefois, cette variation n'influe pas sur l'abondance spécifique qui reste stable dans le temps pour la majorité des poissons inventoriés, à l'exception de 5 espèces. Ce sont *Clarias anguillaris*, *Clarias gariepinus*, *Ctenopoma petherici*, *Labeo senegalensis* et *Pellonula leonensis* dont l'abondance spécifique fluctue suivant la période d'échantillonnage. Enfin, six groupes d'espèces ont été identifiés en fonction de leur affinité pour la qualité de l'eau.

Mots-clés : Réservoirs, ichtyofaune, assemblages de poissons, facteurs environnementaux, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT – The impact of total dissolved oxygen (TDO), pH, depth, temperature and water transparency on the fish distribution in 13 small man-made lakes (area ranging from 0.07 to 12 km²) of Northern Côte d'Ivoire has been described at five periods : August, September and October 1991, January and March 1992. A total of 34 fish species were collected. The results of our study indicate a site effect on the water quality in all the dams. The intra-reservoirs variability was conditioned by TDO, pH, depth and water transparency. Except for depth, all environmental factors tested vary significantly with time ($p < 0.05$). Yet, this variation has no effect on the fish specific abundance, which remains stable in time in all but 5 species. These species are *Clarias anguillaris*, *Clarias gariepinus*, *Ctenopoma petherici*, *Labeo senegalensis* et *Pellonula leonensis*. Their specific abundance fluctuates according to the sampling period. At least, six fish groups have been identified according to their affinity for a set of given water quality variables.

Keywords : , Reservoirs, ichtyofauna, fish assemblages, environmental factors, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

Environ 300 petits barrages, d'une superficie variant entre 2 et 1200 ha, ont été construits au Nord de la Côte d'Ivoire dans les 30 dernières années. La plupart de ces retenues d'eau sont à usages multiples. Destinées initialement à l'irrigation des cultures et à l'abreuvement du bétail, ces barrages sont également utilisés pour les besoins communaux. Ils constituent également un potentiel halieutique exploité tout le long de l'année (Da Costa, 2003). La production exploitée est de l'ordre de 70 à 224 kg•ha⁻¹•an⁻¹ (Da Costa *et al.*, 1998).

C'est pourquoi, l'une des préoccupations majeures de l'état ivoirien reste à l'heure actuelle la valorisation halieutique de ces plans d'eau. Mais, celle-ci est conditionnée par une meilleure connaissance de leur fonctionnement écologique, qui assure la survie des espèces et le maintien des stocks de poissons. Jusqu'à un passé récent, il existait peu d'informations sur ces petites et moyennes retenues (Nugent, 1997). Grâce aux données écologiques acquises à la faveur du programme de recherche « Petits Barrages » à travers les partenariats CNRA/CRDI et CNRA/IRD, on peut entrevoir une meilleure compréhension de ces systèmes. Ces données expérimentales nous permettent, aujourd'hui, de répondre à des problématiques diverses mais également spécifiques telles que le déterminisme des assemblages d'espèces par les facteurs environnementaux. Ce type de questionnement est d'importance, dans la mesure où il permet comme l'indiquent Tonn et Magnusson (1982) d'émettre des hypothèses, de les vérifier et de produire des mécanismes d'aide à la décision acceptables pour gérer des problèmes à l'échelle de la communauté sous différentes conditions.

Par rapport au déterminisme des assemblages d'espèces, il est établi que la nature des communautés de poissons est un facteur qui influence le potentiel et le rendement de pêche des lacs et des barrages tropicaux (Fernando et Holcik 1982). On sait, par ailleurs, que la connaissance de la diversité spécifique ne suffit pas pour comprendre l'organisation, la dynamique et les mécanismes d'assemblages des poissons, qui diffèrent en fonction de la richesse spécifique, des variations saisonnières et des régimes environnementaux (Tonn et Magnusson, 1982). C'est pourquoi, certains auteurs suggèrent l'utilisation de variables environnementales ou de la morphométrie des lacs pour prédire la productivité, le rendement et l'abondance des poissons. Toutefois, cette approche requiert une interprétation prudente (Youngs et Heimbuch, 1982 ; Jackson *et al.*, 1990 ; Laë, 1997).

En ce qui concerne les variables environnementales, les conditions favorables pour la vie des poissons peuvent être classées en deux catégories. La première prend en compte les facteurs liés à

la qualité de l'eau, c'est-à-dire l'oxygène, le pH, la profondeur, la température, et la transparence. La deuxième catégorie intègre des variables telles que la longueur et la complexité de la ligne de rivage du lac, la présence d'une végétation inondée, la présence et le type de végétation riveraine. Nous avons privilégié la première catégorie de variables pour notre étude dont l'objectif est d'établir dans quelle mesure la situation géographique des barrages (site) et le régime physico-chimique de leurs eaux influent sur les assemblages des poissons inventoriés. Pour répondre à cette préoccupation, nous nous attelons à répondre à trois questions fondamentales. Les assemblages de poissons dans les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire sont-ils stables ? Quel type de relations existe-t-il entre les assemblages d'espèces observés et la qualité de l'eau ? Les caractéristiques environnementales des retenues peuvent-elles servir d'indicateurs pour la répartition des différentes espèces de poissons ? Les réponses à ces questions permettront de contribuer à une meilleure connaissance de ces plans d'eau et des poissons qui y vivent.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

L'étude a été menée dans 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire localisés entre 5° 00' et 6° 30' Ouest, et 9° 00' et 10° 30' Nord. Ces retenues sont réparties pour la plupart dans le bassin du Bandama. Il s'agit des barrages de Gboyo (9°26' N ; 5°01' O), Katiali (9°48' N ; 5°57' O), Sambakaha (9°24' N ; 5°06' O), Lokpoho (9°35' N ; 5°11' O), Tiné (9°31' N ; 5°25' O), Natio (9° 29' N ; 9°37' O), Sologo (9°20' N ; 5°39' O), Solomougou (9°18' N ; 4°44' O), Nafoun (9°18' N ; 6°11' O), Korokara Serpent (10°03' N ; 5°38' O) et Korokara termitière (9°55' N ; 5°34' O). Seuls deux des retenues étudiées sont localisés dans le bassin du Comoé. Ce sont Tiaplé (10°05' N ; 5° 23' O) et Nambingué (10°04' N ; 5°18' O). L'ensemble de ces réservoirs ont été échantillonnés sur 5 périodes suivant les deux grandes saisons climatiques observées dans la région : août, septembre et octobre 1991 pour la saison des pluies ; janvier et mars 1992 pour la saison sèche. Pour préserver la variabilité des données enregistrées, celles-ci n'ont pas été regroupées par saison en une base unique. Six variables environnementales ont été mesurées en un passage dans chacun des réservoirs. Il s'agit de la conductivité ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-2}$), de la teneur en oxygène ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de la température ($^{\circ}\text{C}$), du pH (valeur en surface), de la profondeur maximale (m) et de la transparence (cm). Ces mesures ont été réalisées respectivement à l'aide d'un conductivimètre WTW 44600, d'un oxythermomètre OXI 96, d'un pHmètre WTW 95, et d'un disque de Secchi muni d'une corde graduée. Les poissons ont été échantillonnés à l'aide d'une batterie composée de deux séries A et B de filets maillants multifilaments de mailles respectives allant de 10, 12,5, 15, 17,5, 20, 22,5, 25, 30, 40, 50, 60, 70 à 80 mm de nœud à nœud. L'effort de pêche est demeuré constant dans les 13 barrages étudiés aux 5 périodes d'échantillonnage. Pour les pêches expérimentales, les deux

séries de filets ont été disposées respectivement près de la digue et dans la partie amont du barrage. Ils sont posés la veille à 17 H et relevés le lendemain à 7 H. Dans 5 des 13 retenues étudiées, les données sur les poissons capturés et les variables environnementales n'ont pas pu être enregistrées en octobre 1991 et en mars 1992. Par conséquent pour ces périodes, celles-ci ne sont pas incluses dans les tables de données.

Analyse statistique

Le traitement statistique de nos données expérimentales a été réalisé à l'aide du logiciel ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1995). Les données recueillies ont été rassemblées par catégorie de variables en 5 matrices correspondant aux 5 périodes d'échantillonnage. Ainsi, 5 tables d'abondances spécifiques par barrage et 5 tables de variables environnementales par barrage ont été établies respectivement suivant le dispositif général ci-dessous indiqué.

a) Matrice des abondances spécifiques

	Sp_1 Sp_2 Sp_{34}		Sp_1 Sp_2 Sp_{34}		Sp_1 Sp_2 Sp_{34}
P_1	St_1 St_2 ⋮ St_{13}	P_2	St_1 St_2 ⋮ St_{13}	P_5
			St_1 St_2 ⋮ St_{13}		

Sp_n : logarithme de l'abondance des espèces ($n = 34$) ;
 St_s : stations ou sites d'échantillonnage ($s = 13$ barrages) ;
 P_K : périodes d'échantillonnage ($K = 5$ périodes).

b) Matrice des variables physico-chimiques

	V_1 V_2 V_6		V_1 V_2 V_6		V_1 V_2 V_6
P_1	St_1 St_2 ⋮ St_{13}	P_2	St_1 St_2 ⋮ St_{13}	P_5
			St_1 St_2 ⋮ St_{13}		

V_n : variables physico-chimiques ($n = 6$)
 St_s : stations ou sites d'échantillonnage ($s = 13$ barrages)
 P_K : périodes d'échantillonnage ($K = 5$ périodes)

Effet de la période et du site d'échantillonnage

Un test ANOVA à un facteur (Sokal et Rohlf, 1995) a été utilisé pour tester l'effet de la période et du site d'échantillonnage (barrage) sur les abondances spécifiques et sur la qualité physico-chimique de l'eau dans les barrages étudiés. Pour l'analyse, nous avons considéré comme répliquats les 5 périodes d'échantillonnages (août, septembre et octobre 1991, janvier et mars 1992).

Déterminisme des assemblages des espèces inventoriées

Les assemblages d'espèces et le regroupement des barrages sont déterminés par une analyse de données multivariée (Dolédec et Chessel, 1994). Cette méthode offre un outil puissant pour identifier les corrélations basées sur les données à facteurs multiples, c'est-à-dire des variables environnementales et faunistique issues de plusieurs sites échantillonnés à différentes périodes (Chessel et Hanafi, 1996).

La démarche adoptée a consisté à examiner, au départ, la structure des données à analyser. Dans un premier temps, on a vérifié si à chaque période d'échantillonnage on observe dans l'espace factoriel une structure commune entre la projection des barrages basée sur les abondances spécifiques et celle basée sur les variables environnementales. Dans la mesure où une structure non aléatoire commune à toutes les périodes a été observée, une analyse globale intégrant toutes les périodes d'échantillonnage a été effectuée dans un second temps. Cette démarche a permis de ressortir les caractères généraux et les exigences spécifiques des espèces étudiées.

Pour l'analyse, des indices par station ou site (barrage) portant sur le nombre d'individus (abondance totale) et la richesse spécifique ont été calculés. La matrice des présences/absences des espèces (en colonnes) par échantillon (en lignes) a été soumise à une analyse en composantes principales centrée (Covariance matrix PCA). Cette première approche a permis de suivre l'évolution des stations dans l'espace et dans le temps indépendamment de l'abondance des taxons.

Par la suite, la variabilité des abondances spécifiques en fonction de la période et du site d'échantillonnage a été étudiée. Pour ce faire, la matrice des abondances des espèces par échantillon a subi une transformation logarithmique suivant la formule $x = \log(1 + x)$, afin de réduire les écarts liés aux fortes et faibles valeurs enregistrées. Après cette opération, la matrice transformée a été également soumise à une Covariance ACP. Cette opération réalisée, la matrice des variables du milieu (en colonnes) par échantillon (en lignes) composée de données hétérogènes a été soumise à une analyse en composantes principales centrée/réduite (Correlation matrix PCA). Dès lors, on a procédé à une analyse multiple de co-inertie, qui a consisté à faire un couplage entre l'ACP sur les variables du milieu et celle sur le logarithme des abondances spécifiques par échantillon. Cette analyse de co-inertie est une généralisation de la méthode d'analyse factorielle de Tucker (1958) (Chessel et Mercier, 1993 ; Dolédec et Chessel, 1994 ; Borrette *et al.*, 1994 ; Cadet *et al.*, 1994 ; Dolédec et Chessel, 1994, Devillers et Chessel, 1995 ; Thioulouse et Lobry, 1995). A titre indicatif, il est à noter pour l'analyse des résultats, que les fortes valeurs de covariance suggèrent une distribution non aléatoire des espèces en fonction des variables du milieu.

A cette étape, la contribution (score) de chaque variable environnementale est évaluée. Celle-ci est obtenue par sa projection sur les axes factoriels. L'analyse de co-inertie permet une projection des échantillons dans l'espace qui maximise la corrélation entre les scores des variables physico-chimiques enregistrées et ceux calculés à partir de la matrice des abondances spécifiques. Une fois évalués, les scores ou valeurs de co-inertie sont testés à l'aide d'un test de permutation qui permet d'évaluer leur niveau de significativité. Ce test consiste à permutation aléatoirement les lignes dans les deux matrices. L'hypothèse nulle du test est que la composition spécifique (lignes de la première matrice) est indépendante des variables du milieu (lignes de la deuxième matrice). La co-inertie est calculée après chaque permutation. Le niveau de significativité du test correspond au pourcentage (P) des valeurs de co-inertie calculées, et supérieures à la valeur réelle observée (Good, 1994). Un intervalle de confiance de 95 % pour un niveau de significativité des valeurs de co-inertie est donné par la formule $P \pm 1,96 \sqrt{P(1-P)/N}$, où N est le nombre de permutations (Manly, 1992).

Pour réaliser la synthèse sur les 5 périodes d'échantillonnage, on a effectué une analyse de compromis (COV V[X,Y] et RV[X,Y]) servant à mesurer la reproductibilité de la co-structure entre les variables faunistique et physico-chimiques. Les coefficients de COVV représentent la covariance entre k-tables, tandis que les coefficients RV donnent la corrélation entre k-tables. Ces derniers sont l'équivalent multidimensionnel de la corrélation entre variables. Pour l'analyse, deux ACP de la dérivée de la super matrice à trois dimensions (ACP-UP) (Kiers, 1991) ont été effectuées séparément sur les deux tables suivant la technique de Chessel (1996). La comparaison des deux projections dans l'espace factoriel a permis de montrer dans quelle mesure toutes les captures aux filets maillants et les valeurs moyennes des variables physico-chimiques conduisent à des liens étroits entre les barrages étudiés. La comparaison est réalisée à l'aide d'une analyse multiple de co-inertie qui est une généralisation de l'analyse de co-inertie de k-tables (Chessel et Hanafi, 1996 ; Bouroche, 1975).

RESULTATS

Trente quatre espèces de poissons ont été inventoriées dans les treize barrages étudiés. Parmi elles, on distingue deux espèces introduites. Ce sont *Oreochromis niloticus* et *Heterotis niloticus*. Ces deux espèces ont été introduites à plusieurs reprises dans plusieurs barrages et fleuves de Côte d'Ivoire, dont les bassins du Bandama et du Comoé. **En ce qui concerne *Lates niloticus***, bien que présent dans ces deux bassins fluviaux, il est en général absent des petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. Cette espèce a été "introduite" dans la seule retenue de Tiné dans les années 80.

Le tableau 1 montre les résultats de l'ANOVA testant l'effet de la période d'échantillonnage sur les variables environnementales. Un effet de la période de mesure sur ces paramètres du milieu est enregistré. Par ailleurs, les résultats de l'ANOVA testant l'effet du site d'échantillonnage (barrages) sur les variables environnementales montrent une différence significative entre les barrages, en ce qui concerne l'oxygène, la profondeur et la transparence ($p < 0,05$) (tableau 1). Il n'y a pas de différence significative pour la conductivité, le pH et la température.

Les résultats de l'ANOVA testant l'effet de la période et du site d'échantillonnage sur le logarithme de l'abondance de chaque espèce de poisson sont consignés dans le tableau 2. Ceux-ci montrent un effet du site d'échantillonnage sur l'abondance spécifique chez la plupart des poissons capturés (23 sur 34 espèces). Inversement, peu d'espèces (5 sur 34) montrent une différence significative de leur abondance spécifique d'une période d'échantillonnage à l'autre (tableau 2). Ces cinq espèces sont *Clarias anguillaris*, *Clarias gariepinus*, *Ctenopoma petherici*, *Labeo senegalensis* et *Pellonula leonensis*. Les deux premières espèces sont les plus abondantes. Quant aux trois dernières, elles sont proportionnellement peu nombreuses dans les échantillons. Parmi ces poissons, seuls *Clarias anguillaris* et *C. gariepinus* sont sujets à un effet site et à un effet période (tableau 2).

Les principaux effets observés à partir des résultats de l'ANOVA se résument comme suit : (1) une variation saisonnière des caractéristiques physico-chimiques de l'eau dans les barrages (conductivité, oxygène, pH, profondeur, température et transparence) qui a peu d'effet sur la richesse spécifique et sur l'abondance spécifique ; (2) les barrages diffèrent par leur richesse spécifique, l'abondance des poissons, et en ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, par la transparence de l'eau, la teneur en oxygène dissous et la profondeur. La température de l'eau, la conductivité et la profondeur restent similaires quelle que soit la période.

La significativité des valeurs de co-inertie après l'analyse de la composition spécifique et des tables des paramètres environnementaux par barrage à chaque période d'échantillonnage (tableau 3), montrent une distribution non aléatoire des espèces en fonction des variables physico-chimiques. Comme quatre des cinq valeurs de co-inertie sont significatives, un schéma général peut être établi. L'analyse de compromis (figure 1) indique, que la variabilité saisonnière intra-barrage est plus liée aux variables environnementales qu'à l'abondance spécifique des poissons. Cela se traduit par une plus grande taille des polygones dans la figure 1 b en comparaison avec ce qui est observé dans la figure 1 a. Inversement, la variabilité inter-barrages est plus liée à l'abondance spécifique qu'aux variables environnementales dont les polygones les représentant

sont plus proches les uns des autres avec une plus grande zone de recouvrement (figure 1 b). L'analyse de la figure 1a permet de distinguer sur la base de leur abondance spécifique 7 groupes de barrages définis comme suit: (1) Nafoun –f, et Sologo –j; (2) Tiné –m; (3) Solomougou –k; (4) Korokara serpent –c, Korokara termitière –d, Nambingué –g, Natio –h, et Tiaplé –l; (5) Lokpoho –e; (6) Katiali –b; (7) Sambakaha –i, et Gboyo –a. Mais, ce regroupement observé à partir de l'abondance spécifique (figure 1 a) ne correspond pas à celui observé à partir des paramètres physico-chimiques (figure 1 b). Parmi ces retenues, seules cinq se distinguent nettement par l'ordination basée sur les variables environnementales. Il s'agit des barrages de Nafoun [800 ha ; H = 6,40 ±0,76 m], Natio [85 ha ; H = 4,68 ±0,17], Sologo [95 ha ; 7,94 ±1,09], Solomougou [500 ha ; 9,12 ± 0,86 m] et Tiné [45 ha ; H = 3,44 ± 1,36 m] (figure 1 b). Ces cinq barrages sont ceux ayant les plus grandes profondeurs et superficie (tableau 4). Les huit autres barrages caractérisés par les plus petites profondeurs [entre 1,71 ±0,70 et 2,92 ±1,45 m] et superficie [entre 6 et 25 ha] ne peuvent pas être nettement différenciés par les variables physico-chimiques. Cependant, on peut considérer que le barrage de Lokpoho (e) ainsi qu'un groupe de retenues (Nambingué – g ; Tiaplé – l ; et Katiali – b) sont un peu plus excentrés. Les cinq barrages (Nafoun - f, Natio- h, Sologo - j, Solomougou - k, et Tiné - m) qui apparaissent distincts des huit autres dans l'ordination, présentent des conditions physico-chimiques différentes au début de l'étude (août, septembre et octobre), mais restent similaires en janvier et mars (figure 2b). Malgré les différences observées, les 13 barrages étudiés présentent une caractéristique commune sur le plan biologique. En effet, l'abondance des poissons apparaît stable dans le temps dans l'ensemble des retenues, à l'exception de Solomougou (k) (figure 1a).

L'analyse globale de compromis combinant l'abondance spécifique et les variables environnementales à toutes les périodes mis en relation avec la structure observée dans la distribution spatiale et temporelle des espèces montre quelles variables physico-chimiques sont liées à la structure observée (figure 2). Parmi celles-ci, seule la température a une faible contribution dans l'ordination de compromis (figure 2b). La plupart des espèces de poissons ont une faible contribution dans l'ordination. Cependant, plusieurs d'entre elles (15 sur 34 espèces) peuvent être utilisées pour l'interprétation (figure 2a), et leur distribution spatiale et temporelle peuvent être liées à la variation saisonnière de ces paramètres environnementaux (tableau 4). Ces 15 espèces se répartissent en 6 groupes suivant leur affinité pour la qualité de l'eau. Le préférendum de ces espèces en ce qui concerne la qualité de l'eau est consigné dans le tableau 5.

Il ressort également de cette analyse de compromis, que seulement deux espèces ont des caractères temporels distincts (figure 3a). Il s'agit de *Brycinus longipinnis* (#5) et *Chromidotilapia güntheri*<

(#8). La plupart des espèces ont des caractéristiques temporelles très proches dans l'ordination de compromis. Cela se traduit par des valeurs rapprochées des positions moyennes des abondances spécifiques liées à l'origine des axes 1 et 2 de l'ordination, sur les cinq périodes (figure 3a). Inversement, les paramètres environnementaux ont des caractéristiques temporelles distinctes dans l'ordination de compromis (figure 3b).

Ces résultats sont conformes à l'interprétation de la figure 1 qui indique que la variabilité saisonnière intra-barrage est plus liée aux variables physico-chimiques qu'à l'abondance spécifique. La variance vectorielle de la table de l'abondance des espèces apparaît stable sur les cinq périodes, bien que la variance vectorielle de la table des variables environnementales varie d'une période à l'autre (tableau 6). La corrélation vectorielle entre les deux tables est forte au cours de la période 1 (août), et légèrement faible par la suite. Août étant un mois de forte pluviosité, celui-ci apparaît comme une période pendant laquelle les ordinations des barrages obtenues à partir de l'abondance spécifique et des valeurs des variables environnementales sont les plus proches.

DISCUSSION

Le climat sub-sahélien dans la région où notre étude a été réalisée est marqué par une saison des pluies qui va de mai à octobre, et une saison sèche de novembre à mars. Pendant nos périodes d'échantillonnage, l'eau était à son niveau maximum en août. Malgré l'existence de variations locales, la tendance observée est à l'abaissement du niveau de l'eau dans les retenues sur les autres périodes d'échantillonnage jusqu'en mars.

Nos résultats montrent, que les paramètres physico-chimiques des barrages les plus grands et les plus profonds sont dissemblables en période de hautes eaux, alors qu'ils sont similaires en périodes de basses eaux. Cette différence observée en période de remplissage des grandes retenues serait liée à la variabilité du volume d'apports d'eau pendant la saison pluvieuse et au régime d'utilisation de l'eau pour l'irrigation des casiers de riz. Les plus petits barrages présentent, par contre, des variables environnementales plus stables que les retenues d'eau de plus grande superficie. Par ailleurs, les résultats obtenus montrent, que la teneur en oxygène, la transparence et la profondeur constituent des paramètres significativement différents ($p < 0,05$) entre barrages. Contrairement à la température, au pH et à la conductivité, ces variables semblent plus caractéristiques des conditions locales et de la morphologie des réservoirs. On peut estimer que ces trois paramètres sont caractéristiques des conditions atmosphériques générales et de la qualité de l'eau dans les bassins étudiés. En effet, tous les barrages étudiés sont localisés dans une aire

géographique restreinte et construits dans deux bassins hydrographiques dont quelques tributaires des cours supérieurs sont très proches. Il s'agit des bassins des fleuves Bandama et Comoé.

La profondeur ou son substitut (la superficie) ne sert pas seulement à différencier les barrages. Elle a, par ailleurs, une grande importance dans la répartition de l'abondance spécifique et la structure des communautés de poissons (Marshall et Ryan 1987 ; Hugueny 1990). La capacité de l'habitat à contenir une densité donnée d'organismes est sujette à un débat controversé (Dhont, 1988). Il en est de même pour le rôle respectif des relations trophiques, de l'habitat et de la qualité de l'eau. Les deux premiers facteurs ne sont pas traités dans le cas de notre étude, mais peuvent faire l'objet de travaux à l'avenir. L'objectif de cette étude consiste surtout à identifier les assemblages d'espèces dans les 13 petits barrages étudiés tout en les mettant en relation avec les caractéristiques de l'eau. Les retenues en question sont dans l'ensemble artificielles. Elles sont construites suivant le même plan et sont localisées dans une aire géographique restreinte. Ces retenues sont pour la plupart semblables du point de vue des conditions physico-chimiques de l'habitat, de la ligne de rivage et de la végétation immergée. Sur un autre plan, on peut s'attendre à ce que dans ce genre de communautés soumis à de hauts niveaux de stress environnementaux, que le rôle des exclusions trophiques liée à la compétition interspécifique soit réduit (Menge et Sutherland, 1976 et 1987 ; Lévêque 1995).

Les assemblages des poissons dans l'analyse globale de compromis sont composés avec les espèces pour lesquelles un effet du site d'échantillonnage est reporté. Les résultats obtenus indiquent, que la présence et l'abondance d'environ 50 % des espèces de poissons est liée aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau. En outre, nos résultats montrent, que la relation observée porte sur les valeurs moyennes des variables environnementales plutôt qu'à leur valeur à une période donnée. Cela démontre, que des mesures ponctuelles de la qualité de l'eau sont insuffisantes pour élaborer une modélisation des assemblages d'espèces dans ces petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. Les conclusions sur la structure et la persistance d'un assemblage dépendent de la manière dont il est défini (Rahel *et al.* 1984). C'est pourquoi les groupes définis dans la présente étude ne peuvent pas être considérés pour constituer des assemblages discrets d'espèces *sensu* Tonn et Magnuson (1982) corrélés à des barrages spécifiques.

Les peuplements de poissons dans les retenues sub-sahéliennes ici étudiées constituent un pool d'espèces ubiquistes tolérant aux conditions environnementales associé à un petit groupe d'espèces avec des exigences spécifiques. Cette dominance d'espèces ubiquistes (19 sur 34 espèces) est certainement liée à la variabilité dans le temps des conditions écologiques dans cette zone sub-sahélienne, qui est une zone de transition entre climats saisonniers et asaisonniers. Cette moindre

importance des espèces à exigences spécifiques pourrait s'expliquer par le fait qu'après les stress environnementaux engendrés par cette variabilité écologique, celles-ci sont lentes à recoloniser le milieu. De ce fait, ces espèces peuvent être irréversiblement perdues pour le système (Dumont, 1992). Dans le souci d'une meilleure connaissance de leur milieu de vie, nous avons donc identifié à partir des données physico-chimiques mesurées au cours de la période d'observation, les caractéristiques environnementales de chacune des 15 espèces ayant montré des exigences spécifiques. Nos résultats corroborent dans la plupart des cas les indications bibliographiques concernant les mêmes espèces ou celles du même genre (Philippart et Ruwet, 1982 ; Lévêque, 1995 ; Dumont, 1992 ; Lowe-McConnell, 1982 ; et FishBase, 1996). En outre, nos données précisent, en ce qui concerne les variables environnementales étudiées, le préférendum de chacune des espèces à exigences spécifiques. La connaissance de telles exigences environnementales est très importante non seulement pour les études à mener, mais également pour des actions de gestion de ces pêcheries lacustres. A ce sujet, on sait que plusieurs espèces de poissons ont été introduites dans les plans d'eau africains (Moreau *et al.*, 1988, Welcomme, 1988). Mais dans la plupart des cas, particulièrement en ce qui concerne les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire, aucune étude n'a été réalisée avant ou après ces introductions. C'est pourquoi, comme dans beaucoup d'autres cas, la survie des espèces introduites reste très variable. Dans ce contexte, l'étude que nous avons réalisée s'avère importante dans la mesure où la connaissance des biotopes préférés des espèces permettra d'améliorer dans le futur leur survie en indiquant quelle espèce introduire dans ces petits barrages sur la base de la qualité de l'eau. Les résultats de notre étude montrent, par ailleurs, que des espèces à haute valeur marchande telles que *Lates niloticus*, *Heterotis niloticus*, *Clarias anguillaris* et *Oreochromis niloticus*, restent soumises à des conditions particulières du milieu. Parmi les espèces citées, *Lates niloticus* semble la plus exigeante, en ce qui concerne la qualité de l'eau (forte transparence et faible conductivité), alors que les trois autres restent beaucoup plus tolérantes.

CONCLUSION

Les peuplements de poissons dans les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire sont caractérisés par une abondance spécifique qui varie de façon significative d'une retenue à l'autre. La qualité de l'eau (conductivité, oxygène, pH, profondeur, température et transparence) dans les 13 barrages étudiés est sujette à une variation saisonnière, qui a peu d'effet sur la richesse spécifique ou l'abondance spécifique. Par ailleurs, ces retenues diffèrent entre elles par leur richesse spécifique, l'abondance des poissons, la transparence de l'eau, la teneur en oxygène dissous et la profondeur. Cependant, leur température, conductivité et pH sont similaires quelle que soit la période. La variabilité saisonnière intra-barrage est plus liée aux variables environnementales qu'à l'abondance spécifique des poissons. En effet, cette dernière apparaît stable dans le temps dans tous les

barrages, excepté celui de Solomougou. Les peuplements de poissons sont constitués d'un groupe dominant d'espèces ubiquistes tolérantes aux conditions environnementales, associées à un petit groupe d'espèces avec des besoins spécifiques.

En termes d'aménagement, les caractéristiques environnementales des espèces inventoriées, leur caractère ubiquiste ou leurs exigences spécifiques sont un ensemble de paramètres à prendre en compte pour la gestion de ces pêcheries et des activités de recherches à mener. La connaissance des biotopes préférentiels des espèces étudiées dans la présente étude permettra une meilleure sélection des poissons à introduire, et par conséquent, une meilleure adaptation de celles-ci aux écosystèmes d'accueil. Dans ce contexte, les données obtenues sur les principaux effets environnementaux et sur la distribution spatiale des poissons dans les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire permettront de développer des stratégies d'aménagement. En effet, sur la base des résultats obtenus, il est possible de déduire quelles variables sont les plus pertinentes, quand des questions relatives à l'abondance spécifique ou à la présence/absence des espèces sont posées à l'échelle locale ou temporelle.

Les résultats présentés dans le cadre de la présente publication sont prospectifs. En complément, l'étude des niches dans les petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire devra être entreprise, en particulier les niches trophiques. Dans ce contexte, nos données pourraient être utiles pour la caractérisation du réseau trophique.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Messieurs Raffrai Jean de l'IRD, Daha Alphonse et Koffi Koffi Joseph du CNRA pour leur collaboration technique à l'occasion des différentes pêches expérimentales et pour la saisie des données.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, 1992 a. Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire, Projet "Petits Barrages", Convention IDESSA/CRDI 3 – P – 89 – 0215 : 181 pp.
- Anonyme, 1992 b. Inventaire des barrages hydro-agricoles et à autres vocations existant en Côte d'Ivoire. Direction et Contrôle des Grands Travaux (DCGTx) Rapport. Abidjan, RCI, *multigr.*: 57 p + annexes.
- Bornette, G., Amoros, A. and Chessel, D., (1994). Rejuvenation in former braided channels of the Rhône river: successional patterns and allogenic processes. *J. Vegetation Sci.* 5: 237-246.
- Bouroche J.M., (1975). Analyse des données ternaires: la double analyse en composantes principales. Thèse de 3^o cycle. Univ. Paris VI, 57 pp.
- Cadet, P., Thioulouse J. and Albrecht A., (1994). Relationships between ferrisol properties and the structure of plant parasitic nematode communities on sugarcane in Martinique (French West Indies). *Acta Oecologica* 15: 767-780.
- Chessel D., (1996). STATIS. Technical documentation for ADE 4 Software. Available in English by anonymous ftp at //biom3.univ-lyon1.fr (directory /pub/mac/ADE/ADE4/DocUS) (file STATIS.hqx). Or on the WWW at <http://biomserv.univ-lyon1.fr/ADE4.html>.
- Chessel, D. et Hanafi M., (1996). Analyse de la co-inertie de K nuages de points. *Rev. Stat. Appl.* XLIV (2): 35-60.
- Chessel, D. et Mercier P., (1993). Couplage de triplets statistiques et liaisons espèces-environnement. pp. 15-44. *In* : Biométrie et environnement (Lebreton J.D. et Asselain B., eds.), Masson, Paris.
- Da Costa, K. S., Traoré, K. et Tito de Morais L., (1998). Effort de pêche et production exploitée dans les petites retenues du Nord de la Côte d'Ivoire. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 348: 65-78.
- Da Costa K.S, (2003). Structure des peuplements, Déterminisme de la diversité spécifique de l'ichtyofaune et Pratique durable de la pêche dans quelques hydrosystèmes africains : Cas des bassins Agnébi et de 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. Thèse unique en Sciences et Gestion de l'Environnement, Univ. Abobo-Adjamé (RCI), U. F. R. Sciences générales de l'Environnement : 344 pp.

- Devillers, J. et Chessel D., (1995). Comparison of in vivo and in vitro toxicity tests from co-inertia analysis. pp. 250-266. *In* : Computer-aided molecular design. Applications in agrochemicals, materials and pharmaceuticals (Reynolds C.H., Holloway M.K. and Cox H.K., eds.) ACS Symposium series 589. American Chemical Society, Washington.
- Dhondt A.A., (1988). Carrying capacity: a confusing concept. *Acta ecologica (Oecologia generalis)* 9: 337-46.
- Dolédec, S. et Chessel D., (1994). Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biol.* 31: 277-294.
- Dumont H.J., (1992). The regulation of plant and animal species and communities in African shallow lakes and wetlands. *Rev. Hydrobiol. trop.* 25 (4): 303-346.
- Fernando, C.H. and Holcik J., (1982). The nature of fish communities: a factor influencing the fishery potential and yields of tropical lakes and reservoirs. *Hydrobiologia* 97: 127-140.
- FishBase, (1996). FishBase 96 CD-ROM. ICLARM, Manila.
- Good P., (1994). *Permutation tests: a practical guide to resampling for testing hypothesis*. Springer Series in Statistics, Springer Verlag: 226 pp.
- Hugueny B., (1990). Geographic range of west African freshwater fishes: role of biological characteristics and stochastic processes. *Acta Oecologica* 11 (3): 351-375.
- Jackson, D.A., Harvey, H.H. and Somers K.M., (1990). Ratios in aquatic sciences: statistical shortcomings with mean depth and the morphoedaphic index. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 47: 1788-1795.
- Kiers H.A.L., (1991). Hierarchical relations among three-way methods. *Psychometrika* 56: 449-470.
- Laë R., (1997). Estimation des rendements de pêche des lacs africains au moyen de modèles empiriques. *Aquat. Living Resour.* 10: 83-92.
- Lévêque C., (1995). Role and consequences of fish diversity in the functioning of African freshwater ecosystems: a review. *Aquat. Living Resour.* 8: 59-78.
- Lowe-McConnell R.H., (1982). Tilapias in fish communities. p. 83-113. *In* : The biology and culture of tilapias (Pullin R.S.V. and Lowe-McConnell R. H., eds.) ICLARM Conf. Proc. 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Manly (B.F.J.), 1992. *The design and analysis of research studies*. Cambridge University Press, Cambridge: 353 pp.
- Marshall, T.R. and Ryan P.A., (1987). Abundance patterns and community attributes of fishes relative to environmental gradients. *Can. J. Fish. aquat. Sci.* 44 (sup.2): 198-215.
- Menge, B.A. & J.P. Sutherland 1976. Species diversity gradients: synthesis of the roles of predation, competition, and temporal heterogeneity. *Am. Nat.* 110: 351-369

- Merron, G.S. & M.N. Bruton 1989. Recent fisheries research in the Okavango Delta. *S. Afr. J. Sci.* 85: 416-417.
- Moreau, J., Arrignon, J. et Jubb R.A., (1988). Les introductions d'espèces étrangères dans les eaux continentales africaines. Intérêt et limites. pp. 395-425. *In* : Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains (Lévêque, C., Bruton M. et Ssentongo G., eds.) Trav. Doc., Editions de l'Orstom, Paris.
- Nugent C.G., (1997). Côte d'Ivoire. Assistance en matière de législation portant sur les pêches continentales. Rapport sur l'aménagement des pêches continentales. Programme de Coopération Technique. F.A.O., Rome, Italie, TCP/IVC/4553: 86 pp.
- Paugy D., (1990). Characidae : 195-236. *In* : Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome I. Coll. Faune Tropicale n° XXVIII (Lévêque C., Paugy D. and Teugels G.G., eds.) Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren et O.R.S.T.O.M., Paris.
- Philippart, J.C. and Ruwet J.C., (1982). Ecology and distribution of tilapias : 15-60. *In* : The biology and culture of tilapias (Pullin R.S.V. and Lowe-McConnell R.H., eds.) ICLARM Conf. Proc. 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines.
- Rahel, F.J., Lyons, J.D. and Cochran P.A., (1984). Stochastic or deterministic regulation of assemblage structure? It may depend on how the assemblage is defined. *Am. Nat.* 124 (4): 583-589.
- Sokal, R.R. et Rohlf F.J., (1995). *Biometry* (3rd edition). W.H. Freeman and Co., N.Y., USA: 887 pp.
- Teugels G.G., (1986). A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces; Clariidae). *Zoologische Wetenschappen Ann.* 247: 199 pp.
- Thioulouse, J., Dolédec, S., Chessel, D. and Olivier J.M., (1995). ADE software: multivariate analysis and graphical display of environmental data. pp. 57-62. *In*: Guariso, G & A. Rizzoli (Eds), *Software per l'ambiente*. Patron Editore, Milano.
- Thioulouse, J. and Lobry J.R., (1995). Co-inertia analysis of amino-acid physico-chemical properties and protein composition with the ADE package. *Computer Applications in the Biosciences* 11: 321-329.
- Tonn, W.M. and Magnusson J.J., (1982). Patterns in the species composition and richness of fish assemblages in northern Wisconsin lakes. *Ecology* 63 (4): 1149-1166.
- Tucker L.R., (1958). An inter-battery method of factor analysis. *Psychometrika* 23 (2): 111-136.
- Welcomme R., (1988). International introductions of inland aquatic species. *FAO Fish Tech. Pap.* 294: 318 pp.

- Youngs, W.D. and Heimbuch D.G., (1982). Another consideration of the morphoedaphic index. Trans. Am. Fish. Soc. 111: 151-153.
- Yté W., Kouassi N. C. et Ayékoué P., 1992. Aperçu sommaire des caractéristiques limnologiques de quelques petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. In Anonyme (ed.): Valorisation du potentiel piscicole des barrages hydro-agro-pastoraux du Nord de la Côte d'Ivoire. Rapport préliminaire IDESSA, Bouaké (RCI), *multigr.* : 39-53.

Tableau 1 : Effets de la période et du site d'échantillonnage sur les variables environnementales. Résultats de l'ANOVA. Toutes les valeurs de p inférieures à 0,05 sont considérées significatives

Effect of sampling period and sampling site on the environmental variables. Two-way ANOVA results. All p-values < 0.05 are considered significant.

Variabes	Effet période (Valeur de p)	Effet site (Valeur de p)
Conductivité	0,01973	0,2325
Oxygène	0,05346	0,02289
pH	$4,414 \cdot 10^{-6}$	0,3939
Profondeur	0,4288	0
Température	0	0,9853
Transparence	0,04278	0,001068

Tableau 2 : Effets du site et de la période d'échantillonnage sur le logarithme (log) de l'abondance de chaque espèce de poisson dans 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire. Résultats de l'ANOVA à un facteur.

Effect of sampling site (reservoir) and of sampling period on the log of the abundance of each fish species. one-way ANOVA results.

Id. #	Nom des espèces	Effet site (Valeur de p)	Effet période (Valeur de p)
1	<i>Auchenoglanis occidentalis</i>	0,5558	0,4718
2	<i>Barbus ablaves</i>	0,6290	0,3807
3*	<i>Barbus macrops</i>	≅ 0	0,3214
4	<i>Brycinus imberi</i>	0,0272	0,1529
5*	<i>Brycinus longipinnis</i>	≅ 0	0,9297
6	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	0,4911	0,6298
7*	<i>Brycinus nurse</i>	≅ 0	0,3500
8*	<i>Chromidotilapia güntheri</i>	≅ 0	0,9088
9	<i>Chrysichthys maurus</i>	≅ 0	0,5616
10	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	≅ 0	0,8763
11*	<i>Clarias anguillaris</i>	0,0453	0,0001
12	<i>Clarias gariepinus</i>	0,0427	0,0001
13	<i>Ctenopoma kingsleaye</i>	0,4372	0,0014
14*	<i>Hemichromis bimaculatus</i>	0,0004	0,5820
15	<i>Hemichromis fasciatus</i>	≅ 0	0,1646
16	<i>Hepsetus odoe</i>	≅ 0	0,9428
17	<i>Heterobranchus longifilis</i>	0,6331	0,3979
18*	<i>Heterotis niloticus</i>	≅ 0	0,5670
19	<i>Labeo senegalensis</i>	0,6331	0,0067
20*	<i>Lates niloticus</i>	≅ 0	0,8437
21	<i>Marcusenius furcoidens</i>	0,5208	0,4172
22*	<i>Marcusenius ussheri</i>	≅ 0	0,0876
23	<i>Mormyrus hasselquisti</i>	≅ 0	0,6611
24*	<i>Oreochromis niloticus</i>	0,0006	0,2181
25	<i>Papyrocranus afer</i>	0,5558	0,4718
26	<i>Pellonula leonensis</i>	0,5575	0,0455
27*	<i>Petrocephalus bovei</i>	≅ 0	0,8295
28	<i>Polypterus endlicheri</i>	≅ 0	0,8070
29*	<i>Raiamas senegalensis</i>	≅ 0	0,9146
30	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	≅ 0	0,3824
31*	<i>Schilbe intermedius</i>	≅ 0	0,9755
32	<i>Schilbe mandibularis</i>	0,0874	0,6256
33*	<i>Synodontis schall</i>	≅ 0	0,5715
34*	<i>Tilapia zillii</i>	≅ 0	0,2171

Id. #: Numéro d'identification des espèces dans les figures ; * : indique les espèces également retenues dans le regroupement de l'analyse multivariée (figure 2 b et tableau 5) ; p : probabilité de la statistique F ; Caractères gras : valeurs de p significatives au seuil de 5% ($p < 0,05$) ; ≅ 0 valeur très proche de 0.

*Id. # : identification number of the species in the figures. * indicates species also retained in the groupings of the multivariate analysis (figure 2 b et table 4) . p-value : probability for the F statistic. Bold characters : significant p-values for the F statistic at the 5% threshold ($p < 0.05$) ; ≅ 0: value very close to 0.*

Tableau 3 : Résultats des tests de permutation sur la co-inertie entre les matrices d'ordination des scores obtenues avec les données espèce/barrage et les variables environnementales/barrage (1000 permutations). Toutes les valeurs de P dont l'intervalle de confiance est inférieure ou égale à 0,05 sont considérées significatives

Results of the permutation tests on the co-inertia between the score ordination matrices obtained with species per reservoir data and environmental variables per reservoir data (1000 permutations). All P values for which confidence limits are smaller or equal to 0.05 are considered significant.

Période d'échantillonnage	Covariance observée	P	Limites de confiance de P	Significativité
Août 1991	31,910	0	0	***
Septembre 1991	18,228	0,074	0,09 – 0,05	*
Octobre 1991	30,581	0,175	0,198 – 0,151	NS
Janvier 1992	25,708	0,004	0,007 – 0,00008	***
Mars 1992	30,154	0,011	0,017 – 0,004	**

P : fréquence des simulations pour lesquelles la covariance simulée est plus grande ou égale à la valeur observée ; N. S. : non significatif ; * : presque significatif (P proche de 0,05) ; ** : significatif (0,05 > P > 0,01) ; *** : fortement significatif (0,01 > P).

*P : frequency of simulations in which the simulated covariance is greater or equal to the observed value. All P values for which confidence limits are smaller or equal to 0.05 are considered significant. N. S. : not significant ; * : **presque** significant (P near to 0,05) ; ** : significant (0,05 > P > 0,01) ; *** : highly significant (0,01 > P).*

Tableau 4: Richesse spécifique et Variables physico-chimiques des 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire étudiés

Variables du milieu	Total 5 Périodes d'échant.	Petits barrages												
		Gboyo (16 ha) *	Katiali (15 ha) *	Korokara S. (8 ha) *	Korokara T. (6 ha) *	Lokpoho (620 ha) **	Nafoun (800 ha) *	Nambingué (9 ha) *	Natio (85 ha) *	Sambakaha (25 ha) *	Sologo (95 ha) *	Solomougou (500 ha) *	Tiapie (12 ha) *	Tine (45 ha) *
RS		19	24	20	12	20	16	11	7	22	13	21	10	10
Conductivité	Moyenne	47,28	77,38	40,23	52,67	50,16	66,58	75,50	36,15	42,12	56,16	76,58	60,88	36,24
	Ecart type	29,82	44,59	6,59	12,70	31,69	10,40	31,04	6,29	35,21	34,77	40,36	12,02	5,67
Oxygène	Moyenne	3,22	3,62	2,57	2,29	1,93	4,76	3,54	5,38	3,25	4,68	4,35	3,31	5,01
	Ecart type	1,64	1,59	1,57	1,24	1,00	2,16	2,03	1,55	1,28	1,23	0,56	1,34	1,69
pH	Moyenne	7,47	7,45	7,32	7,87	7,70	6,42	7,60	7,53	7,50	7,40	7,33	7,65	7,38
	Ecart type	0,69	1,21	0,53	0,78	0,83	0,77	0,69	0,73	0,72	0,47	0,40	0,36	0,53
Profondeur	Moyenne	2,25	1,97	2,19	2,67	2,92	6,40	1,75	4,68	2,58	7,94	9,12	1,71	3,44
	Ecart type	0,19	0,50	0,98	0,29	1,45	0,76	0,49	0,17	0,38	1,09	0,86	0,70	1,36
Température	Moyenne	24,36	24,12	23,78	21,93	23,12	24,24	23,05	21,98	23,24	22,60	22,22	23,30	22,92
	Ecart type	2,77	2,95	4,52	3,21	2,37	3,28	3,50	3,72	2,40	2,87	2,63	3,53	3,14
Transparence	Moyenne	67,96	48,32	41,90	53,87	86,94	101,80	56,18	61,93	41,96	62,02	50,56	36,88	90,58
	Ecart type	21,26	18,10	30,94	26,89	25,62	20,88	21,36	21,82	14,24	20,82	24,90	21,67	33,77

* : Anonyme, 1992 a ;

** : Anonyme, 1992 b ;

RS: Richesse spécifique.

Tableau 5 : Synthèse des variables environnementales liées à la distribution de quelques-unes des espèces de poissons dans les 13 petits barrages étudiés (à partir de l'interprétation du recouvrement des figures 2a et 2b) comparée aux données bibliographiques.
Synthesis of environmental factors affecting the distribution of some fish species in the 13 studied reservoirs (cf. figure 2a et 2b) compared to bibliographic data.

Groupe	Espèces	Données de notre étude		Données bibliographiques	
		Variables environnementales majeures	barrages typiques	Espèces	Références
I	<i>Lates niloticus</i> (#20)	Forte transparence de l'eau 90,58 ±33,77 cm Faible conductivité 36,24 ±5,67 µS.cm ⁻²	Tiné (m)	<i>L. niloticus</i>	Démersal, grande profondeur d'eau (Lévêque, 1995) ; Tolérant, mais a besoin de grands espaces (Dumont, 1992)
II	<i>Heterotis niloticus</i> (#18)	Faible conductivité 50,16 ±31,69 µS.cm ⁻² Faible teneur en oxygène 1,93 ±1,00 mg.l ⁻¹ Faible profondeur d'eau 2,92 ±1,45 m	Lokpoho (e)	<i>H. niloticus</i>	Démersal, faible profondeur d'eau (Lévêque, 1995)
III	<i>Clarias anguillaris</i> (#11) <i>Synodontis schall</i> (#33) <i>Petrocephalus bovei</i> (#27) <i>Oreochromis niloticus</i> (#24)	pH élevé entre 7,45 ±1,21 et 7,65 ±0,36 ; Faible profondeur d'eau entre 1,71 ±0,7 et 4,68 ±0,17 m ; Faible teneur en oxygène entre 3,22 ±1,64 et 5,38 ±1,55 mg.l ⁻¹ ; Forte conductivité entre 36,15 ±6,29 et 77,38 ±44,59 µS.cm ⁻² ; Faible transparence de l'eau entre 36,88 ±21,67 et 67,96 ±21,26 cm	Nambingué (g), Tiaplé (l), Katiali (b), Gboyo et Natio	<i>C. anguillaris</i> <i>Synodontis schall</i> <i>P. bovei</i> <i>O. niloticus</i>	Aires inondées ; Tolérant à la sécheresse (Teugels, 1986) ; Benthopélagique (intervalle de profondeur : 4 – 79 m), très tolérant aux conditions extrêmes du milieu (FishBase, 1996)
IV	<i>Schilbe intermedius</i> (#31) <i>Marcusenius ussheri</i> (#25) <i>Brycinus nurse</i> (#7) <i>Tilapia zillii</i> (#34)	Forte conductivité entre 36,15 ±6,29 et 77,38 ±44,38 µS.cm ⁻² ; Faible transparence de l'eau entre 48,32 ±18,10 et 101,80 ±20,88 cm	Katiali (b)	<i>S. intermedius</i> <i>M. ussheri</i> <i>B. nurse</i> <i>T. zillii</i>	Très tolérant ; Préfèrent thermique : 8 – 42 °C (FishBase, 1996) ; Habite les zones littorales ; Pond entre 0,6 et 2,0 m de profondeur (Lowe-McConnell, 1982)
V	<i>Raibamas senegalensis</i> (#29) <i>Barbus macrops</i> (#3) <i>Chromidotilapia Güntheri</i> (#8)	Forte conductivité entre 52,67 ±12,70 et 77,38 ±44,59 µS.cm ⁻² ; Faible transparence de l'eau entre 36,88 ±21,67 et 101,80 ±20,88 cm ; Grande profondeur d'eau entre 1,71 ±0,70 et 7,40 ±0,47 m ; Forte teneur en oxygène entre 2,29 ±1,24 et 4,76 ±2,16 mg.l ⁻¹	Solomougou (k)	<i>R. senegalensis</i> <i>B. macrops</i> <i>C. Güntheri</i>	Démersal (FishBase, 1996) Démersal (FishBase, 1996) Préfèrent thermique : 6,5 – 42,5 °C (Philippart et Ruwet, 1982)
VI-	<i>Hemichromis bimaculatus</i> (#14) <i>Brycinus longipinnis</i> (#5)	Grande profondeur d'eau entre 4,68 ±0,17 et 6,40 ±0,76 m ; Forte teneur en oxygène entre 4,76 ±2,16 et 5,38 ±1,55 mg.l ⁻¹ ; Faible pH entre 6,42 ±0,77 et 7,53 ±0,73 ;	Sologo (j)	<i>H. bimaculatus</i> <i>B. longipinnis</i>	Fond sableux et gravillonnaires ; Associées aux zones forestières (Mud) (FishBase, 1996) Seule espèce du genre <i>Brycinus</i> à pénétrer dans les petites rivières et fleuves (Paugy, 1990)

Espèces #: numéros des espèces affichés sur les figures de l'ordination

Annexe : Abondance des poissons inventoriés dans les 13 petits barrages du Nord de la Côte d'Ivoire étudiés (toutes périodes confondues)

Espèces	Code	Barrages															
		Gboyo	Katiali	KorokaraS	KorokaraT	Lokpoho	Nafoun	Namblingué	Natio	Sambakaha	Sologo	Solomougou	Tiaplé	Tiné			
<i>Auchenoglanis occidentalis</i>	Auocc		1														
<i>Barbus ablables</i>	Baabl		42				1							2			
<i>Barbus macrops</i>	Bamac	270	1488	109	461	299	2118	1014	81				1425	227	440	415	
<i>Brycinus imberi</i>	Brimb		8	1		6								112	12		
<i>Brycinus longipinus</i>	Brlon			10		4	667						208	46			
<i>Brycinus macrolepidotus</i>	Brmac		1												1		
<i>Brycinus nurse</i>	Brnur		8	1		31								377			
<i>Chromidotilapia güntheri</i>	Chgue	1	8	9		1	269						132	114		7	
<i>Chrysiichthys maurus</i>	Chmau			9										17		16	
<i>Chrysiichthys nigrodigitatus</i>	Chnig			16		61							1	44		3	
<i>Clarias anguillaris</i>	Clang	49	54	2	14	2	3	78	9					3	11		
<i>Clarias gariepinus</i>	Clgar	24	18	4	6	2	4	9	5					17	32		
<i>Ctenopoma petherici</i>	Ctpet	6	5	18		1	5							2			
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	Hebim		8	1	7	25	24	11	77				1	34		6	
<i>Hemichromis fasciatus</i>	Hefas	50	32	32	16	88	80	48					26	40	2	15	
<i>Heterobranchius longifiliis</i>	Helon													1			
<i>Heterotis niloticus</i>	Henil	20		1		19	6							13			
<i>Hepsetus odoe</i>	Heodo	21	1	6													
<i>Lates niloticus</i>	Lanil																140
<i>Labeo senegalensis</i>	Lasen					1								1			
<i>Marcusenius furcoidens</i>	Matuf	93	3											9			
<i>Marcusenius ussheri</i>	Mauss	474	217	29	15	4	74						27	64			
<i>Mormyrus hasselquisti</i>	Mohas	4															
<i>Oreochromis niloticus</i>	Ornil	11	2			1		2					3	2	20	1	
<i>Papyrocranus afer</i>	Paafe						1										
<i>Petrocephalus bovei</i>	Pebov	266	435	113	20	106	58		629				63	220			
<i>Pellonula leonensis</i>	Peleo		10					7									
<i>Polypterus endlicheri</i>	Poend		3														
<i>Raimas senegalensis</i>	Rasen												139	28			
<i>Sarotherodon galilaeus</i>	Sagal	23	47	2		9	210	49	67				7	7	113	2	
<i>Schilbe intermedius</i>	Scint	852	1796	92	5	368	678	1					263	11	5		
<i>Schilbe mandibularis</i>	Scman	1	6			1											
<i>Synodontis schall</i>	Sysch	289	155	15	6	74		4						27			
<i>Tilapia zillii</i>	tizil	69	163	15	253	60	264	216	51				95	77	294	47	

Tableau 6 : Analyse de compromis des données groupées.

Compromise analysis of the pooled data.

Période d'échantillonnage	CovV(X,Y)	VarV(X)	VarV(Y)	RV(X,Y)
Août 1991	0.03391	0.1565	0.01303	0.7509
Septembre 1991	0.01030	0.1201	0.00400	0.4697
Octobre 1991	0.03830	0.1950	0.02581	0.5399
Janvier 1992	0.02315	0.1739	0.01482	0.4560
Mars 1992	0.03645	0.2268	0.02166	0.5201

Var V (X) : Variance vectorielle dans la table X ; Var V (Y) : Variance vectorielle dans la table Y ;
 COVV (X, Y) : Covariance vectorielle entre les tables X et Y ; RV (X, Y) : Corrélation vectorielle
 entre les tables X et Y.

[VarV(X)]: Vectorial variance in the species per reservoir table. [VarV(Y)]: Vectorial variance in the
 environmental variables per reservoir table. [COVV(X,Y)]: Vectorial covariance between the two
 tables. [RV(X,Y)]: Vectorial correlation between the two tables.

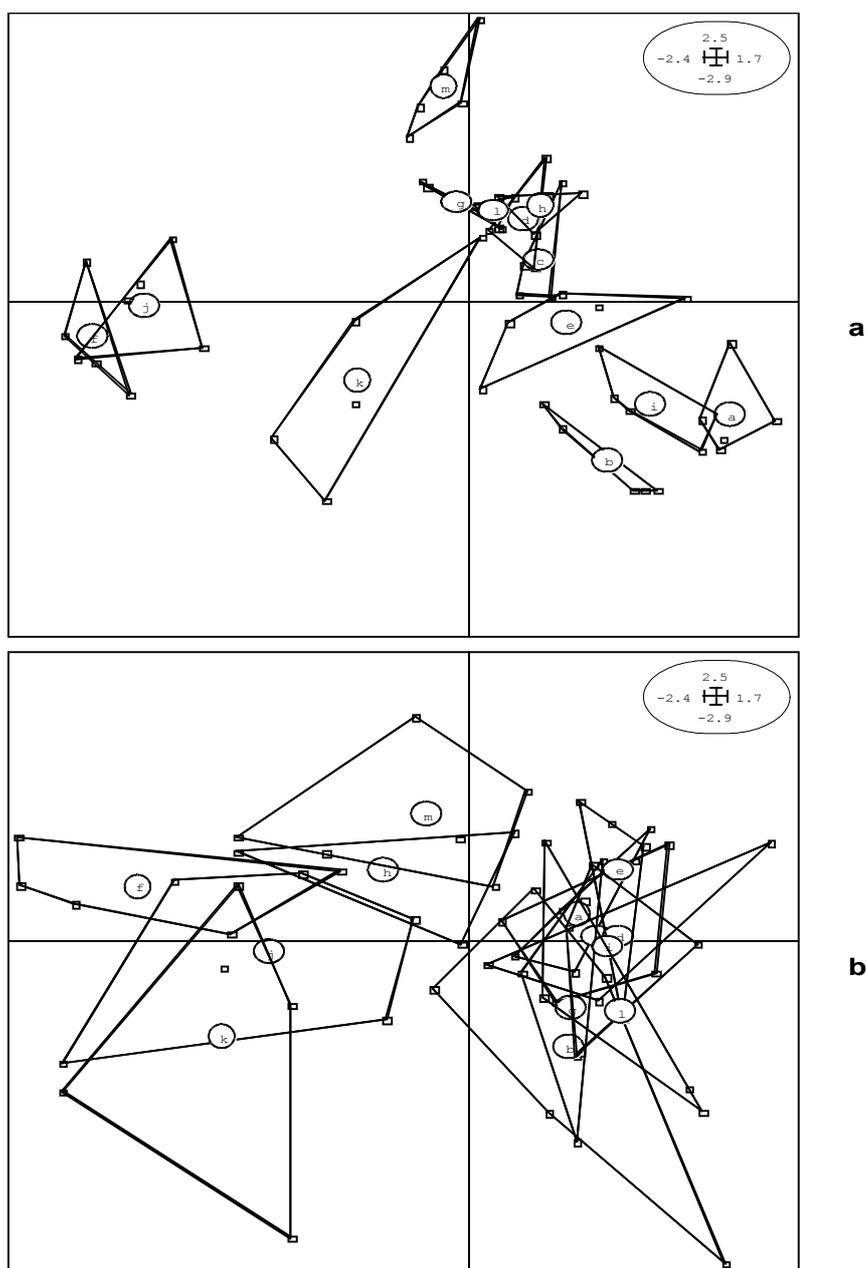


Figure 1. Représentation spatiale des 13 petits barrages étudiés dans l'espace réduit des axes 1 (horizontal) et 2 (vertical) à l'aide de polygones convexes sur les 5 périodes d'échantillonnage matérialisés par des points. (Les cercles indiquent le barycentre de chaque reservoir).

Ordination of the reservoirs in the reduced space of factors 1 (horizontal) and 2 (vertical). Convex hulls cluster single reservoir ordinations at the five periods of sampling (dots). Circles indicate the centroid of any given reservoirs (letter) (mean over the five periods of sampling). Reservoir names are given by a letter as indicated in the appendix.

- (a) Analyse de compromis de la matrice des espèces par barrage sur les 5 périodes d'échantillonnage. Pourcentage de la variance exprimée : F1 = 29.9 % ; F2 = 19.5 %.
- (b) Analyse de compromis de la matrice des paramètres du milieu par barrage sur les 5 périodes d'échantillonnage. Pourcentage de la variance exprimée : F1 = 28.7 % ; F2 = 25.4 %.

a - Gboyo ; b - Katiali ; c - Korokara serpent ; d - Korokara termitière ; e - Lokpoho ; f - Nafoun ; g - Nambingué ; h - Natio ; i - Sambakaha ; j - Sologo k - Solomougou ; l - Tiaplé ; m - Tiné ;

La variabilité inter-barrages est plus liée aux variables environnementales (figure 1 b), qu'à l'abondance spécifique (figure 1 a).

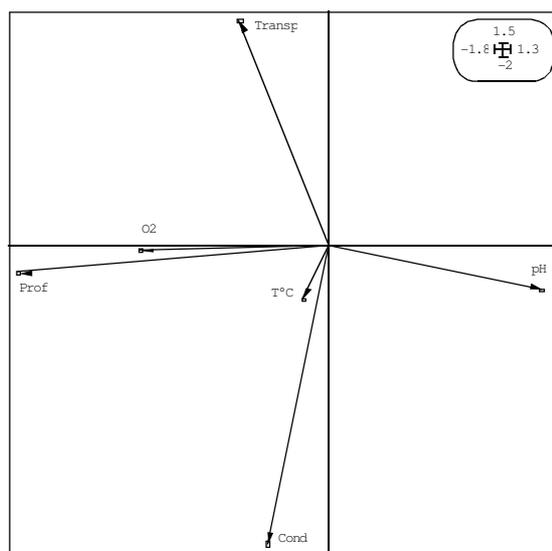


Figure 2 : Ordination des réservoirs dans l'espace réduit des facteurs 1 (horizontal) et 2 (vertical) dans l'analyse de compromis des deux tables X (matrice des espèces/barrages) et Y (matrice des variables environnementales/barrages) sur les 5 périodes d'échantillonnage. Pourcentage de la variance exprimée : F1 = 55,7% ; F2 = 25,0%.

Triplot of the ordination of the reservoirs in the reduced space of factors 1 (horizontal) and 2 (vertical) in the compromise analysis of both species per reservoirs and environmental variables per reservoirs tables over the five sampling periods. Species names are given by a number as indicated in the appendix. Percent of variance explained : F1 = 55.7 % ; F2 = 25.0 %.

- (a) : Ordination des espèces dans l'analyse de compromis. Le cercle représente le cercle-unité. Les espèces avec des normes vectorielles supérieures au cercle-unité sont regroupées par des ellipses.
 (b) Ordination des variables environnementales dans l'analyse de compromis.

Cond. : Conductivité; O2: Oxygène; pH ; Prof. ; T : Température, Transp : transparence. 3- *Barbus macrops* ; 4- *Brycinus imberi* ; 5- *Brycinus longipinnis* ; 7- *Brycinus nurse* ; 8- *Chromidotilapia güntheri* ; 9- *Chrysichthys maurus* ; 10- *Chrysichthys nigrodigitatus* ; 11- *Clarias anguillaris* ; 12- *Clarias gariepinus* ; 13- *Ctenopoma petherici* ; 14- *Hemichromis bimaculatus* ; 15- *Hemichromis fasciatus* ; 16- *Hepsetus odoe* ; 18- *Heterotis niloticus* ; 19- *Marcussenius senegalensis* ; 20- *Lates niloticus* ; 22- *Marcussenius ussheri* ; 23- *Mormyrus hasselquisti* ; 24- *Oreochromis niloticus* ; 26- *Pellonula leonensis* ; 27- *Petrocephalus bovei* ; 28- *Polypterus. endlicheri* ; 29- *Raiamas senegalensis* ; 30- *Sarotherodon galilaeus* ; 31- *Schilbe intermedius* ; 33- *Synodontis schall* ; 34- *Tilapia zillii*.

Six groupes d'espèces sont identifiés en fonction de la qualité de l'eau (figure 2 a). La température a une faible contribution dans l'ordination (figure 2 b).

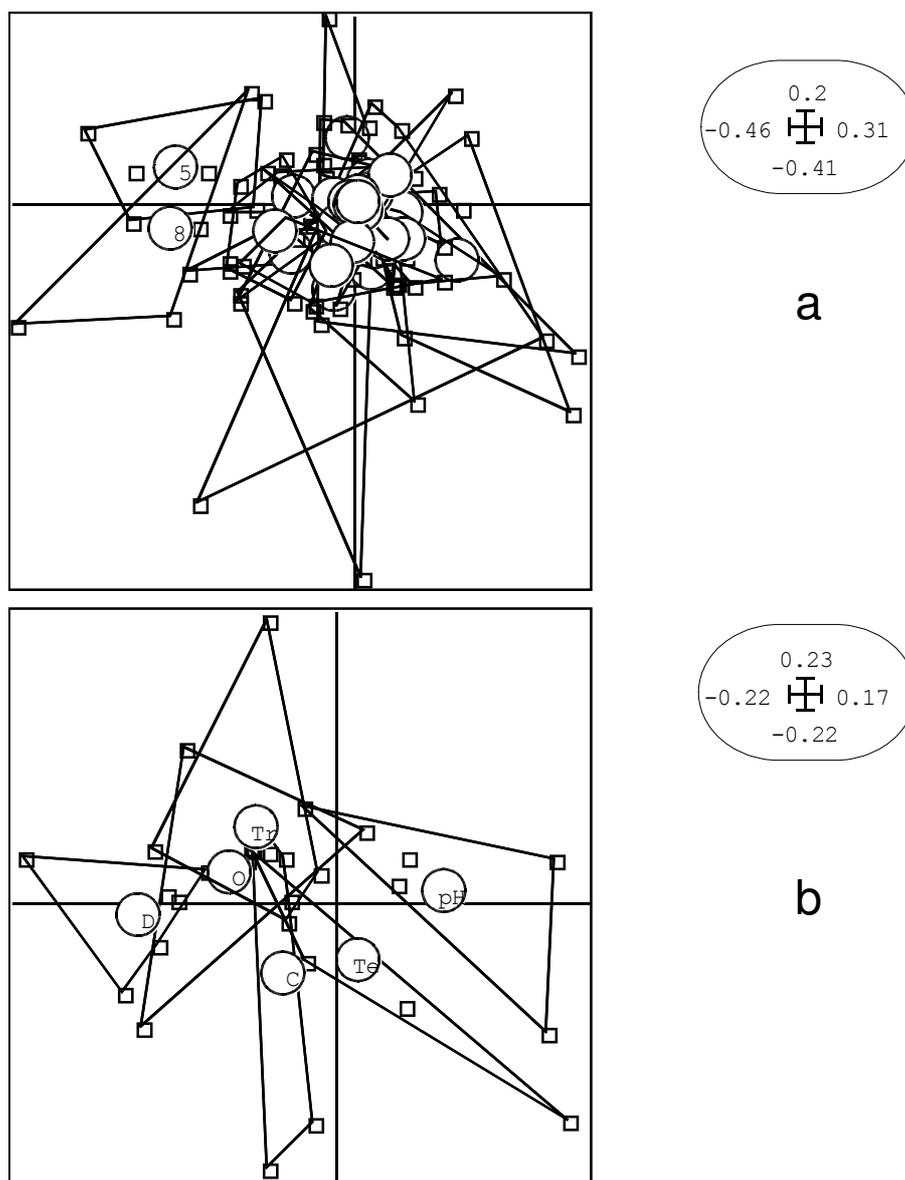


Figure 3 : Ordination des espèces (a) et des variables environnementales (b) dans l'espace réduit des facteurs 1 (horizontal) et 2 (vertical) dans l'analyse de compromis des deux tables X (matrice des espèces/barrages) et Y (matrice des variables environnementales/barrages) sur les 5 périodes d'échantillonnage.

Ordination of the species (a) and of the environmental variables (b) in the reduced space of factors 1 (horizontal) and 2 (vertical) in the compromise analysis of both species per reservoirs and environmental variables per reservoirs tables over the five sampling periods.

- (a) : Les polygones convexes regroupant les ordinations de chaque espèce aux 5 périodes d'échantillonnage (points). Les cercles indiquent le barycentre du polygone de chaque espèce (moyenne sur les 5 périodes d'échantillonnage).
- (b) : Les polygones convexes regroupant les ordinations de chaque variable environnementale aux 5 périodes d'échantillonnage (points). Les cercles indiquent le barycentre du polygone de chaque variable (moyenne sur les 5 périodes d'échantillonnage). C : Conductivité ; O : Oxygène ; D : Profondeur ; Te : Température ; Tr : Transparence.

La plupart des espèces ont des abondances très proches à toutes les périodes (a), tandis que les variables environnementales ont des caractéristiques temporelles distinctes (b).