

Zonation ichtyologique du bassin du Bandama (Côte d'Ivoire)

Bernard de MERONA*

RÉSUMÉ

A de multiples reprises, les hydrobiologistes ont tenté de dégager une zonation des rivières basée sur la distribution des organismes. Différents types de schémas ont été proposés pour décrire la répartition des organismes dans une rivière, mais aucun n'a pu être généralisé. Pourtant, le schéma proposé par ILLIES et BOTOSANEANU (1963) a été appliqué à un certain nombre de rivières d'Afrique prenant leur source en altitude. Les rivières du bassin du Bandama ont un faciès très différent; comme beaucoup de rivières d'Afrique de l'Ouest, elles présentent une pente faible sur la plus grande partie de leur cours.

Une série de prélèvements d'étiage dans les milieux profonds comme dans les milieux peu profonds, ont fait l'objet d'analyses factorielles pour la mise en évidence éventuelle de regroupements entre les stations et entre les espèces. Les résultats de ces analyses, nuancés par la prise en compte d'échantillons supplémentaires, montrent que la zonation ichtyologique est peu marquée dans ce bassin.

A part une zone de source aux caractéristiques physiques très particulières (ruisseaux temporaires), nous distinguons une zone de cours supérieur et une zone de cours inférieur, toutes deux peu étendues, encadrant une large zone de cours moyen au peuplement homogène.

Une distribution très particulière de certaines espèces, présentes ou spécialement abondantes dans les parties inférieures et supérieures des cours est mise en évidence.

MOTS-CLÉS : Afrique. Rivières. Ichtyologie. Écologie. Zonation.

ABSTRACT

ICHTHYOLOGICAL ZONATION OF BANDAMA BASIN (IVORY COAST)

In many occasions, hydrobiologists tried to bring out a river zonation from organisms distribution. Different kinds of diagrams have been propounded to describe the repartition of organisms in a river but none of them achieved a generalization. Nevertheless, the diagram propounded by ILLIES and BOTOSANEANU (1963) has been applied to some African rivers which rise in altitude. The Bandama basin rivers have a very different aspect; like many rivers in West Africa, they have a low slope gradient all over their course.

Many samples have been done during the dry season, in the deep as in the shallow waters. The data have been computed using a factor analysis, to point out possible similarities between samples and/or between species repartition. The results of these analysis discussed with some considerations from additional samples, show that the ichthyological zonation is poorly marked in this kind of rivers.

Apart from a spring area which exhibits very particular physical characteristics (temporary brooks), we distinguish an upper course and a lower course zones, both very small, and, between them, a large zone of middle course with an homogenous fish population.

A very particular distribution of some species, which are present or more abundant in the upper and the lower course, is pointed out.

KEY WORDS: Africa. Rivers. Ichthyology. Ecology. Zonation.

* Hydrobiologiste O.R.S.T.O.M., 24, rue Bayard, 75008 Paris (France).

INTRODUCTION

Les milieux lotiques sont le plus souvent extrêmement complexes, ce qui a des conséquences sur la répartition l'abondance et le comportement des populations de poissons. Celles-ci présentent, dans les milieux naturels un équilibre que l'intervention humaine tend à rompre. Il apparaît actuellement essentiel de maintenir autant que possible ces équilibres, dans la mesure où il est établi que leur rupture peut avoir des conséquences graves sur l'ensemble de l'environnement. Les études de répartition des poissons apportent les éléments nécessaires pour l'aménagement piscicole et pour le contrôle des communautés naturelles.

Ainsi ce travail s'inscrit dans le cadre d'une surveillance des populations de poissons dans des rivières traitées à l'insecticide (1). Pour détecter d'éventuelles modifications il était nécessaire de localiser les différentes espèces, de mettre en évidence les associations interspécifiques et de décrire les peuplements tout au long du cours.

Depuis longtemps les problèmes de zonation des rivières ont préoccupé les hydrobiologistes et d'excellentes mises au point ont été faites par ILLIES et BOTOSANEANU (1963) ou plus récemment par HAWKES (1975). Beaucoup de travaux, parmi les plus anciens, sont des études descriptives partielles. La rivière étudiée est partagée en un certain nombre de zones à partir de la présence d'espèces types de poissons. En raison de l'aire de distribution limitée de ces espèces types, et de la diversité des rivières, ces schémas n'ont pu être généralisés.

Considérant ces informations portant sur les espèces de poissons les plus abondantes, comme insuffisantes pour caractériser des portions de cours, d'autres auteurs ont tenté des descriptions plus exhaustives. Ainsi, ILLIES et BOTOSANEANU (1963) étudient la faune d'invertébrés benthiques de la Fulda et proposent un schéma théorique général sur lequel il est possible de placer les zones piscicoles précédemment établies sur quelques rivières. L'Eucrenon et l'Hypocrenon sont les zones de source et les ruisselets qui leur font suite. Le Rhithron, séparé en Épi, Meta et Hypo-Rhithron, est la partie montagneuse qui correspond le plus souvent aux zones à Salmonides. Enfin, le Potamon, divisé lui aussi en Épi, Meta et Hypo Potamon, est la zone de plaine et englobe les zones à Barbeaux, à Brème et la partie estuarienne.

VERNEAUX (1976), à partir d'une analyse de

données portant sur l'ensemble de la faune de plusieurs cours d'eau français et suisse, détermine un schéma théorique de 10 niveaux typologiques auxquels sont associés des groupements d'espèces.

Une autre approche intéressante est réalisée par ECHELLE et SCHNELL (1976) qui analysent des données sur les peuplements de poissons d'un bassin de l'Oklaoma. Des groupements d'espèces ayant une distribution voisine sont mis en évidence.

Par ailleurs, au lieu de décrire les peuplements par leur composition spécifique relative, il peut être suffisant d'étudier certaines caractéristiques. Quelques travaux mettent ainsi en évidence, une augmentation régulière de la richesse et de la diversité spécifique de la source à l'embouchure d'un cours d'eau (HARREL *et al.*, 1967; SHELDON, 1968; DEACON et BRADLEY, 1972; WHITESIDE et McNATT, 1979).

Enfin, dans le souci de généraliser, les auteurs ont tenté de relier aux facteurs abiotiques du milieu, les distributions d'organismes et ont proposé des modèles. Les facteurs qui ont une influence sur la répartition des organismes sont nombreux (MACAN, 1961), mais parmi ceux-ci, la vitesse du courant semble avoir un rôle prépondérant en ce qu'elle influe sur nombre d'autres caractéristiques, et HUET (1962) définit la « règle des pentes » qui, dans une même aire géographique, associe la présence de certaines espèces de poissons à une fourchette de gradients. Dans le même ordre d'idées, VERNEAUX (1977), à la suite d'analyses d'un grand nombre de caractères abiotiques, donne une formule d'un « type écologique théorique », conjonction de quelques facteurs principaux, qui permettrait de déterminer l'appartenance typologique théorique d'un point quelconque. Là encore, l'application de ce modèle n'est valable que dans l'aire géographique où a été menée l'étude.

Il ressort de cet ensemble de travaux, qu'en dépit des efforts consentis, un schéma de zonation, généralisable à toutes les rivières n'ait pu être dégagé, et cela, à l'intérieur de la même zone climatique.

En Afrique intertropicale, les travaux sont beaucoup moins nombreux. Un certain nombre d'études ont été menées dans des rivières prenant leur source en altitude et au dénivelé important, au moins sur une partie de leur cours. Les résultats obtenus, aussi bien dans le bassin du Zaïre (MARLIER, 1954; MALAISSE, 1976) que dans les bassins d'Afrique du Sud (HARRISON et ELSWORTH, 1958; OLLIF, 1960; HARRISON, 1965; GAIGHER, 1973) ou du Zambèze (BALON, 1974), montrent un schéma de zonation

(1) Travail réalisé dans le cadre d'une Convention O.R.S.T.O.M.-O.M.S. Lutte contre l'Onchocercose. Surveillance de l'environnement aquatique.

bien net et HARRISON (1965) a pu appliquer avec succès la nomenclature d'ILLIES et BOTOSANEANU (1963). En revanche, dans une rivière forestière du Nigeria, SYDENHAM (1978) ne sépare qu'une zone de cours inférieur dans la forêt inondée et une petite zone de source, le reste du cours présentant un peuplement de poissons homogène.

LE MILIEU

Le bassin du Bandama (fig. 1) est l'un des trois grands bassins de Côte d'Ivoire. Le cours principal coule du nord au sud sur une distance d'environ 1 000 km et reçoit deux grands affluents : la Maraoué sur sa rive droite (550 km) et le Nzi sur sa rive gauche (725 km). Les rivières de ce bassin traversent plusieurs zones de végétation. Prenant naissance dans la savanne arborée, elles pénètrent progressivement dans la forêt dense en passant par des zones de forêt défrichée. Elles présentent un « régime équatorial de transition atténué » (GIRARD *et al.*, 1971). La saison des moyennes et hautes eaux s'étale de mai à novembre. Bien que, sur une grande partie du bassin, les précipitations présentent deux pics (mai-juin et septembre-octobre), la crue annuelle n'est, en général pas dédoublée. Les crues présentent une irrégularité inter-annuelle importante.

Le profil, tel qu'il apparaît sur la figure 2 montre que la pente est faible, de l'ordre de 0,40 m par km, et régulière sur la presque totalité du cours. Seule une portion proche de la source présente un dénivelé de 1 à 2 m par km. Cette régularité de la pente entraîne une homogénéité dans les types de milieu rencontrés tout au long du cours. De grandes étendues d'eaux calmes et relativement profondes (vasques) sont séparées par des seuils rocheux (radiers). Les vasques ont une profondeur variable suivant la saison, mais en général supérieure à 1 m. Leur fond est vaseux, parsemé de rochers, rarement sableux. Les radiers sont plus hétérogènes, comprenant des chenaux à courant d'eau plus ou moins violents, des zones de tourbillons et des plages d'eau calme peu profonde.

ÉCHANTILLONNAGE

L'échantillonnage des vasques est réalisé à l'aide d'une batterie de filets maillants comprenant sept filets de 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25, et 30 mm de maille.

Les filets sont posés avant la tombée de la nuit et sont relevés le matin. Chaque prélèvement porte sur deux nuits afin de compenser les aléas de la

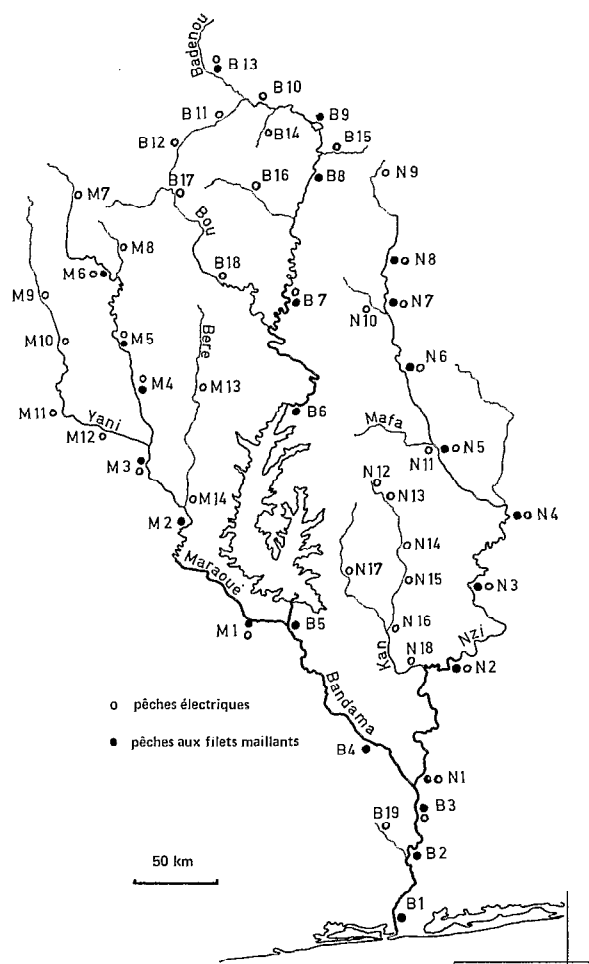


FIG. 1. — Hydrographie du bassin du Bandama et localisation des stations d'échantillonnage.

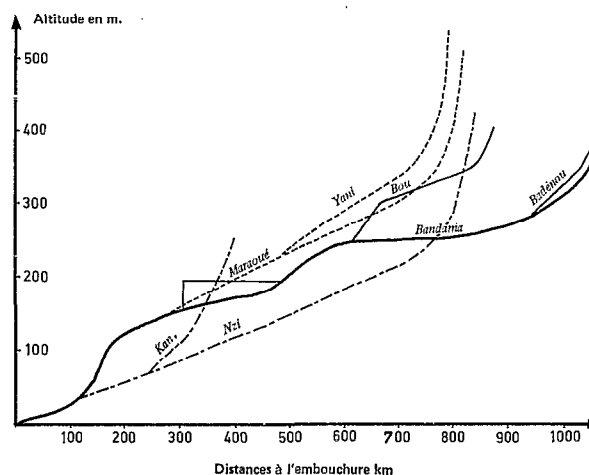


FIG. 2. — Profil en long du bassin du Bandama.

pêche. Un échantillon est constitué de la somme des prises par unité d'effort espèce par espèce (exprimée en nombre ou en poids de poisson pour 100 m² de surface pêchante et par nuit), pour les différents types de filets.

L'échantillonnage des milieux peu profonds est effectué à l'aide d'un matériel de pêche électrique à l'épuisette (GOSSET, 1976). Aucune unité d'effort satisfaisante n'a pu être définie tant l'efficacité de ce genre d'engin est dépendante du milieu et de l'utilisateur. Les résultats sont donc dans ce cas utilisés bruts et les comparaisons quantitatives de station à station sont impossibles.

L'étude porte sur 24 échantillons aux filets maillants et 43 échantillons en pêche électrique

réalisés pendant la période d'étiage (novembre à mars) et couvrant la totalité du bassin (fig. 1).

TRAITEMENT DES DONNÉES

En raison de la faible efficacité des filets maillants et du hasard de la pêche, les captures des espèces rares sont très aléatoires, et leur absence de l'échantillon n'a pas de réelle signification. Nous avons donc éliminé, pour les comparaisons entre échantillons, les espèces dont l'effectif n'est, dans aucun prélèvement, supérieur à 5 % de l'effectif total du prélèvement.

En vue d'homogénéiser les variances, et de normaliser, même grossièrement les distributions, une transformation $\log(x+1)$ a été appliquée aux données brutes. Les matrices des effectifs transformés ont fait l'objet d'une analyse factorielle des correspondances (BENZECRI, 1973).

Les diversités dans les échantillons ont été calculées à partir des biomasses par la formule de Shannon : $I = -\sum p_i \log_2 p_i$ où p_i représente les biomasses relatives de chaque espèce i .

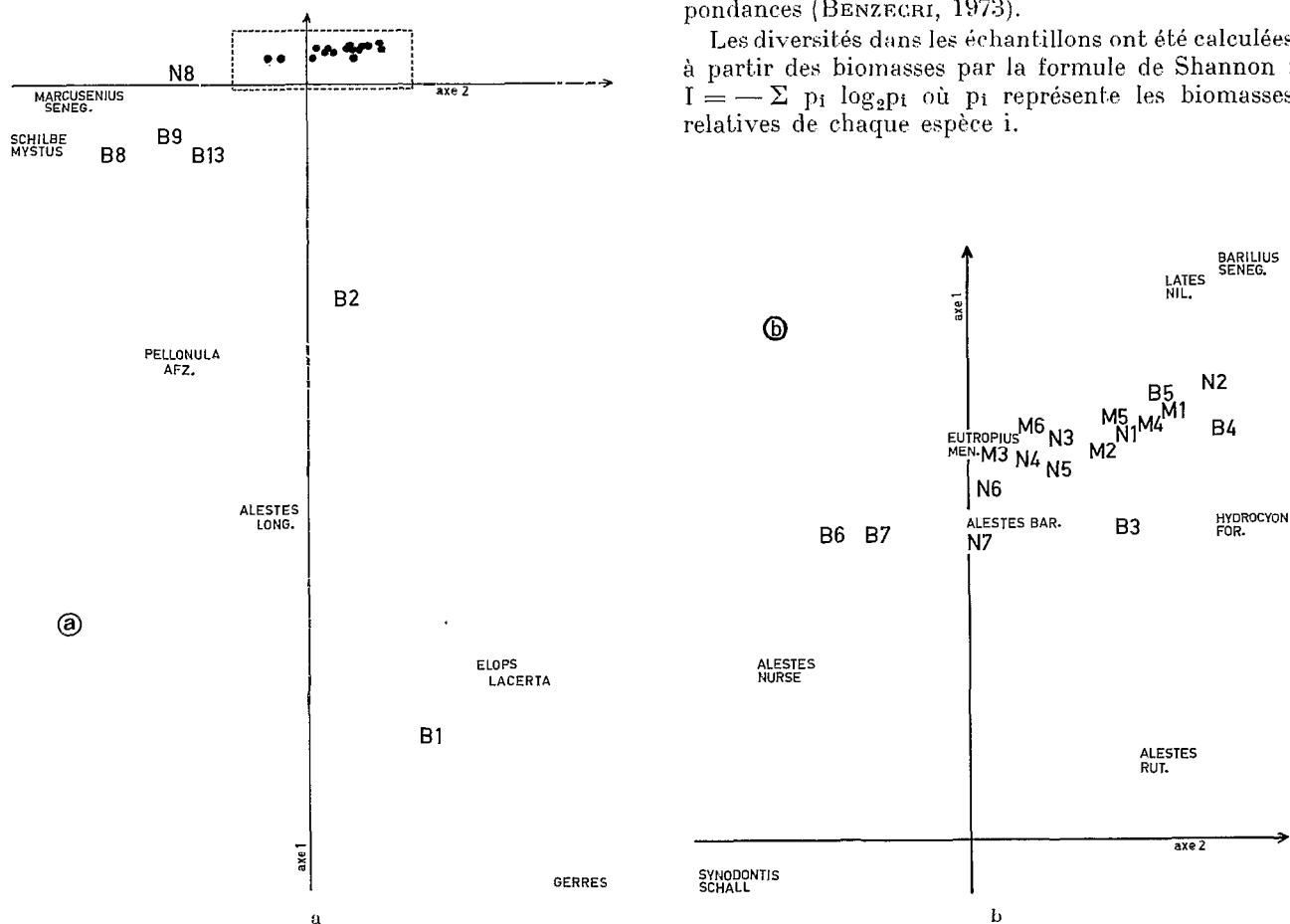


FIG. 3. — Projection des points, dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances sur les prélèvements dans les milieux d'eau profonde du bassin du Bandama. a : ensemble de la projection ; b : détail de la partie encadrée. B : stations du Bandama ; N : stations du Nzi ; M : stations de la Maraoué.

RÉSULTATS

A. Milieux profonds

Les deux premiers facteurs de l'analyse des correspondances extraient 56 % de l'inertie totale. L'image fournie par la projection des points sur les axes 1 et 2 est donnée sur la figure 3 (a et b). La dispersion des prélèvements peut être mise en rapport avec la distance à l'embouchure comme le montre la figure 4 (a et b) qui porte les coordonnées des prélèvements sur les axes de l'analyse, en fonction de la position géographique des stations. Le tableau I, qui donne les corrélations des espèces avec les deux premiers axes permet de dégager les espèces responsables de la dispersion des prélèvements. La répartition des espèces ayant les corrélations les plus élevées est portée sur la figure 5.

L'axe 1 sépare principalement les stations de la partie la plus inférieure du cours (B1 et B2) et, dans une moindre mesure, les stations les plus éloignées de l'embouchure (N8, B8, B9, B13), de l'ensemble des autres prélèvements.

A cette dispersion correspondent les espèces *Gerres* sp., *Elops lacerta*, *Alestes longipinnis*, *Pellonula afzeluisi*, *Eutropius mentalis* et *Alestes baremoze*.

L'axe 2 isole nettement les stations les plus septentrionales par les espèces *Marcusenius senegalensis* et *Schilbe mystus*. Les stations des cours moyens s'ordonnent également suivant cet axe (figure 3b). Les prélèvements des parties inférieures (M1, M2, B4, B5, N1), avec des espèces *Barilius senegalensis*, *Hydrocyon forskahlii* et *Lates niloticus*, ainsi que ceux des portions supérieures (B6 et B7) avec les espèces *Alestes nurse* et *Synodontis schall* encadrent les prélèvements moyens correspondant aux espèces *Eutropius mentalis* et *Alestes baremoze*. En dépit de cette image générale, la succession topographique des stations dans une rivière n'est pas toujours reproduite par les coordonnées sur l'axe 2, comme le montre bien la représentation de la figure 4b. Dans le Bandama, il existe une cassure entre les stations B5 et B6. La présence du barrage de Kossou qui interrompt totalement le cours du fleuve en est probablement responsable. En effet, l'abondance, dans les stations B6 et B7 d'espèces telles que *Labeo senegalensis* est vraisemblablement liée à la proximité du lac. Dans la Maraoué, un accident dans la courbe s'observe entre les stations M3 et M4. Ce phénomène serait lié à la distribution particulière d'espèces du cours moyen qui effectuent des déplacements, provoquant ainsi des pics de leur abondance relative dans certaines stations. En l'occurrence, *Hydrocynus forskahlii*, *Petrocephalus bovei*, et *Eutropius mentalis* présentent

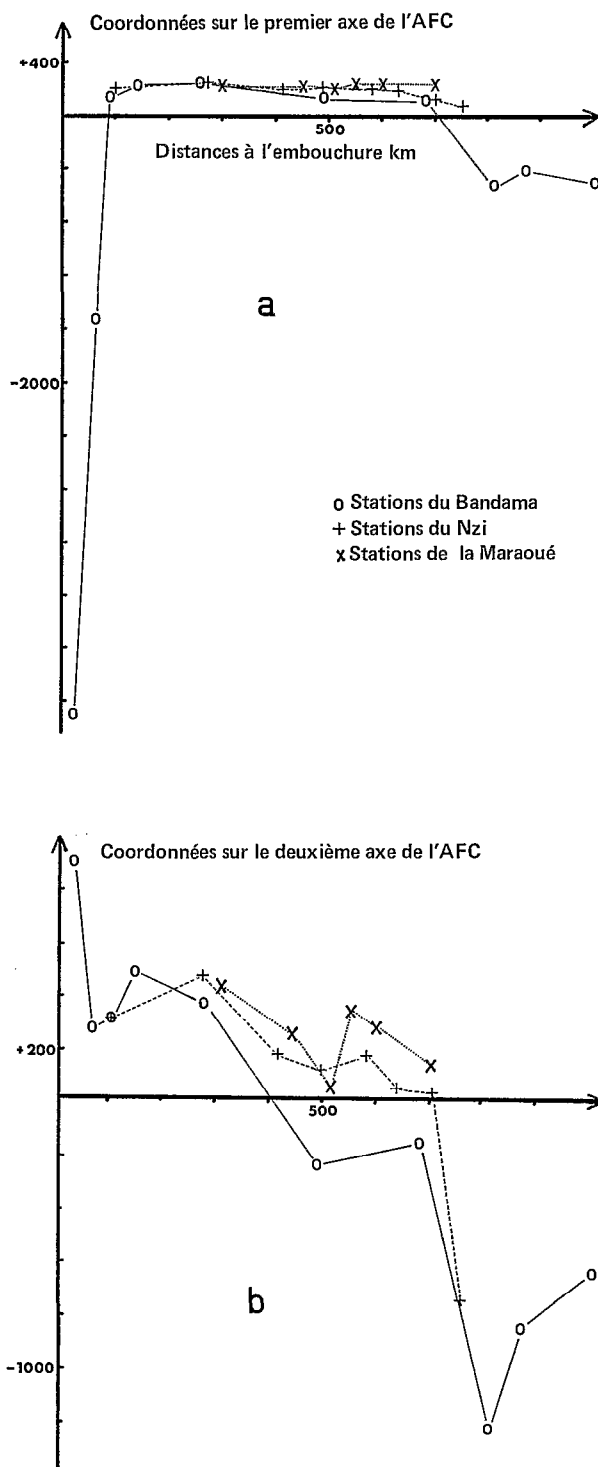


FIG. 4. — Relation entre les distances à l'embouchure et les coordonnées sur les axes de l'analyse factorielle des correspondances, des prélèvements d'eau profonde. a : premier axe ; b : deuxième axe.

TABLEAU I

Corrélations des espèces pêchées en eau profonde avec les axes I et II de l'analyse factorielle des correspondances

Espèces	Corrélations	
	I	II
<i>Gerres</i> sp.....	0,844	0,080
<i>Alestes longipinnis</i>	0,789	0,009
<i>Elops lacerta</i>	0,770	0,071
<i>Pellonula afzeluisi</i>	0,391	0,079
<i>Eutropius mentalis</i>	0,217	0,001
<i>Alestes baremoze</i>	0,117	0,015
<i>Chrysichthys velifer</i>	0,092	0,036
<i>Alestes imberi</i>	0,092	0,042
<i>Petrocephalus bovei</i>	0,086	0,024
<i>Marcusenius bruyeri</i>	0,039	0,000
<i>Marcusenius senegalensis</i>	0,048	0,793
<i>Schilbe mystus</i>	0,007	0,679
<i>Hydrocyon forskahlii</i>	0,078	0,611
<i>Alestes rutilus</i>	0,009	0,563
<i>Alestes nurse</i>	0,034	0,454
<i>Synodontis schall</i>	0,002	0,408
<i>Labeo senegalensis</i>	0,000	0,286
<i>Barilius senegalensis</i>	0,057	0,160
<i>Lates niloticus</i>	0,077	0,118
<i>Distichodus rostratus</i>	0,006	0,065
<i>Marcusenius furcidens</i>	0,054	0,056
<i>Synodontis bastiani</i>	0,044	0,047
<i>Tilapia zillii</i>	0,036	0,039

des évolutions concomitantes de leur abondance relative.

Le facteur 3 extrait encore 12 % de la variabilité, mais apparaît lié uniquement à la distribution particulière de *Pellonula afzeluisi* (40 % de contribution relative) qui sépare les stations B1 et B2 d'une part et B8 et B13 d'autre part. Le quatrième facteur n'extrait plus que 6 % de l'inertie.

A partir de ces résultats, il est possible de classer les espèces en quatre groupes principaux :

1. ESPÈCES ESTUARIENNES : *Gerres* sp. et *Elops lacerta*. A ce groupe peuvent être rattachées les autres espèces estuariennes qui n'ont pas participé à l'analyse de par leur rareté. Ce sont : *Belone senegalensis*, *Polydactylus quadrifilis*, *Tilapia mariae* et *Tylochromis jentinki*.

2. ESPÈCES PRÉSENTES OU PARTICULIÈREMENT ABONDANTES AUX DEUX EXTRÉMITÉS DU COURS : *Alestes longipinnis* et *Pellonula afzeluisi*. *Hepsetus odoe* rare dans nos prélèvements présente le même type de distribution.

3. ESPÈCES PRÉSENTES OU PARTICULIÈREMENT ABONDANTES DANS LES PARTIES DU COURS LES PLUS ÉLOIGNÉES DE L'EMBOUCHURE : *Marcusenius senega-*

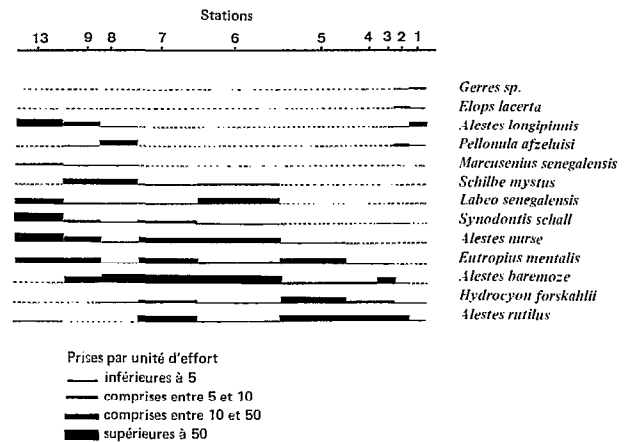


FIG. 5. — Répartition des espèces d'eau profonde les plus importantes dans le Bandama.

lensis, *Schilbe mystus* et *Synodontis schall*, mais aussi *Polypterus endlicheri* retiré de l'analyse.

4. ESPÈCES À DISTRIBUTION LARGE, CONSTANTES DANS LE COURS MOYEN ET DONT L'ABONDANCE EST VARIABLE EN FONCTION DE CRITÈRES INDÉPENDANTS DE LA ZONATION. *Alestes baremoze*, *Alestes rutilus*, *Eutropius mentalis* et *Hydrocyon forskahlii* sont parmi les plus abondantes.

Cette classification aboutit, pour les milieux profonds, à un schéma de zonation clair : une zone de cours inférieur, sous influence estuarienne, et une zone de cours supérieur, toutes deux peu étendues, encadrant une large zone de cours moyen.

Aucune différence notable dans la richesse, la diversité et l'équitabilité des peuplements n'apparaît liée à cette partition du bassin (tabl. II).

B. Milieux peu profonds

Les trois premiers facteurs de l'analyse des correspondances sur les 43 prélèvements extraient 42 % de l'inertie totale du nuage. Les projections des prélèvements et des espèces dans les plans des axes 1 et 2 d'une part et 1 et 3 d'autre part, sont données sur les figures 6 et 7. La variabilité restante est expliquée par les 34 facteurs suivants, le quatrième n'en extrayant déjà plus que 6 %.

Les espèces se répartissent en trois groupes en fonction de leurs corrélations aux trois premiers axes (tabl. III). Le premier facteur qui extrait 22 % de l'inertie totale semble lié à la zonation longitudinale. Il existe une bonne corrélation entre les coordonnées des prélèvements sur cet axe et la

TABLEAU II

Caractéristiques des échantillons récoltés aux filets maillants dans le bassin du Bandama en étiage

Station.....	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B13	M1	M2
Richesse.....	16	22	13	11	18	23	18	24	24	18	17	23
Diversité.....	3,265	3,765	2,789	2,327	3,210	2,868	2,397	2,977	3,093	3,268	2,453	3,564
Équitabilité...	0,816	0,844	0,754	0,673	0,770	0,634	0,575	0,649	0,675	0,784	0,600	0,788

Station.....	M3	M4	M5	M6	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Richesse.....	20	27	15	24	13	10	18	19	13	22	16	17
Diversité.....	3,547	3,516	1,974	3,408	2,428	3,005	3,182	3,553	3,029	3,898	2,541	3,225
Équitabilité....	0,821	0,739	0,505	0,743	0,656	0,905	0,763	0,836	0,819	0,874	0,635	0,789

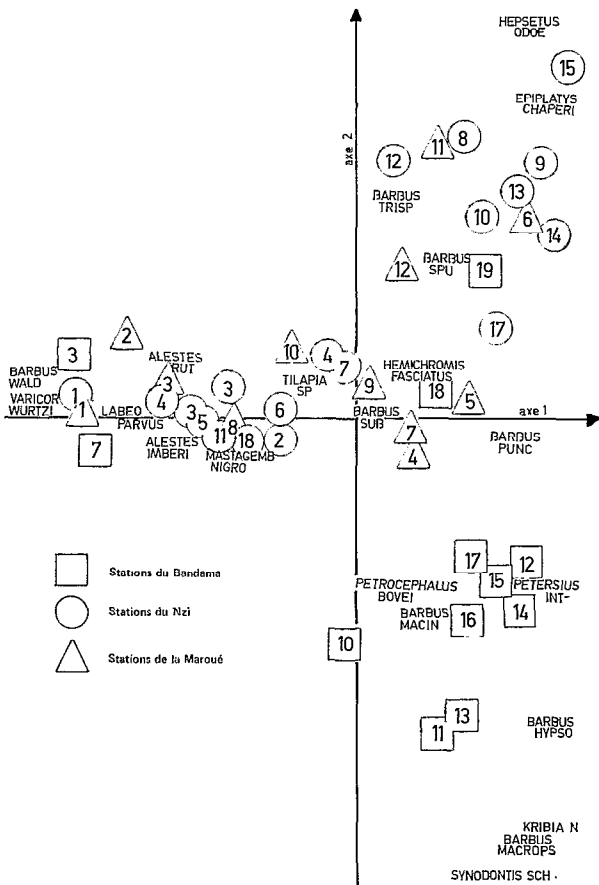


FIG. 6. — Projection des points, dans le plan des axes 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances sur les prélèvements dans les milieux d'eau peu profonde du bassin du Bandama.

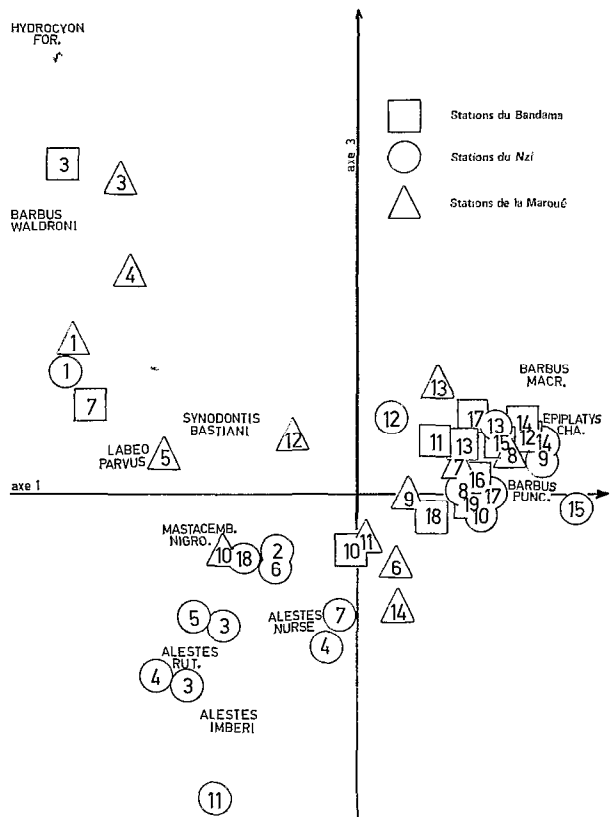


FIG. 7. — Projection des points, dans le plan des axes 1 et 3 de l'analyse factorielle des correspondances sur les prélèvements dans les milieux d'eau peu profonde du bassin du Bandama.

TABLEAU III

Corrélations des espèces pêchées en eau peu profonde avec les axes I, II, III de l'analyse factorielle des correspondances

Espèces	Corrélations		
	I	II	III
<i>Labeo parvus</i>	0,680	0,000	0,003
<i>Barbus waldroni</i>	0,588	0,001	0,120
<i>Mastacembelus nigromarg.</i>	0,576	0,019	0,058
<i>Varicorhinus wurtzi</i>	0,536	0,002	0,227
<i>Barbus punctitaeniatus</i>	0,434	0,007	0,002
<i>Nannocharax occidentalis</i>	0,390	0,000	0,008
<i>Petersius intermedius</i>	0,340	0,190	0,019
<i>Neoloebias unifasciatus</i>	0,314	0,178	0,002
<i>Alestes rutilus</i>	0,287	0,001	0,183
<i>Barilius senegalensis</i>	0,268	0,058	0,044
<i>Nematogobius maindroni</i>	0,245	0,001	0,065
<i>Alestes longipinnis</i>	0,243	0,055	0,004
<i>Synodontis bastiani</i>	0,228	0,030	0,020
<i>Aplocheilichthys</i> spp.....	0,205	0,015	0,003
<i>Tilapia</i> spp.....	0,188	0,040	0,061
<i>Heterobranchus isoplerus</i>	0,149	0,137	0,007
<i>Hemichromis bimaculatus</i>	0,117	0,112	0,009
<i>Clarias senegalensis</i>	0,097	0,019	0,000
<i>Pelmatochromis guntheri</i>	0,090	0,002	0,075
<i>Gobius guineensis</i>	0,090	0,000	0,014
<i>Eutropius mentalis</i>	0,029	0,010	0,020
<hr/>			
<i>Barbus macrops</i>	0,203	0,545	0,049
<i>Kribia nana</i>	0,167	0,351	0,031
<i>Synodontis schall</i>	0,056	0,347	0,007
<i>Barbus spurelli</i>	0,247	0,319	0,001
<i>Barbus hypsolepis</i>	0,186	0,311	0,013
<i>Barbus macinensis</i>	0,119	0,292	0,000
<i>Hepsetus odoe</i>	0,077	0,263	0,002
<i>Barbus trispitus</i>	0,012	0,241	0,206
<i>Petrocephalus bovei</i>	0,023	0,238	0,039
<i>Epiplatys chaperi</i>	0,148	0,234	0,011
<i>Chrysichthys velifer</i>	0,064	0,204	0,020
<i>Micralestes occidentalis</i>	0,071	0,142	0,017
<i>Alestes nurse</i>	0,005	0,050	0,044
<hr/>			
<i>Alestes imberi</i>	0,320	0,004	0,362
<i>Hydrocyon forskahlii</i>	0,275	0,021	0,360
<i>Hemichromis fasciatus</i>	0,059	0,026	0,061
<i>Barbus sublineatus</i>	0,014	0,001	0,019

distance des stations par rapport à la source (fig. 8). Quelques points se situent cependant en dehors de ce schéma. Le prélèvement N11 a été effectué dans la Mafa juste au niveau du confluent avec le Nzi. L'échantillon peut donc avoir été contaminé par les espèces se trouvant normalement dans le cours principal. Par ailleurs, la position des prélèvements N3' et N4' effectués dans la même station mais dans des biotopes différents, montre que, dans une même zone, des variations importantes des peuplements peuvent exister. C'est ce qui explique vraisemblablement aussi l'isolement de la station N2.

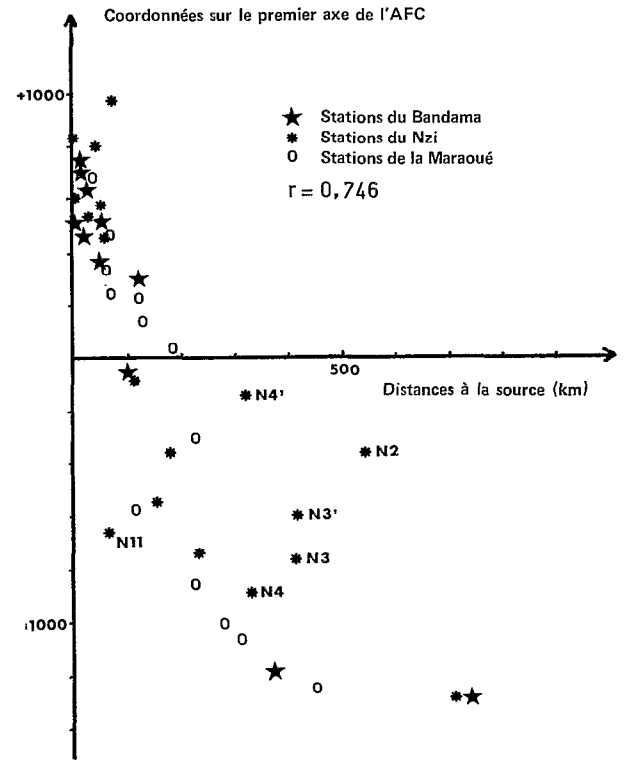


FIG. 8. — Relation entre les distances à la source et les coordonnées sur le premier axe de l'analyse factorielle des correspondances des prélèvements d'eau peu profonde.

Ces quelques exceptions mises à part, la représentation utilisée permet de classer grossièrement les prélèvements en deux groupes :

- (1) les stations du cours moyen jusqu'à une distance d'environ 150 km de la source;
- (2) les stations du cours supérieur dans les 150 premiers km de cours.

Les espèces correspondant à cette dispersion sont celles qui ont leur meilleure corrélation avec l'axe I. D'après leur répartition, établie dans le Nzi (fig. 9), il est possible de les séparer en trois groupes principaux :

1. ESPÈCES DE LA ZONE SOUS INFLUENCE ESTUARIE NNE : *Gobius guineensis*, mais aussi *Scyscidium* sp. présent uniquement dans la station B2 et qui a été exclu de l'analyse.
2. ESPÈCES DE COURS MOYEN : les principales étant : *Labeo parvus*, *Mastacembelus nigromarginatus*, *Alestes rutilus*, *Tilapia* spp., *Alestes imberi*.
3. ESPÈCES DU HAUT COURS : distribution limitée à 100 à 150 km de la source : ce sont principalement,

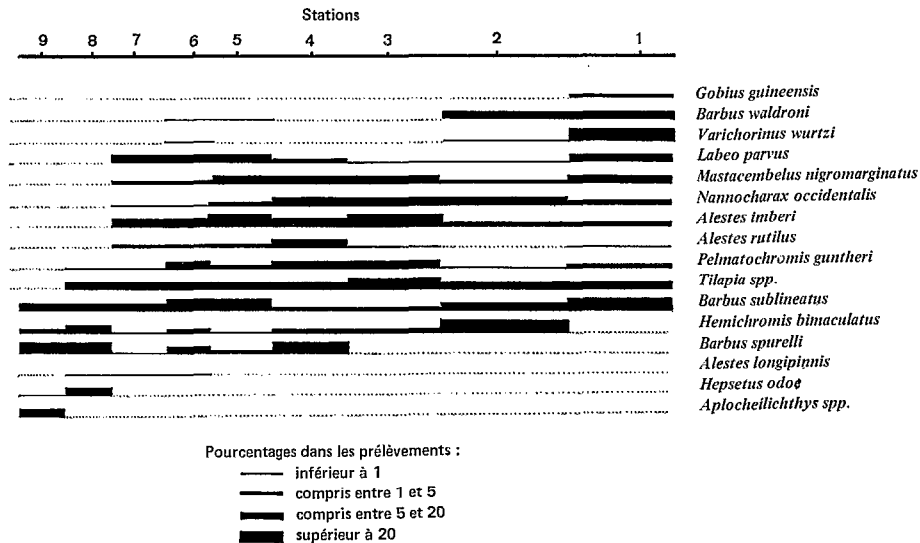


FIG. 9. — Répartition des espèces d'eau peu profonde les plus importantes dans le Nzi.

dans le Nzi : *Alestes longipinnis*, *Hepsetus odoe*, *Aplocheilichthys* spp. Mais, dans les autres rivières, on trouve également *Barbus punctilaenialis*, *Petersius intermedius*, *Neoloebias unifasciatus*...

Ce schéma n'est bien sûr pas rigide et des répartitions intermédiaires sont observées. Ainsi, *Barbus spurelli* et *Hemichromis bimaculatus* ont une distribution plutôt supérieure, et, à l'inverse, *Barbus waldroni* et *Varichorinus wurtzi* sont surtout abondants dans le cours inférieur.

Le deuxième facteur expliquant 13 % de la variabilité sépare principalement les stations du haut cours du Bandama. Les espèces correspondantes sont *Barbus macrops*, *Kribia nana*, *Barbus hypsolepis*... pour celles que l'on trouve exclusivement ou préférentiellement dans le haut cours du Bandama et *Epiplatys chaperi*, *Barbus trispilus*, *Hepsetus odoe*... pour celles présentant une distribution inverse. Le troisième facteur qui explique 8 % de la variabilité isole les stations du cours moyen du Nzi. Les espèces les mieux corrélées avec ce facteur sont *Alestes imberi* et *Hydrocyon forskahlii*.

Comme dans les milieux profonds, la richesse et la diversité des échantillons ne sont pas liées à la zonation longitudinale (tabl. IV).

DISCUSSION-CONCLUSION

Les analyses menées portent sur un ensemble de prélèvements approximativement synchrones effectués au cours d'une saison sèche. Or parmi les

facteurs de variabilité des échantillons, les variations saisonnières et interannuelles peuvent avoir des conséquences importantes. Pour cette raison, dans la plupart des stations, des prélèvements ont été effectués à d'autres époques. Des variations dans les peuplements sont observées concernant en particulier l'abondance des espèces migratrices. Pourtant, des analyses de données prenant en compte l'ensemble des échantillons donnent les mêmes dispersions que celles obtenues à partir des seuls prélèvements de saison sèche. Par ailleurs, les corrélations entre prélèvements réalisés dans une même station à différentes époques de l'année sont le plus souvent élevées. Seuls quelques prélèvements effectués au moment de la crue apparaissent parfois différents.

Ainsi, il semble qu'il existe une certaine stabilité des peuplements dans une zone déterminée pendant la période des eaux basses ou moyennes.

De plus, les résultats de ces prélèvements supplémentaires nous permettent de nuancer les données acquises, et d'apporter des éléments nouveaux au schéma de zonation.

Pellonula afzeluisi paraît, dans les prélèvements étudiés, habiter les parties supérieures et inférieures des cours, à l'instar d'un certain nombre d'autres espèces. Or, à plusieurs reprises, ce poisson a été capturé en grande quantité à Marabadiassa (station B6), dans le sud de la Maraoué (station M1), et dans le cours moyen du Nzi (station N6). Bien que la biologie de l'espèce soit peu connue, il semble que ce petit *Clupeidae* puisse développer des populations importantes dans les grandes étendues d'eaux calmes (lac de Kossou : ROEST, 1974). Par ailleurs,

TABLEAU IV

Caractéristiques des échantillons récoltés par pêche électrique dans le bassin de Bandama en étiage

Station.....	B3	B7	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18
Richesse.....	8	14	21	23	25	29	28	16	22	22	17
Diversité.....	1,325	1,897	3,206	2,998	3,646	3,526	3,207	3,126	3,409	3,597	3,077
Équitabilité.....	0,442	0,498	0,730	0,663	0,785	0,726	0,667	0,782	0,765	0,793	0,753
Station.....	B19	M1	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Richesse.....	15	18	14	20	23	23	27	12	26	19	21
Diversité.....	2,878	3,301	1,776	3,467	3,378	3,591	3,821	2,659	3,347	3,131	3,841
Équitabilité.....	0,737	0,792	0,466	0,802	0,747	0,794	0,804	0,742	0,712	0,737	0,874
Station.....	M12	M13	M14	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8
Richesse.....	18	8	4	17	23	16	19	22	27	24	14
Diversité.....	3,367	1,812	1,387	2,530	3,362	3,052	2,960	2,631	3,130	2,494	2,964
Équitabilité.....	0,807	0,604	0,693	0,619	0,743	0,763	0,697	0,590	0,658	0,544	0,779
Station.....	N9	N10	N11	N12	N13	N14	N15	N17	N18		
Richesse.....	11	16	15	8	15	12	13	23	25		
Diversité.....	1,880	1,874	2,445	2,354	3,251	2,504	2,881	3,403	2,502		
Équitabilité.....	0,543	0,468	0,626	0,785	0,832	0,699	0,779	0,752	0,539		

l'existence de migrations le long des rivières n'est pas à exclure.

Schilbe mystus a été trouvé caractéristique des hauts cours. Pourtant, à plusieurs reprises il a été capturé dans les stations B3, N1, N2 et N4. De plus, dans des bassins côtiers voisins, tels que le Boubo et l'Agnebi, l'espèce est abondante jusqu'à l'estuaire, à des salinités importantes correspondants à des conductivités de l'ordre de 1 800 micromhos (PAUGY et LÉVÊQUE, 1977; ALBARET et MERONA, 1978). De même, cette espèce est dominante dans le bas Sénégal jusqu'à 150 km de l'embouchure (REIZER, 1971). Cette espèce se rapprocherait donc par sa distribution de *Alestes longipinnis*, caractéristique en même temps des cours inférieur et supérieur.

Les mêmes remarques peuvent être faites pour *Synodontis schall* qui, bien que présent tout au long

du cours, est particulièrement abondant dans le nord du bassin, dans les bassins côtiers et qui a été trouvé en quantité dans le bas Sénégal. Une autre espèce présente le même type de distribution : il s'agit de *Hepsetus odoe* qui ne participait pas à l'analyse en raison de sa rareté dans les échantillons pris en compte.

A partir de ces données, nous proposons un schéma théorique de zonation du bassin (fig. 10).

Une zone de source, aux caractéristiques physiques très particulières précède une zone de cours supérieur liée à la présence de quelques espèces. La plus grande partie du cours présente un peuplement homogène dominé par les *Alestes* dans les vasques et par *Labeo parvus* dans les radiers. Enfin, une zone de cours inférieur se dégage, caractérisée par la présence d'une part d'un certain nombre d'espèces du cours

ZONATION	MILIEU	ESPÈCES CARACTÉRISTIQUES
ZONES DE SOURCES	ruisseaux ou mares	<i>Potits Barbus</i> <i>Characidae nains</i> <i>Cyprinodontidae</i> <i>Neolobias sp.</i>
COURS SUPÉRIEUR	petites vasques	<i>Alestes longipinnis</i> <i>Hepsetus odoe</i> <i>Schilbe mystus</i> <i>Synodontis schali</i>
COURS MOYEN	alternance de vasques et de radiers	EAUX PROFONDES <i>Alestes baremoze</i> <i>Alestes nurse</i> <i>Alestes ntilus</i> <i>Hydrocyon forskahlii</i> <i>Futropius mentalis</i>
		EAUX PEU PROFONDES <i>Labeo parvus</i> <i>Mastacembelus sp.</i> <i>Nannochlorax sp.</i> <i>Alestes imberti</i> <i>Tilapia spp.</i>
COURS INFÉRIEUR	grandes vasques gradient de salinité	ESPÈCES CONTINENTALES <i>Alestes longipinnis</i> <i>Hepsetus odoe</i> <i>Schilbe mystus</i> <i>Synodontis schali</i> ESPÈCES ESTUARIENNES OU MARINES <i>Elops lacerta</i> <i>Gerres sp.</i> <i>Gobius guineensis</i>

FIG. 10. — Schéma théorique de la zonation longitudinale des poissons dans le bassin du Bandama.

supérieur et d'autre part d'espèces marines et estuariennes.

Pour la clarté du schéma, les différentes zones sont arbitrairement séparées. En fait, comme il a été dit dans les chapitres précédents, il s'agit plutôt d'une évolution des peuplements qui s'effectue de manière plus ou moins rapide. Ainsi, la zone de cours supérieur a été déterminée par des espèces d'eau profonde, mais présente dans les milieux peu profonds des peuplements intermédiaires entre ceux de source et ceux du cours moyen.

Par ailleurs, des différences existent de rivière à rivière. C'est ainsi que *Mormyrus hasselquisti*, ne se rencontre que dans les milieux profonds du nord du Bandama, *Barbus stigmatopygus*, *B. leonensis*, *B. macrops*, et *Kribia nana*, caractérisent les milieux peu profonds de cette même zone. L'absence totale de *B. macrops* dans le Nzi, de *Marcusenius isidori* dans la Maraoué contribuent également à différencier les trois rivières.

Les causes de cette zonation ont été recherchées. L'originalité de la zone de cours inférieur est liée à deux facteurs. Elle est due d'une part à la présence d'espèces d'eaux salées ou saumâtres, et donc à la

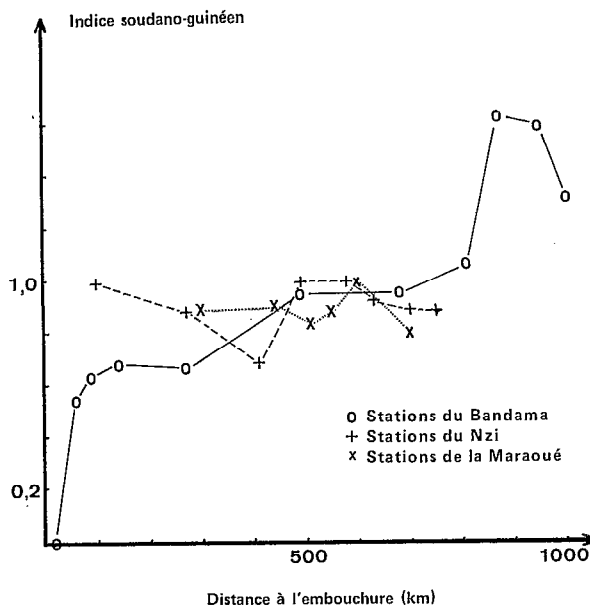


FIG. 11. — Évolution de l'indice Soudano-guinéen en fonction de la distance à l'embouchure, dans le bassin du Bandama. S : nombre d'espèces Soudaniennes; G : nombre d'espèces Guinéennes.

proximité d'un gradient de salinité. Les particularités écologiques des estuaires ont été bien étudiées (ARTHUR, 1975), et des évolutions du même type dans les peuplements ont été relevées en Afrique, aussi bien dans des rivières prenant leur source en montagne (OLLIF, 1960) que dans des rivières « plates » (REIZER, 1971; SYDENHAM, 1978; PAUGY et LÉVÈQUE, 1977; ALBARET et MERONA, 1978). D'autre part, nous avons relevé la présence de quelques espèces continentales abondantes également dans les parties les plus hautes du cours. Aucune hypothèse satisfaisante n'a pu être avancée pour expliquer cette distribution très particulière.

Baucoup de travaux ont développé l'importance des facteurs de milieu dans la zonation des poissons (MACAN, 1961; HUET, 1962; GAIGHER, 1973).

La rivière au niveau de la source est un ruisseau étroit, le plus souvent couvert par la végétation bordante et au fond généralement vaseux. Ces milieux sont soumis à des assèchements périodiques pendant lesquels le cours est réduit à une succession de petites mares. Les espèces que l'on y trouve présentent des adaptations à ce type de conditions. Ainsi, les mécanismes de respiration accessoire des Siluroïdae (FISH, 1955; ABDEL HAGID et BABIKER, 1975). Ainsi, également, les adaptations morphologiques des *Cyprinodontidae* à une alimentation de surface (bouche subère, dos plat).

A partir des sources, les milieux d'eau peu profonde évoluent vers des biotopes typiques de radiers. Ce sont des milieux hétérogènes à l'intérieur desquels il existe une microdistribution des poissons (MERONA et ALBARET, 1978). L'importance relative des habitats ainsi que leur variabilité en fonction des conditions hydrologiques induisent des différences non négligeables dans les peuplements qui sont mises en évidence sur la figure 8 (prélèvements N2, N3' et N4').

L'isolement des stations les plus septentrionales du Bandama est dû à la présence de quelques espèces à fort caractère soudanien (DAGET et ILTIS, 1965). L'indice soudano-guinéen défini par ces mêmes auteurs est nettement plus élevé dans cette partie du bassin (fig. 11). Une relation entre une zone

géographique, déterminée par le climat ou la nature de la végétation, et la distribution de certaines espèces a été mise en évidence dans l'Ogun par SYDENHAM (1978). Il s'agirait ici d'un phénomène de même nature.

Enfin, il est à noter qu'aucune évolution régulière de la diversité des peuplements n'est relevée de la source à l'embouchure. Dans des rivières américaines plusieurs auteurs ont mis, au contraire, en évidence une augmentation de cet indice des cours supérieurs vers les cours inférieurs (SHELDON, 1968; DEACON et BRADLEY, 1972; WHITESIDE et McNATT, 1979). En fait, la diversité des peuplements semble liée plutôt à la diversité de l'habitat (GORMANN et KARR, 1978).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDEL MAGID (A. M.), BABIKER (M. M.), 1975. — Oxygen consumption and respiratory behaviour of three Nile fishes. *Hydrobiologia*, 46, 4 : 359-367.
- ALBARET (J. J.), MERONA (B. de), 1978. — Observations sur la faune ichthyologique du bassin de l'Agnébi (Côte d'Ivoire). O.R.S.T.O.M., Bouaké, rapp. n° 18, 58 p. *multigr.*
- ARTHUR (D. R.), 1975. — Constraints on the fauna in estuaries. in « River Ecology », ed. B. A. Whitton, Blackwell Pub., 725 pp.
- BALON (E. K.), 1974. — Fish production of the drainage area and the influence of ecosystem changes on fish distribution in: « Lake Kariba, a man-made tropical ecosystem in Central Africa », ed. by E. K. Balon and A. G. Coche, Dr. W. Junk pub. The Hague, 676 pp.
- BENZECRI (J. P.), 1973. — L'analyse des données, tome 2 : l'analyse des correspondances. Dunod pub., 619 pp.
- BORNE (V. D. M.), 1877. — Wie kann man unsere Gewässer nach der in ihnen vorkommenden Arten klassifizieren. *Cirk. Df. Ver.*, 4.
- DAGET (J.), ILTIS (A.), 1965. — Poissons de Côte d'Ivoire. (Eaux douces et saumâtres). *Mém. I.F.A.N.*, n° 74, 385 pp.
- DEACON (J. E.), BRADLEY (W. G.), 1972. — Ecological distribution of fishes of the Moapa River in Clark Co. Nevada. *Trans. Amer. Nat.*, 107, 954 : 295-302.
- EHELLE (A. A.), SCHNELL (G. D.), 1976. — Factor analysis of species of the Kiamichi River, Oklahoma. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 105 (1) : 17-31.
- FISH (G. R.), 1955. — Some aspects of the respiration of six species of fish from Uganda. *Exp. Biol.* 33 (1) : 186-195.
- GAICHER (I. G.), 1973. — The habitat preferences of fishes from the Limpopo river system, Transwaal and Mozambique. *Koedoe*, 16 : 103-116.
- GIRARD (G.), SIRCOULON (J.), TOUCHÉBEUF (P.), 1971. — Le milieu naturel en Côte d'Ivoire. — Aperçu sur les régimes hydrologiques. *Mém. O.R.S.T.O.M.*, n° 50 : 113-155.
- GORMAN (O. T.), KARR (J. R.), 1978. — Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, 59 (3) : 507-515.
- GOSSET (C.), 1976. — Un appareil de pêche à courant continu, à haute performance, le « HÉRON ». *La pisciculture française*, n° 47, 4 pp.
- HARREL (R. C.), DAVIS (B. J.), DORRIS (T. C.), 1967. — Stream order and species diversity of fishes in an intermittent Oklahoma stream. *Amer. Midl. Nat.*, 78 : 428-436.
- HARRISON (A. D.), 1965. — River zonation in Southern Africa. *Arch. f. Hydrobiol.*, 61 (3) : 380-386.
- HARRISON (A. D.), ELSWORTH (J. F.), 1958. — Hydrobiological studies on the Great Berg River, Western Cape Province. Part. I : General description, chemical studies and main features of the flora and fauna. *Trans. R. Soc. S. Afr.*, 35 : 125-226.
- HUET (M.), 1962. — Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.*, 24 : 413-432.
- ILLIES (J.), BOTOSANEANU (L.), 1963. — Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique. *Mitt. int. Verein. theor. angew. Limnol.*, 12 : 1-57.
- Rev. Hydrobiol. trop.* 14 (1) : 63-75 (1981).

- LÉVÊQUE (C.), PAUGY (D.), 1977. — Observations sur la faune ichtyologique du bassin du Boubo (Côte d'Ivoire). O.R.S.T.O.M., Bouaké, *rapp.* n° 7, 35 p. *multigr.*
- MACAN (T. T.), 1961. — Factors that limit the range of freshwaters animals. *Biol. Rev.*, 36 : 151-198.
- MALAISSÉ (F.), 1976. Écologie de la rivière Luanga. J. J. Symoens ed., Cercle Hydrobiol. de Bruxelles, 151 pp.
- MARLIER (H.), 1954. — Recherches hydrobiologiques dans les rivières du Congo Oriental. II. Étude écologique. *Hydrobiologia*, 6 (3-4) : 225-263.
- MERONA (B. de), ALBARET (J. J.), 1978. — Répartition spatiale des poissons dans les radiers des rivières de Côte d'Ivoire. O.R.S.T.O.M., Bouaké, *rapp.* n° 17, 78 p. *multigr.*
- NOWICKI (M.), 1889. — Fishes of River systems of Wisla, Styr, Dniestr and Prut in Galicja. Krakow, Wyd. Krajowy, Poland, 55 pp.
- OLLIF (W. D.), 1960. — Hydrobiological studies on the Tugela river System I. — The main Tugela river. *Hydrobiologia*, 14 (3-4) : 281-385.
- REIZER (C.), 1971. — Contribution à l'étude hydrobiologique du Bas-Sénégal, C.T.F.T., 137 pp.
- ROEST (F. C.), 1974. — Les populations piscicoles du lac de Kossou en 1972-74. Proj. PNUD/AVB/FAO-IVC, 526, 23 p. *multigr.*
- SHELDON (A. L.), 1968. — Species diversity and longitudinal succession in stream fishes. *Ecology*, 49 : 193-198.
- STEVENSON (M. M.), SCHNELL (G. D.), BLACK (R.), 1974. — Factor analysis of fish distribution patterns in western and central Oklahoma. *Syst. Zool.*, 23 : 202-218.
- SYDENHAM (D. H. J.), 1977. — The qualitative composition and longitudinal zonation of the fish fauna of the river Ogun. *Rev. Zool. Afr.*, 91 (4) : 974-996.
- VERNEAUX (J.), 1976. — Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». La structure biotypologique. *C. R. Acad. Sc., Paris (D)*, 283 : 1663-1666.
- VERNEAUX (J.), 1977. — Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Déterminisme approché de la structure biotypologique. *C. R. Acad. Sc., Paris (D)*, 284 : 77-79.
- WHITESIDE (B. G.), Mc NATT (R. M.), 1972. — Fish species diversity in relation to stream order and physiochemical conditions in the Plum Creek drainage basin. *Amer. Midl. Nat.*, 88 : 90-101.