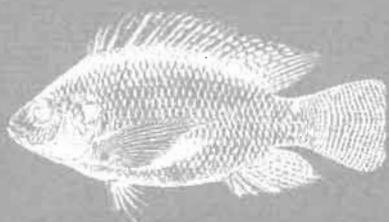


Impacts des
activités humaines



Les milieux aquatiques continentaux sont tout particulièrement affectés par les activités humaines : modification ou disparition des habitats, résultant le plus souvent de travaux d'aménagement, pollutions d'origines diverses, surexploitation due à la pêche. Les conséquences de ces activités, amplifiées à l'heure actuelle par l'accroissement de la population et une pression de plus en plus forte sur les ressources naturelles, mettent en danger la faune ichtyologique un peu partout dans le monde. Assez longtemps épargnée, l'Afrique subit à son tour ces impacts, même si la pollution, par exemple, demeure encore relativement limitée dans l'espace.

Les modifications de l'habitat

L'altération de l'habitat est une des menaces les plus importantes pour la faune aquatique. Les changements qui peuvent intervenir ont deux origines bien distinctes qui interfèrent néanmoins le plus souvent :

- ▶ les changements climatiques avec leurs conséquences sur les bilans hydriques et le fonctionnement hydrologique des hydrosystèmes ;
- ▶ les modifications dues à l'homme tant dans le milieu aquatique que dans son bassin versant.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

L'existence des milieux aquatiques superficiels dépend étroitement des apports dus aux pluies, et donc du climat. Toute modification du régime climatique aura des conséquences importantes en termes de bilan hydrologique, qui se traduiront par exemple par l'extension ou la régression des habitats aquatiques (voir p. 31). Un cas spectaculaire est celui du lac Tchad dont la superficie a fortement diminué au cours des années soixante-dix en raison d'une période de sécheresse sévissant sur le Sahel.

On sait que le climat n'a jamais été stable à l'échelle géologique et que les milieux aquatiques ont toujours fluctué, sans que l'homme puisse en être tenu pour responsable (phénomène « El Niño », par exemple). Mais on sait également que l'homme peut agir indirectement sur le climat, soit localement par la déforestation, soit globalement par l'émission de certains gaz dits à « effet de serre ». Ces dernières années, l'opinion mondiale a été alertée sur un réchauffement possible de la planète qui serait dû à l'augmentation de la teneur de l'air en gaz carbonique, en méthane et en chlorofluorocarbène (CFC),

dont l'émission massive est liée aux activités industrielles. Si l'on ne sait pas très bien quelles seront l'ampleur et la vitesse de ce réchauffement, on peut néanmoins craindre que ces changements climatiques surviennent dans les prochaines décennies, entraînant une modification du régime des pluies dans certaines régions du monde. Outre des conséquences encore peu prévisibles sur le plan hydrologique (augmentation ou diminution locale des pluies), on peut s'attendre à une augmentation de l'insolation et de la température, à des changements dans la répartition de la végétation, à une élévation du niveau des mers. Ces scénarios quelque peu catastrophistes auront des effets à long terme s'ils se réalisent. Même s'il est encore impossible, au plan local, d'évaluer les conséquences de ces changements annoncés, il apparaît évident, quelle que soit l'ampleur du phénomène, que la faune aquatique, dans son ensemble, sera la première affectée. Il est également possible que le niveau des mers remonte, du fait de la fonte des glaces polaires, ce qui entraînera une modification des milieux littoraux.

LES AMÉNAGEMENTS

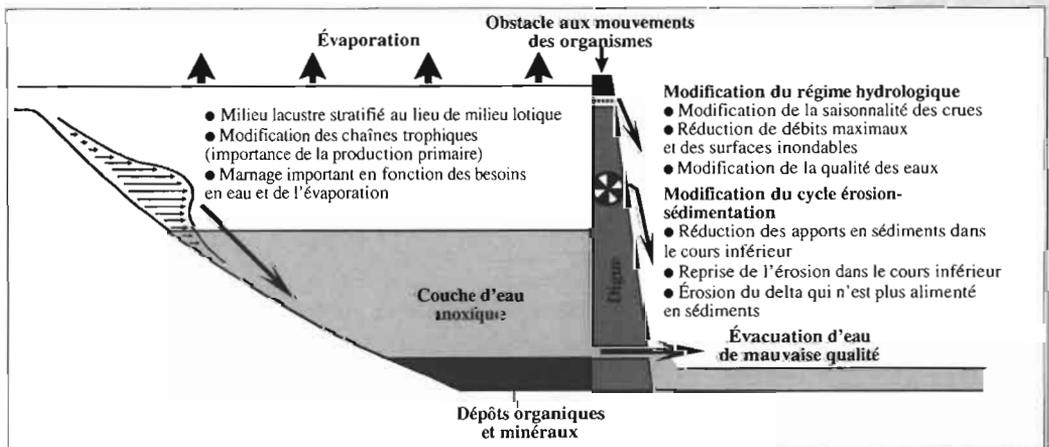
Les usages divers de l'eau pour l'agriculture, la production d'énergie, le transport, les besoins domestiques sont à l'origine de nombreux aménagements des hydrosystèmes. Ces contraintes modifient le bilan hydrologique mais également, directement ou indirectement, les habitats aquatiques d'origine.

Les barrages

Les grands barrages hydroélectriques sont des constructions coûteuses et prestigieuses, dont l'intérêt économique est souvent controversé et dont l'impact écologique est important (fig. 141). Néanmoins, depuis le milieu des années cinquante, de grands barrages ont été construits et on en compte désormais plusieurs dizaines sur la plupart des grands systèmes fluviaux africains (voir p. 11).

Lorsqu'on barre un cours d'eau pour créer une retenue, on provoque de nombreuses modifications de l'habitat et des peuplements de poissons (JACKSON *et al.*, 1988 ; p. 385), qui, dans leurs grandes lignes, peuvent se résumer de la manière suivante.

FIGURE 141
Schéma montrant les principaux impacts provoqués par la création d'un barrage sur le milieu aquatique.



Les poissons des eaux continentales africaines

Familles	Fleuve Niger avant barrage			Lac Kainji		
	Nombre d'espèces	Fréquence numérique (%)	Fréquence pondérale (%)	Nombre d'espèces	Fréquence numérique (%)	Fréquence pondérale (%)
Mormyridae	19	20,7	19,5	12	1,4	1,4
Characidae	8	36,3	12,1	8	18,6	10,3
Citharinidae						
et Distichodontidae	5	6,1	19,8	4	4,7	15
Cyprinidae	5+	3,3	4,3	7	8,6	5,5
Bagridae	7	7,2	18,2	8	18,5	15
Schilbeidae	3	8	3,6	3	0,1	*
Mochokidae	18	18	18,7	11	2,3	2,5
Clariidae	2	*	*	2	*	2,2
Malapteruridae	1	*	*	1	0,1	2,5
Centropomidae	1	*	*	1	1,7	1,2
Cicliidae		*	*	7	36,1	43,6

TABLEAU LVI

Évolution des peuplements ichtyologiques dans le Niger avant et après la fermeture du barrage de Kainji (d'après IFA, 1984). Les astérisques indiquent un très faible pourcentage.

La création d'un lac de retenue à l'amont élimine les espèces inféodées aux eaux courantes. Toutefois, du fait du développement du plancton, il se produit généralement une explosion d'espèces planctophages, suivie de près par un important développement des ichtyophages pélagiques. En raison de la stratification des eaux, la zone benthique est en général désoxygénée et impropre à la vie des poissons. Seules les zones littorales et pélagiques sont susceptibles d'être colonisées par des espèces adaptées aux conditions lenticques. Mais en milieu tropical, du fait d'un marnage souvent important, ces biotopes sont généralement brutalement exondés, ce qui provoque une mortalité importante des pontes situées dans cette limite. Enfin, les lacs de barrage sont souvent le siège d'un développement anarchique de macrophytes flottantes (*Pistia stratiotes* et *Eichhornia crassipes* principalement, mais aussi *Azolla nilotica* et *Salvinia molesta*) qui peuvent favoriser l'implantation, voire l'essor, de certaines espèces de poissons, mais qui sont une entrave à leur capture et au déplacement dans la retenue.

La modification du régime des crues à l'aval, et notamment la régularisation du débit, perturbe la biologie des espèces qui se reproduisent habituellement aux hautes eaux dans les zones inondées. Le résultat est le plus souvent une simplification des peuplements, avec la disparition de certaines espèces. De plus, le turbinage des eaux profondes, généralement anoxiques et riches en méthane, provoque en aval une dégradation, plus ou moins importante, de la qualité de l'eau. Dans certains cas extrêmes, cette détérioration peut être telle que la production aval est profondément affectée. C'est ce qui s'est passé en Égypte, où la rétention des matières nutritives du Nil dans la retenue du lac Nasser a provoqué un déclin des pêcheries pélagiques dans la zone méditerranéenne littorale.

En région tropicale, les barrages sont exceptionnellement équipés de passes à poissons. De ce fait, ils empêchent les espèces migratrices de remonter vers l'amont au moment des crues, pour y pondre dans les milieux favorables. De même, à ces époques de migrations, les barrages provoquent une concentration surabondante de géniteurs au pied de la digue. Ce phénomène n'est pas

	1960	1961	1962	1963	1964	1967	1969	1970	1971	1972
Mormyridae										
<i>Hippopotamyrus discorhynchus</i>					13	20	225	318	556	1 090
<i>Mormyrus longirostris</i>						90	602	294	800	371
<i>Mormyrops anguilloides</i>					4			24	16	68
<i>Marcusenius macrolepidotus</i>					32			6		
Characidae										
<i>Hydrocynus vittatus</i>	2 900	2 000	2 773	3 258	2 058	1 370	2 876	2 718	5 936	6 042
<i>Brycinus imberi</i>	3 150	2 200	968	1 233	180	110		6	36	50
Distichodontidae	400	650	1 884	109	114	50	5	6		6
Cyprinidae										
<i>Labeo</i> spp.	11 650	4 600	2 096	1 384	656		4			6
Siluriformes										
<i>Schilbe depressirostris</i>			46	146	18	80	664	900	1 260	694
<i>Clarias gariepinus</i>	600	1 450	828	667	45	90	209	42	48	172
<i>Heterobranchus longifilis</i>								6		3
<i>Synodontis zambezensis</i>					26		63	18	36	50
Cichlidae										
<i>Oreochromis</i> spp.	1 900	50	1 050	408	139	480	915	192	356	1 039
<i>Serranochromis condringtoni</i>		1	50	21	6	140	401	162	312	1 635
<i>Tilapia rendalli</i>		150	23	46	9	40	83	18	80	141
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1982	
Mormyridae										
<i>Hippopotamyrus discorhynchus</i>	1 028	532	159	378	389	500	286	565	270	
<i>Mormyrus longirostris</i>	324	266	68	96	165	275	112	184	33	
<i>Mormyrops anguilloides</i>	141	277	413	460	443	159	91	122	284	
<i>Marcusenius macrolepidotus</i>		20	6	11	7	9	8	18	26	
Characidae										
<i>Hydrocynus vittatus</i>	4 466	7 020	4 219	2 906	1 979	1 808	1 332	1 646	2 095	
<i>Brycinus imberi</i>	30	206	994	1 093	1 379	827	1 649	1 364	878	
Distichodontidae	6	12	2	4	1	4	1		1	
Cyprinidae										
<i>Labeo</i> spp.	6	4	22	9	45	29	90	87	18	
Siluriformes										
<i>Schilbe depressirostris</i>	295	604	212	160	601	299	324	735	162	
<i>Clarias gariepinus</i>	104	458	345	231	168	294	73	78	204	
<i>Heterobranchus longifilis</i>	4	6	12	12	16	2	1	2	4	
<i>Synodontis zambezensis</i>	99	167	88	103	125	80	57	103	84	
Cichlidae										
<i>Oreochromis</i> spp.	757	2 684	2 046	1 632	1 493	1 178	150	171	332	
<i>Serranochromis condringtoni</i>	1 145	1 967	2 439	1 860	1 118	723	571	534	1 567	
<i>Tilapia rendalli</i>	64	193	304	314	144	132	248	80	117	

TABLEAU LVII

Évolution des captures (en tonnes) des principales espèces dans le lac du barrage de Kariba (d'après KARENJE et KOLDING, 1995).

ignoré des pêcheurs locaux qui réalisent des pêches extraordinaires, lesquelles peuvent mettre en danger les stocks disponibles si elles sont trop intensives.

L'un des exemples les mieux documentés, en ce qui concerne l'évolution des peuplements de poissons après la mise en place d'un barrage sur un fleuve africain, est celui du lac Kainji sur le Niger (ITA, 1984), où l'on avait pu faire un inventaire de la faune avant la fermeture du barrage (tabl. LVI). Dès la fermeture, on a constaté un certain nombre de changements dont nous mentionnerons les plus importants.

On observe ainsi une forte régression des Mormyridae dont beaucoup d'espèces ont besoin des conditions fluviales pour se reproduire. Selon certaines hypothèses, la disparition des Mormyridae proviendrait de la submersion de

leurs habitats habituels qui sont maintenant à des profondeurs importantes et insuffisamment oxygénés. Il semble que la raréfaction des espèces de cette famille après la fermeture du lac Kainji ne soit pas un phénomène général et que cela dépende des espèces présentes. Les Mormyridae se sont ainsi maintenus après la fermeture du barrage du lac Kariba, avec le développement en particulier de *Mormyrus longirostris* et de *Marcusenius macrolepidotus*. Ces deux espèces sont également demeurées abondantes dans le réservoir Mcllwaine (MARSHALL, 1982).

Autre changement notable, le développement extraordinaire en milieu pélagique de petites espèces comme les Clupeidae (*Sierrathrissa leonensis*) et les Schilbeidae (*Physailia pellucida*, *Schilbe mystus*) durant la première année. Ces espèces ont colonisé le milieu pélagique nouvellement créé, comme cela a été observé pour deux Clupeidae dans le lac Volta (*Pellonula leonensis* et *Odaxothrissa mento*). Dans le lac Kariba, l'espèce pélagique indigène *Brycinus lateralis* a été supplantée par le Clupeidae *Limnothrissa miodon* introduit du lac Tanganyika.

On relève également un accroissement du stock des prédateurs ichtyophages (*Lates*, *Hydrocynus*) consommant le stock des pélagiques. C'est le cas dans le lac Kariba où *Hydrocynus vittatus* s'est particulièrement bien développé après l'introduction des *Limnothrissa*.

Enfin, on enregistre une augmentation spectaculaire de *Citharinus citharus* dans les captures ainsi qu'une proportion plus élevée de Cichlidae.

Les changements se sont poursuivis dans le lac au cours des années suivantes, avec notamment un déclin des populations de *Citharinus* et une forte augmentation de la proportion des Cichlidae dans les captures. En aval du barrage, on a observé une chute générale des captures dans le Niger.

L'évolution des peuplements de poissons dans le lac Kariba a pu être suivie à la fois par la pêche artisanale et des pêches expérimentales (tabl. LVII) réalisées par l'Institut de recherche sur les pêches du lac Kariba (MACHENA *et al.*, 1993 ; KARENJE et KOLDING, 1995).

La composition en espèces des captures peu après la fermeture du barrage (début des années soixante) était sensiblement la même qu'avant et comprenait surtout *Labeo* spp., *Distichodus* spp., *Hydrocynus vittatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Clarias gariepinus*. Par la suite, ce peuplement a évolué :

- ▶ les Mormyridae se sont maintenus après la fermeture du barrage, à l'inverse de ce qui a été observé à Kainji, avec le développement en particulier de *Mormyrus longirostris* ;
- ▶ après la raréfaction de *Labeo congoro* et *Labeo altivelis* au début des années soixante, ce dernier est réapparu en assez grande abondance au cours des années quatre-vingt ;
- ▶ les Mochokidae se sont fortement développés, notamment *Synodontis zambezensis*, au cours des années quatre-vingt, cela d'autant que cette espèce paraît encore assez peu exploitée (MACHENA *et al.*, 1993) ;
- ▶ le Clupeidae *Limnothrissa miodon*, espèce introduite depuis le lac Tanganyika, s'est bien acclimaté et, depuis le début des années quatre-vingt, il est très exploité par les pêcheurs (fig. 142) ;

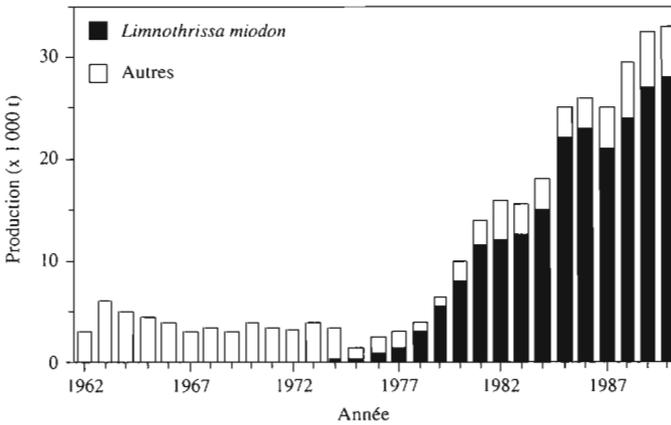


FIGURE 142

Évolution de la production halieutique dans le lac Kariba de 1960 à 1990 (d'après GREBOVAL *et al.*, 1994).

► *Hydrocynus vittatus* s'est beaucoup développé lors de la phase de mise en eau du lac, notamment après l'introduction de *L. miodon* (MACHENA, 1995) ; au cours des années quatre-vingt, il était moins abondant, mais l'espèce est toujours bien représentée dans les captures et on n'observe aucun signe de surexploitation due à la pêche (MACHENA *et al.*, 1993) ;

► les Cichlidae ont pris une importance grandissante au début des années soixante-dix, mais les stocks présentent vraisemblablement quelques légers signes de surexploitation halieutique (MACHENA *et al.*, 1993).

Aménagement des fleuves

En Europe et en Amérique du Nord, beaucoup de fleuves ont été aménagés avec la construction de digues, la rectification des cours, la construction d'écluses pour la navigation, etc. Ce type d'aménagement est encore limité en Afrique, mais on peut néanmoins citer quelques exemples de projets qui ont modifié assez considérablement les systèmes naturels.

Dans la vallée du Sénégal, par exemple, de nombreux travaux ont été réalisés dans le but de mieux gérer les ressources en eau du fleuve et de les utiliser à des fins agricoles. La construction d'un barrage aval au niveau de l'estuaire (barrage de Diama) a pour but d'empêcher les remontées d'eau marine dans le cours inférieur du fleuve pendant la saison sèche, alors que le barrage de Manantali, situé en amont, permet de stocker de grandes quantités d'eau au moment des crues et de les restituer en fonction de la demande pour alimenter notamment de vastes périmètres irrigués. L'ensemble des ressources en eau de la vallée du Sénégal est donc maintenant partiellement sous contrôle, mais la gestion des eaux devient complexe pour faire face à des demandes parfois conflictuelles en termes d'usages. Sans que cela ait été réellement démontré par des données quantitatives, il est vraisemblable que les peuplements ichtyologiques du fleuve Sénégal ont été fortement perturbés à la fois par l'interruption des relations avec l'estuaire, la suppression des crues et des inondations saisonnières, l'utilisation de vastes étendues de plaines inondables pour l'agriculture irriguée.

Dans le bassin du Nil, le projet pharaonique du canal de Jonglei se proposait de chenaliser le cours du Nil lors de sa traversée des marécages du Sudd au Soudan,

de manière à éviter que trop d'eau ne se perde par évaporation dans cette immense zone humide (HOWELL *et al.*, 1988). Ce projet, lancé en 1978, a dû être interrompu en 1983 en raison des troubles politiques qui sont intervenus dans cette région. Toutefois, si un tel projet avait été mené à terme, il aurait selon toute vraisemblance entraîné un appauvrissement de la surface de marécages permanents du Sudd, une perte importante de la diversité des habitats disponibles et un déclin des nombreuses espèces dépendantes de la zone inondée.

Réduction des plaines d'inondation et des zones humides

Les zones humides sont souvent considérées comme des milieux fertiles propices à l'agriculture. Partout dans le monde, les projets de développement et notamment la construction de barrages ont eu un impact important sur les hydrosystèmes, en réduisant parfois considérablement la superficie des plaines d'inondation qui sont des lieux favorables au développement des juvéniles de nombreuses espèces de poissons (voir p. 129). Même si les plaines inondées traditionnelles font place aux périmètres irrigués rentables pour la culture du riz, par exemple, cela ne remplace pas pour certains organismes, comme les poissons, les biotopes habituels nécessaires à l'accomplissement normal de leur cycle vital.

Les modifications dans l'occupation des sols du bassin versant

La quantité et la qualité des apports en eau de ruissellement aux écosystèmes aquatiques dépendent de la nature du bassin versant et de sa végétation. Or la disparition des forêts, par exemple, que ce soit pour en faire des terres agricoles ou pour l'exploitation du bois à des fins domestiques ou commerciales, a pour conséquence immédiate une augmentation de l'érosion des sols et de la turbidité des eaux, ainsi qu'une modification du régime hydrologique, avec des crues plus courtes mais plus brutales résultant d'un ruissellement plus important.

Le problème de la déforestation concerne l'Afrique dans son ensemble, et les informations disponibles montrent que le phénomène est inquiétant par son ampleur. Ainsi, on a constaté à Madagascar que le taux de déforestation était de 110 000 ha par an depuis 35 ans et des taux d'érosion de 250 tonnes par hectare ont été signalés (HELFFERT et WOOD, 1986). Dans le bassin du lac Tanganyika, la déforestation est massive également. L'érosion importante sur les pentes se traduit par des apports considérables de sédiments au lac et des modifications de la faune dans certaines régions côtières particulièrement exposées (COHEN *et al.*, 1993). De même, en Afrique de l'Ouest, la réduction des forêts est préoccupante, notamment en Côte-d'Ivoire et au Nigeria (BARNES, 1990), mais aussi depuis quelques années en Guinée et en Sierra Leone (tabl. LVIII). Si la tendance actuelle persiste, les chiffres à venir sont inquiétants puisqu'on estime que, à ce rythme, 70 % des forêts d'Afrique de l'Ouest, 95 % de celles d'Afrique de l'Est et 30 % de la couverture zaïroise seraient amenés à disparaître d'ici l'année 2040.

L'augmentation de la charge en matières en suspension dans les eaux, et des dépôts vaseux dans les lacs et rivières, a de nombreuses conséquences sur la vie aquatique (BRUTON, 1985). Il y a bien entendu réduction de la transparence des eaux, avec ses implications concernant la photosynthèse planctonique ou benthique. Les éléments en suspension peuvent également colmater les sys-

IMPACT DES AMÉNAGEMENTS DANS LA BASSE VALLÉE DU FLEUVE SÉNÉGAL

L'estuaire, et plus généralement ce qu'il est convenu d'appeler la basse vallée du fleuve Sénégal, a été particulièrement touché par une série d'ouvrages et de travaux d'aménagement. Pour faire face au grave déséquilibre entre les ressources alimentaires et les besoins des populations locales, un programme d'aménagement comportant la construction de deux barrages (Diama et Manantali) a été engagé.

Le barrage de Diama, mis en service en 1986, a été construit à une cinquantaine de kilomètres de l'embouchure. Ses principales fonctions sont d'arrêter la remontée de la langue salée, de créer une réserve d'eau permettant l'irrigation et enfin d'améliorer le remplissage des dépressions environnantes.

Le barrage de Manantali, en fonction depuis 1988, a été construit sur un des affluents majeurs du fleuve Sénégal, le Bafing. Il se situe au Mali, à quelque 1 250 km de l'embouchure, et a pour rôle de réguler la crue du fleuve et de gérer des lâchers d'eau aux moments opportuns, soit pour l'irrigation des périmètres de culture, soit pour la production hydroélectrique.

Ces barrages ainsi que les nombreuses digues construites le long du lit principal du fleuve ont eu, entre autres, d'importants effets sur l'ichtyofaune. Dans la basse vallée du fleuve, le barrage de Diama constitue une barrière physique à la migration des poissons et a pour effet de réduire considérablement la zone estuarienne du fleuve Sénégal. D'environ 200 km de longueur avant l'édification du barrage de Diama, celle-ci ne s'étend plus désormais que sur 50 km. Il s'ensuit une importante perte d'habitat pour de nombreuses espèces, notamment pour celles d'origine estuarienne ou marine (voir p. 325). Une comparaison d'inventaires faunistiques réalisés dans la zone située en aval de Diama, avant et après la construction de la retenue, montre que, dans ses grandes lignes, la composition spécifique est restée similaire dans cette partie du fleuve (DIOUF et al., 1991). Cela s'explique certainement par le fait que, en l'absence de perturbations liées à des lâchers d'eau douce de contre-saison, les salinités de surface enregistrées restent du même ordre que par le passé (CECCHI, 1993). En amont, en revanche, du fait du barrage, les espèces

estuariennes et marines ont pratiquement disparu, alors qu'elles remontaient pour certaines jusqu'à plus de 200 km de l'embouchure.

Par ailleurs, la principale zone de reproduction des poissons euryhalins se situait, avant l'édification des barrages, dans les secteurs où la salinité était comprise entre 5 et 15 ‰. Avec le barrage de Diama, cette zone n'est plus accessible pour les poissons euryhalins.

D'où une perte de recrutement pour les stocks de poissons du bas estuaire et pour certains stocks marins.

La régularisation des crues due au barrage de Manantali entraîne une diminution de la biomasse de poissons, celle-ci dépendant étroitement du type de crue. Du fait de l'évaporation dans la retenue de Manantali, le volume d'eau rendu à l'aval est inférieur au volume naturel, ce qui réduit encore les potentialités halieutiques (REIZER, 1984). De plus, cet ouvrage accélère la décrue.

Cela n'affecte que peu la reproduction des poissons qui ont en principe le temps de frayer dans de telles conditions. En revanche, la croissance sera fortement réduite.

En effet, celle-ci dépend essentiellement de la disponibilité en nourriture exogène ou en éléments fertilisants trouvés dans le lit majeur inondé. La croissance des adultes, mais surtout des juvéniles, est donc d'autant plus favorisée que la crue se prolonge. L'utilisation massive d'engrais liée au rapide développement de l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal est une source potentielle d'eutrophisation des eaux. La prolifération de la végétation aquatique flottante dans certaines zones, notamment dans la partie sud du lac de Guiers et le parc de Djoudj, pourrait en être un signe révélateur. Toutefois, la multiplication de certaines macrophytes flottantes, notamment *Eichhornia crassipes*, dans la partie aval du bassin est également dépendante, depuis la fermeture du barrage de Diama, de l'absence de remontée d'eau salée. C'est d'ailleurs en entretenant le percement du cordon dunaire séparant la lagune Ébrié de l'océan, et donc en favorisant la circulation d'eau salée, que les autorités ivoiriennes ont tenté de résoudre la prolifération incontrôlée de *Salvinia molesta* et *Eichhornia crassipes*.

(d'après ALBARET et DIOUF, 1994)

Les poissons des eaux continentales africaines

Pays	Superficie initiale de la forêt (km ²)	Proportion moyenne de déforestation 1976-1980 (%)	Densité humaine en 1980 (par km ²)	Déforestation moyenne par million d'habitants (km ²)
Afrique de l'Ouest				
Côte-d'Ivoire	44 580	6,95	25,6	375
Nigeria	59 500	4,79	91,7	34
Libéria	20	2,05	16,8	219
Guinée	20 500	1,76	22,1	66
Ghana	17 180	1,57	48,3	23
Sierra Leone	7 400	0,78	48,8	17
Togo	3 040	0,66	45,4	8
Afrique centrale				
Cameroun	179 200	0,45	17,8	95
Zaïre	1 056 500	0,16	12,3	57
Congo	213 400	0,10	4,7	137
Gabon	205 000	0,07	2,5	227
Afrique de l'Est				
Kenya	6 900	1,59	28,6	7
Ouganda	7 500	1,33	53,4	8
Tanzanie	14 400	0,69	19,7	5

TABLEAU LVIII

Taux annuel
de déforestation
pour quelques pays
d'Afrique (d'après
BARNES, 1990).

tèmes branchiaux des poissons ou provoquer des irritations, et les dépôts vaseux altèrent de façon importante la qualité des substrats dans les aires de reproduction.

La pollution des eaux

Si la pollution des eaux est longtemps apparue comme un phénomène plutôt secondaire en Afrique, celui-ci est de plus en plus évident depuis quelques années (DEJOUX, 1988). En général, cependant, on manque de données et encore plus d'informations détaillées sur l'ampleur de la pollution des eaux africaines.

EUTROPHISATION DES EAUX

Les éléments nutritifs (phosphates, nitrates) sont en général présents en quantité limitée dans les milieux aquatiques et constituent ce que l'on appelle des éléments limitants. Tout apport supplémentaire de ces éléments est rapidement assimilé et stimule la production primaire. Lorsque le cycle naturel est perturbé par les activités humaines, notamment par les apports en engrais, lessives, eaux usées en général, les excès de phosphates (et dans une moindre mesure de nitrates) sont responsables du phénomène d'eutrophisation. Celui-ci se traduit par une prolifération excessive d'algues et (ou) de macrophytes, et une diminution de la transparence des eaux. La décomposition de cette abondante matière organique consomme beaucoup d'oxygène et conduit le plus souvent à des mortalités massives d'espèces animales par asphyxie. L'eutrophisation entraîne également de fortes variations de la concentration en oxygène dissous et du pH au cours de la journée. Dans les lacs, le phénomène de fleur d'eau (le « bloom » des Anglo-saxons) est une des manifestations de l'eutrophisation.

L'eutrophisation du lac Victoria durant ces vingt-cinq dernières années est assez bien documentée. L'accroissement des apports en éléments nutritifs est le

résultat du développement des activités humaines dans le bassin versant du lac : urbanisation accrue, utilisation de fertilisants, ainsi que de pesticides pour les cultures et pour le contrôle des mouches tsé-tsé, etc. L'accroissement de la biomasse algale serait ici essentiellement dû aux apports en azote (HECKY et BUGENYI, 1992). Des symptômes faisant penser à une eutrophisation ont également été observés dans le lac Naivasha (HARPER *et al.*, 1993), dans le lac McIlwaine (THORNTON, 1982) et dans le lac Kivu, mais il est probable que beaucoup de lacs africains sont menacés d'eutrophisation à plus ou moins long terme.

PESTICIDES

Dans la seconde moitié du xx^e siècle, l'usage de pesticides chimiques s'est largement développé en Afrique, comme partout dans le monde, pour lutter à la fois contre les vecteurs de grandes endémies et les ravageurs de cultures (DEJOUX, 1988 ; LÉVÊQUE, 1989 c). La panoplie des produits utilisés est très grande et, si certains ont une faible toxicité vis-à-vis des organismes aquatiques, beaucoup sont des xénobiotiques, c'est-à-dire des substances qui ont des propriétés toxiques, même lorsqu'elles sont présentes dans le milieu à de très faibles concentrations. C'est le cas en particulier pour les pyréthrinoides (perméthrine, deltaméthrine) mais surtout pour les organochlorés (DDT, dieldrine, endrine, endosulfan, malathion, lindane), qui en plus de leur toxicité possèdent des temps de rémanence importants, ce qui accentue leur accumulation et donc leur concentration au sein des chaînes trophiques.

Étude de cas : programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest

Maladie largement répandue en Afrique intertropicale, l'onchocercose est un fléau, tant social qu'économique, qui provoque, à son stade ultime, une cécité irréversible. Avant l'instauration des premières mesures de lutte antivectorielle, on estimait à près de trois millions le nombre d'onchocerquiens en Afrique occidentale. La maladie est transmise par un petit moucheron Diptère, *Simulium damnosum*, qui présente une phase larvaire et nymphale aquatique. C'est sur les gîtes larvaires de ce vecteur, biefs à courant rapide des rivières, que le Programme de Lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest (OCP : Onchocerciasis Control Programme) a ciblé ses campagnes de lutte. Comme toute lutte insecticide, d'autant que celle-ci était prévue sur vingt années, ce programme représentait une menace importante pour l'environnement. C'est pourquoi il s'est doté d'un réseau de surveillance des écosystèmes aquatiques, couvrant l'ensemble de la zone exposée aux épandages d'insecticides (onze États, soit une superficie de plus de 1 300 000 km², à l'intérieur desquels 50 000 km de rivières sont susceptibles d'être traités). Au total, près de dix équipes de chercheurs ichtyologues et entomologistes, de nationalités diverses, ont durant vingt années effectué une surveillance régulière de la faune aquatique susceptible d'être atteinte par les traitements larvicides. C'est la première fois au monde qu'une telle entreprise a été mise en place sur une si grande échelle d'espace et de temps.

Les insecticides (organophosphorés, carbamates, pyréthrinoides et insecticides biologiques) utilisés ont fait l'objet d'une sélection rigoureuse en fonction de leurs effets toxiques immédiats (tabl. LIX) et à plus long terme sur la faune aqua-

Les poissons des eaux continentales africaines

Espèces	Larvicides	Concentrations létales moyennes (LC50) (µg/l)		
		24 heures	48 heures	72 heures
<i>Pollimyrus isidori</i>	Perméthrine	40	26	-
	20 % ca	(30-63)	(19-31)	
<i>Chrysichthys maurus</i>	Cyphénothrine	630	220	-
	10 % ca	(501-800)	(121-270)	
<i>Barbus macrops</i>	Cyphénothrine	15	12	10
	10 % ca	(14-17)	(11-13)	(7-11)
<i>Pollimyrus isidori</i>	Pyraclufos	170	70	40
	TIA-230, 50 % ca	(149-184)	(41-87)	(3-66)
<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	Pyraclufos	150	78	68
	TIA-230, 50 % ca	(113-632)	(59-95)	(48-82)
<i>Pollimyrus isidori</i>	Carbosulfan	82	-	71
	25 % ca	(71-81)		(61-82)
<i>Schilbe intermedius</i>	Carbosulfan	180	140	136
	25 % ca	(124-269)	(105-162)	(108-152)

TABLEAU LIX

Concentrations létales moyennes (entre parenthèses, les limites de confiance) de quelques insecticides sur des espèces de poissons d'Afrique de l'Ouest (d'après YAMÉOGO *et al.*, 1991).

tique, et des critères ont été élaborés en vue de leur utilisation dans les traitements larvicides. Par exemple, tous les insecticides susceptibles d'avoir des effets toxiques sur les poissons aux doses opérationnelles ont été éliminés après détermination des seuils létaux (YAMÉOGO *et al.*, 1991) (tabl. LX).

Compte tenu de la fréquence hebdomadaire des épandages d'insecticides et de l'importance de la zone traitée, le programme de surveillance de l'environnement aquatique s'est attaché, en particulier, à mettre en évidence les conséquences à court et moyen terme sur les peuplements d'invertébrés et les impacts à long terme sur les poissons.

On a pu constater, lorsque les insecticides sont épandus, que les poissons exposés fuient la vague du toxique en la remontant, évitant ainsi une longue exposition (ABBAN et SAMMAN, 1980, 1982). À court terme, on a pu constater que des poissons volontairement exposés à des organophosphorés subissaient une diminution d'activité acétylcholinestérasique cérébrale, dont la durée est fonction tant de l'insecticide que de la durée d'exposition et de la concentration (GRAS *et al.*, 1982 ; ANTWI 1983). Toutefois, lorsqu'on analyse des cerveaux de poissons capturés dans la rivière, immédiatement ou à des temps variables après un épandage opérationnel d'organophosphoré, on ne constate jamais de baisse d'activité enzymatique cérébrale (ANTWI, 1985). Cela semble donc bien prouver que, d'une façon ou d'une autre, les poissons évitent les vagues de larvicides.

Près de vingt ans après le début des traitements larvicides, la surveillance aquatique a montré qu'ils avaient eu des effets appréciables, mais non irréversibles, sur les populations d'invertébrés (CROSA, 1996). En revanche, même

TABLEAU LX

Comparaison entre les concentrations létales moyennes observées chez *Pollimyrus isidori* et les doses opérationnelles employées dans le programme OCP (d'après YAMÉOGO *et al.*, 1991).

	Perméthrine	Cyphénothrine	Carbosulfan	Pyraclufos
Dose opérationnelle (µg/l)				
24 h - LC 50 (µg/l)	15,0	15,0	50,0	100,0
	40,0	15,0	82,0	150,0

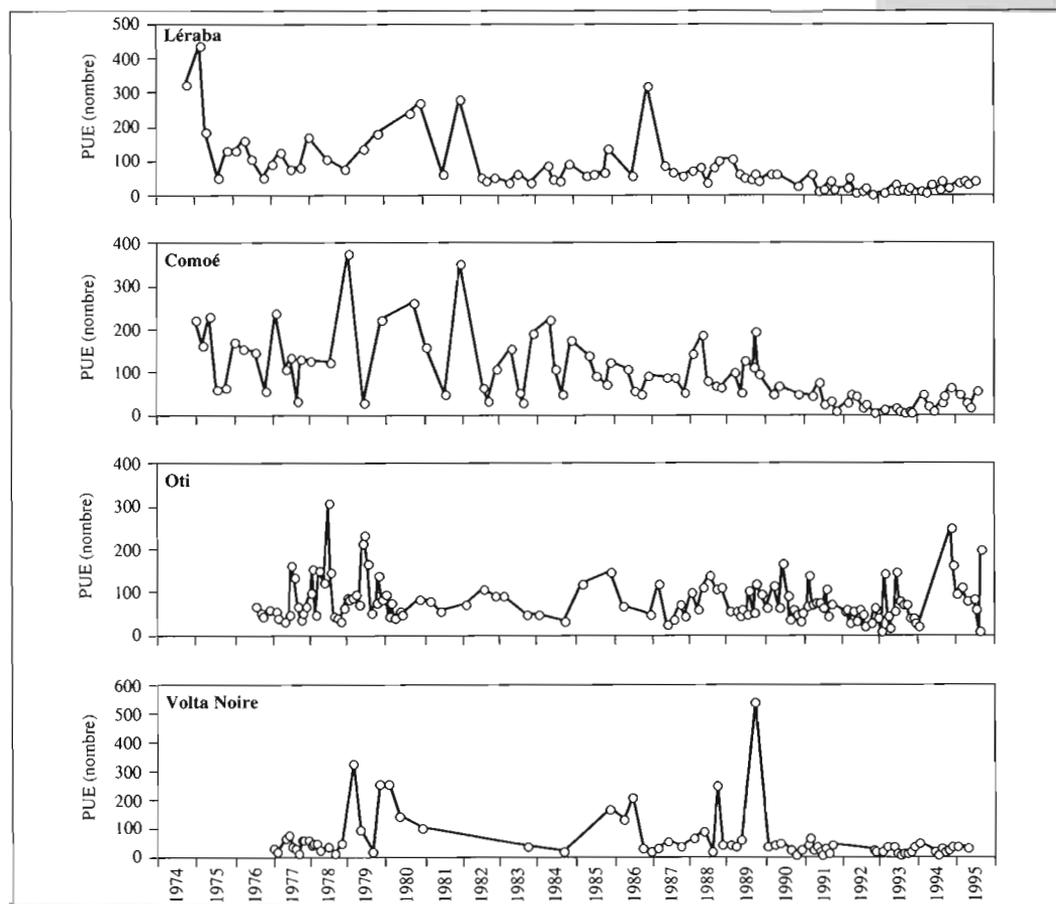


FIGURE 143

Variations des prises par unité d'effort de pêche (PUE) dans quatre rivières d'Afrique de l'Ouest au cours de ces vingt dernières années (d'après FERMON et PAUGY, 1996).

si un certain nombre de variations intra- ou interannuelles sont observées, il n'a jamais pu être mis en évidence un effet direct de l'utilisation des insecticides aussi bien sur les captures expérimentales (richesse et structure) (fig. 143 et 144) que sur la biologie des poissons des rivières de la zone traitée (LÉVÉQUE, 1990 ; FERMON et PAUGY, 1996) (fig. 145 et 146).

Si les traitements insecticides ont pu localement affecter les populations de certains groupes d'invertébrés, rien de tel n'a été observé chez les communautés de poissons. C'est un résultat essentiel lorsqu'on sait que plusieurs millions d'enfants ne sont plus atteints par cette endémie qu'est l'onchocercose et que la ressource constituée par les poissons a été préservée.

MÉTALX LOURDS

Sous le terme de « métaux lourds », on englobe généralement plusieurs familles de substances.

► Des métaux lourds au sens strict, à masse atomique élevée et à forte toxicité, dont la présence en faible quantité n'est pas nécessaire à la vie (cadmium, mercure, plomb...);

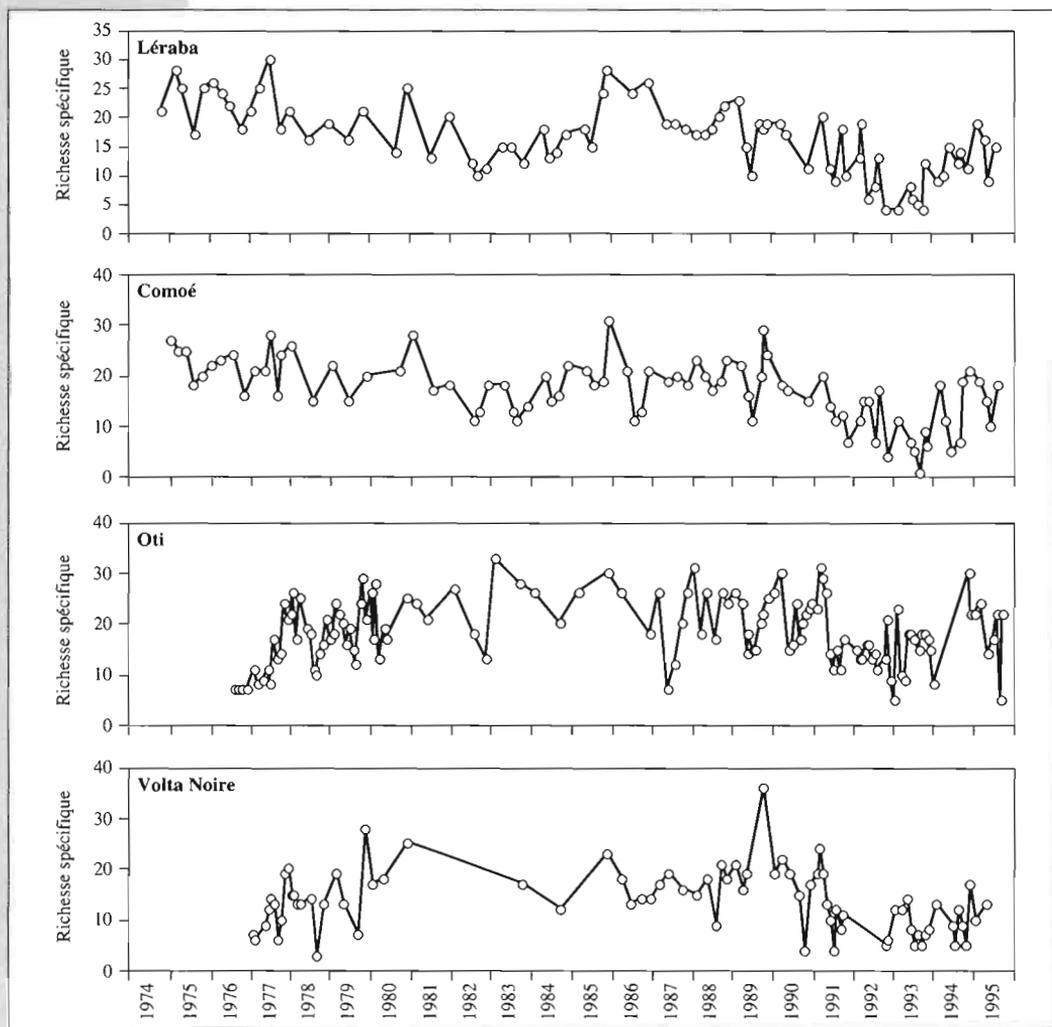


FIGURE 144

Variations de la richesse spécifique des captures dans quatre rivières d'Afrique de l'Ouest au cours de ces vingt dernières années (d'après FERMON et PAUGY, 1996).

► des métaux à masse atomique moins élevée, indispensables à la vie (oligo-éléments), mais qui deviennent très vite toxiques quand leur concentration augmente (cuivre, zinc, molybdène, manganèse, cobalt...).

Les métaux lourds se rencontrent en général à de très faibles concentrations dans les écosystèmes naturels, mais les activités humaines constituent une source importante de pollution. Les métaux lourds arrivent dans les sols agricoles et les hydrosystèmes par des apports intentionnels d'oligoéléments ou de pesticides, des rejets de raffineries ou d'usines traitant les métaux non ferreux (nickel, cuivre, zinc, plomb, chrome, cadmium...), des rejets de tanneries (cadmium, chrome) ou de fabriques de pâte à papier. Il faut y ajouter des retombées atmosphériques de pollutions liées aux activités humaines (industrielles notamment) et les effluents domestiques ou urbains (zinc, cuivre, plomb). La pollution par le mercure peut avoir pour origine des usages industriels (industrie du papier), l'exploitation de gîtes aurifères, l'utilisation de fongicides organomercuriels.

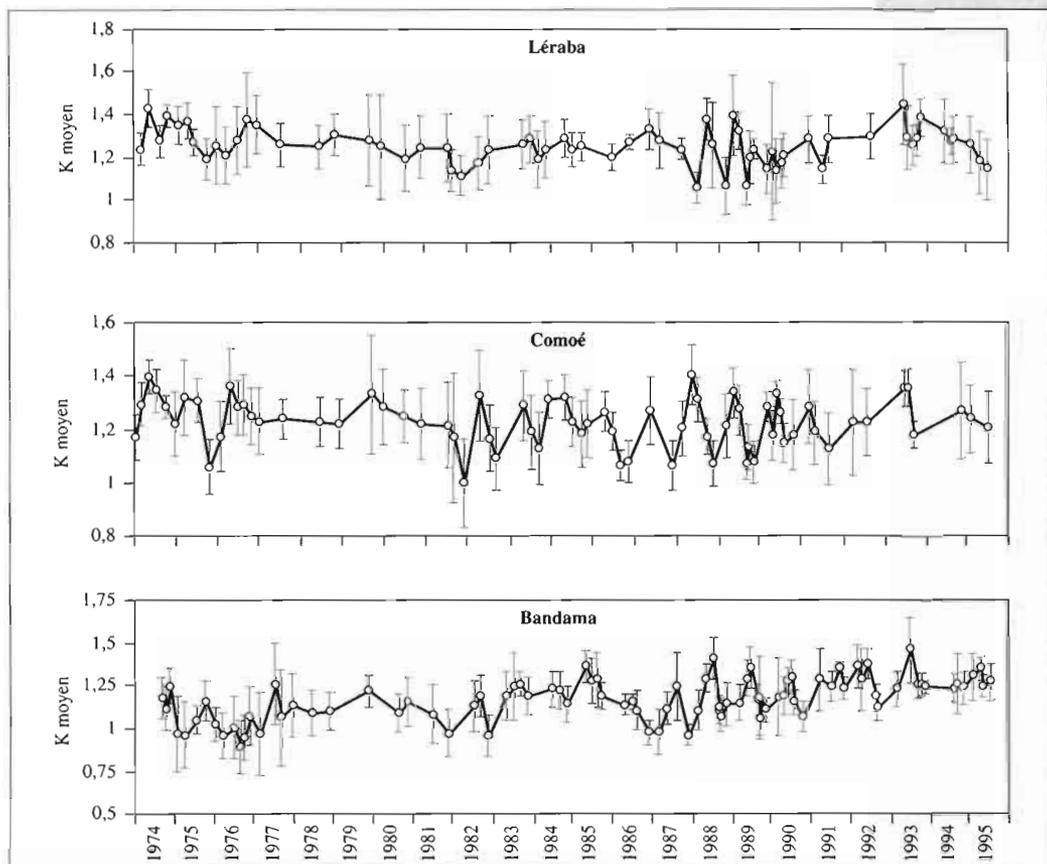


FIGURE 145
Variations du coefficient de condition moyen (K moyen) des *Alestes baremoze* de trois rivières de Côte-d'Ivoire au cours de ces vingt dernières années (d'après FERMON et PAUGY, 1996).

Les problèmes associés à la contamination par les métaux lourds résultent du fait qu'ils s'accumulent dans les organismes, où ils atteignent parfois des seuils toxiques. De manière générale, les concentrations de métaux lourds dans les écosystèmes aquatiques africains sont faibles par rapport à d'autres régions du monde. Toutefois, quelques informations existent et ont été synthétisées (DEJOUX, 1988 ; BINEY *et al.*, 1992). Elles montrent qu'en règle générale les concentrations trouvées dans les muscles des poissons des eaux continentales sont en dessous des normes énoncées par l'OMS (tabl. LXI). De même, hormis quelques points noirs, comme le lac Mariut (Égypte), la lagune de Lagos (Nigeria) et la lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire), les concentrations relevées dans les sédiments et certains organismes aquatiques ne posent pas encore de problèmes environnementaux sérieux (BINEY *et al.*, 1992).

BIOACCUMULATION

Un phénomène préoccupant avec certains contaminants, qu'il s'agisse de métaux lourds ou de pesticides, est la bioaccumulation, qui conduit à l'accumulation d'une substance toxique dans un organisme, à des concentrations parfois bien supérieures à celles observées dans le milieu naturel. Ce phénomène concerne divers contaminants.

Les poissons des eaux continentales africaines

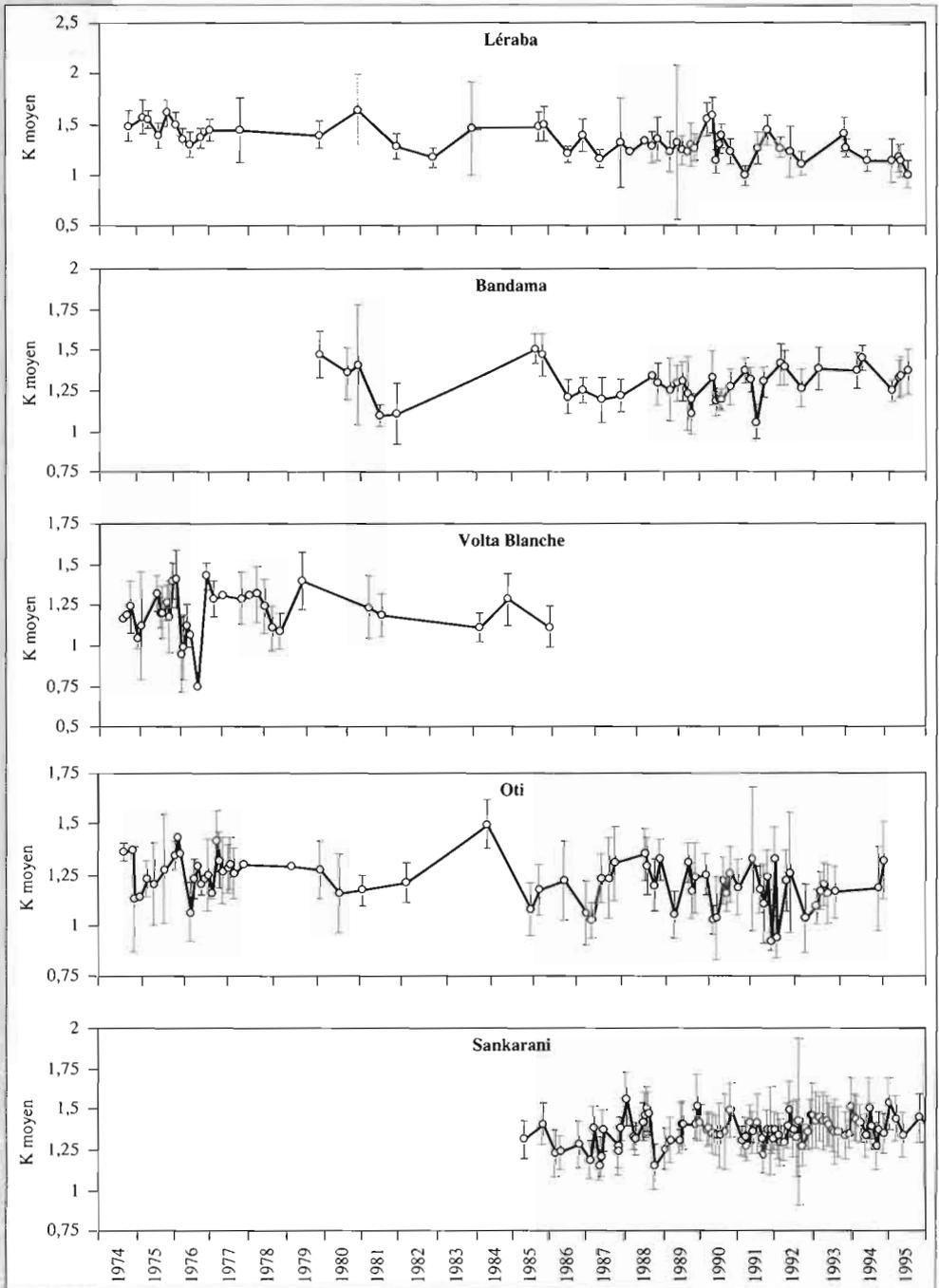


FIGURE 146

Variations du coefficient de condition moyen (K moyen) des *Schilbe intermedius* de cinq rivières d'Afrique de l'Ouest au cours de ces vingt dernières années (d'après FERMON et PAUGY, 1996).

	Mercur	Cadmium	Plomb	Arsenic	Cuivre	Zinc	Manganèse	Fer
Lac Mariut (Égypte)		0,150			3,70	7,6	0,90	11,2
Lac Idku (Égypte)	0,010	0,004	0,67	0,031	1,77	7,4		
Rivière Wiwi (Ghana)	0,370	0,190	0,47		0,18	3,0		
Delta du Niger (Nigeria)	0,034	0,030	0,48		0,70	4,8	1,10	5,4
Lac Nakuru (Kenya)	0,044	0,050	0,17	0,360	2,00	22,0	1,80	
Lac Victoria (Kenya)		0,04-0,12	0,4-1,1		0,15-0,53	2,21-7,02	0,22-0,74	0,53-4,65
Lac MacIlwaine (Zimbabwe)		0,020	0,17	0,280	1,08	9,6	5,40	
Barrage Hartbeesport (Afr. du Sud)		0,020	< 0,02	0,400	0,30	6,6	0,24	
Limites OMS	0,050	2,0	2,0		30	1 000		

Les organismes ayant concentré des polluants peuvent entrer à leur tour dans la chaîne trophique ; si le produit n'est pas dégradé ou éliminé, il va se concentrer de plus en plus à chaque maillon de la chaîne, allant par exemple des algues aux oiseaux ichtyophages. Ce phénomène qui est appelé bioamplification, montre que la pollution d'un milieu par des substances qui ne sont mesurées qu'en quantité très faible dans l'eau peut avoir des conséquences inattendues chez les consommateurs supérieurs.

Impact de la pêche

L'impact de la pêche sur les peuplements ichtyologiques se manifeste essentiellement, selon les engins de pêche utilisés, par une pression sélective sur certaines espèces, soit chez les adultes, soit chez les jeunes. On pense fréquemment que l'activité de pêche à elle seule, lorsqu'elle est pratiquée avec des engins traditionnels, ne peut être tenue pour responsable de la disparition d'espèces de poissons. En effet, il est difficilement imaginable que l'on puisse éliminer complètement une population par des captures faites en aveugle, contrairement à ce qui peut se passer pour la chasse. Cependant, une pression importante associée à des modifications de l'habitat peut entraîner assez rapidement la raréfaction de certaines espèces.

Les effets de la pêche sont particulièrement sensibles sur des espèces de grande taille ayant une faible capacité reproductive. On cite par exemple la quasi-disparition d'*Arius gigas* dans le bassin du Niger (DAGET *et al.*, 1988). Chez cette espèce, le mâle est incubateur buccal de quelques œufs de grande taille. Au début du siècle, on mentionnait la capture de spécimens de deux mètres de longueur, alors que depuis les années cinquante l'espèce semble devenue très rare.

De nombreuses observations semblent montrer également que les espèces du genre *Labeo* (Cyprinidae) sont particulièrement vulnérables. C'est le cas dans le lac Tchad, où *L. coubie* a pratiquement disparu de la pêcherie de la cuvette nord dans les quelques années qui ont suivi l'installation d'une pêcherie (DURAND, 1980). On attribue également à une pêche trop active la raréfaction de *Labeo mesops* dans le lac Malawi (TURNER, 1994) et celle de *Labeo altivelis* dans la rivière Luapula (JACKSON, 1961).

TABLEAU LXI

Concentrations moyennes en métaux lourds observées dans les muscles des poissons d'eau douce d'Afrique (en µg/g de poisson frais) (d'après BINEY *et al.*, 1992).

ATTENTION... DANGER

Si la pêche aux engins est responsable de modifications parfois importantes des communautés de poissons dans les eaux africaines, cet impact pourrait être considéré comme bénin par rapport à d'autres pratiques illégales et combien dévastatrices. Depuis les années cinquante, en effet, l'apparition d'insecticides chimiques et leur utilisation généralisée en agriculture ont ouvert la voie à des activités de pêche incontrôlées, à l'aide de ces pesticides. Ainsi, les auteurs ont pu constater, dans une rivière du sud de la Côte-d'Ivoire, que le déversement d'un fût d'insecticide avait complètement éradiqué la faune sur plus de 10 km. STAUCH (1966) mentionnait déjà l'utilisation d'aldrine et de lindane dans la Bénoué au début des années soixante. Selon les informations disponibles, l'usage de ces produits aurait tendance à se généraliser bien qu'il soit difficile, on le comprend, d'avoir une idée précise de l'importance de cette pratique pourtant réprimée par les lois de la plupart des pays. Toutefois, certaines observations ne trompent pas sur la nature des moyens employés

lors de certaines pêches d'étiage. Dans certaines contrées, les pêcheurs ou les villageois locaux ont toujours employé des ichthyotoxiques. Mais auparavant, il s'agissait de produits naturels extraits le plus généralement de végétaux (*Balanites aegyptica*, *Tephrosia vogelli*...) dont on préparait les feuilles ou les fruits (broyage ou décoction) et que l'on introduisait dans l'eau. L'action des substances actives (souvent la roténone ou un de ses isomères) est assez limitée dans le temps et dans l'espace et ne touche généralement que les poissons ou les organismes à respiration branchiale. Les produits utilisés ne sont donc jamais très toxiques pour l'environnement, d'autant qu'ils sont employés de façon coutumière donc sporadique. Ce n'est évidemment plus le cas des pesticides chimiques qui peuvent être employés, du fait de leur concentration, à presque toutes les époques et qui détruisent, en raison de leur toxicité, l'environnement global. En fait, ils « pourrissent l'eau » et tout ce qui s'y trouve, sans compter les éventuels dommages que peuvent subir les populations qui consomment l'eau et les poissons contaminés.

De manière générale, l'installation d'une pêcherie dans des milieux jusque-là peu exploités modifie considérablement la composition des peuplements ichtyologiques. On a vu par exemple (p. 227) que les grands prédateurs (*Lates*, *Hydrocynus*, *Gymnarchus*, etc.) étaient particulièrement vulnérables au filet maillant, alors que cet engin ne capturait pratiquement pas d'individus d'autres espèces (*Synodontis*, *Alestes*, *Mormyridae*...) (BÉNECH et QUENSIÈRE, 1989).

L'introduction d'une pêcherie au chalut benthique dans le lac Malawi, en 1968, serait responsable de la réduction des populations, voire de la disparition de plusieurs espèces de Cichlidae endémiques (TURNER, 1994), et le même phénomène a été observé dans le lac Victoria (WITTE *et al.*, 1992 a). Ainsi, dans le lac Malawi, on a constaté un déclin rapide des populations de Cichlidae de grande taille (individus de plus de 190 mm) après le démarrage de la pêche au chalut en 1968, et environ 20 % des espèces de cette famille ont disparu des captures en quelques années. Au début des années quatre-vingt-dix, l'espèce benthique *Lethrinops macracanthus* semble avoir complètement disparu alors que *Lethrinops microdon*, qui constituait 16 % des captures en poids en 1970, n'en représente plus désormais que moins de 2 %. Dans le sud du lac Malawi, intensivement pêché, trois espèces d'haplochromines de grande taille ont été éliminées et huit autres sont en net déclin.

Selon COULTER *et al.* (1986), l'expérience acquise dans les grands lacs d'Afrique de l'Est montre que l'existence d'une pêcherie mécanisée est incompatible avec le maintien de peuplements très diversifiés de Cichlidae, en raison principalement du mode de reproduction de la plupart des espèces, caractérisé par

une faible fécondité et un comportement territorial. Ce n'est toutefois pas l'avis de TWEDDLE (1992), qui estime que les espèces benthiques se réinstallent rapidement après le passage du chalut et que la pêche commerciale est actuellement bien gérée dans le lac Malawi.

L'un des effets les plus marqués de la pêche se manifeste sur le plan de la démographie, avec la réduction de la taille moyenne des espèces et la disparition des individus de grande taille. En effet, si la pêcherie débute en général avec des engins à grandes mailles, la taille de celles-ci diminue au fur et à mesure que les captures de grands individus se font plus rares. Dans certains cas, la taille des mailles est si petite que les engins capturent les individus immatures et que les populations des espèces qui ne peuvent plus se reproduire s'effondrent dramatiquement. Dans le lac Malombe, par exemple, la pêche des *Oreochromis* (*O. karongae*, *O. squamipinnis*) se pratiquait au filet maillant. On a observé dans les années quatre-vingt un accroissement de la pêche avec des seines à petites mailles et un effondrement parallèle de la pêche aux *Oreochromis*. Ce mode d'exploitation serait responsable également de la disparition de neuf espèces de grande taille de Cichlidae endémiques (TURNER, 1994).