

IRD (UR 070)

IER (programme halieutique)

ODRS (Département Environnement)

SOGEM (Cellule Limnologique)

ESKOM (Département Sécurité et Environnement)

Module Halieutique du FSP « Grands lacs maliens »

Rapport de mi-parcours

Rédaction : R. Laë

avec la contribution de J. M. Ecoutin, A. Lebourges et L. Tito de

Morais

Acquisition des données : J.J. Albaret, K. Coulibaly, S. Dembele, M.

Diarra, B. Doumbia, S.M. Doumbia, E. Josse, A. Kodjo, J. Raffray, M.

Sacko, B. Togola, S.M. Togora

Avril 2006

Sommaire

I. OBJECTIFS DU MODULE HALIEUTIQUE.....	3
II. MATERIELS ET METHODES	3
II.1. CARACTERISATION DES PEUPEMENTS ICHTYOLOGIQUES	3
II.1.1. <i>Stratégie d'échantillonnage et effort de pêche</i>	3
II.2. REPARTITION SPATIALE ET ABONDANCE.....	6
II.1.1 <i>Missions</i>	6
II.1.2. <i>Equipements utilisés</i>	6
II.1.3. <i>Plans d'échantillonnage</i>	7
II.3. SUIVI DES ACTIVITES DE PECHE	8
III. PREMIERS RESULTATS	10
III.1. CARACTERISATION DES PEUPEMENTS ICHTYOLOGIQUES	10
III.2. REPARTITION SPATIALE ET ABONDANCE	12
III.2.1. <i>Bathymétrie</i>	12
III.2.2. <i>Densité acoustique s_A ($m^2.mn^{-2}$)</i>	14
III.2.3. <i>Analyse des détections de poissons individuels</i>	17
III.3. SUIVI DES ACTIVITES DE PECHE	20
III.3.1. <i>Effort de pêche</i>	20
III.3.2.. <i>Captures totales</i>	21
III.3.3. <i>Rendements</i>	22
III.3.4. <i>CPUE annuelles</i>	23
III.3.5. <i>CPUE et engins de pêche</i>	23
IV CONCLUSIONS PROVISOIRES.....	24
REFERENCES CITEES	29
ANNEXE 2 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE DU MODULE « HALIEUTIQUE»	30
<i>Publications soumises à comité de lecture</i>	30
<i>Communications</i>	30
<i>Rapports</i>	31
<i>Encadrement d'étudiants</i>	31

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Laë R., Ecoutin J.M., Lebourges A., Tito de Morais L., Albaret J.J., Raffray J., 2006. Module Halieutique du FSP « Grands lacs maliens ». Rapport de mi-parcours. Document Centre IRD de Dakar, 32 pages.

I. Objectifs du Module halieutique

Au cours des deux dernières décennies, la mise en exploitation des ressources ichtyologiques des lacs de retenues des barrages de Sélingué et Manantali par des pêcheurs migrants Bozo et Somono, a provoqué des pressions de natures diverses sur ces plans d'eau. Ces pressions sont à l'origine de préoccupations quant à la pérennisation des ressources halieutiques. Par ailleurs, le développement relativement récent de pêcheries artisanales sur ces lacs de retenues a entraîné une forte augmentation de la capacité de pêche et la création de nombreux emplois au niveau de la filière. En matière de pêche artisanale, l'augmentation des populations riveraines entraîne le plus souvent des phénomènes de surexploitation et de conflits entre utilisateurs de la ressource. C'est pourquoi, il est important tant que la pression de pêche est à niveau acceptable, de définir une législation adaptée à ces milieux lacustres qui dans ces conditions particulières a toutes les chances de pouvoir être appliquée en évitant des conséquences écologiques et sociales néfastes.

La recherche envisagée comporte plusieurs phases :

une phase de descriptions par voie d'enquête de l'activité de pêche (potentiel de pêche, répartition spatio-temporelle de l'effort de pêche, les CPUE, les captures totales et spécifiques, l'évolution des captures.

Détermination pour chacun des sites et pendant un cycle annuel complet des dynamiques d'exploitation et des potentialités halieutiques des lacs.

Les produits attendus sont donc :

une description des peuplements de poisson en terme de diversité spécifique

une estimation de leur abondance et de leur composition en taille

une description des pêcheries, de l'effort de pêche et une évaluation des pressions de pêche.

II. Matériels et méthodes

II.1. Caractérisation des peuplements ichtyologiques

II.1.1. Stratégie d'échantillonnage et effort de pêche

Après une première mission de contact et de mise en place, en octobre 2001 (Tito de Moraes, et al., 2001), trois campagnes de pêche expérimentales ont eu lieu en 2002 et 2003 sur les retenues de Sélingué et de Manantali (tab. 1), couplées aux suivis d'écho-intégration acoustique. Mais contrairement à ces derniers, seules les zones proches du barrage et les zones centrales ont été échantillonnées. Cela correspond à une stratification de l'échantillonnage en deux zones au sein de chaque retenue. Le premier étant situé à proximité du barrage et incluant les zones les plus profondes, le deuxième incluant des zones non déforestées et de faible profondeur (fig. 1). Au sein de chacune de ces zones une deuxième stratification a séparé épi/métalimnion et hypolimnion (Appleberg, 2000).

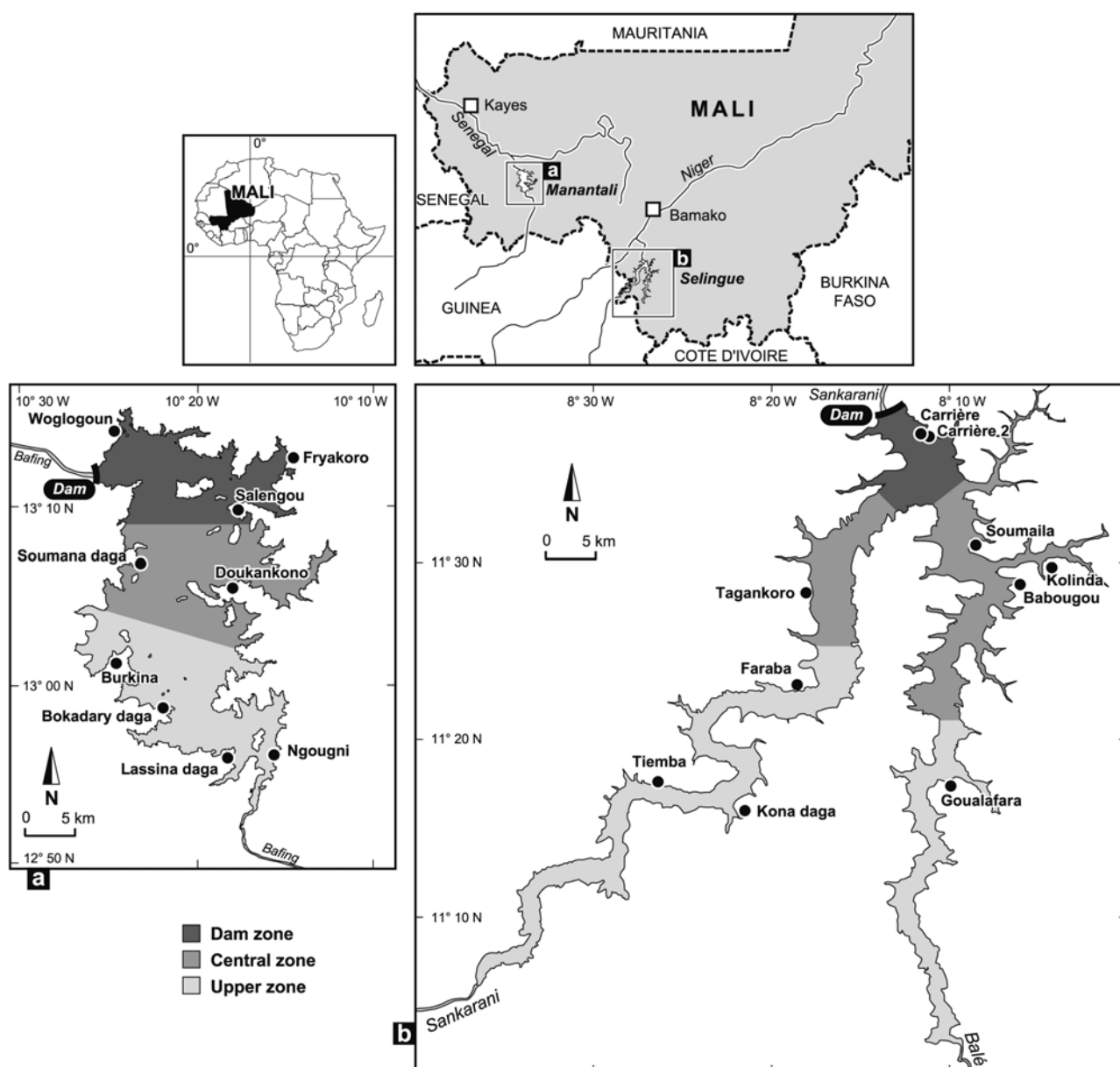


Figure 1. Situation géographique et zones échantillonnées sur les deux retenues. A Manantali, les zones proches du barrage ("Dam zone") et centrale ("Central zone") ont été échantillonnées. A Sélingué la zone proche du barrage et la zone centrale du Sankarani ont été échantillonnées.

Les campagnes de pêche expérimentales (entre 15 jours et 3 semaines) se sont succédées sur chacune des retenues et ont mobilisé un nombre élevé de participants et une logistique importante, mise à disposition par l'IRD de Bamako. Un chercheur de l'IER (A. Kodjo) a participé à chacune des missions ainsi que des chercheurs de l'IRD venant en mission de France et du Sénégal et des agents techniques de l'IRD Bamako. À Sélingué des chercheurs de l'ODRS ont accompagné et parfois directement participé aux opérations d'échantillonnage.

Tableau 1. Effort d'échantillonnage par campagne dans chacune des zones : nombre de filets de 75 m² posés (12 heures environ de pêche de nuit). "-" : pas de pêche.

Campagne	Zone		Sélingué Barrage	Sélingué Sankarani Centre	Total
	Manantali Barrage	Manantali Centre			
1 - juin 02	37	-	103	-	140
2 - avril 03	120	120	120	120	480
3 - oct. 03	120	120	120	120	480
Total	277	240	343	240	1100

La première campagne a eu lieu en juin 2002. Il s'est agi d'une campagne d'essais et de mise au point au cours de laquelle des filets verticaux ont été testés. Seule les zones proches du barrage ont été échantillonnées. L'utilisation des filets maillants verticaux s'est avérée complexe et leurs rendements insuffisants par rapport à leur difficulté de mise en oeuvre. Malgré leur intérêt potentiel il a été décidé de les abandonner suite à une étude bibliographique approfondie des stratégies d'échantillonnage des lacs (Tito de Morais, 2002).

Par la suite, l'engin d'échantillonnage était constitué d'une série de filets maillants en mono-filament attachés pour former une "bande" de filets qui sera considérée comme un engin unique. Les mailles utilisées commençaient à 10 mm afin de permettre la capture des *Pellonula leonensis* présentes à Sélingué. La maille maximum était de 80 mm pour permettre la capture des *Lates niloticus* de grande taille.

Les mailles des filets associés suivaient une progression géométrique d'ordre 1,5. Ceci permet de prendre en compte l'accroissement de la variance des courbes de sélectivité en fonction de la taille de la maille (Holst et al., 1996). La séquence utilisée était donc : 10, 15, 22.5, 45, et 80 mm de noeud à noeud. Chaque panneau d'une maille donnée faisait 25 m de long pour 3 m de hauteur. Chaque "bande" de filets ayant donc une surface totale de 375 m². Holst et al., (1996) relèvent qu'au sein de chacun des "bandes" de filets il intervient des interactions entre panneaux adjacents qui font qu'un biais important d'efficacité des filets peut apparaître. Il indique qu'il est cependant possible de réduire ces biais en utilisant des séries de panneaux assemblés selon un ordre aléatoire et en attachant les différents panneaux de manière lâche au lieu de les fixer entre eux de façon resserrée. Six "bandes" de 5 panneaux assemblés dans un ordre aléatoire ont donc été posés lors de chaque pêche, trois en surface et trois posés au fond.

Les panneaux de différentes mailles ont donc été associés en ménageant un espace suffisamment large entre chaque panneau et montées de manière à ce que chaque maille soit représentée au moins une fois à chaque extrémité et que le reste des mailles soit distribué au hasard au sein de la bande (tab. 2).

Bande 1	10	15	22.5	45	80
Bande 2	10	15	22.5	80	45
Bande 3	15	45	10	80	22.5
Bande 4	22.5	45	80	15	10
Bande 5	45	80	22.5	10	15
Bande 6	80	22.5	45	15	10

Tableau 2. Plan de montage des "bandes" de filets. Séquence des panneaux de 25 x 3 m de chaque maille (en mm, de noeud à noeud).

Le plan d'échantillonnage décrit par Appelberg (2000) suppose l'utilisation de 12 "bandes" pour l'échantillonnage de l'épi/métalimnion et 12 pour l'hypolimnion, soit un effort de 24 bandes en tout. Nous avons adopté un échantillonnage simplifié atteignant 18 000 m² de surface pêchante par campagne dans chaque retenue. Afin de répartir l'effort de pêche de manière aléatoire au sein de chaque zone (zone barrage et zone centrale), chacune d'elles a été divisée en 12 carrés de surfaces à peu près identiques. Quatre carrés ont été tirés au sort dans chaque zone et les bandes de filets mises en pêche pour une durée de 12 heures au cours de la nuit jusqu'à atteindre l'effort de pêche fixé dans chaque zone (tab. 1).

Les inventaires faunistiques de Sélingué et de Manantali ont ainsi pu être établis sur la base des pêches expérimentales et comparées à l'ensemble des informations disponibles sur ces milieux (données de la littérature et enquêtes de pêche artisanale).

II.2. Répartition spatiale et abondance

II.1.1 Missions

3 missions ont été réalisées sur chacun des deux lacs, pour lesquelles deux personnes de l'Unité de Service ACAPPELLA (IRD) se sont déplacées à chaque fois, chacune réalisant la prospection d'un lac.

Dates des missions :

du 3 au 24 juin 2002, période de basses eaux : du 3 au 15 juin sur le lac de Sélingué, du 16 au 24 juin sur le lac de Manantali ;

du 6 au 5 mai 2003, en période de basses eaux également : du 6 au 21 avril sur le lac de Manantali et du 22 avril au 5 mai sur le lac de Sélingué ;

du 28 septembre au 17 octobre 2003 en fin de saison des pluies : du 28 septembre au 9 octobre sur le lac de Manantali et du 10 au 17 octobre sur le lac de Sélingué.

II.1.2. Equipements utilisés

Le sondeur bifréquence utilisé lors des trois missions est un SIMRAD EK60 portatif appartenant à l'IRD et émettant à 70 et 200 kHz. Les deux transducteurs ont la même ouverture angulaire de 7°. L'emploi de deux fréquences a été motivé par le fait que dans beaucoup de milieux certains organismes ne sont détectés qu'à l'une ou à l'autre fréquence. L'emploi des deux dans ce cas donne une image plus exhaustive du milieu. Les transducteurs associés à chacune des fréquences du sondeur ont été fixés sur une perche le long des embarcations. Ils se trouvaient ainsi à une profondeur d'environ 50 cms sous la surface. Le sondeur est étalonné en bassin d'eau de mer environ une fois par an. Une vérification sur place du fonctionnement du système a été réalisée cependant 1 fois lors de chaque mission.

Le sondeur était connecté à un GPS (Global Positionning System) afin d'intégrer les positions aux données acoustiques.

Les prospections sur le lac de Sélingué ont été réalisées à bord d'une ancienne canonnière de 2 m de large pour 6 m de long ; à Manantali, la première mission s'est faite à bord d'une barge beaucoup plus courte (4 m par 2 m) puis les deux suivantes à bord d'une pirogue de 21 m de long, construite pour les besoins des travaux de l'IRD sur ce lac.

La durée d'impulsion a été fixée à 0,256 ms pour les deux transducteurs compte-tenu de la faible profondeur du lac de Sélingué en particulier afin d'avoir une bonne résolution verticale et en particulier près du fond. Les puissances ont été choisies de 120 W pour le 200 kHz et 500 W pour le 70 kHz. Les sondeurs étaient alimentés par des batteries autonomes (12 Volts).

La récurrence des tirs était de 0,4 ms lors de la première mission en juin 2002. Celle-ci était une mission exploratoire qui a permis de préciser la stratégie d'échantillonnage. Compte-tenu de l'encombrement végétal des lacs, il est apparu nécessaire d'augmenter l'échantillonnage horizontal afin d'être plus à même de reconnaître le végétal de l'animal dans les détections. Pour les deux autres missions de 2003, une cadence de tir maximale a ainsi été choisie, soit une cadence qui dépend de la sonde.

II.1.3. Plans d'échantillonnage

Les plans d'échantillonnage habituellement suivis pour des prospections classiques sont de deux types : soit une série de radiales parallèles perpendiculaires aux isobathes, soit des parcours en zig-zags, selon la configuration du milieu d'étude. Dans le cas de Sélingué, les parcours en zig-zags se sont avérés les seuls réalisables. Dans le cas de Manantali, il a été en partie possible de réaliser des parcours selon des radiales parallèles, sauf dans la partie sud en fin de saison sèche, où le milieu était trop encombré. L'affleurement ou encore la présence immergée d'arbres en grandes quantités dans certaines parties de chacun des lacs, a empêché pour des raisons de sécurité la réalisation de prospections nocturnes, bien que les poissons décollent généralement du fond pendant la nuit et soient ainsi mieux détectés et que les pêches aux filets verticaux aient été réalisées de nuit. Cependant, sur le lac de Sélingué, l'évolution nycthémérale des distributions verticales des organismes a pu être étudiée par deux stations fixes en juin 2002. Ces dernières n'ont pu être réalisées sur le lac de Manantali (difficultés de faire un point fixe le bateau ne possédant pas de mouillage, météo défavorable).

La mission de juin 2002 étant à but exploratoire, le plan d'échantillonnage a visé, dans la mesure du possible, une prospection globale de chacun des lacs. Se situant en fin de saison sèche, cette mission n'a cependant pas permis de prospecter certaines régions trop peu profondes. Le lac de Sélingué a été prospecté selon des radiales en zig-zags ; la partie nord, le bras du Sankarani jusqu'à Faraba et le bras du Balé ont été parcourus. Une station de 24 h s'est faite devant Carrière et une autre devant le barrage. Compte-tenu de sa surface et de l'objectif de le parcourir dans sa globalité, le lac de Manantali a été parcouru suivant des radiales assez espacées parallèles ou non, excepté la partie sud où la prospection n'a pu se faire qu'en suivant le lit du fleuve.

Pour la mission d'avril 2003 la stratégie au niveau des pêches expérimentales a été de se concentrer sur des zones ateliers. Les prospections acoustiques ont donc été plus orientées sur ces secteurs, en particulier à Manantali où les prospections sont restées au nord de 13°05 de latitude selon des trajets globalement est-ouest. A Sélingué il a été possible de prospecter l'ensemble des zones accessibles selon des trajets en zig-zags, sauf du côté du Balé où seul le lit du fleuve pouvait être parcouru.

La mission d'octobre 2003 se situait en fin de saison des pluies avec un niveau d'eau plus élevé qu'en avril de 3.50m en moyenne à Sélingué et de 5m en moyenne à Manantali. Il a donc été possible cette fois de parcourir l'ensemble des deux lacs. Les trajets ont été faits en zig-zags à Sélingué et plus variables à Manantali afin de couvrir l'ensemble du lac dans le temps disponible.

II.3. Suivi des activités de pêche

Au début de cette opération, les informations disponibles sur les retenues de Sélingué et Manantali en matière d'exploitation halieutique étaient extrêmement faibles. Or cette information est indispensable si l'on veut quantifier les pressions réelles de pêche exercées sur les peuplements et comprendre ainsi l'évolution des abondances de poisson.

Les données à collecter doivent donc prendre en compte la variabilité spatio-temporelle de la ressource, des activités et des migrations de pêche. La connaissance de plusieurs paramètres est alors indispensable :

- le nombre d'unités de pêche permettant l'extrapolation à l'ensemble du milieu des résultats acquis par échantillonnage. Ce nombre est obtenu en réalisant un recensement régulier des unités présentes.
- l'estimation de l'effort de pêche et le suivi de ses variations spatio-temporelles. La procédure la mieux adaptée consiste à suivre de manière régulière les activités de quelques unités de pêche. Pour chaque campement de pêche retenu, un échantillon de 10 unités est sélectionné par tirage aléatoire, chacune d'entre elles étant enquêtée chaque soir sur ses activités de la journée. Les renseignements recueillis portent sur les différentes activités de pêche de l'unité: nombre de personnes, lieu de pêche, type de milieu exploité, type et nombre d'engins utilisés, autres activités (agriculture, réparation des filets, réparation du moteur, réparation de la pirogue ...)
- les débarquements de poisson par espèce ainsi que les structures en taille correspondantes. La procédure la plus adaptée aux pêches artisanales en milieux continentaux ou estuariens consiste, à l'intérieur de chaque strate spatio-temporelle, à prélever un échantillon indépendant selon une procédure aléatoire. Les enquêtes sont faites sur la population de pirogues qui débarquent. Pour chaque pirogue, les informations recueillies sont de trois ordres : 1) Informations générales portant sur l'unité de pêche d'une part, sur les observations directes relatives aux conditions de pêche: température, état du ciel, vent, phase lunaire. 2) Informations sur la sortie de pêche, recueillies par entretien avec les pêcheurs : lieu de pêche, distance, temps de pêche, engin utilisé, nombre de filets posés, nombre de personnes ayant participé à l'opération. 3) Informations sur les captures. Les captures totales et spécifiques sont pesées. Pour chaque espèce, un échantillon de 10 individus est mesuré.

Les activités halieutiques des deux écosystèmes ont été suivies pendant 13 mois, de mai 2002 à mai 2003 couvrant ainsi toute la dynamique de l'écosystème. Le plan d'échantillonnage est un plan structuré, non aléatoire prenant en compte les particularités morphologiques et hydrologiques des lacs ainsi que les différences spatio-temporelles d'exploitation. Ceci a nécessité une sectorisation de chaque lac en zones homogènes : 3 à Sélingué et 3 à Manantali. Dans chaque secteur, 3 villages représentatifs des activités de pêche ont été sélectionnés : les 9 villages de Sélingué et Manantali regroupent respectivement 72 % et 77% des unités de pêche de chacun des deux lacs.

Le réseau d'enquête mis en place pour répondre à ce plan d'échantillonnage, est constitué par 3 enquêteurs, chacun travaillant dans 3 villages à raison de 10 jours d'enquêtes par village. Chaque réseau est administré par un superviseur (M. Keita, B. Togola) qui suit l'activité des enquêteurs, valide leurs activités et assure les recensements régulièrement. La mise en place de ces deux réseaux, la formation des enquêteurs et le suivi du fonctionnement a justifié la réalisation de 11 missions effectuées depuis Dakar par des membres de l'unité RAP (tab. 3).

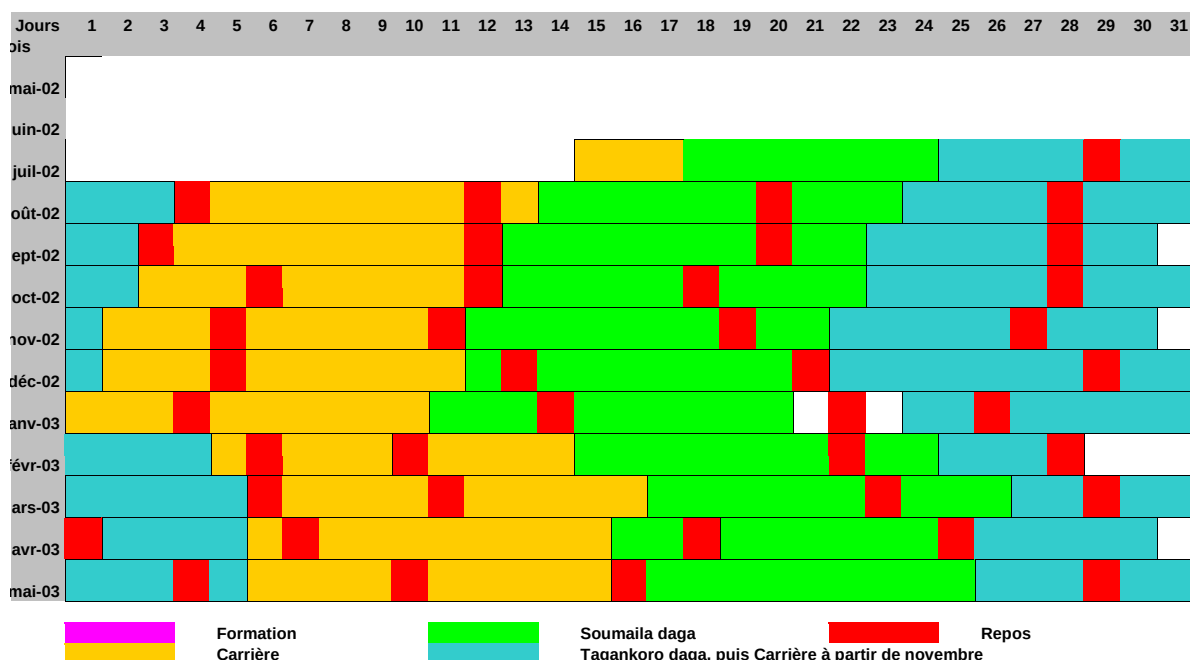
Tableau 3 : Missions réalisées dans le cadre du suivi des pêcheries

Date	Objet de la mission	Participants
9 au 19/10/2001	Mission exploratoire	LTM, JME, JR
25 au 29/03/2002	Formation des superviseurs à Dakar	M. Keita, B. Togola
02 au 12/05/2005	Formation des enquêteurs, Sélection et mise en place du réseau d'enquêtes sur les 2 lacs	RL, JME, JR
07 au 16/07/2002	Visite des réseaux d'enquêtes et ajustement du système d'enquêtes en fonction des contraintes observées	JME, JP
29/09 au 05/10/2002	Visite des réseaux	JR
17 au 24/11/2002	Visite des réseaux	RL
20 au 28/11/2002	Visite des réseaux	JR
20 au 28/01/2003	Visite des réseaux	JR
Mars 2003	Commentaires aux superviseurs	JP
Avril 2003	Commentaires aux enquêteurs	JR
30/05 au 05/06/2003	Recensement à Manantali et fermeture des 2 réseaux d'enquêtes	RL, JME

LTM, L. Tito de Morais ; JME, J.M. Ecoutin ; JR, J. Raffray ; RL, R. Laë ; JP, J. Panfili.

Les données collectées relatives aux activités de pêche ont été saisies, validées et traitées à l'aide du logiciel PECHART (logiciel de saisie et de traitement des enquêtes de pêche artisanale) développé par l'Unité de Recherches RAP.

Exemple de programme d'échantillonnage d'un enquêteur



III. Premiers résultats

III.1. Caractérisation des peuplements ichthyologiques

Alors que 77 % des espèces répertoriées à Sélingué ont été capturées, seuls 47 % des espèces répertoriées à Manantali ont été observées dans nos échantillonnages (tab. 4). Il semble pourtant que le "plateau" de captures en fonction de l'effort soit proche d'être atteint dans les deux cas (fig. 2).

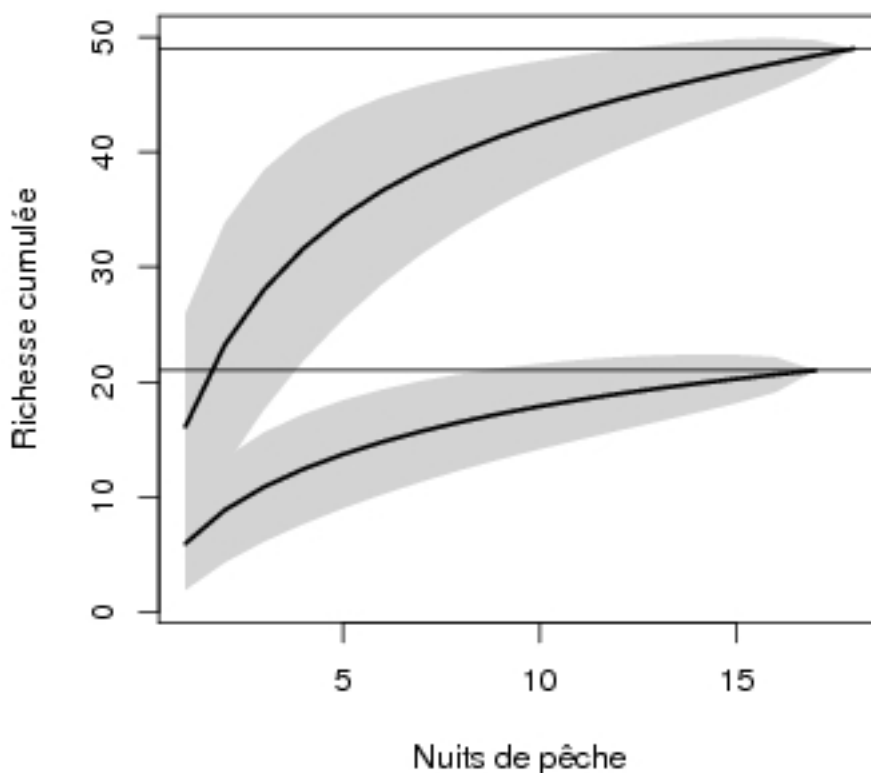


Figure 2. Pêches expérimentales aux filets maillants. Richesse spécifique cumulative en fonction du nombre de nuits de pêche dans les retenues de Manantali (bas) et de Sélingué (haut). Les ogives grises représentent l'écart-type.

Nous atteignons probablement les limites de la technique d'échantillonnage, les pêches artisanales qui sont la source principale pour ce qui concerne le nombre d'espèces répertoriées font appel à un très grand nombre d'engins de pêche, couvrant un ensemble de biotopes très vaste dans les deux lacs. Il faut cependant relever que sur plusieurs milliers d'enquêtes de pêche réalisées dans chaque lac, à Sélingué seules 11 espèces ont une occurrence supérieure à 10% et 25 espèces une occurrence supérieure à 1% dans les enquêtes. A Manantali seules 15 espèces ont une occurrence supérieure à 10% et 23 espèces une occurrence supérieure à 1% dans les enquêtes. L'échantillonnage de pêche expérimentale couvre donc de façon très satisfaisante la majorité du peuplement de Sélingué et de façon correcte celui de Manantali.

Tableau 4. Nombre d'espèces dans les deux retenues et dans les bassins du fleuve Sénégal et du Niger, selon différentes sources. Pechexp : pêches expérimentales (ce travail), Laë-Weigel : enquêtes de pêche de 1995 (Laë et Weigel, 1995 a et b), SOGEM : travaux de la Sogem, OMVS : travaux de l'OMVS, Pechart : enquêtes de pêche de 2002-2003 (ce travail). Données des bassins du Sénégal et du Niger : Lévêque et al., 1992. NC : non connu. "-" : non pertinent.

	Manantali					Sénégal	Niger	Sélingué		
	Pêche xp	Lae Weigel	SOGE M	OMV S	Pechart	Litt.	Litt.	Pêche xp	Lae Weigel	Pechart
Nbre d'espèces	20	35	35	25	39	63	77	46	51	57
% d'espèces par rapport au total	47%	81%	81%	58%	91%	-	-	77%	85%	95%
Nbre d'enquêtes ou de pêches expérimental..	12	1196	NC	NC	5210	NC	NC	12	899	4418
Total espèces de Manantali	43									
Total espèces de Sélingué	60									

Des différences de répartitions verticales et horizontales des peuplements de ces deux lacs ont été relevées. Le lac de Manantali semble majoritairement présenter des populations piscicoles qui se dispersent dans la colonne d'eau sans mise en place de structure agrégative fixe et délimitée. Au contraire, les individus peuplant la retenue de Sélingué semblent majoritairement grégaires, se rassemblant en bancs délimités positionnés souvent dans la même zone de la colonne d'eau (près du fond) ou en couche (dans le lit de la rivière), au cours de la journée. Pourtant, les informations concernant les espèces présentes dans ces deux lacs indiquent des espèces majoritairement identiques. Par ailleurs, les données d'abondance des pêches expérimentales apparaissent à première vue en cohérence avec les données hydro-acoustiques et avec les données issues de la pêche artisanale. Il en va de même pour les tailles (fig. 3). Néanmoins chacune des méthodes présente de nombreuses sources de biais, et seule une exploitation plus approfondie de l'ensemble des résultats finaux pourra permettre une analyse pertinente. La démarche comparative fondée sur les trois approches (pêches expérimentales, artisanales et détection acoustique) qui a commencé par les aspects techniques liées à l'échantillonnage (Tito de Morais, 2002) et à la discrimination entre les poissons et la végétation par l'acoustique (Coll et al., 2005a) est une voie prometteuse qui a fait l'objet d'un poster au 7^{ème} forum de l'Association Française d'Halieumétrie en juin 2005 (Coll et al., 2005b) et d'un article soumis pour publication.

Les espèces de poisson présentes dans les deux lacs de retenue sont globalement les mêmes que celles recensées dans le Delta central du Niger. Dans le cas du lac de Sélingué, cela tient au fait qu'au moment de la mise en eau du lac, ce sont les mêmes espèces qui ont colonisé le milieu. Dans le cas du lac de Manantali, qui appartient pourtant au bassin du fleuve Sénégal, cela s'explique par la proximité du peuplement piscicole entre les eaux du Sénégal supérieur et du Niger moyen (Lévêque et al., 1992).

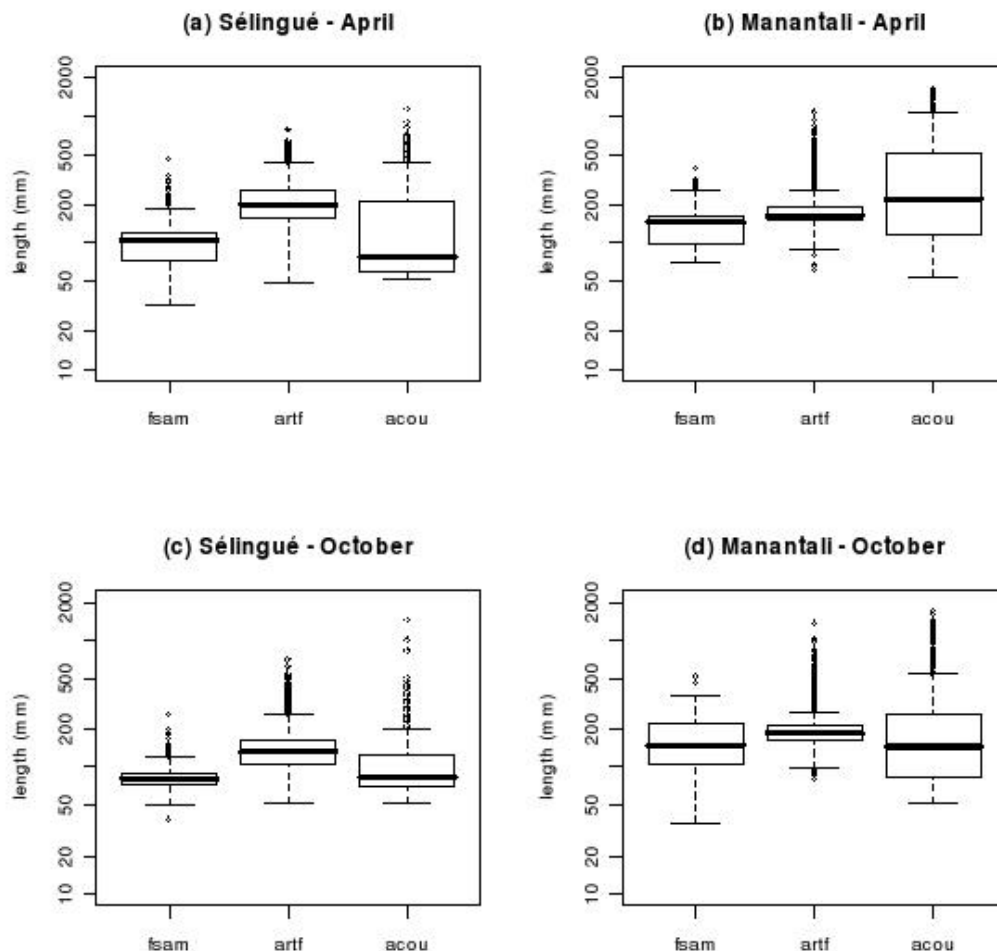


Figure 3 : comparaison des tailles des poissons dans les réservoirs de Sélingué et de Manantali à deux périodes de l'année selon différentes techniques d'échantillonnage : « acou » acoustique, « artf » enquêtes de pêche, « fsam » pêches expérimentales.

III.2. Répartition spatiale et abondance

Les résultats présentés ne sont issus que des deux dernières missions, effectuées en avril et octobre 2003, bien que la bathymétrie d'une part et des analyses énergétiques aient été faites sur les données de juin 2002. Cependant les missions de juin 2002 et d'avril 2003 ont été faites à des saisons similaires et la stratégie d'échantillonnage a été améliorée en avril 2003 grâce aux observations faites en juin 2002. La fin de saison sèche est donc représentée par la mission d'avril 2003.

III.2.1. Bathymétrie

Pour chaque campagne, les données de positionnement géographique collectées à l'aide du GPS, couplées aux informations de profondeur provenant du sondeur, permettent de tracer sous SURFER un « contour map » de la bathymétrie pour les zones prospectées. On peut ainsi visualiser plus

facilement les lits des fleuves Sankarani et Ouassoulou Balé à Sélingué et le lit du fleuve Bafing à Manantali (Fig. 4 et 5).

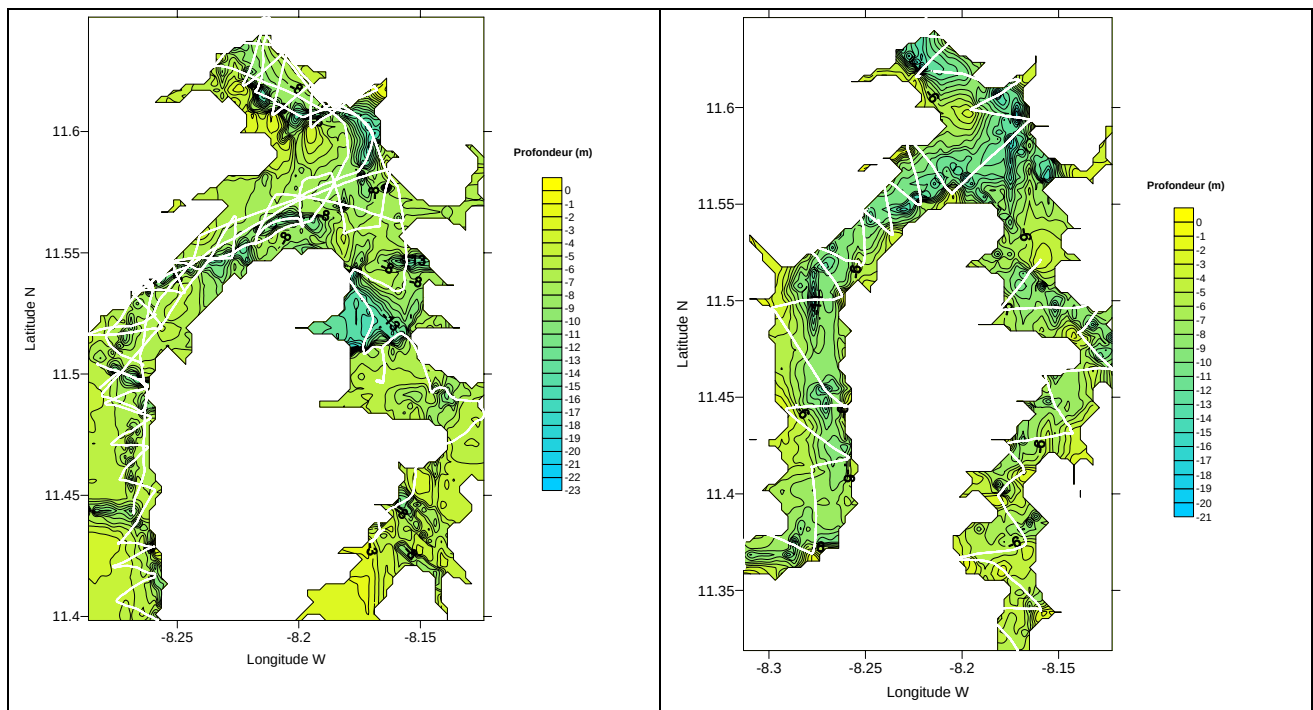


Figure 4. Bathymétrie du lac de Sélingué en avril (à gauche) et octobre 2003 (à droite), (lignes blanches : trajets de prospection)

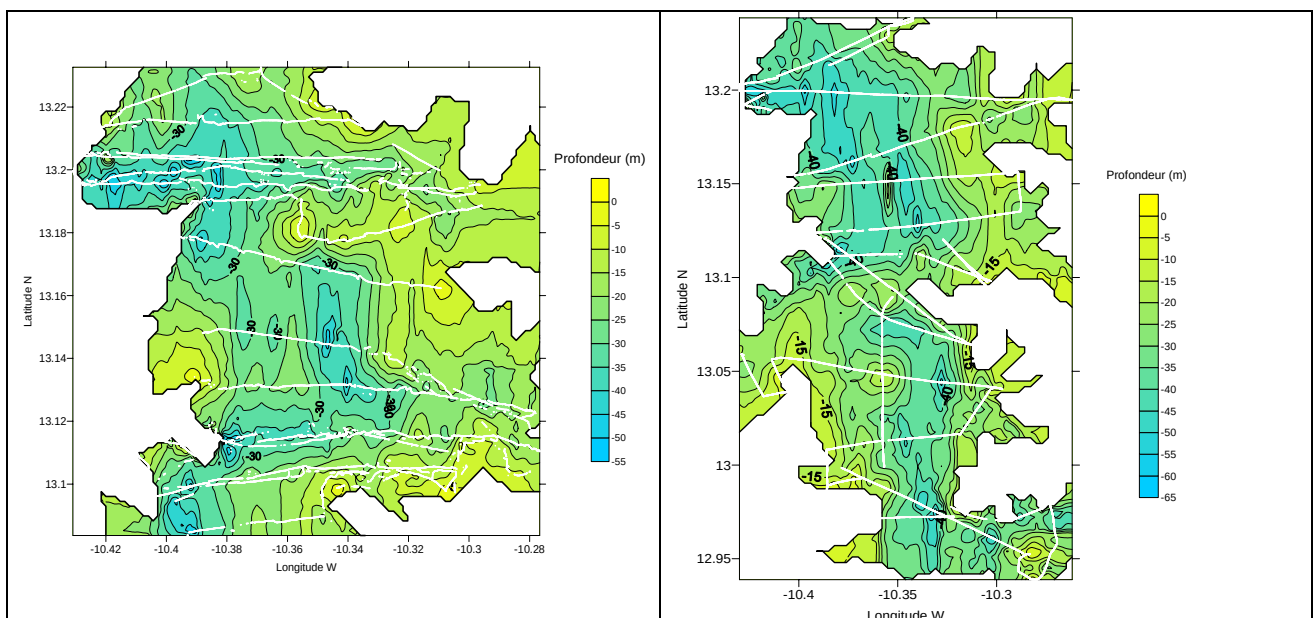


Figure 5. Bathymétrie du lac de Manantali en avril (à gauche) et octobre 2003 (à droite), (lignes blanches : trajets de prospection)

III.2.2. Densité acoustique s_A ($m^2 \cdot mn^{-2}$)

Pour parvenir à une estimation de la densité acoustique dans chacun des lacs, il fallait pouvoir faire la différence entre les détections correspondant à des poissons et celles correspondant à du végétal (arbres, couche de végétation près du fond, branches, souches). Le principe de réaliser des écho intégrations par bancs a été adopté afin de circonscrire les structures, qui sont numérotées lors du traitement et de pouvoir ensuite les classifier (Fig. 6 à 8).

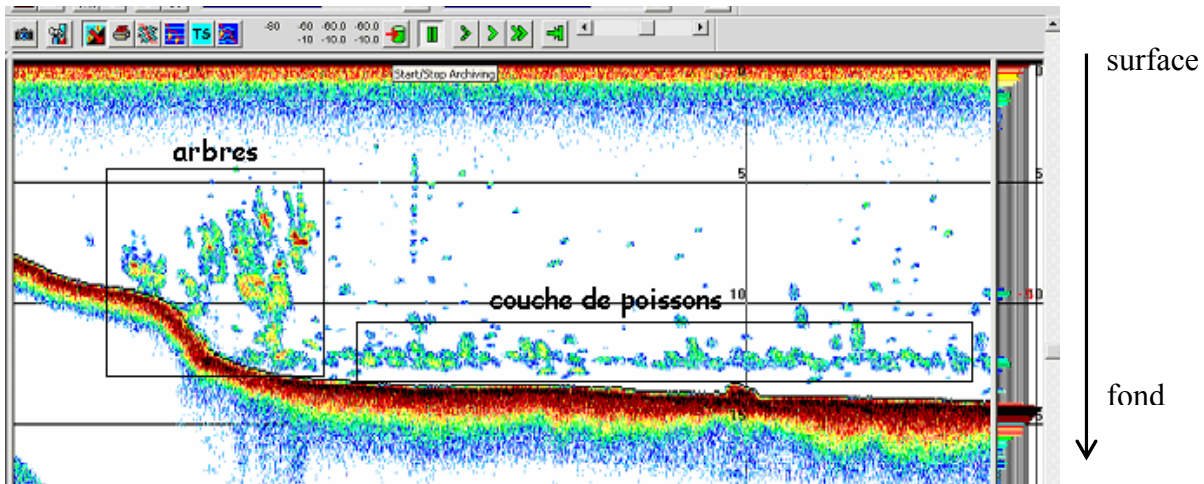


Figure 6. Exemple d'échogramme pris à Sélingué le 25 avril 2003 : lit de l'ancienne rivière

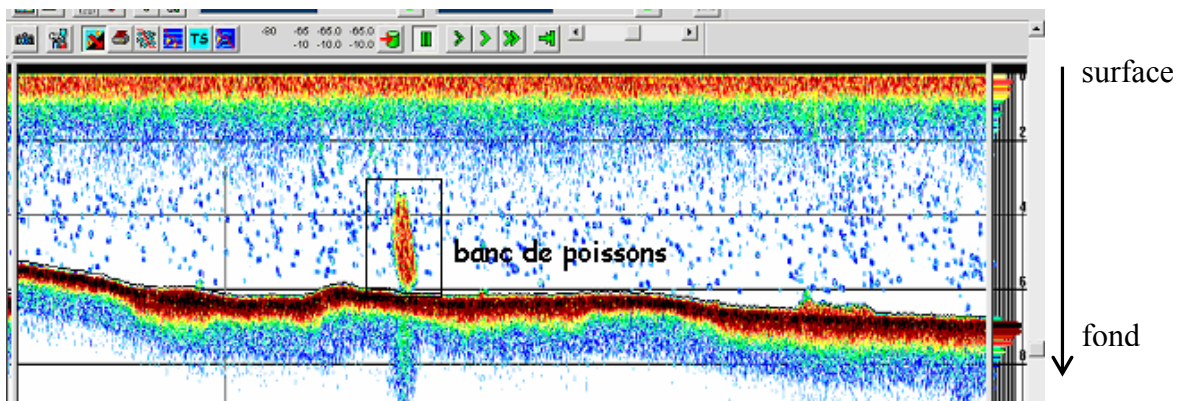


Figure 7. Exemple d'échogramme pris à Sélingué le 25 avril 2003 : bord de la rivière

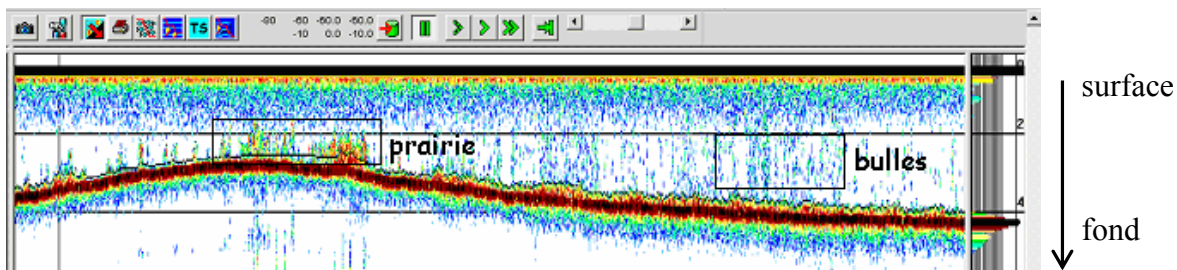


Figure 8. Exemple d'échogramme pris à Sélingué le 11 octobre 2003 : bord de la rivière

Pendant les analyses, les échogrammes sont visualisés par l'opérateur et chaque détection numérotée est classée dans une catégorie. Ces catégories d'échotracés sont les suivantes : poissons (banc ou structure agrégée), détections de fond (collées au fond et ne correspondant pas à du poisson), arbres (branchages, souches), prairie (végétation sur les berges en fin de saison des pluies ie octobre), bulles,... (fig. 6 à 8).

Ne sont ensuite retenues dans le calcul de la densité acoustique, que les structures classifiées comme « poissons » ainsi que l'énergie produite par les poissons isolés, qui n'entrent pas dans les énergies calculées pour telle ou telle structure numérotée, mais dont l'énergie est calculée à part (énergie due aux cibles isolées) dans l'énergie calculée pour chaque unité de distance élémentaire d'échantillonnage (ESU). Des cartes de densités acoustiques par unité de surface ont ainsi été réalisées pour les deux missions de 2003 et pour les deux lacs (fig. 9 et 10).

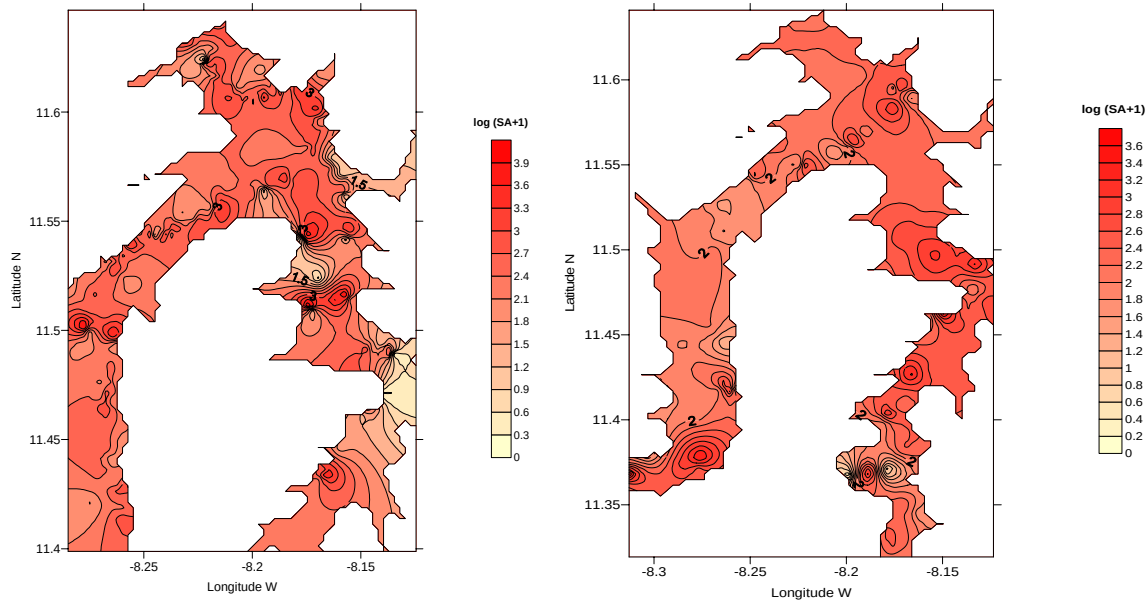


Figure 9. Lac de Sélingué. Représentation spatiale des réponses acoustiques par unité de surface S_A d'avril (à gauche) et octobre 2003 (à droite) en échelle logarithmique par unité élémentaire d'échantillonnage

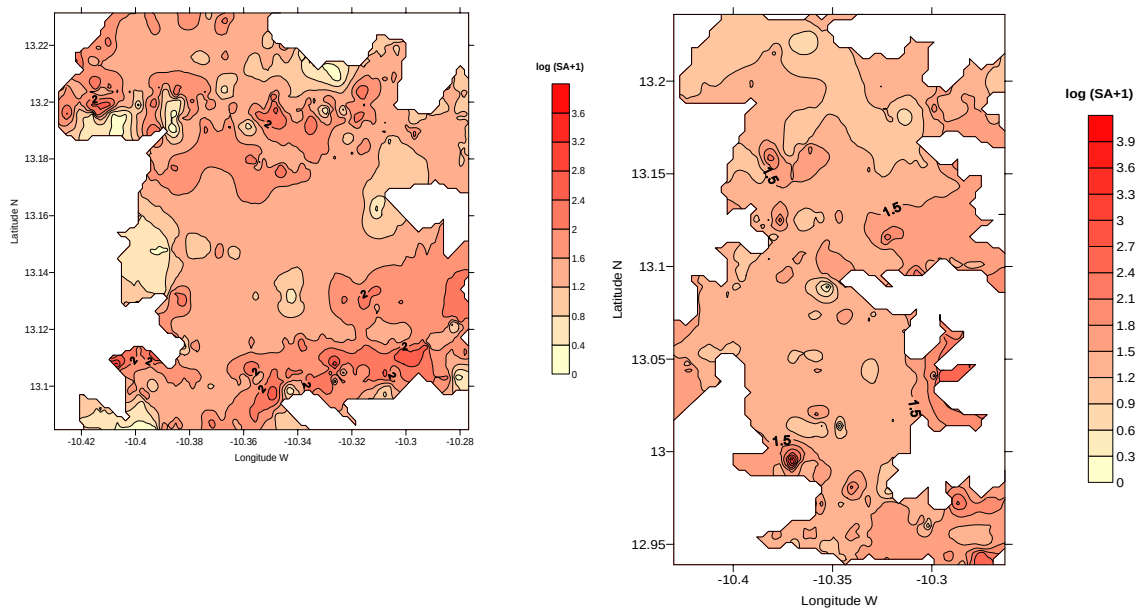


Figure 10. Lac de Manantali. Représentation spatiale des réponses acoustiques par unité de surface s_A d'avril (à gauche) et octobre 2003 (à droite) en échelle logarithmique par unité élémentaire d'échantillonnage

Les résultats peuvent se synthétiser sous la forme des tableaux 5 et 6 ci-dessous :

Tableau 5. Densités acoustiques s_A ($m^2/m.n.^2$) par zone et par tronçon en avril et octobre 2003 à Sélingué

zone	s_A ($m^2/m.n.^2$)	
	avr-03	oct-03
barrage	604.16	223.89
confluent	347.59	172.05
Sankarani aval	335.02	82.48
Sankarani centre	873.20	117.83
Sankarani amont	331.52	283.05
Balé aval	572.22	364.81
Balé centre		157.52
Balé amont		68.17

tronçon	s_A ($m^2/m.n.^2$)	
	avr-03	oct-03
rive gauche	291.44	146.03
lit	1132.81	621.58
rive droite	363.85	197.78

Tableau 6. Densités acoustiques s_A ($m^2/m.n.^2$) par zone et par tronçon en avril et octobre 2003 à Manantali

zone	tronçon	s_A ($m^2/m.n.^2$)	
		avr-03	oct-03
barrage	rive gauche	75.53	58.15
	lit	12.04	12.68
	rive droite	36.63	17.75
total		37.72	21.02
centre	rive gauche	104.00	31.64
	lit	27.85	23.40
	rive droite	77.41	35.67
total		84.39	34.60
amont	rive gauche		151.93
	lit		78.52
	rive droite		54.57
total			120.87

tronçon	zone	s_A ($m^2/m.n.^2$)	
		avr-03	oct-03
rive gauche	barrage	75.53	58.15
	centre	104.00	31.64
	amont		151.93
total		99.80	119.39
lit	barrage	12.04	12.68
	centre	27.85	23.40
	amont		78.52
total		18.65	44.31
rive droite	barrage	36.63	17.75
	centre	77.41	35.67
	amont		54.57
total		51.65	31.49

Il s'agit de densités acoustiques et non de densités de poissons, car le sondeur détecte des « réflecteurs acoustiques » dont les propriétés sont fonction du type de réflecteur dont il s'agit. En particulier, les propriétés acoustiques d'un poisson dépendent de son espèce, de sa longueur, de la forme et du volume par rapport au volume total du poisson de sa vessie gazeuse, de son inclinaison par rapport à l'onde incidente. Dans une situation comme celle rencontrée dans ces deux lacs maliens où est présente une large diversité d'espèces, des poissons dispersés ou en bancs dont on ne connaît pas la composition spécifique correspondant précisément à la détection, une transformation de la densité acoustique en densité de poissons est entachée d'incertitudes.

III.2.3. Analyse des détections de poissons individuels

Les données acoustiques renseignent cependant sur la distribution globale des tailles des organismes détectés. L'écho acoustique mesuré lorsque l'on détecte un poisson est en effet reliée à sa taille et à la fréquence de mesure par la relation suivante :

$$TS = 19.1 \log_{10} L - 0.9 \log_{10} F - 62.0 \quad (\text{en dB})$$

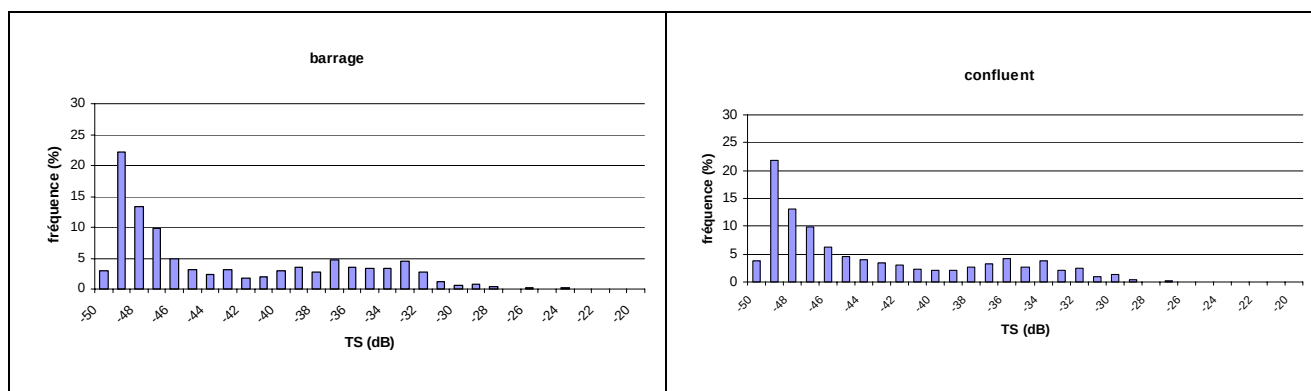
Avec « L » = longueur du poisson en cm et « F » = fréquence en kHz

Cette relation est issue d'expérimentations sur un large échantillonnage d'espèces et de tailles.

Le TS (ou Target Strength) est lié à un paramètre linéaire, la section de rétrodiffusion de la cible σ_{bs} , par la relation :

$$TS = 10 \log_{10} \sigma_{bs} \quad \text{avec } \sigma_{bs} \text{ (en m}^2\text{)}$$

L'analyse des échos dispersés permet tout d'abord de sélectionner les détections acceptées comme issues d'un poisson isolé, puis de mesurer sa section de rétrodiffusion individuelle. Un poisson qui traverse le faisceau du transducteur est détecté plusieurs fois successivement. L'ensemble des échos obtenus sur un poisson est appelé un « track ». Compte-tenu de la variabilité de la mesure le long d'un track, c'est le σ_{bs} moyen d'un track qui est utilisé ensuite comme valeur représentative de la réponse individuelle du poisson. Les données des deux lacs aux deux saisons ont été traitées dans ce sens. Les histogrammes de distributions des TS moyens de poissons traqués sont présentés ci-dessous, après avoir divisé les lacs en zones comme dans les tableaux de densités ci-dessus (fig. 11 et 12).



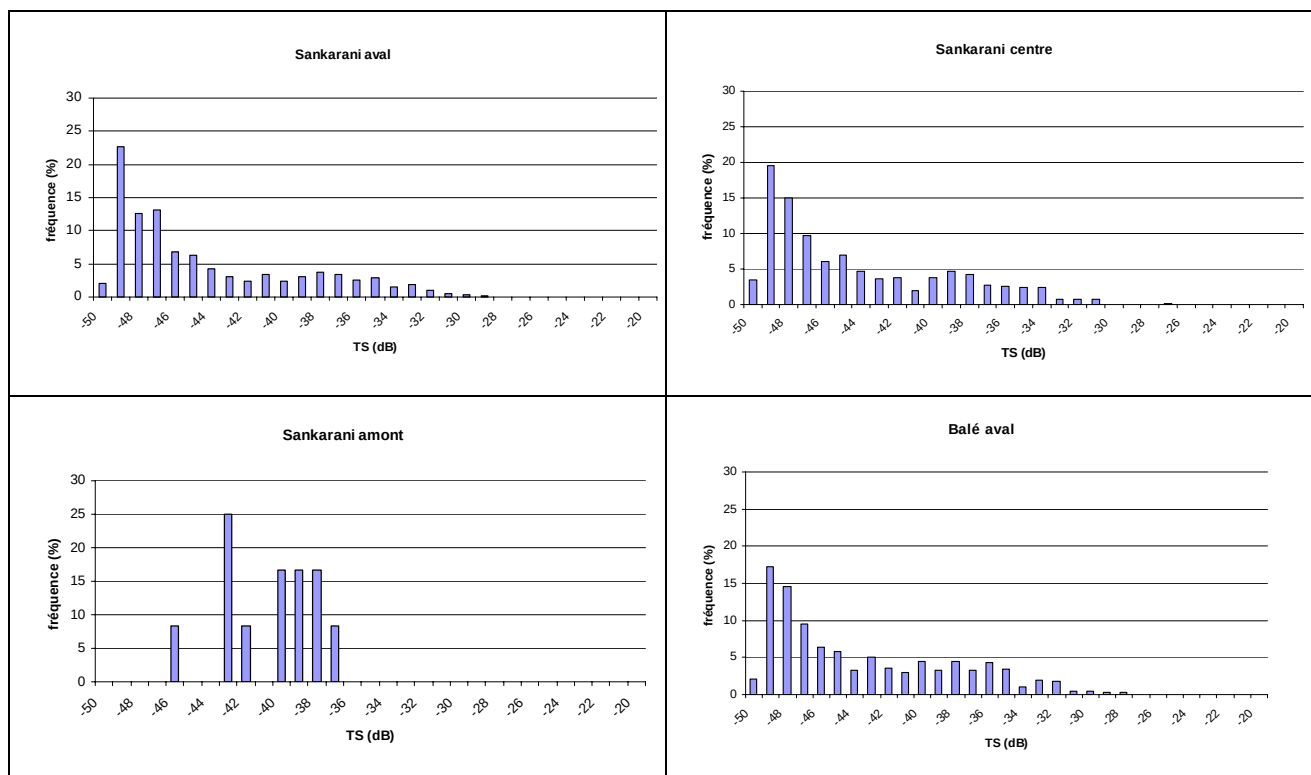
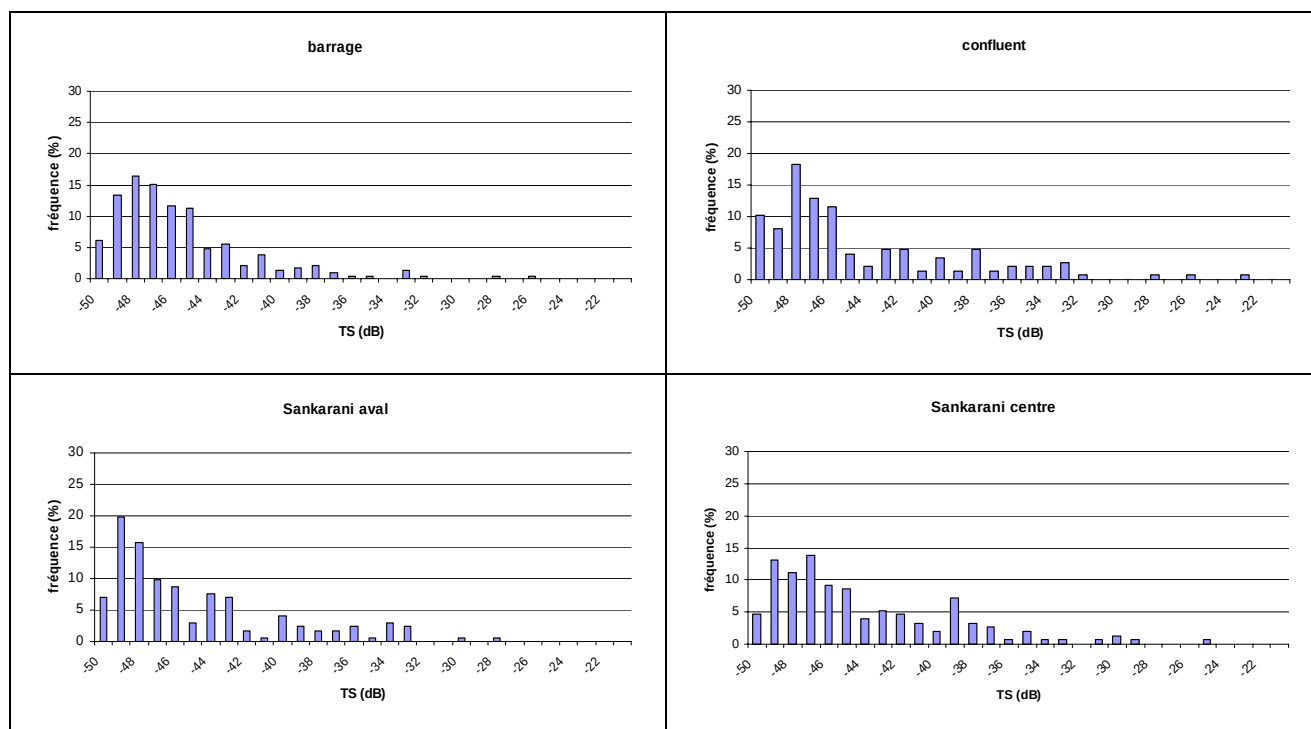


Figure 11a. Lac de Sélingué. Distribution de TS des cibles individuelles par classes d'1 dB en fonction de la zone en avril 2003



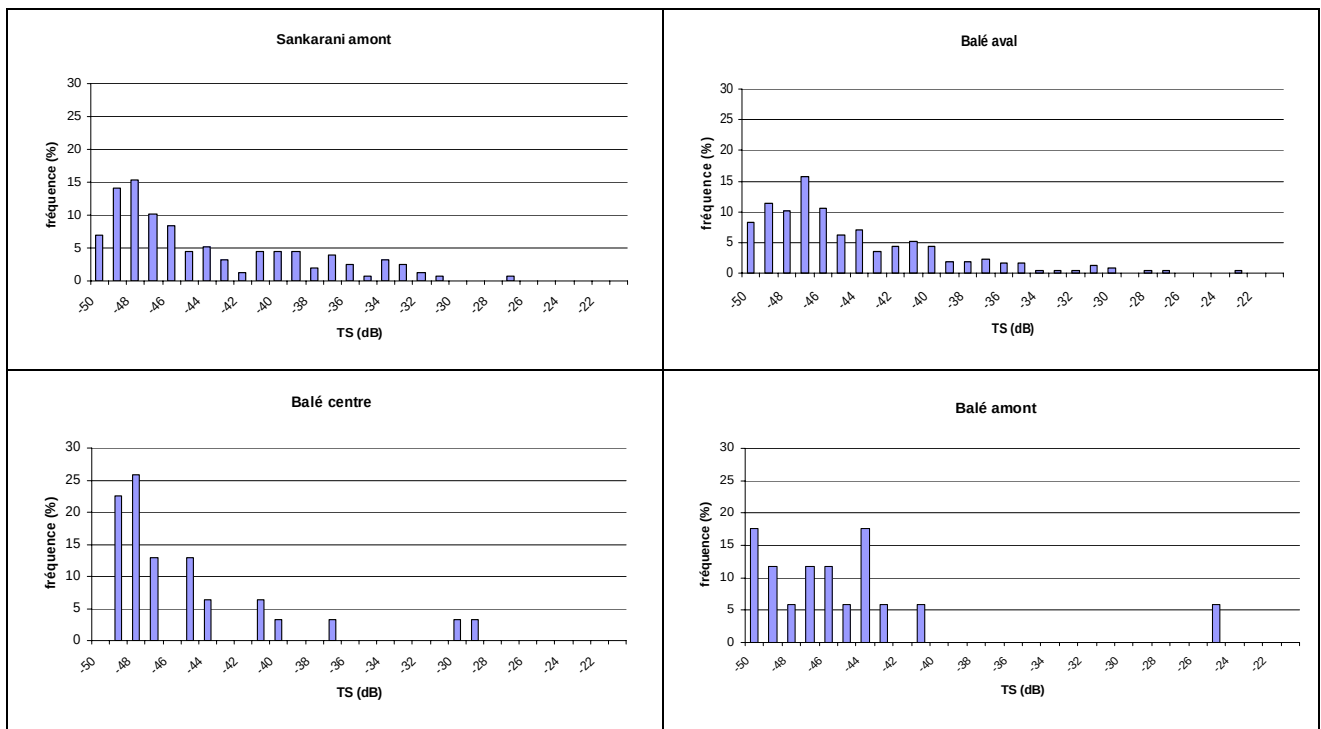
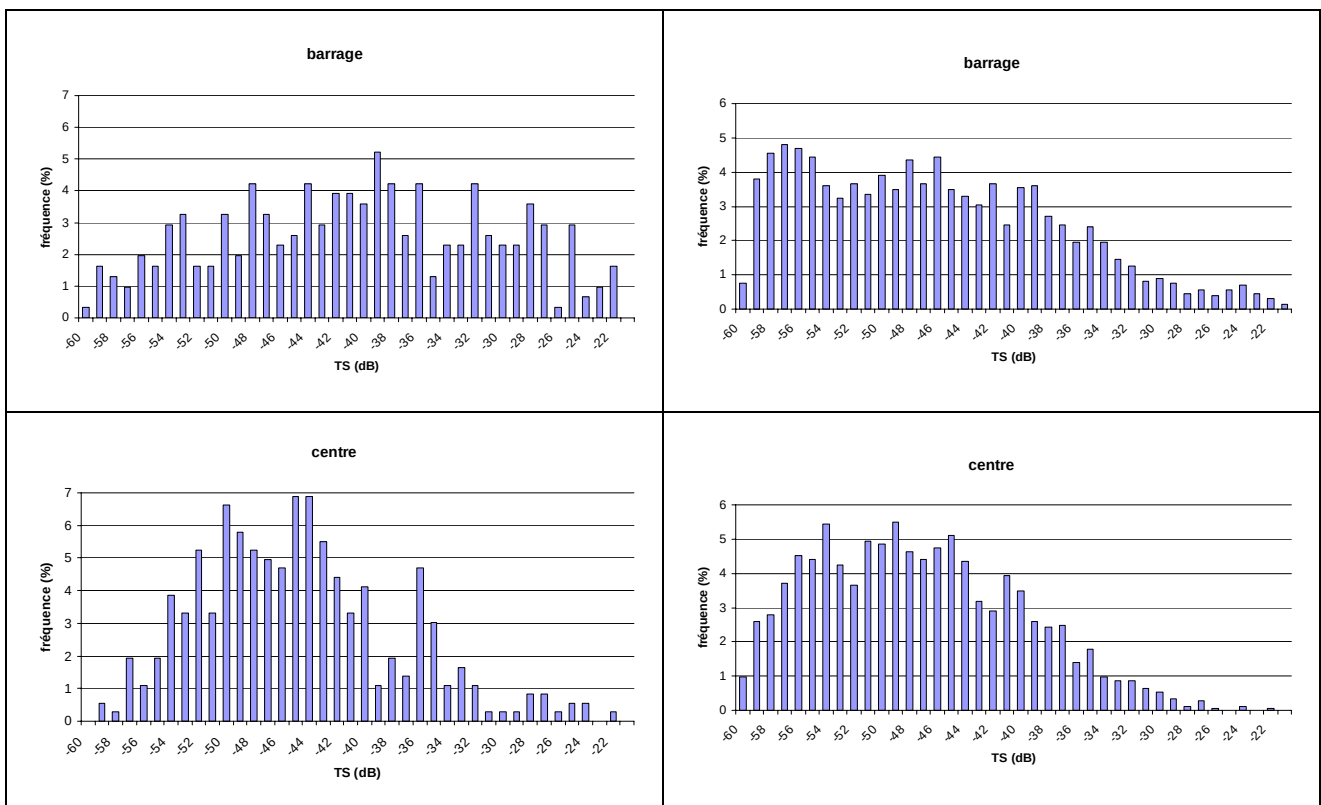


Figure 11b. Lac de Sélingué. Distribution de TS des cibles individuelles par classes d'1 dB en fonction de la zone en octobre 2003



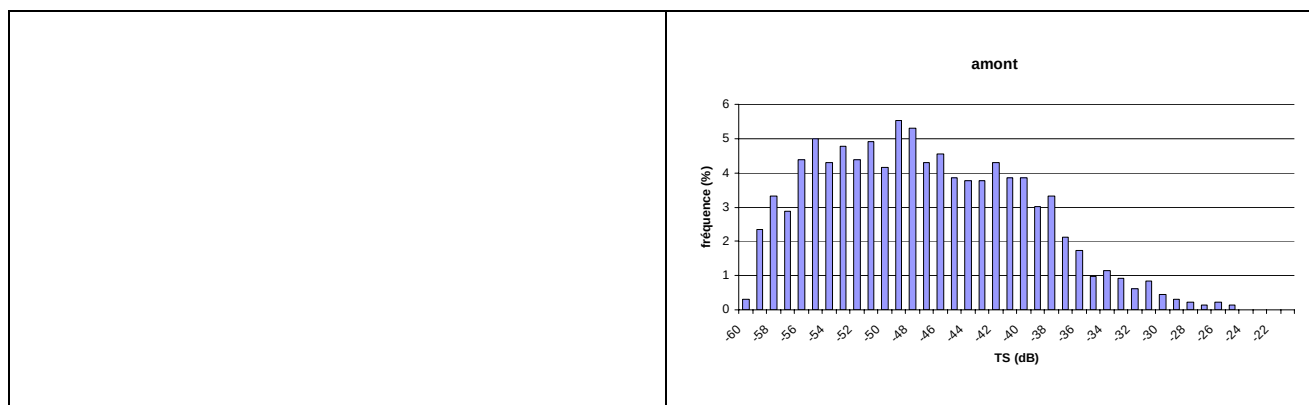


Figure 12. Lac de Manantali. Distribution de TS des cibles individuelles par classes d'1 dB en fonction de la zone en avril 2003(à gauche) et en octobre 2003 (à droite)

II.3. Suivi des activités de pêche

Au cours de ces 13 mois d'enquêtes, plus de 9.600 enquêtes de débarquement ont été enregistrées et environ 30.000 enquêtes d'activité de pêche réalisées (tab. 7).

Tableau 7 : Nombre d'enquêtes réalisées sur les retenues de Sélingué et de Manantali

	Manantali		Sélingué	
	2002	2003	2002	2003
Nombre d'enquêtes de débarquement	2948	2262	2215	2203
de fractions débarquées	22625	18521	19643	19615
d'individus mesurés	137894	118750	114010	109303
d'enquêtes d'activité	7298	5234	9767	7237

III.3.1. Effort de pêche

Les villages de pêcheurs sont plus nombreux à Sélingué (62) qu'à Manantali (23) et la densité moyenne de pêcheurs par km² est 10 fois plus élevée sur le premier lac que sur le second (6 contre 0,6). Ces deux informations traduisent un potentiel de pêche beaucoup plus élevé à Sélingué qu'à Manantali. Exprimé en nombre de sorties, l'effort de pêche mensuel est évalué à 29 419 ($\pm 2 331$) à Sélingué contre 4 632 (± 502) à Manantali. Les différences entre les deux lacs sont encore accentuées par l'existence d'une forte variabilité spatiale de l'effort de pêche à Sélingué (du simple au double selon les secteurs) et par l'absence de variabilité à Manantali où l'effort annuel est voisin de 18 000 sorties an⁻¹ secteur⁻¹ (tab. 8).

Tableau 8 : Distribution spatiale de l'effort de pêche (nombre de sorties), capture et prise par unité d'effort ($\pm$ Ecart type et niveau de probabilité, $p = 5\%$) dans les secteurs échantillonnés des lacs de Sélingué et de Manantali.

Lake	Sector	Effort	%	Catch (kg)	%	CPUE (kg/trip)	P
Manantali	Dam	18768	33.79	297964	31.62	16.57 (17.32)	0.01
	Middle	19218	34.60	344620	36.57	17.43 (14.03)	
	Upstream	17563	31.62	299724	31.81	17.06 (12.19)	
	Total	55548	100	942308	100	17.02 (14.57)	
Sélingué	Dam	78886	22.15	691006	21.46	8.71 (7.18)	0.00
	Bale	115931	32.55	1248920	38.79	11.62 (11.61)	
	Sankarani	161292	45.29	1279728	39.75	8.30 (5.83)	
	Total	356109	100	3219654	100	9.53 (8.79)	

En moyenne, l'effort de pêche par sortie (nombre d'engins utilisés, longueur de lignes ou de filets), était plus élevé à Sélingué qu'à Manantali : la taille moyenne des filets maillants à petites, moyennes et grandes mailles était de 139, 313 and 467 m respectivement à Sélingué contre 102, 140 et 216 m à Manantali. De la même manière les lignes non appâtées étaient constituées de 3470 hameçons à Sélingué contre 800 à Manantali. Le même phénomène était observé pour les lignes appâtées : 483 hameçons à Sélingué contre 192 à Manantali. Sur ce dernier lac, les engins les plus régulièrement utilisés (filets maillants à grandes et moyennes mailles, lignes appâtées) ciblaient des espèces de grande taille et de forte valeur marchande. A Sélingué, l'utilisation fréquente de petites sennes de plage de filets maillants à petites mailles et de petites nasses, opérant souvent depuis la rive, traduit un changement dans l'effort de pêche qui se concentre maintenant sur des espèces de plus petites tailles et de valeur marchande plus faible.

III.3.2.. Captures totales

Sur la période étudiée (tab. 9), la production totale dans les deux lacs est estimée à 942 t à Manantali et 3 220 t à Sélingué. La répartition spatiale des captures est semblable dans les trois secteurs du lac de Manantali : 31,6 % dans le secteur Barrage, 31,8 % dans le secteur Amont et 36,6 % dans le secteur Central. Il en est de même pour les captures selon les saisons (34,3 % en hautes eaux ; 32,4 % en décrue et 33,3 % en basses eaux).

Dans le lac de Sélingué, une part importante de la capture totale est réalisée dans les secteurs de Sankarani (39,7 %) et Balé (38,8 %). La distribution des captures montre un gradient saisonnier d'exploitation avec 42,6 % en basses eaux, 29,3 % en décrue et 28,1 % en hautes eaux.

A Manantali, quatre espèces composent plus de la moitié du poids total des captures (*Synodontis schall* : 15,4 % ; *Tilapia zillii*, 15,4 % ; *Lates niloticus*, 14,2 % ; *Sarotherodon galilaeus*, 12,0 %). Par contre, à Sélingué les espèces les plus débarquées sont *S. galilaeus* (17,16 %), *Auchenoglanis biscutatus* (12,2 %), *Labeo senegalensis* (7,8 %), *T. zillii* (6,6 %). Ces quatre premières espèces concentrent 43,7 % de la capture totale du lac de Sélingué.

L'essentiel de la production totale du lac de Manantali (72%) est débarquée par 4 grands types d'engins: filets maillants mélangés (26,8 %), filets maillants monofilaments à moyennes mailles (16,3 %), filets maillants monofilaments (14,4 %) et mélange de filets (14,1 %). A Sélingué, la plus grande partie de la capture totale est réalisée par les filets maillants monofilaments (40,4 %). Par ordre d'importance, suivent ensuite les éperviers (9,6 %), les filets maillants mélangés (9,3) et les filets maillants monofilaments à moyennes mailles (9,3 %)(tab. 9).

Tableau 9 : Captures totales (kg) et importance relative (%) des différents engins de pêche utilisés à Manantali et Sélingué.

Gear	Code	Manantali		Selingue	
		Catch (kg)	%	Catch (kg)	%
Mixed gillnet	GillNM	252884	26.84	298273	9.26
Medium-mesh monofilament gillnet	GillNMom	153893	16.33	298203	9.26
Monofilament gillnet	GillNMo	135908	14.42	1299606	40.36
Mixture		133189	14.13	261208	8.11
Trap		53541	5.68	272141	8.45
Longline		43048	4.57	67971	2.11
Castnet	CastN	33107	3.51	308180	9.57
Gillnet	GillN	30202	3.21	65995	2.05
Large-mesh monofilament gillnet	GillNMol	26587	2.82	78055	2.42
Medium-mesh gillnet	GillNm	22525	2.39	9458	0.29
Beach-seine		17700	1.88	73950	2.30
Small-mesh gillnet	GillNs	12720	1.35	856	0.03
Small-mesh monofilament gillnet	GillNMos	11405	1.21	69460	2.16
Others		15600	1.66	116299	3.61
Total		942308	100	3219654	100

III.3.3. Rendements

Les rendements totaux moyens par hectare sont plus élevés à Sélingué qu'à Manantali : 4 fois plus lorsqu'ils sont exprimés en poids ($79 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ contre $19 \text{ kg ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$) et 6 fois plus en effectifs ($889 \text{ ind. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$ contre $144 \text{ ind. ha}^{-1} \text{ an}^{-1}$).

Les rendements par espèce sont également plus élevés à Sélingué qu'à Manantali. Seules trois espèces, *S. schall*, *L. niloticus*, *Hydrocynus forskalii*, qui figurent parmi les quatre espèces cibles à Manantali, montrent des rendements plus faibles à Sélingué qu'à Manantali. (fig. 13).

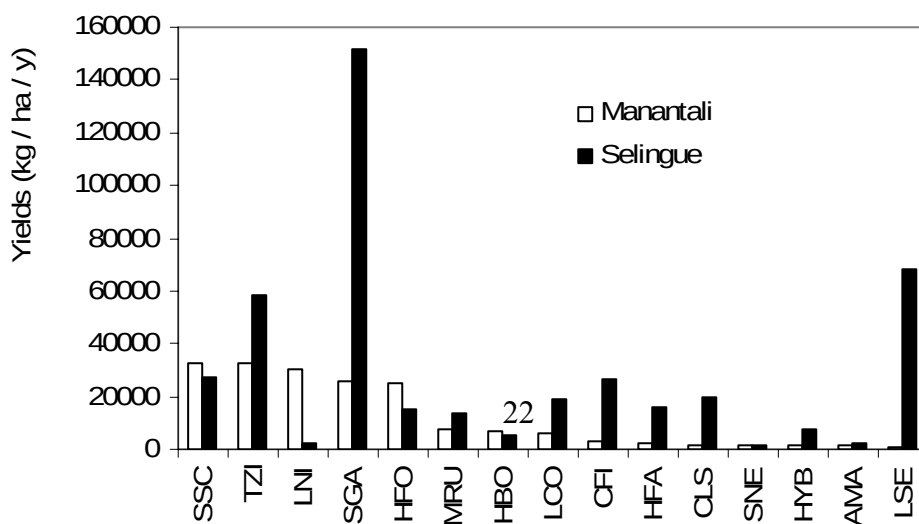


Figure 13 : Rendements spécifiques par an ($\text{kg ha}^{-1} \text{y}^{-1}$) à Manantali et Sélingué (SSC = *Synodontis schall*, TZI = *Tilapia zillii*, LNI = *Lates niloticus*, SGA = *Sarotherodon galilaeus*, HFO = *Hydrocynus forskalii*, MRU = *Mormyrus rume*, HBO = *Hyperopisus bebe*, LCO = *Labeo coubie*, CFI = *Chrysichthys auratus*, HFA = *Hemichromis fasciatus*, CLS = *Clarias anguillaris*, SNE = *Synodontis nigrita*, HYB = *Hydrocynus brevis*, AMA = *Brycinus macrolepidotus*, LSE = *Labeo senegalensis*).

III.3.4. CPUE annuelles

Le poids moyen total débarqué par unité d'effort (toutes espèces et engins compris) est globalement 2 fois plus élevé à Manantali qu'à Sélingué ($17,0 \pm 14,6 \text{ kg}$ contre $9,5 \pm 8,8 \text{ kg}$; $p < 0,05$). Dans les deux lacs, les prises par sortie de pêche selon les secteurs sont significativement différentes ($p < 0,05$). Exprimé en nombre d'individus par sortie de pêche, la CPUE est également différente entre les deux lacs : ($126 \pm 134 \text{ ind.}$ à Manantali contre $107 \pm 195 \text{ ind.}$ à Sélingué ; $p < 0,05$). Les CPUE par espèces sont en général plus élevées à Manantali qu'à Sélingué. Toutefois quelques espèces comme *S. galilaeus*, *Synodontis spp.*, *Bagrus docmak* ont des valeurs comparables dans les deux lacs.

Dans les deux lacs, les rendements par sortie de pêche exprimés en poids et en effectifs débarqués présentent des différences significatives selon les saisons. A Manantali, les plus fortes CPUE en poids sont enregistrés lors des hautes eaux et des basses eaux avec des différences significatives entre la saison des hautes eaux et la saison de décrue ($p < 0,05$). Dans le lac de Sélingué, il existe un gradient saisonnier bien marqué des CPUE avec les plus faibles valeurs enregistrées en hautes eaux et les plus élevées en basses eaux. Les valeurs moyennes des CPUE selon les saisons sont statistiquement différentes ($p < 0,05$).

En nombre d'individus par débarquement, les plus faibles CPUE à Manantali correspondent à la période de hautes eaux. Durant cette période, les prises sont significativement différentes ($p < 0,05$) des deux autres saisons (décrue et étiage) pendant lesquelles les prises sont comparables. A Sélingué, les prises par sortie de pêche sont différentes selon les saisons ($p < 0,05$) avec les valeurs les plus fortes en basses eaux et les plus faibles en hautes eaux.

III.3.5. CPUE et engins de pêche

Les CPUE exprimées en poids par grands types d'engins sont significativement différentes entre les lacs de Manantali et de Sélingué. Les principaux engins de pêche, à l'exception des filets monofilaments à grandes mailles et des nasses, ont des prises par sortie plus élevées à Manantali. Par contre, la comparaison des captures exprimées en effectif par sortie de pêche montre que certains engins tels que les nasses, les monofilaments en général, les éperviers ont des valeurs plus élevées à Sélingué qu'à Manantali. Pour les autres catégories d'engin, la tendance est plutôt inverse avec des captures par sortie de pêche plus élevée à Manantali qu'à Sélingué.

IV Conclusions provisoires

Le module « Halieutique » du programme « Grands lacs maliens » visait à tester trois hypothèses :

La composition spécifique des peuplements de poissons des retenues de Sélingué et de Manantali est voisine de celle des fleuves Niger et Sénégal et proches l'une de l'autre

L'exploitation halieutique des retenues est différente en terme d'intensité de pêche

La conséquence de ces différences d'exploitation résulte dans une réorganisation des peuplements qui se traduit par des abondances et des compositions spécifiques et en taille différentes des captures.

La première hypothèse est vérifiée puisque ces deux retenues sont situées sur des affluents des fleuves Niger et Sénégal et appartiennent à la même région biogéographique. D'après les travaux réalisés par Hugueny et Lévêque (1994), ces deux fleuves présentent des diversités spécifiques comparables. Par ailleurs, les différentes opérations menées par le volet « halieutique » (pêches scientifiques, suivi des pêches commerciales) montre dans les retenues une diversité d'espèces comparables. La liste des espèces capturées et leur occurrence relative est présentée dans le tableau 10. A Manantali, 39 espèces appartenant à 15 familles ont été observées en 2002-2003 contre 57 espèces de 17 familles à Sélingué. La richesse est donc plus faible dans ce premier lac. Pour les 2 lacs, les espèces abondantes (plus de 30% d'occurrence relative) représentent 25% de cette richesse spécifique.

Tableau 10. Liste des espèces dans les deux retenues et dans les bassins du fleuve Sénégal et du Niger, selon différentes sources. Pechexp : pêches expérimentales (ce travail), Laë-Weigel : enquêtes de pêche de 1995, SOGEM : travaux de la Sogem, OMVS : travaux de l'OMVS, Pechart : enquêtes de pêche de 2002-2003 (ce travail). Données des bassins du Sénégal et du Niger : différentes sources de la littérature. Codes : ε, occurrence inférieure à 5 % ; *, occurrence inférieure à 10 % ; **, occurrence entre 10 et 30 % ; ***, occurrence supérieure à 30 %. P, présence signalée. Les parenthèses indiquent des occurrences d'espèces dont la détermination nous semble sujette à caution. La suite du travail devra lever ces ambiguïtés.

FAMILLE	NOM	Manantali					Sénégal	Niger	Sélingué		
		Pechexp	Laë-Weigel	SOGEM	OMVS	Pechart	Litt.	Litt.	Pechexp	Laë-Weigel	Pechart
Alestiidae	Alestes baremoze			P	P		P	P	**	**	*
	Alestes dentex						P	P		*	*
	Brycinus leuciscus						P	P	***	***	**
	Brycinus macrolepidotus	ε	***	P	P	*	P	P	***	***	*
	Brycinus nurse	***	**	P	P	**	P	P	***	***	**
	Hydrocynus brevis		***	P		*	P	P	ε		*

FAMILLE	NOM	Manantali					Sénégal	Niger	Sélingué		
	Hydrocynus forskalii	***	***	P	P	***	P	P	***	***	**
	Hydrocynus vittatus			(P)			P	P			
Anabantidae	Ctenopoma kingsleyae			(P)	(P)	(*)	P	P			*
	Auchenoglanis biscutatus						P	P			***
Bagridae	Auchenoglanis occidentalis						P	P	ε	***	*
	Bagrus bajad					ε	P	P	ε	***	***
	Bagrus docmak	ε	***	P		**	P	P		ε	*
	Chrysichthys auratus	***	***	P	P	***	P	P	***	***	***
	Chrysichthys nigrodigitatus					ε	P	P	***	***	***
	Clarotes laticeps						P	P		*	*
Centropomidae	Lates niloticus	***	***	P	P	***	P	P	ε	**	*
Cichlidae	Chromidotilapia guentheri						P	P	*		*
	Hemichromis bimaculatus	ε				*	P	P	***		*
	Hemichromis fasciatus	**	**	P	P	***	P	P	***	***	***
	Oreochromis aureus		***	P	P		P	P		***	*
	Oreochromis niloticus		ε			ε	P	P		***	***
	Sarotherodon galilaeus	*	***	P		***	P	P	***	***	***
	Tilapia zillii	***	***			***	P	P	**	***	***
	Tilapia dageti			(P)							
Citharinidae	Citharinus citharus					ε	P	P	ε	***	**
	Citharinus latus			P	P		P	P			*
	Distichodus brevipinnis					*	P	P	***		**
	Distichodus engrycephalus		ε	P	P		P	P			*
	Distichodus rostratus		ε			ε	P	P	**	***	*
Clariidae	Clarias anguillaris	ε	***			**	P	P	ε	***	**
	Heterobranchus bidorsalis						P	P		***	*

FAMILLE	NOM	Manantali					Sénégal	Niger	Sélingué		
	Heterobranchus longifilis		*	P	P	*	P	P		ε	*
Clupeidae	Pellonula leonensis						P	P	**		
Cyprinidae	Barbus macrops			(P)	(P)		P	P	***		
	Barbus bynni occidentalis					*	P	P		ε	ε
	Labeo coubie		***	P	P	**	P	P	***	***	***
	Labeo parvus						P	P	*		
	Labeo senegalensis		**	P	P	*	P	P	***	***	***
	Leptocypris niloticus			(P)	(P)		P	P			
	Raïamas nigeriensis							P		(ε)	
	Raïamas senegalensis			P		*	P	P	***		*
Gymnarchidae	Gymnarcus niloticus					ε	P	P		*	*
Hepsetidae	Hepsetus odoe					ε	P	P			
Malapterudidae	Malapterurus electricus		***	P	P	**	P	P		**	*
Mochokidae	Synodontis batensoda					*	P	P			***
	Synodontis clarias		(ε)				P	P		(*)	
	Synodontis eupterus							P		(ε)	
	Synodontis filamentosus						P	P	**	ε	*
	Synodontis membranaceus		(**)	(P)			P	P	*	***	
	Synodontis nigrita		***			*	P	P		**	*
	Synodontis ocellifer	**	***	P	P	***	P	P	ε		*
	Synodontis schall	***	***	P		***	P	P	**	***	***
	Synodontis courteti		(***)					P			
	Synodontis sorex							P	***	ε	
	Synodontis violaceus			(P)			P	P			
Mormyridae	Campylomormyrus tamandua							P	ε		ε
	Hippopotamyrus harringtoni							P		(***)	(ε)
	Hippopotamyrus							P	ε		

FAMILLE	NOM	Manantali					Sénégal	Niger	Sélingué		
	pictus										
	Hyperopisus bebe occidentalis	ε	***	P	P	***	P	P	ε	***	**
	Marcusenius cyprinoides									(ε)	
	Marcusenius senegalensis	ε	*	P	P	**	P	P	**	**	**
	Mormyrops anguilloides	ε	***	P	P	**		P	ε	***	*
	Mormyrus hasselquistii		(ε)				P	P		(*)	
	Mormyrus macrophthalmus		(ε)					P	**	ε	
	Mormyrus rume	ε	***	P	P	***	P	P	**	***	***
	Petrocephalus ansorgii							P	**		
	Petrocephalus bane		(ε)					P			
	Petrocephalus bovei	*		P		ε	P	P	***		*
	Petrocephalus pellegrini			(P)	(P)						
	Petrocephalus soudanensis							P	***		
	Petrocephalus tenuicauda										(ε)
Osteoglossidae	Heterotis niloticus						P	P		***	*
Polypteridae	Polypterus bichir bichir		(ε)								
	Polypterus endlicheri							P		ε	*
	Polypterus senegalus						P	P	ε	ε	
Protopteridae	Protopterus annectens						P	P			*
Schilbeidae	Parailia pellucida						P	P	***	**	*
	Schilbe intermedius					*	P	P	**		**
	Schilbe mystus	*	*	P	P	*	P	P	***	***	***
	Siluranodon auritus							P	ε	*	
Tetraodontidae	Tetraodon lineatus	ε	***	P	P	*	P	P		***	*

La seconde hypothèse est également vérifiée car ces retenues récemment mises en eau (1980 et 1987) sont actuellement exploitées, non pas par des pêcheurs autochtones, mais par des pêcheurs

Bozo et Somono venant du Delta intérieur du Niger au Mali. Ces pêcheurs étaient confrontés à des difficultés sérieuses dues à une baisse des captures dans le delta, baisse consécutive à la sécheresse qui a touché l'Afrique pendant plusieurs décennies, à la surexploitation halieutique et aux aménagements hydro agricoles et hydro électriques qui perturbent le cycle hydrologique naturel. Certains de ces pêcheurs se sont donc déplacés sur ces nouveaux sites et sont maintenant sédentarisés. De ce fait les pratiques de pêche sur les retenues étaient à l'origine identiques. Toutefois le lac de Sélingué est proche de la capitale malienne Bamako (150 km) et la demande en poisson y est très importante. La pression de pêche y est donc forte et une grande part de la production est commercialisée en frais (70%) grâce à l'existence d'une route bitumée entre les deux sites. A l'opposé, le lac de Manantali est enclavé entre les frontières du Mali, du Sénégal et de la Mauritanie. Il n'existe pas de route goudronnée et les circuits de froid sont inexistantes. L'accès est donc relativement difficile et la demande locale en poisson limitée. De ce fait le poisson pêché est souvent fumé ou séché pour être commercialisé plus tard dans des villages éloignés (Anne et al., 1991). Ceci explique qu'un plus grand nombre de familles de pêcheurs ait migré vers le lac de Sélingué où les profits espérés étaient meilleurs. La conséquence est que le potentiel de pêche est beaucoup plus fort à Sélingué et que la pression de pêche y est également plus importante (30 000 sorties mensuelles contre 5000 à Manantali). Ces différences sont maintenant accentuées par une évolution des pratiques de pêche qui restent tournées vers des espèces de grande taille et de forte valeur marchande à Manantali mais qui se sont recentrées à Sélingué sur des espèces plus petites et moins nobles avec l'utilisation de filets maillants à petites mailles, de sennes de plage ou de nasses.

La troisième hypothèse est actuellement à l'étude. Les premières analyses conjointes entre les opérations de pêche scientifique, d'acoustique et de suivi des pêches commerciales, montrent certaines différences entre les deux lacs : différences d'abondance et de répartition des abondances, différences de composition spécifiques des captures commerciales, différences des tailles moyennes et des structures de taille des populations et des peuplements de poissons. Tout ceci va dans le sens d'une réorganisation des peuplements de poissons soumis à des pressions de pêche différentes. Toutefois même si les lacs présentent de nombreuses similitudes, ils présentent également des différences notables. Au nombre des ressemblances, on peut noter une même longueur (80 km), des largeurs (3-8 km) et des surfaces (400 km²) comparables. Les lacs ont également des régimes hydrologiques identiques : le niveau de l'eau dans les deux réservoirs augmente à partir du mois d'août pour atteindre un maximum en novembre. En décembre le niveau commence à descendre pour atteindre le niveau le plus bas en mai ou juin au moment où la demande d'électricité est la plus forte. Sur les deux lacs le marnage entre les saisons de basses et de hautes eaux est de 9 m. Les conditions climatiques sont également très proches si l'on considère la température moyenne de l'air (28°C), la pluviométrie (1000 mm), l'évaporation (> 2000 mm) et le PH de l'eau (6-8) (Quensière 1994, Alhousseini 1999; Arfi 2003).

Par contre des différences notables existent également. Le réservoir de Sélingué est alimenté par deux affluents (Sankarani et Balé) contre un seul pour Manantali (Bafing). Leurs profondeurs moyennes (respectivement 5 m et 21 m) et leurs niveaux trophiques (respectivement oligo-mesotrophique et oligotrophique) sont différents (Alhousseini 1999; Arfi 2005). De ce fait certaines différences dans la composition des peuplements et dans la composition des captures commerciales pourraient s'expliquer par l'existence d'habitats différents et par la différence de productivité des deux lacs. Ceci demande à être vérifié dans les traitements à venir et si ces différences étaient déterminantes, elles devraient naturellement être prises en compte, sachant que le lac de Sélingué plus productif pourrait supporter une exploitation plus soutenue que celui de Manantali a priori plus pauvre.

Références citées

- Anne, I., Lelek, A. & Tobias, W., 1991. African man-made lakes: critical notes on their ecology and economic contribution. *Natural Resources and development*, **33**, 7-19.
- Anne, I., Lelek, A. & Tobias, W., 1994. Post-impoundment changes of water quality and fish stocks in two large West African reservoirs (Manantali and Sélingué, Mali). *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, **79** (1) : 61 - 75.
- Appelberg, M. (Ed.), 2000. Swedish standard methods for sampling freshwater fish with multi-mesh gillnets. Nat. Bd. Fisheries, Inst. Freshwat. Res., Sweden, multigr. : 31 pp.
- Coll, C., Josse, E., Josse, J., Lebourges-Dhaussy, A., Tito de Morais, L., Simier et M., Laë, R., 2005a. How recognize the fish in the trees ? Methodological reflections for the fish population assessment in an artificial reservoir. ICES-Working Group on Fisheries Acoustics Science and Technology, 2005 meeting. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Coll, C., Josse, E., Lebourges-Dhaussy, A., Laë, Tito de Morais, L. et Simier, M., 2005b. L'analyse comparative comme outil d'aide à la décision. Etude des retenues artificielles maliennes. Poster au 7ème Forum Halieumétrique. Centre Ifremer de Nantes, du 21 au 23 juin 2005.
- Ecoutin J.M., Lae R., 2002 - Manuel des enquêteurs : lacs de Manantali et de Sélingué, 2002-2003. Rapport interne, UR RAP, 35 p. multigr.
- Ecoutin J.M., Panfili J., 2002. Exploitation halieutique des lacs de Manantali et de Sélingué (Mali) : ajustement des réseaux d'enquêtes. Rapport interne, UR RAP, 10 p.
- Holst, R., Madsen, N., Moth-Poulsen, T., Fonseca, P. & Campos, A., 1996. Manual for gillnet selectivity. ConStat, Danemark : 43 pp.
- Knaap, M. van der, 1994. Status of fish stocks and fisheries of thirteen medium-sized African reservoirs. CIFA Tech. Pap., 26, FAO, Rome : 107 pp.
- Laë, R. & Weigel, J.Y. 1995 (a). Diagnostic halieutique et propositions d'aménagement : l'exemple 1995 de la retenue de Sélingué (Mali). Rapport, FAO/PNUD/MLI/91/005.
- Laë, R. & Weigel, J.Y., 1995 (b). La retenue de Manantali au Mali : Diagnostic halieutique et 1995 propositions d'aménagement. Rapport, FAO/PNUD/MLI/91/005.
- Lae R., Ecoutin J.M., Raffray J., 2002. Exploitation halieutique des lacs de Manantali et de Sélingué (Mali) : installation des réseaux d'enquêtes des pêches artisanales. Rapport interne, UR RAP, 6 p.
- Lévêque, C., Paugy, D. & Teugels, G., 1992. Faune des poissons d'eau douce et saumâtre d'Afrique de l'Ouest. Tomes 1 et 2, ORSTOM/MRAC, Paris : 902 pp.
- Tito de Morais, L., Ecoutin, J.M et Raffray, J., 2001. Rapport de la mission exploratoire au Mali pour la mise en place des sites atelier de l'UR (9 au 19 octobre 2001). Rapport multigr., IRD Dakar : 15 pp.
- Tito de Morais, L., 2002. Notes sur la mise en place d'un échantillonnage comparatif sur les retenues de Manantali et de Sélingué au Mali. Rapport multigr., IRD Dakar : 25 pp.

Annexe 2 : production scientifique du module « halieutique »

Publications soumises à comité de lecture

- Laë R., Ecoutin J.M. & Kantoussan J., 2004. The use of biological indicators for monitoring fisheries exploitation: Application to man made reservoirs in Mali. *Aquatic Living Resources*, 17, 95-105.
- Laë R., Williams S., Massou M. A., Morand P. & Mikolasek O., 2005. Review of the present state of knowledge of environment, fish stocks and fisheries of the River Niger (West Africa). *FAO RAP Publication 2004/16*, 199-228.
- Coll C., Tito de Morais L., Laë R., Lebourges-Dhaussy A., Simier M., Guillard J., Josse E., Ecoutin J.M., Albaret J.J., Raffray J., Kantoussan J., 2006. Use and limits of three methods for assessing fish size spectra and fish abundance in two tropical man-made lakes, *Soumis à Fisheries Research*
- Kantoussan J., Ecoutin J.M., Simier M., Fontenelle G., Laë R., 2006. The relevance of species indicators as a tool for evaluating the structures of exploited fish assemblages: a comparative study of two tropical lakes (Mali), West Africa. *Soumis à Fisheries Research*.
- Kantoussan J., Ecoutin J-M., Fontenelle G., Roullier F., Laë R. Spectrum size distributions as indicators to assess the impact of fishing on fish community: the example of Manantali and Sélingué lakes (Mali), West Africa. *En fin de rédaction*.
- Kantoussan J., Ecoutin J-M., Fontenelle G., Laë R. Catch-per-Unit-Effort and Yields as fishery indicators of exploitation: example of two man-made lakes Manantali and Sélingué (Mali), West Africa. *à soumettre*.
- Kantoussan, J. ; Ecoutin, J. M. ; Fontenelle, G. ; Tito de Morais, L. ; Laë, R. Ecological Indicators based on trophic spectrum as tool to assess ecosystems fishing impacts: example of two man-made lakes Manantali and Sélingué (Mali), West Africa. *à soumettre*.
- Panfili J., Durand J.D., Diop K. Modification extrême des traits de vie des populations récentes de *Sarotherodon galilaeus* (Cichlidae) dans des lacs de retenue au Mali. *Papier en préparation*.
- Gras Michael, 2005. Utilisation du spectre de taille comme indicateur d'impact de la pression de pêche. L'exemple des pêcheries artisanales d'Afrique de l'ouest. Master II, Ecologie Biodiversité Evolution Mention Conservation de la Biodiversité Université Paris XI Orsay. 33 p.

Communications

- Laë R. & Ecoutin J.M., 2003. Etude écosystémique des pêches : Application aux retenues artificielles du Mali. 6^{ème} forum de l'Association Française d'Halieumétrie, Montpellier, juin 2003.
- Coll C., Josse E., Josse J., Lebourges-Dhaussy A., Tito de Morais L., Simier M., Laë R., 2005. How recognize the fish in the trees ? Methodological reflections for the fish population assessment in an artificial reservoir. ICES-Working Group on Fisheries Acoustics Science and Technology, 2005 meeting, FAO, Rome, Italy, juin 2005.
- Coll C., Josse E., Lebourges A., Tito de Morais L., Simier M. & Laë R., 2005. L'analyse comparative comme outil d'aide à la décision. Etudes des retenues artificielles maliennes. 7^{ième} forum halieumétrique : Du court au long terme : échelles d'analyse et de gestion des pêches, Nantes, France, juin 2005.

Panfili J., Durand J.D., Diop K. Modification extrême des traits de vie des populations récentes de *Sarotherodon galilaeus* (Cichlidae) dans des lacs de retenue au Mali. RIF, 2006.

Rapports

Ecoutin J.M., Lae R., 2002 - Manuel des enquêteurs : lacs de Manantali et de Sélingué, 2002-2003.

Rapport interne, UR RAP, 35 p. multigr

Lae R., Ecoutin J.M., Raffray J., 2002. Exploitation halieutique des lacs de Manantali et de Sélingué (Mali) : installation des réseaux d'enquêtes des pêches artisanales. Rapport interne, UR RAP, 6 p.

Tito de Morais L., Ecoutin J.M., Raffray J., 2001. Les lacs de Manantali et de Sélingué (Mali) : mission exploratoire au Mali pour la mise en place des sites atelier de l'UR. Rapport interne, UR RAP, 15 p. + annexes.

Ecoutin J.M., Panfili J., 2002. Exploitation halieutique des lacs de Manantali et de Sélingué (Mali) : ajustement des réseaux d'enquêtes. Rapport interne, UR RAP, 10 p.

Encadrement d'étudiants

M. Gras : **Master 2 Ecologie**, Univ. Paris VI, stage à l'IRD Brest (02-06 2005). « Utilisation de la pente des structures en taille comme indicateur de l'état d'exploitation des stocks ». (enc. Laë).

J. Kantoussan, allocataire IRD, **ENSAR**, directeur scientifique R. Laë. Impact de la pêche sur l'organisation des peuplements de poisson. Soutenance en 2006.