

Utilisation comparée du verveux et du sonar pour l'étude des migrations latérales des poissons dans le Delta Central du Niger

Vincent Bénech * et Pierre Le Hong Chuong *

Dans le Delta Central du Niger, les migrations latérales des poissons ont été contrôlées au niveau d'un chenal de jonction entre le fleuve et une mare de la plaine inondée. Une détection des poissons par sonar (écholocation horizontale) a été mise en œuvre seule et conjointement à un échantillonnage des migrations à l'aide d'un verveux, sur plusieurs cycles de 24 h en phase de crue et de décrue. La variation de densité et/ou d'activité des poissons enregistrée par le sonar (écho-traces), montre un profil nyctéméral comprenant un pic à l'aube et un autre au crépuscule. La densité nocturne d'écho-traces, relativement stable entre ces deux pics, tend à augmenter en fin de nuit lorsque le verveux barre le chenal, ralentissant ainsi le flux migratoire qui s'accumule devant l'engin. Les pics de l'aube et du crépuscule correspondraient à une augmentation d'activité locale à laquelle s'ajoute une activité migratoire effective révélée par les captures du verveux. Cette interprétation explique que la corrélation positive entre densité d'écho-traces et captures du verveux comprend certaines 'aberrations' résultant entre autres de l'activité non migratrice. L'utilisation conjuguée du sonar et d'un engin de pêche permet une meilleure interprétation des résultats obtenus avec chaque technique en attirant l'attention sur les biais qui peuvent résulter des facteurs éthologiques.

Comparison of echo-location and fyke-net sampling of lateral fish migrations in the Central Delta of Niger River.
 In the Central Delta of Niger River, lateral fish migrations were monitored in a channel between the river and a swamp of the floodplain. Fish detection with sonar (horizontal echo-location) was used alone and combined with one-way fyke-net sampling for several diel cycles during the flood and the fall periods. The change of density and/or activity of fish in the channel was registered by the sonar whose echo-marks exhibited two peaks at dawn and dusk. During the night the density of echo-marks was stable and low in absence of the fyke-net, but it increased when the presence of the fyke-net limited the migratory flow and fish accumulated before the gear. The peaks at dawn and dusk might correspond to higher activity of the local fish community overimposed on the migratory movements revealed by fyke-net catches. This could explain the positive correlation between number of echo-marks and catches, and the exceptions to this relation which might result from non-migratory activity. The simultaneous use of sonar and fyke-net allows a better understanding of data from both techniques and draws attention to potential bias which originates from ethological factors.

Introduction

Le Delta Central du fleuve Niger est une vaste plaine inondable où le fleuve se divise en plusieurs bras et reçoit son affluent le Bani au niveau

de Mopti. La production piscicole des mares de cette plaine d'inondation est soumise à plusieurs facteurs abiotiques (hydrologique, topographique, géoclimatique, physico-chimique, etc.) ainsi qu'à des facteurs biotiques (flore, faune, inter-

* ORSTOM, B. P. 2528, Bamako, Mali

21 OCT. 1994

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

MP

40660

MP

B M Ex 1 P 5

ventions humaines, etc.). Parmi ces derniers, le peuplement ichtyologique est un point de départ essentiel. Pour une mare permanente comme celle de Batamani (notre station d'étude), ce peuplement résulte des populations résiduelles qui ont résisté aux sévères conditions d'étiage et surtout des populations fluviales qui colonisent la mare lors de sa mise en eau par la crue du fleuve.

Si l'importance de cette colonisation est reconnue dans les systèmes fluviaux à plaines inondables, le phénomène est loin d'être bien connu en zone tropicale (Welcomme, 1979: 115). On dispose en effet de peu d'informations car l'échantillonnage est difficile à réaliser. Contrairement aux migrations de décrue, les migrations vers la plaine, plus diffuses, sont peu exploitées par les pêcheries locales. En l'absence d'engins de pêche locaux, cette étude des migrations latérales a entraîné la mise en œuvre de deux méthodes d'investigation particulières, utilisées conjointement dans le chenal d'amenée d'eau de la mare de Batamani: des pêches à l'aide d'un 'gangui' (type de verveux muni de deux ailes) pour échantillonner les entrées dans la mare, et une 'observation' des poissons par sonar (échosondage horizontal).

Le but de ces travaux était à la fois qualitatif et quantitatif: d'une part vérifier si l'utilisation du gangui perturbe le déroulement naturel des migrations en observant le comportement des poissons avec et sans gangui au cours d'un cycle nyctéméral d'activité; d'autre part, vérifier s'il existe une relation quantitative entre l'importance des captures du gangui et celle des détections des poissons fournies par le sonar.

Matériels et méthodes

La mare de Batamani (14°53'N 4°03'W), d'une superficie de 70 ha, est située à proximité du fleuve Niger, 50 km en aval de Mopti (Fig. 1). Elle est reliée à un bras du fleuve par un chenal d'amenée d'eau long de 150 m environ et large de 3 à 4 m, dans lequel la hauteur d'eau a atteint 2,1 m au maximum de la crue. Le sens du courant, d'abord dirigé vers la plaine, s'est inversé le 30 octobre marquant le début de la décrue. Les vitesses d'écoulement les plus élevées (0,3 à 0,6 m.s⁻¹) ont été observées jusqu'à la fin de la montée de l'eau, début octobre. Après le maximum de crue la vitesse a diminué jusqu'à

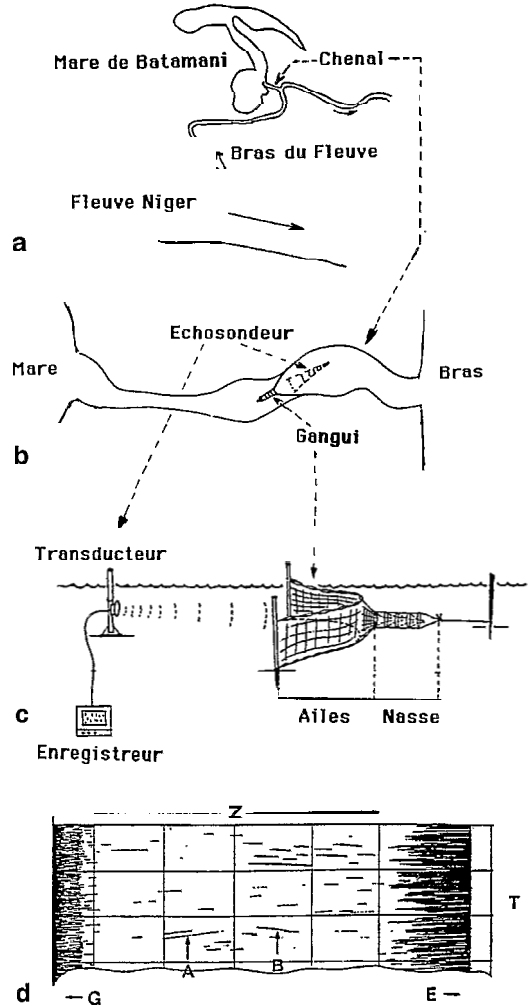


Fig. 1. Situation de la station d'échantillonnage (a). Plan d'ensemble (b) et détail (c) des positions respectives du gangui et de l'échosondeur dans le chenal. Fragment d'un enregistrement en échosondage horizontal (d): A, écho-trace d'un poisson se dirigeant vers le gangui; B, écho-trace en sens inverse; E, côté transducteur; G, zone quadrillée utilisée pour le comptage des écho-traces.

0,1 m.s⁻¹ avant l'inversion du courant.

Un gangui posé dans le chenal de façon à en barrer toute la largeur permettait de capturer les poissons fluviaux entrant dans la mare (Fig. 1). Les détections au sonar ont été réalisées devant ce gangui contrôlant les entrées. Cinq cycles d'observations de 24h ont été réalisés de fin août à fin novembre 1991, c'est à dire pour différentes phases hydrologiques de remplissage et de vi-

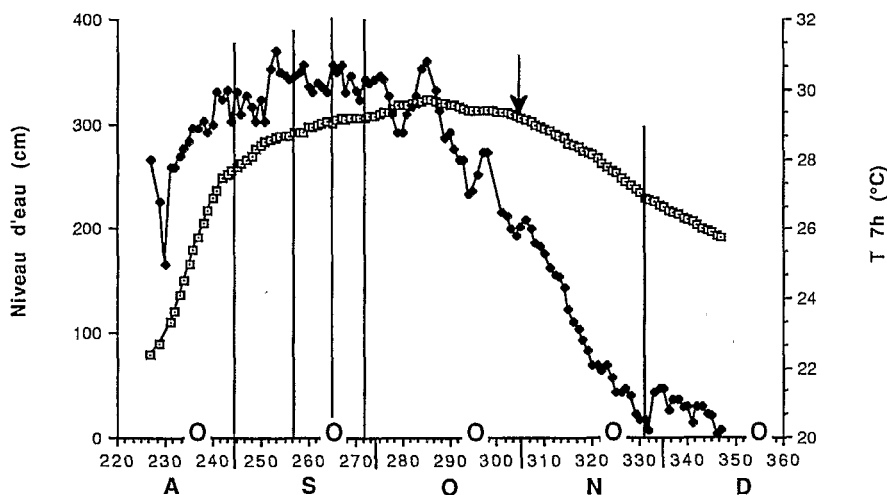


Fig. 2. Evolution du niveau (carrés blancs) et de la température de l'eau à 07:00 (losanges noirs) au cours de la campagne d'observation des migrations de poissons dans le chenal d'alimentation de la mare de Batamani. Les traits verticaux indiquent les dates des cycles d'observation de 24 h. La flèche indique la date d'inversion de sens du courant dans le chenal. Les pleines lunes sont indiquées par le symbole O.

dange de la mare (Fig. 2). Les quatre premiers cycles se déroulèrent en phase de crue, le sens du courant étant alors orienté vers la mare, tandis que le cinquième cycle eut lieu en période de décrue en présence d'un courant de sens inverse. Chaque cycle coïncidait avec la date d'une phase lunaire. Les variations des conditions de milieu (hydrologie et température) sont indiquées sur la Figure 2. L'éclairement a pu être mesuré à l'aide d'un luxmètre au cours d'un seul cycle d'observation (27-28 novembre 1991). La période nocturne a été définie pour une intensité lumineuse inférieure à 5 lux, soit de 18:00 à 6:00 pour ce cycle-là. Les autres cycles réalisés plus tôt présentaient donc une nuit plus courte, entre 18:00/18:30 et 05:30/06:00 (heure GMT).

Le principe du sonar est simple (Burczynski, 1982; Forbes & Nakken, 1972). Un transducteur envoie des trains d'ondes sonores situés dans un faisceau cône horizontal qui, lorsqu'ils rencontrent un obstacle (un poisson par exemple), reviennent au transducteur. Ces signaux retours sont enregistrés sur un rouleau de papier (écho-traces) où ils peuvent être dénombrés pour une période de temps connue (Fig. 1). Le comptage des écho-traces est effectué sur les deux tiers de l'enregistrement, en dehors des extrémités qui contiennent trop de parasites sonores. Ces extrémités correspondent aux zones du faisceau proches du transducteur et du gangui. Sur la

partie d'enregistrement utile, les écho-traces sont dénombrées dans un quadrillage délimitant des périodes d'une minute, puis le résultat est rapporté à 15 minutes (temps moyen d'observation).

L'écho-sondeur utilisé est un appareil de type commercial SKIPPER ED 162. Les caractéristiques d'utilisation sont les suivantes sur l'échelle 0-10 m: fréquence de 200 kHz, 272 impulsions . min⁻¹, trains d'ondes de $2 \cdot 10^{-4}$ s. Dans ces conditions, avec une vitesse du son dans l'eau de 1500 m.s⁻¹, la longueur d'un train d'onde est de 30 cm et celle d'une onde est de 7,5 mm. Le transducteur émet un faisceau de 6° d'angle d'ouverture, soit un angle solide $w=2\pi(1-\cos(6/2))=0,0086$ stéradian. A 10 m du transducteur, la surface de la calotte du faisceau est donc de 0,86 m² et le diamètre du disque normal à l'axe est de 1 m environ. Le transducteur est placé dans le chenal, à 60 m de l'entrée, côté fleuve et toujours à 80 cm sous la surface de l'eau. Cependant, lors de la décrue (le 28 novembre), la hauteur d'eau n'étant plus que de 1 m, il fut mis au milieu de la tranche d'eau, à 50 cm de la surface et du fond.

Au cours de chaque cycle d'observations de 24 h, de midi à midi, un enregistrement de 15 minutes était effectué toutes les demi-heure à l'aube et au crépuscule et toutes les deux heures en dehors de ces périodes de transition.

Le gangui utilisé est un engin confectionné à partir de filets à mailles de 8 mm de côté; il

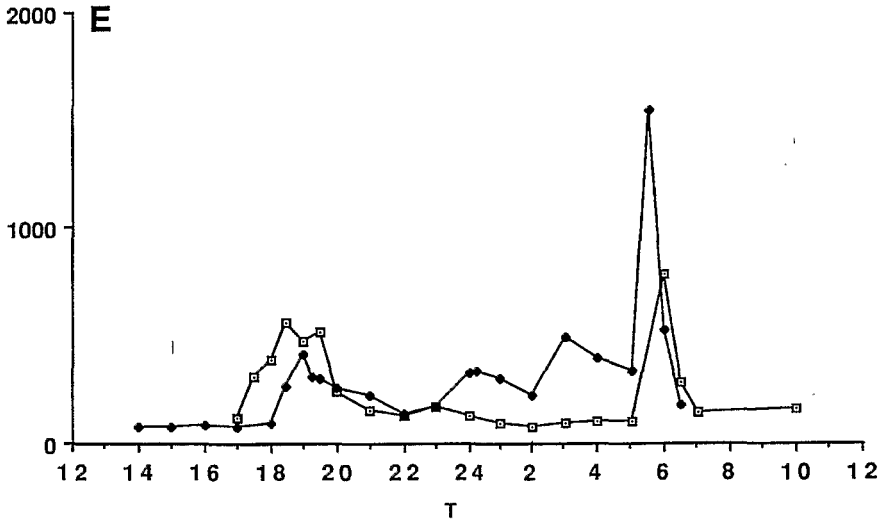


Fig. 3. Comparaison des profils nycthémeraux d'écho-traces avec (losanges noirs, 31 août-1 septembre 1991) et sans gangui (carrés blancs, 30-31 août 1991). E, densité d'écho-traces par 15 minutes; T, temps.

comprend un verveux tronçonné (longueur 3 m; diamètre 0,4 m) dont l'ouverture est prolongée par deux ailes de 10 m de long sur 2 m de haut. Il est posé dans le sens longitudinal du chenal, chaque aile amarrée à un pieu fixé dans la rive. La relève est effectuée toutes les trois heures pendant 24 heures, de midi à midi. Les poissons capturés ont été dénombrés et pesés par espèce.

Le nombre d'écho-traces par quart d'heure est porté sur une courbe en ordonnée et les heures en abscisse. Un 'indice sonar' est défini comme étant l'aire sous la courbe des écho-traces pendant la période de 3 heures correspondant aux captures du gangui.

Le protocole comprend deux expériences successives. La première est destinée à mettre en évidence l'effet de la présence du gangui sur le comportement des poissons. La seconde est un suivi chronologique des variations du couple densité d'écho-traces/captures du gangui dans le but d'établir une relation entre ces deux variables et d'identifier les artefacts dus à des biais comportementaux.

Expérience n°1: Echosondage avec et sans gangui en phase de montée de l'eau. Le faisceau dirigé vers le fleuve parcourt le chenal longitudinalement sur une distance de vingt cinq mètres avant de buter sur une berge.

- échosondage seul du 30 au 31 août 1991;
- pose du gangui et échosondage simultané du 31 août au 01 septembre 1991.

Expérience n°2: Suivi chronologique échosondage/gangui.

Par rapport à l'expérience n°1, en raison de l'augmentation des captures et de la configuration spatiale du chenal, l'orientation du faisceau fut modifiée et dirigée vers l'ouverture du gangui. L'échelle fut réduite à dix mètres.

Trois cycles d'observation ont été réalisés en phase de crue du 14 au 15, du 21 au 22 et du 28 au 29 septembre 1991 (Fig. 2). En phase de décrue (un seul cycle du 27 au 28 novembre 1991), la baisse du niveau d'eau ne permit pas de conserver le transducteur à la même place, il fut donc déplacé avec le gangui à 10 m de l'entrée du chenal, orientation et échelle demeurant identiques.

Résultats

Comparaison des échosondages. *Influence du gangui* (expérience n°1; Fig. 3). Sans gangui, le profil nycthémeral de la densité d'écho-traces montre deux pics: l'un apparaît au crépuscule de 17:30 à 20:00, soit une durée de 2h30; l'autre pic, plus bref (1 h), se situe à l'aube, vers 06:00 du matin. Au cours de la nuit, de 21:00 à 05:00, la densité d'écho-traces demeure basse avec une légère tendance à la baisse, le niveau est comparable à celui du jour.

Avec gangui, les deux pics se retrouvent avec

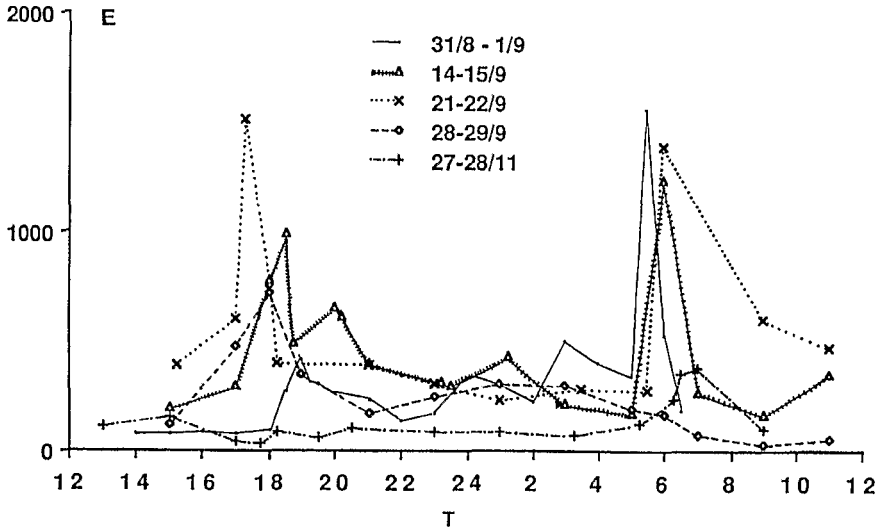


Fig. 4. Comparaisons des profils nycthémeraux d'écho-traces pour différentes dates (cf. Fig. 2). E, densité d'écho-traces par 15 minutes; T, temps.

des caractéristiques différentes. Le pic du crépuscule est plus tardif et moins élevé; celui de l'aube, au contraire, est presque deux fois plus prononcé. Au cours de la nuit, la densité d'écho-traces n'est pas constante, elle est deux fois plus élevée entre 21:00 et 03:00: 246 contre 122 (nombre moyen/15 minutes; Tabl. 1). Plus précisément, la densité baisse de façon comparable jusqu'à 22:00-23:00 puis elle remonte pour atteindre à 03:00 le niveau du pic du crépuscule.

Les profils d'écho-traces de ces deux cycles successifs, en l'absence puis en présence du gangui, présentent des valeurs comparables pendant le jour, mais on observe des tendances inverses pendant la nuit. La pose du gangui provoque une augmentation de la densité nocturne qui disparaît cependant après le lever du jour bien que l'engin de pêche demeure en place.

Variations intercycles (expérience n°2; Fig. 4). Pour faciliter la comparaison des profils nycthémeraux et mieux saisir leur évolution chronologique saisonnière, toutes les courbes d'échosondage en présence du gangui ont été réunies sur le même graphique (Fig. 4), y compris celle du 31 août (expérience n°1) pour laquelle la portée du faisceau n'est pas la même que celle des autres relevés et qui n'est donc considérée que qualitativement.

Le profil nycthémeral observé au cours de la

première expérience persiste en subissant toutefois des modifications. Parmi ces dernières, certaines paraissent accidentelles telles que l'absence de pic à l'aube (28 septembre) ou au crépuscule (27 novembre); d'autres modifications sont progressives d'un cycle à l'autre, tel le décalage horaire des pics de l'aube et du crépuscule respectivement plus précoces et plus tardifs. La densité croissante d'écho-traces en période nocturne n'apparaît que pour le cycle du 30 août caractérisé par une prédominance des captures nocturnes (Fig. 5). On remarque la tendance inverse au cours des cycles des 15 et 22 septembre caractérisés par une prédominance des captures diurnes (Fig. 5).

Quantitativement (cycle du 31 août exclus), les trois cycles d'observation en période de crue présentent, entre 21:00 et 03:00, des nombres moyens d'écho-traces par quart d'heure de même ordre de grandeur (329; 301; 252; Tabl. 1), plus élevés qu'en période de décrue (85). Pour les trois pics de crépuscule (14 au 28 septembre), on remarque que le maximum (21-22 septembre) correspond à une phase de pleine lune (cf. Fig. 2). Les 27-28 novembre, les faibles densités d'écho-traces observées pendant la période nocturne (85; Tabl. 1) et pour le pic de l'aube montrent une tendance générale à la baisse en période de décrue. On sait qu'à partir de l'inversion du sens du courant (cf. Fig. 2), les migrations latérales n'existent plus dans ce sens-là, du fleuve vers la mare.

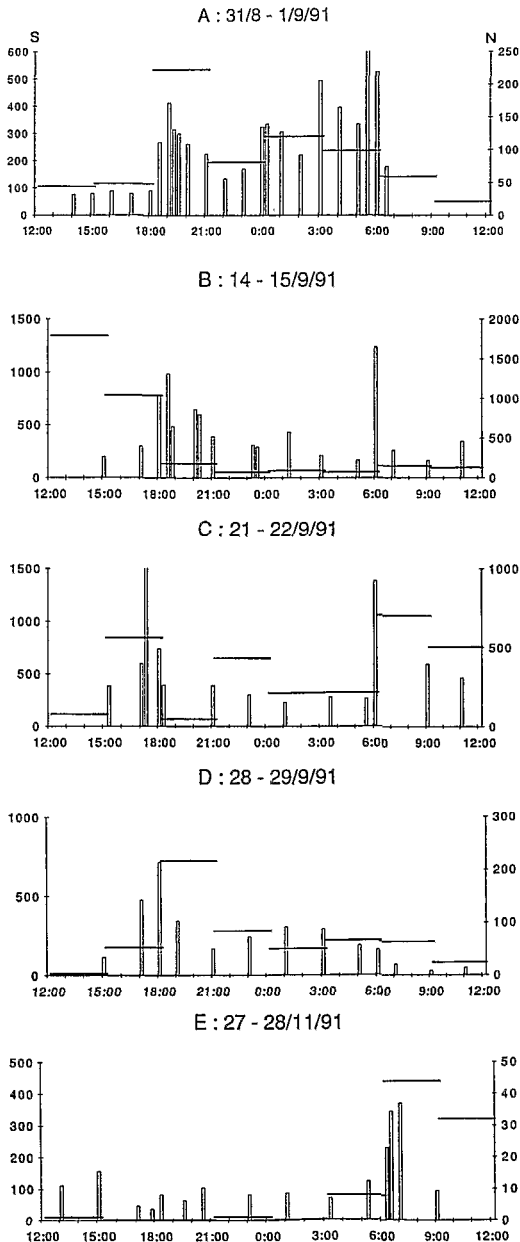


Fig. 5. Comparaisons du profil de la densité d'écho-traces (S; traits verticaux) avec le profil des captures au gangui (N; traits horizontaux) pour 5 cycles de 24 h.

Relation nombre des écho-traces / captures du gangui. Le sonar montre qu'il existe un profil nyctéméral d'écho-traces caractéristique avec des périodes de forte densité et des périodes de densité plus faible. Il reste à vérifier si ces varia-

tions de densité enregistrées par l'appareil correspondent bien à des migrations effectives à travers le chenal, c'est à dire si elles se traduisent par des captures au gangui.

D'une façon générale, il existe globalement une bonne correspondance entre le nombre des écho-traces et les captures du gangui. Celle-ci se traduit par la corrélation positive significative ($R=0,57$; Tabl. 2) entre l'indice sonar et captures totales du gangui pour les données de l'expérience n°2 (Fig. 6; les données de l'expérience n°1 ne sont pas prises en compte car il existe une différence d'échelle et donc de sensibilité de détection du sonar entre les deux manipulations). Après transformation logarithmique, la valeur de R s'élève à 0,81 (Tabl. 2).

Les captures dont la taille est comprise entre 4 et 10 cm de longueur standard sont essentiellement constituées de juvéniles ou d'adultes de *Brycinus leuciscus* et d'espèces de très petite taille telles que *Pellonula leonensis*, *Micralestes elongatus*, *Barbus* sp., rencontrés fréquemment en bancs. Il faut noter la bonne corrélation de l'indice sonar avec les captures de Characidés et *Pellonula leonensis*, espèces diurnes qui constituent 81,3% des captures totales ($R=0,78$). Ces espèces ont un comportement de type pélagique, ce qui explique leur bonne détection par le sonar. Si les *Barbus* (4,5% des captures totales, espèces nocturnes) viennent s'ajouter à cela, le coefficient R passe à 0,81. Ces différentes corrélations ne sont pas meilleures en utilisant les poids à la place du nombre des captures.

Dans le détail, les variations des prises horaires totales ne correspondent pas toujours aux variations horaires du nombre des écho-traces enregistrés. Par exemple, le pic de l'aube (05:30/06:00; Fig. 5 A et B) révélé par le sonar ne se retrouve pas dans les captures du gangui et, inversement, de fortes captures du gangui (Fig. 5B de 12:00 à 18:00; Fig. 5C de 21:00 à 24:00) ne se traduisent pas par une augmentation de la densité des traces sur le papier du sonar.

Les captures du gangui qui impliquent une activité migratoire du fleuve vers la plaine inondée permettent une certaine interprétation des profils d'écho-traces. Le pic de captures entre 18:00 et 21:00 (Fig. 5A) montre qu'au crépuscule un afflux de poissons s'engouffre dans le chenal pour atteindre la mare. Cette migration latérale est bien mise en évidence par le pic d'écho-traces concomitant.

Après 21:00 et jusqu'à 6:00, la baisse des

captures indique une diminution de l'activité migratoire. L'augmentation de la densité d'écho-traces traduit donc une accumulation progressive des poissons devant le gangui qui entrave le déplacement vers la mare. Le pic d'écho-traces de l'aube qui ne correspond à aucune augmentation des captures du gangui, pourrait être interprété comme une brève recrudescence d'activité des espèces nocturnes pour la recherche d'un refuge. Les poissons paraissent retourner au fleuve au lever du jour. Ce retour au fleuve est confirmé par la direction de certaines écho-traces qui indiquent effectivement ce sens de déplacement. Ces traces particulières ne se rencontrent qu'au moment des périodes charnières de l'aube et du crépuscule (Fig. 1). La raréfaction des captures les heures suivantes (à partir de 09:00), notamment le fait qu'elles soient 2 à 4 fois moins importantes que la veille de 12:00 à 18:00, montre que le chenal est devenu d'un jour à l'autre une voie d'accès moins empruntée.

Une autre distorsion à la relation écho-traces/gangui peut se concevoir à partir de la Figure 5E où l'on remarque qu'en l'absence de captures de 12:00 à 03:00, un 'bruit de fond' est tout de même enregistré. Il provient certainement d'une part des effets parasites inhérents à l'appareil et au milieu, d'autre part de la

population locale non migrante.

Discussion

L'emploi de l'échosondage à poste fixe dans ce chenal est soumis à certaines restrictions d'utilisation et à différentes sources de biais. L'étroitesse du cours et la profondeur inférieure à deux mètres imposent le choix d'un échosondage horizontal dans l'axe longitudinal. Le faisceau d'ondes, de portée réduite par la sinuosité du cours, ne prospecte qu'une tranche d'eau médiane; cela implique une observation très restreinte de la communauté de poissons étant donné la répartition très particulière de certaines espèces en surface ou au fond. La solution idéale aurait été de disposer simultanément de plusieurs transducteurs placés à différentes profondeurs en évitant toutefois les effets parasites de la surface et du fond. Ces effets parasites du fond et du gangui lui-même empêchent malheureusement d'avoir des informations précises sur le comportement du poisson au contact du gangui.

Une autre source de sous-estimation de l'abondance des poissons provient de la distinction impossible de deux individus éloignés de moins

Tableau 1. Densité moyenne d'écho-traces par 15 minutes entre 21:00 et 03:00 pour les différents cycles de 24 h. N, nombre d'enregistrements sonar; M, densité moyenne; s, écart-type.

	Crue					Décrue
	30-31/8/91 sonar	31/8-1/9/91 sonar+gangui	14-15/9/91 sonar+gangui	21-22/9/91 sonar+gangui	28-29/9/91 sonar+gangui	27-28/11/91 sonar+gangui
N	7	8	5	4	4	4
M	122	246	329	301	252	85
s	31,3	72,8	78,4	58,4	54,1	11,8

Tableau 2. Relations entre l'indice d'écho-traces fourni par le sonar (i) et les captures du gangui. C, captures en nombre; W, captures en poids; A, captures de Characidés + *Pellonula leonensis*; B, captures de Characidés + *P. leonensis* + *Barbus* spp. R, coefficient de corrélation; d.d.l., degrés de liberté; P, probabilité d'un effet aléatoire.

y	x	Equation	R	d.d.l.	P
i	C	$y = 70,4424 + 0,144486 x$	0,57	22	< 0,01
log (i)	log (C)	$y = 1,38820 + 0,287964 x$	0,812	22	< 0,001
log (i)	log (W)	$y = 1,35147 + 0,269809 x$	0,793	22	< 0,001
log (i)	log (A)	$y = 1,50338 + 0,263125 x$	0,782	22	< 0,001
log (i)	log (B)	$y = 1,46853 + 0,275367 x$	0,807	22	< 0,001

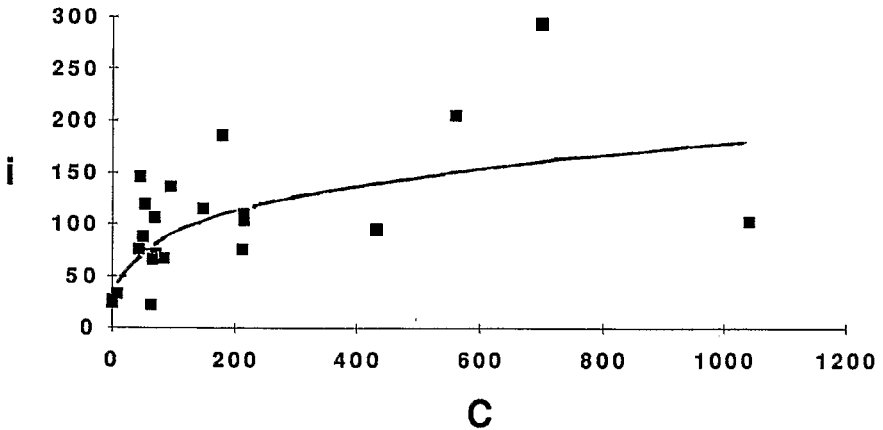


Fig. 6. Relation entre les indices de densité de poissons fournis par le sonar (i) et les captures du gangui (C). La courbe correspond au meilleur ajustement selon le tableau 2.

de 15 cm et de l'impossibilité de détecter ceux de taille inférieure à 4 cm. Un tel biais doit être fréquent ici puisqu'il s'agit essentiellement de juvéniles qui migrent souvent en bancs, mais en ce qui concerne la taille minimale, cela ne peut entacher la comparaison écho-traces/captures puisque cette taille correspond approximativement à la sélectivité de la maille du gangui.

En dehors de ces biais systématiques, il existe des biais accidentels plus particulièrement dûs à l'utilisation en rivière. Le courant peut être à l'origine de bulles d'air ou transporter des débris, autant d'objets à l'origine d'écho-traces parasites (Forbes & Nakken, 1972) et d'une surestimation de la densité de poissons. Dans le même sens, on notera aussi le cas des poissons qui se déplacent dans l'axe du faisceau fournissant ainsi plusieurs écho-traces pour un même individu; ce phénomène présente cependant l'avantage de pouvoir identifier le sens du déplacement.

Un refroidissement qui entraîne une réduction d'activité des poissons et donc de la probabilité de rencontre avec le faisceau, peut être à l'origine d'une sous-estimation de la densité réelle. Baras & Cherry (1990) mettent en évidence une réduction d'activité des poissons avec la baisse de température chez *Barbus barbuis*. Cette influence thermique doit être prise en considération dans la comparaison de données d'échosondage; dans notre cas elle n'est pas à écarter puisqu'il existe une différence de 10°C entre les observations de septembre et de novembre (Fig. 2). Mais la cause principale de la réduction d'échotraces en novembre est l'arrêt

des migrations vers la plaine en période de décrue.

Avec tous ces biais possibles d'estimation de la densité, il paraît surprenant d'obtenir une corrélation positive significative entre les données d'échosondage et celle des captures simultanées. Cependant ces dernières sont principalement formées d'espèces pélagiques bien détectées par le sonar. En outre, nos deux moyens d'investigation présentent un point commun majeur: les captures d'un engin passif tel que le gangui dépendent essentiellement de l'activité des poissons, comme la densité des écho-traces.

En dépit d'une fenêtre d'observation limitée, le sonar fournit des informations originales sur le comportement et le rythme d'activité des poissons dans ce chenal. Sur le plan éthologique, cette technique d'observation relativement légère à mettre en oeuvre, fournit des informations sans perturbation des phénomènes naturels. On retrouve ici chez ces poissons de petite taille et de façon globale un comportement nyctéméral comparable à celui de *B. barbuis* mis en évidence par radio-tracking individuel et caractérisé par une augmentation de la fréquence et de l'amplitude des déplacements au crépuscule et à l'aube (Baras & Cherry, 1990). Cette information comportementale est particulièrement utile ici dans la mesure où, confrontée aux captures du gangui, elle permet une interprétation mutuelle des deux sources de données.

Le gangui exerce un effet de barrage mis en évidence par l'échosondage. La corrélation élevée entre logarithmes des écho-traces et des

captures (Fig. 6) indique que les captures augmentent plus rapidement que la densité devant le gangui; c'est la traduction d'un phénomène de 'file d'attente'. Une autre mise en évidence du phénomène apparaît dans la comparaison des profils nycthémeraux d'écho-traces avec et sans gangui (Fig. 3). L'effet barrage du gangui pourrait ainsi se répercuter longitudinalement vers l'embouchure du chenal réduisant finalement l'entrée du flux migratoire au moment d'une migration intense. Il pourrait s'ensuivre une baisse de l'efficacité de l'échantillonnage au fur et à mesure que se prolonge la pose. Ceci paraît confirmé par les prises plus faibles de 12:00 à 21:00 le 1 septembre 1991 comparativement à celles de la veille. Nous avons également constaté cette diminution sur les captures totales de trois cycles successifs du 14 au 16 novembre 1991 (1er jour: 350 poissons; 2ème jour: 110 poissons; 3ème jour: 133 poissons; Bénech, non publié). Ce phénomène qui aurait donc tendance à diminuer la représentativité de l'échantillonnage des migrations pourrait être réduit en limitant le temps de pose à quelques heures successives et en reconstituant le cycle de 24h sur plusieurs jours. Ce protocole que nous avons initialement prévu n'a pu être appliqué car l'allongement des opérations n'était pas accepté par les pêcheurs locaux.

Les pics de captures ne sont pas toujours en relation avec un nombre élevé d'écho-traces enregistrées et vice versa:

- Un groupe de poissons en migration pourrait ainsi passer inaperçu à l'écho-sondeur alors qu'il est effectivement capturé au filet. Un passage inaperçu au sonar est possible entre deux enregistrements de 15 minutes, mais c'est impossible dans le cas des captures au gangui réalisées sans discontinuité sur des périodes successives de 3 heures. Si le temps d'échosondage est techniquement limité, il serait préférable de fractionner les 15 minutes en plusieurs périodes d'observation plus courtes mais mieux réparties dans le temps.
- Inversement, le gangui 'n'absorbe' qu'une partie du flux migratoire et, bloqués devant le filet, les poissons en migration peuvent augmenter le nombre d'écho-traces sans pour autant être capturés. En outre, il existe probablement un peuplement local possédant son rythme d'activité propre, qui viendrait gonfler les effectifs enregistrés.

Finalement, les différents cas de figure qui

déterminent la relation écho-traces/captures résultent du rythme d'activité nycthémerale des poissons et de la superposition du phénomène migratoire. Durant un cycle nycthémeral, les poissons ont deux périodes de forte mobilité correspondant à un changement d'activité entre les espèces diurnes et nocturnes, à l'aube et au crépuscule, entraînant une répartition des animaux sur toute la colonne d'eau. Ces poissons nageant en pleine eau, dans la partie centrale du chenal, sont alors repérés par le sonar provoquant un enregistrement de pics de densité apparente. Ce comportement est à rapprocher des observations acoustiques de Ponton & Meng (1990) sur les juvéniles de corégones qui se rapprochent ou s'éloignent de la surface selon un rythme nycthémeral. Les déplacements verticaux des corégones qui se produisent à l'aube et au crépuscule seraient déclenchés par un seuil de luminosité. Dans notre cas, en dehors de ces périodes de déplacements verticaux, la distribution spatiale des poissons peut être telle qu'ils n'apparaissent pas sur les enregistrements du sonar. En outre, le chenal est ici le lieu de passage obligé des poissons, il se surajoute donc une activité correspondant à la migration latérale et se traduisant aussi par une augmentation de densité, mais cette fois-ci réelle.

En conclusion, dans ces conditions particulières d'utilisation à poste fixe en milieu fluvial, l'écho-sondeur fournit un indice d'activité ichthyologique, migratoire ou non, sous la dépendance des rythmes circadiens et de certains facteurs du milieu. Il importe donc de tenir compte de ces variations apparentes de la densité des poissons dans l'appréciation d'indice d'abondance issu d'une utilisation du sonar. Cet appareil s'avère très utile pour la mise en évidence du comportement du poisson, mais son utilisation est toutefois limitée à la zone pélagique.

Remerciements

Cette étude a été effectuée dans le cadre du Programme 'Etudes halieutiques du Delta Central du Niger' subventionné par le Fond français d'Aide et de Coopération et mis en oeuvre par l'ORSTOM et l'Institut d'Economie Rurale du Mali. Les auteurs remercient particulièrement Luc Durand, volontaire du Service National qui a réalisé l'adaptation technique du matériel d'échosondage.

Littérature citée

- Baras, E. & B. Cherry. 1990. Seasonal activities of female barbel *Barbus barbus* (L.) in the River Ourthe (Southern Belgium), as revealed by radio tracking. *Aquat. Living Resources*, 3: 283-294.
- Burczynski, J. 1982. Introduction to the use of sonar systems for estimating fish biomass. *FAO Fish. Techn. Pap.*, 191 (Rev. 1): 1-110.
- Forbes, S.T. & O. Nakken. 1972. Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal. Part 2: The use of acoustic instruments for fish detection and abundance estimation. *FAO*, Rome, 145 pp.
- Ponton, D. & H.J. Meng. 1990. Use of dual-beam acoustic technique for detecting young whitefish, *Coregonus* sp., juveniles: first experiments in an enclosure. *J. Fish Biol.*, 36: 741-750.
- Welcomme, R.L. 1979. *Fisheries ecology of floodplain rivers*. Longman, London & New-York, 317 pp.

Reçu le 10 avril 1992
Révisé le 28 septembre 1992
Accepté le 26 octobre 1992