

L'acoustique comme outil d'échantillonnage des peuplements de poissons

BEHAGLE Nolwenn, GUILLARD Jean, SOW Ibrahima
et LEBOURGES-DHAUSSY Anne

Remarque préliminaire

Les opérations prévues dans le cadre de la convention pour le suivi de l'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung étaient des opérations de pêches expérimentales. La décision de réaliser des prospections acoustiques a été prise ensuite, afin d'exploiter l'opportunité de ces campagnes de pêches pour mettre en œuvre cette méthode non intrusive et non destructive.

Par conséquent, des prospections acoustiques ont été faites parallèlement aux campagnes de pêche dès que l'organisation des opérations de terrain le permettait, les opérations de pêches restant, dans tous les cas, prioritaires. Nous verrons plus loin l'impact que cela a pu avoir, parfois, sur les données recueillies.

Protocole d'acquisition et campagnes réalisées

Le matériel utilisé tout au long de ce suivi est un sondeur SIMRAD EY500, muni d'un transducteur split-beam 120 kHz, fixé au bout d'une perche sur le côté du Diassanga à 50 cm sous la surface de l'eau. La base circulaire a une ouverture de 7,1° à -3dB et la durée de l'impulsion utilisée est de 0.3 msec.

Initialement les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel EP500, dédié à l'analyse des données de l'EY500. L'ensemble des analyses a ensuite été repris sous le logiciel Sonar5-Pro (Balk et Lindem 2006) de façon à avoir des résultats homogènes. Ce logiciel est plus récent, plus performant et est compatible avec les ordinateurs actuels, ce qui n'est pas tout à fait le cas de l'EP500.

Les prospections acoustiques ont été faites à partir de 2003, année de la mise en défens, dans le bolon de Bamboung et à partir de 2008, dans deux bolons supplémentaires : le Diomboss et le Sangako. L'objectif de l'étude additionnelle de ces deux bolons, proches mais non protégés, est de compléter l'étude initiale en évaluant l'effet de l'AMP en dehors de la zone protégée.

Lors des prospections acoustiques, dans chaque bolon, le trajet suit le lit de la rivière, la largeur des bolons n'étant pas suffisante pour faire des trajets en zig-zag ou en créneaux. De plus, prospecter en suivant le lit de la rivière permet d'échosonder verticalement dans des profondeurs moyennes satisfaisantes. Le vent, souvent fort, empêche en outre l'utilisation de l'échosondage en mode horizontal. Par ailleurs, les prospections acoustiques ne peuvent se faire que de jour pour des raisons de sécurité. Des stations fixes de nuit ont néanmoins été réalisées, toujours en émissions verticales. Les trajets de prospection vont de l'amont vers l'aval, et, dans la mesure du possible, les opérations de pêche se font après les prospections acoustiques afin que celles-ci soient réalisées dans un milieu le moins perturbé possible.

Afin d'échantillonner les différentes saisons, trois campagnes par an ont eu lieu. Deux pendant la saison sèche, qui comporte deux phases : fraîche de novembre à mars, et chaude d'avril à juin, et une pendant la courte saison chaude et humide de juillet à octobre.

Tableau 10.1 : Liste complète des campagnes. "Pas de données acoustiques" = pas de parcours amont-aval, pas de campagnes, ou encore données non exploitables (saturé en bruit notamment).

Campagne	Bamboung 2	Bamboung 3	Bamboung 4	Bamboung 5	Bamboung 6	Bamboung 7
Date	21/05/2003	17/10/2003	10/03/2004	Pas de données acoustiques	Pas de données acoustiques	Pas de données acoustiques
Saison	sèche chaude	humide	sèche fraîche			
Bolon(s) prospecté(s)	Bamboung	Bamboung	Bamboung			
Campagne	Bamboung 8	Bamboung 9	Bamboung 10	Bamboung 11	Bamboung 12	Bamboung 13
Date	Pas de données acoustiques	26/10/2005	23/03/2006	Pas de données acoustiques	12/10/2006	Pas de données acoustiques
Saison		humide	sèche fraîche		humide	
Bolon(s) prospecté(s)		Bamboung	Bamboung		Bamboung	
Campagne	Bamboung 14	Bamboung 15	Bamboung 16	Bamboung 17	Bamboung 18	Bamboung 19
Date	09/05/2007	Pas de données acoustiques	02/04/2008	11/06/2008	13/10/2008	07/04/2009
Saison	sèche chaude		sèche fraîche	sèche chaude	humide	sèche fraîche
Bolon(s) prospecté(s)	Bamboung		Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako Diomboss
Campagne	Bamboung 20	Bamboung 21	Bamboung 22	Bamboung 23	Bamboung 24	
Date	09/06/2009	07/10/2009	16/03/2010	20/06/2010	13/10/2010	
Saison	sèche chaude	humide	sèche fraîche	sèche chaude	humide	
Bolon(s) prospecté(s)	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako	Bamboung Diomboss	Bamboung Sangako	

Sélection des données pour l'analyse historique

Afin de pouvoir analyser des séries historiques les plus complètes possibles et de pouvoir réaliser des tests statistiquement significatifs, certaines données ont été mises de côté pour ce travail. En effet, pendant l'observation et l'analyse, les détections, donc les populations de poissons, semblaient très sensibles à un certain nombre de facteurs, dont les perturbations d'origines anthropiques du milieu (passage de pirogues, visites, pêches). De ce fait, l'ordre dans lequel étaient réalisés les deux types opérations (prospection acoustique avant ou après la pêche) était déterminant. Lorsque la prospection acoustique a lieu après la pêche, le milieu est clairement perturbé et le comportement des poissons fortement modifié. Les données issues des deux situations, prospections avant ou après la pêche, ne peuvent donc pas être analysées ensemble. Par ailleurs, les conditions météorologiques ont également certaines fois diminué la qualité des données (bruit de surface ou turbidité trop forte par exemple).

Enfin, pour certaines campagnes, un problème de saturation du signal (3 campagnes sur l'ensemble) est apparu, sans que ce dysfonctionnement puisse être expliqué.

Compte-tenu de ces contraintes et restrictions, et afin de pouvoir travailler sur des séries les plus longues possibles, il a fallu garder uniquement les données homogènes en termes de saisons échantillonnées, de type de prospection (avant ou après la pêche) et de qualité des données. Ainsi, seule une partie des campagnes a été sélectionnée pour l'analyse temporelle et

en particulier deux saisons sur les trois initialement échantillonnées : les saisons « humide » et « sèche fraîche ».

Tableau 10.2 : Récapitulatif des campagnes gardées pour les analyses statistiques.

Campagne	Bamboung 3	Bamboung 4	Bamboung 9	Bamboung 10	Bamboung 12
Date	17/10/2003	10/03/2004	26/10/2005	23/03/2006	12/10/2006
Saison	humide	sèche fraîche	humide	sèche fraîche	humide
Bolon(s) prospecté(s)	Bamboung	Bamboung	Bamboung	Bamboung	Bamboung

Campagne	Bamboung 16	Bamboung 18	Bamboung 19	Bamboung 21	Bamboung 22	Bamboung 24
Date	02/04/2008	13/10/2008	07/04/2009	07/10/2009	16/03/2010	13/10/2010
Saison	sèche fraîche	humide	sèche fraîche	humide	sèche fraîche	humide
Bolon(s) prospecté(s)	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako Diomboss	Bamboung Sangako	Bamboung Sangako

Traitement des données acoustiques

Prospections mobiles

Deux indicateurs ont été extraits des données acoustiques: la densité acoustique par unité de volume (volume backscattering strength, S_v en dB) (MacLennan et al. 2002) considéré comme un proxy de la densité de poissons (Boswell et al. 2010 ; Emmrich et al. 2012) et la « taille acoustique » (Target Strength, TS en dB) (MacLennan et al. 2002) considéré comme un proxy de la distribution en taille des poissons (Simmonds and MacLennan 2005).

Pour les deux indicateurs, le seuil d'analyse a été fixé à -65 dB afin d'obtenir un rapport signal/bruit satisfaisant tout en ciblant des organismes de type « poisson », adultes et juvéniles (Love 1977). Les paramètres d'extraction des cibles individuelles pour les analyses de TS ont été fixés aux valeurs suivantes : longueurs minimum et maximum de l'écho entre 0,6 et 1,8 fois la longueur du signal d'émission, le « maximum gain compensation » fixé à 6 dB et la « maximum phase deviation » fixée à 3 niveaux de phase.

La colonne d'eau a été traitée à partir de 0,5 m sous la surface jusque 0,3 m au-dessus du fond. Les trajets ont été divisés en distances unitaires d'échantillonnage (1358 ESDU – ou Elementary Sampling Distance Unit- pour l'ensemble des campagnes) de 0,1 mn. Pour limiter la variabilité intra- bolon, les données de densité et de taille ont été moyennées sur la distance afin d'obtenir une seule valeur par bolon.

Les analyses préliminaires (vérifications visuelles, suppression des échos fantômes et correction du fond) ont montré deux types de structuration des communautés piscicoles (Guillard 1998) : l'une de type agrégatif, l'autre de type poissons dispersés (Fig. 10.1). Au cours des prospections acoustiques, la présence d'agrégats, qui peuvent être très denses et limités dans l'espace, engendre une importante variabilité spatiale, surtout de jour (Fréon et al. 1993b). De plus, les valeurs de densité de ces agrégats de poissons étant bien plus élevées que celle des poissons dispersés (Fréon et al. 1993a), elles risquent de masquer l'évolution temporelle des densités de poissons dispersés. Deux types d'analyses ont donc été faites : l'une ne prenant en compte que les poissons dispersés, l'autre incluant toutes les détections de poissons, dispersés et en bancs, afin d'obtenir deux représentations complémentaires du peuplement piscicole.

Les analyses ont d'abord été focalisées sur l'AMP de Bamboung, de 2003 à 2010, et dans un second temps sur les autres bolons de 2008 à 2010.

L'évolution de la densité acoustique dans le bolon de Bamboung a été étudiée dans le temps et les comparaisons entre les populations de poissons sont réalisées par des tests non-paramétriques de Kruskal-Wallis, opérés sur les valeurs linéaires.

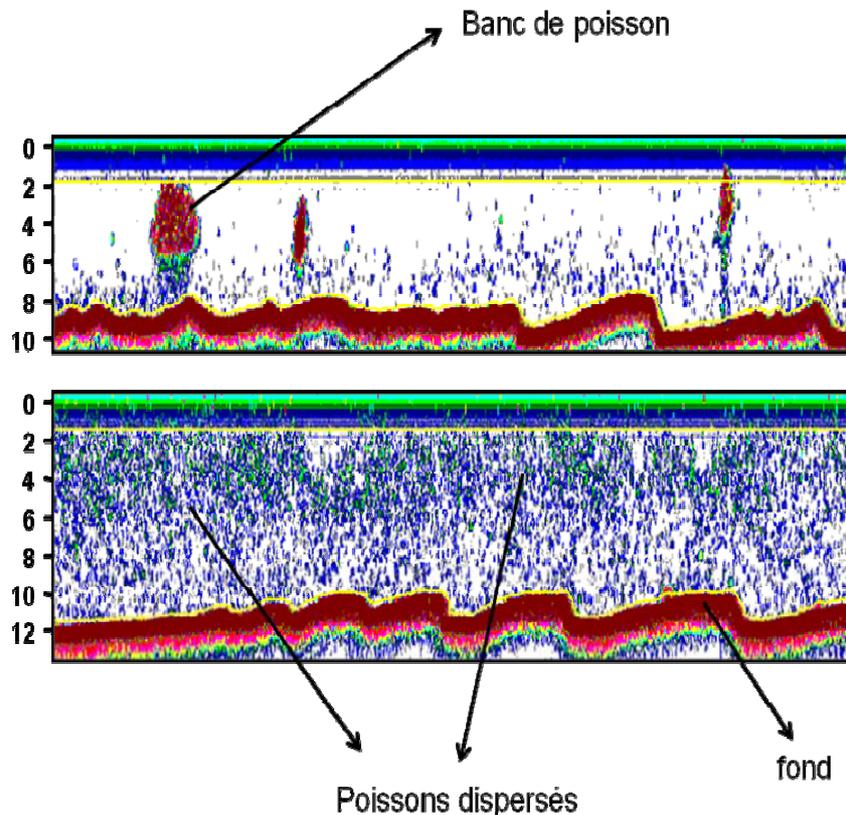


Figure 10.1 : Exemples de deux échogrammes, en haut : montrant la structuration en bancs ; en bas : montrant une population de poissons dispersés.

Stations fixes de nuit

Un certain nombre d'acquisitions ont également été réalisées de nuit, en stations fixes, entre 19h et 8h du matin le lendemain en général, sauf contraintes du bord particulières. Le point géographique choisi dans l'AMP de Bamboung présente une profondeur minimale de 8m, correspondant aux meilleures conditions possibles, dans ce type de milieu, pour une détection verticale. Dans ce cas, des ESTU (Elementary Sampling Time Unit) de 10 minutes ont été créées pour analyser les données. Ainsi pour une nuit, une soixantaine de valeurs sont produites. Des valeurs moyennes sont calculées à partir de ces valeurs par ESTU afin de s'affranchir de la variabilité de court terme, fonction de la marée en particulier. D'autant que, malheureusement, aucune mesure de courant n'est disponible pour être mise en relation avec les données acoustiques en point fixe.

Il est difficile d'interpréter les résultats en termes de S_v pour des mesures effectuées en un seul point du bolon ; par contre en ce qui concerne les TS, ces mesures permettent d'obtenir beaucoup plus de détections sur les poissons traversant le faisceau qu'en prospection mobile, ce qui fournit des valeurs moyennes plus représentatives du peuplement dans la zone d'évolution des poissons qui passent au niveau de la station fixe.

Si l'on s'en tient aux deux saisons conservées pour les prospections mobiles, les données disponibles pour les stations fixes de nuit, sont les suivantes :

- en saison sèche : 2005, 2006, 2010
- en saison humide : 2003, 2004, 2005, 2008

Résultats

Densités acoustiques

Evolution de la population ichtyologique dans l'AMP de 2003 à 2010

De 2003 à 2010, dans le Bamboung, l'évolution du Sv moyen, incluant les bancs, montre pour les deux saisons analysées, une légère augmentation de la densité acoustique moyenne (Fig. 10.2). La tendance est semblable pour les deux saisons, mais elle n'est pas significative statistiquement. En ce qui concerne les données sans les bancs, aucune tendance ne peut être mise en évidence pour la saison sèche et la légère augmentation observée pour la saison humide n'est pas significative statistiquement saison (Fig.10.2). En termes statistiques, il n'est pas possible de conclure sur une différence de densité entre les saisons, que les bancs soient inclus ou non dans le calcul (Tab. 10.3). En saison sèche, les densités acoustiques avec les bancs sont significativement plus fortes que les densités calculées sans les bancs. Les densités acoustiques obtenues en saison humide ne permettent pas de mettre en évidence une telle différence. (Tab. 10.3).

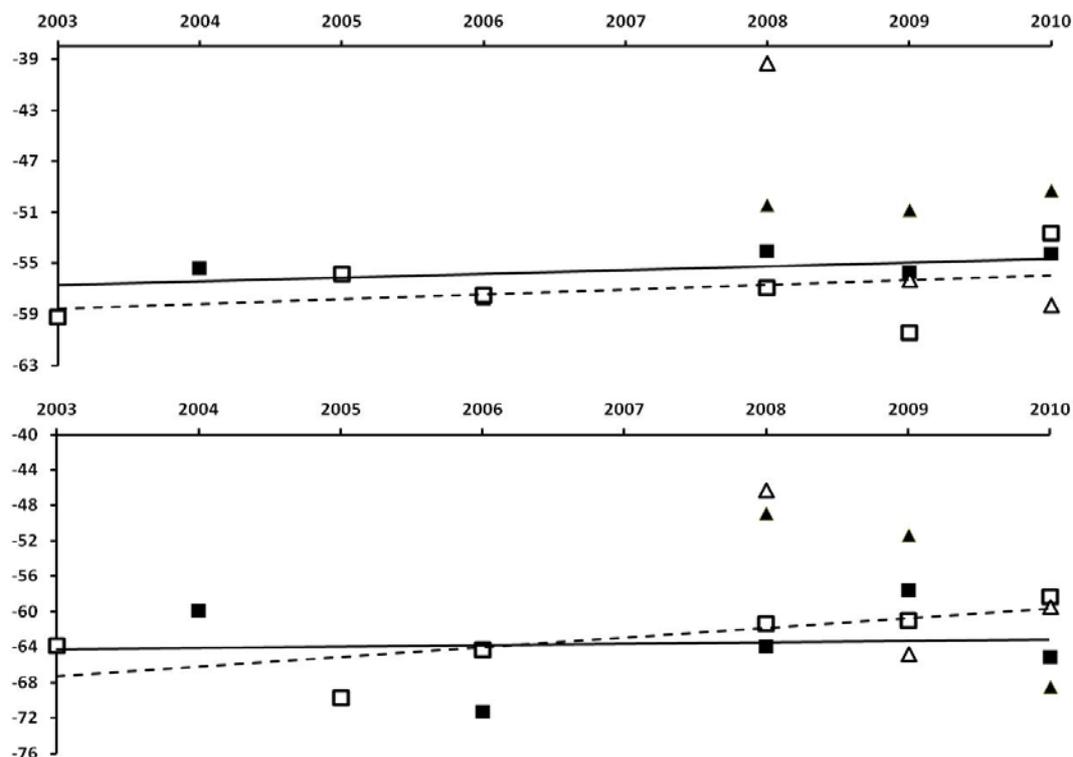


Figure 10.2 : Évolution du Sv moyen (dB) au cours des années dans l'AMP Bamboung (carrés) et dans le bolon du Sangako (triangles). Saison sèche : symboles noirs et traits pleins, saison humide : symboles blancs et pointillés. Avec bancs : en haut, sans les bancs : en bas.

Evolution de la population ichtyologique dans le bolon de Sangako de 2008 à 2010

Pendant la saison sèche, les densités acoustiques avec bancs restent stables sur les trois années disponibles. En revanche, pendant la saison humide, une très forte valeur de densité acoustique apparaît en 2008, très différente des valeurs observées pour les deux autres années. Pour les données sans bancs, on n'observe pas de stabilité entre ces trois années que ce soit en saison sèche ou humide et l'on ne met pas en évidence de tendance (Fig. 10.2). Les différences de densités acoustiques ne sont pas significatives statistiquement entre les saisons, ou même entre les densités avec ou sans bancs (Tab. 10.3).

Comparaison entre intérieur et extérieur de l'AMP

Pour une saison donnée, le nombre moyen de bancs est supérieur dans le bolon de Bamboung que dans celui de Sangako. Le nombre moyen de bancs de 2008 à 2010 est de 1,16 bancs/0,1 mn dans le Bamboung et de 0,55 banc/0,1 mn dans le Sangako. En saison sèche, les bancs détectés dans le bolon de Sangako provoquent de très fortes valeurs de S_v et mènent à des valeurs de densités acoustiques moyennes supérieures dans le bolon du Sangako que dans l'AMP de Bamboung. (Fig. 10.2). Cette différence entre les deux bolons est statistiquement significative (Tab. 10.3). Pour la saison humide, la variabilité des valeurs de densités acoustiques entre le Sangako et le Bamboung est très élevée, avec une densité moyenne très élevée en 2008 dans le Sangako, mais des valeurs beaucoup plus faibles, similaires à celles de Bamboung, pour les deux autres années. Cette fois aucune différence statistique ne peut être mise en évidence (Tab. 10.3). Si l'analyse est réalisée sur les poissons dispersés uniquement, durant la saison sèche pour les deux années 2008 et 2009, la densité acoustique est beaucoup plus élevée dans le Sangako que dans le Bamboung, mais ce n'est pas le cas pour 2010. Pendant la saison humide, les densités acoustiques des poissons dispersés montrent la même tendance que celle observée dans l'analyse avec bancs (Fig. 10.2). Quelle que soit la saison, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence (Tab. 10.3).

Target strength

Prospections mobiles

Evolution de la population ichtyologique dans l'AMP Bamboung de 2003 à 2010

Pendant la saison humide, le TS moyen de la population n'a montré aucune évolution au fil du temps. Au contraire, pendant la saison sèche la TS moyenne augmente au fil des années, mais pas de façon statistiquement significative (Fig. 10.3). Enfin, la comparaison des TS moyens des saisons sèche et humide montre des valeurs plus élevées en saison sèche, avec une différence hautement significative (Tab. 10.3).

Evolution de la population ichtyologique dans le bolon de Sangako de 2008 à 2010

Une différence significative du TS entre les deux saisons a été observée, comme dans le Bamboung, avec des poissons plus petits pendant la saison humide que pendant la saison sèche. Par ailleurs, pour ces trois années, le TS moyen à la saison sèche est décroissant ($R^2 = 0,96$) (Fig. 10.3).

Comparaison entre intérieur et extérieur de l'AMP

Pendant la saison sèche, les valeurs de TS dans le bolon de Sangako et dans le bolon de Bamboung sont très proches en 2008 et en 2009 (moins de 1 dB de différence), tandis qu'en 2010, le TS moyen dans le Sangako est beaucoup plus faible (Fig. 10.3). Pendant la saison humide, les valeurs moyennes de TS sont proches entre les deux bolons en 2008 et 2010 (moins de 1 dB de différence), mais le TS moyen dans le Sangako est beaucoup plus faible en 2009 (Fig. 10.3). Ces résultats ne montrent pas de tendance claire, ni significative, dans les tests statistiques (Tab. 10.3).

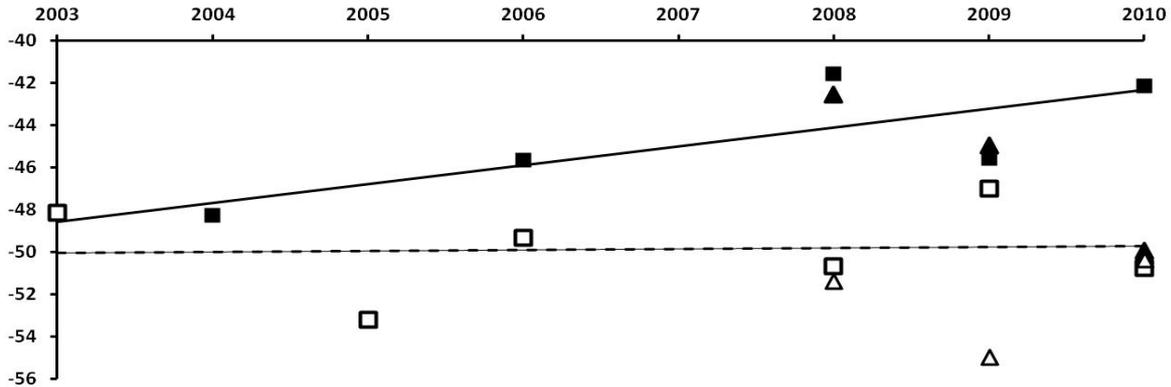


Figure 10.3 : Évolution du TS moyen (dB) au cours des années dans l'AMP Bamboung (carrés) et dans le bolon du Sangako (triangles). Saison sèche : symboles noirs, saison humide : symboles blancs.

Comparaison des TS obtenus en stations fixes et en prospections

Dans cette comparaison, les données des prospections utilisées sont un extrait des prospections complètes : en effet ce qui est comparé aux résultats des stations fixes, ce sont les TS moyens obtenus sur une distance de 1,8 mn de part et d'autre du point de la station fixe. Bien que l'on ne dispose pas ici de séries temporelles complètes, on peut noter une bonne cohérence entre les tendances observées à travers les stations fixes et les prospections mobiles, avec des valeurs parfois très proches.

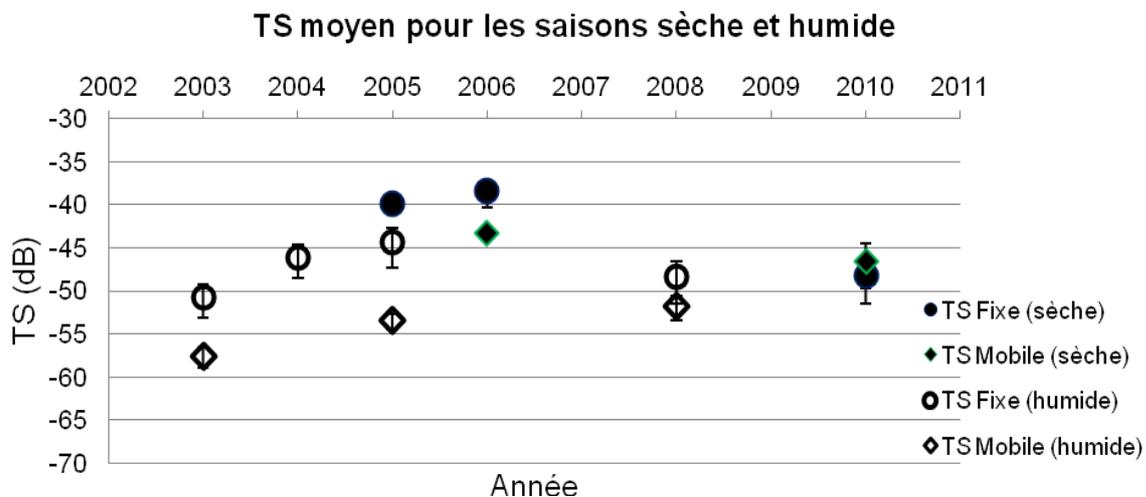


Figure 10.4 : Comparaison des TS moyens obtenus en stations fixes et lors des prospections mobiles autour du point de la station fixe.

Tableau 10.3 : Résultats des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis. Comparaisons des densités et des tailles acoustiques moyennes entre les bolons, entre les saisons et selon que l'on prend ou non en compte les bancs dans les calculs de densité. Les tests significatifs ($p < 0,05$) sont en gras.

Bolons			Sv	TS	
Bamboung	avec bancs	humide/sèche	0.5127	NA	
	sans bancs	humide/sèche	0.5127	0,0209	
	avec/sans bancs	humide	0,1266	NA	
	avec/sans bancs	sèche	0,0495	NA	
	Sangako	avec bancs	humide/sèche	0,5127	NA
		sans bancs	humide/sèche	0,8273	0,0495
avec/sans bancs		humide	0,2752	NA	
avec/sans bancs		sèche	0,5127	NA	
Bamboung/Sangako		avec bancs	humide	0,5127	NA
		sans bancs		0,8273	0,2752
	avec bancs	sèche	0,0495	NA	
	sans bancs		0,5127	0,2752	

Discussion

Méthodologie

Pour des raisons pratiques et de sécurité, les données acoustiques n'ont été recueillies que de jour. Plusieurs études ont montré qu'il existe une forte hétérogénéité des répartitions de poissons de jour et une répartition plus homogène de nuit. Mais malgré l'existence de différences entre les données de jour et celles de nuit (MacLellan et Hume 2010 ; Mous et al. 2004 ; Vondracek et Degan 1995), il existe une corrélation positive entre des données issues

des deux périodes (Guillard et al. 2004). L'analyse seule des données diurnes est donc valide et représentative de l'écosystème.

L'approche en émission horizontale est souvent utilisée dans ce type d'environnement de faible profondeur, de façon à augmenter le volume échantillonné (Kubecka et Duncan 1998 ; Boswell et al. 2007). Cependant, pour obtenir des données de bonne qualité, il faut des conditions météorologiques extrêmement calmes, sans quoi la variabilité des résultats n'est pas liée au peuplement étudié, mais aux mouvements du bateau. Lors de cette étude, des conditions météorologiques défavorables (vent fort) ont souvent été rencontrées. De plus, les données issues d'émissions horizontales sont difficiles à analyser (Mouse et Kemper 1996; Knudsen et Sægrov 2002). En effet, les échos des poissons sont très variables en raison de l'angle d'incidence aléatoire du faisceau acoustique sur des poissons en train de nager. Les données acquises en émissions verticales sont de meilleure qualité (vue dorsale avec une incidence de l'onde proche de la normale et beaucoup moins variable) et de plus les relations établies dans la littérature entre TS et longueur de poissons (Love 1977 en particulier) ne sont pour la plupart valides qu'en vue dorsale. Enfin, la profondeur moyenne des bolons est suffisante pour un protocole en prospection verticale.

Cependant, en ce qui concerne l'analyse des TS, le nombre de cibles individuelles détectées par ESDU dans cet environnement peu profond, est généralement trop faible pour obtenir une valeur moyenne représentative par unité de distance : il a donc été nécessaire de travailler sur des valeurs moyennées sur la longueur totale de chaque bolon (après avoir testé plusieurs résolutions spatiales).

Les campagnes et les analyses réalisées ne visaient pas l'estimation de valeurs absolues de stocks, mais se situaient dans le cadre d'une approche comparative, d'une part de l'évolution au cours du temps de l'AMP, d'autre part de la comparaison entre bolons. Malgré un protocole expérimental précis et régulier, les contraintes et les conditions de terrain ou météorologiques ont parfois conduit à modifier le protocole, en ne réalisant pas dans le même ordre strict les deux types de campagnes. De plus des événements ponctuels, comme des passages intensifs de pirogues, ont pu perturber l'acquisition des données. C'est au moment de l'analyse de l'ensemble des données de la série que ces modifications de protocoles et ces événements extérieurs ont dévoilé leur impact sur le comportement des communautés de poissons et donc sur les mesures. Certaines campagnes n'étaient de ce fait plus utilisables dans l'analyse des séries, qui nécessite une rigueur statistique pour que les comparaisons soient valables. La série de données sur laquelle les tests statistiques pouvaient être faits, qui permettent de déterminer si oui ou non des tendances temporelles existent, est donc réduite par rapport au jeu de données initial.

Résultats

En ce qui concerne le proxy de la densité de poissons, le S_v , il augmente légèrement de 2003 à 2010 dans l'AMP de Bamboung, même si les tendances ne sont pas statistiquement significatives. Pour les données de TS enregistrées au cours de la saison sèche, elles augmentent au fil des années, avec une faible significativité statistique ($p < 0,2$) du fait du faible nombre d'échantillons. Pendant la saison humide, le recrutement conduit à des valeurs plus faibles de TS, dues à la présence de petits poissons; ces TS sont statistiquement différents de ceux de la saison sèche, mais en saison humide aucune tendance n'apparaît au fil des années. De par la présence importante de petits poissons après le recrutement, les évolutions qui peuvent exister sur le long terme sont probablement masquées, ce qui n'est pas le cas

pendant la saison sèche. Les densités obtenues pendant la saison sèche sont plus élevées dans le Sangako que dans le Bamboung ; pendant la saison humide, c'est vrai pour 2 des 3 années. Le bolon de Sangako a une orientation dans l'axe du canal principal (le Diomboss) qui est relié directement à la mer. Au contraire, le bolon de Bamboung est orienté perpendiculairement à cet axe principal. L'hypothèse d'une influence de la partie marine de l'estuaire sur le reste des canaux associés peut expliquer les différences observées en termes de densité acoustique au cours du temps et des saisons entre ces deux bolons. Par ailleurs, l'AMP étant protégée, on peut aussi faire l'hypothèse que les phénomènes d'évitement (Draštík and Kubečka 2005 ; Gerlotto et al. 2004 ; Brehmer et al. 2000) y sont plus importants que dans les autres bolons où les pêcheurs circulent quotidiennement. Les tendances des tailles moyennes entre les deux bolons ne sont pas assez claires et le nombre d'années est trop faible pour pouvoir conclure. A ce stade aucune différence significative n'a été observée entre les tailles acoustiques moyennes dans les bolons de Bamboung et de Sangako, alors que des activités de pêche ont été enregistrées dans le Sangako.

Conclusion

Le suivi par hydroacoustique des populations de poissons dans des eaux peu profondes reste une approche difficile et peu développée (Thorne 1998; Boswell et al. 2007), en raison de nombreux problèmes tels que l'évitement, les petits volumes échantillonnés, un trajet rectiligne uniquement dans le lit du cours d'eau, ...

De nombreuses contraintes opérationnelles n'ont pas permis d'obtenir une régularité d'acquisition et une homogénéité complète des données. Cependant, certains résultats permettent de valider les données acoustiques acquises : des valeurs de TS moyennes plus faibles après le recrutement pendant la saison humide que pendant la saison sèche, n'apportent pas de connaissances nouvelles, mais sont cohérentes avec les connaissances biologiques et halieutiques de l'écosystème. De plus le fait de ne percevoir des tendances qu'en saison sèche est cohérent avec le fait qu'en saison humide les tendances sont probablement masquées par la forte abondance de juvéniles.

L'absence de résultats clairs sur l'évolution de l'AMP, et sur les comparaisons avec les bolons extérieurs est probablement liée aux caractéristiques du milieu. En effet, ces bolons sont tous interconnectés et donc très dépendants ; de plus, la zone protégée est de petite taille par rapport à l'estuaire dans sa totalité. La grande sensibilité des mesures à des changements de protocole apparemment faibles (avant ou après la pêche), et aux perturbations d'origine anthropiques (passages d'embarcations), montre aussi que cet écosystème présente une extrême variabilité qui empêche de mettre en évidence avec le jeu de données disponibles des tendances d'évolution. Cette très forte variabilité impose, dans le cadre d'un suivi, une rigueur dans l'application du protocole qui n'est pas forcément compatible dans le cadre de campagnes à deux objectifs.

L'approche acoustique est complémentaire des techniques d'échantillonnage traditionnelles dans les environnements estuariens (Bethke et al. 1999 ; Frear 2002 ; Guillard et al. 2012). Elle permet d'étudier un milieu de manière non intrusive, avec une haute résolution des données, acquises en continu dans cet environnement très variable. Les causes de variabilité de détection des populations de poissons peuvent être le passage de bateaux, les saisons (Guillard et al. 2004), la luminosité, les effets de la marée (Krumme et al. 2005), la connectivité avec l'extérieur, etc. Il faut donc un taux d'échantillonnage temporel soutenu pour s'affranchir des variabilités temporelles de court terme. Le bolon de Bamboung n'étant

pas complètement séparé de l'écosystème estuarien, l'étude des relations entre les deux milieux serait un complément nécessaire, afin de quantifier les entrées-sorties des poissons dans l'estuaire en fonction de la marée. Ceci pourrait se faire au moyen de transducteurs en positions fixes à l'entrée du bolon, couplés avec des sondes environnementales (température, lumière, turbidité, courant...) et de débitmètres pour analyser les rythmes migratoires entre le canal principal et ce bolon. De plus, il y a une bonne cohérence entre les TS obtenues en stations fixes de nuit et celles issues des prospections mobiles, du moins dans les tendances (Guillard et al. 2012) : des stations fixes de jour et de nuit seraient avantageuses pour les mesures de TS puisqu'elles s'affranchissent des problèmes d'évitement (Draštík and Kubečka 2005), permettent de détecter beaucoup plus de cibles qu'en prospection, surtout en zone peu profonde, et permettent de voir réellement l'évolution du peuplement entre le jour et la nuit en certains points stratégiques, quand la station dure 24 h, ce qui dans cette étude, n'a pas pu être fait.

Afin de pouvoir réaliser un suivi permettant de tirer des conclusions solides sur l'évolution d'une zone estuarienne protégée comme le Bamboung, il semble nécessaire de décrire finement, au préalable, les schémas de distribution des poissons en fonction des conditions environnementales. Une fois ce schéma connu, il est plus facile ensuite de pouvoir sérier les échantillons pendant une période caractéristique telle que cela se fait couramment pour les plans d'eau tempérés où la fin de l'été a été déterminée comme la période la plus propice (Emmrich et al. 2012 ; Guillard et al. 2006). Dans le cas de l'estuaire du Saloum, suite à l'analyse de la série de données disponibles, la saison sèche semble la période la plus favorable à un suivi, car les données se limitent alors aux individus recrutés et le signal n'est pas perturbé par les nombreux poissons de l'année. Les fortes variabilités des données dans un milieu ouvert, et une forte sensibilité des poissons à toute perturbation, rendent difficile l'acquisition de données fiables. De plus la combinaison sur le terrain de deux protocoles, pêche et acoustique, avec leurs propres contraintes ont fortement influencé la fiabilité des données acquises.

Un suivi dans le temps impose de pouvoir effectuer des tests statistiques significatifs et par conséquent, impose un respect rigoureux du protocole acoustique afin d'avoir des données comparables sur toute la série.

Comme indiqué en préliminaire, les pêches expérimentales étaient le « produit contractuel » de ce projet, la priorité a donc été donnée au protocole de pêche pour lesquelles les mêmes questions de significativité des tests statistiques se posent dans le cadre d'un suivi temporel. Les contraintes des deux protocoles n'étant pas toujours compatibles, dans le cadre de la mise en place d'un suivi, il faudrait envisager de déconnecter les deux types d'opérations.

Si le matériel qui a été utilisé pendant tout ce suivi est resté le même, le système EY500 de SIMRAD, son vieillissement a aussi impacté la qualité des données. Cet équipement n'est plus ni vendu, ni suivi depuis longtemps ; le logiciel d'acquisition des données qui lui est dédié n'est plus compatible avec les ordinateurs actuels, il fonctionne dans un environnement qui lui est propre et qui était compatible avec le système DOS-RMX, mais que l'on ne peut plus installer sur les ordinateurs que l'on trouve actuellement sur le marché, ceux-ci ayant des processeurs trop rapides non gérés par ce logiciel. L'EY500 a épuisé déjà plusieurs ordinateurs durant ces 10 ans de suivi, et si cela a encore été possible, mais très fastidieux et difficile, de trouver sur le marché de l'occasion un vieil ordinateur sur lequel le logiciel d'acquisition a pu être installé, il est évident que ça ne peut pas être la solution pour un travail à venir et envisagé sur le long terme. Dans la description des campagnes, il est apparu qu'un certain nombre de données n'ont pu être exploitées, le signal étant saturé. Ce phénomène lié

certainement à des problèmes de connexion est du au vieillissement du matériel. De plus, le logiciel dédié EP500 est maintenant remplacé par Sonar5-Pro.

Aujourd'hui, l'équipement universellement employé est l'EK60. C'est un système portable, pas plus encombrant que ne l'était l'EY500, et compatible avec tous les logiciels de traitement de données existants. Malgré la stabilité de cette nouvelle version de sondeur, le protocole doit néanmoins inclure un étalonnage systématique de l'équipement avec une bille de calibration, selon la méthode de Foote et al. (1987), au début de chaque mission, pour vérification. Sans une mise à jour de l'équipement, le suivi d'une AMP risque de s'interrompre brutalement pour des problèmes techniques ou risque d'obtenir une série de données insuffisantes, qui malgré le temps et les investissements faits ne permettent pas d'obtenir des conclusions rigoureuses et utilisables par les gestionnaires.



L'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung (Sine Saloum) : Synthèse 2003 – 2011

Ecoutin J.M. (éditeur scientifique)

avec la collaboration de :

**Béhagle N., Brochier T., Guillard J., Laë R.,
Lebourges Dhaussy A., Le Loc'h F., Raffray J., Sadio O.,
Simier M., Sow I., Tito de Morais L.**



Dakar, juin 2013

Plan de la synthèse

Introduction	1
L'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung : histoire, localisation et protocole de collecte de données ECOUTIN Jean Marc, SOW Ibrahima et SIMIER Monique	5
L'environnement hydroclimatique de l'Aire Marine Protégée de Bamboung de 2003 à 2011 SIMIER Monique	19
Inventaire faunistique de l'Aire Marine Protégée de Bamboung : guildes fonctionnelles (écologique et trophique) SIMIER Monique	27
Le peuplement de référence avant la mise en défens, comparaison avec les peuplements de sites proches ECOUTIN Jean Marc, SADIO Oumar et SIMIER Monique	35
Les grands traits évolutifs du peuplement de poissons de 2003 à 2011 ECOUTIN Jean Marc, SIMIER Monique et SADIO Oumar	49
Comparaison du peuplement de poissons de Bamboung avec celui d'un site autorisé à l'exploitation halieutique, le bolon de Sangako SADIO Oumar et ECOUTIN Jean Marc	77
Evolution saisonnière du peuplement de poissons dans l'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung LAË Raymond, ECOUTIN Jean Marc et SIMIER Monique	99
Les réseaux trophiques de l'Aire Marine Protégée de Bamboung LE LOC'H François	109
Modélisation du fonctionnement trophique ou écosystémique TITO de MORAIS Luis, LE LOC'H François et BROCHIER Timothée	119
L'acoustique comme outil d'échantillonnage des peuplements de poissons BEHAGLE Nolwenn, GUILLARD Jean, SOW Ibrahima et LEBOURGES-DHAUSSY Anne	133
L'Aire Marine Protégée de Bamboung, un impact sur le peuplement de poissons ?	145
Références bibliographiques	149