



UMR 8586 PRODIG

Thème: Risques, vulnérabilités et gestion des territoires

*Méthode d'évaluation diachronique des effets
de la protection d'un socio-écosystème estuarien
sur la vulnérabilité économique des ménages de pêcheurs
Le cas de l'aire marine protégée de Bamboung et des Îles Betenti (Sénégal)*



Copyright ©2013.Jean Yves WEIGEL

Jean Yves WEIGEL, Agnès CHARPIN, Pierre MORAND (IRD)

Document de travail

Juillet 2016

1. Introduction

Dans le domaine de la conservation de la biodiversité, la nécessité d'une évaluation des effets a été confirmée à maintes reprises, par exemple dans le cadre des décisions relatives à la Convention sur la diversité biologique (UNEP, 2004). Cette évaluation implique des méthodes appropriées pour évaluer l'impact conjoint des politiques mises en œuvre à la fois sur la biodiversité et la situation socio-économique des populations concernées. L'impératif de considérer cet impact conjoint se réfère à la coévolution société-nature et aux relations mutuelles de l'évolution à la fois biologique et socio-économique (Weisz et Clark, 2011).

Tous les types de politiques de conservation mises en œuvre, en particulier celles relatives aux ressources halieutiques, sont concernés par des évaluations d'impact multidisciplinaires tenant compte en même temps des considérations socio-économiques considérées comme importantes depuis le Congrès mondial des parcs de Durban organisé en 2003 (UICN, 2005) et des considérations écologiques ou biologiques. Parmi les politiques de conservation des ressources halieutiques, les aires protégées, en tant que stratégie employée à l'échelle mondiale pour maintenir les services écosystémiques et atténuer la perte de biodiversité, sont concernées par une telle évaluation d'impact multidisciplinaire. Les évaluations basées sur les indicateurs des aires marines protégées, y compris dans des indicateurs socioéconomiques, de gouvernance et biophysiques ou biologiques parallèles (Pomeroy, 2004; Himes, 2007) sont une application de ce type d'évaluation.

De telles analyses d'impact utilisent généralement des informations sur les conditions à l'intérieur et à l'extérieur des limites des aires protégées et, par conséquent, privilégient une comparaison transversale des données à un moment donné. Comme l'ont souligné Gurney et al (2014), seules quelques évaluations utilisent des données longitudinales sur les conditions avant et après l'établissement de l'aire protégée, de manière à suivre dans le temps le même type d'information sur les mêmes unités d'observation.

Aucune évaluation d'impact diachronique n'a opté pour le ménage de pêcheurs en tant qu'unité d'observation, et ne s'est concentrée sur les deux thématiques microéconomiques qui sont la rentabilité des activités du ménage et la vulnérabilité économique des ménages. En effet, l'importance de la rentabilité des activités du ménage est reconnue depuis plusieurs décennies car elle contribue à refléter l'efficacité économique d'une politique de conservation. De même, la vulnérabilité économique des ménages, qui peut être définie comme une probabilité pour un ménage de pêcheurs descendre sous un seuil de pauvreté (Dercon, 2001), est l'un des acquis récents de l'économie du développement. Les avantages potentiels d'évaluations diachroniques au niveau des ménages ont néanmoins été soulignés (Weigel et al, 2015) mais leur absence peut s'expliquer par la nécessité de disposer d'enquêtes étendues et coûteuses pour collecter les données nécessaires.

Nous exposons ici des éléments de méthode pour une évaluation diachronique de l'impact d'une politique de conservation des ressources halieutiques sur la rentabilité des activités des ménages de pêcheurs et la vulnérabilité économique des ménages, en prenant l'exemple d'une aire marine protégée. Cette approche diachronique nécessite une approche multidisciplinaire puisque l'évaluation de la situation microéconomique exige des résultats intermédiaires concernant les ressources halieutiques exploitées (abondance, composition, taille) ou effort de pêche (activité de pêche, capture par unité d'effort).

L'évaluation diachronique des effets de l'AMP peut être abordée par une double comparaison: avant et après l'établissement de l'aire protégée, entre les ménages pêchant à distance de l'aire protégée et les ménages qui pêchent à proximité de l'aire protégée. La

pertinence d'une telle comparaison croisée présuppose deux exigences. La première exigence est la disponibilité d'un ensemble de données relatives aux mêmes unités d'observation couvrant les zones protégées et non protégées et au moins deux moments dans le temps. La seconde est la ressemblance entre les écosystèmes exploités et les ressources, ainsi que les communautés et les activités humaines (notamment les pêcheurs) des deux côtés (protégés contre les non protégés) et plus particulièrement la similitude des tendances générales de l'évolution concernant les contextes hydroclimatiques et économiques au cours de la période étudiée).

Le cas d'étude présenté satisfait la première exigence. En effet, deux enquêtes ont été réalisées à propos de l'aire marine protégée de Bamboung et de son environnement situé dans les Îles Betenti: une d'avril à juin 2003 juste avant la création de l'aire protégée dans le cadre du projet CONSDEV financé par la Commission européenne (DG Recherche) et l'autre, de mars à mai 2010 six années après la création de l'AMP, dans le cadre du projet AMPHORE financé par l'ANR. Le cas d'étude présenté satisfait également la deuxième exigence grâce aux similitudes géographiques et socio-écologiques, ainsi qu'aux caractéristiques communes de la gouvernance des pêcheries, entre l'aire protégée (le bolon de Bamboung) et l'aire non protégée qui font partie du système socio-écologique des Îles Betenti et plus généralement du Delta du Saloum au Sénégal (Afrique de l'Ouest).

Le cas d'étude est propice à l'approche multidisciplinaire dans la mesure où des travaux de recherche ont permis, premièrement, un suivi biologique des populations de poissons dans le cadre des projets Narou Heuleuk et AMPHORE (Albaret et al, 2005; Ecoutin et al, 2013; Ecoutin et al, 2014). Deuxièmement une comparaison des systèmes de gouvernance de l'aire marine protégée de Bamboung et des Îles Betenti (2003 contre 2010) dans le cadre des projets AMPHORE et CEPIA.

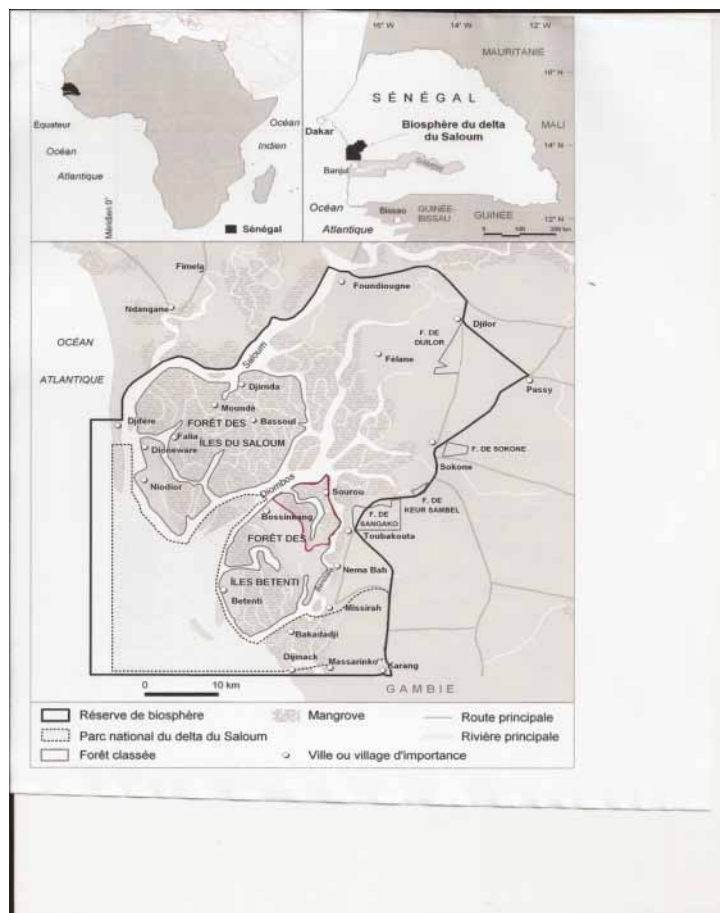
La première partie de ce travail est consacrée aux conditions de l'adéquation du cas d'étude en insistant sur la nécessité d'une similitude spatiale, temporelle et de gouvernance entre l'AMP (Bamboung) et la zone environnante n'ayant pas ce statut (le reste des Îles Betenti). Une deuxième partie est consacrée aux éléments de méthode et à la structuration des données nécessaires à une double comparaison croisée (spatiale et temporelle) de la rentabilité des activités des ménages de pêcheurs et de leur vulnérabilité économique.

2. Les conditions de l'adéquation du cas d'étude

2.1. Des similitudes géographiques

Les Îles Betenti (ou les îles Socé) qui abritent l'aire protégée marine Bamboung sont situées dans la partie sud-ouest du Delta de Saloum, à 250 kms au sud de Dakar (Sénégal, Afrique de l'Ouest). Ces îles, qui couvrent environ 250 km², sont bordées au nord par le Diombos (l'un des principaux bras de mer du Delta de Saloum), à l'ouest par l'Océan Atlantique, au sud et à l'est par le Bandiala qui est un autre bras de mer (Fig.1). Ces îles sont traversées par un réseau dense de petits canaux, appelés « *bolon* », dont les rives sont principalement couvertes de mangroves, et par des terres saturées de sel appelées tannes, par des savanes boisées, des zones marécageuses, quelques terres cultivées, un vestige de forêt galerie. Les Îles Betenti font partie de la zone tampon de la Réserve de biosphère Delta de Saloum et bordent le Parc national du Delta du Saloum sans y être incluses.

Fig 1. Localisation du Delta de Saloum, des Îles Betenti, de l'AMP de Bamboung



* Les limites de l'AMP sont en rouge

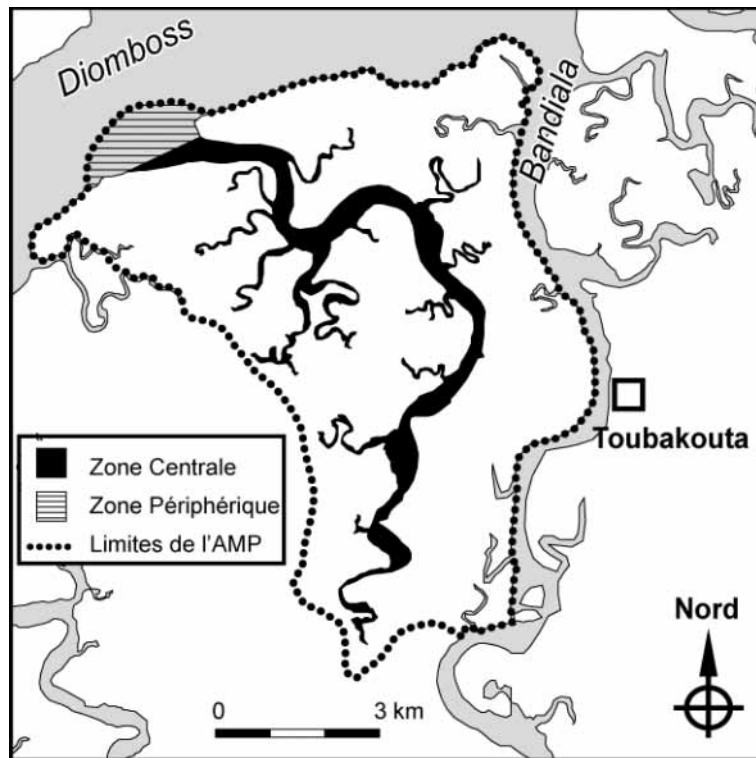
Sur la partie nord-est des Îles Betenti, l'aire marine protégée de Bamboung qui couvre 68 km², soit près d'un tiers des Îles Betenti, est délimitée au nord par le Diombos dans lesquels se jette le bolon de Bamboung, à l'est par le bras de mer du Bandiala, au sud par le village de Sipo et la forêt de Kolé, à l'ouest par la forêt de Kabaye et Diogaye. L'aire marine protégée de Bamboung est un condensé des Îles Betenti puisque la mangrove représente la moitié de sa superficie totale, le reste étant principalement constitué de plans d'eau (le bolon Bamboung et ses affluents), de savanes boisées, de terres saturées de sel et de vasières.

L'aire marine protégée de Bamboung a été créée par décret n ° 2004-1408 du 4 novembre 2004 avec quatre autres aires marines protégées sénégalaises, suite à une initiative de l'ONG sénégalaise OCEANIUM et des populations de quatorze villages limitrophes de la zone protégée: des villages insulaires (Sipo Bossingkang, Diogaye, Bétenti) et des villages continentaux de l'autre côté du bras de mer Bandiala (Missirah, Nema Ba, Dassilame Serer, Sourou, Bani, Toubacouta, Soucoute, Medina Sangako, Sangako, Sandicolu). Cette aire marine protégée a été mise en œuvre avec le soutien administratif et financier des autorités gouvernementales du Sénégal et du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) dans le cadre du projet Narou Heuleuk.

L'aire protégée est subdivisée en trois zones (Fig. 2). Tout d'abord, de la forêt de Kole au confluent avec le Diombos, une zone centrale qui englobe le bolon Bamboung et ses affluents

dans lequel il est interdit de pêcher. Deuxièmement, une zone tampon (ou périphérique) , couvrant cent hectares à la confluence du Diombos et du bolon de Bamboung qui assure une transition entre la zone centrale et le reste du système estuarien. Troisièmement, une zone terrestre qui combine une zone de mangrove inondée à haute marée et une zone sèche principalement couverte de savane (Sène, 2013). Dans l'ensemble de l'aire protégée, les activités et les pratiques interdites sont la pêche, la récolte des mollusques, la mangrove, la chasse aux lamantins et aux animaux terrestres sauvages (hyènes, singes, phacochères etc.), l'emploi de moteurs moteur (à l'exception de la surveillance et de la recherche scientifique).

Fig. 2. Zonage de l'AMP de Bamboung



2.2. Des similarités socio-écologiques et des activités de pêche

L'aire marine protégée de Bamboung est intégrée dans le système socio-écologique des Îles Betenti qui se caractérise par des interactions dynamiques entre un écosystème estuarien dominé par les mangroves et des communautés humaines exploitant cet écosystème. L'homogénéité de ce système socio-écologique se réfère à une ancienne entité géopolitique, le Niombato, initialement peuplée par des *Socés* et *Serers* (Martin et Becker, 1979) qui se situait principalement dans l'orbite du royaume Mandingue de Niomi (Fall et Diémé, 2002); cette entité persiste dans la division administrative actuelle qu'est la Communauté Rurale de Toubacouta. Au fil du temps, des populations d'origines diverses se sont installées dans les Îles Betenti: les transformateurs artisans de poisson du Mali et du Burkina Faso, les pêcheurs *Lebou*, les commerçants *Wolof*, les voyageurs européens (Cormier Salem, 2014). Plus précisément, les pêcheurs niominka venant des Îles Gandoul dans le Delta Saloum s'installent dans les Îles Betenti dans des camps de pêche ou des villages; De même, mais plus récemment, les pêcheurs de crevettes *Subalbe* venant de la vallée du fleuve Sénégal se sont installés saisonnièrement au confluent du Diombos (Weigel et al., 2011).

Les moyens de subsistance de la plupart des populations des Îles Betenti, dont celle des villages riverains de la zone protégée de Bamboung, dépendent fortement des conditions environnementales locales et des ressources naturelles. En 2010, en ce qui concerne les Îles Betenti dans leur ensemble, la population a été estimée à 30 000 habitants, dont celle de quatorze villages impliqués dans la gouvernance de la zone protégée de Bamboung marine estimée à 15 000 (Communauté Rurale de Toubacouta, 2010, PEPAM, 2010). Les moyens de subsistance de la plupart de ces habitants dérivent de l'exploitation des ressources naturelles renouvelables, principalement des ressources vivantes aquatiques, de la foresterie et des ressources en arbres, de l'arboriculture ou des ressources agricoles et forestières, du bétail, de l'apiculture, du tourisme.

Les bolons et bras de mer des Îles Betenti ont une forte productivité de poisson. En effet, partie d'un estuaire hyperhalin inversé (depuis les sécheresses des années 70) et proches de l'océan, ils sont facilement colonisés à la fois par des espèces marines et estuariennes. Largement couverts par les mangroves et abritant divers habitats, les Îles Betenti offrent de nombreux sites d'écloserie et de nurserie. La diversité des habitats due à la présence de mangroves ainsi que la présence de vastes zones découvertes à marée basse favorisent également cette productivité élevée des poissons et la diversité de l'ichtyofaune. Ceci est confirmé par la richesse en espèces et une biomasse importante composée principalement d'éthmaloses, de sardinelles, d'ariidés, de mulets, de gerriidae, de barracudas, de carangues, de scianidae, de lutjanidae, de sompats, de mérours, de tilapias, etc. En dehors de l'ichtyofaune, on peut mentionner les crustacés (principalement les crevettes roses et les callinectes), les seiches, les gastéropodes marins, les arches et surtout au vu de l'importance de leur biomasse, l'huître de mangrove. Cette richesse et cette biomasse font référence aux caractéristiques des plans d'eau des Îles Betenti.

L'une des raisons du choix du bolon de Bamboung comme aire protégée était que ses eaux offrent des conditions encore plus favorables à la productivité du poisson que celles du reste des Îles Betenti. Cela s'explique en partie par une géomorphologie plus favorable du bolon de Bamboung avec des profondeurs allant jusqu'à 15 mètres et une multitude d'affluents, une bonne oxygénation, une faible turbidité favorisant la présence de prédateurs à forte valeur commerciale, des sources souterraines importantes qui s'écoulent dans le bolon et qui réduisent localement la salinité. Un état d'ichtyofaune avant la création de l'aire protégée a montré que ces conditions spécifiques offrent une variété d'habitats et de conditions environnementales, ce qui permet une diversité encore plus grande de la faune aquatique que celle observée dans le reste des Îles. Le bolon joue un rôle majeur de nurserie (abris et ressources trophiques abondantes) pour de nombreuses espèces amphibiotiques dont les phases adultes sont exploitées en mer et constituent également une zone de reproduction majeure pour de nombreuses espèces (Albaret et al, 2005). Enfin, la présence d'espèces emblématiques (lamantins, dauphins) dans ou à la confluence du bolon de Bamboung, ainsi que la richesse de l'avifaune, ont renforcé l'intérêt pour la protection de cette zone.

L'écosystème des pêcheries de la partie nord des Îles Betenti a été positivement impacté par l'interdiction de pêche dans l'aire marine protégée de Bamboung, comme l'a montré un suivi bio-écologique pour la période 2003-2011 qui a calculé le même ensemble d'indicateurs, y compris les indicateurs de pêche, les indicateurs basés sur la taille, les indicateurs écologiques et les indicateurs trophiques (Ecoutin et al, 2013). Trois principaux résultats ont été mis en exergue. Tout d'abord, une augmentation de la richesse en espèces (51 espèces en 2003 contre 85 espèces) et un changement de structure trophique avec une augmentation globale du niveau trophique moyen. Deuxièmement, la modification de la structure de la communauté de poissons avec plus de gros poissons (nouvelles espèces de gros poissons et plus de grands

individus d'espèces originelles). Troisièmement, une augmentation de la biomasse, de 125 kilogrammes par hectare en 2003 à 340 kilogrammes par hectare en 2007 (Tito de Moraes, 2007) et une concentration de l'effort de pêche entre la limite de l'aire protégée et une distance de 2,5 kilomètres. Des rendements décroissants sont rapportés à mesure que l'on s'éloigne de l'AMP (Ecoutin et al, 2012). Ils peuvent être interprétés comme l'effet d'un spill over: l'aire protégée exporterait environ 10 à 15% de sa biomasse. Ces effets de l'interdiction de la pêche dans l'AMP ont donc des conséquences évidentes pour les pêcheurs locaux.

Dans les Îles Betenti, les ressources halieutiques sont exploitées par des pêcheurs commerciaux ou de subsistance, des pêcheurs à temps plein ou à temps partiel, des pêcheurs autochtones ou des migrants saisonniers en provenance principalement du reste du Delta du Saloum, de la région de Dakar ou de la Petite Côte (région entre Dakar et le Delta du Saloum). Un recensement effectué en 2009¹ a enregistré près de 300 ménages pratiquant la pêche estuarienne et ciblant les poissons comme activité principale, soit près de 700 pêcheurs. Les trois quarts de ces ménages de pêcheurs vivaient dans les quatorze villages impliqués dans la gestion de l'aire marine protégée de Bamboung, puisqu'il comprend de grands villages de pêcheurs comme Betenti, Bossingkang et Missirah. Bien qu'il n'y ait pas de suivi systématique et fiable des débarquements de poissons, les prises ont été estimées entre 300 et 1000 tonnes, dont 35% seraient destinées à la commercialisation de poissons frais et à 45% pour la transformation artisanale (Communauté Rurale de Toubacouta, 2010).

Presque tous les ménages pratiquant la pêche estuarienne et ciblant les poissons pélagiques ou démersaux utilisent des pirogues fabriquées localement, le plus souvent avec un fond monoxyle augmenté ou non, et qui sont motorisées pour un tiers seulement d'entre elles. La pêche à pied est principalement le fait de pêcheurs à l'épervier ou de pêcheurs de crevettes utilisant un filet traînant tiré à la main généralement par deux personnes (killi). Outre l'épervier qui est un engin individuel et le filet maillant encerclant qui mobilise une douzaine de personnes ou la senne de plage plus de vingt personnes, les autres engins de pêche nécessitent de deux à quatre personnes.

L'hétérogénéité des méthodes et des techniques de pêche se réfère à diverses conditions hydrographiques (bolons, bras de mer, estuaire du Diombos ou du Bandiala), aux saisons (sèche de la mi-novembre à juin, pluvieuse de juillet à mi-novembre) et aux amplitudes de marée. Ainsi, toutes les méthodes et techniques visent une gamme d'espèces saumâtres ou amphibiotiques en s'adaptant à leurs migrations entre mer et fond du Delta (Bouso, 1994). L'adaptabilité des pêcheurs est également démontrée par l'utilisation combinée ou alternative de deux ou plusieurs engins de pêche; les engins de pêche les plus associés sont les lignes, les éperviers et les filets maillants dérivants de surface.

Les filets maillants dérivés de surface qui ont généralement une maille de 30 mm, visent principalement des mullets ou des ethmaloses et des petits tilapias, principalement de juillet à octobre. Surtout utilisés à l'entrée des bolons, les filets maillants dérivants de mi-eau ou de fond qui ont généralement un maillage de plus de 35 mm, ciblent des barracudas, des scianidae, des mullets, des carangues et des sompats, des tilapias de taille moyenne ou grande, des gerreidae, des ariidae à partir de novembre à janvier et d'avril à mai. Le filet maillant fixe vise principalement les scianidae, les mérours, les sompats, les carangues, les lutjanidae, les

¹ Le recensement a couvert tous les villages de la Communauté Rurale de Toubacouta en septembre 2009 (Dème, 2009). Nous n'avons pris en compte que les ménages de pêcheurs déclarant comme activité principale la pêche estuarienne et ciblant les poissons ce qui a exclu les pêcheurs de crevette et ceux pratiquant la pêche en mer ouverte.

barracudas et les ariidae principalement de janvier à mai. Les lignes et les palangres ciblent principalement les barracudas, les mérus, les sompats, les carangues et les ariidae. La senne de plage cible principalement les mullets, les éthmaloses et les tilapias; le filet maillant encerclant les éthmaloses et sardinelles. Les filets à crevette sont soit des filets fixes, soit des filets traînants utilisés autour de Betenti principalement en septembre et en octobre. Les éperviers ciblent de préférence les mullets, les éthmaloses ou les tilapias.

Les ménages de pêcheurs peuvent améliorer leurs revenus en vendant du poisson frais, principalement à travers de courts canaux de distribution aux agglomérations environnantes, à l'exception des canaux de commercialisation des crevettes et du poisson débarqué à Missirah où les pêcheurs peuvent trouver de la glace. Mais des revenus substantiels sont également obtenus à partir de la transformation artisanale du poisson, du fumage (principalement des petits pélagiques), du fumage et séchage, du salage et séchage, du séchage (huître, murex, arches), du braisage (principalement du poisson entier) ou de la fermentation (poisson ou cymbium). Dans les Îles Betenti, le traitement artisanal du poisson est traditionnellement réalisé par des femmes de pêcheurs à petite échelle (ménage ou village). Au cours des dernières années, certaines unités de transformation du poisson semi-artisanale se sont développées dans le Delta de Saloum pour l'exportation vers les pays voisins à l'initiative de travailleurs burkinabés, maliens ou guinéens, par exemple à Missirah, Bossinggang et Betenti.

Les revenus de la pêche sont souvent complétés par ceux issus de la collecte des huîtres, principalement de novembre à mai, dont une partie importante est destinée à la commercialisation d'huîtres séchées et une petite partie pour la commercialisation de produits frais aux hôtels et restaurants à proximité ou à Dakar. C'est le fait notable du groupement d'intérêt économique (GIE) de Sokone qui associe les femmes de quatre villages, dont trois sont impliqués dans la gestion de l'aire marine protégée de Bamboung (Soukouta, Sandikoly, Medina Sangako). La collecte des arches est destinée principalement à l'auto-consommation, ce qui peut atténuer les dépenses alimentaires des ménages. Une quantité significative de gastéropodes marins est vendue fraîche ou fermentée.

Les revenus de la pêche peuvent également être complétés par ceux dérivés de l'exploitation des ressources forestières (bois de chauffage, bois d'œuvre pour la construction de maisons ou de pirogues), ou des ressources des arbres (fruits, racines, écorces et feuilles à utiliser comme pharmacopée), l'arboriculture (principalement le palmier à huile pour l'huile de palme, l'anacardier pour les noix de cajou, le manguier, le citronnier et le papayer). Ils peuvent également être complétés par des revenus agricoles (cultures vivrières comme le millet, le sorgho, le maïs, le riz, le niébé ou les cultures commerciales comme l'arachide), des revenus maraîchers (tomate, melon, pastèque, sésame, piment), l'apiculture.

Les revenus de la pêche peuvent également être améliorés par les activités touristiques. En 2009, une centaine d'emplois liés aux activités touristiques ont été occupés par des membres de ménages de pêcheurs dans les Îles Betenti. Ce sont principalement des emplois saisonniers, essentiellement liés à la pêche récréative et, plus rarement, à des emplois permanents peu qualifiés (piroguier, cuisinier, domestique) principalement dans deux hôtels et huit campements touristiques. En plus de cela, une vingtaine d'emplois sont assurés par un campement éco-touristique érigé pour développer une activité alternative dans l'aire marine protégée de Bamboung.

2.3. Des caractéristiques communes de gouvernance des pêcheries

Dans les Îles Betenti, les activités de pêche sont affectées par la détérioration climatique. En effet, les sécheresses accumulées sur plusieurs années ont grandement contribué à l'augmentation de la salinité et à la déforestation relative de la mangrove. Mais les activités de pêche sont également affectées par la pression anthropique dans un contexte de doublement de population tous les vingt cinq ans. Cette pression s'exprime par une augmentation continue de la capacité de pêche et la surpêche de certains stocks démersaux, comme le mérrou blanc à travers le pays (Thiao et al, 2012). En 2013, un sondage a mis en évidence une perception de la dégradation de la disponibilité des ressources halieutiques, en particulier en ce qui concerne les grands démersaux et, dans une moindre mesure, les petits pélagiques, bien que ce ne fût pas le cas pour ariidae. En ce qui concerne cette évolution des ressources, les pêcheurs des Îles Betenti ont confirmé que la durée moyenne de leur voyage de pêche devait être prolongée (Morand et Weigel, 2013). En ce qui concerne la collecte des huîtres, elle a souffert depuis longtemps de mauvaises pratiques telles que la coupe des racines des mangroves, même si une prise de conscience des femmes qui collectent les huîtres et des actions menées par des ONG internationales contribuent à réduire ces mauvaises pratiques.

Ces impacts négatifs sur les activités de pêche font référence à l'échec relatif de la gouvernance des pêches dans le Delta du Saloum, y compris dans les Îles Betenti. En effet, cette gouvernance a longtemps été caractérisée par une multiplication des réglementations et leur manque d'harmonisation qui ont finalement entravé une réglementation cohérente. Les règlements applicables aux pêcheurs des Îles Betenti sont ceux du Code des pêches maritimes fondé sur la Loi sur le domaine national qui consacre le domaine maritime en tant que propriété de l'État. La Direction des pêches maritimes est chargée de la mise en œuvre du Code, mais le contrôle et le suivi des règlements sont rendus difficiles par les ressources humaines et matérielles limitées disponibles pour les services de pêche décentralisés. D'autres règlements sont émis par d'autres autorités administratives, telles que les Gouvernorats régionaux, qui peuvent ne pas être en cohérence avec ceux issus de la Direction des pêches maritimes, par exemple en ce qui concerne le maillage des filets de pêche ou les périodes de repos biologique.

En outre, il existe également des règlements coutumiers régissant l'utilisation et l'accès aux ressources halieutiques, telles que les interdictions de pêche dans certains bolons, même s'ils ne sont pas reconnus en droit. L'existence de ces droits de pêche coutumiers se réfère à la hiérarchie des lignages, des villages ou des communautés qui font partie des droits d'utilisation des ressources naturelles dans le Delta de Saloum, comme l'a confirmé l'enquête 2003 de CONSDEV (Weigel et Dahou, 2007). Le développement des conseils locaux de pêche artisanale de Toubacouta et Missirah a récemment offert une possibilité de renforcer les droits de pêche habituels même s'ils ne sont toujours pas reconnus par la loi. Cela explique que seulement 8% des ménages pêcheurs reconnaissent avoir changé leurs principaux lieux de pêche entre 2003 et 2010.

Compte tenu de ces difficultés, le ministère concerné, en consultation avec les ONG et les agences de coopération internationales, a cherché à promouvoir la cogestion de l'usage et l'accès aux ressources halieutiques en favorisant une approche participative. Ainsi, il a lancé des conseils locaux de pêche artisanale (CLPA), qui sont des organisations professionnelles réunissant des pêcheurs artisans dans une localité donnée. Jouant un rôle dans la gouvernance locale, chaque comité contribue à mettre en place et à appliquer des règles, facilite l'interrelation entre les opérateurs de pêche et les structures de l'État. Les pêcheries des Îles Benti sont couvertes par les CLPA de Toubacouta et Missirah reconnues respectivement en

2008 avec respectivement quarante et trente trois conseillers, qui en dépit de certaines lacunes ont entrepris des actions de cogestion. Dans le cas du CLPA de Toubacouta, les actions principales ont été la fermeture en alternance des bolons, l'ensemencement des vasières et le reboisement des mangroves. Dans le cas du CPLA de Missirah, entre autres mesures, le remplacement partiel des filets à crevette non conformes, l'observation du respect du repos biologique et le développement de zones de transformation artisanale (Division de la Pêche Artisanale, 2011). Ils ont également contribué à réaffirmer informellement les droits de pêche coutumiers qui sont affirmés fortement par les ménages de pêcheurs enquêtés lors de la localisation de leur principale zone de pêche.

En ce qui concerne la gouvernance de l'aire marine protégée de Bamboung, le choix a été fait d'une gestion communautaire rendue possible par un effort concerté lors de la création et la mise en place de l'AMP. Ainsi, un comité de gestion composé d'une majorité de représentants des villages (deux par village, au total vingt-huit) élus par les assemblées villageoises, trois représentants de l'administration (Communauté rurale de Toubacouta, Direction des aires marines protégées communautaires, Direction des pêches maritimes) et l'OCEANIUM. Le comité de gestion est assisté par un comité de suivi soutenu par des gardes écologiques. À la création de l'aire protégée, la création d'un campement écotouristique avait pour objectif de développer une activité alternative, en assurant l'autofinancement et la consolidation de la gestion communautaire. Une étude comparative du système de gouvernance avant la création (2003) et cinq ans après la création (2009) a montré que cet objectif avait été partiellement réalisé (Becu et Weigel, 2011). En effet, la gouvernance locale est passée d'un système caractérisé par une concurrence entre différentes légitimités (lignage ou village, administrations locales ou étatiques, ONG internationales), à un système caractérisé par l'acceptation des normes et des pratiques de la gouvernance participative. Cela n'a pas empêché que la gestion de Bamboung connaisse des vicissitudes depuis 2009, comme la pression de l'administration locale qui a tenté de saisir les bénéfices du camp d'écotourisme ou des parties prenantes (catégories de pêcheurs, organisations féminines, opérateurs touristiques) demandant plus de transparence et une meilleure représentativité (Sène, 2013).

3. Eléments de méthode de l'évaluation diachronique

L'évaluation des effets de l'AMP sur la vulnérabilité des ménages de pêcheurs présuppose une étape intermédiaire qui est celle de l'évolution de l'évaluation de la rentabilité économique de leurs activités suite à la mise en place de l'AMP.

3.1. Evaluation et comparaison de la rentabilité des activités de pêche

Il s'agit d'évaluer le revenu net annuel pour chaque ménage de pêcheurs à partir des réponses de l'enquête. En soustrayant la vente et les dépenses générales du bénéfice brut (revenus moins coûts directs de pêche ou de récolte post-production ou autre production), l'EBITDA par ménage (bénéfices avant intérêts, impôts, amortissement) peut être estimé. Puis, en soustrayant les dépenses d'intérêts de l'EBITDA, l'EBT du ménage (bénéfice avant impôts) peut être évalué. Enfin, en soustrayant les dépenses fiscales de l'EBT, l'estimation de l'EAT du ménage (bénéfice après impôts) ou du revenu net. Une comparaison du revenu net entre les quatre sous-groupes déterminés selon la localisation de la zone de pêche principale, adajacente ou éloignée de l'AMP (cf. structuration des données) et selon l'année d'observation (2003 avant la mise en protection versus 2010 après la mise en protection), peut être effectuée par test t.

3.2. Évaluation et comparaison de la vulnérabilité économique des ménages de pêcheurs

Pour évaluer la vulnérabilité économique de chacun des quatre groupes de notre échantillon, nous utilisons la méthodologie de Béné (2009) en l'adaptant. Béné définit la vulnérabilité économique du ménage i du groupe g comme suit:

$$V_{ig} = CV_g \times Dep_i \times \frac{1}{A_i \times (1 - Dep_i) + \sqrt{Sub_i + 1}} \times \sqrt{\frac{\bar{Z}}{Z_i}}$$

En adaptant Béné, nous définissons les éléments de la formule de la manière suivante:

- CV_g est le coefficient de variation du revenu net pour un groupe g . Béné assure qu'il peut être utilisé comme proxy d'exposition à la vulnérabilité économique;
- Dep_i est le taux de dépendance du revenu net du ménage par rapport à l'activité de pêche;
- A_i est le nombre total d'activités et Sub_i est le nombre total d'activités marchandes et de subsistance autre que la pêche; par conséquent le dénominateur du troisième terme de la formule peut être considéré comme exprimant un index de diversification
- \bar{Z} est la ligne de pauvreté journalière par tête et Z_i est le revenu net journalier par ménage; par conséquent le quatrième terme de cette formule peut être considéré comme exprimant l'écart de pauvreté (*poverty gap*). On notera que Béné utilise une racine carrée pour calculer l'effet positif marginal décroissant de $\frac{\bar{Z}}{Z_i}$ sur la vulnérabilité économique du ménage.

3.3. Une structuration adéquate des données

L'obtention de données nécessite deux enquêtes auprès de ménages de pêcheurs à deux périodes différentes (avant et après la mise en protection) et sur deux groupes différents (pêchant à proximité de l'AMP et ne pêchant pas à proximité). Dans notre cas d'étude, une enquête a été menée dans le cadre du projet AMPHORE en 2010 (six ans après la création de l'aire protégée) dans la Communauté rurale de Toubacouta qui englobe l'aire marine protégée de Bamboung et les Îles Betenti. Cette enquête a été basée sur une liste des ménages du recensement de 2009 relatif à la Communauté rurale de Toubacouta; elle a retenu un échantillon de 186 ménages de pêche répondant aux deux critères suivants: les pêcheurs estuariens (pas ceux pêchant en mer ouverte) et les pêcheurs de poissons (pas de pêcheurs de crevettes) qui exercent la pêche comme activité principale.

Une enquête plus ancienne a eu lieu en 2003 dans le cadre du projet CONSDEV, un an avant la création de l'aire marine protégée (Fall et al., 2003). Cette enquête avait une couverture géographique plus large (toute la région du Delta du Saloum), mais elle englobait notamment la Communauté rurale de Toubacouta, où les données de 183 ménages (parmi les 186 ménages sélectionnés dans l'enquête de 2010) pouvaient être récupérées. Cela a abouti à un échantillon de 183 ménages de la communauté rurale de Toubacouta qui ont été interrogés à deux reprises: une fois en 2003 et une fois en 2010. Tous ont signalé la pêche estuarienne et ciblé les poissons comme activité principale. Cet échantillon représente environ deux tiers de l'effectif de la population des ménages de pêcheurs ciblés résidant dans la Communauté rurale de Toubacouta. Bien que les deux enquêtes, CONSDEV (2003) et AMPHORE (2010), n'aient pas utilisés exactement le même questionnaire, les questions concernant les activités et les revenus des ménages de pêche ont été similaires. Cela permet d'effectuer une comparaison diachronique (2010 contre 2003) sur un échantillon de 183 ménages de pêcheurs estuariens.

Afin d'analyser l'impact de la configuration de l'aire marine protégée, deux zones ont été définies:

- D'une part, de l'extrémité nord-est de l'île de Poutake à l'entrée du bras de mer de Bandiala, de chaque côté de la confluence, nous avons défini les zones estuariennes qui auraient bénéficié de l'exportation d'une partie de la biomasse de l'aire marine protégée (Ecoutin et al, 2011). Cela correspond à zone comprise entre la confluence du bolon de

Bamboung et l'entrée du bras de mer qu'est le Diombos, ci-après dénommée «adjacente à l'aire marine protégée» (ADJ-MPA).

• D'autre part, nous avons défini des zones estuariennes qui sont éloignées de la confluence de l'aire marine protégée de Bamboung, ci-après dénommées «éloignées de la zone marine protégée» (REM-MPA). Parties intégrantes du socio-écosystème des Îles Betnti, elles correspondent aux nombreux bolons et affluents à l'intérieur des Îles Betenti autour de Bossingkang (bolon Oudierin, bolon Sangako et leurs affluents), le nord-Bandiala, le sud-Bandiala, le bolon de Missirah, le sud-Diombos (à l'intérieur ou autour de l'île de Poutake).

Les 183 ménages de pêche échantillonnés ont ensuite été répartis en deux groupes en fonction de la localisation de leur principale zone de pêche dans l'une ou l'autre des zones définies (ADJ-MPA versus REM-MPA). La variable de la localisation de la zone de pêche principale a été essentiellement obtenue à partir de la réponse à la question «quelle est la localisation de votre principale zone de pêche» dans le questionnaire de l'enquête de 2010. Comme les répondants ont pu changer de zone de pêche principale entre 2003 et 2010, l'information est vérifiée pour une raison de stabilité dans l'enquête précédente (2003). Il semble que 16 ménages sur un total de 183 aient changé de zone de pêche principale, mais aucun d'entre eux n'a changé de groupe (de ADJ-MPA à REM-MPA ou inversement). Une telle stabilité relative dans les zones de pêche principale est la conséquence du système de tenure des zones de pêche existant dans l'ensemble de la zone estuarienne de Sine Saloum (voir ci-dessus). Sur les 183 ménages de pêcheurs de l'échantillon, 63 ont leur principale zone de pêche adjacente à l'AMP (ADJ-MPA ménages) tels que définis ci-dessus, tandis que 120 ménages ont leur zone de pêche principale éloignée de l'AMP. Cela définit deux groupes de sous-échantillons utilisés dans l'analyse.

Table 1. Répartition des ménages de pêcheurs enquêtés par village et selon leur zone de pêche principale principale*

Village	ADJ-MPA	REM-MPA	TOTAL
Medina Sangako	15	2	17
Sandicoloy	8	2	10
Sangako	5	3	8
Toubacouta	7	2	9
Soukouta	9	3	12
Diogaye	4	0	4
Betenti	3	33	36
Sipo	1	6	7
Bani	2	9	11
Bossingkang	3	17	20
Dassilame Serer	1	6	7
Nema Bah	1	7	8
Missirah	3	24	27
Sourou	1	6	7
TOTAL	63	120	183

* *Seulement des ménages de pêcheurs estuariens de poissons (ménages de pêcheurs en mer ouverte et de crevettes exclus)*

La comparabilité des deux groupes (ADJ-MPA versus REM-MPA) est rendue possible par la relative similitude des conditions bio-écologiques, des caractéristiques des ménages de

pêcheurs et des activités de pêche. Les enquêtes diachroniques doivent fournir les mêmes informations relatives à la composition des ménages, aux sources de revenus, aux activités autres que celles de la pêche et aux revenus afférents (transformation et commercialisation du poisson, collecte des huîtres, élevage, arboriculture, etc.). Une deuxième partie de l'information recueillie doit décrire les activités de pêche menées par les ménages: types de pêche et composition de l'équipage, composante des unités de pêche (canot, moteur, équipement de pêche, autres équipements), activités saisonnières (saisons pluvieuses et saisonnières), nombre de jours de pêche, prises par unité d'effort, prix au débarquement, revenus, coûts fixes et variables de la pêche, taxes.

4. Conclusion

Notre réflexion sur la méthode d'évaluation diachronique des effets de la protection d'un socio-écosystème estuarien a confirmé l'intérêt de l'unité d'observation qu'est le ménage. Elle a fait apparaître les conditions de l'adéquation du cas d'étude (en l'occurrence l'aire marine protégée de Bamboung au Sénégal) qui peuvent être de fortes similitudes géographiques, des similarités socio-écologiques et des activités de pêche, des caractéristiques communes de la gouvernance des pêcheries.

Puis, des éléments de méthode ont été proposés pour estimer l'effet de l'AMP sur la rentabilité des activités de pêche et déterminer le revenu net d'exploitation de chaque ménage qui ouvre la voie à une comparaison entre quatre sous-groupes déterminés selon leur proximité par rapport à l'AMP et selon la période. Des éléments de méthode ont été présentés pour estimer l'effet de l'AMP sur la vulnérabilité des ménages en adaptant la méthodologie de Béné qui conduit à estimer un indice de vulnérabilité qui se décompose en un proxy d'exposition à la vulnérabilité, un taux de dépendance du ménage par rapport à la principale activité de pêche, un index de diversification et la situation du ménage par rapport au seuil de pauvreté.

Enfin, a été mis en exergue la nécessité d'une structuration adéquate des données pour évaluer les effets de la protection d'un socio-écosystème estuarien sur la vulnérabilité économique des ménages. Cette structuration implique la définition de quatre sous-groupes, chacun étant défini par l'année de référence (avant la création de l'AMP et après la création) et la localisation de la principale zone de pêche (adjacente à l'AMP ou éloignée). C'est cette structuration permet une double comparaison.

Toutefois la réflexion présentée ici incite à poursuivre le travail déjà réalisé par une approche contrefactuelle que l'on peut définir comme ce qui aurait été le résultat des participants (dans notre cas, les ménages de pêcheurs) au programme (dans notre cas l'AMP) s'ils n'avaient pas participé au programme (Gertler et al, 2011). En effet, il ne fait aucun doute que la force démonstrative de l'évaluation des impacts des aires protégées aurait été plus efficace si une approche contrefactuelle avait été entreprise, afin d'évaluer ce qui se passerait dans le cas où la zone protégée n'aurait pas été mise en œuvre (Ferraro et Pattanayak, 2006).

Dans la pratique, l'approche contrefactuelle consiste à utiliser une matrice de données à travers le temps liée à plusieurs points situés à la fois dans la zone bénéficiant du programme (ménages déclarant leur principale zone de pêche adjacente à l'AMP) ainsi que dans la zone laissée de côté (ménages déclarant leur principale zone de pêche adjacente à l'AMP). Les progrès réalisés depuis quelques années en matière d'approche contrefactuelle focalisée sur l'évaluation de l'impact d'une AMP, facilite l'application d'une telle approche. Toutefois, jusqu'à présent, il n'existe pas d'étude d'évaluation d'impact contrefactuelle ayant opté pour

le ménage en tant qu'unité d'observation et pour les dimensions de rentabilité des activités et de vulnérabilité économique des ménages en tant que thématiques à analyser. Et ceci, alors que les avantages potentiels d'une application contrefactuelle à ces thématiques, en utilisant la méthode DID par exemple, ont été soulignés (Weigel et al, 2015). Nous nous proposons donc de finaliser une telle approche appliquée à notre cas d'étude.

5. Références

Albaret, J.J. (2003). Caractérisation de l'état de référence des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove: le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal), IRD, Rapport Final, Dakar, décembre 2003, 51p.

Albaret, J.J., Simier, M., Sadio, O. (2005). Suivi biologique des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove : le bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Rapport final. OCEANIUM – IRD. Dakar, juillet 2005.

Becu, N., Weigel, J.Y. (2011). Agrégation des scores de la gouvernance et application à trois aires marines protégées (Parc national du Banc d'Arguin, aire marine protégée communautaire de Bamboung, Parc national de Port Cros). Communication à la VIIème Réunion AMPHORE, Nantes, 2-4 mars 2011. AMP et gestion Halieutique par Optimisation des Ressources et des Ecosystèmes. ANR 07 BioDiv 09.

Béné, C. (2009). Are Fishers Poor or Vulnerable? Assessing Economic Vulnerability in Small-Scale Fishing Communities. *The Journal of Development Studies*, 45(6), 911-933.

Bouso, T. 1996. La pêche artisanale dans l'estuaire du Sine Saloum (Sénégal). Approches typologiques des systèmes d'exploitation. Thèse, Univ. de Montpellier 2, 262 p.

Communauté Rurale de Toubacouta–USAID Wula NAFAA (2010). Conseils locaux de pêche artisanale de Toubacouta. Convention locale pour une gestion durable des ressources halieutiques dans la zone de Toubacouta (contraintes et solutions). Janvier 2010.

Cormier Salem, M.C. (2014). Participatory governance of Marine Protected Areas: a political challenge, an ethical imperative, different trajectories. Senegalese case studies. *S.A.P.I.E.N.S* [Online], 7.2 | 2014 Vol 7, N°2 Large-Scale Restoration. <https://sapiens.revues.org/1560>.

Dème, M. (2009). Recensement de la pêche artisanale et caractérisation des zones de cueillette de mollusques dans l'estuaire du Saloum. Rapport unités de pêche. Rapport technique 25. USAID/Senegal.

Dercon, S., 2001. Assessing Vulnerability. Jesus College and CSAE, Department of Economics, Oxford University, Oxford.

Diouf, P.S., 1996. Les peuplements de poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest: l'exemple de l'estuaire hyperhalin du Sine Saloum. Thèses et Documents Microfichés 156, ORSTOM, 177 pp.

Division de la Pêche Artisanale (2011). Rapport d'évaluation des Comités Locaux de Pêche Artisanale (CLPA). Projet Régional des Pêches en Afrique de l'Ouest (PRAO). Ministère de l'Economie Maritime. Décembre 2011.

Ecoutin, J. - M., Simier, M., Albaret, J.J. , Lae, R., Raffray, J., Sadio, O., Luis Tito de Morais, L. (2014). Ecological field experiment of short-term effects of fishing ban on fish assemblages in a tropical estuarine MPA." *Ocean & Coastal Management*. 100 (2014):74–85.

Ecoutin J.M. (ed.), 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. (2013). L'Aire Marine Protégée communautaire de Bamboung (Sine Saloum) : Synthèse 2003 – 2011. CSRP – UICN- IRD. Dakar, Juin 2013.

Ecoutin, J.M., Sadio, O., Simier, M., Raffray, J., Tito de Morais, L. (2012). Comparaison des peuplements de poissons d'une aire protégée en zone de mangrove (le bolon de Bamboung, Sine Saloum, Sénégal) avec les peuplements de deux sites proches non protégés de l'exploitation halieutique, Rapport du contrat CRSP/AFD/C11/2011. Dakar, juin 2012, 67p.

Fall, R, Diémé, S. (2002). Approche historique, Création et évolution de la RBDS. Peuplement et occupation de l'espace. La Réserve de Biosphère du Delta du Saloum. Projet CONSDEV, Document de travail WP1/03

Fall, Y., Morand, P., Weigel, J.Y. (2003). Etats statistiques de l'enquête transmodule. Projet CONSDEV n°ICA 4-2001-10043. Ref : CONSDEV Working Document/Trans-Work Packages/04/5/6

Ferraro PJ, Pattanayak SK (2006) Money for Nothing? A Call for Empirical Evaluation of Biodiversity Conservation Investments. *PLoS Biol* 4(4): e105. doi:10.1371/journal.pbio.0040105

Gurney, G.G., Cinner, J., Ban, N.C., Pressey, R.L., Pollnac, R., Campbell, S.J., Tasidjawa, S., Setiawan, F. (2014). Poverty and protected areas: an evaluation of a marine integrated conservation and development project in Indonesia. *Glob. Environ. Change* 26, 98–107.

Himes, A.H. (2007). Performance Indicator Importance in MPA Management Using a Multi-Criteria Approach, *Coastal Management*, 35:5, 601 – 618

Martin, V., Becker, C. (1979). Documents pour servir à l'histoire du Saalum. *Bulletin de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire*. Tome 41, Série B, n°4, Octobre 1979, p. 722-772.

Morand, P., Weigel, J.Y. (2013). Contexte halieutique et propositions en matière de gouvernance des aires marines protégées ouest-africaines (zone CSRP). Volet 1. Contexte halieutique. Cas du Parc National du Banc d'Arguin (Mauritanie), de Kayar et Bamboung (Sénégal), de Urok (Guinée Bissau) et de Tristao (Guinée). Convention CEPIA AFD/CSRP/UICN/IRD, Rapport final. Juin 2013

Oréade-Brèche, 2008. Évaluation ex-post du projet: préservation des ressources halieutiques par les communautés de pêcheurs au Sénégal « Narou Heuleuk » porté par l'association Océanium. (Rapport de fin de contrat). Oréade-Brèche pour le FFEM.

PEPAM (2010). Portail de l'Eau Potable et de l'Assainissement du Millénaire. Ministère de l'Hydraulique et de l'Assainissement. République du Sénégal. www.pepam.gouv.sn

Pomeroy, R.S., Parks, J.E. and Watson, L.M. (2004). How is your MPA doing? A Guidebook of Natural and Social Indicators for Evaluating Marine Protected Area Management Effectiveness. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. xvi + 216 pp.

Sene, Claude. 2013. Etude diagnostique des lacunes et contraintes de la Gouvernance des aires marines protégées de Joal-Fadiouth, Cayar et Bamboung. COMFISH/USAID Project. University of Rhode Island, Narragansett, RI. 142 pp

Thiao, D., Chaboud, C., A Samba, A., F Laloë, F., Cury, P. (2012): Economic dimension of the collapse of the 'false cod' *Epinephelus aeneus* in a context of ineffective management of the small-scale fisheries in Senegal, *African Journal of Marine Science*, 34:3, 305-311

Tito de Morais L., et al. 2007. Suivi écologique des peuplements de poissons de l'Aire Marine Protégée du bolon de Bamboung (Sine Saloum, Sénégal). Présentation PowerPoint Projet Narou Heuleuk, FFEM, IRD, CRODT.

UNEP (2004). Decision Adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity at its Seventh Meeting. Convention on Biological Diversity. Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity, Seventh Meeting, Kuala Lumpur, 9-20 and 27 February 2004. Agenda item 26. UNEP/CDB/COP/DEC/VII/30.

Weigel, J.Y., Dahou, T. (2007) ; La gouvernance locale et ses impasses. In : Weigel, J.Y., Féral, F., Cazalet, B., eds. (2007). *Les aires marines protégées d'Afrique de l'Ouest : gouvernance et politiques publiques*. Presses Universitaires de Perpignan, 2007, p.141-166.

Weigel, J.Y., Stomal, B., Schmitz, J., Morand, P., Ould Saleck, M., Da Silva, A.S. (2011). Demographic and economic constraints on MPA governance in LDCs. In : Weigel, J.Y., Féral, F., Cazalet, B (eds). Governance of marine protected areas in the least developed countries. Cas studies from West Africa. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* N°548. Rome, FAO. 2011, p.19-33.

Weigel, J.Y., Morand, P., Mawongwai, T., Noël, J-F. and Tokrishna, R. (2015). Assessing economic effects of a marine protected area on fishing households. A Thai case study. *Fisheries Research*, 161 (2015), 64-76.

Weisz, H. and Clark, E. (2011): 'Society–nature coevolution: interdisciplinary concept for sustainability', *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 93 (4): 281–287.