



Estimation d'indicateurs écosystémiques à partir des données de campagnes scientifiques et de statistiques de pêche pour évaluer l'état des écosystèmes côtiers exploités en Afrique de l'Ouest

Partie II – Preuve de concept

Modou Thiaw¹, Ibrahima Diallo², Brahim Tfeil³; Mamour Ndiaye¹ et Didier Jouffre⁴

¹ Institut Sénégalais de Recherches Agricoles/Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye, Pôle de Recherche de l'ISRA/Hann, BP 2241 - Dakar, Senegal [modouth@hotmail.fr]

² Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura, 814, Rue MA500, Corniche Sud Boussoura, Conakry, Guinée

³ Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches, BP 22, Nouadhibou, Mauritania

⁴ Institut de Recherche pour le Développement, UMR MARBEC (IRD, UM, CNRS, IFREMER), place E. Bataillon 34095 Montpellier cedex 5, France [didier.jouffre@ird.fr]

Rapport réalisé dans le cadre du projet Européen DEMERSTEM



Résumé

En Afrique de l'Ouest, les écosystèmes marins sont menacés par toute une série de pressions humaines, notamment le changement climatique, la surexploitation et la destruction des habitats. La perte d'espèces et de biodiversité qui en résulte peut entraîner des changements brusques et potentiellement irréversibles dans leur structure et leur fonctionnement. Ainsi, des groupes de travail ont été organisés dans le cadre du WP4 du projet DEMERSTEM, en vue d'estimer des indicateurs écosystémiques dans la sous-région ouest africaine sur les quatre dernières décennies. Ainsi 10 indicateurs écologiques sont calculés à partir des données de campagnes scientifiques et 05 indicateurs également calculés à partir des statistiques de pêche. En plus de ces indicateurs, d'autres descripteurs généraux des pêcheries (captures globales par ZEE et effort de pêche) ont été compilés à partir des données nationales disponibles et de la littérature et sont présentés dans le document. Le calcul de ces indicateurs a été fait sur trois (3) cas d'étude, à savoir la ZEE de la Mauritanie, la ZEE du Sénégal et la ZEE de la Guinée. Chacun de ces indicateurs a été présenté par pays et comparé entre eux pour une analyse à l'échelle régionale. Les résultats obtenus montrent que l'évaluation comparative des trois écosystèmes marins étudiés indique que la structure des écosystèmes d'Afrique de l'Ouest est différente, ce qui prouve les différents niveaux d'exploitation selon le système de gestion de la pêche. Les résultats de l'analyse des indicateurs montrent un état relativement stable de la biomasse et de la biodiversité dans la zone ouest-africaine. L'analyse des résultats recommande la mise en œuvre d'une gestion écosystémique des pêches qui respecte la durabilité des ressources et l'état de santé des écosystèmes en Afrique de l'Ouest.

Mots clés : Afrique de l'Ouest ; biodiversité ; conservation ; indicateurs écologiques, résilience.

Table des matières

1. Introduction	5
2. Matériel et méthodes	6
2.1. Zone d'étude	6
2.2. Données utilisées	7
2.2.1. Campagnes scientifiques	7
2.2.2. Statistiques de pêche	10
2.2.3. Paramètres biologiques	10
2.3. Méthodes de calcul des indicateurs écologiques	11
2.3.1. Estimation de la biomasse	11
2.3.2. Niveau trophique de la communauté	12
2.3.3. Durée de vie moyenne	12
2.3.4. $1/(\text{landings}/\text{biomass})$	12
2.3.5. Estimation d'indicateurs sur la composition spécifique	12
2.3.6. Niveau trophique des captures	13
2.3.7. Indice moyen de vulnérabilité intrinsèque	13
2.3.8. Niveau trophique moyen des captures	13
3. Résultats	13
3.1. Mauritanie	13
3.1.1. Indice de Biomasse	13
3.1.2. Niveau trophique des communautés	14
3.1.3. Age maximal des communautés	14
3.1.4. Indicateurs de biodiversité spécifique	15
3.2. Sénégal	17
3.2.1. Biomasses	17
3.2.2. Niveau trophique moyen de la communauté	17
3.2.3. Durée de vie maximale de la communauté	18
3.2.4. Indicateurs de biodiversité	18
3.2.5. Evolution des débarquements	19
3.2.6. Niveau trophique des débarquements	21
3.2.7. Indice trophique marin des débarquements	21
3.2.8. Indice de vulnérabilité des débarquements	22
3.3. Guinée	23
3.3.1. Indice de Biomasse	23
3.3.2. Niveau trophique des communautés	23
3.3.3. Durée de vie maximale des communautés	24
3.3.4. Indices de diversité	24
3.3.5. Statistiques de pêche	27
3.4. Région Ouest africaine	33

3. Conclusion	35
4. Références	37
5. Annexes	40

1. Introduction

En Afrique de l'Ouest, les écosystèmes marins ont connu de profonds bouleversements durant ces quatre dernières décennies du fait notamment de l'augmentation de la pression de pêche qui s'est traduite par la surexploitation des principaux stocks halieutiques. La majorité des stocks des principales espèces capturées, qui représente environ 30% de la production des captures mondiales, sont pleinement exploités. La zone statistique 34 de la FAO Comité de Pêche de l'Atlantique Centre-Est présente une situation alarmante, avec 53% des stocks surexploités, 43% des stocks pleinement exploités et seulement 4% des stocks non pleinement exploités. L'exploitation des ressources halieutiques ne concerne pas uniquement les espèces ciblées, mais l'ensemble de l'écosystème dans sa structure et sa productivité (Curry, 2008).

Face à cette situation, le Sénégal s'est engagé à mettre en œuvre une Approche Écosystémique des Pêches afin de mieux gérer les ressources. Cette démarche tente de prendre en considération les impacts anthropiques sur l'ensemble des compartiments de l'écosystème. Ainsi, la détermination des interactions entre ressources et exploitations est essentielle pour la compréhension du fonctionnement des écosystèmes. Certains écosystèmes présentent des dynamiques d'effondrement, de résistance ou de résilience suivant l'intensité et la durée de l'exploitation des ressources. L'évaluation par approche écosystémique s'inscrit dans cette dynamique de connaissance de l'impact de la pêche sur la biomasse, la production halieutique et la dynamique des écosystèmes marins exploités.

Donc pour tendre vers une mise en œuvre de l'approche écosystémique des pêches (AEP), il est nécessaire de mettre à la disposition des décideurs des indicateurs écologiques, économiques et sociaux simples pour quantifier les impacts de la pêche sur les écosystèmes. Ces indicateurs doivent être traduits en mesures de gestion par la fourniture d'avis scientifiques à la lumière des objectifs que les décideurs souhaitent maximiser (conservation de la biodiversité fonctionnelle, exploitation durable). La raison d'être de cette initiative est que, bien que l'objectif principal actuel de la gestion des pêches soit toujours d'assurer des niveaux de prélèvements durables pour les stocks, l'incorporation de considérations écosystémiques plus larges dans la gestion des pêches est devenue une obligation croissante dans de nombreux pays et régions du monde.

La région nord-ouest africaine est fortement impactée par toute une série d'activités humaines et a déjà montré des déclin substantiels dans de nombreux stocks de poissons marins, ainsi que des changements abrupts et à grande échelle dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes. Cela souligne l'importance d'inclure des aspects de la résilience dans la gestion et la conservation des ressources marines et halieutiques régionales, de préférence dans le cadre d'une évaluation holistique de l'écosystème (Worm et al., 2009 ; Dickey-Collas et al., 2010 ; Rickels et al., 2019).

Dans le cadre d'une approche écosystémique de la pêche (AEP), il y a un grand intérêt à fournir des informations sur l'évolution des écosystèmes exploités en Afrique de l'Ouest à l'aide d'indicateurs d'écosystème. Dans ce contexte, une approche par indicateur a été développée dans DEMERSTEM (WP4) pour répondre aux préoccupations pratiques liées à cet objectif de suivi des indicateurs EAF, calculés de manière standardisée, en utilisant des données provenant de différentes sources disponibles en Afrique de l'Ouest. L'approche, qui fait suite à d'autres études ouest-africaines sur ce sujet (Jouffre et al. 2004, Jouffre et al. 2016, Camara et al 2016), a été formalisée et est décrite de manière exhaustive dans Jouffre et al. (2023). La présente étude est une application de cette approche à l'évaluation des trois écosystèmes marins ouest africains, à savoir les cas d'étude de la ZEE Mauritanienne, la ZEE du Sénégal et la ZEE de la Guinée.

2. Matériel et méthodes

2.1. Zone d'étude

Ainsi les effets de la pêche se confondent probablement avec les changements écosystémiques dus aux changements induits par l'environnement, influençant l'abondance et la répartition des ressources clés (démersaux, petits poissons pélagiques), en plus d'un niveau global de recrutement annuel très dépendant des conditions régionales d'upwelling. Le système du courant des Canaries est l'un des principaux systèmes d'upwelling de la frontière orientale de l'océan mondial. La partie africaine du courant des Canaries couvre les zones Economiques Exclusives (ZEE) du Maroc, de la Mauritanie, et couvre de manière saisonnière la zone au large du Sénégal, de la Gambie, de la Guinée-Bissau, et peut exceptionnellement s'étendre jusqu'aux eaux guinéennes.

En plus de cela, le plateau continental ouest africain est large ; il varie entre 50 et 200 km. Les parties les plus importantes étant situées au large du Sahara occidental/du sud du Maroc et au sud du Cap Vert. Deux grands filaments d'upwelling quasi-permanents situés au Cap Ghir (~30°38'N) et au Cap Blanc (~21°N) exportent les eaux de surface vers le large (Fig. 1). Entre ces deux caps, d'autres filaments se trouvent généralement au Cap Juby (~27°56'N), au Cap Boujdor (~26°12'N) ou entre les deux (Barton *et al.*, 1998). Il y a cependant de nombreux cas où il n'y a pas d'activité de filament dans cette région (Aristegui *et al.*, 1994). Un filament saisonnier de remontée d'eau est également présent au large du Cap Vert (~14°30'N), lorsque les alizés favorisent la remontée d'eau dans cette zone.

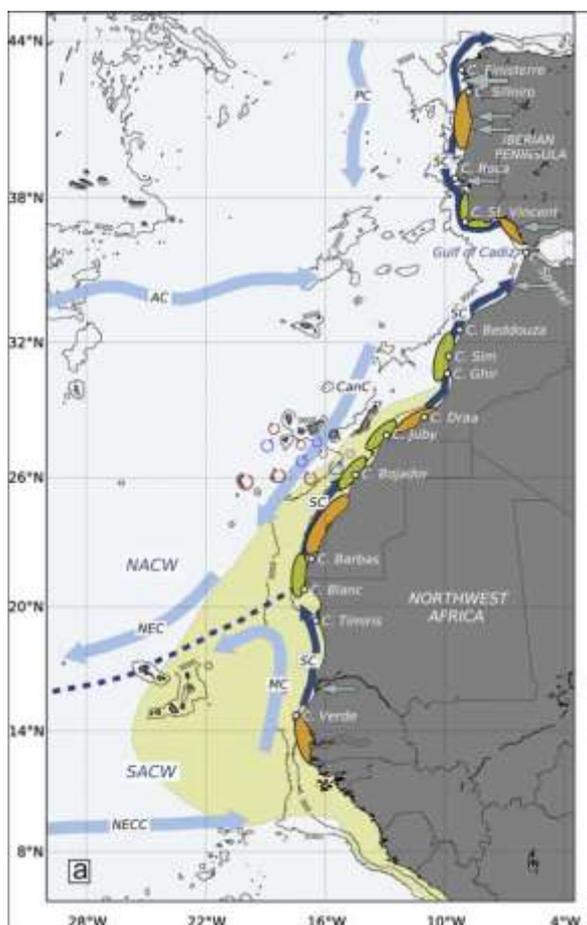


Figure 0. Carte schématique du bassin des Canaries montrant les principaux courants (bleu clair : courants de surface ; bleu foncé : courant de pente), les principaux caps, les apports d'eau douce (flèches bleues) et de poussières (>10 g m⁻² y⁻¹ en jaune), les zones de rétention (orange) et de dispersion (vert) sur le plateau, la zone frontale entre les masses d'eau (lignes bleues en pointillés) et les tourbillons de méso-échelle (bleu : cyclones ; rouge : anticyclones) au sud des îles Canaries. NACW : North Atlantic Central Water ; SACW : South Atlantic Central Water ; AC : Azores Current ; CanC : Courant des Canaries ; MC : Courant mauritanien ; NEC : Courant équatorial nord ; NECC : Contre-courant équatorial nord ; PC : Courant portugais ; SC : Slope Current. (Aristegui *et al.*, 2009).

2.2. Données utilisées

Trois principales sources de données sont utilisées : (1) les statistiques de pêche du Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye (CRODT, Sénégal) et de la Direction des Pêches Maritimes (DPM, Sénégal), du Centre Nationale des Sciences Halieutiques de Boussoura (CNSHB, Guinée) (2) les données de campagnes scientifiques de l'Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP, Mauritanie), du CRODT et du CNSHB, (3) les paramètres biologiques issus des bases de données en ligne Fishbase (Froese et Pauly, 2023) et Sealifebase (Palomares et Pauly, 2023).

2.2.1. Campagnes scientifiques

Les données de campagnes scientifiques sont utilisées dans le calcul de différents indicateurs : la biomasse des espèces, le niveau trophique de la communauté, la durée de vie moyenne des espèces, plusieurs indices de diversité taxonomique (richesse spécifique, indices de Shannon, de Simpson et de Pielou), poids individuel moyen, la proportion de prédateurs et la proportion des poissons prédateurs.

- **Données de campagnes de la Mauritanie**

Les informations sur les campagnes en Mauritanie sont tirées de [El Vadhel et al. \(2020\)](#).

Depuis le début des années 1980, plus précisément à partir de l'année 1982, l'Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP, ex CNROP) conduit régulièrement, à travers ses navires de recherches océanographiques, des campagnes scientifiques pour le suivi des ressources démersales de la ZEE mauritanienne.

Selon l'objectif spécifique, différents types des campagnes démersales ont été conduites durant cette période, il s'agit de :

- Campagnes de chalutage démersal pour l'évaluation des ressources de fond avec le N/O N'DIAGO sur la période 1982-1996 et avec le N/O AL-AWAM sur la période 1997-2019,
- Campagnes de chalutage démersal pour le suivi des céphalopodes dans la région du Cap Blanc avec le N/O N'DIAGO (1987-1988),
- Campagnes mensuelles pour le suivi du poulpe dans la région du Cap Blanc à bord du N/O N'DIAGO (1993 à 1996),
- Campagnes mensuelles de suivi de l'impact des arrêts biologiques avec les navires AL-AWAM et N'DIAGO sur la période 1996-2007,
- Campagnes de suivi mensuel de poulpe à bord du N/O AL-AWAM de 2007 à 2019,
- Campagnes de suivi des ressources démersales dans la franche côtière inférieure à 20 m de profondeur avec le N/O AMRIGUE.

Les campagnes de suivi des ressources démersales sont considérées comme étant la principale source de données pour mener des évaluations directes des différents stocks démersaux exploités en Mauritanie. Il est aussi important de souligner leur rôle essentiel pour le calcul des indices d'abondance de toutes les espèces pêchées dans la ZEE mauritanienne et pour la fourniture d'informations détaillées sur la richesse spécifique. En effet, l'objectif général de ces campagnes est de fournir un ensemble d'informations périodiques sur les stocks des ressources démersales, et plus précisément :

- Décrire la composition spécifique des captures,
- Suivre l'abondance des principales espèces démersales (rendements, densité),
- Etudier la structure démographique des ressources démersales en poissons et mollusques,
- Collecter des données biologiques,
- Collecter des données physico-chimiques de l'environnement,
- Etudier la dynamique spatio-temporelle des ressources démersales.

A l'heure actuelle, les campagnes de suivi des ressources démersales se subdivisent en deux types selon leur objectif spécifique : les mini campagnes mensuelles (radiales) pour le suivi (abondance, structure de taille et biologie) du poulpe dans la zone nord et centre et les deux campagnes annuelles de chalutage démersal (saison froide et saison chaude) pour l'évaluation de l'état des stocks des ressources démersales du plateau continental et du talus. Ces différentes campagnes contribuent significativement à l'exécution des programmes de recherche du plan quinquennal de l'IMROP et par conséquent à la stratégie du Ministère des Pêches et de l'Economie Maritime (MPEM).

Durant toute la période de 1982 à 2019, le protocole d'échantillonnage appliqué est le même dans chaque campagne démersale. Il consiste à effectuer un échantillonnage aléatoire stratifié, qui détermine le nombre de stations en fonction de la surface de chaque strate bathymétrique. Les traits de chalut sont réalisés en utilisant un chalut de type Irlandais de 45 m de corde de dos, 17 m d'ouverture horizontale. Le plateau continental mauritanien est découpé en trois grandes zones :

- Zone Nord : (20°46N -19°15N)
- Zone Centre : (19°15N -17°45N)
- Zone Sud : (17°45N -16°04N)

Chaque zone est subdivisée-elle aussi en cinq strates définies par les intervalles de profondeur suivants : strate 1 (<30 m), strate 2 (30-80 m), strate 3 (80-200 m), strate 4 (200-400 m) et strate 5 (> 400 m).

Une fois le chalut à bord, la capture est traitée selon les étapes suivantes :

- Etape 1 : Enlever tous serpents et animaux venimeux et retirer les gros individus,
- Etape 2 : Retirer les débris minéraux et plastiques,
- Etape 3 : Placer la capture dans des caisses de même poids ; le niveau de l'échantillonnage est en fonction de la capture (capture totale si inférieur à 100 kg),
- Etape 4 : Les espèces sont triées, pesées et dénombrées, ensuite les analyses biologiques sont effectuées sur les principales espèces.

De 1982 à 2019 l'IMROP a réalisé 252 campagnes démersales, il s'agit de 155 campagnes de suivi des céphalopodes ou poulpe et 97 campagnes de suivi des ressources démersales sur le plateau continental et le talus. À l'exception de l'année 2013, toutes les années ont été couvertes par les campagnes démersales, avec une moyenne de plus de six campagnes par an. Depuis 2007, nous observons une augmentation du nombre des campagnes réalisées par an avec l'instauration d'un programme de suivi mensuel du poulpe. Ce programme consiste à réaliser une campagne radiale au début de chaque mois.

- **Données de campagnes du Sénégal**

Différentes campagnes scientifiques ont été réalisées sur l'ensemble du plateau continental sénégalais. Les données de campagnes scientifiques ont été fournies par le CRODT entre 1986 et 2016. Sur cette période, les campagnes ne sont pas régulières. Les campagnes de 2009 et 2010 n'ont concerné que la zone maritime commune entre le Sénégal et la Guinée-Bissau. De façon générale, les campagnes de chalutage sont conduites sur la base d'un échantillonnage aléatoire stratifié ([Thiaw, 2010](#)).

Ces campagnes ont été réalisées à bord de 2 navires océanographiques (N/O) aux caractéristiques très voisines en termes de longueur totale et de technique opératoire (pêche-arrière). Il s'agit des N/O Louis Sauger (1986-1999) et Itaf Dème (depuis 2001). Les caractéristiques de l'engin de pêche-chalut standard à poissons de fonds type Le Drezen® – sont quasiment restées les mêmes tout au long de la série étudiée : longueur de 31.82 m, bourrelet de 33.9 m, corde de dos de 24.5 m et poche avec des mailles étirées de 45 mm. Toutefois, dans le cadre d'un programme de recherche sénégalais-japonais ([Anonyme, 2006](#)), une poche de 25 mm de maille étirée a été exceptionnellement utilisée en 2004 afin de capturer davantage de juvéniles. La durée prévue des traits a été standardisée à une demi-heure entre le blocage du treuil après la descente et le début de la remontée.

Les stations ont été chalutées du lever au coucher du soleil à raison de 30 minutes par trait de chalut selon l'échantillonnage aléatoire stratifié (EAS) simple suivant la stratification zonale (Nord, Centre, Sud) et bathymétrique : 0-30 m ; 30-60 m ; 60-90 m et 90- 200 m de 1986 à 1999. Depuis 2001, les strates bathymétriques ont été réorganisées de la façon suivante : 10-50 m, 50-100 m et 100-200 m. Cette structuration intègre mieux les aspects de variabilité de la répartition des espèces dans la ZEE sénégalaise ([Fall, 2010](#)). Cependant, l'année 2001 est particulière en raison de la modification de l'approche méthodologique. Les différentes combinaisons zone-profondeur forment 9 sous-strates. L'échantillonnage stratifié au hasard (sans remise) est employé pour diminuer la variance des estimations par rapport à l'échantillonnage aléatoire simple, quand les strates sont judicieusement choisies en fonction de l'hétérogénéité des populations échantillonnées ([Grosslein et Laurec, 1982](#)). L'EAS classique a été remplacé par un échantillonnage de type systématique.

- **Données de campagnes de la Guinée**

Plusieurs campagnes scientifiques démersales ont été réalisées dans la ZEE guinéenne. Ces séries de campagnes sont stockées de manière homogène et exhaustive au CNSHB sous Access au format « PRESH » développé dans le cadre du projet UEMOA (First-SIAP amélioré). Les campagnes prises en compte dans cette étude concernent uniquement les campagnes démersales sur la période 1985-2021. Ces données proviennent de campagnes réalisées par quatre (4) navires de recherche utilisés par le CNSHB. Ce sont, de 1985 à 1995, le A. NIZERY de l'ORSTOM, de 1997 à 1998 l'Antea de l'IRD, en 2002 par Al awam de l'IMROP et de 2004 à 2021 par le GLC du CNSHB.

Au total 41 campagnes démersales ont été organisées et couvrent 28 ans (1985-2021). Pendant les huit premières années (1985-1992), au moins deux campagnes démersales sont réalisées chaque année par le N/O André Nizéry qui couvraient principalement la partie côtière du plateau continental (entre 5 et 30 m de profondeur). Environ 80 traits de chalut ont été effectués à chaque campagne.

De fin 1992 à 1998, à cause d'impondérables (indisponibilité du navire, problèmes de financement), la fréquence annuelle des campagnes scientifiques démersales a été ramenée à une seule campagne par an. Ces campagnes sont réalisées dans le cadre du programme scientifique "pêche industrielle" (par le même navire N/O André Nizéry jusqu'en 1994), puis par le N/O Antea dans la zone côtière. La zone échantillonnée couvre alors l'ensemble du plateau continental avec un nombre de traits de chalut par campagne variant entre 90 et 160 pour le programme 'Pêche industrielle'.

En octobre 2002, un troisième navire (N/O Al-Awam de l'IMROP) a été affrété et a effectué 120 traits de chalut au cours d'une campagne démersale qui a couvert l'ensemble du plateau continental jusque dans les profondeurs de 560 m, suite à une demande formulée par la Guinée lors de négociations d'accords de pêche avec l'UE.

De 2004 à 2015, le N/O Général Lansana Conté, don du Gouvernement Japonais à la Guinée et propriété du CNSHB, effectue chaque année une campagne scientifique de ressources accessibles du plateau continental. Pour des raisons des difficultés financières, les années 2010, 2011, 2013 et 2014 n'ont pas connu de campagne.

Enfin, de 2016 à 2021, une série de campagnes démersales poissons et céphalopodes a été mise en œuvre grâce au financement du projet PRAO (Programme Régionale des pêches en Afrique de l'Ouest financé par la Banque Mondiale).

Les principales données collectées durant ces campagnes portent sur les caractéristiques des stations chalutées, notamment la profondeur et la surface totale balayée, des traits de chalut (heures du début et de fin de chalutage, coordonnées géographiques, etc.), les captures réalisées et leur composition spécifique (poids total exprimé en kg et le nombre total d'individus par espèce) ainsi que les fréquences de taille des principales espèces échantillonnées.

Afin de pouvoir comparer les évaluations avec celles réalisées depuis 1985 (de NIZERY, A), il a été tenu compte, d'une part de la différence de taille d'ouverture du chalut avec celle du NO André Nizery (de 1985 à 1992) et d'autre part de la différence de vitesse de chalutage des deux navires : comme cela avait déjà été fait lors des campagnes avec l'Antea toutes les valeurs ont ainsi été rapportées à celles qui auraient été obtenues avec un chalut du même type que celui utilisé à bord du Nizery auxquelles elles sont donc comparables (Domain, 2002).

Tableau 1. Caractéristiques techniques des différents navires de recherche ayant opéré en Guinée.

Navire	Ouverture du chalut	Vitesse	Capturabilité q	Mille nautique
A NIZERY	13	2,8	0,5	1852
ANTEA	13	3,5	0,5	1852
Al awam	16,36	3,2	0,5	1852
GLC	14,82	3,5	0,5	1852

Les indices d'abondance des espèces obtenus sont les prises moyennes par unité d'effort calculées à partir du rapport de la somme des captures totales par le nombre de stations dans la strate pour chaque espèce pêchée (Domain, 1989). Ils sont exprimés en kilogrammes par 30 minutes de chalutage (Kg/30').

Pour chacun de ces navires utilisés, c'est soit un protocole d'échantillonnage aléatoire stratifié ou l'échantillonnage systématique (parfois avec des radiales) qui a été utilisé.

S'agissant des strates bathymétriques chalutées, une vingtaine de campagnes demersales ne s'est focalisée que sur la zone côtière (30 m de profondeur) et les autres sur tout le plateau continental. La présente étude a utilisé tout le plateau continental (5 à 200 m).

Les campagnes démersales en Guinée, de 1985 à 2021, sont caractérisées par trois éléments qui rendent difficiles la comparaison des données : (i) les différentes campagnes n'ont pas couvert les mêmes strates bathymétriques de façon continue, (ii) les campagnes n'ont pas été réalisées pendant les mêmes saisons et (iii) la différence des puissances de pêche des navires de recherche.

2.2.2. Statistiques de pêche

- *Données commerciales sénégalaises*

Les statistiques des débarquements au Sénégal sont fournis par deux institutions nationales : le CRODT et la Direction des Pêches Maritimes (DPM). Les statistiques de pêche sont alimentées par des systèmes de collecte des données de la pêche artisanale et de la pêche industrielle.

Les données de pêche artisanale maritime, sont étendues à l'ensemble des espèces exploitées dans les eaux sénégalaises. Elles sont comptabilisées par espèce (tonnes) par mois, par région et par groupe d'engins. Cette collecte prend compte de tous les centres de débarquements les plus importants du littoral (Barry et al., 2002). Les enquêtes d'effort et de captures sont réalisées quotidiennement tandis que les recensements sont effectués deux fois par an par les enquêteurs.

La collecte des prises de pêche industrielle dépend de la nationalité de la flottille. Pour les navires sénégalais, un enquêteur est chargé de collecter les productions au niveau du port de Dakar. Le capitaine fournit les informations concernant la durée de la marée, la zone de pêche, la profondeur et les quantités des différentes espèces pêchées (Barry et al., 2002). Pour les navires étrangers, les observateurs à bord collectent les mêmes informations pour chaque trait de chalut. Tous ces débarquements sont disponibles en fonction du type de bateau et/ou licence (poissonnier-céphalopodier, crevettier, etc.). Ces données de débarquements exprimées en tonnes par espèce sont utilisées pour déterminer le niveau trophique de débarquements, le niveau trophique marin, l'indice de vulnérabilité intrinsèque et les captures commerciales totales.

- *Données commerciales guinéennes*

Les statistiques sur l'effort de pêche et les captures sont issues des systèmes d'enquête du CNSHB (pour la période 1995 – 2022) concernant les trois types de pêche (artisanale, semi-industrielle et industrielle) qui exploitent les ressources halieutiques de la zone côtière guinéenne.

En pêche artisanale (PA), l'estimation de l'effort de pêche nominal s'appuie sur le recensement annuel exhaustif des pirogues actives réalisé par le CNSHB. Ces données sont collectées depuis 1995 et sont disponibles sur la période 1995 - 2022.

Pour la pêche industrielle (PI), les statistiques officielles concernant la pêche industrielle commerciale débutent en 1995 et sont disponibles jusqu'en 2016 (par échantillonnage). A partir de 2017, c'est le Centre National de Protection et de surveillance des pêches (CNSP) qui fournit la totalité des statistiques industrielles au CNSHB.

Une Pêche semi-industrielle existe actuellement (officiellement depuis 2017), mais dont les captures sont enregistrées au CNSP et à la Direction de l'Aménagement des Pêcheries. L'effort nominal a existé de 1981 jusqu'en 2010 (Belhabib et al., 2013).

2.2.3. Paramètres biologiques

Un fichier de paramètres biologique a été préparé à partir d'une routine applicable sur R (package rfishbase) et permettant d'extraire le niveau trophique TL, l'âge maximal, la durée de vie et l'indice de vulnérabilité intrinsèque des espèces. C'est grâce à cette routine que les paramètres de chacune des espèces ou taxons se trouvant sur la liste générale (de noms taxonomiques) ont été extraites.

Dans le cadre de cette étude, deux bases de données Fishbase et Sealifebase sont consultées en ligne afin d'avoir ces données biologiques (Froese et Pauly, 2023). Fishbase est une base de données globale des poissons, consultable sur internet ou sur cédérom. Quant à la base Sealifebase, c'est une base de données en ligne fournissant des informations concernant la taxonomie, la distribution et l'écologie des espèces marines dans le monde en dehors de poissons. Ces bases disposent des informations permettant d'identifier et de classer les espèces mais aussi des renseignements relatifs à l'écologie trophique, les traits d'histoire de vie (la croissance, la maturité, la reproduction, etc.). Ces données sont organisées par famille, par pays, et par écosystème. Ces bases ont été utilisées pour disposer du niveau trophique, de l'indice de vulnérabilité intrinsèque et l'âge maximal des espèces.

2.3. Méthodes de calcul des indicateurs écologiques

Des indicateurs écologiques ont été calculés et analysés sur les quatre dernières décennies. Il s'agit de la biomasse des espèces, le niveau trophique de la communauté, la durée de vie moyenne des espèces, plusieurs indices de diversité taxonomique (richesse spécifique, indices de Shannon, de Simpson et de Piélou), poids individuel moyen, la proportion de prédateurs, la proportion des poissons prédateurs, les captures commerciales, l'effort de pêche, le niveau trophique des captures, l'indice de vulnérabilité intrinsèque des poissons et l'indice trophique marin. Ces indicateurs ont été calculés à partir des différentes données disponibles extraites des bases nationales.

Les indicateurs écologiques (de biodiversité et conservations) sont estimés pour évaluer la pression de la pêche sur les ressources et l'écosystème marin (Shin et al., 2010). Ces indicateurs ont été sélectionnés pour refléter l'état écologique de l'écosystème marin et les effets de la pêche sur les fonctions et les propriétés de celui-ci (production de biomasse, stabilité dans le temps, résistance aux perturbations). Les états actuels et les tendances récentes des indicateurs sont fournis. Le bon état écologique des écosystèmes se caractérise par des valeurs élevées d'indicateurs et l'amélioration correspond à des tendances positives des indicateurs.

Les indicateurs écologiques mesurent les impacts directs et indirects de la pêche sur les écosystèmes. Ces indicateurs décrivent l'état du potentiel halieutique et la structure de l'écosystème. Quant aux indicateurs de biodiversité et de conservation, ils montrent l'état d'exploitation et la structure de l'écosystème. Ces indicateurs évoluent à la baisse lorsque la pêche affecte le fonctionnement de l'écosystème et le potentiel des ressources.

La méthodologie d'estimation des indicateurs et les données nécessaires sont inspirées par le projet [Indiseas \(2012\)](#). Le projet « Indiseas » (Indicateurs pour les mers) est un programme scientifique approuvé par l'UNESCO et vise à évaluer les effets de la pêche sur l'état de santé des écosystèmes marins, à l'aide d'un panel d'indicateurs de biodiversité, de dimension environnementale et humaine (www.indiseas.org).

La méthodologie d'estimation de ces indicateurs et les données nécessaires sont résumées dans l'annexe 4.

2.3.1. Estimation de la biomasse

Toutes les espèces étudiées sont concernées. Les études spécifiques menées pour l'échantillonnage des œufs, des larves et des juvéniles ne doivent pas être prises en compte. Cet indice de biomasse n'est utilisé que pour les tendances, de sorte que des estimations absolues de la biomasse ne sont pas nécessaires. Dans certains cas, la prise en compte des seules campagnes de chalutage démersal fournit une estimation adéquate de la biomasse des poissons démersaux/pélagiques et des invertébrés d'importance commerciale. Toutefois, dans certains systèmes (tels que les systèmes de remontée d'eau), les petits poissons pélagiques ne sont pas correctement échantillonnés dans les campagnes de chalutage démersal, de sorte que des campagnes spécifiques sur les petits poissons pélagiques sont réalisées. Dans ces cas, les experts locaux décident des méthodes appropriées pour combiner les différentes études afin de fournir un seul indice de biomasse totale pour l'écosystème.

Pour le Sénégal, trois séries de biomasse ont été estimées : (1) une biomasse absolue en prenant compte de la stratification bathymétrique et zonale, (2) un indice de biomasse ou densité moyenne a été calculée en faisant la moyenne des densités des différentes stations et (3) un indice de biomasse ou densité moyenne a été calculée en faisant la somme des captures par année de toutes les stations divisée par somme des surfaces chalutées des mêmes stations.

Nous avons effectué une correction sur la durée des traits en remplaçant toutes les durées de traits de chalut supérieures à 30 mn par 30 mn. Cette correction a été faite sur la base de données après traitement (élimination des stations de profondeurs extrêmes, <10 m et 200 m>).

La surface totale du plateau continental sénégalais considérée dans cette étude est de 19 895 km².

Tableau 2. Surfaces des 09 strates considérées dans le cas d'étude de l'écosystème du Sénégal

Zone	Latitude inférieure	Latitude supérieure	Bathymétrie (m)	Surfaces (Km ²)
Nord	14.36°N	16.04°N	10-50	2055
			50-100	2167

			100-200	1425
Centre	13.36°N	14.36°N	10-50	4431
			50-100	1772
			100-200	587
Sud	12.20° N	13.04°N	10-50	5795
			50-100	1132
			100-200	531

Pour le calcul de la biomasse totale ou de l'indice de biomasse, toutes les espèces échantillonnées sont concernées. Les études spécifiques menées pour l'échantillonnage des œufs, des larves et des juvéniles ne doivent pas être prises en compte. Cet indice de biomasse n'est utilisé que pour les tendances, de sorte que des estimations absolues de la biomasse ne sont pas nécessaires.

Dans certains cas, la prise en compte des seules campagnes de chalutage démersal fournit une estimation adéquate de la biomasse des poissons démersaux/pélagiques et des invertébrés d'importance commerciale. Toutefois, dans certains systèmes (tels que les systèmes de remontée d'eau), les petits poissons pélagiques ne sont pas correctement échantillonnés dans les campagnes de chalutage démersal, de sorte que des campagnes spécifiques sur les petits poissons pélagiques sont réalisées. Dans ces cas, les experts locaux décident des méthodes appropriées pour combiner les différentes études afin de fournir un seul indice de biomasse totale pour l'écosystème.

2.3.2. Niveau trophique de la communauté

Le niveau trophique de la communauté est le niveau trophique moyen de la biomasse. Il calcule le niveau trophique des espèces échantillonnées (TLs) en utilisant la proportion d'organismes échantillonnés (Bs) par rapport à la biomasse totale (B). Toutes les espèces pêchées lors des campagnes scientifiques doivent être incluses (exploitées et non exploitées).

$$TL_{co} = \frac{\sum_s TL_s \cdot B_s}{B}$$

2.3.3. Durée de vie moyenne

La durée de vie moyenne est l'indicateur du taux de renouvellement. Elle traduit l'idée que la pêche favorise l'émergence d'espèces à courte durée de vie. La pêche peut affecter la longévité d'une espèce donnée (plasticité phénotypique et sélection génotypique), mais l'objectif ici n'est pas de suivre ces effets au niveau de l'espèce, mais plutôt de suivre les changements dans la composition des espèces.

La durée de vie moyenne est calculée pour les espèces rencontrées lors des campagnes. La longévité est fixe pour chaque espèce. La durée de vie peut varier sous la pression de la pêche, c'est pourquoi nous avons conventionnellement adopté la longévité maximale observée pour chaque espèce.

$$\sum_s (age_{max, s} B_s) / \sum_s B_s (years)$$

2.3.4. 1/(landings/biomass)

Cet indicateur indique la pression de pêche globale au niveau de la communauté. Il est utilisé en prenant l'inverse du rapport entre les débarquements totaux et la biomasse des espèces retenues. Cet indicateur permet de regarder les tendances, par contre les indices de biomasse peuvent être utilisés (mais ils doivent être cohérents pour toutes les espèces et pour toute la série chronologique).

2.3.5. Estimation d'indicateurs sur la composition spécifique

Les indices de diversité N1 de Hill, fonction exponentielle de l'indice H' de Shannon et N2, réciproque de l'indice de Simpson, sont choisis pour leur complémentarité :

$$N1 = \exp(-\sum pi \ln(pi))$$

$$N2 = 1/\sum pi^2$$

où pi est la proportion de l'espèce i en poids

L'indice N2 est plus sensible à la présence des espèces les plus abondantes puisque chaque proportion est élevée au carré, alors que pour N1 chaque proportion est pondérée par son logarithme (Hill 1973). Contrairement à N2, l'indice N1 est plus sensible à l'effort d'échantillonnage. Les deux indices N1 et N2 dépendent cependant de la richesse spécifique (S), c'est-à-dire le nombre d'espèces et de l'équitabilité (E) de répartition des individus entre espèces. Lorsque toutes les proportions entre taxons sont identiques, $E = 1$. L'équitabilité est calculée selon la formule :

$$E = \ln(N1) / \ln(S)$$

2.3.6. Niveau trophique des captures

Les données requises concernent toutes les espèces débarquées après une opération de pêche commerciales. Les niveaux trophiques de ces espèces peuvent être calculés à partir du modèle Ecopath ou à partir des données de contenus stomacaux de ces espèces. Au cas contraire/échant, les estimations des niveaux trophiques dans Fishbase sont utilisées.

2.3.7. Indice moyen de vulnérabilité intrinsèque

L'indice moyen de vulnérabilité intrinsèque des captures de poissons (IVI) pondère l'indice de vulnérabilité intrinsèque de chaque espèce de poisson capturée (IVI) et la proportion de cette espèce dans les captures de poissons (Y_s) par rapport aux captures totales de poissons (Y) (Cheung et al. 2007 ; Cheung et al. 2005). L'IVI est basé sur les traits d'histoire de vie et les caractéristiques écologiques des espèces et varie de 1 à 100, 100 étant la valeur la plus vulnérable (Cheung et al 2007). Il peut être calculé en pondérant l'indice de vulnérabilité intrinsèque de chaque espèce de poisson exploité (IVIs) et la proportion de cette espèce dans les captures de l'année t ($Y_{s,t}$) par rapport aux captures totales de l'année t (Y_t).

$$IVI_t = \frac{\sum IVI_s \cdot Y_{s,t}}{Y_t}$$

Cet indicateur peut-être faire l'objet d'une évaluation et d'une étude plus approfondies. L'indice de vulnérabilité intrinsèque pour chaque espèce de poissons doit être extrait de Cheung et al. 2007 (matériel supplémentaire) ou de FishBase. Les estimations des IVI sont disponibles auprès de Cheung et al. 2007, et de FishBase (www.fishbase.org-see à la fin du site de l'espèce, sous Vulnérabilité), ou calculées manuellement (vous pouvez calculer l'indice de vulnérabilité avec des paramètres spécifiques de votre espèce en utilisant un fichier Excel).

2.3.8. Niveau trophique moyen des captures

Le niveau trophique moyen des captures (MTL) est le niveau trophique moyen de la capture débarquée d'organismes dont le TL est $\geq 3,25$ (Pauly et Watson 2005). La période est la première année pour laquelle des données sont disponibles jusqu'à la dernière année disponible.

Le niveau trophique moyen des débarquements calcule le niveau trophique moyen des espèces débarquées (s) dont le niveau trophique (TLi) est égal ou supérieur à 3,25 en utilisant la proportion d'organismes débarqués (Y_i) par rapport à l'ensemble de la capture (Y).

3. Résultats

3.1. Mauritanie

3.1.1. Indice de Biomasse

En Mauritanie, la tendance de l'indice de biomasse montre des fluctuations durant toute la période atteignant 19, 18 et 16 tonnes en 1989, 1997 et 2017 successivement (Fig. 2), avec une tendance à l'augmentation apparente à l'ordre de 100% (de 5 à 10 tonnes/km²) depuis le début à la fin de la série (36 ans). De chutes biomasses à l'ordre d'une tonne et demi/km² ont été enregistré en 1986, 1995 et en 1985. Une analyse stratifiée de cet indice a mis en évidence que les strates tels sont responsables de cette augmentation.

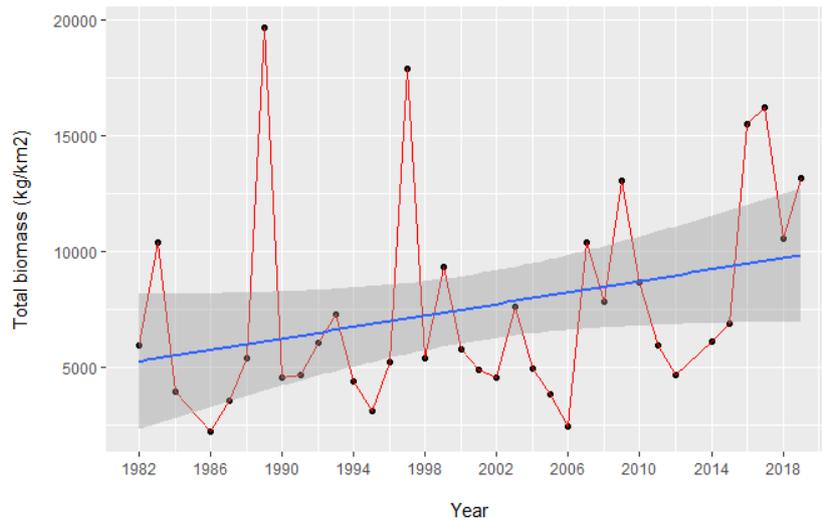


Figure 2. Evolution de l'indice de biomasse entre 1981 et 2019 calculé à partir des données de campagnes scientifiques.

3.1.2. Niveau trophique des communautés

Le niveau trophique moyen des communautés présente de légères variabilités autour de la moyenne (3,66). On ne remarque pas de tendance apparente au cours de toute la période d'étude (Fig. 3).

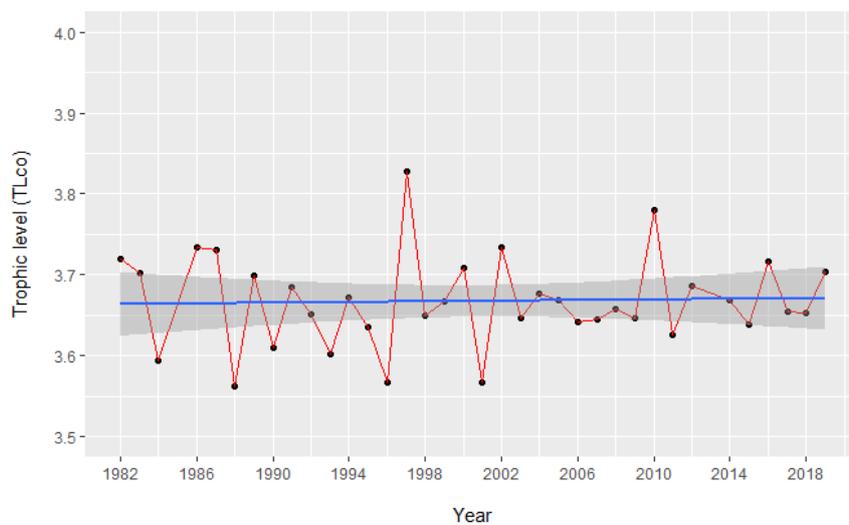


Figure 3. Evolution du niveau trophique des communautés sur la période 1981-2019.

3.1.3. Age maximal des communautés

La durée de vie des peuplements de l'écosystème marin mauritanien présente également de fluctuations importantes autour de la droite de tendance. Ceci se traduit par une augmentation moyenne de durée de vie de 4 mois durant toute la période (Fig. 4).

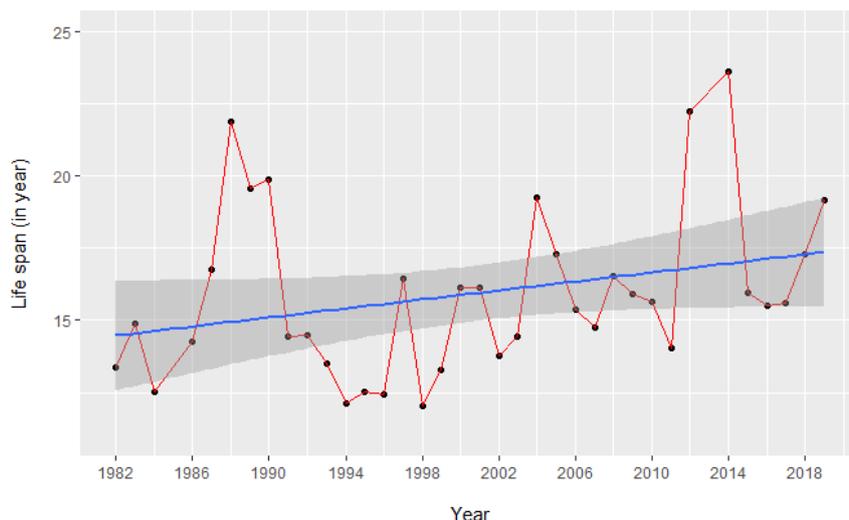


Figure 4. Evolution de la durée de vie moyenne des espèces de la communauté démersale calculée sur la période 1981-2019.

3.1.4. Indicateurs de biodiversité spécifique

La richesse spécifique globale de la communauté par année varie entre 50 taxons en 1984 et 340 taxons en 2000 avec une moyenne de 220. Elle varie fortement d'une année avec une tendance à l'augmentation (Fig. 5). Cet indicateur calculé ainsi dépend du nombre de stations par année. C'est pourquoi, nous avons calculé l'indicateur Richesse spécifique moyenne par station. La richesse spécifique moyenne par station varie entre 12 taxons en 1982 à 48 taxons 2019 avec une moyenne de 21. Elle présente une augmentation continue sur toute la période. On remarque que depuis 2003 à 2017 les valeurs de la richesse spécifique moyenne sont en dessous de la droite de tendance (21). Les deux dernières années ressortent deux valeurs élevées (34 et 48).

L'indice de Shannon de la communauté par année varie entre 4.13 et 6.77 avec une valeur moyenne de 5.75 et un écart-type de 0.55 autour de la moyenne. Il varie d'une année à une autre autour de la moyenne avec une légère variation dans le début des années 1980 suivie d'une forte variation dans les années 1990 sans tendance nette (Fig. 6).

L'indice de Simpson de la communauté par année varie de 0.825 enregistrée en 1984 à 0.99 enregistrée 1999 avec une moyenne de 0.95. Elle varie aussi d'une année à une autre sur toute la période une légère tendance à l'augmentation. Quant à l'indice de Pielou de la communauté par année varie de 0.62 enregistrée en 1984 à 0.89 enregistrée 2011 avec une moyenne de 0.82. Il varie aussi d'une année à une autre sur toute la période. Il présente également une légère tendance globale à la baisse.

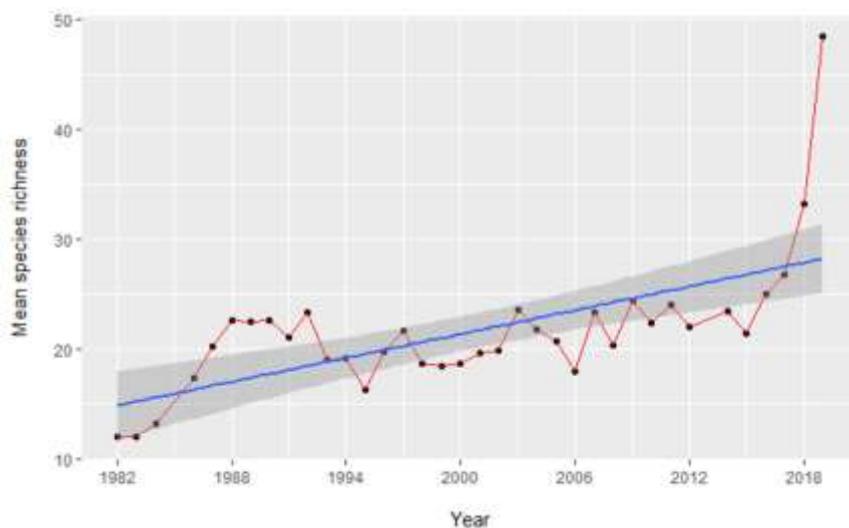


Figure 5. Evolution de la richesse spécifique moyenne par trait de chalut calculée à partir des données de campagnes démersales côtières réalisées en Mauritanie entre 1982 et 2019.

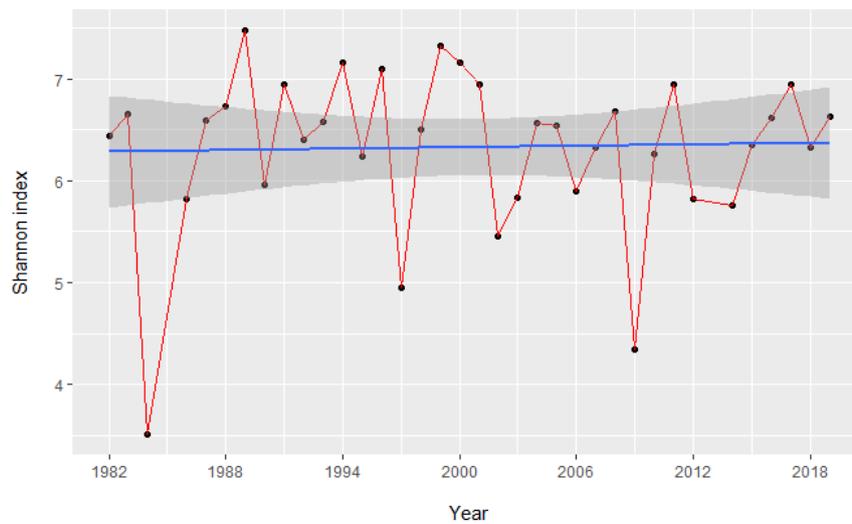


Figure 6. Evolution des indices de Shannon calculés à partir des données de campagnes démersales côtières réalisées en Mauritanie entre 1982 et 2019.

3.2. Sénégal

3.2.1. Biomasses

La biomasse totale par année varie entre 6 225 tonnes en 2002 et 212 590 tonnes en 1993 avec une moyenne de 123 582 tonnes et un écart-type de 50 480 tonnes autour de la moyenne. Elle varie d'une année à une autre sur toute la période considérée avec une tendance nette à la baisse (Fig. 7). L'année 2002 donne la biomasse la plus faible ; cela s'explique par le fait que le nombre de traits est faible, 9 stations seulement réalisées.

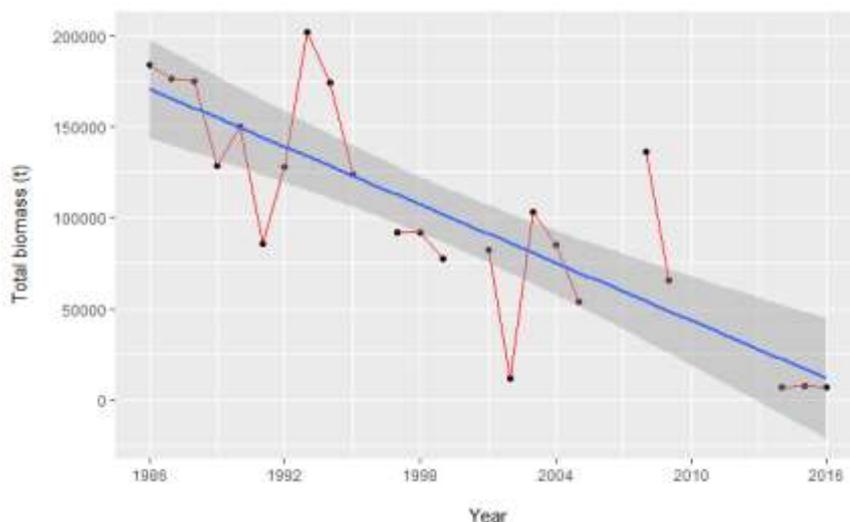


Figure 7. Evolution de la biomasse totale entre 1986 et 2016.

3.2.2. Niveau trophique moyen de la communauté

Le niveau trophique moyen de la communauté (TLco) par année varie de 3.42 à 3.96 avec une moyenne de 3.54 et un écart-type de 0.11 autour de la moyenne. Le niveau trophique est très variable d'une année à une autre avec une tendance légère à la hausse (Fig. 8). L'année 2002 présente le niveau trophique le plus élevé. Pour rappel, le nombre de chaluts réalisés en 2002 étaient faible (juste 09 stations), et les captures étaient constituées d'un petit nombre d'espèces de grande taille.

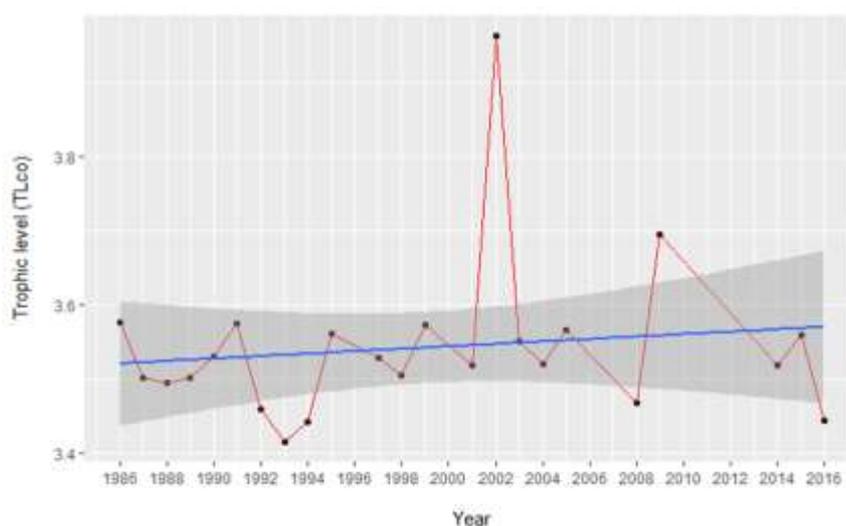


Figure 8. Niveau trophique de la communauté (TLco) entre 1986 et 2016.

3.2.3. Durée de vie maximale de la communauté

La durée de vie maximale de la communauté varie de 9.83 ans à 14.01 ans avec une moyenne de 11.241 ans et un écart-type de 0.891 ans autour de la moyenne. Elle varie aussi d'une année à une autre sans tendance claire sur toute la période considérée (Fig. 9).

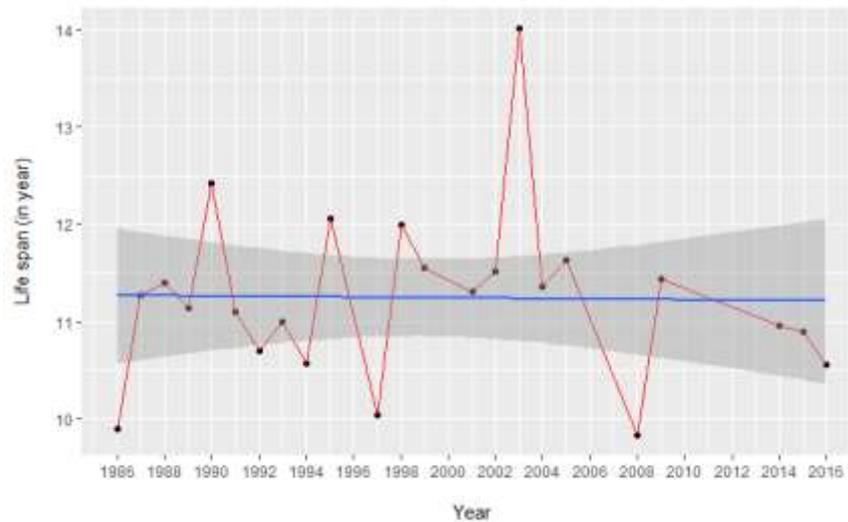


Figure 9. Durée de vie maximale de la communauté (TLco) entre 1986 et 2016.

3.2.4. Indicateurs de biodiversité

La richesse spécifique moyenne par station de la communauté par année varie entre 17 taxons en 2002 et 30 taxons en 2004 avec une moyenne de 23 taxons et un écart-type de 3 taxons autour de la moyenne. Elle varie fortement d'une année à une autre avec une tendance nette à la hausse (Fig. 10). Cet indicateur calculé pourrait varier suivant la méthodologie d'échantillonnage. Exceptée 2002 où la richesse est faible en raison de la faiblesse de l'échantillonnage, on note deux situations contrastées : (1) une situation où la richesse par station était faible sur la période 1986-1992 et (2) une situation où la richesse spécifique moyenne par station est relativement stable (pas de tendance nette). De plus, la variation interannuelle est faible sur la période 1980-1992 et les valeurs sont faibles comparées à la période 2000-2016 où la richesse spécifique moyenne est très variable et les valeurs sont plus importantes.

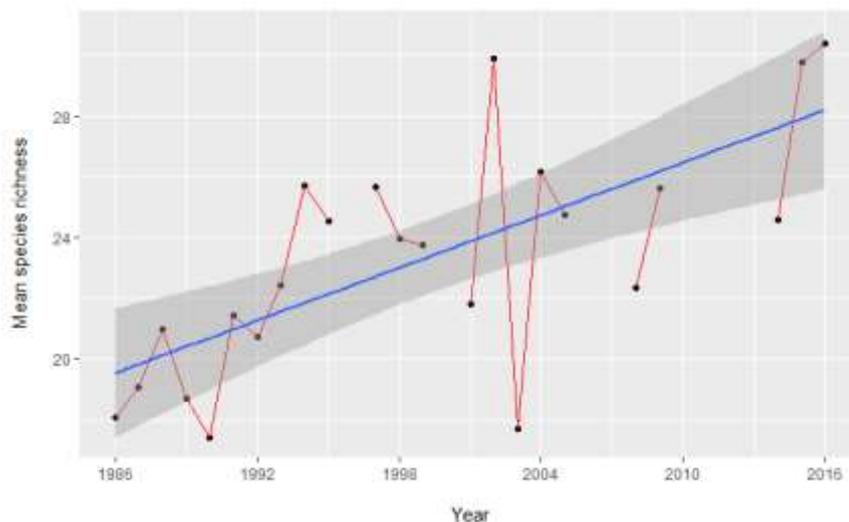


Figure 10. Evolution de la richesse spécifique moyenne par station calculée à partir des données de campagnes démersales côtières réalisées au Sénégal entre 1986 et 2016.

L'indice de Shannon de la communauté par année varie entre 4.13 en 2002 et 6.77 en 2001 avec une valeur moyenne de 5.75 et un écart-type de 0.55 autour de la moyenne. Cet indicateur varie d'une

année à une autre sur toute la période considérée avec une légère variation dans les années 1980 suivie d'une forte variation dans les 2000 avec une tendance globale légèrement à la hausse (Fig. 11).

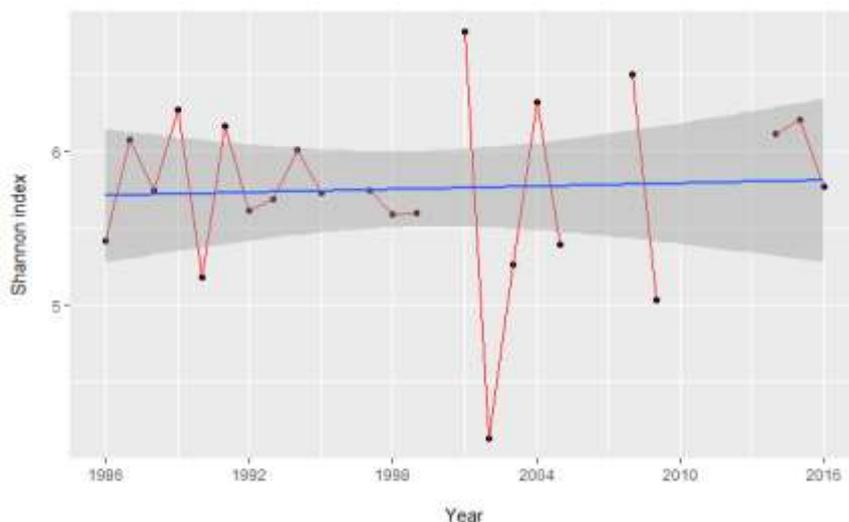


Figure 11. Evolution de l'indice de Shannon calculé à partir des données de campagnes démersales côtières réalisées au Sénégal entre 1986 et 2016.

Les indices de Simpson et de Piélou présentent relativement les mêmes variations. Par contre, l'indice de Simpson tend légèrement à la baisse contrairement à l'indice de Piélou qui indique la même tendance que l'indicateur Richesse spécifique.

3.2.5. Evolution des débarquements

Les captures annuelles totales par année varient entre 363 238 tonnes en 1982 et 533 479 tonnes en 2019 avec une moyenne de 363 238 tonnes et un écart-type de 108 349 tonnes autour de la moyenne. Les données de captures totales varient d'une année à une autre sur la période 1981-2019 avec une tendance nette à la hausse (Fig. 12).

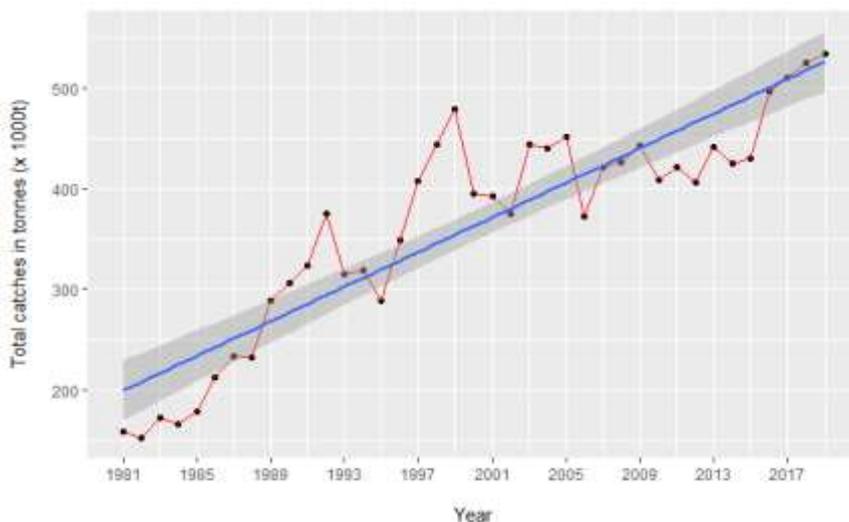


Figure 12. Evolution des captures totales (en tonnes) obtenues au Sénégal entre 1981 et 2019.

Au Sénégal, les captures annuelles de la pêche artisanale sont de loin plus élevées que celles de la pêche industrielle. Elles représentent en moyenne 86% des captures totales réalisées au Sénégal (Fig.13). Par ailleurs, les captures de la pêche artisanale varient d'une année à une autre avec une tendance à la baisse. Les captures de la pêche industrielle ne présentent pas une tendance claire, elles restent élevées sur la période 1998-1999 (plus de 100 000 tonnes) et aussi sur la période 2016-2019 (plus de 80 000 tonnes). Par contre sur la période 2000-2015, les captures annuelles restent faibles et stables (environ 50 000 tonnes).

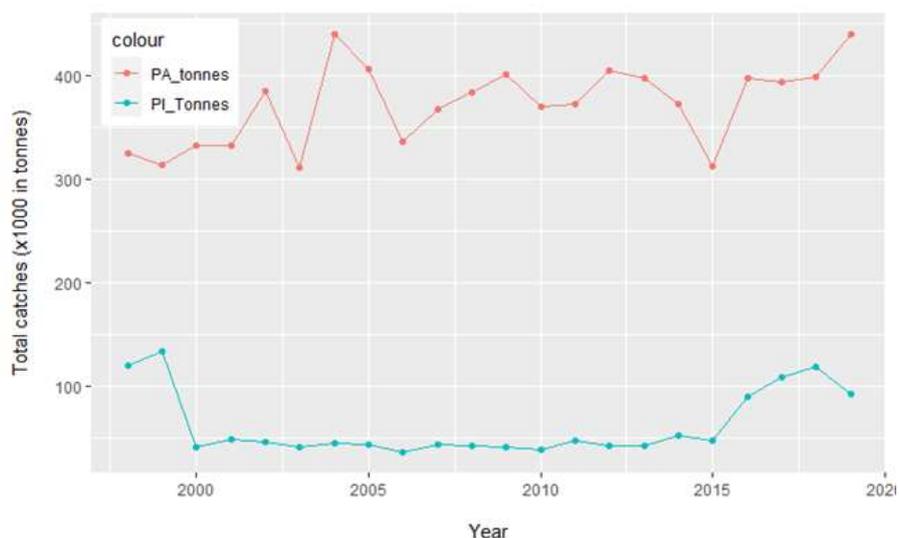


Figure 13. Captures totales de la pêche industrielle et la pêche artisanale au Sénégal entre 1998 et 2019.

Au Sénégal, le nombre de pirogues a connu une nette hausse sur la période 1998-2018 (Fig.14). Ce nombre a évolué en dents de scie, passant de 10 000 pirogues aux années 1997 à 2001 à environ 13 000 pirogues en 2019. Le nombre minimal de pirogues a été observé en 2007 avec 8 133 pirogues.

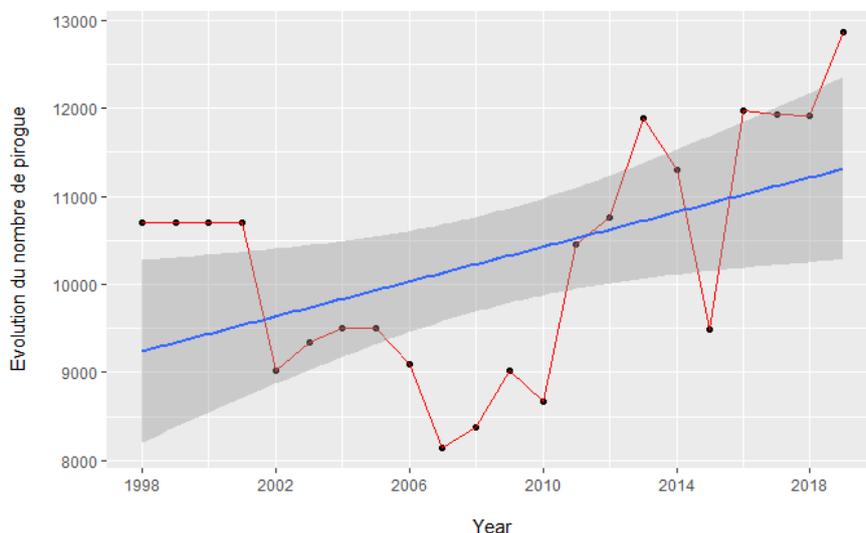


Figure 14. Nombre de pirogues opérationnels au Sénégal entre 1998 et 2019.

Quant à l'évolution du nombre de navires, on constate que ce nombre baisse d'année en année sur la période 1998-2019 (Fig.15). Pour les années récentes (2015-2019), le nombre actuel de pirogues varie entre 125 et 150 pirogues.

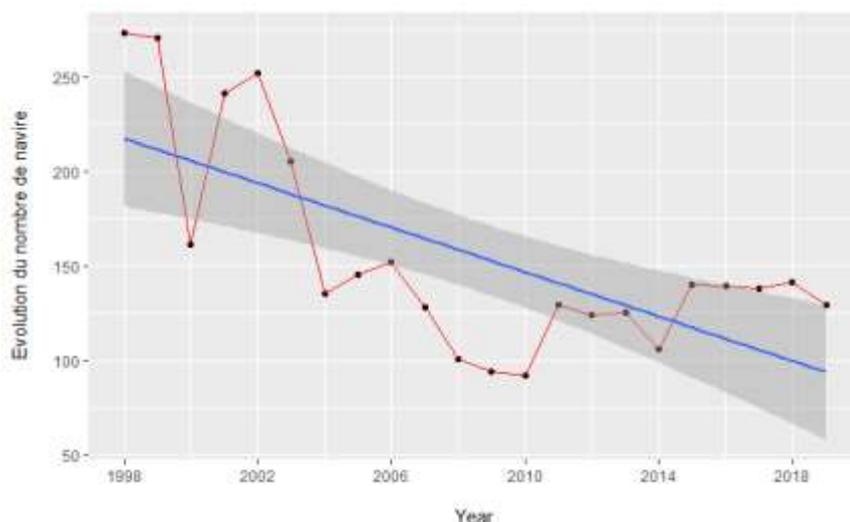


Figure 15. Nombre de navires pêchant dans la ZEE Sénégalaise sur la période 1998-2019.

3.2.6. Niveau trophique des débarquements

Le niveau trophique moyen des débarquements par année varie entre 2.43 en 2017 et 3.07 en 1981 avec une valeur moyenne de 2.83 et un écart-type de 0.129 autour de la moyenne. Le niveau trophique varie d'une année à une autre sur la période 1981-2017 mais de façon linéaire avec une diminution légère dans les années 1980 suivie d'une diminution importante passant de 2.8 en 2014 à 2.4 en 2017 tout en laissant une tendance globale nette à la baisse (Fig. 16). On note une diminution continue et très importante du niveau trophique moyen entre 2014 et 2017.

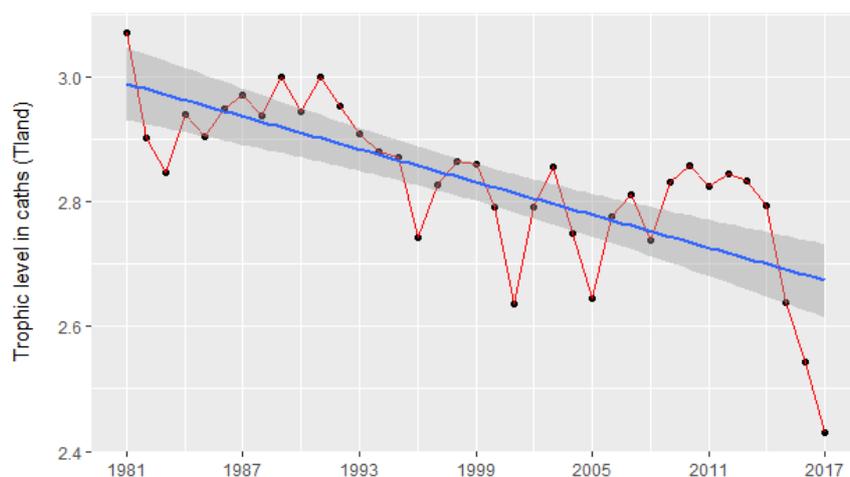


Figure 16. Evolution du niveau trophique moyen des débarquements sur la période 1986-2017 obtenus au Sénégal.

3.2.7. Indice trophique marin des débarquements

L'indice trophique marin par année varie de 3.76 enregistrées en 2014 à 3.96 enregistré en 2009 avec une moyenne de 3.85 et un écart-type de 0.06 autour de la moyenne. Cet indicateur varie fortement d'une année à une autre sur la période 1986-2017 avec une tendance globale à la hausse (Fig. 17).

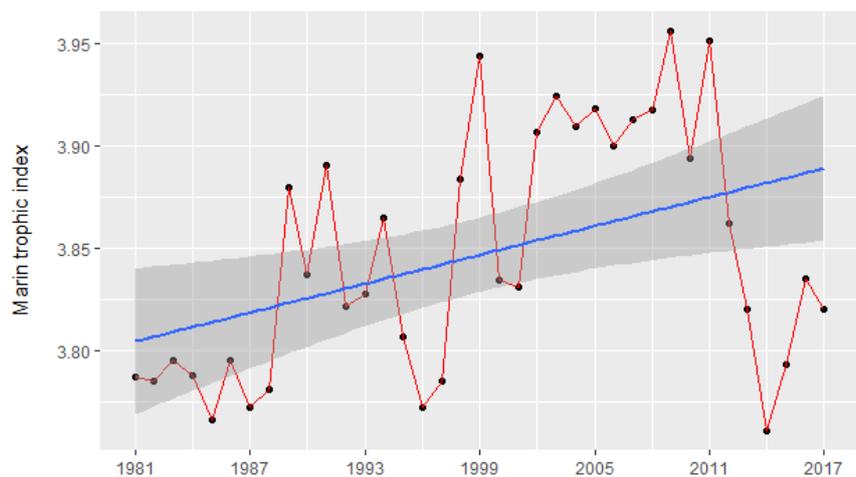


Figure 17. Evolution des captures totales (tonnes) entre 1986 et 2016 obtenues au Sénégal.

3.2.8. Indice de vulnérabilité des débarquements

L'indice de vulnérabilité des débarquements par année varie de 30.02 enregistrée en 2017 à 37.40 enregistrée 1981 avec une moyenne de 33.66 et un écart-type de 1.65 autour de la moyenne. Il varie d'une année à une autre avec une tendance globale nette à la baisse sur la période 1981-2017 (Fig. 18).

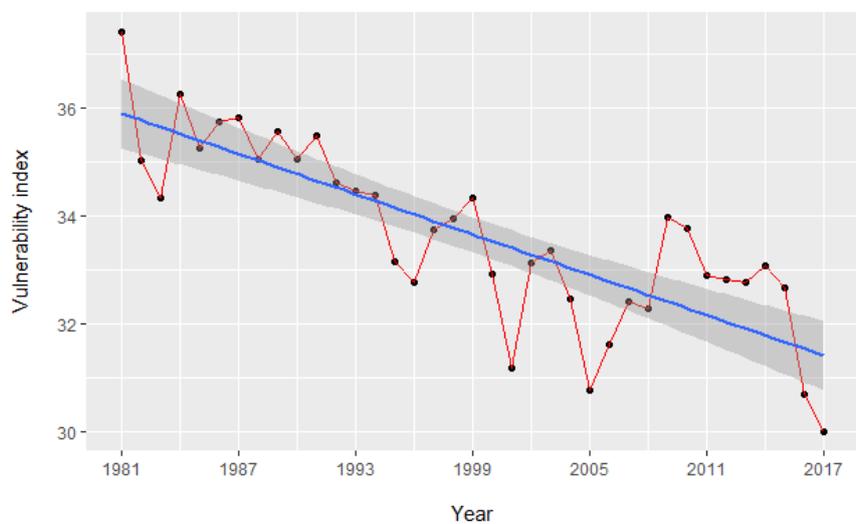


Figure 18. Indice de vulnérabilité intrinsèque des captures calculé sur la période 1986-2017 au Sénégal.

3.3. Guinée

3.3.1. Indice de Biomasse

Un test de sensibilité des indicateurs sur ces 2 strates bathymétriques. Il est ressorti que la densité (kg/km^2) suit la même évolution tendancielle dans la strate 0-40 m et dans celle 0-200 m. A cause de cela, nous avons choisi de continuer avec le plateau continental (0-200 m). A ce niveau, une tendance à la baisse se dessine, de $12\,000\ \text{Kg}/\text{km}^2$ de densité en 1985, la courbe chute et enregistre $6\,148\ \text{Kg}/\text{km}^2$ (près de la moitié de la biomasse) en 2021.

Il a baissé de plus de 40% en 35 ans passant de $12\,000\ \text{kg}/\text{km}^2$ en 1985 à seulement $6\,148\ \text{kg}/\text{km}^2$ en 2021. Les années 1994 ($2\,668,89\ \text{Kg}/\text{km}^2$) et tout récemment l'année 2007 ($2\,953,83\ \text{Kg}/\text{km}^2$) se démarquent aussi des autres avec une chute brusque qui est constatée pour ces années. Depuis 2009, on note sur le graphique une légère amélioration qui se traduit par une augmentation de la densité (Fig. 19).

Une forte variabilité annuelle s'impose de 1985 à 1992. Une excroissance ou pic est visible en 1991 à cause de cinq (5) campagnes réalisées lors desquelles *Dasyatis margarita*, *Galeoides decadactylus* et *Chloroscombrus chrysurus* occupent des places importantes en captures dans différentes stations chalutées (à plus de 50 à 80 % des captures de la station), puis 14, 10 et 8% des captures de l'année.

Un autre pic correspondant à l'année 1989 est provoqué par la capture de quelques espèces de la communauté à sciaenidae qui contribuent comme le *Galeoides decadactylus* à 13%, *Pseudotolithus elongatus* à 8,9%, *Dasyatis margarita* à 8% et *Pseudotolithus typus* à 7% de la capture de l'année.

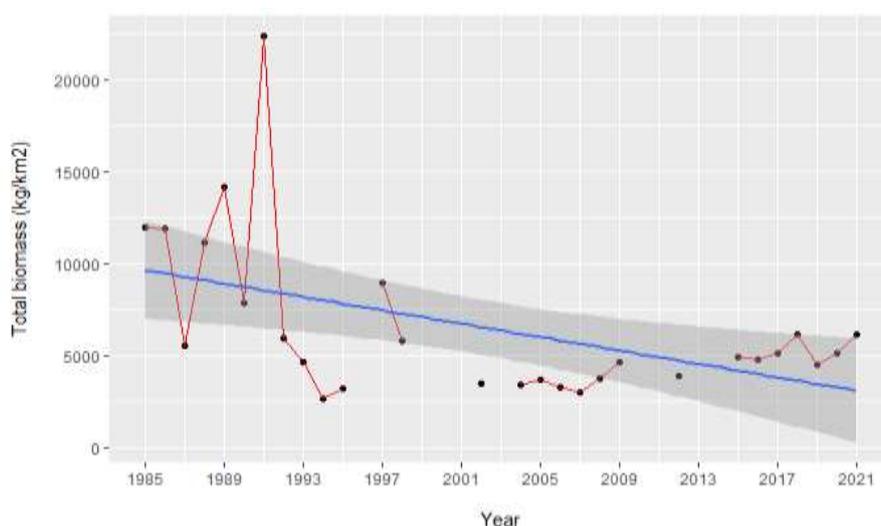


Figure 19. Evolution des densités ou biomasses de 1985 à 2021 en Guinée

3.3.2. Niveau trophique des communautés

Le niveau trophique des communautés présente également une tendance légère à la baisse (Fig. 20). De 3,80 en 1985, le TL affiche en 2021 une valeur de 3,366 alors qu'en 2015, c'était 3,529. Les plus faibles valeurs ont été enregistrées respectivement (2,18 et 2,55) dans les années 2008 et 2007. Il convient de signaler également que durant neuf (9) années les campagnes démersales n'ont pas été effectuées sur la période.

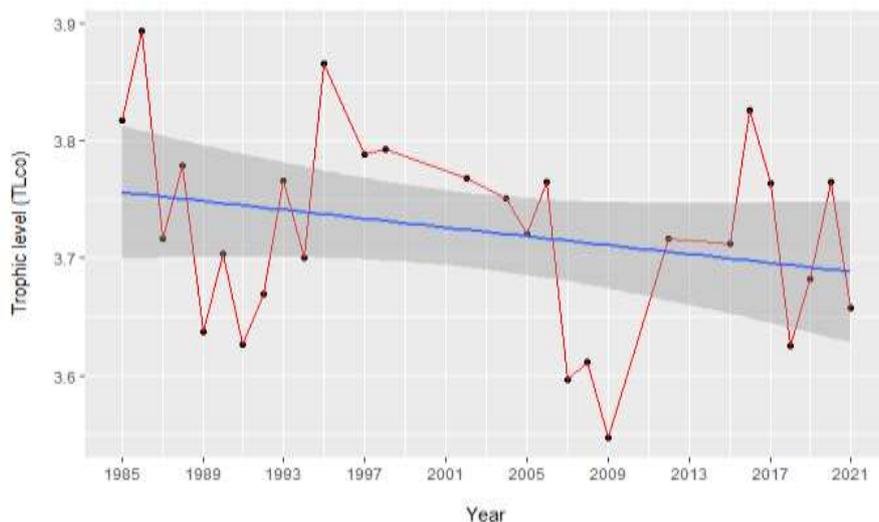


Figure 20. Evolution du niveau trophique des communautés de 1985 à 2021 en Guinée.

3.3.3. Durée de vie maximale des communautés

On constate également une tendance à la baisse de la durée de vie des peuplements de l'écosystème marin Guinéen (Fig. 21). De 19,66 en 1985 et une moyenne de 12,52 sur la période, l'année 2021 présente 10,24 comme durée de vie moyenne des peuplements. Sur la période d'étude, neuf (9) années ont été sans campagnes démersales.

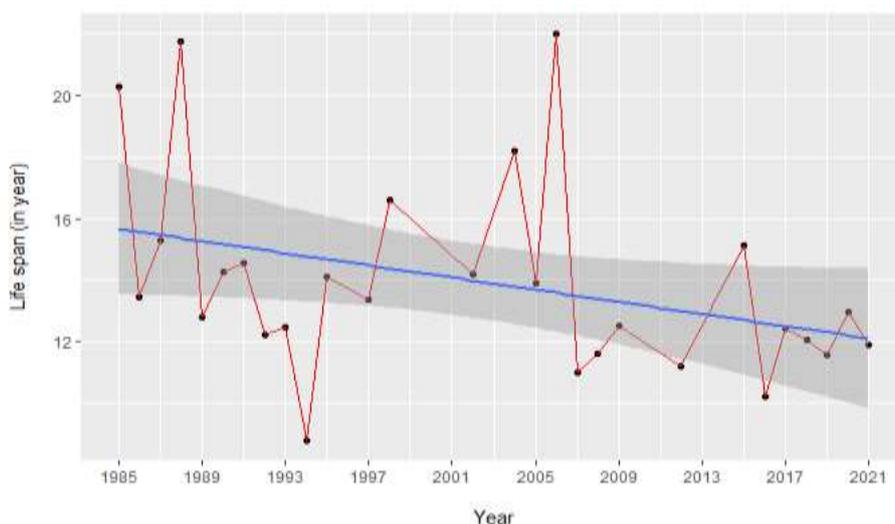


Figure 21. Evolution de la durée de vie moyenne des communautés de 1985 à 2021 en Guinée.

3.3.4. Indices de diversité

Sur la période 1985-2021, les indices de diversité affichent des tendances légères à la hausse (richesse spécifique et richesse spécifique moyenne) et à la baisse (indices de Shannon, de Simpson et de Pielou).

Avec ce traitement annuel des campagnes, la richesse spécifique oscille entre 88 et 245 espèces par an avec une moyenne de 140 sur la période. Il montre une baisse de la richesse affichant 130 espèces en 1985 et 123 espèces en 2021 (Fig. 22). Le plus grand nombre d'espèces (245) a été obtenu en 2002 où le navire Al awam a bien armé ses gréements (avec une chaîne de raclage) qui a capturé beaucoup plus d'espèces ou de taxons. Les plus faibles valeurs ont été affichées en 1992, 1994, 1995 et 2005.

L'indice d'équitabilité de Simpson montre une évolution en dents de scie mais avec une tendance globale à la baisse si les valeurs minimales de 0.93 observées en 1994 et 2005 étaient éliminées. Ainsi, l'explosion des biomasses n'est due qu'à la présence dans les captures de quelques espèces en 1991

comme *Dasyatis margairita*, *Illisha africana* et *Galeoides decadactylus* qui occupent des places importantes dans différentes stations chalutées (à plus de 50 à 80 % des captures des stations). Ceci affecte bien évidemment l'indice d'équitabilité de Simpson. L'indice de Piélu affiche une tendance à la baisse. La même valeur a été enregistrée en 1985 et 2021 (0,80) avec de fortes variations interannuelles de 1985 à 1995. Les valeurs oscillent à l'intérieur de la période étudiée en allant de 0,55 à 0,98.

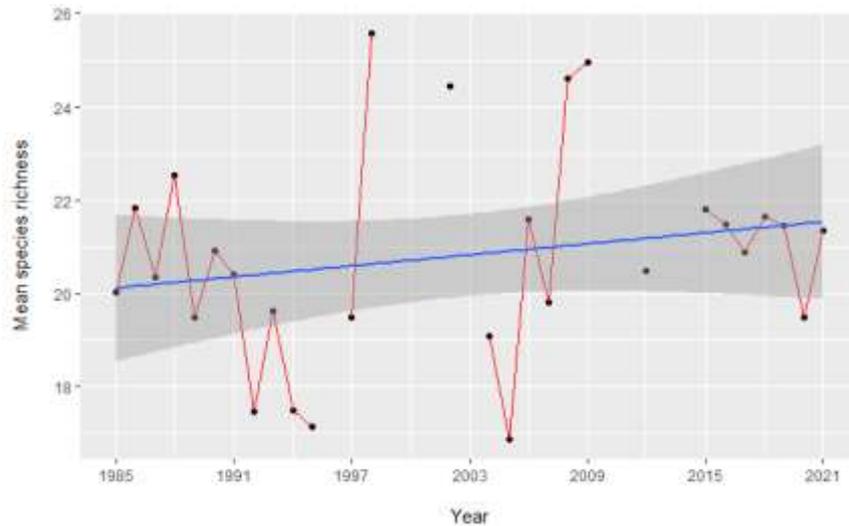


Figure 22. Evolution de la Richesse Spécifique moyenne par trait de 1985 à 2021 en Guinée.

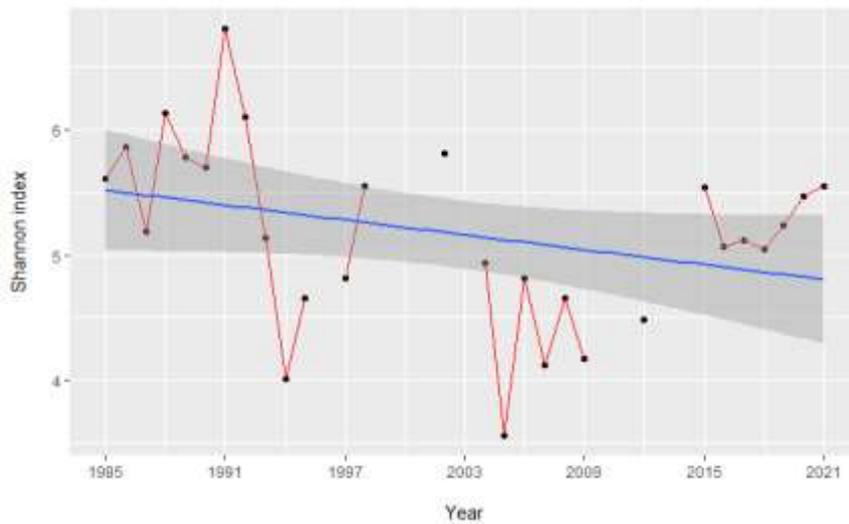


Figure 23. Evolution de l'indice de la Shannon moyen par trait de 1985 à 2021 en Guinée.

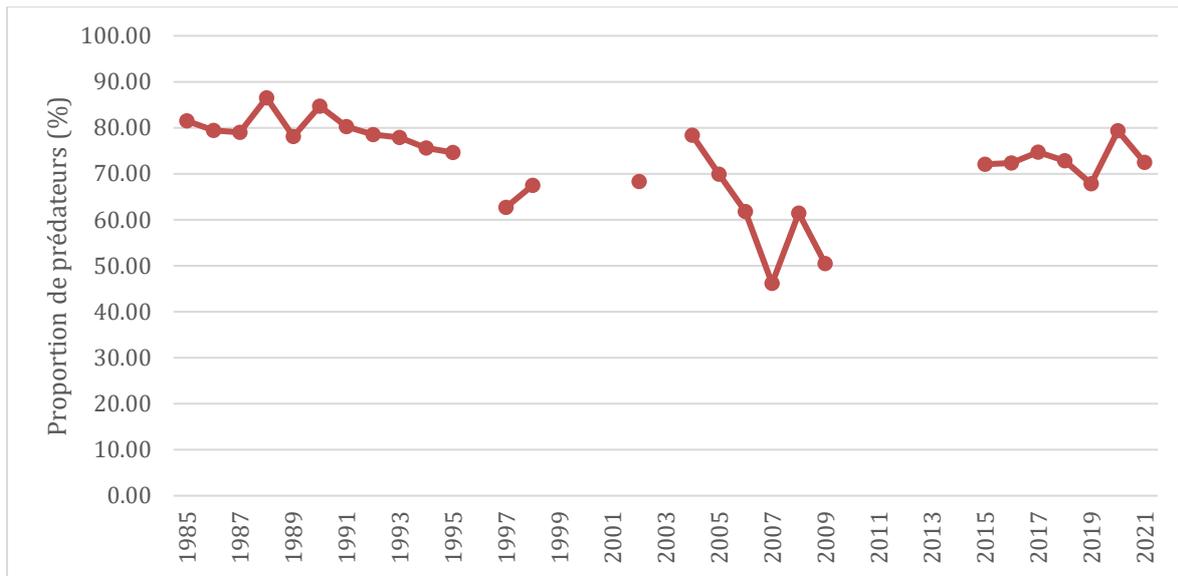


Figure 24. Evolution des proportions de prédateurs dans les communautés, de 1985 à 2021 en Guinée.

La proportion de prédateurs présente une tendance légère à la baisse. De 81,50 % en 1985, elle montre un seuil de 72,47 % en 2021 avec une relative stabilité de 1985 à 1995. De 1997 à 2019, c'est une variabilité forte et de 2015 à 2021, la variation en dents de scie s'impose (Fig. 24).

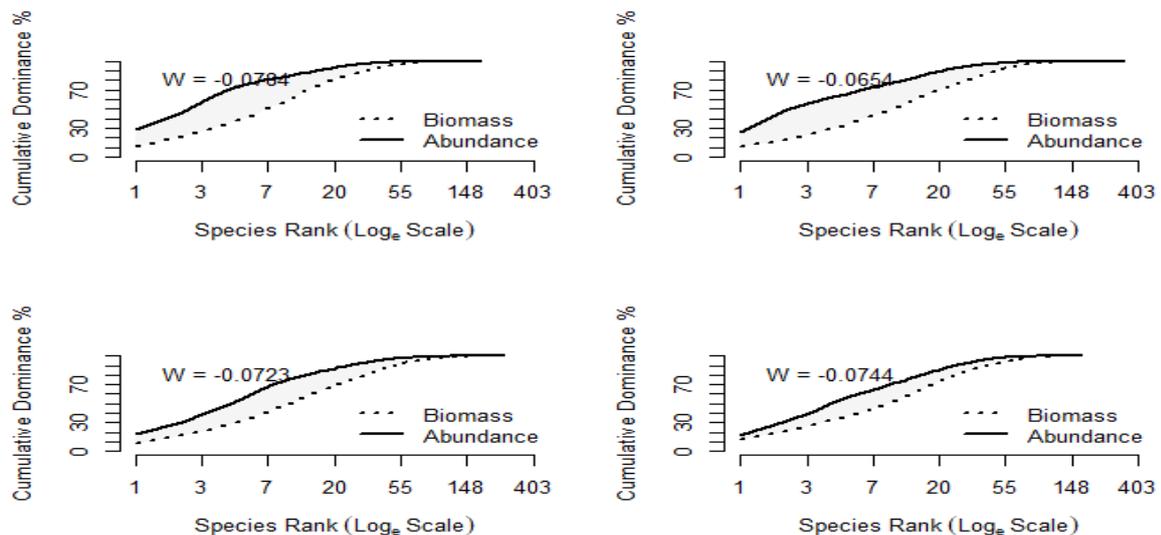


Figure 25 : Courbes de dominance de l'écosystème Guinéen par Décennie

Les courbes de dominances montrent les indices d'un écosystème stressé pour les premières décennies.

3.3.5. Statistiques de pêche

A l'analyse de la figure d'évolution des captures débarquées (Fig. 28), on note une hausse marquée des prises liées aux différentes catégories de pêches.

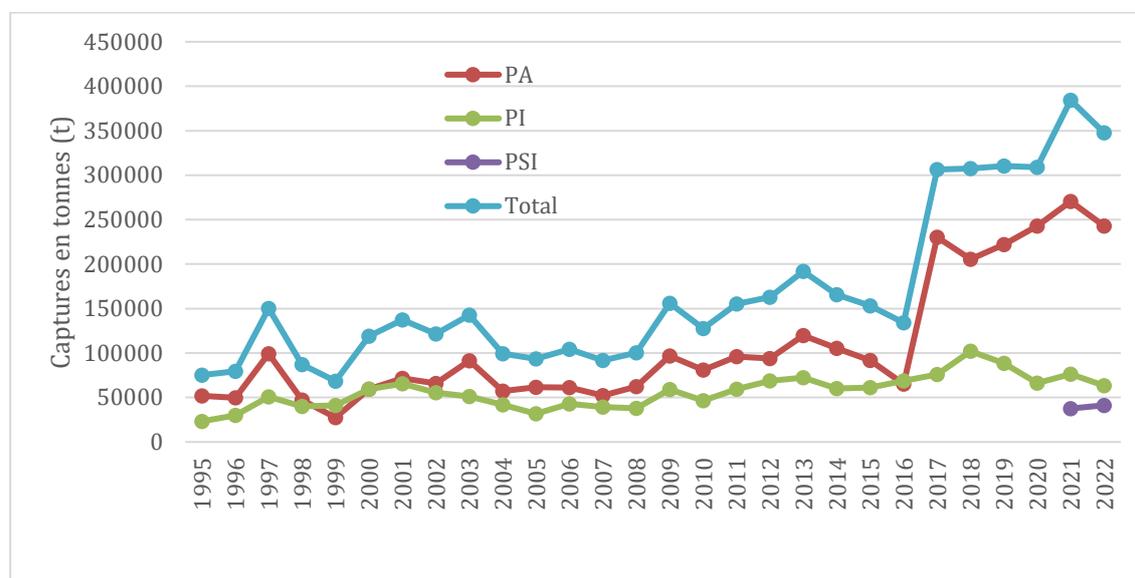


Figure 26 : Evolution des captures débarquées par pêcherie en Guinée sur la période 1995-2022

S'agissant des captures des différentes catégories de pêche, notons que les démersaux occupent la première place sur toute la période (1995 à 2020) avec des variations de 22 % en 2018 à 74 % en 2007, pour une moyenne de 63%. De 2017 à 2019, les petits pélagiques ont dépassé les démersaux en captures débarquées. Pourtant, sur ces trois années, c'est seulement 56 chalutiers (2017 et 2018) qui ont été autorisés à utiliser ces démersaux alors qu'en 2020, seulement 67 chalutiers ont été autorisés.

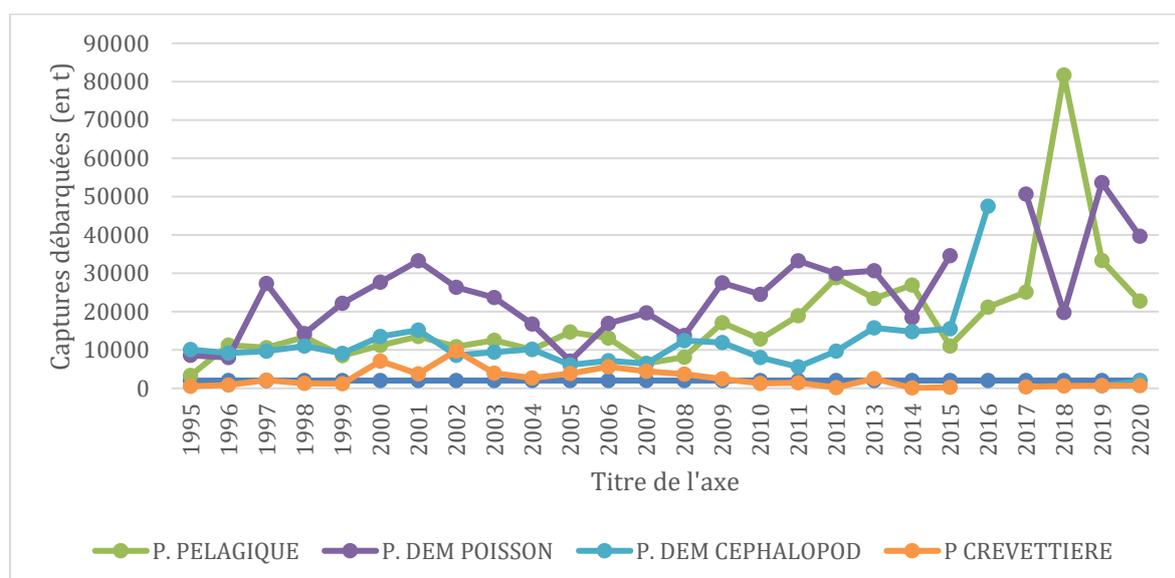


Figure 27 : Evolution des captures des différentes catégories de pêche

En Pêche Artisanale (PA), la Figure 28 montre une tendance à la hausse des captures débarquées depuis 1985 (figure 28).

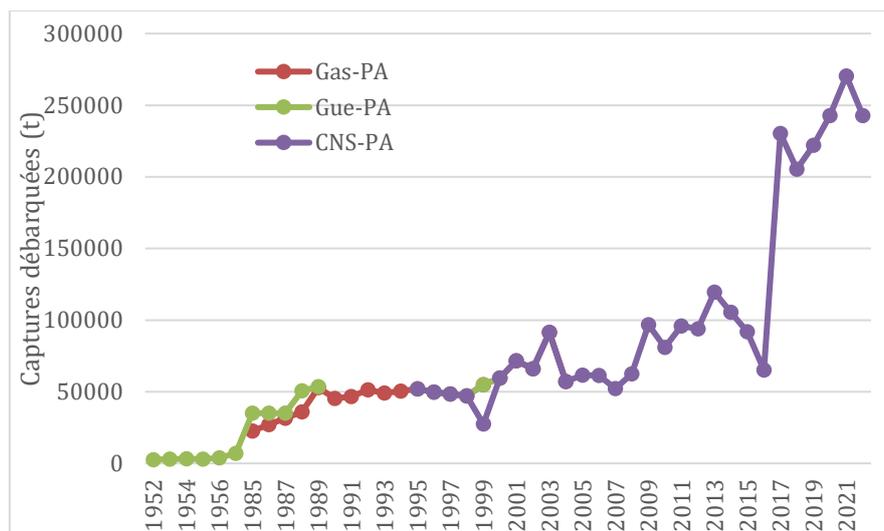


Figure 28. Evolution des captures débarquées par la pêche artisanale en Guinée entre 1952 et 2021.

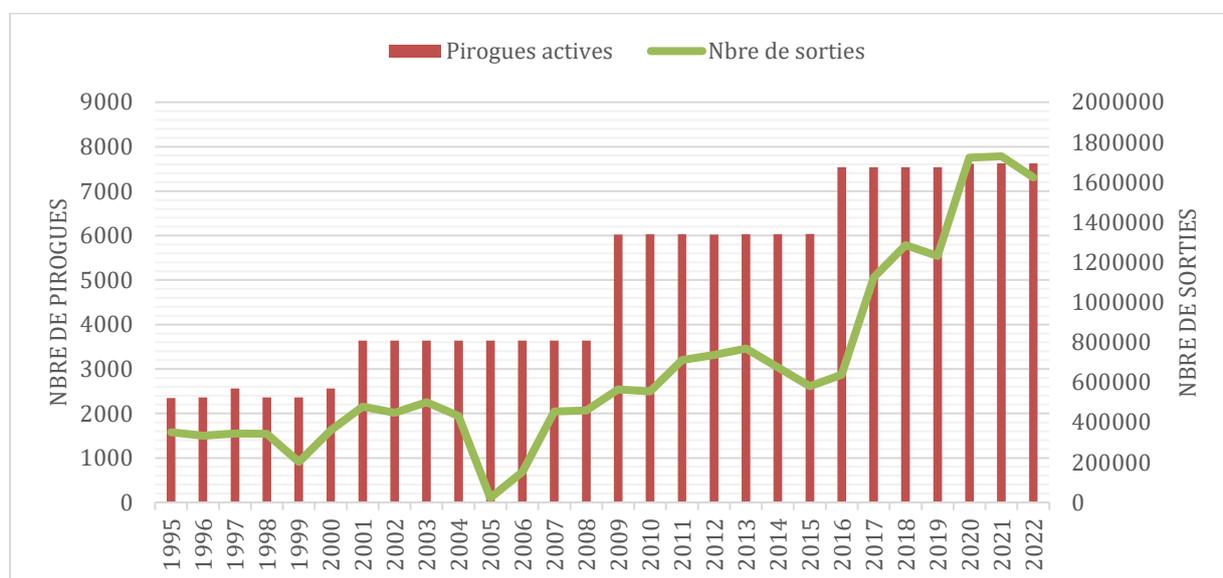


Figure 29 : Evolution des embarcations actives et du nombre de sorties

Le nombre de pirogues évolue de (2 343) en 1995 à 2016 où 7 538 ont été enregistrées pour atteindre 7 624 en 2022, avec près de 43% de motorisation et une augmentation considérable du nombre de sorties (Fig. 29).

Il convient de noter que différents recensements du parc piroguier ont été opérés en 2001, 2009 et 2016. Ces opérations se répercutent assez sur les captures enregistrées le long de la série.

Pour la pêche industrielle (PI), les statistiques officielles concernant la pêche industrielle commerciale débutent en 1995 et sont disponibles jusqu'en 2016 (par échantillonnage). Les années suivantes, c'est le Centre National de Protection et de surveillance des pêches CNSP qui fournit la totalité des statistiques industrielles au CNSHB. Les valeurs n'étant plus de même, le CNSHB sera obligé de continuer à échantillonner pour maintenir les ordres de grandeurs cohérentes (Fig. 30).

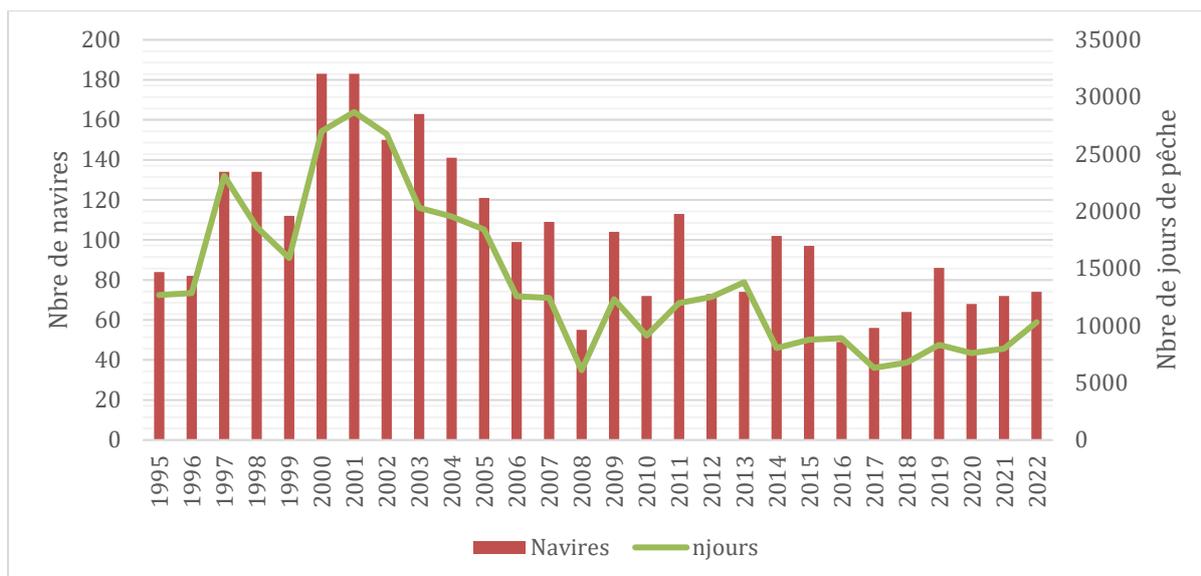


Figure30 : Evolution du nombre de navires et de jours de pêche

Le nombre de navire qui était de 84 en 1995 a augmenté pour atteindre 183 en 2000 et entamé une baisse depuis 2012 pour atteindre 74 en 2022 (Fig. 30). Le nombre de jours de pêches diminué également depuis 2003 où il a atteint 20 314 en continuant la chute jusqu'à 8920 en 2016 où l'échantillonnage a cessé.

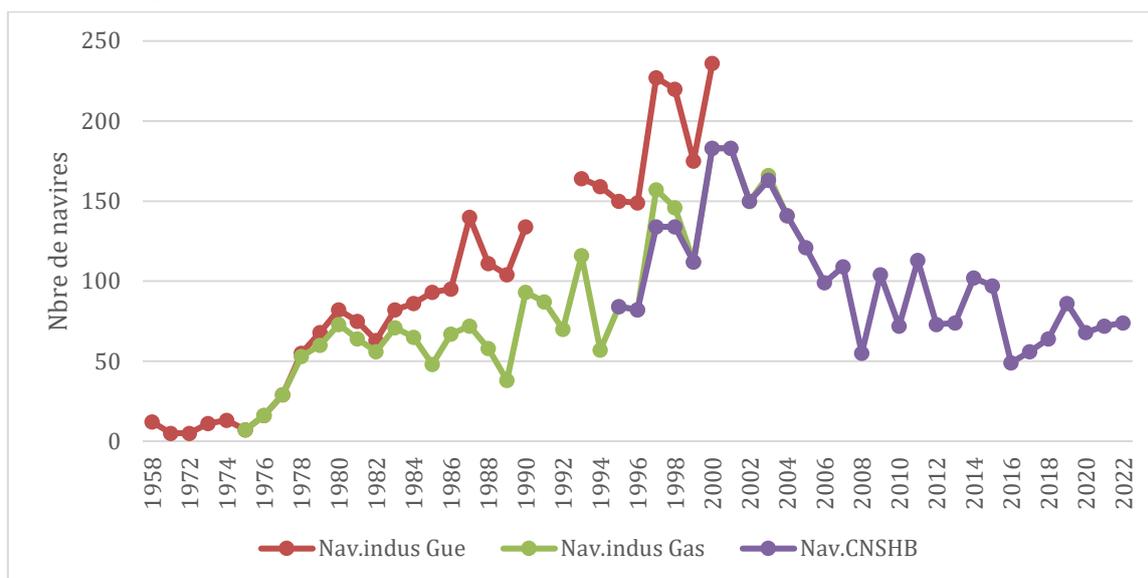


Figure 31 : Evolution du nombre de navires pêchant en Guinée entre 1958 et 2022.

L'analyse des statistiques officielles permet de constater que la pression de pêche s'est fortement accrue entre 1995 et 2006 pour osciller en dents de scie et atteindre 74 navires en 2022.

A l'analyse des données de la pêche commerciale industrielle, on observe une certaine diminution de jours de pêche depuis l'an 2013. De 12 676 jours en 1995 à 8 920 jours en 2016, puis 10 297 jours en 2022. Pour le nombre de navires alignés (sans les pélagiques et thoniers), trois périodes se distinguent :

- De 1995 à 2001 (de 84 en 1995, le pic est atteint à 183 en 2001).
- De 2002 à 2016 (Variations en dents de scies en direction d'une chute atteignant 49 en 2016).
- De 2017 à 2020, un accroissement s'est dessiné (56 navires en 2017 à 74 en 2022).

NB : Notons que le nombre de navires industriels alignés a diminué suite au retrait des chalutiers de l'UE en 2012.

Dans l'ensemble des deux (2) pêcheries et pour les différents auteurs, la tendance de la capture totale est à la hausse.

Dans les eaux guinéennes, une Pêche semi-industrielle existe actuellement (officiellement depuis 2017), mais le suivi des captures est assuré par la DNPM. L'effort nominal a existé de 1981 jusqu'en 2010 selon des sources (Belhabib et al., 2013).

L'existence de cette pêcherie crée et maintient assez des incertitudes autour des captures globales réalisées dans les eaux guinéennes dans la mesure où ce n'est que dans les bulletins de 2021 et 2022 que le nombre de navires et les captures réalisées sont indiqués. Ces données méritent d'être récapitulées de 1999 à 2020.

Il est important de souligner la baisse ou la diminution de l'effort de pêche industriel (du nombre de navires alignés et du nombre de jours de pêche par an) au profit de l'occupation de l'espace côtier (interdit aux chalutiers industriels) par les chalutiers chinois de la pêche semi-industrielle. Cette baisse de l'effort de pêche industriel peut être traduit par une stratégie de certains acteurs de la pêche qui considèrent la zone côtière guinéenne très riche, en termes de ressources en poissons.

Depuis l'instauration de l'interdiction de la pêche crevettière côtière, les chalutiers n'ayant plus la possibilité d'incursion dans cette zone ont trouvé un autre moyen d'envahir la zone en alignant _ de navires sous le label pêche semi-industriel.

Nous assistons réellement à un report d'effort de pêche industriel sur la pêche démersale semi-industrielle dont le nombre ne fait que croître dans les eaux Guinéenne.

Tableau 2. Nombre de navires pêchant dans la ZEE Guinéenne entre 1981 et 2022.

Année	Nombre de navires	Source
1981	1	Damiano (1999)
1982	1	Damiano (1999)
1983	1	Damiano (1999)
1984	1	Damiano (1999)
1985	2	Damiano (1999)
1986	5	Damiano (1999)
1987	7	Damiano (1999)
1988	12	Damiano (1999)
1989	17	Damiano (1999)
1990	11	Damiano (1999)
1991	9	Damiano (1999)
1992	11	Damiano (1999)
1993	16	Damiano (1999)
1995	10	CNSHB, unpub.data
1996	11	CNSHB, unpub.data
1997	10	CNSHB, unpub.data
1998	4	CNSHB, unpub.data
2002	18	Bah et al. (2002)
2003-2005	-	
2006	14	Richard et al. (2006)
2007-2009	-	
2010	14	Belhabib et al. (2013)
2011-2016	-	-
2017	-	-
2018-2020	-	-

2021	70	CNSHB, unpub.data
2022	50	CNSHB, unpub.data

L'existence de cette pêcherie crée et maintient assez d'incertitudes autour des captures globales réalisées dans les eaux Guinéennes dans la mesure où ce n'est que dans les bulletins de 2021 et 2022 que le nombre de navires et les captures réalisées sont indiqués (ces données méritent d'être récapitulées de 1999 à 2020).

Les captures commerciales montrent une tendance à la hausse depuis 1995 avec des variations interannuelles très élevées (Fig. 26). De 1995, avec des captures débarquées de l'ordre de 75 000 tonnes, après des variations enregistrées, elles représentent plus de 310 000 tonnes en 2020. Le premier pic se présente vers la fin de la période, en 2017 où plus de 308 00 tonnes ont été enregistrées comme captures débarquées qui se stabilisent jusqu'en 2020.

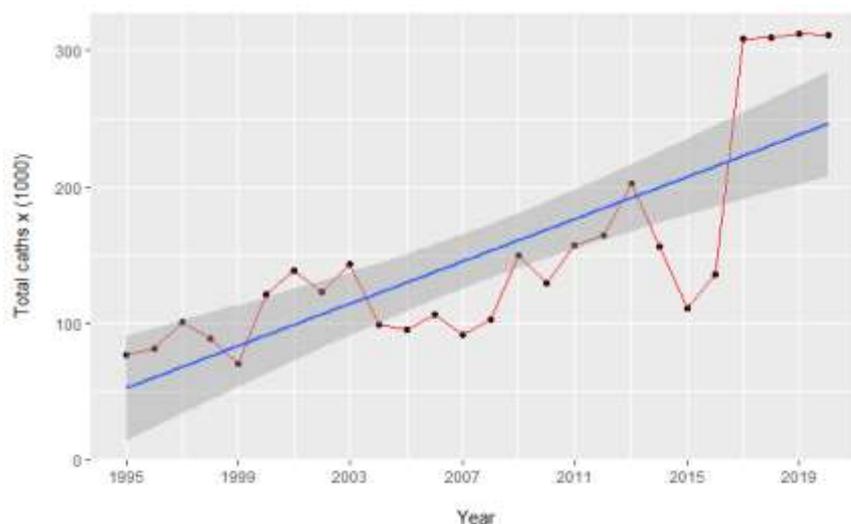


Figure 32. Evolution des captures débarquées en Guinée de 1995 à 2020.

Il convient de retenir que quelques incohérences dans les estimations des débarquements qui ont été trouvées dans les deux derniers bulletins statistiques (2021 et 2022) :

- Dans le bulletin de 2021, on retient que sur 37 615 tonnes de poissons, 36 589,6 tonnes sont des démersaux (pour 30 navires).
- Dans le bulletin 2022, les deux types de stocks ou d'organismes (pélagiques et démersaux) ont presque le même niveau de débarquements (20 838,2 tonnes de pélagiques et 20 436,6 tonnes de démersaux) pour respectivement 30 navires pélagiques et 20 navires démersaux.

A l'analyse de ces débarquements, on se rend à l'évidence que la plupart des navires ayant souscrit pour la pêche pélagique ne débarque que des poissons ou stocks démersaux.

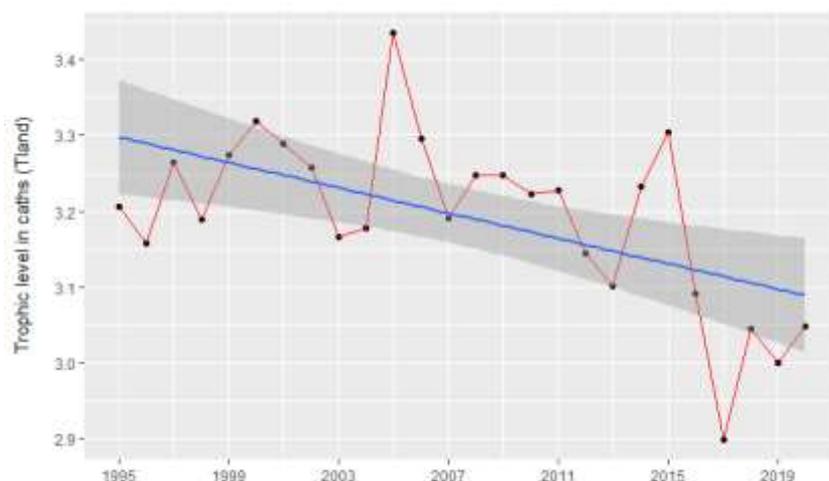


Figure 33. Evolution du niveau trophique des débarquements en Guinée, de 1995 à 2020.

Le niveau trophique des débarquements présente une tendance globale à la baisse (Fig. 33). De 3,21 en 1995, il représente 3,05 pour l'année 2020. La valeur la plus faible sur la période a été enregistrée en 2017 avec 2,9 et celle plus élevée de 3,44 a été obtenue en 2005 où des densités importantes de Gasteropodes (*Cymbium spp.*) et de Raies (*Dasyatis margarita*) et de Petit capitaine (*Galeoides decadactylus*) ont été enregistrées. Cette baisse a aussi été observée au niveau des communautés où en 1985, une valeur de 3,80 a été trouvée alors qu'en 2021, c'est 3,65.

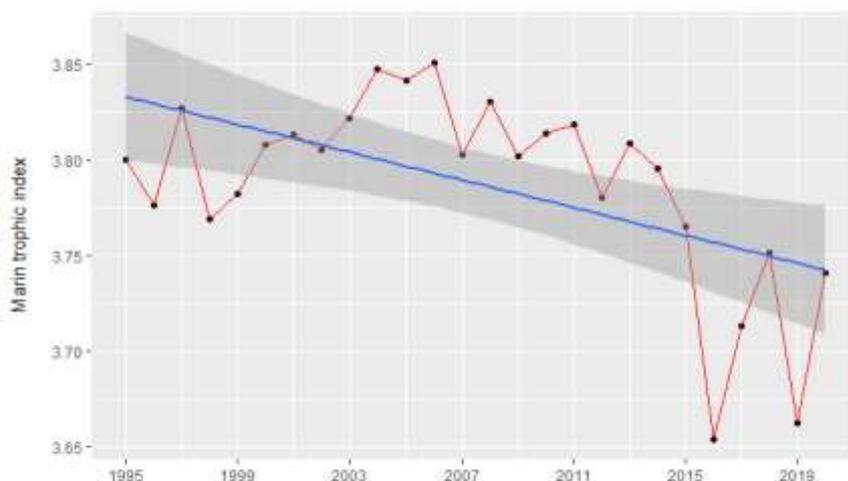


Figure 34. Evolution de l'Indice trophique marin en Guinée, de 1995 à 2020.

Les valeurs observées du MTI oscillent de 3,65 à 3,85 avec une moyenne 3,79. Sur la période d'étude, une tendance à la baisse s'affiche de 1985 avec 3,80 et 3,74 en 2020 (Fig. 34). Les valeurs les plus faibles ont été observées en 2016, 2017 et 2019.

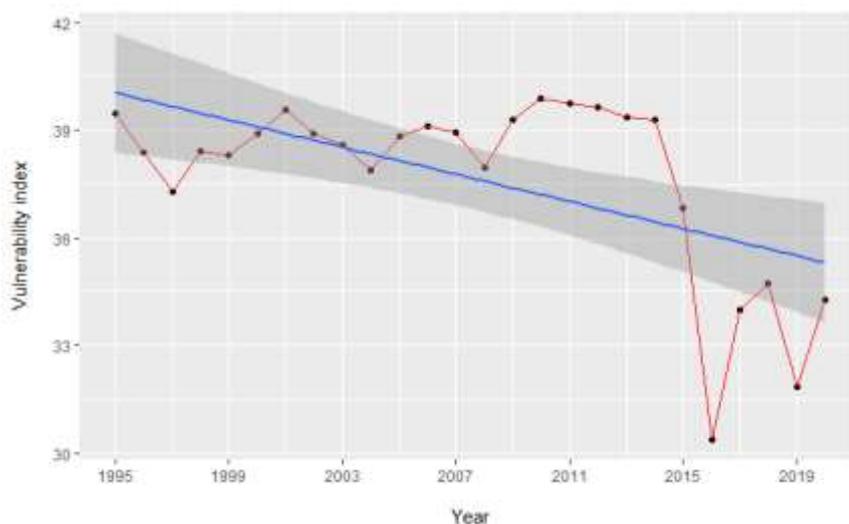


Figure 32. Evolution de l'indice de vulnérabilité intrinsèques des débarquements en Guinée, de 1995 à 2020.

Les indices de vulnérabilité des débarquements varient de 39,87 enregistrées en 2010 à 30,37 enregistrée 2016. Elle varie aussi d'une année à une autre (39,44 en 1995 et 34,28 en 2020) sur toute la période avec une tendance globale nette à la baisse.

De réelles incertitudes existent au niveau des captures totales réalisées annuellement dans la ZEE guinéenne à cause des mutations qui s'opèrent au niveau de la pêche semi-industrielle qui s'appelait au début de la collecte des statistiques, la pêche artisanale avancée. Plusieurs années se sont écoulées sans qu'on ne puisse voir les données de débarquement de cette pêcherie.

On assiste à un véritable report d'effort de la pêche commerciale industrielle par les navires de la pêche semi-industrielle dont le nombre ne fait que croître.

3.4. Région Ouest africaine

Cet approche par indicateurs a été développée dans le cadre du DEMERSTEM (WP4) pour répondre aux préoccupations pratiques liées à l'objectif de suivi des indicateurs de l'AEP, calculés de manière standardisée, en utilisant des données provenant de différentes sources disponibles en Afrique de l'Ouest.

Les deux premières composantes principales de l'ACP expliquent 33,38% (PC1) et 20,71% (PC2) de la variation totale de tous les indicateurs. Les indices de Piélou, de Shannon et de Simpson contribuent fortement à l'axe 1 (PC1, Figure 33a), alors que les indicateurs tels que la proportion de prédateurs, le niveau trophique et la durée de vie contribuent à l'axe 2 (PC2). Ceci démontre une distinction claire entre les indicateurs tels que les indices de Piélou, de Shannon et de Simpson et ceux qui représentent les indicateurs de l'homogénéité fonctionnelles.

Les résultats obtenus sur l'évaluation comparative des écosystèmes marins étudiés (i.e. les écosystèmes de Mauritanie, du Sénégal et de Guinée) ont montré que la structure fonctionnelle des écosystèmes côtiers étudiés est différente (Fig. 33b). L'écosystème mauritanien est caractérisé par une biomasse élevée, l'écosystème guinéen par de grands prédateurs et l'écosystème sénégalais par des espèces à courte durée de vie.

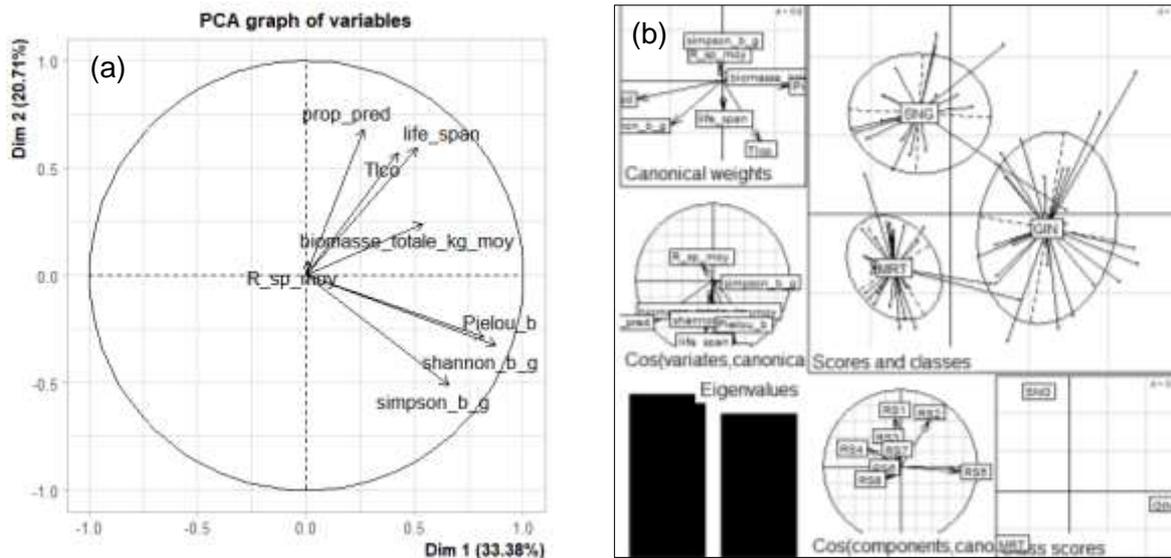


Figure 33. Cercle de corrélation de l'ACP montrant les vecteurs des indicateurs individuels de résilience à chaque niveau de regroupement fonctionnel et leurs contributions associées sur les premier et deuxième axes de l'ACP. La variance expliquée correspondante est indiquée entre parenthèses.

L'évaluation comparative des trois écosystèmes marins indique que la structure des écosystèmes ouest-africains est différente, ce qui prouve des différences de niveaux d'exploitation selon le système de gestion des pêches. Les résultats de l'analyse des indicateurs montrent un état relativement stable de la biomasse et de la biodiversité dans la zone ouest africaine.

La biomasse de l'écosystème Mauritanien est plus élevée, sur les dernières décennies (Fig. 34a). Pour l'écosystème sénégalais, on note une tendance nette à la diminution de la biomasse. En Guinée, on note également une diminution de la biomasse. Quant au niveau trophique des communautés, les écosystèmes mauritanien et guinéen présentent une certaine stabilité (Fig. 34b). Pour l'écosystème sénégalais, le niveau trophique reste faible comparé aux autres écosystèmes avec une tendance à la baisse. Au Sénégal et en Mauritanie, la richesse spécifique est plus élevée (Fig. 34c), alors qu'en Guinée elle est relativement faible. L'écosystème guinéen est caractérisé par une abondance de prédateurs (Fig. 34d).

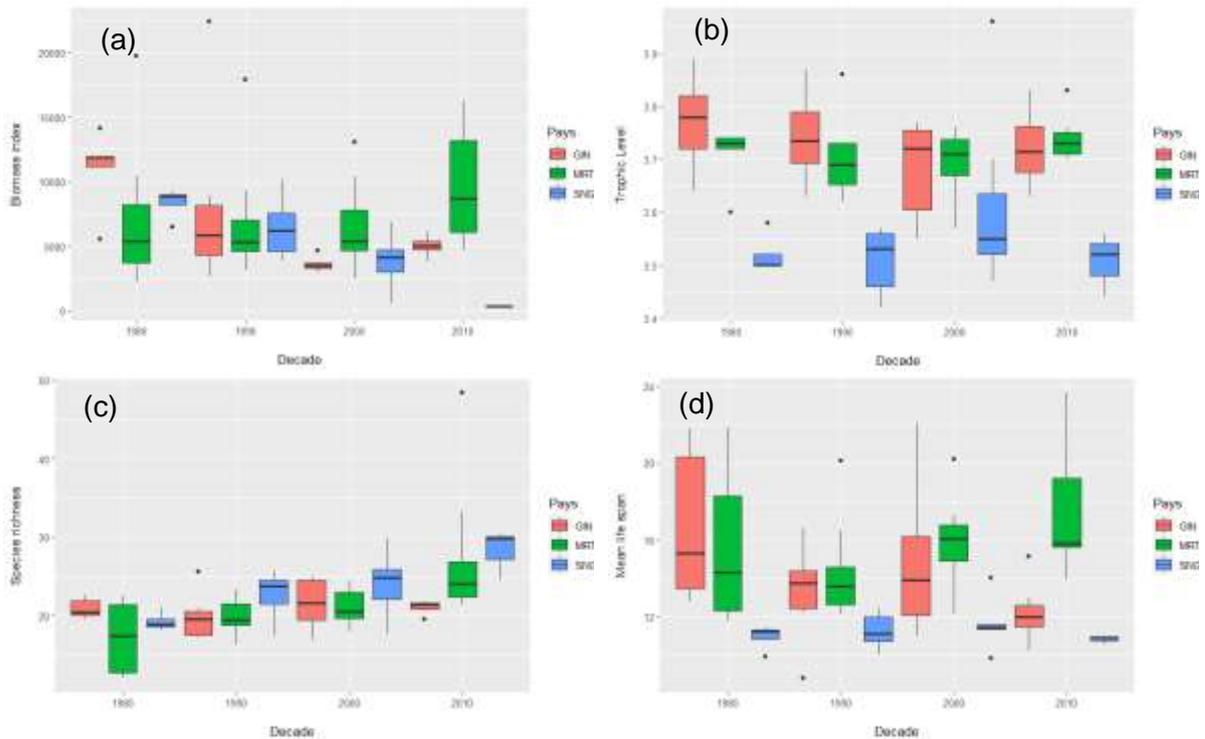


Figure 34. Boxplots des indicateurs de résilience pour chaque écosystème suivant les décennies. (a) indice de biomasse, (b) et niveau trophique, (c) richesse spécifique et (d) durée de vie moyenne des communautés.

3. Conclusion

Il est connu de tous les scientifiques que la perte de la biodiversité s'accélère à travers le monde entier (Butchart et al., 2010 ; Cardinale et al., 2012). Il est donc important d'améliorer notre compréhension de la manière dont la biodiversité renforce la résilience écologique et garantit l'intégrité et la stabilité des écosystèmes ouest africains face au changement mondial.

En Mauritanie, le diagnostic de l'écosystème révèle les faits marquants suivants : une tendance globale à l'augmentation de la biomasse au cours du temps, une diminution du stress des communautés au cours de la dernière décennie, une stabilité du niveau trophique et de la durée de vie moyenne des communautés, et une diminution de la proportion de prédateurs. Par exemple, l'indice de biomasse annuel a varié entre 500 kg/km² en 1997 et 1000 kg/km² en 2009 avec une tendance globale à l'augmentation sur le long terme. Quant à la durée de vie moyenne et le niveau trophique de la communauté, ils montrent des fluctuations interannuelles sans tendance apparente. En revanche, la proportion de prédateurs a diminué au cours de la période étudiée. La richesse moyenne des espèces est restée relativement stable depuis 1990. Les indices de biodiversité ont fluctué et présentent des tendances différentes.

Au Sénégal, la plupart des indicateurs de biodiversité et de conservation diminuent avec le temps. L'écosystème marin sénégalais est globalement surexploité. A titre illustratif, la biomasse varie d'une année à l'autre avec une tendance nette à la baisse sur la période 1986-2016. La durée de vie moyenne et le niveau trophique de la communauté ont montré des tendances à la baisse au cours de la période. Les indices de diversité sont très variables d'une année à l'autre et relativement stables sur la période 1980-2018. L'augmentation de la pression de pêche et des captures se traduit par des tendances différentes des indicateurs basés sur les données de pêche : augmentation de l'indice trophique marin et diminution du niveau trophique et de la vulnérabilité intrinsèque. Le niveau trophique moyen a diminué au cours des quatre décennies, reflétant ainsi une diminution globale des captures des stocks de poissons démersaux ainsi que la diminution globale de la biomasse de ces ressources dans l'écosystème. Sur la période 1980-2010, le ratio débarquements/biomasse montre une tendance générale à la hausse, reflétant l'augmentation globale des captures d'espèces à courte durée de vie (sardinelles et poulpes) et la diminution de la biomasse des stocks de poissons démersaux. Par conséquent, l'écosystème du plateau sénégalais a montré des signaux contradictoires, avec certains

indicateurs écologiques en hausse et d'autres en baisse significative (Coll et al., 2016). L'écosystème semble aujourd'hui caractérisé par un état relativement stable mais certainement appauvri. Cette stabilité explique plus ou moins la stagnation des indicateurs écologiques au cours des deux dernières décennies.

En Guinée, la biomasse varie d'une année à l'autre, avec une tendance à l'augmentation depuis 2008. Le niveau trophique et la durée de vie des communautés sont en légère baisse avec une forte variabilité interannuelle. Les indices de diversité sont très variables d'une année sur l'autre, avec de légères tendances sur la période. Les courbes de dominance indiquent que les communautés sont stressées. Les débarquements et l'indice trophique marin augmentent au cours de la période 1995-2016. Par contre, les niveaux trophiques ont une tendance à la baisse. On observe une augmentation de la biomasse des ressources démersales depuis 2008, après une décennie de diminution de la biomasse de certaines ressources démersales, en particulier les ressources côtières. L'écosystème marin semble toujours être stressé (courbes de dominance) probablement à cause de la pression de pêche (TL_landings).

À l'échelle de la région ouest-africaine, la biomasse et la biodiversité des écosystèmes sont relativement stables. L'analyse des résultats recommande la mise en œuvre d'une gestion écosystémique des pêches qui respecte la durabilité des ressources et l'état de santé des écosystèmes en Afrique de l'Ouest. Nous devons également garder à l'esprit que nous manquons d'informations sur les autres impacts causés par la pollution et le changement climatique. Cette étude montre que l'analyse des indicateurs fournit des pistes potentielles qui pourraient être utiles pour la mise en œuvre d'une approche écosystémique de la pêche (AEP) en Afrique de l'Ouest.

4. Références

- Anonyme 2006. Rapport final de l'étude de l'évaluation et de la gestion des ressources halieutiques en République du Sénégal. Programme de recherche sénégalais-japonais. DPM/CRODT/OAFIC/JICA, document de 290 p.
- Aristegui, J., Sangrá, P., Hernández-León, S., Cantón, M., Hernández-Guerra, A., Kerling, J.L. 1994. Island-induced eddies in the Canary Islands. *Deep Sea Res.* I, 41: 1509-1525.
- Barry M.D., Thiao D., Ndaw S. 2002. Les statistiques de la pêche maritime sénégalaise dans la base régionale StatBase, Actes du symposium international, Dakar (Sénégal), 24-28 juin 2002. 25-36.
- Barton, E. D., Aristegui, J., Tett, P., Cantón, M., Garcia-Braun, J., Hernández-León, S., ... Ballesteros, S. 1998. The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Prog. Oceanogr.*, 41 :455–504.
- Belhabib, D., Koutob, V., Sall, A., Lam, V. W. Y., Pauly, D. 2014. Fisheries catch misreporting and its implications: The case of Senegal. *Fish. Res.*, 151: 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.fishres.2013.12.006>
- Belhabib, D., Doumbouya, A., Diallo, I., Traore, S., Camara, Y., Copeland, D., Gorez, B., Harper, S., Zeller, D. and Pauly, D. 2013. Guinean fisheries, past, present and... future? pp 91-104. In: Belhabib, D., Zeller, D., Harper, S. and Pauly, D. (eds.), *Marine fisheries catches in West Africa, 1950-2010, part I. Fisheries Centre Research Reports 20 (3)*. Fisheries Centre, University of British Columbia, Canada [ISSN 1198-6727].
- Butchart, Collen, B., Van Strien, A., Nat, C., Bruno, J., Chanson, J., Galloway, J. N., and Genovesi, P. 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 328: 1164-1168.
- Camara M.L. 2016. Biodiversité taxonomique et fonctionnelle des assemblages de poissons de Guinée et son évolution sous l'effet de la pêche. Thèse de Doctorat Université de Montpellier, 320 p. Ecole Doctorale : GAIA - Biodiversité, Agriculture, Alimentation, Environnement, Terre, Eau Spécialité : EFSA - Écologie Fonctionnelle et Sciences Agronomiques.
- Camara M.L., Mérigot B., Leprieur F., Tomasini JA, Diallo I, Diallo M. and Jouffre D. Structure and dynamics of the marine fish assemblages on the Guinean continental shelf over three decades of increasing fishing pressure (1985-2012) 2016 - *African Journal of Marine Science*. 1–18.
<http://dx.doi.org/10.2989/1814232X.2016.1179219>
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., Narwani, A. et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486 : 59–67.
<https://doi.org/10.1038/nature11148>.Access.
- Cheung W.W.L., Pitcher T.J., Pauly D. 2005. A fuzzy logic expert system to estimate intrinsic extinction vulnerability of marine fishes to fishing. *Biol Conserv* 124:97–111.
- Cheung, WWL., Pitcher, T.J., Pauly, D. 2007. Using an expert system to evaluate vulnerabilities and conservation risk of marine fishes from fishing. In AP. Lipshitz (Ed.), *New Research on Expert System* Nova Science Publishers.
- Cheung W.R., Watson L., Morato R.T., Pitcher T.J., Pauly D., 2007. Intrinsic vulnerability in the global fish catch. *Marine Ecology Progress Series*. 333: 1- 12.
- Curry, N. 2008. Leisure in the landscape: rural incomes and public benefits, in A. Bonn, T. Allott, K. Hubacek and J. Stewart (eds) *Drivers of Environmental Change in Uplands*, Routledge, Abingdon, pp277-290
- Damiano A. 1999. La pêche artisanale avancée In Domain, F., Chavance, P., & Diallo, A. (1999). *La pêche côtière en Guinée : ressources et exploitation*. IRD Eds.
- Dickey-Collas, M., Nash, R. D. M., Brunel, T., Van Damme, C. J. G., Marshall, C. T., Payne, M. R., Corten, A. et al. 2010. Lessons learned from stock collapse and recovery of North Sea herring: a review. *ICES Journal of Marine Science*, 67: 1875–1886.
- Domain F. 1989. Rapport des campagnes de chalutage du N.O. André Nizery dans les eaux de la Guinée de 1985 à 1988. Doc. Scient. Centre Rech. Halieut. Boussoira (CRHB), Conakry, Guinée. 81 p.
- Domain F., Diallo I., Doumbouya C., Inejih C., Traoré S. 2002. Rapport de la campagne d'évaluation des ressources démersales du N/O Al Awam en Guinée (29 septembre-21 octobre 2002), 19 p.

- El Vadhel H., Meissa B., El Valy Y.Y. 2020. Principaux résultats des campagnes de suivi de ressources démersales de 1982 à 2019. Rapport technique, IMROP, Nouadhibou, Mauritanie. 24 p.
- Failler, P. 2014. Climate variability and food security in Africa: the case of small pelagic fish in West Africa. *Journal of Fisheries Livestock Production*, 2014.
- Fall M. 2009. Pêche démersale côtière au Sénégal – Essai de modélisation de la dynamique de l'exploitation des stocks. Thèse de doctorat, Ecologie Fonctionnelle, Formation Doctorale : Fonctionnement des Ecosystèmes Naturels et Cultivés, Ecole Doctorale : S.I.B.A.G.H.E. 231 p.
- Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2023).
- Grosslein M.D., Laurec A. 1982. Bottom trawl surveys: design, operation and analysis. Rome, FAO, 25 p., CEECAF/ECAF Series/81/22 (En).
- Hill M.O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.
- Jouffre, D., Domalain, G., Thiam, D., Traoré, S., Caverivière, A., Domain, F., and Inejih, C. (2004). Communautés démersales d'Afrique de l'Ouest 1987-1999 : Changements de répartition et de composition spécifique, observés par chalutages scientifiques. Actes du Symposium international : "Pêcheries maritimes, écosystèmes et sociétés en Afrique de l'Ouest : un demi-siècle de changement. Dakar, 22-24 juin 2002." , Rapport de Recherche Halieutique ACP-UE.
- Jouffre D., Thiaw M.; Diallo I., Tfeil B., Ndiaye M., Demarcq H., Estimation d'indicateurs écosystémiques à partir des données de campagnes scientifiques et de statistiques de pêche pour évaluer l'état des écosystèmes côtiers exploités en Afrique de l'Ouest: Partie I - Démarche méthodologique. Delivrable Projet PESCAO-DEMERSTEM, Document scientifique UE (Bruxelles) : 41pPalomares, M.L.D. and D. Pauly. Editors. 2023. SeaLifeBase. World Wide Web electronic publication. www.sealifebase.org, version (04/2023).
- Jouffre D., Diallo I., Demarcq H., Diop K., Camara M. L., Badji L., Ndiaye P. and Diouf K. 2015 - Indicators for an ecosystem Approach to the management of fisheries and the marine environment in West Africa waters: a review of the IndiAWA experience, advancement and perspectives. in Book of Abstract of ICAWA 2015: 2nd International Conference on "Ecosystem Approach to the management of fisheries and the marine environment in West Africa waters, (17-19 nov 2015, Dakar) The AWA project Trilateral German-french-African Reserach initiative, CSRP, Dakar, Sénégal.
- Jouffre D., Diallo I., Demarcq H., Diop K., Camara M. L., Badji L., Ndiaye P., Diouf K., Ba K., Beyah M. H., Beibou E. Correia S., Da Cruz E., Famara D., Intchama J., Kouassi A. M., Mbye E. M., Monteiro I., Okpeitcha V., Robalo H., Santos C., Senghor D., Tape J., Thiaw M., Zohou Z., Brochier T. and Brehmer P. - 2016. Ecosystem Approach to the Management of Fisheries and Marine Environment in West-Africa: the Indiawa Network - Poster communication at the 7th World Fisheries Congress, 23-27 May 2016 Busan Korea. in Book abstracts 7WFC, www.wfc2016.or.kr, P03-32 pp: 871-872.
- Pauly D., Watson R. 2005. Background and interpretation of the 'Marine Trophic Index' as measure of biodiversity. March 2005 *Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences* 360(1454):415-23.
- Thiaw M., 2010. Dynamique des ressources halieutiques à durée de vie courte : cas des stocks de poulpe et de crevettes exploités au Sénégal. Thèse de Doctorat, Agrocampus Ouest, Rennes, France, 215 p.
- Rickels, W., Weigand, C., Grasse, P., Schmidt, J., and Voss, R. (2019). Does the European Union achieve comprehensive blue growth? Progress of EU coastal states in the Baltic and North Sea, and the Atlantic Ocean against sustainable development goal 14. *Marine Policy*, 106: 103515. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103515>
- Shin Y-J, Shannon LJ, Bundy A, Coll M, Aydin K, Bez N, Blanchard JL, Borges MF, Diallo I, Diaz E, Heymans JJ, Hill L, Johannesen E, Jouffre D, Kifani S, Labrosse P, Link JS, Mackinson S, Masski H, Möllmann C, Neira S, Ojaveer H, Ould Mohammed Abdallahi K, Perry I, Thiao D, Yemane D, Cury PM (2010) Using indicators for evaluating, comparing and communicating the ecological status of exploited marine ecosystems Part 2: Setting the scene *ICES J Mar Sci* 67: 692-716.

- Shannon L.J., Coll M., Yemane D., Jouffre D., Neira S., Bertrand A., Diaz E., and Shin Y.J., 2010. Comparing data-based indicators across upwelling and comparable systems for communicating ecosystem states and trends. - *ICES Journal of Marine Science*, 67: 807-832.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Jeremy, S., Costello, C., Fogarty, M. J. et al. 2009. Rebuilding global fisheries. *Science*, 325: 578–585.

5. Annexes

Annexe 1. Résumé des campagnes réalisées en Mauritanie

Code_campagne	Annee	Saison	Nbre jours	Mois	ProfondMin	ProfondMax	Nbre Stations
ND8201D	1982	Sèche	64	02	10	95	100
ND8205D	1982	Sèche	4	06	10	94	28
ND8207D	1982	Pluvieuse	52	08	10	97	90
ND8301D	1983	Sèche	8	02	10	98	57
ND8303D	1983	Sèche	7	04	10	96	55
ND8308D	1983	Pluvieuse	7	09	100	94	50
ND8310D	1983	Sèche	7	12	100	96	51
ND8403D	1984	Sèche	5	04	100	95	52
ND8609D	1986	Pluvieuse	17	09	10	95	69
ND8610T	1986	Pluvieuse	7	10	140	330	19
ND8307T	1987	Pluvieuse	4	08	103	95	16
ND8703D	1987	Sèche	24	03	100	96	67
ND8703T	1987	Sèche	5	03	180	300	16
ND8709D	1987	Pluvieuse	13	09	105	98	84
ND8803D	1988	Sèche	32	03	10	97	90
ND8809D	1988	Pluvieuse	14	09	10	98	88
ND8903D	1989	Sèche	37	03	10	98	96
ND8904D	1989	Sèche	2	04	118	90	17
ND8906D	1989	Sèche	2	06	105	96	20
ND8908D	1989	Pluvieuse	11	08	100	98	91
ND8909D	1989	Pluvieuse	11	09	104	99	90
ND8912D	1989	Sèche	11	12	10	95	89
ND9003D	1990	Sèche	11	03	10	96	93
ND9103D	1991	Sèche	12	03	10	98	89
ND9108D	1991	Pluvieuse	13	08	10	99	118
ND9206D	1992	Sèche	14	06	10	99	119
ND9307D	1993	Sèche	11	06	10	95	96
ND9312D	1993	Sèche	11	12	100	98	86
ND9403D	1994	Sèche	10	03	10	97	86
ND9406D	1994	Sèche	9	06	10	96	93
ND9409D	1994	Pluvieuse	10	09	10	95	89
ND9506D	1995	Sèche	9	06	10	98	91
ND9601D	1996	Sèche	12	01	10	97	89
ND9605D	1996	Sèche	10	05	10	97	86
ND9612D	1996	Sèche	9	12	10	96	65
AW9710D	1997	Pluvieuse	12	10	10	98	90
AW9804D	1998	Sèche	11	04	10	98	86
AW9807D	1998	Pluvieuse	8	07	100	90	57
AW9810D	1998	Pluvieuse	12	10	10	97	90
AW9812D	1998	Sèche	9	12	10	96	67
AW9904D	1999	Sèche	18	04	100	98	96
AW9906D	1999	Sèche	15	06	100	99	87
AW9910D	1999	Pluvieuse	16	10	104	96	99
AW9912D	1999	Sèche	11	12	100	98	85
AW0003D	2000	Sèche	37	03	100	99	137
AW0007D	2000	Pluvieuse	15	07	10	98	96
AW0009D	2000	Pluvieuse	32	09	10	97	182
AW0011D	2000	Sèche	32	11	10	99	85
AW0104D	2001	Sèche	31	04	10	94	197
AW0109D	2001	Pluvieuse	30	09	10	98	177
AW0112d	2001	Sèche	10	12	100	99	80
AW0203d	2002	Sèche	6	03	10	81	21
AW0212D	2002	Sèche	34	12	100	95	77
AW0304D	2003	Sèche	14	04	100	95	114
AW0402D	2004	Sèche	26	02	10	98	101
AW0410D	2004	Pluvieuse	16	10	112	99	89
AW0505D	2005	Sèche	16	05	101	97	88
AW0512D	2005	Sèche	11	12	100	98	98
AW0604D	2006	Sèche	23	04	10	96	109

AW0707D	2007	Pluvieuse	15	07	10	99	100
AW0709D	2007	Pluvieuse	13	09	100	99	102
AW0804D	2008	Sèche	15	04	10	99	96
AW0810D	2008	Pluvieuse	14	10	10	99	111
AW0912D	2009	Sèche	5	12	100	94	31
AW1004D	2010	Sèche	36	04	100	98	116
AW1010D	2010	Pluvieuse	15	10	10	98	117
AW1105D	2011	Sèche	18	05	10	98	109
AW1109D	2011	Pluvieuse	9	09	102	99	103
AW1203D	2012	Sèche	15	03	10	97	116
AW1405D	2014	Sèche	47	05	100	97	101
AW1503D	2015	Sèche	18	03	10	99	118
AW1604D	2016	Sèche	29	04	105	98	99
AW1612D	2016	Sèche	11	12	100	98	93
AW1706D	2017	Sèche	15	06	10	99	101
AW1711D	2017	Sèche	19	11	10	98	100
AW1810D	2018	Pluvieuse	13	10	10	98	110
AW1903D	2019	Sèche	0	03	31	31	1

Annexe 2. Résumé des campagnes réalisées au Sénégal

Code campagne	Saison	Annee	Nbre jours	Profond. min	Profond. max	Nbre Stations
LS1986-14	Saison chaude	1986	15	11	166	99
LS1987-09	Saison froide	1987	20	11	191	103
LS1987-17	Saison chaude	1987	16	11	159	99
LS1988-06	Saison froide	1988	22	12	156	96
LS1989-05	Saison froide	1989	19	11	200	103
LS1989-12	Saison chaude	1989	15	11	196	94
LS1990-02	Saison froide	1990	25	11	164	100
LS1991-02	Saison froide	1991	16	11	162	97
LS1992-03	Saison froide	1992	18	11	149	104
LS1992-10	Saison chaude	1992	17	11	182	103
LS1993-01	Saison froide	1993	35	11	158	104
LS1994-03	Saison froide	1994	16	11	195	99
LS1995-05	Saison froide	1995	19	11	155	98
YK03-97	Saison chaude	1997	18	12	196	66
YK01-98	Saison froide	1998	25	12	189	69
YK01-99	Saison froide	1999	23	11	196	74
2001_ID_01	Saison froide	2001	85	11	193	194
2001_ID_02	Saison chaude	2001	39	11	183	200
2002_ID_04	Saison froide	2002	10	75	196	9
2003_ID_04	Saison froide	2003	10	12	165	92
2004_CROJIC1	Saison froide	2004	27	11	180	76
2004_CROJIC2	Saison chaude	2004	25	11	177	74
2005_ID_2	Saison chaude	2005	15	12	155	58
2008_SAGPS-1	Saison froide	2008	13	13	195	74
2008_SAGPS-3	Saison chaude	2008	15	11	188	77
2009_AGC-1	Saison chaude	2009	5	11	169	25
ADUPES_1	Saison froide	2014	12	12	164	72
ADUPES_2	Saison chaude	2014	4	91	166	5
ADUPES_3	Saison chaude	2014	23	14	195	70
ADUPES_4	Saison chaude	2014	3	95	172	6
ADUPES_4	Saison froide	2014	0	153	153	1
ADUPES_5	Saison froide	2015	12	14	172	76
ADUPES_6	Saison froide	2015	3	166	171	3
ADUPES_7	Saison chaude	2015	50	15	193	75
ADUPES_8	Saison chaude	2015	3	168	178	5
ADUPES_9	Saison froide	2016	12	15	183	70

Annexe 3. Résumé des campagnes réalisées en Guinée

Année	Campagnes	Saison	Mois	Stations	Prof. min	Prof. max
1985	1985-03-DMAN	Saison sèche	3	81	7	28
	1985-10-DMAN	pluvieuse	10	80	5	22
1986	1986-03-DMAN	Saison sèche	3	90	5	38
	1986-10-DMAN	pluvieuse	10	80	6	22
1987	1987-11-DMAN	Saison sèche	11	79	6	25
1988	1988-04-DMAN	Saison sèche	04	88	5	24
	1988-09-DMAN	pluvieuse	09	90	6	25
1989	1989-09-DMAN	Saison pluvieuse	09	75	5	24
	1989-11-DMAN	sèche	11	76	5	20
1990	1990-04-DMAN	Saison sèche	04	25	5	20
	1990-07-DMAN	pluvieuse	07	65	4	24
1991	1991-01-DMAN	Saison sèche	01	65	4	25
	1991-03-DMAN	Pluvieuse	03	80	4	21
	1991-06-DMAN		06	80	5	27
	1991-09-DMAN		09	80	5	27
	1991-11-DMAN		11	69	4	27
1992	1992-01-DMAN	Saison pluvieuse	01	80	5	27
	1992-04-DMAN		04	80	5	100
	1992-10-DMAN		10	164	8	225
1993	1993-02-DMAN	Saison sèche	02	159	8	190
	1993-05-DMAN	Saison sèche	05	156	10	177
1994	1994-05-DMAN	Saison sèche	05	57	12	195
1995	1995-02-DMAN	Saison sèche	02	96	5	30
1997	1997-03-DMAT	Saison sèche	03	110	6	51
	1997-09-DMAT	pluvieuse	09	95	7	39
1998	1998-09-DMAT	Saison pluvieuse	09	91	7	41
2002	2002-09-DMAW	Pluvieuse	09	120	4	556
2004	2004-12-DMGLC	Saison sèche	12	74	4	31
2005	2005-01-DMGLC	Saison sèche	01	22	10	43
2006	2006-04-DMGLC	Saison sèche	04	108	5	80
2007	2007-11-DMGLC	Saison sèche	11	116	4	55
2008	2008-03-DMGLC	Saison sèche	03	119	5	166
2009	2009-04-DMGLC	Saison sèche	04	39	6	42
2012	2012-01-DMGLC	Saison sèche	01	47	6	32
2015	2015-02-DMGLC	Saison sèche	02	119	7	179
2016	2016-05-DMGLC	Saison sèche	05	118	5	192
2017	2017-05-DMGLC	Saison sèche	05	121	-	-
2018	2018-05-DMGLC	Saison sèche	05	115	5,3	150,8
2019	2019-06-DMGLC	Saison pluvieuse	06	69	5,6	41,2
2020	2020-09-DMGLC	Saison pluvieuse	09	113	7	78,5
2021	2021-06-DMGLC	Saison pluvieuse	06	80	7,2	74,5

Annexe 4. Description des données utilisées dans les indicateurs calculés.

Année	Nombre de navires	Source
1981	1	Damiano (1999)
1982	1	Damiano (1999)
1983	1	Damiano (1999)
1984	1	Damiano (1999)
1985	2	Damiano (1999)
1986	5	Damiano (1999)
1987	7	Damiano (1999)
1988	12	Damiano (1999)
1989	17	Damiano (1999)
1990	11	Damiano (1999)
1991	9	Damiano (1999)
1992	11	Damiano (1999)
1993	16	Damiano (1999)
1995	10	CNSHB, unpub.data
1996	11	CNSHB, unpub.data
1997	10	CNSHB, unpub.data
1998	4	CNSHB, unpub.data
2002	18	Bah et al. (2002)
2003 - 2005	-	A rechercher
2006	14	Richard et al. (2006)
2007 - 2009	-	
2010	14	Belhabib et al. (2013)
2011 - 2016	-	A rechercher
2017		Mise en place de la pêche
2018 - 2020	-	A rechercher
2021	70	CNSHB, unpub.data (30 D-40 P)
2022	50	CNSHB, unpub.data (5D, 22P, 23)

Annexe 5 : Méthodologie de calcul des indicateurs écologiques et de biodiversité et conservation (source : [Indiseas, 2012](#)).

N°	Indicateurs	Formules	Données requises	Observations
1	Biomasse totale des espèces étudiées¹ Utilisée pour la tendance (T)	$B = \sum_s B_s$ B : biomasse totale des espèces échantillonnées, lors des campagnes scientifiques de routine B _s : biomasse totale de chaque espèce échantillonnée	Série chronologique de la biomasse totale ou relative des espèces étudiées (seule la tendance est requise et non l'estimation de la biomasse absolue)	Les espèces concernées : espèces démersales et pélagiques, les invertébrés à valeur commerciale telles que les crabes, les crevettes, les calmars etc. Cet indicateur permet de connaître le potentiel de ressources, donc la capacité de production et le potentiel exploitable.
2	Inverse de la mortalité par pêche F⁻¹ Utilisé pour la tendance (T)	$F^{-1} = \frac{1}{F} = \frac{B}{Y}$ B : Biomasse des espèces échantillonnées en tonnes ; Y : Débarquement total en tonnes des espèces	Série chronologique des captures totales des espèces débarquées/retenues ² et de leur biomasse totale	Ce sont les tendances qui importent pour que les indices de d'abondance puissent être utilisés (mais doivent être cohérents entre les espèces et au cours de la série chronologique).
3	Niveau trophique des débarquements (TL_{land}) Utilisé pour l'état (S), la tendance (T)	$TL_{land} = \frac{\sum_s (TL_s \times Y_s)}{Y}$ TL _s : Niveau trophique des espèces Y _s : Débarquement par espèce Y : Débarquement total	Niveau trophique par espèce ; Série chronologique des débarquements par espèce	Les niveaux trophiques peuvent être dérivés des modèles Ecopath ou de données sur l'alimentation des poissons. Dans le cas contraire, les estimations du niveau trophique des poissons et des « non poissons » tels que les mollusques et crustacés sont tirées respectivement de (www.fishbase.org et de www.sealifebase.org).
4	Proportion des poissons prédateurs Utilisé pour l'état (S), la tendance (T)	$P_{pred} = \frac{B_{pred}}{B} \in [0,1]$ B _{pred} : biomasse des espèces prédatrices B _t : biomasse totale des espèces échantillonnées	Série chronologique de la biomasse totale des espèces étudiées ayant une valeur commerciale assez élevée (démersaux, pélagiques et invertébrés) ; Série chronologique de la biomasse des espèces prédatrices étudiées en tonnes	Les espèces prédatrices considérées sont celles qui se nourrissent des poissons et des invertébrés de taille supérieur à 2 cm et un niveau trophique supérieur ou égal à 3,5. Cet indicateur mesure la diversité des poissons au sein de la communauté et reflète les effets potentiels de la pêche sur le fonctionnement des réseaux trophiques marins.
5	Espérance de vie moyenne des espèces	$\bar{A} = \frac{\sum_s (age_{max} \times B_s)}{\sum_s B_s}$ Ā est exprimé en année	Longévité maximale moyenne observée par espèce (année) ;	Vu que la durée de vie peut varier sous la pression de la pêche, la longévité maximale moyenne pour chaque espèce est donc adoptée de manière conventionnelle. De plus, la longévité maximale pour chaque espèce est extraite de www.fishbase.org et www.sealifebase.org .

¹ Il s'agit d'espèces échantillonnées par les chercheurs lors des enquêtes/campagnes scientifiques de routine (par opposition aux espèces échantillonnées à bord des navires de pêche), et devraient inclure des espèces de poissons démersaux et pélagiques (osseux et cartilagineux, petits et grands), ainsi que des invertébrés commercialement importants (calmars, crabes, crevettes ...). Les crustacés et mollusques intertidaux et subtidaux tels que les ormeaux et les moules, les principaux prédateurs mammifères et aviaires et les tortues doivent être exclus. Les espèces étudiées sont celles qui sont prises en compte par défaut dans le calcul de tous les indicateurs basés sur la campagne.

² Ce sont des espèces capturées pendant les opérations de pêche, bien que non nécessairement ciblées (les prises accessoires incluses) et conservées (non rejetées une fois capturées) car présentant un intérêt commercial. Les crustacés et mollusques intertidaux et sub-tidaux tels que les ormeaux et les moules sont exclus. Les espèces retenues sont celles qui sont prises en compte par défaut dans le calcul de tous les indicateurs basés sur les captures.

N°	Indicateurs	Formules	Données requises	Observations
	Utilisée pour l'état (S), la tendance (T)	age _{max} : durée de vie moyenne observée pour l'espèce Bs : biomasse de l'espèce	Série chronologique de la biomasse des espèces étudiées	Proxy pour le taux de rotation, elle donne l'idée sur le rôle de la pêche dans l'émergence d'espèces à courte durée de vie. La pêche peut affecter la longévité d'une espèce donnée (plasticité phénotypique et sélection du génotype), mais le but ici n'est pas de suivre ces effets au niveau de l'espèce, mais de suivre les changements dans la composition des espèces.
6	Taille moyenne des poissons dans la communauté Utilisée pour l'état (S), la tendance (T)	$\bar{L} = \frac{\sum_i L_i}{N} \text{ (cm)}$ L_i : taille des individus de l'espèce i ; N : nombre total (ou abondance) des espèces échantillonnées	Série temporelle des fréquences de taille des individus échantillonnés lors des campagnes scientifiques de chalutage ; Série temporelle du nombre de poissons mesurés pendant ces campagnes.	Uniquement calculée pour les poissons (mollusques et crustacés exclus), cet indicateur donne une idée de la structure de l'écosystème et de son fonctionnement (l'élimination des espèces de grandes tailles modifie la structure de la taille de la communauté
7	Indice de vulnérabilité intrinsèque moyenne des espèces capturées (IVI) Utilisé pour la tendance (T)	$\overline{IVI} = \frac{\sum_s (IVI_s \times Y_s)}{\sum_s Y_s}$ IVI _s : indice de vulnérabilité intrinsèque de l'espèce (s); Y _s : captures de l'espèce (s)	Les valeurs de l'indice de vulnérabilité intrinsèque par espèce : à tirer de www.fishbase.org , de www.sealifebase.org ou Cheung et al. 2007 (Matériel supplémentaire) ; Série chronologique des données de débarquements par espèce	Lue sur une échelle de 0 à 100, l'indice de vulnérabilité intrinsèque (IVI) d'une espèce est basé sur les traits du cycle de vie biologique et les caractéristiques écologiques. Les espèces ayant une valeur proche de 100 sont considérées comme étant les plus vulnérables à la pêche car étant caractérisées généralement par leur grande taille, un faible taux de croissance, une maturité sexuelle tardive.
8	Indice trophique marin (MTI) Utilisé pour l'état (S), la tendance (T)	$MTI = \frac{\sum_s \left(\overline{TL_s}^{\geq 3.25} \times Y_s \right)}{\sum_s Y_s}$ MTI : indice trophique marin TL _s : niveau trophique de l'espèce (s) Y _s : capture de l'espèce (s)	Valeurs de niveau trophique par espèce ; Série chronologique des données de débarquements par espèce	Seules les espèces débarquées sont considérées dans ce calcul
9	Niveau trophique de la Communauté (TL_{co}) Utilisé pour l'état (S), la tendance (T)	$TL_{co} = \frac{\sum_s (TL_s \times B_s)}{\sum_s B_s}$ TL _s : niveau trophique par espèce (Niveau Trophique des débarquements pour les valeurs TL _s) ; B _s : biomasse des espèces étudiées	Niveau trophique par espèce ; Série chronologique de la biomasse des espèces étudiées (tonnes ou indice d'abondance)	Toutes les espèces étudiées doivent être incluses (exploitées ou non)
10	Niveau trophique de la communauté modélisée (TL_{mod}) Utilisé pour l'état (S), la tendance (T)	$TL_{mod} = \frac{\sum_{s=zoo\neq phyto} (TL_s \times B_{s,mod})}{\sum_s B_{s,mod}}$ TL _s : niveau trophique par espèce (niveau trophique des débarquements pour les valeurs TL _s) ; B _s : biomasse des espèces étudiées	Niveau trophique par espèce ; Série chronologique de la biomasse modélisée des espèces (B _{s,mod})	Le niveau trophique de la communauté modélisée couvre l'ensemble de l'écosystème modèle (groupes vivants) mais exclut les organismes zooplanctoniques et les producteurs primaires (phytoplancton, algues, etc.). Les valeurs de biomasse modélisées sont issues de modèles Ecosim ajustés aux séries chronologiques.

Commentaires sur quelques indicateurs écologiques

1. Taille moyenne des poissons dans la communauté

Elle devrait diminuer sous la pression de la pêche pour plusieurs raisons : (i) les espèces cibles et de grande valeur sont généralement de grande taille ; (ii) les engins de pêche sont sélectifs en fonction de la taille et souvent conçus pour capturer les espèces de grande taille (plus vulnérables) comparées aux plus petits ; (iii) les poissons très âgés (vieux) dans une population deviennent moins nombreux. La longueur moyenne des poissons est une mesure du fonctionnement de l'écosystème. Du point de vue de l'espèce, l'élimination des grands individus peut compromettre la productivité du stock car, étant plus féconds et produisant plus d'œufs viables que les petits poissons. Du point de vue de l'écosystème, le retrait d'espèces de grandes tailles modifie la structure de taille de la communauté et potentiellement les interactions prédateurs-proies.

2. Biomasse totale des espèces échantillonnées

La biomasse totale des poissons dans l'écosystème devrait diminuer sous la pression de la pêche. Cependant, l'interprétation doit être faite avec prudence. Dans certains cas, à mesure que certaines espèces sont pêchées et que leur biomasse diminue, d'autres espèces pourraient voir leur biomasse augmenter et « remplacer » dans le réseau trophique celles pêchées, entraînant ainsi l'augmentation des niveaux trophiques inférieurs. La « biomasse » n'est pas utilisée pour caractériser l'état de l'écosystème mais pour comparer les tendances de la biomasse au fil du temps. En effet, les données de campagnes scientifiques ne fournissent pas d'estimations absolues de la biomasse et ne sont donc pas comparables entre les espèces ou les écosystèmes en raison des différences de capturabilité des espèces et de couverture spatio-temporelle des campagnes.

3. Inverse de la mortalité par pêche

Cet indicateur mesure le niveau inverse d'exploitation ou de pression totale de pêche sur l'écosystème. Cet indicateur varie dans le même sens que les autres indicateurs sélectionnés ; il diminue lorsque la pression de pêche augmente. Une diminution est considérée comme négative pour l'écosystème exploité.

4. Niveau trophique des débarquements

Il mesure le niveau trophique moyen des espèces exploitées dans une pêcherie et diminue lorsque la pression de pêche augmente ; car les pêcheurs ont tendance à cibler les espèces de haute valeur marchande et souvent sont de niveau trophique élevé. Une diminution du niveau trophique des débarquements et des captures totales indique une « pêche en aval du réseau trophique » et un changement dans la structure de la communauté et potentiellement le fonctionnement de l'écosystème. Le niveau trophique des espèces est soit estimé à travers les modèles, soit tiré de la littérature scientifique ou dans les bases de données en ligne comme FishBase (www.fishbase.org) et SeaLifeBase (www.sealifebase.org).

5. Proportion de poissons prédateurs

Elle mesure la diversité des poissons dans la communauté. Les poissons prédateurs sont des espèces de poissons piscivores ou se nourrissant d'invertébrés taille supérieure à la catégorie macrozooplancton (> 2 cm). Le rôle des prédateurs est important dans un écosystème car ils régulent l'abondance des espèces de niveau trophique inférieur et atténuent les effets de la variabilité environnementale.

6. Proportion de stocks non pleinement exploités

Cet indicateur est une mesure de la conservation de la biodiversité, il est utilisé pour comparer l'état des écosystèmes et permet de confirmer ou d'infirmer le succès (ou non) de la gestion des pêches. Idéalement, dans un monde de précaution et du point de vue de la conservation, tous les stocks ne devraient pas être pleinement exploités pour assurer une biodiversité durable et des écosystèmes durables. Ainsi, la FAO a fait une classification de beaucoup de stocks dans le monde et cette liste, répertoriée dans ce lien (<http://www.fao.org/docrep/015/i2389e/i2389e.pdf>, partie D) sera utilisée en ce qui concerne les stocks non encore évalués dans une récente date. Cette classification sera revue et éventuellement affinée en y ajoutant les récentes évaluations de stocks à l'échelle nationale (Ba et al. 2018) ou sous-régionale (COPACE, 2019) et des connaissances expertes.

7. Indice de vulnérabilité intrinsèque (IVI) des débarquements

Utilisé comme indicateur de tendance, l'indice de vulnérabilité intrinsèque d'une espèce (IVI) est basé sur les traits du cycle de vie de l'espèce et les caractéristiques écologiques. Il est mesuré sur une échelle allant de 0 à 100 (le plus vulnérable). L'IVI des débarquements correspond à l'indice moyen de vulnérabilité pour toutes les espèces débarquées, pondéré par la contribution de chaque espèce à la capture débarquée.

8. Durée de vie moyenne

C'est une approximation du taux de renouvellement moyen des espèces et des communautés. La durée de vie est une mesure de la stabilité de l'écosystème et de la résistance aux perturbations et est utilisée pour mesurer l'état et la tendance. La durée de vie ou la longévité est un paramètre fixe par espèce, et donc la durée de vie moyenne d'une communauté reflétera la biomasse relative des espèces avec des taux de renouvellement différentiels. La pêche affecte la longévité d'une espèce donnée (effet direct de la pêche et de la sélection génotypique), mais le but ici est de suivre les changements dans la composition des espèces (même principe que pour le niveau trophique moyen des captures).