

UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR



**INSTITUT UNIVERSITAIRE DE PECHE ET D'AQUACULTURE
(IUPA)**

Mémoire de fin d'Etudes,
pour l'obtention du

Diplôme de Master Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Aquatiques (EGEA)

Présenté par :

M. Sidi Ahmed HEMED

**Diagnostic de la pêche de courbine *Argyrosomus regius*
(Asso, 1801) en Mauritanie**

Mémoire soutenu le 03 Septembre 2019 devant le jury composé de :

Président :	M. Alassane SARR	Maître de Conférences	IUPA/FST/UCAD
Membres :	M. Waly NDIAYE	Maître Assistant	IUPA/UCAD
Encadreur :	M. Modou THIAW	Maître de Recherche	CRODT /ISRA
Co-encadreur :	M. Beyah MEISSA	Chercheur	IMROP

Année universitaire : 2018/2019

Remerciements

Je tiens à remercier en premier lieu Le Directeur de l'IMROP, Mohamed Elhavedh EJIWEN, et les hauts responsables de cet Institut pour m'avoir accordé cette formation.

Mes plus sincères remerciements vont également à mon Maître de stage, Dr Modou THIAW, pour avoir accepté d'encadrer ce travail et de la grande disponibilité dont il a fait preuve. Je tiens à préciser que son savoir et ses conseils m'ont été très utiles pour l'accomplissement de ce travail. Qu'il trouve ici ma reconnaissance.

Je remercie également Dr Beyah MEISSA. Mon co-encadreur pour ses conseils et son appui.

Aussi au Dr. Kamarel BA, pour sa disponibilité et son appui sur certaines analyses de données.

Je remercie également Yeslem Elvally pour sa contribution dans la construction des cartes et pour les informations fournies.

Mes remerciements vont également au membre du jury et à tous les enseignants et personnels de l'IUPA et spécialement à la secrétaire pédagogique, Mme KEBE, pour sa disponibilité sans faille durant toute ma formation.

Mes sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à mon travail.

Listes des acronymes et abréviations

CPUE : Capture Par Unité d'Effort de pêche

CRODT : Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye

GFCM : Commission Générale des Pêcheries Méditerranéennes

EGEA : Écologie et Gestion des Ecosystèmes Aquatiques

ERM : Enquêtes de Retour de Mer

ERMPC : Enquêtes de Recensement Mensuel du Parc actif Catégorisé

FAO : Organisation des Nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

GLM : Modèle Linéaire Généralisé

GT : Groupe de travail

IFREMER : Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mer

IMROP : Institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et de Pêche

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

IUPA : Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture

LT : Longueur Totale

MPEM : Ministère de la Pêche et de l'Economie Maritime

MRU : Unité monétaire moderne actuelle

MSY : Production maximale équilibrée, en anglais 'Maximum Sustainable Yield'

PIB : Produit Intérieur Brut

PNBA : Parc National du Banc d'Arguin

SSPAC : Système de Suivi de la Pêche Artisanale et Côtière

SIGP : Société Industrielle de la Grande Pêche

UE : Union Européenne

ZEE : Zone Economique Exclusive

RGS : Rapport Gonado-Somatique

RESUME

Au cours de ces deux dernières décennies, l'exploitation de la courbine (*Argyrosomus regius*) a pris de l'importance en Mauritanie. Les captures de courbine ne cessent d'accroître d'année en année malgré leur forte variabilité interannuelle. Cette augmentation de la production continue toujours sans aucune idée du potentiel de pêche, ce qui pose problème en matière de prise de décision pour une gestion durable de la pêcherie. Ainsi, l'objectif de ce travail est d'étudier la dynamique des populations de courbines exploitées en Mauritanie et établir le diagnostic de niveau d'exploitation du stock, étape majeure dans la mise en place d'un plan d'aménagement. Ainsi, les statistiques de pêche et les données scientifiques de l'IMROP ont été utilisées. D'abord, l'abondance annuelle du stock de courbine a été estimée par GLM à partir des données de campagnes scientifiques. Puis à partir des données de captures annuelles et de l'abondance du stock, des modèles de production de biomasse déterministes et stochastiques ont été appliqués en vue d'évaluer le niveau d'exploitation du stock de courbine. Les résultats obtenus montrent que l'abondance du stock de courbine varie d'une année à une autre, avec une tendance nette à la baisse sur la période 1982-2018. Cette tendance à la baisse de l'abondance ne reflète pas une situation dégradée du stock de courbine, car les modèles d'évaluation de stocks appliqués ont tous indiqué une situation de sous-exploitation du stock de courbine. De plus, on remarque en même temps que la biomasse est faible en 2018, l'effort de pêche est aussi faible. Afin d'assurer l'exploitation durable du stock de courbine en Mauritanie, un ensemble d'activités de recherche et de mesures de gestion pourraient être entreprises afin d'orienter la politique des pêches pour ce stock.

Mots clés : Afrique de l'Ouest, Mauritanie, pêcherie, courbine, Dynamique des populations, Evaluation de stock, modélisation.

Liste des figures

- Figure 1 :** Courbine *Argyrosomus regius* (Froese et Pauly, 2019)
- Figure 2 :** Distribution géographique de la courbine à travers le monde (Froese et Pauly, 2019)
- Figure 3 :** Zone de captures de la courbine en Mauritanie (Domain, 1980)
- Figure 4 :** Ligne à main (<http://Fao.org>)
- Figure 5 :** Filet à courbine (Braham, 2007)
- Figure 6 :** Filet tournant (Braham, 2007)
- Figure 7 :** Zones de la ZEE Mauritanienne (source : IMROP)
- Figure 8 :** Représentation schématique de la modélisation bayésienne (D'après Parent et Rivot 2013)
(Avec θ le vecteur des inconnues du modèle, $p(\theta)$ la distribution à priori, $p(\text{Données}|\theta)$ la vraisemblance et $p(\theta|\text{Données})$ la distribution à posteriori)
- Figure 9 :** Captures annuelles de la courbine réalisées par la pêche artisanale entre 2006 et 2017 (source : SSPAC-IMROP)
- Figure 10 :** Répartition des captures de la pêche artisanale par zone de pêche pour la période 2006-2017 (source : SSPAC-IMROP)
- Figure 11 :** Répartition des captures de courbine par type d'engin de pêche (source : SSPAC-IMROP)
- Figure 12 :** Captures annuelles de courbine réalisées par la pêche côtière en Mauritanie de 2016 à 2018
- Figure 13 :** Répartition des captures de courbine de la pêche côtière par nationalité
- Figure 14 :** Captures annuelles de courbine réalisées par la pêche artisanale (1994-2018) et la pêche industrielle (2016-2018)
- Figure 15 :** Captures totales de courbine et efforts de pêche du filet courbine de 2006 à 2018 (source : SSPAC-IMROP)
- Figure 16 :** Distributions de fréquence de taille de la courbine pour les mois de février à juillet 2011 (source : Projet PARTAGE, 2011)
- Figure 17 :** Evolution interannuelle des prix au kg de la courbine en Mauritanie de 2000 à 2017.
- Figure 18 :** Occurrences et abondances annuelles de la courbine pêchée en Mauritanie entre 1982 et 2018
- Figure 19 :** Abondances brutes du stock de courbine et prédites par le modèle GLM à partir des données de campagnes scientifiques de l'IMROP sur la période 1982-2018
- Figure 20 :** Captures et abondances annuelles de la courbine exploitée en Mauritanie entre 1994 et 2018.
- Figure 21 :** Abondances annuelles observées et prédites en fonction du multiplicateur de l'effort de pêche (mF)
- Figure 22 :** Courbes des captures observées et de productions à l'équilibre en fonction du multiplicateur de l'effort de pêche (mF)
- Figure 23 :** Sorties graphiques du modèle Catch-MSY :
- Figure 24 :** Ajustement du modèle global tourné dans le cadre bayésien joints pour les différents paramètres et la corrélation entre les paramètres r et K .
- Figure 25 :** Abondance (a)
- Figure 26 :** Résultats du modèle global Bayésien : (a) distributions de probabilité du prior et postérieur du MSY et (b) captures observées et à l'équilibre obtenues par le modèle
- Figure 27 :** Courbe de Kobe montrant les trajectoires suivies par le stock de courbine de 1994 à 2018
- Figure 28 :** Biomasses de courbine estimées par le modèle global Bayésien pour la période 1994-2018 (boxplots vides) et biomasses simulées pour les 5 prochaines années (boxplots grises)

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différents paramètres du modèle et leur distribution de probabilité associée

Tableau 2 : Modélisation GLM des CPUE de la courbine des campagnes scientifiques (sources : données IMROP).

Tableau 3 : Tableau récapitulatif de paramètres et résultats des modèles appliqués

Liste des Annexes

Annexe 1 : Evolution de captures mondiales de maigre de 1980 à 2008.

Annexe 2 : Evolution des probabilités de présence mensuelle de la courbine C.S (IMROP)

Annexe 3 : Description du zonage utilisée pour l'estimation de l'abondance du stock à partir des campagnes scientifiques.

Annexe 4 : Evolution des indices d'abondance annuelle, mensuelle, zonale et bathymétrique

Annexe 5 : Normalité des résidus du sous modèle des observations non nulles des CPUE

Table des matières

Liste des tableaux.....	viii
Liste des Annexes	viii
1. Introduction.....	1
2. Données et méthodes.....	2
2.1. Bioécologie et exploitation de la courbine	2
2.1.1. Description et systématique	2
2.1.2. Distribution géographique	3
2.1.3. Biologie	5
2.1.3.1. Reproduction.....	6
2.1.3.2. Croissance.....	6
2.1.3.3. Alimentation.....	6
2.1.4. Exploitation	7
2.1.4.1. Engins de pêche.....	7
2.1.4.2. Efforts de pêche	10
2.2. Statistiques de pêche et données de campagnes	10
2.3. Méthodes	13
2.3.1. Estimation de l'abondance annuelle par GLM.....	13
2.3.2. Evaluations du stock par l'approche globale	15
2.1.4.1. Modèles globaux déterministes	15
2.1.4.2. Modèles stochastiques bayésiens	16
3. Résultats	20
3.1. Captures et spectres de taille.....	20
3.1.1. Evolution des captures	20
3.1.2. Effort de pêche du filet à courbine	23
3.1.3. Spectres de taille.....	24
3.1.4. Dynamique des prix de la courbine en Mauritanie	25
3.2. Dynamique du stock de courbine.....	26
3.2. Evaluations du stock de courbine.....	28
3.2.1. Résultats du modèle global à l'équilibre	28
3.2.2. Résultats du modèle Catch-MSY	30
3.2.3. Résultats du modèle global Bayésien	31
4. Discussion	36
5. Conclusion et Recommandations.....	38
Références Bibliographiques.....	39
Annexes	44

1. Introduction

La pêche constitue l'un des principaux piliers de l'économie mauritanienne et contribue à ce titre fortement aux recettes budgétaires de l'Etat. Ce secteur a connu une croissance soutenue au cours des dernières années. Il est passé de 2,9 Milliards MRU en 2014 à 6,2 milliards MRU en 2018 ([Rapport BCM, 2018](#)). La part de la pêche dans le PIB du secteur primaire est passée de 7,1% en 2015 à 13,3% en 2018. La contribution du secteur au PIB a connu également la même tendance et ce parallèlement à une augmentation du PIB. En effet, il est passé de 1,8% en 2015 à 3,3% en 2018 ([GT IMROP, 2019](#)). Les exportations globales du secteur ont atteint plus d'un milliard de dollars US faisant de la pêche le premier secteur d'exportation en valeur. Le secteur génère actuellement 226.000 emplois directs et indirects ([GT IMROP, 2019](#)).

Plusieurs pêcheries sont à l'origine de cette contribution importante à l'économie mauritanienne. Le dernier groupe de travail de l'IMROP de février 2019 a conclu que le potentiel exploitable des ressources halieutiques de la zone économiques mauritanienne est de 1 830 140 tonnes ([GT IMROP, 2019](#)), toutes espèces confondues. Ces estimations confirment l'importance du potentiel exploitable composé de près de 97 000 tonnes/an de poissons de fond, 7 440 tonnes de crustacés, de 42 700 tonnes de céphalopodes (poulpe, seiche et calmar), de 1 383 000 tonnes/an de petits poissons pélagiques. Le potentiel de mollusques bivalves (notamment les praires) est de l'ordre de 300 000 tonnes/an. Cette importance économique et sociale s'explique également par la grande diversité de ressources halieutiques exploitées dans la ZEE Mauritanienne. Entre le segment pélagique et démersal, figurent certaines espèces de nature semi pélagique ou benthopélagique dont la courbine.

La courbine ou le maigre *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) est une espèce d'importance socioéconomique et écologique en Afrique de l'Ouest. La production mondiale de ce poisson a atteint 9 175 tonnes 1998 dont 6 000 tonnes soit 64,4% sont produites par la Mauritanie la plaçant ainsi comme le principal producteur mondial ([Quémener, 2002](#) ; [CSR, 2005](#)). Pour la même année, le Maroc a produit 14% des captures mondiales et l'Egypte 8,71%. Ces captures élevées se sont forcément accompagnées d'un accroissement de l'effort de pêche. La diminution des captures de cette espèce au cours de ces dernières années a fait que les acteurs ont des inquiétudes quant à la pérennité et la durabilité du stock et par conséquent à son exploitation.

Ainsi, cette étude a pour objectif de contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique du stock de courbine et de son exploitation en Mauritanie. Cette étape de diagnostic de la pêcherie constitue un élément clé pour la mise en place d'un plan d'aménagement de la courbine. Il s'agit

spécifiquement (i) d'analyser la dynamique du stock de courbine et de son exploitation, (ii) d'établir le diagnostic sur l'état d'exploitation du stock de courbine par l'approche globale et (iii) formuler des recommandations pour une meilleure gestion de la pêche.

2. Données et méthodes

2.1. Bioécologie et exploitation de la courbine

2.1.1. Description et systématique

La Courbine ou maigre est une espèce connue depuis l'antiquité notamment chez les romains au 16^{ème} siècle. Elle est très appréciée par la population (Tixerant ; 1974). Elle appartient à la famille de scianidae. Cette dernière comprend quatre (4) genres à savoir : Pseudotolithus, Umbrina, Sciaena et *Argyrosomus*, tous présents dans les eaux nationales mauritaniennes (Ly *et al.*, 1999). Parmi ces quatre genres, *Argyrosomus* est considéré comme le plus important en termes de qualité gustative et par voie de conséquence commercialement parlant (Bouzouma et Dia, 2011).

Les informations essentielles portant sur l'anatomie de la courbine ont été tirées de Biais (2002). Ainsi, la courbine ou maigre est décrite comme un poisson de grande taille. Son corps est fusiforme mais modérément comprimé. La tête massive a une grande bouche terminale largement ouverte sur les flancs fendus et obliques. Le maxillaire s'étend jusqu'à la moitié postérieure de l'œil. La mâchoire supérieure porte des dents filiformes en bande étroite, celles de la mâchoire inférieure sont en 2 ou 3 rangées, et celles de la rangée interne légèrement plus grandes. Le menton sans barbillon, comporte 6 pores, le museau en a 8 à 10 pores (3 à 5 supérieurs et 5 marginaux). Les branchiospines sont minces et plus courtes que les filaments branchiaux à l'angle de l'arc.

Cette espèce est souvent confondue avec le poisson appelé 'Bar', mais la différence se situe au niveau de la nageoire dorsale. Celle de la courbine se divise presque en deux parties par une échancrure contrairement chez le Bar où la subdivision n'est pas souvent nette. La partie antérieure de la nageoire possède 9 ou 10 épines, alors que la partie postérieure à 1 épine et 26-29 rayons mous. La nageoire anale a 2 épines et 7 (rarement 8) rayons mous, la seconde épine de l'anale courte, moins de la moitié de la longueur du premier rayon mou. Les nageoires pectorales sont courtes, la nageoire caudale tronquée ou plus ou moins rhomboïdale.

Chez la courbine, la vessie natatoire comporte 36 à 42 paires d'appendices arborescents. Les écailles sont cténoïdes sauf quelques-unes cycloïdes sur la poitrine. La Ligne latérale part de l'opercule et se prolonge jusqu'au bord postérieur de la caudale (Biais, 2002)

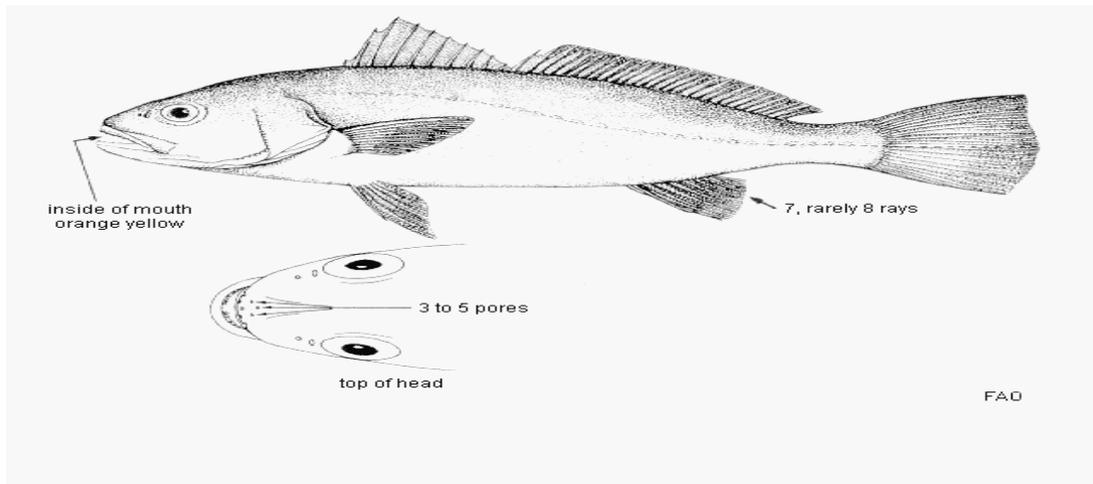


Figure 1: Courbine *Argyrosomus regius* (Froese et Pauly, 2019)

La systématique classique de l'espèce est la suivante :

- Super classe : Osteichthyes (ostéichtyens)
- Classe : Actinopterygii
- Sous classe : Neopterygii
- Ordre : Perciformes
- Sous ordre : Percoïdei
- Famille : Scianidae
- Genre : *Argyrosomus*
- Nom binomial : *Argyrosomus regius* (Asso, 1801)

2.1.2. Distribution géographique

A. regius est une espèce à large distribution géographique. Au long de l'océan atlantique, elle se rencontre de Gibraltar (Espagne) au Congo. Elle est présente dans toute la Méditerranée et la mer noire et s'étend vers le nord des côtes atlantiques de l'Europe jusqu'aux îles britanniques (FAO, 2016). Mais également elle est surtout régulièrement présente à partir du Golfe de Gascogne jusqu'au Sénégal (Quéro et Vayne, 1987). Les travaux de Tixerant (1974) ont permis de mettre en évidence deux stocks différents (différences morphologiques et structurelles des otolithes entre la population de courbine de la côte Atlantique française et celle des côtes mauritaniennes).

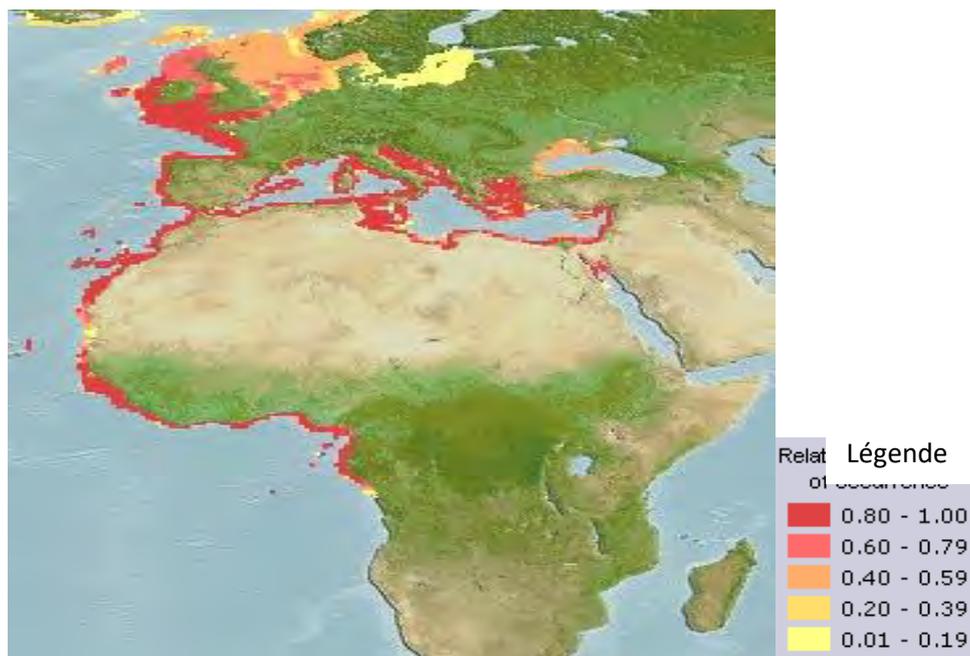


Figure 2: Distribution géographique de la courbine à travers le monde (Froese et Pauly, 2019)

Ce scianidé se trouve préférentiellement sur les fonds vaseux mais également peut se rencontrer sur les fonds sablonneux. C'est une espèce pouvant se rencontrer dans les estuaires et les bassins côtiers (Mahé *et al.*, 2006). Elle peut atteindre 2 m de longueur totale et peser plus de 60 kg (Quero et Vayne, 1987).

En Mauritanie, la courbine se rencontre principalement le long des côtes de 10 à 30 m de profondeur (Sanyo, 2002). Les principales zones d'abondance se situent entre 10 et 20 m de profondeur le long d'une frange côtière située entre 17 et 18°30'N et surtout en baie du Lévrier et sur le banc d'Arguin. Dans cette dernière zone, elle est capturée en abondance en début (avril-juin) et fin de saison chaude (novembre-décembre) (Tixerant, 1974). C'est une espèce qui vit en bancs. Suite au bruit et au changement de couleur de l'eau, ces bancs sont facilement détectables par les artisans pêcheurs. Quant aux bateaux industriels côtiers, ils sont équipés d'une technologie sophistiquée pour le repérage des bancs et l'identification des poissons à travers leurs échos.

A. regius est une espèce bentho-pélagique côtière à tendance démersale (Quéro et Vayne 1997), d'affinité tempérée. Son seuil thermique de tolérance est compris entre 14 et 23°C (Tixerant, 1974) et sa température optimale serait de 18,5° C (Limouzy, 1983). Le maigre est capturé au fond et en surface dans les eaux littorales de 15 à 200 m et rarement à 400 m, (FAO, 2016). Généralement, c'est un poisson de grande taille, donc très vulnérable à la pêche (Helfman, 2007). Ceci explique sa maturité sexuelle tardive, sa forte migration et son niveau trophique élevé (Limam, 2009).

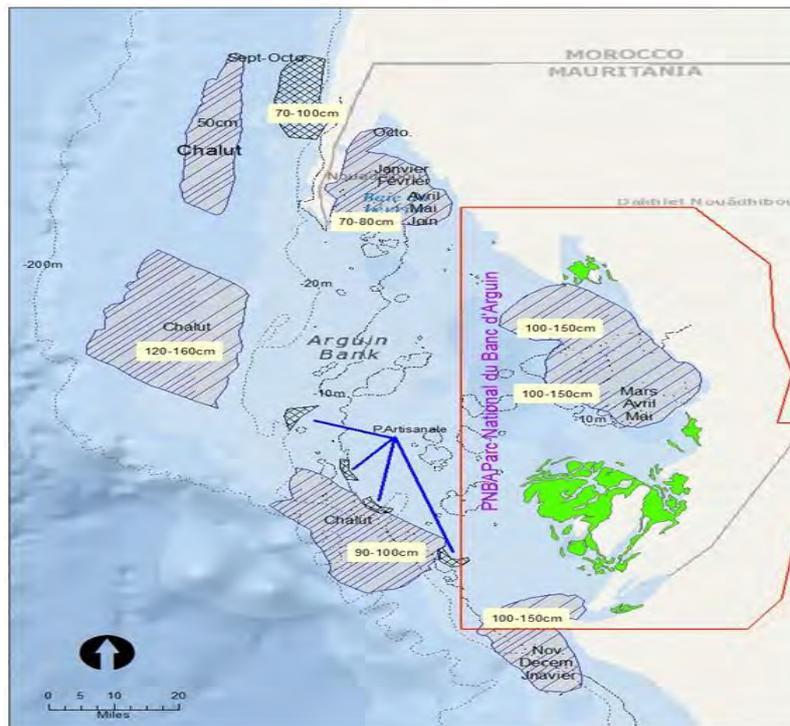


Figure 3 : Zone de captures de la courbine en Mauritanie (Domain, 1980).

2.1.3. Biologie

D'une manière générale, ce poisson se nourrit de poissons de diverses familles, de mollusques et de crustacés (Tixerant, 1974 ; Limouzy, 1983 ; Chakroun, et Ktari, 1981 ; Caverivière et Andriamirado, 1997 ; Cabral et Ohmert, 2001 ; Pasquaud, 2006). En effet, son niveau trophique a été estimé à 4,39 par Limam (2009) à Nouadhibou, ce qui confirme les résultats obtenus par ces différents auteurs. Selon Konstantinos et Karpouzi (2002), ce niveau trophique correspond aux individus du sous-groupe des carnivores se nourrissant préférentiellement de poissons et de céphalopodes.

En Mauritanie, les captures de courbine peuvent avoir lieu en baie de Lévrier, et sur des fonds de 7 à 17 m. Elle est observée à des profondeurs allant jusqu'à moins de 2 m, notamment à l'extrême nord de la baie. Au Banc d'Arguin, de grands individus, de taille allant de 110 à 150 cm LT ont été capturés dans le Cap d'El Zasse et la pointe d'Arg, ainsi qu'à la proximité du Cap Timiris à l'ouest et au sud sur une trentaine de milles. Toutes les captures ont lieu sur des fonds de 5 à 15 m environ. A l'extérieur de la Presqu'île du Cap-Blanc, sur la côte de Rio d'Oro, certains bancs de courbine de taille moyenne sont pris par les filets à langoustes. La profondeur de lieux d'occurrence des individus de taille 120 à 160 cm LT au large du Banc d'Arguin varie de 80 à 110 m, plus au sud de la même zone des individus de petites tailles ont été capturés à de profondeurs de 40 à 50 m (Tixerant, 1974).

2.1.3.1. Reproduction

La longueur à la première maturité sexuelle (L50) étudiée dans la zone de Nouadhibou se situe à 82,04 cm LT (GT PARTAGE, 2009). Cette taille est voisine de celle trouvée par (Tixerant, 1974) dans la même zone. Cet auteur note que les plus petits mâles et femelles matures mesurent respectivement 72 et 82 cm et que la première maturité sexuelle interviendrait à partir de l'âge de 4 ou 5 ans à une taille comprise entre 60 et 70 cm LT (Tixerant, 1974 ; Mahé, 2006). La période de ponte d'*Argyrosomus regius* en Mauritanie est de neuf mois d'octobre à juin (Quiéro, 1989). La femelle de la Courbine assure une meilleure répartition de ses œufs, afin d'éviter la perte des œufs (Biais, 2002). La zone de reproduction se situe dans le Banc d'Arguin et la Baie du Lévrier (Quéro, 1989). Au cours de cette période les mâles émettent des grognements caractéristiques reconnaissables par les pêcheurs (Quéro, 1989). Un décalage de la période de reproduction est observé dans la région de Nouadhibou, le rapport gonado-somatique (RGS) en octobre, novembre, décembre et janvier ($RGS\% > 3$), une chute de ce rapport commence à partir du mois de juin annonçant le début d'émission des gamètes (GT PARTAGE, 2009). Il semblerait que le déplacement rapide du front thermique en 2009 a entraîné de répercussions sur les périodes et les lieux de reproduction mais également sur les zones d'abondance en Mauritanie. Cette espèce trouverait sa température optimale dans la zone Nord pendant le séjour du front thermique. En revanche, en zone centre et sud on a noté une faible présence de cette espèce

2.1.3.2. Croissance

Les travaux sur la croissance de la courbine ont été réalisés à partir de la lecture d'otolithes et le suivi des modes des tailles (Tixerant, 1974). Ils convergent sur un taux de croissance moyen de 15 cm par an jusqu'à environ 40 cm pour ralentir par la suite jusqu'à 10 cm par an pour les individus de plus grande taille. Aucune validation n'a pu confirmer les résultats avancés par les différents auteurs pour l'âge maximal pour cette espèce qui varie de 15 ans (Tixerant, 1974) à 42 ans dans la zone espagnole. En définitive, un travail sur la croissance de cette espèce avec validation des lectures d'âge s'avère important pour affiner le diagnostic sur l'état de(s) stock(s).

2.1.3.3. Alimentation

Le maigre est un prédateur supérieur de niveau trophique de (4,3) et de résilience faible avec un temps minimum de doublement de la population variant entre 4,5 et 14 ans (Froese et Pauly, 2019). Le régime alimentaire de la courbine est variable en fonction des stades ontogéniques. Les juvéniles planctivores s'alimentent en particulier sur les petits crustacés (Bouzouma et Mamadou, 2011). Mais en grandissant, ils deviennent piscivores se nourrissant principalement des pélagiques (sardinelles et mullets) mais aussi des proies démersales, calmar, seiche en fonction des saisons.

Les courbines les plus grandes préfèrent les proies de grande taille. Les résultats d'une analyse des contenus stomacaux de la courbine, réalisés par Limam (2009) dans la zone de Nouadhibou montrent que ce poisson se nourrit préférentiellement de Sardinelle ronde. Dans le parc national du banc d'argiun (PNBA), sa nourriture de préférence semble être le *Chloroscombrus chrysurus*. En France, après l'âge de 1 an les courbines se nourrissent de poissons pélagiques (sardines, chinchards) et de céphalopodes (Quéro et Vayne, 1997 ; Biais, 2002).

2.1.4. Exploitation

La courbine fait l'objet d'exploitation par les différents pays côtiers. Une étude réalisée par Monfort (2010) pour le compte de la Commission Générale des Pêcheries Méditerranéennes (GFCM) mentionne que les quantités pêchées annuellement ont oscillé entre 3 200 et 9 330 tonnes sur la période 1980-2008 (annexe 1).

L'exportation de la courbine en Mauritanie remonte au début du 20^{ième} siècle avec la création de Port-Etienne sis à Nouadhibou et de la Société Industrielle de la Grande Pêche (SIGP) en 1919 (Bouzouma et Mamadou, 2011). Son exploitation est faite principalement par la pêche artisanale et accessoirement par la pêche industrielle. En 2006, la Courbine occupe la 6^{ième} position parmi les espèces ayant contribué fortement à la capture de la pêche artisanale. Par ailleurs, cette espèce alimente la plupart des marchés nationaux de poissons, et joue ainsi un rôle important comme source de protéines pour la population locale. Vu sa croissance rapide, Elle est également très prometteuse pour l'aquaculture, (Quéméner, 2002, Jiménez *et al.*, 2005, Prista *et al.*, 2009).

En Mauritanie, l'exploitation de la courbine remonte au 19^{ième} siècle avec l'arrivée de la flotte espagnole, composée de soixante voiliers (Lanche) (GT, IMROP, 2002). Cette flotte a utilisé les casiers et les filets maillants pour pêcher la courbine dans la zone de la Baie de Lévrier et du Banc d'Arguin. En 1919. La production de la (SIGP) subissait des traitements (salage et séchage) pour la conservation dans un état comestible avant son acheminement en France. Par la suite, les mauritaniens, particulièrement les communautés Imraguen, se sont intéressés à cette ressource. La pêche est effectuée à bord de lanches (voiliers propulsés avec le vent), héritées des pêcheurs canariens. Ces unités sont restées longtemps le seul moyen de navigation utilisé par les pêcheurs mauritaniens pour la pêche de la courbine. (Bouzouma et Mamadou, 2011).

2.1.4.1. Engins de pêche

La courbine est actuellement la cible de la pêche artisanale et côtière le long de la côte mauritanienne entre décembre et juin. Elle est aussi capturée accessoirement par les flottilles industrielles démersales et surtout pélagiques (Projet PARTAGE, 2010). La pêcherie artisanale et

côtière de la courbine a connu un développement important à partir des années 1980 (GT, IMROP, 2019). Ce développement a touché plusieurs domaines (unités de pêche, engins, zones de pêche, etc.). Ainsi, actuellement la courbine est pêchée le long de la côte mauritanienne avec une multitude d'engins et par des unités qui sont de plus en plus performantes (Bouzouma et Mamadou, 2011).

Actuellement trois engins sont utilisés par les pêcheurs mauritaniens pour capturer cette espèce le long des côtes mauritaniennes. Il s'agit du filet à courbine, de la ligne à main et le filet tournant ou la senne tournante.

◆ La ligne à main

La ligne à main pêchant la courbine est constitué d'une ligne mère, habituellement de 100 m de longueur, sur laquelle sont montés un ou deux hameçons (Braham, 2007). Au bout de chaque avançon est fixé un hameçon. Le numéro de l'hameçon et le diamètre de la ligne dépendent des espèces cibles. La ligne à main est utilisée pour pêcher les espèces démersales nobles y compris la courbine. Les hameçons utilisés pour la pêche de la courbine sont généralement de taille 7 et 8. Il est à noter que l'ensemble des fils composant la ligne (ligne mère et avançons) sont du monofilament. Cette technique introduite par les pêcheurs sénégalais et adoptée par ceux de N'diogo, gagne de plus en plus du terrain en Mauritanie. Ce succès est dû en grande partie à la qualité des espèces pêchées par cette technique.

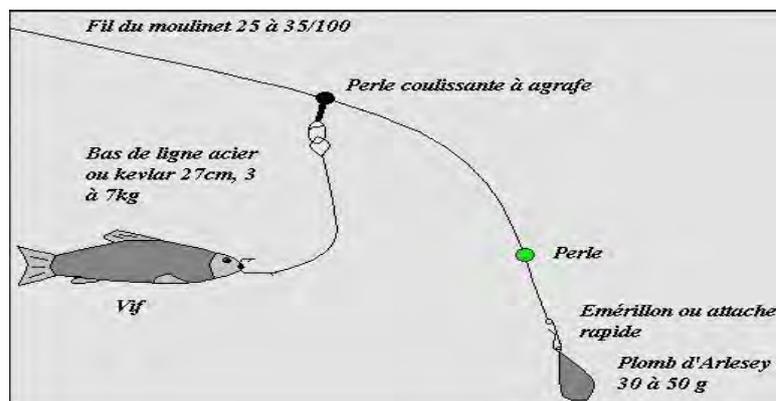


Figure 4 : Ligne à main (<http://Fao.org>)

◆ Filets à courbine

Ces filets à courbine sont constitués d'une nappe de filet rectangulaire montée sur deux cordes appelées ralingues (Braham, 2007). Sur la ralingue supérieure sont montés les flotteurs tandis que la ralingue inférieure est tirée par des plombs. Le filet à courbine est d'une longueur standard de 50 m avec une chute qui varie entre 30 et 50 mailles. Trois maillages sont utilisés pour pêcher la

courbine : 200, 220 et 230 mm.

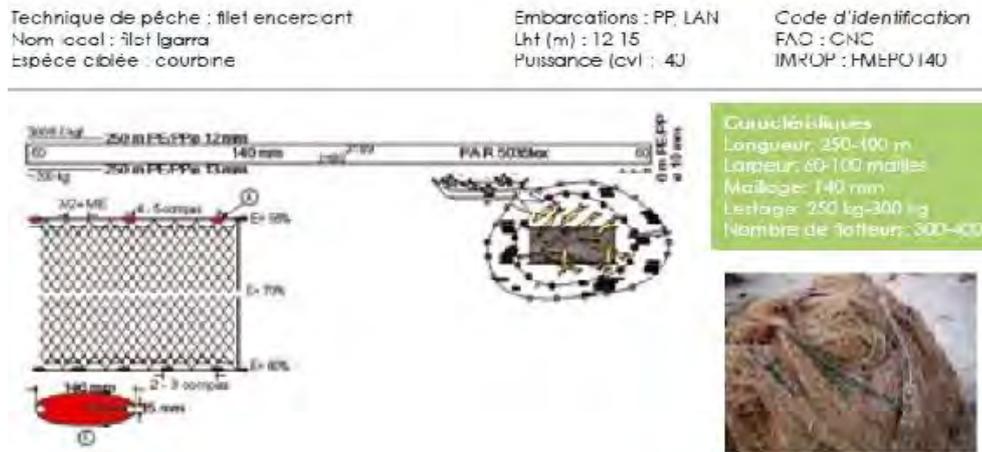


Figure 5 : Filet à courbine (Braham, 2007)

◆ Le filet tournant

Le filet tournant est un engin de pêche utilisé de manière active pour encercler les bancs de poissons (Braham, 2007). Cet engin s'est révélé très performant pour la pêche des espèces qui ont un comportement grégaire, dont la courbine. Il est manœuvré par une unité de pêche composée de deux embarcations motorisées. La première, ayant généralement à son bord 3 ou 4 membres d'équipage, déploie le filet en effectuant une rotation autour du banc de poissons pour revenir à son point de départ et fermer le filet. Ensuite, le filet est fermé par le fond au moyen d'une ralingue coulissante (coulisse). Les deux bouts de la coulisse sont transmis à la seconde embarcation. C'est l'équipage de la deuxième embarcation composé de 20 à 25 pêcheurs, qui se charge de remonter le filet qui peut atteindre 800 m de long avec une chute de 40 m et une maille étirée de 20 et 40 mm.

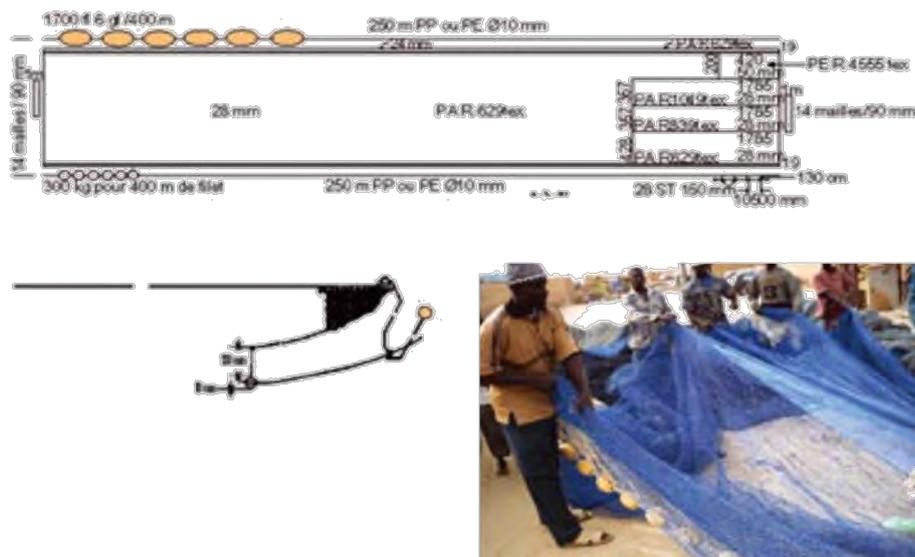


Figure 6 : Filet tournant (Braham, 2007)

2.1.4.2. Efforts de pêche

Les engins de pêche utilisés par le segment artisanal et côtier pour pêcher la courbine est fonction de la zone. Dans la zone Nord, les pêcheurs utilisent le filet à courbine et la ligne à main et certaines années le filet tournant. Les deux premiers engins débarquent plus de 93% des quantités produites dans cette zone. Dans la zone du PNBA et la zone centre le filet courbine est le principal engin utilisé par les pêcheurs. Les pêcheurs de la zone de Nouakchott, quant à eux, utilisent principalement la ligne à main et le filet tournant et d'une façon secondaire le filet courbine. Les pêcheurs de la zone sud combinent l'utilisation de la ligne à main et le filet à courbine pour la capture de la courbine (Bouzouma et Dia, 2011).

L'effort de pêche déployé par la pêche artisanale et côtière, utilisant les engins qui ciblent la courbine, a connu une nette progression entre 1997 et 2004, passant d'un peu plus de 40 000 jours à environ 208 000 jours. Après le pic enregistré en 2004 le nombre de jours a subi une chute l'année suivante avant de se stabiliser autour 130 000 jours. La grande partie de cet effort à Nouakchott est essentiellement réalisée par les unités qui utilisent la ligne. Il est à noter que cet engin est utilisé tout le long de l'année par les pêcheurs de cette zone pour cibler, en plus de la courbine, les poissons nobles (Bouzouma et Dia., 2011).

2.2. Statistiques de pêche et données de campagnes

Les données de pêche traitées dans ce rapport sont issues de la base de données SSPAC (Système de Suivi de la Pêche Artisanale et Côtière). Le système SSPAC est né de la refonte de l'ancien système dénommé « Enquête par métier ». Le SSPAC a été mis en œuvre depuis 2006, et pour

bien mener ce système, le littoral Mauritanien a été subdivisé en 5 zones statistiques couvrant chacune un ensemble de sites de débarquement (environ une vingtaine). Ces zones sont la Zone Nord, la Zone PNBA, la Zone centre, la Zone Nouakchott et la Zone Sud Nouakchott (Figure 7).

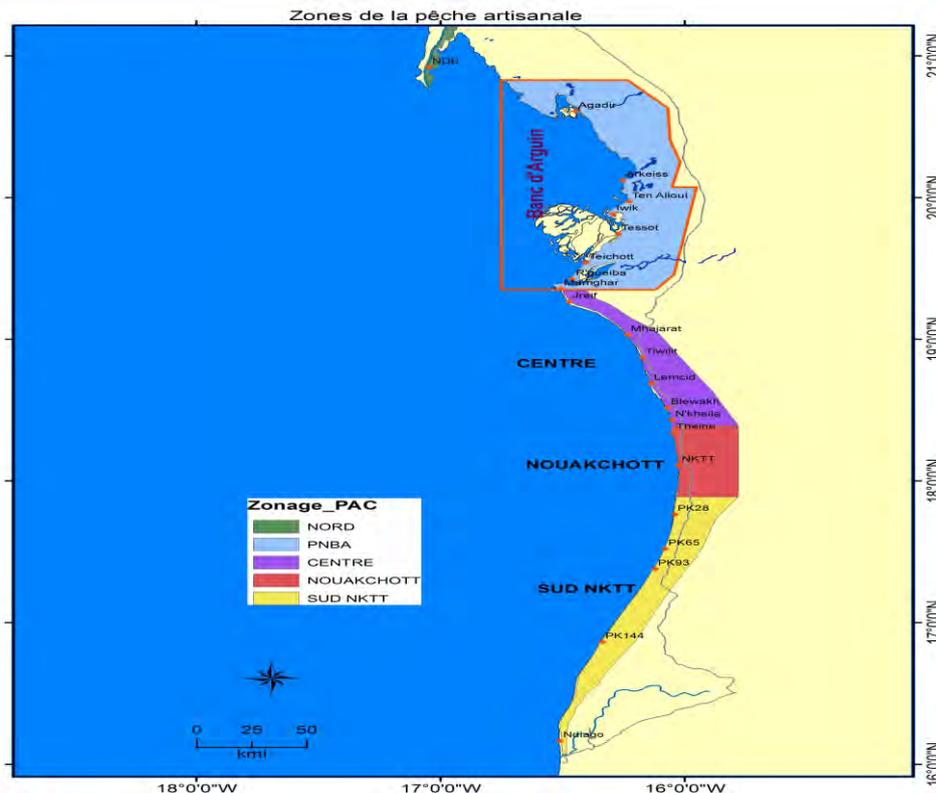


Figure 7 : Zones de la ZEE Mauritanienne (source : IMROP)

Un réseau d'enquêteurs travaille tous les jours de la semaine dans toutes les zones. Le nombre d'enquêteurs dépasse la dizaine pour le site le plus important (Nouadhibou et Nouakchott), ce groupe d'enquêteurs alimente le système SSPAC :

- Enquête de Retour de Mer (ERM) : Chaque enquêteur reporte par sortie de pêche des informations sur l'opération de pêche. (Quantité débarquée par espèce, nombre de jour en mer, zone de pêche, engin de pêche, barque, jour, mois et année.
- Enquête ERMPC (Enquête de Recensement Mensuel du Parc actif Catégorisé) : ce type d'enquête porte sur le recensement mensuel du parc actif catégorisé par engin (filet courbine, filet mulot encerclant, filet d'épaule, filet dorade, filet sole, filet maillant, filet tollo, filet langouste, filet rais, trémil, nasse à poulpe, nasse à poisson, turlute, palangre, pot à poulpe, ligne à main et senne de plage) et par type de barque (lanche, petit bateau artisanal, pirogue, pirogue en aluminium, pirogue en bois, pirogue en plastique et vedette).

Des superviseurs sont chargés du suivi et de la collecte des fiches d'enquête. les données collectées sont acheminées par les superviseurs eux même à l'unité de saisie. Ces données seront stockées

après la saisie dans une base de données MySQL. Cette base est gérée par le service de statistique et informatique au niveau de l'institut Mauritanien de recherche océanographique et de pêche (IMROP).

Pour cette étude nous utiliserons des données de deux types d'enquêtes précitées (enquête de retour de mer et enquête de recensement mensuel du parc actif catégorisé).

Des extraits de cette base de données sous format « Excel » sont exploités. Dans ce cadre, le traitement de a commencé par les données de la pêche artisanale et côtière. Ces données éclairent les captures par : date, mois, année, type d'embarcation, engin de pêche et la zone de pêche ainsi que l'effort de pêche par zone et engin utilisé principalement pour la pêche de la courbine. Cette série de données de pêche artisanale compte de 2006 à 2017/2018.

Dans une étape secondaire, sur la base d'un fichier, des courbes d'évolution des captures annuelles de la pêche artisanale du maigre pour une période de douze ans (1994 à 2005) seront tracées. Il est important à mentionner que les données des captures de pêche industrielle (côtière) par espèce ne sont disponibles que pour les trois dernières années (2016-2018). En outre, les données des campagnes scientifiques de l'IMROP seront exploitées pour une série de 1982-2018.

Les données de ces campagnes peuvent servir à préciser l'aire de distribution de l'espèce, la saison, l'occurrence ainsi que le rendement.

Un fichier d'enquête socioéconomique clarifie également l'évolution des prix de la courbine durant la période de 2000 à 2017. Cette série permet d'avoir une idée d'évolution interannuelle des prix moyens de la courbine en Mauritanie pendant cette période.

Pour l'analyse du spectre de taille, un traitement des données disponibles sera fait, ces dernières remontent à 2011 et pour quelques mois seulement (février, mars avril, juin et juillet).

L'institut Mauritanien de Recherches Océanographiques et des Pêches (IMROP) dispose d'un ensemble de bases données composé essentiellement de données des campagnes scientifiques, des données observateurs, des données système de suivi de la pêche artisanale et côtière (SSPAC), et des données hydrologiques.

Dans un premier temps nous avons travaillé sur les données de la pêche artisanale et côtière (industrielle). Nous avons une série de données de pêche artisanale de 2006 à 2017. Cette série renseigne sur les types d'embarcation, la zone de pêche, le type d'engin, la date et quantité des captures. Tandis que pour les données des captures de pêche industrielle ne sont disponibles que pour les trois dernières années. Alors que les campagnes scientifiques de l'IMROP exploitées pour

une série de 36 ans. Ces campagnes ont commencé 1982. Depuis lors, l'IMROP mène des campagnes pour le suivi des ressources halieutiques de la ZEE Mauritanienne. Selon l'habitat des espèces, deux types de campagnes sont achevées. Les espèces pélagiques sont évaluées via des campagnes acoustiques. Les ressources démersales sont quant à elles suivies à travers les campagnes de chalutage démersal. Les données exploitées pour cette étude sont celles des campagnes de chalutage démersal.

2.3. Méthodes

2.3.1. Estimation de l'abondance annuelle par GLM

Le modèle linéaire généralisé (GLM) est une extension du Modèle linéaire (LM) dont l'utilisation est limitée à certaines conditions notamment la normalité des résidus ce qui n'est souvent pas le cas dans les données halieutiques (Meissa, 2008). Cependant, le principe reste le même et consiste à faire le lien entre la variable à expliquer (réponses) et des variables explicatives. Le modèle ajusté aux données est une représentation mathématique de la relation entre ces variables, et permet de mieux comprendre dans la réalité le phénomène qui a généré ces données.

Le choix des variables explicatives à conserver dans le modèle statistique doit être fait en testant plusieurs modèles correspondant à plusieurs hypothèses. La comparaison permet alors de définir les variables explicatives à retenir (Meissa 2008). Ainsi l'utilisation du GLM a pour objectif d'estimer un indice d'abondance standardisé du stock à partir des données de campagnes scientifiques. Le GLM 'rééquilibre' en quelque sorte, le plan d'échantillonnage pour toutes les modalités des variables qui sont retenues dans le modèle. Les variables retenues sont celles qui ont un effet statistiquement significatif et qui expliquent une part non négligeable de la variabilité des d'indices d'abondance brutes (Meissa, 2008).

Les indices d'abondances sont calculés à partir des données de campagnes scientifiques mauritaniens. La modélisation des CPUE permet de prendre en compte les variations spatio-temporelles de la disponibilité de la ressource sur l'ensemble de la ZEE mauritanienne qui peuvent avoir des effets significatifs sur l'estimation de l'abondance du stock de courbine.

◆ Sous modèle 1 : Distribution gaussienne du log des CPUE > 0

Ici le modèle précité est appliqué uniquement sur les enregistrements où on détient une observation avec l'hypothèse de normalité des résidus. Afin de revenir à l'échelle initiale des CPUE, une transformation logarithmique inverse est effectuée en tenant compte de la correction de Laurent

qui permet d'obtenir des valeurs non biaisées de l'espérance mathématique de l'indice d'abondance (IA).

$$IA = e^{Um,a,z,s} \times e^{1/2\sigma^2}$$

Où a représente l'année (de 1982 à 2018), m le mois (de janvier à décembre), z la zone ([annexe 3](#)) et s la strate bathymétrique (< 30 m, 30-80 m, >80 m). σ^2 est la variance de l'estimateur associé à l'observation.

Un indice d'abondance (IA+) est donc obtenu en moyennant sur l'année les prédictions de toutes les combinaisons possibles des niveaux (modalités) des variables explicatives.

◆ **Sous modèle 2 : Distribution binomiale de présence absence**

Les probabilités de présence sont obtenues en premier temps par un recodage binaire (0 et 1) du fichier des CPUE. Ensuite, le modèle GLM (équation 1) est reconduit sans transformation logarithmique cette fois, avec l'hypothèse d'une loi binomiale sur les résidus. Une probabilité de présence est obtenue pour chaque année (IA (0/1)). Cependant on note que la prédiction est faite en premier lieu dans l'échelle de la fonction de lien logit et le passage au référentiel initial est obtenu.

$$Proba, a, m, z, s = \frac{e^{Ua,m,z,s}}{1 + e^{Ua,m,z,s}}$$

◆ **Modèle delta**

Les indices d'abondances prédits par le modèle delta (IA) sont obtenus par le produit des probabilités de présences et des CPUE prédites pour les observations non nulles, après transformation logarithmique inverse.

Comme pour les CPUE, les rendements par demi-heure de chalutage sont standardisés par un GLM en prenant en compte des facteurs susceptibles d'affecter les rendements de pêche scientifique. Deux séries d'indice d'abondance ont été exprimées en rendement.

Les indices d'abondances prédits par le modèle delta (IA) sont obtenus par le produit des probabilités de présences et des CPUE prédites pour les observations non nulles, après transformation logarithmique inverse.

$$IA = IA(0/1) \times IA(+)$$

2.3.2. Evaluations du stock par l'approche globale

Les méthodes d'évaluation de stocks employées lors des différents groupes de travail et lors de diverses études sont nombreuses. Elles reposent sur deux types d'approche : l'une dite directe à partir de données de campagnes scientifiques, et l'autre indirecte à partir des données de captures des pêcheries (Laurans, 2005).

L'objectif d'utilisation des modèles d'évaluation des stocks halieutiques, c'est l'analyse des données issues des pêcheries afin d'établir des diagnostics sur l'état de la pêcherie de courbine en Mauritanie, et de fournir une aide à la décision pour la gestion.

La nature des données disponibles détermine le type de modèle à appliquer. Le Modèle de Production de Biomasse (MPB), ou « modèle global » est un outil classique d'évaluation des stocks. Il est l'un des modèles les plus utilisés pour les évaluations de stocks lorsque des données sont limitées (données de captures en poids et indice d'abondance). Il s'appuie sur une hypothèse fondamentale d'équilibre : une population (ou un stock) à l'état vierge tend vers une situation d'équilibre stable avec son milieu (Meissa, 2008).

En pratique, la série historique des données disponible doit couvrir la période d'expansion de la pêcherie, afin d'observer la réponse du stock à l'accroissement de l'effort de pêche. Notons que le modèle raisonne sur un seul stock, en supposant l'existence de mécanismes de régulation qui permettent le maintien du stock à l'équilibre (Meissa, 2008).

2.1.4.1. Modèles globaux déterministes

Le modèle global s'exprime en écrivant que la variation de biomasse d'un stock est égale à la production biologique $g(B)$ diminuée de la capture effectuée par la pêche. Soit l'expression suivante (Meissa, 2008) :

$$\frac{dB}{dt} = g(B) - qEB \quad \text{Équation 1}$$

Où B est la biomasse, q est la capturabilité et E l'effort de pêche.

Trois formes d'équations sont utilisées pour la fonction de production de biomasse $g(B)$

$$g(B) = rB \left(1 - \frac{B}{K}\right) \quad \text{Schaefer (1954)}$$

$$g(B) = rB \left(1 - \frac{\ln B}{\ln K}\right) \quad \text{Fox (1970)}$$

$$g(B) = rB \left[1 - \left(\frac{B}{K}\right)^m\right] \quad \text{Pella et Tomlinson (1969)}$$

Avec B la biomasse courante, r le taux de croissance intrinsèque, K la capacité biotique du milieu (la biomasse vierge) et m , un paramètre de forme.

L'application de ces modèles se justifie par la simplicité d'application des modèles, de plus ils ne requièrent pas beaucoup de données. Ainsi il permet d'estimer les points de référence pour la gestion basée sur des points d'équilibre à long terme comme le MSY (Maximum Sustainable Yield) et E_{MSY} (le niveau d'exploitation correspondant).

Pour ces modèles de production à l'équilibre, l'abondance du stock est exprimée en fonction de l'effort de pêche. Schaefer (1954) a montré que si l'effort de pêche reste constant, le stock tend progressivement vers son état d'équilibre quelle que soit sa situation initiale. Ces modèles peuvent être ajustés aux données d'abondance et d'effort de pêche en utilisant la méthode de pseudo-équilibre qui consiste à supposer que l'abondance du stock est en équilibre avec les valeurs de l'effort de pêche (ou de son multiplicateur) exercé sur le stock année après année (Fox, 1975 ; Gascuel, 2008). Les paramètres du modèle déterministe ont été estimés en ajustant les modèles à la série chronologique de l'indice d'abondance et de l'effort de pêche en utilisant la méthode du maximum de vraisemblance et en supposant que les résidus sont indépendants et identiquement distribués (Meissa *et al.*, 2013 ; Ba *et al.* 2018).

2.1.4.2. Modèles stochastiques bayésiens

Les modèles Bayésiens se révèlent particulièrement utiles en halieutique compte tenu des incertitudes liées à la complexité de l'exploitation des stocks et aux problèmes de collecte de données (Ludwig *et al.*, 1993). L'approche bayésienne permet de (1) faire une inférence statistique adaptée aux modèles d'évaluation de stocks, (2) quantifier les incertitudes dans l'estimation des paramètres, et (3) prendre en compte des informations supplémentaires relatives aux paramètres du stock (connaissances expertes) sous forme de distributions de probabilité *a priori* (Ono *et al.*, 2012 ; Simon, 2012 ; Meissa *et al.*, 2013, 2016, 2017 ; Ba *et al.*, 2018). A la fin de l'exécution du modèle, des distributions de probabilité *a posteriori* de la biomasse, des paramètres du modèle (K , q , r) et des principaux points de référence biologique (B_{MSY} , MSY , E_{MSY} , F_{MSY}) sont obtenues (Ba, 2018).

- **Modèle Catch-MSY**

Bien que des estimations des captures soient disponibles pour la plupart des stocks dans le monde, les estimations d'abondance sont difficiles et coûteuses à obtenir et sont pour la plupart des stocks étudiés manquantes. C'est la raison pour laquelle Martel et Froese (2013), s'inspirant des travaux de Kimura et Tagart (1982) et Kimura *et al.* (1984) sur l'analyse de la déplétion des stocks, ont élaboré un modèle d'évaluation de stocks où les données limitées, appelé « modèle Catch-MSY ».

Ce modèle utilise la fonction de production la plus simple de [Schaefer \(1954\)](#) dans un cadre stochastique bayésien avec comme priors les paramètres, la capacité de charge K , la mortalité naturelle M et le taux intrinsèque d'accroissement de la population r . Ce modèle a été déjà validé, car appliqué à 397 stocks européens ([Freose et al., 2016](#)).

À partir seulement des données de captures annuelles de l'espèce, le modèle 'Catch-MSY' permet d'estimer les vraies valeurs des paramètres du modèle : K , M et r . Ainsi après estimation des paramètres, les points de référence biologiques sont calculés : la production maximale équilibrée (MSY), la mortalité par pêche correspondant au MSY (F_{MSY}), la biomasse correspondant au MSY (B_{MSY}), la mortalité par pêche limite ou la mortalité par pêche correspondant à la surpêche (OFL). Nous avons également en sorties de modèle les biomasses et productions annuelles à l'équilibre.

- **Modèle dynamique de production de biomasse**

Le modèle dynamique de production de biomasse a été appliqué dans un cadre de statistique bayésienne, servant de référence pour la modélisation probabiliste. En effet, il permet de représenter l'incertitude autour des estimations des inconnues du modèle à l'aide de distributions de probabilité ([Brooks et Gelman 1998](#) ; [Meyer et Millar, 1999](#) ; [Ono, 2012](#) ; [Meissa et al. 2017](#)).

Les paramètres, notés classiquement θ , sont vus comme des variables aléatoires dont il faut fixer une distribution *à priori*, souvent appelée communément « prior ». Ces priors représentent les connaissances qu'on a sur les inconnues avant l'analyse des données ([Kruschke, 2015](#)). L'apport des données via la vraisemblance et le modèle permet de mettre à jour les connaissances et de passer du prior au postérieur, c'est-à-dire aux distributions *à posteriori* des paramètres ([Figure 8](#)). Ces distributions reflètent le degré de crédibilité des différentes valeurs du paramètre : les valeurs possibles en adéquation avec les données gagnent en crédibilité alors que les valeurs possibles non en adéquation avec les données perdent en crédibilité ([Brooks et Gelman 1998](#)).

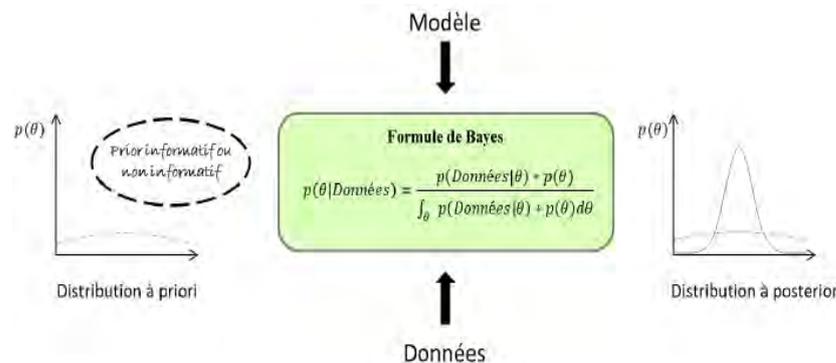


Figure 8 : Représentation schématique de la modélisation bayésienne (D'après [Parent et Rivot 2013](#)) (Avec θ le vecteur des inconnues du modèle, $p(\theta)$ la distribution à priori, $p(Données|\theta)$ la vraisemblance et $p(\theta|Données)$ la distribution à posteriori).

Le processus stochastique déduit la biomasse B_{n+1} de l'année $n+1$ de la biomasse B_n de l'année n , en tenant compte d'une erreur de processus autour de l'équation dynamique du modèle :

$$B_{n+1} = (B_n + g(B_n) - q \times E \times B_n) \times e^{\varepsilon_1(n)} \quad \text{Équation 2}$$

Où B_n est la biomasse exploitable au début de l'année n , $g(B_n)$ est la fonction de production et $e^{\varepsilon_1(n)}$ est l'erreur de processus multiplicative dont la distribution est log-normale. Dans le cas du modèle dynamique, la « sur-paramétrisation » est souvent problématique, ce qui conduit à des résultats peu fiables (Meissa et al., 2013). Par conséquent, seule la fonction de production de Fox (1970) : $g(B_n) = r \times B_n \times \left(1 - \frac{\ln B}{\ln K}\right)$ est considérée en raison de sa robustesse (Gascuel, 2008 ; Meissa et al. 2013) et dont le nombre de paramètres est inférieur à celle de Pella-Tomlinson (1969). Le modèle a été ajusté aux indices d'abondance estimés en supposant une distribution log-normale des erreurs d'observation :

$$IA_n = q \times B_n \times e^{\varepsilon_2(n)}$$

Où q est la capturabilité et $e^{\varepsilon_2(n)}$ est l'erreur d'observation. Les variances des erreurs de processus et d'observation sont égales et des contraintes sur les valeurs des paramètres (K , r et q) du modèle de Fox ont été introduites comme des probabilités *a priori* dans le cadre de l'ajustement bayésien (Meissa et al. 2013 ; Ba et al. 2018).

Pour plus de détails sur le modèle dynamique de production de biomasse, les documents cités ci-après peuvent être consultés (Meyer et Millar, 1999 ; Ono 2007 ; Meissa et al. 2013, Meissa et Gascuel, 2014 ; Meissa et al. 2016, 2017).

Dans l'application présentée dans ce rapport, les statistiques bayésiennes ont été mises en œuvre grâce au logiciel RStudio (Version 0.98.1091 et R 3.5.0) à l'aide du package rjags. Les distributions de probabilité ont été estimées à partir des méthodes d'échantillonnage par simulations MCMC (Monte Carlo Markov Chain) (Gilks et al. 1998). Les résultats ont été exploités à l'aide des packages coda, dclone et MASS.

Le modèle a été ajusté sur des données de captures annuelles de 1982 à 2018 et des indices d'abondance estimés par GLM à des données de campagnes scientifiques sans oublier les valeurs des priors définis (Tableau 1). Trois chaînes de Markov ont été générées par l'estimation avec un burn-in de 50 000 itérations, un « thinning » de 100 et un nombre total d'itérations de 250 000. Ce modèle permet de calculer les principaux points de références biologiques (B_{MSY} , MSY , F_{MSY}) et de donner les incertitudes autour de ces valeurs.

Pour les deux modèles stochastiques, les distributions de probabilités associées aux priors sont indiqués au [tableau 1](#).

Tableau 1 : Différents paramètres du modèle et leur distribution de probabilité associée

Paramètres		Priors du modèle Catch-MSY	Priors du modèle Bayésien
M	Mortalité naturelle	U (0.001, 0.23)	-
K	Capacité biotique du milieu	U (5 000, 100 000)	U (1 000, 300 000)
r	Taux intrinsèque de croissance du stock	U (0.16, 0.49)	Lnorm (0.3, 3)
q	Capturabilité	-	U (0.001, 1)
σ^2	Erreur de processus	-	U (-20, 20)
α	Taux de déplétion de la biomasse par rapport à K	-	U (0.5, 1)

3. Résultats

3.1. Captures et spectres de taille

3.1.3. Evolution des captures

La [figure 9](#) présente l'évolution des captures annuelles de la courbine réalisées par la pêche artisanale de 2006 à 2017. Les captures varient entre 1 573 tonnes en 2006 et 6 250 tonnes en 2017, avec une moyenne annuelle sur la période 2006-2017 de 3 219 tonnes. Sur cette période, l'évolution des captures annuelles montre une tendance générale à la hausse. De plus, on constate que les captures varient d'une année à une autre. On note une augmentation de capture passant de 1573 tonnes en 2006 au 3280 tonnes en 2010, suivi d'une baisse de capture en 2011 avec 1629 tonnes. Les captures de nouveau augmentent de 2012 à 2014 avec des valeurs de 3125 à 5771 tonnes. Par contre une seconde régression de captures est observée en 2015 et 2016 avec des valeurs successivement de 3640 à 2218 tonnes, avant qu'elles reprennent la même tendance à l'augmentation en 2017 avec 6250 tonnes. Cette progression de captures qui ne cesse à se répéter est le résultat direct de forte demande locale ainsi la grande valeur commerciale de courbine. Ceci justifie également l'effort exercé sur cette pêcherie.

Les captures les plus élevées sont observées entre hiver (février-avril) et en été (août-septembre). Les meilleures captures sont observées en avril et septembre avec successivement des captures moyennes mensuelles de 24 et 26 tonnes.

Les captures de la pêche artisanale sont réalisées tout au long de la zone côtière mauritanienne, avec des différences entre les zones de pêche. Ainsi, on constate que les captures observées sur la période 2006-2017 sont plus élevées dans la zone nord avec 47% des captures totales de la ZEE Mauritanienne ([Figure 10](#)). A la suite de cette dernière, il y'a la zone de Nouakchott et la zone centre avec respectivement 25% et 17% des captures totales. On note aussi que les captures de la zone du PNBA restent faibles avec tout de même des captures plus élevées que la zone sud de Nouakchott.

Ces captures sont réalisées généralement par 9 engins de pêche principaux qui assurent près de 93% des captures totales ([Figure 11](#)). Ces engins de pêche sont entre autres le filet à courbine, la ligne à main, la palangre, le pot à poulpe, le filet maillant, le filet sole, le trémail et la senne tournante. Pour l'essentiel, le filet à courbine assure près de 43% de captures totales. Cet engin de pêche est suivi par la ligne à main qui réalise 21% des captures totales. Le reste des captures (29%) est fait par la palangre, le pot à poulpe et le trémail entre autres.

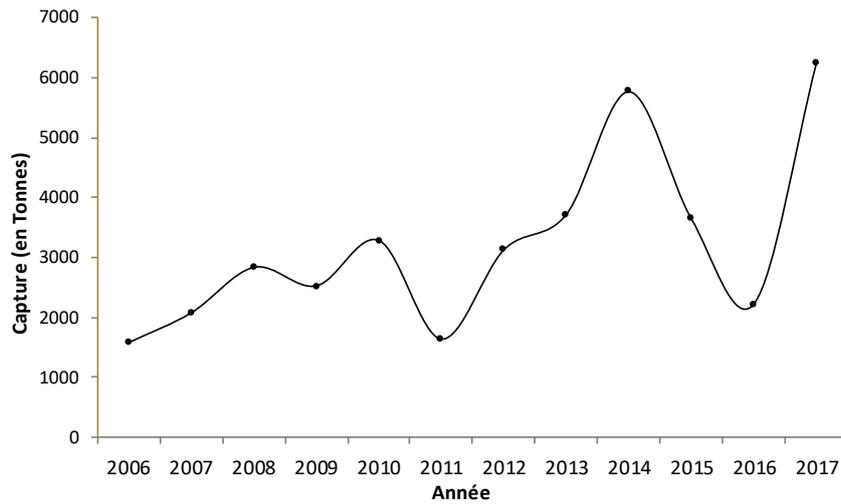


Figure 9 : Captures annuelles de la courbine réalisées par la pêche artisanale entre 2006 et 2017 (source : SSPAC-IMROP).

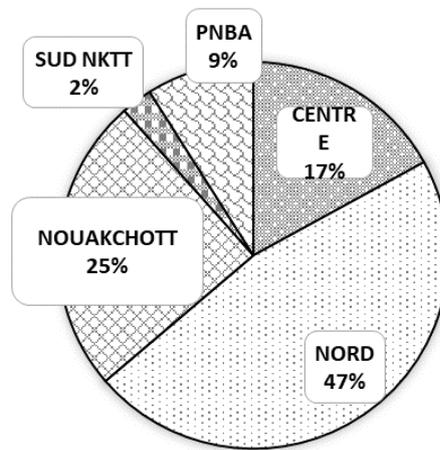


Figure 10 : Répartition des captures de la pêche artisanale par zone de pêche pour la période 2006-2017 (source : SSPAC-IMROP).

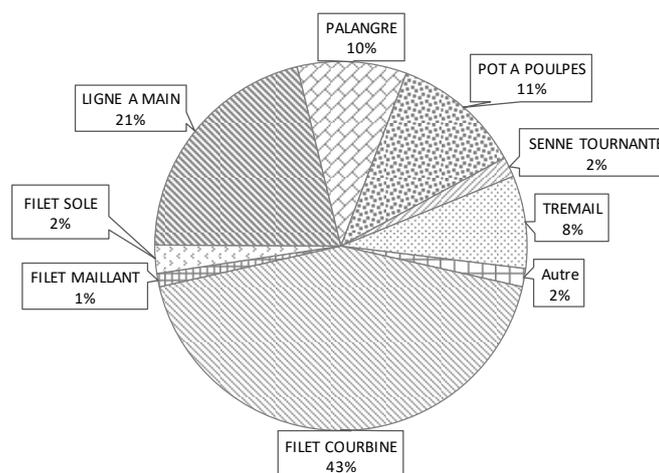


Figure 11 : Répartition des captures de courbine par type d'engin de pêche (source : SSPAC-IMROP).

Quant à la pêche côtière, les captures annuelles de courbine ont fortement augmenté sur la période 2016-2018, passant de 18 tonnes en 2016 à 145 tonnes en 2018 (Figure 12). Les captures de 2018 représentent presque sept fois celles de 2016.

La flotte nationale domine dans la production côtière de la courbine, avec un taux de 53% des captures totales (Figure 13). Plus de 33% des captures de courbine sont attribuées à la flotte chinoise qui occupe la première place des flottilles étrangères côtières opérant dans la ZEE Mauritanienne. Les bateaux nationaux dominent la flottille côtière active, avec 71% des effectifs. D'autres bateaux de nationalités différentes (par exemple : Maroc, Sénégal, et Turquie) sont présents avec des captures relativement faibles (<10% des captures totales).

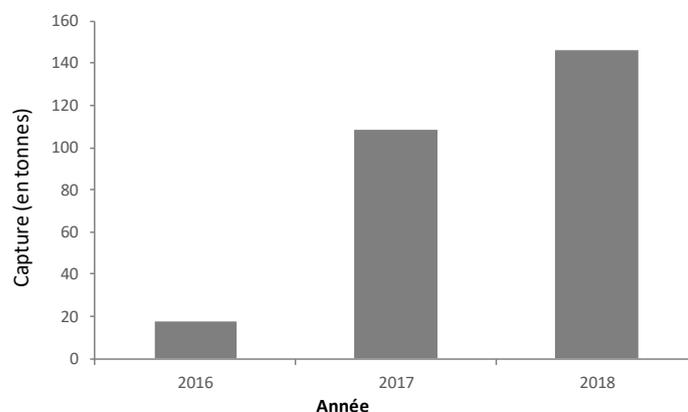


Figure 12 : Captures annuelles de courbine réalisées par la pêche côtière en Mauritanie de 2016 à 2018.

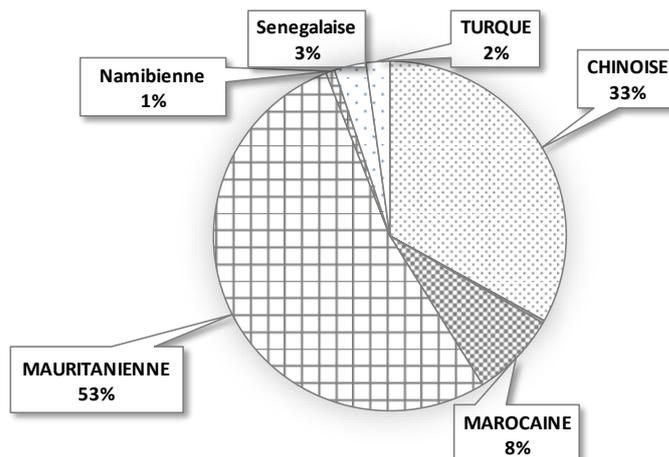


Figure 13: Répartition des captures de courbine de la pêche côtière par nationalité.

En comparant les captures annuelles des deux types de pêche, on note que l'essentiel des captures (plus de 90% des captures totales toutes pêcheries confondues) sont faites par la pêche artisanale (Figure 14). Les captures annuelles de la pêche artisanale varient entre 472 tonnes en 1999 et 6 250 tonnes en 2017 avec des captures moyennes de 2 997 tonnes. Sur la période 1994-2005, les captures moyennes sont estimées à 2 773 tonnes, captures largement inférieures à la moyenne des captures obtenues sur la période 2006-2018, qui s'élève à 3050 tonnes. Par contre, il n'y a presque pas de tendance nette sur toute la période. Quant aux captures de la pêche côtière, elles varient d'une année à une autre, avec des captures moyennes annuelles de 91 tonnes. Ces captures restent très faibles, comparées à celles de la pêche artisanale.

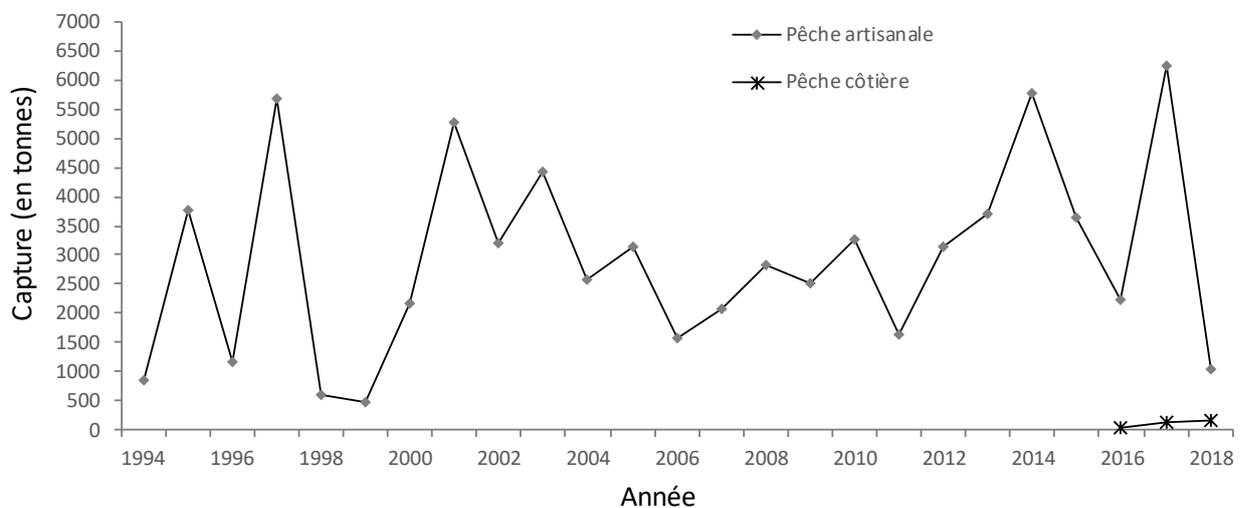


Figure 14 : Captures annuelles de courbine réalisées par la pêche artisanale (1994-2018) et la pêche industrielle (2016-2018).

3.1.2. Effort de pêche du filet à courbine

La courbine est exploitée par la pêche artisanale et la pêche industrielle souvent appelée 'pêche côtière'. La pêche artisanale a beaucoup pris de l'importance à partir de 2011. Ainsi le nombre de pirogues a presque doublé en 5 ans, passant de 172 pirogues en 2011 à plus de 350 pirogues actives en 2016. Plus de 12% du parc piroguier est attribué à la flotte chinoise. Presque la totalité des pirogues actives utilisent le filet à courbine comme engin de pêche.

On note qu'il y'a une évolution parallèle des captures annuelles et de l'effort de pêche du filet à courbine sur la période 2006-2018 (Figure 15). L'effort pêche du filet à courbine varie d'une année à une autre, avec une tendance à la baisse observée surtout sur la période 2013-2018. Il est de 10 694 jours de mer en 2018 contre 27 778 jours de mer en 2013, avec une moyenne de 20451 jours de mer sur cette même période 2013-2018. En effet, sur la période 2017-2018, l'effort de pêche

baisse nettement accompagné d'un accroissement léger des captures en 2018. Par ailleurs, cet effort de pêche a fortement chuté en 2016, ce qui explique la baisse des captures observée à la même année. Quant aux captures annuelles réalisées par le filet à courbine, on remarque qu'elles varient entre 514 tonnes en 2011 et 3 503 tonnes en 2014, avec une moyenne de 1341 tonnes/an.

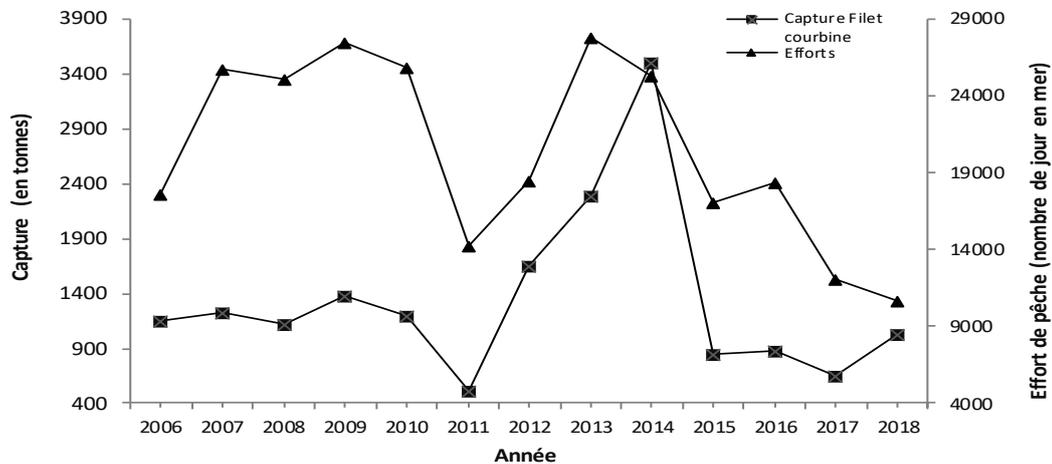


Figure 15 : Captures totales de courbine et efforts de pêche du filet courbine de 2006 à 2018 (source : SSPAC-IMROP)

3.1.3. Spectres de taille

Les données de fréquence de taille ont été disponibles (Figure 16) que pour l'année 2011 et pour quelques mois seulement (février, mars avril, mai, juin et juillet). Ces données nous ont permis d'analyser globalement le spectre de taille de courbine pour ces mois. Les résultats indiquent que les courbines observées sont de taille comprise entre 14 et 112 cm LT. On note que plus de 85% des poissons mesurés sont de taille inférieure à 70 cm LT. Les poissons de taille plus élevée sont observés d'avril à juillet, et les juvéniles sont observés de février à juillet.

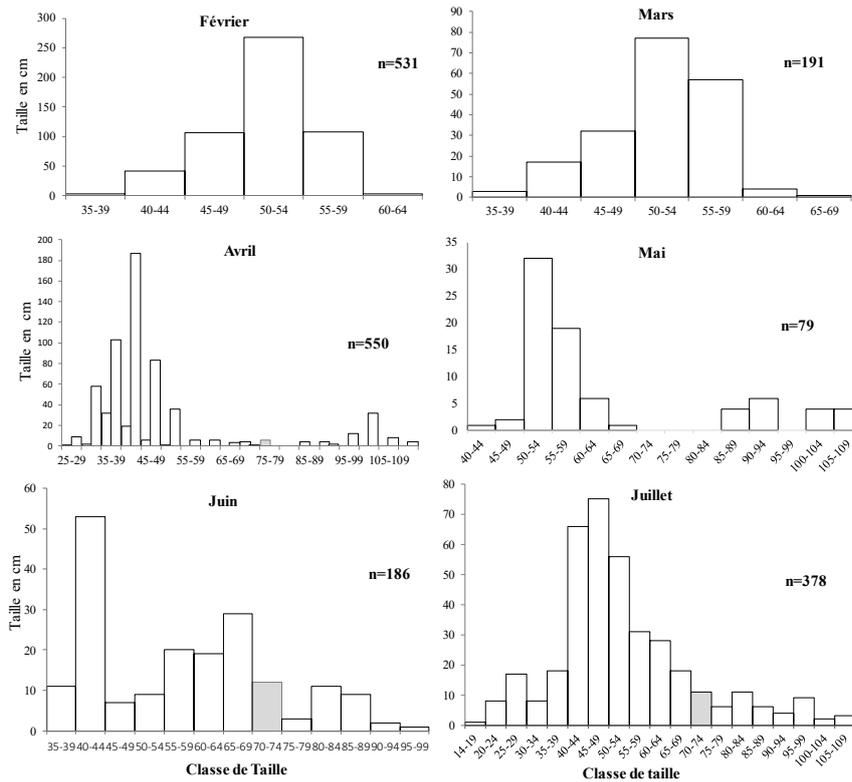


Figure 16 : Distributions de fréquence de taille de la courbine pour les mois de février à juillet 2011 (source : Projet PARTAGE, 2011).

3.1.4. Dynamique des prix de la courbine en Mauritanie

L'évolution interannuelle des prix de la courbine en Mauritanie, pour la période de 2000 à 2017, montre un grand écart entre le prix minimal et maximal (Figure 17). Le prix minimal de 300 UM au kg est observé en 2011, et le prix maximal est de 3 500 UM/kg observé en 2017. Sur la période 2000-2017, le prix annuel moyen est de 546 UM/kg. Globalement l'évolution des prix montre une tendance légère à la hausse, sur la période 2013-2017 comparée à la période 2000-2012.

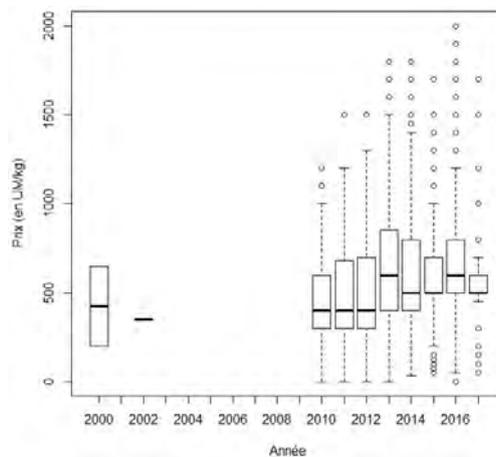


Figure 17 : Evolution interannuelle des prix au kg de la courbine en Mauritanie de 2000 à 2017.

3.2. Dynamique du stock de courbine

- **Modèle binomial**

Le modèle binomial explique 11,8% de la déviance totale des données de présence/absence ([Tableau 2](#)). Les facteurs retenus sont : la strate bathymétrique, l'année, le mois et la zone. La variable strate seule explique 55,2% de la variance expliquée par le modèle. Ensuite, viennent l'année 25,1%, suivie par les deux dernières variables, le mois et la zone avec respectivement 10,5% et 9,3% de la variance totale. La figure des résidus en fonction des valeurs observées ([annexe 5](#)) montre globalement un bon ajustement avec l'absence d'autocorrélation des résidus, et une distribution assez homogène des valeurs. La droite d'Henry (Q-Q plot) qui compare les valeurs des quantiles de la loi empirique aux quantiles de la loi normale centrée réduite, confirme aussi la normalité de la distribution.

La distribution de probabilités de présence-absence estimées pour la courbine au long de la série fluctue entre 0,50 et 0,58 et tourne autour d'une médiane de 0,52. La probabilité de présence maximale est notée en 2002 avec une valeur de 0,58 ([Figure 18](#)).

L'analyse de la distribution saisonnière de la courbine indique une abondance plus élevée entre décembre et mars. En revanche des abondances plus faibles sont notées en saison chaude, d'août, à septembre ([annexe 2](#)). L'occurrence la plus faible est observée en août. Sur la période 1982-2018, l'occurrence annuelle est différente selon la bathymétrie, la saison et la zone de pêche. D'ailleurs, les captures élevées sont observées entre les mois de décembre à mai, dépassant souvent 11%. Alors qu'en saison chaude, i.e. les mois de juin à novembre, les captures sont faibles, ne dépassant pas 6% des captures totales ([annexe 2](#)).

Une occurrence faible de la courbine est observée sur la période 1982 - 2018. L'espèce est présente seulement dans 10% des traits de chalut ([annexe 4](#)). Sur cette période, l'occurrence annuelle est faible exceptée les années 2001-2003 et 2009 où la présence de l'espèce est plus élevée ([annexe 4](#)).

- **Modèle gaussien**

Le modèle gaussien explique 23% de la déviance totale des données de rendement par demi-heure de chalutage des campagnes scientifiques ([Tableau 2](#)). Les variables les plus significatives, en termes de déviance expliquée, sont l'année, la zone et le mois. L'année explique la part la plus importante de la variabilité 71% de la déviance totale, suivie par la variable mois (15%) et la zone

(13%). L'indice d'abondance (IA) estimé montre une tendance générale à la baisse depuis 1982. Le rendement moyen estimé tourne autour de 6,61kg/30 mn (Figure 18).

Tableau 2 : Modélisation GLM des CPUE de la courbine des campagnes scientifiques (sources : données IMROP).

Modèle binomial : Présence/absence *A. regius* ~ Strate + Année + mois + zones

Variabes	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	% deviance	Pr(>Chi)
NULL			8291	710,68		
Strate	5	46,264	8286	664,42	6,5%	< 2.2e-16
An	34	21,006	8252	643,41	3,0%	< 2.2e-16
Mois	11	8,821	8241	634,59	1,2%	< 2.2e-16
Zone	11	7,759	8230	626,83	1,1%	< 2.2e-16

Modèle gaussien : CPUE *A. regius* ~ Année + zones + mois

Variabes	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	% deviance	Pr(>Chi)
NULL			784	1916,3		
An	34	318,33	750	1598	17%	< 2,2e-16
Zone	7	58,81	743	1539,2	3%	0,0001289
Mois	11	68,67	732	1470,5	4%	0,0003376

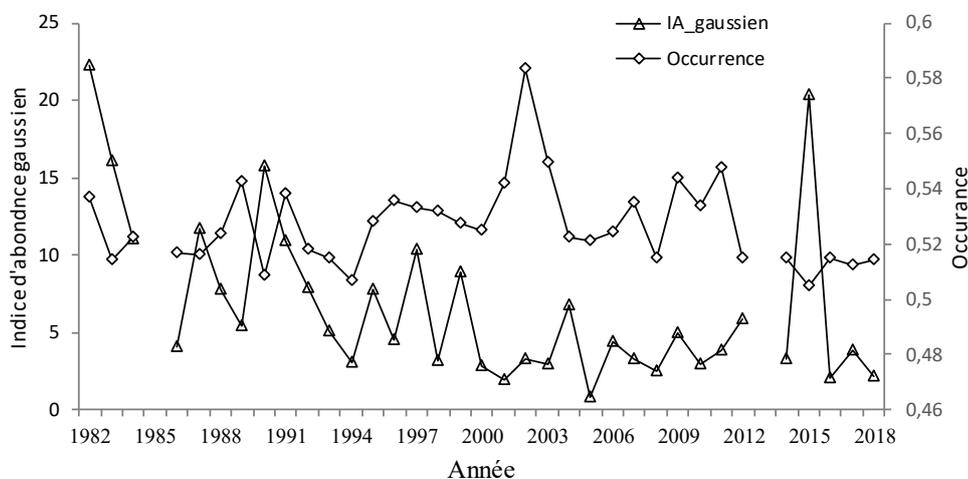


Figure 18. Occurrences et abondances annuelles de la courbine pêchée en Mauritanie entre 1982 et 2018.

- **Modèle delta**

L'indice d'abondance (IA) estimé par le modèle delta est le résultat de la combinaison des résultats deux modèles binomial et gaussien, issus des campagnes scientifiques.

L'abondance annuelle de la courbine varie d'une année à une autre avec une tendance générale à la baisse (Figure 19). On note que l'abondance est plus élevée sur la période 1982-1998 que sur la période d'après. Sur cette même période, les captures annuelles étaient faibles en raison d'une pêche pas encore très développée. Par contre, l'exploitation a commencé de façon effective avec l'apparition massive de la courbine en 1999 suivie d'une diminution considérable de l'abondance en 2005 et 2008, puis d'une augmentation jusqu'en 2011. A partir de cette année, l'abondance diminue nettement jusqu'en 2018. Par contre, le meilleur rendement est observé en 1982. L'abondance moyenne annuelle est de 3,49 kg/30 mn. Par contre, on note que, les années de fortes abondances sont souvent des années de faibles captures.

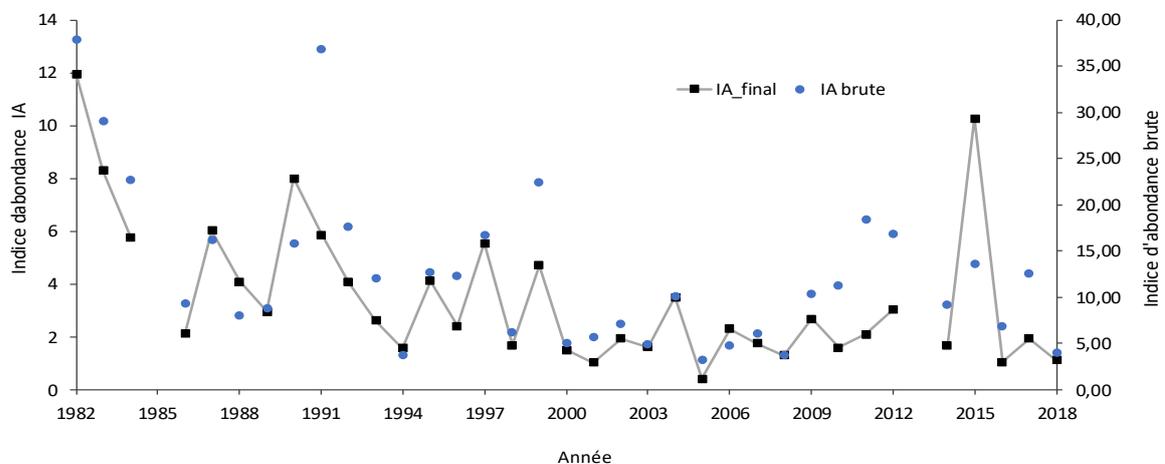


Figure 19. Abondances brutes du stock de courbine et prédites par le modèle GLM à partir des données de campagnes scientifiques de l'IMROP sur la période 1982-2018.

3.2. Evaluations du stock de courbine

3.2.1. Résultats du modèle global à l'équilibre

L'abondance annuelle de la courbine varie d'une année à une autre avec une tendance générale à la baisse (Figure 20). Quant aux captures annuelles, elles varient également d'une année à une autre avec une tendance générale à la hausse. Les captures fluctuent entre 472 tonnes observées en 1999 et 6 250 tonnes en 2017 avec une moyenne de 2 918 tonnes. On constate que les années de forte abondance correspondent souvent à des captures faibles.

Le modèle de production de biomasse de Fox sous l'hypothèse de pseudo équilibre s'ajuste bien avec les données (Figure 21). L'abondance du stock diminue de manière progressive avec l'effort de pêche. Le diagnostic du stock de courbine montre une situation de sous exploitation (Figure 22). Le potentiel exploitable (MSY) du maigre estimé est de 3 967 tonnes et les intervalles de

confiance sont donnés dans le [tableau 2](#). Les captures actuelles de 2018 qui sont de 1 168 tonnes sont inférieures au MSY.

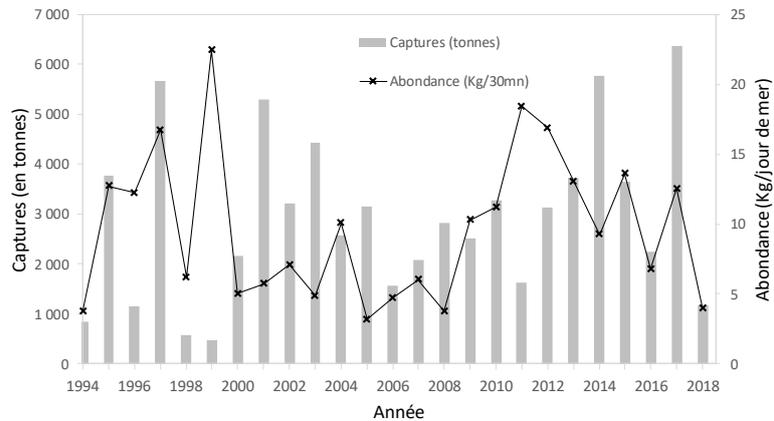


Figure 20 : Captures et abondances annuelles de la courbine exploitée en Mauritanie entre 1994 et 2018.

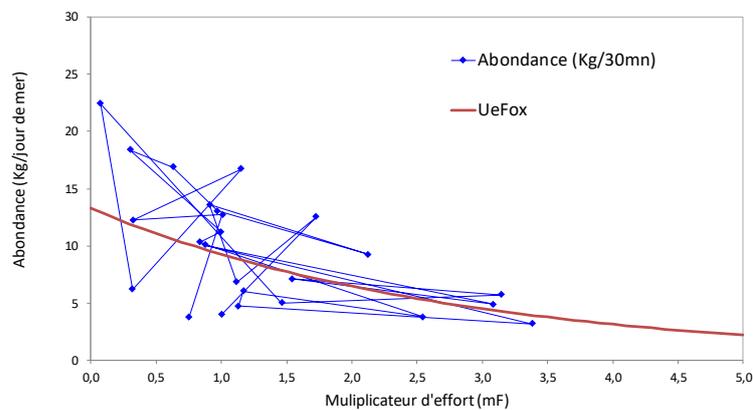


Figure 21 : Abondances annuelles observées et prédites en fonction du multiplicateur de l'effort de pêche (mF).

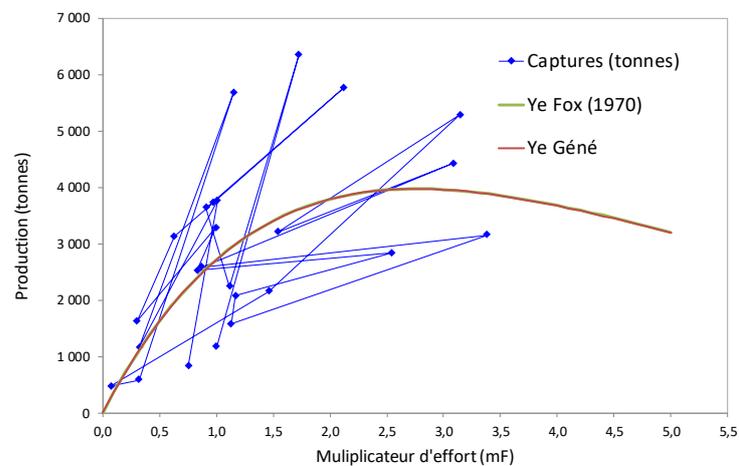


Figure 22 : Courbes des captures observées et de productions à l'équilibre en fonction du multiplicateur de l'effort de pêche (mF).

3.2.2. Résultats du modèle Catch-MSY

Les densités de probabilités *à posteriori* des paramètres r , K et MSY du modèle catch-MSY sont présentées à la [figure 23](#). En analysant les différentes hypothèses sur les biomasses initiales et finales, et l'erreur d'observation ou de processus, les distributions postérieures de densité sont très proches.

Le modèle Catch-MSY donne comme sorties les distributions de probabilité *a posteriori* les paramètres r , K , M et les points de référence tels que B_{MSY} , MSY , F_{MSY} , U_{MSY} , OFL . Ainsi, les valeurs de r estimés par le modèle sont comprises entre 0.165 et 0.473 avec une valeur médiane de 0.27. Quant au k , il varie entre 23 927 et 57 057 tonnes avec une médiane de 37 363 tonnes/an. Enfin la mortalité naturelle M varie de 0.006 à 0.224 avec une valeur médiane de 0.114.

La [figure 23a](#) montre l'évolution des captures totales de courbine obtenues sur la période 1994-2018. Elle indique également une valeur médiane de MSY de 2 594 tonnes avec un intervalle de confiance de 95% compris entre 1 957 et 3 223 tonnes.

Cette valeur MSY a été obtenue à partir des meilleures combinaisons possibles entre r et k ([Figure 23b](#)). Cette relation nous donne une idée sur la qualité du modèle. Ainsi, l'ajustement du modèle est très bon car répondant en principe aux caractéristiques biologiques des espèces marines. Quand r augmente, K diminue, vice-versa.

Les principaux points de références biologiques estimés par le modèle (MSY , B_{MSY} , F_{MSY}) présentent des distributions *a posteriori* quasi-normales. Le MSY varie entre 1921 et 3204 tonnes, avec une moyenne de 2 594 tonnes. B_{MSY} est comprise entre 11 947 à 28 675 tonnes, avec une biomasse moyenne calculée à l'équilibre de 18 910 tonnes. Le taux d'exploitation moyen correspondant à la valeur MSY à l'équilibre est de 0.130. Sur les figures 22c-d-e sont présentées les densités postérieures de k , MSY et r respectivement.

Les résultats du modèle indiquent que les captures observées en 2018 sont nettement inférieures au MSY ([Figure 23](#)). Par conséquent, le stock serait dans une situation de sous exploitation avec un F_{MSY} moyen de 0.15 indiquant que l'effort de pêche reste encore faible pour exploiter le potentiel de pêche.

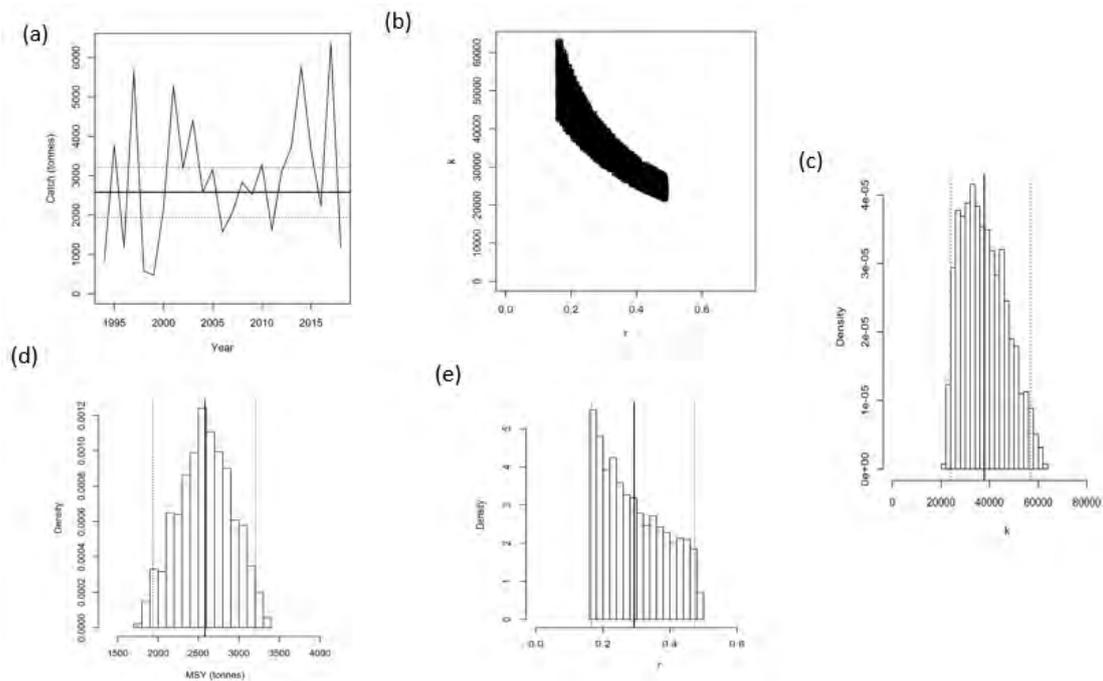


Figure 23 : Sorties graphiques du modèle Catch-MSY : (a) série chronologique des captures avec une estimation superposée de MSY (en gras) et les limites (en cassés) contenant environ 95% des valeurs estimées. (b) forme de la relation entre r et k ; les points noirs représentent les combinaisons r - k selon les simulations du modèle. (c, d et e) montrent les distributions a posteriori de k , MSY et r , respectivement.

3.2.3. Résultats du modèle global Bayésien

Les principaux résultats du modèle global bayésien sont présentés au [tableau 3](#) et aux [figures 24 à 26](#). Ces résultats sont validés par les relations entre les différents paramètres r , q , k ([Figure 24](#)). On note que ces relations sont significatives, avec un coefficient de corrélation de Pearson plus élevé entre r et k qui est de -0.63 . Sur la même figure, est présentée la forme de la relation ainsi que les distributions des paramètres r et k . Ceci justifie la qualité du modèle qui a été conservé. Pour rappel, plusieurs scénarios ont été simulés mais le résultat reste plus ou moins le même.

Ainsi, on note que l'abondance du stock de courbine évolue est en déphasage par rapport à la mortalité par pêche ([Figure 25](#)). Ce qui est normal en dynamique des populations, car quand la mortalité par pêche est élevée, l'abondance diminue et vice versa. On constate que l'abondance du stock de courbine était élevée sur la période 1994-1999, correspondant à une mortalité par pêche F relativement faible sur la même période. De 2000 à 2008, l'abondance reste quasi faible avec une certaine variabilité interannuelle. Cette abondance faible pourrait s'expliquer par un niveau d'effort de pêche élevé. Cependant, sur la période 2009-2014, l'abondance a de nouveau augmenté avec des valeurs maximales proches de 20 kg/30 mn. Par contre, à partir de 2015 l'abondance ne cesse de baisser malgré une mortalité par pêche pas élevée excepté l'année 2017.

Les résultats du modèle indiquent que le MSY varie entre 699 et 9 358 tonnes, avec une valeur médiane de 3 453 tonnes (Figure 26a). On note que la distribution *a posteriori* est une distribution normale, ce qui est différente de la distribution *a priori* qui était uniforme. On remarque que l'incertitude autour de cette valeur de MSY est grande. Cette variabilité s'exprime également sur la nette variabilité des captures (Figure 26b). Par conséquent, on peut penser que le stock de courbine est instable.

Le stock de courbine exploité dans la ZEE mauritanienne serait dans une situation de sous exploitation voire de pleine exploitation (Figure 26b). Cependant, cette situation n'est pas très stable, elle pourrait évoluer très rapidement vers une situation dégradée si la dynamique de l'exploitation n'est pas bien maîtrisée. Cette situation de sous exploitation est confirmée par les 3 modèles appliqués (Tableau 3). La modélisation consolide bien le diagnostic obtenu.

Le récapitulatif de résultats des modèles appliqués dans le cadre de l'approche globale (Tableau 3). Les résultats sont présentés sous forme des paramètres des modèles (k , r , q ... etc.) et les points de références biologiques estimés de la MSY (B_{MSY} , MSY , E_{MSY} et F_{MSY}).

Tableau 3 : Tableau récapitulatif de paramètres et résultats des modèles appliqués

Paramètres	Modèle global pseudo-équilibre	Catch MSY	Bayésien
K	8 323	37 363	15 438
r	0.038	0,27	5,7
q	0,002	-	0,001
R^2	0,36	-	0,850
MSY	3 573	2 594	3 453
F_{MSY}	-	0.14	0.592
mf_{MSY}	0,38		0,36
E_{MSY}	-		0,96
Y_{2018}/MSY	0,29	0,45	0,33

La courbe de Kobe permet de suivre les différentes situations du stock de courbine au fil des années (Figure 27). Elle montre bien que la courbine a eu à se trouver dans les différentes situations de pêche allant de la sous exploitation à la surpêche. On voit bien qu'elle est beaucoup plus régulière dans les situations de sous exploitation avec un niveau d'effort de pêche faible. Dans les cas où le stock était surpêché, ces situations étaient vraiment sporadiques. Mais dans la situation présente de sous exploitation, le stock reste aussi non surpêché. Le fait majeur noté en 2018 est que la biomasse du stock est faible ainsi que la mortalité par pêche. Ce qui complique la prise de décision actuelle quant à l'évolution future et/ou spontanée de la pêcherie.

D'ailleurs, sur la [figure 28](#), nous avons simulé en supposant le statuquo, l'évolution de la biomasse pour les 05 prochaines années c'est-à-dire la période 2019-2023. On constate que la biomasse serait augmentée de 3 fois en 2023, passant de moins 5 000 tonnes en 2018 à 15 000 tonnes en 2023.

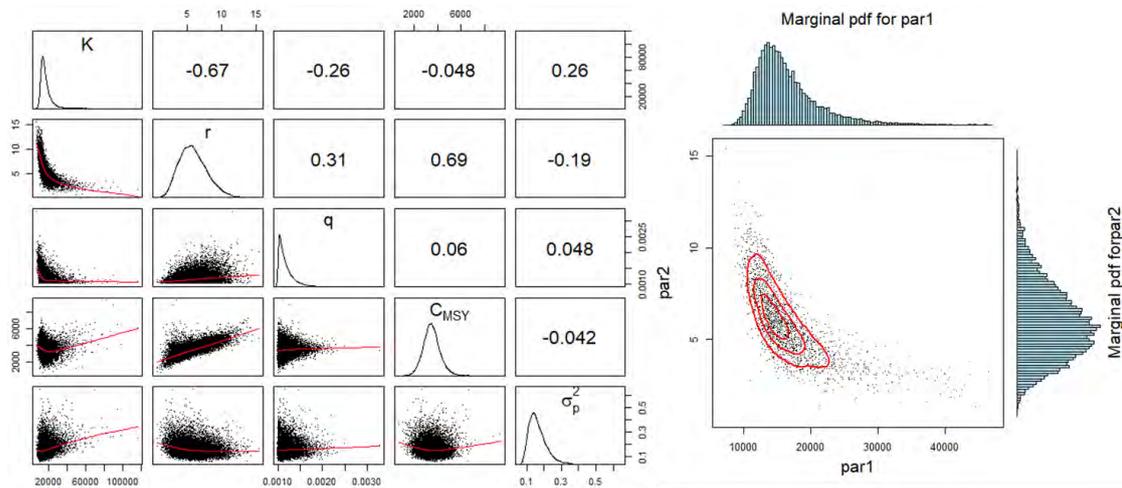


Figure 24 : Ajustement du modèle global tourné dans le cadre bayésien joints pour les différents paramètres et la corrélation entre les paramètres r et K .

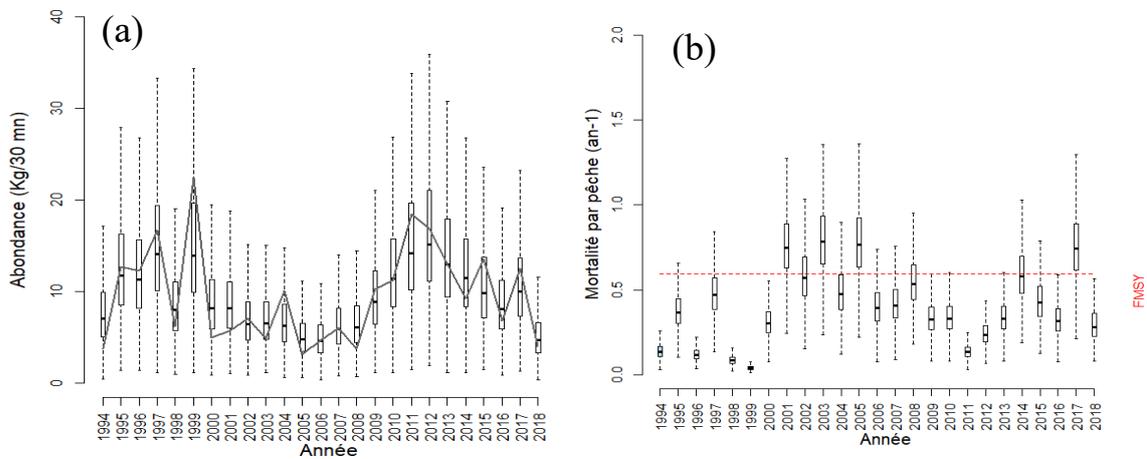


Figure 25 : Abondance (a) et mortalité par pêche (b) estimées sur la période 1994-2018 par le modèle global Bayésien.

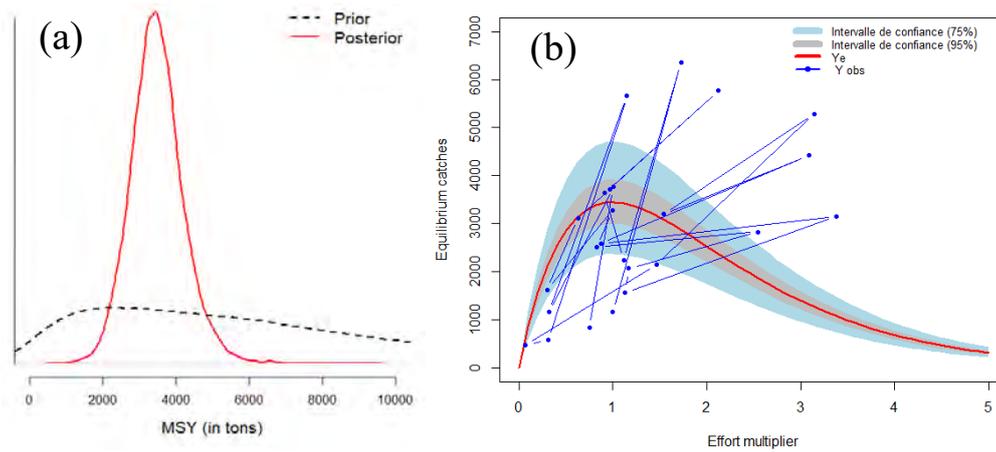


Figure 26 : Résultats du modèle global Bayésien : (a) distributions de probabilité du prior et postérieur du MSY et (b) captures observées et à l'équilibre obtenues par le modèle.

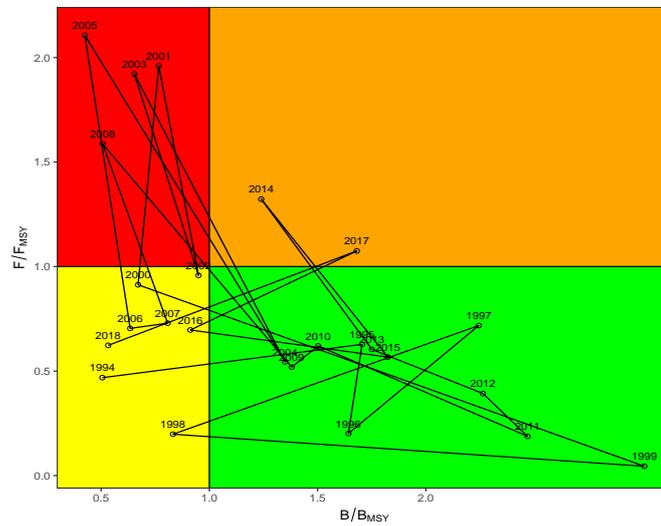


Figure 27 : Courbe de Kobe montrant les trajectoires suivies par le stock de courbine de 1994 à 2018.

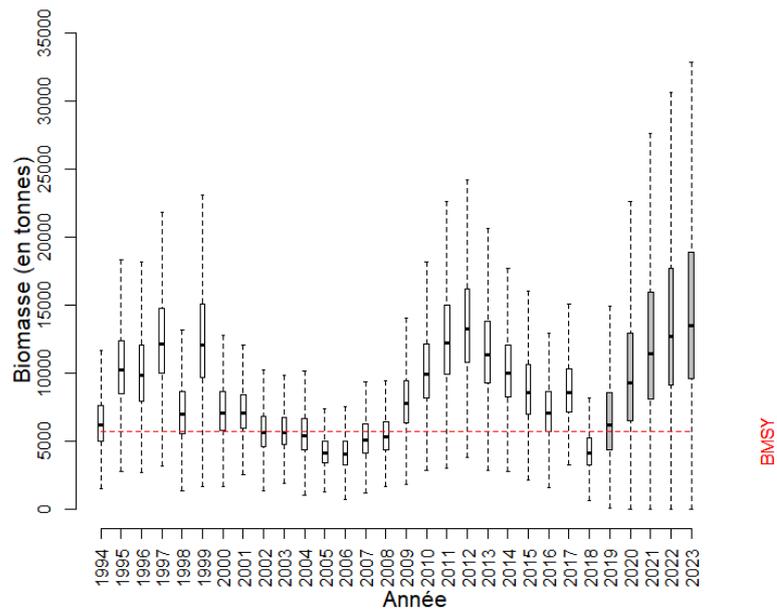


Figure 28 : Biomasses de courbine estimées par le modèle global Bayésien pour la période 1994-2018 (boxplots vides) et biomasses simulées pour les 5 prochaines années (boxplots grises).

4. Discussion

Le présent travail avait pour objectif de contribuer à une meilleure compréhension de la dynamique du stock de courbine et de son exploitation en Mauritanie. Le diagnostic de la pêcherie de la courbine constitue une étape essentielle dans la mise en place d'un plan d'aménagement.

Ainsi, les résultats obtenus indiquent une tendance globale à la baisse de l'abondance du stock de courbine sur toute la période analysée. L'analyse de l'évolution des captures nous a permis de noter un accroissement des captures surtout pour les dernières années. Deux saisons de pêche (Janvier-mai et juillet-décembre) et deux grandes zones (zone nord et la zone de Nouakchott) de concentration de la courbine ont été déterminées. Cette augmentation des captures serait à l'origine de la forte demande locale, entraînant un ciblage assez particulier de la courbine par les flottilles artisanale et industrielle. On note qu'en plus de la diminution de l'abondance du stock, une baisse de l'effort de pêche depuis 2013. Par conséquent, le diagnostic établi sur le stock de courbine exploité en Mauritanie donne une situation de sous exploitation.

Ces résultats ne seraient validés après une analyse assez fine de la qualité des données fournies. Ainsi, la qualité et disponibilité des données commerciales et de campagnes scientifiques sont des éléments clefs pour le diagnostic de l'état d'exploitation du stock et sa pêcherie. Les données des campagnes scientifiques sont connues pour être de meilleure qualité. Souvent la disponibilité des espèces et l'utilisation d'engins adaptés sont des facteurs influençant potentiellement les résultats d'évaluation des stocks. Les campagnes ont l'avantage de standardiser les paramètres d'échantillonnage comme par exemple la durée de chalutage, la vitesse de chalutage, l'utilisation de même chalut et la couverture de zones chalutables de la ZEE Mauritanienne.

Quant aux données commerciales, notamment les captures annuelles, malgré l'amélioration constatée, de nombreuses incertitudes continuent toujours d'exister dans les systèmes d'enquêtes. Il est toujours impossible de quantifier précisément les captures, vu qu'on n'a pas d'informations sur les rejets, les prises accessoires et les prises de la pêche de loisir.

A base de données des captures et de campagnes scientifiques, trois modèles d'évaluation ont été appliqués afin d'optimiser le résultat final. Ces modèles sont le modèle global avec l'hypothèse de pseudo-équilibre, le modèle global appliqué dans le cadre bayésien, et le modèle catch MSY. Le choix de ces modèle est justifié par la faible exigence en matière de données et l'utilisation antérieure par des scientifiques (Laurans, 2005 ; Gascuel, 2008 ; Meissa *et al.* 2013 ; Thiaw, 2010 ; Martel et Froese, 2013). Or, il y'a aussi des incertitudes/erreurs dans les modèles d'évaluation des stocks notamment déterministes. Ainsi le modèle dynamique assouplit l'hypothèse de pseudo-équilibre, mais augmente le nombre de paramètres estimés (Gascuel, 2008). Il est exprimé sur un

pas de temps annuel et mis en œuvre dans un cadre stochastique à espace d'état (Meyer et Millar, 1999 ; McAllister *et al.*, 2001 ; Ono *et al.*, 2012).

Les résultats de ces modèles ont en effet confirmé une situation actuelle de sous-exploitation du stock de courbine. Les valeurs de MSY estimées sont supérieures aux captures observées en 2018. La dernière évaluation de la courbine en Mauritanie (Meissa et Gascuel, 2014) a relaté une situation de surexploitation. On pourrait penser que le stock aurait quitter la situation de surexploitation pour rester dans une situation de sous exploitation. La raison principale serait la diminution de l'effort de pêche constaté depuis 2013 améliorant ainsi la biomasse du stock. De plus, les mesures d'interdiction d'exportation de la courbine, mullet et tassergal prises depuis 2008, peuvent contribuer à une baisse de la pression sur ce stock.

Les résultats de ces évaluations pourraient être discutés ou critiqués du fait des fortes fluctuations interannuelles des captures constatées. En plus, on note un manque criard de connaissances l'identité du ou des stock(s) de courbine. Or cette dernière information est si nécessaire à la fois pour la recherche halieutique et pour la mise en place de mesures de gestion. Cette variabilité des captures serait le reflet certainement de la variabilité environnementale qui influence l'abondance (Laurans, 2005).

En plus de ces aspects et les conditions écosystémiques, les interactions entre les espèces, peuvent apporter des éléments de réponse plus précis. Le régime alimentaire de la courbine est composé de petits crustacés, de céphalopodes (Tixerant, 1974), de sardinelles et de mullet (Limam, 2009). Par conséquent, il y'a certainement une relation directe entre la biomasse de la courbine et celles de ses proies. En effet le diagnostic de stocks pélagiques et démersales en Mauritanie (GT, IMROP, 2019) montre deux situations différentes des stocks de proies. Une première situation de sous-exploitation des seiches, calmars, et crevettes, et une seconde situation de surexploitation de la sardinelle ronde et de l'ethmalose. Cette diminution de biomasse des proies de courbine peut justifier la tendance à la baisse de l'abondance et la faible biomasse de ce stock.

L'analyse des données de différentes campagnes océanographiques nationales et internationales a montré une extension de la zone de minimum d'oxygène (OMZ) qui a été repérée dans la zone du Cap-Blanc. En outre, le changement notable de la direction dominante des vents a été constaté, passant de NNW/NW pour la période 1960-1999 vers le plein nord N de 2000 à 2018 (GT, IMROP, 2019). Il s'y ajoute, selon les résultats d'enregistrements journaliers, sur plus de 3 décennies de la station de Cansado, une élévation de la température de l'eau de mer d'environ 0,6°C. Ces perturbations climatiques affecte d'une part les habitats des espèces pélagiques, et d'autre part diminuent l'intensité de l'upwelling côtier. Ces perturbations auront sans doute des répercussions directes et indirectes sur la situation du stock de la courbine.

5. Conclusion et Recommandations

La gestion durable des ressources halieutiques nécessite de diagnostics continus des pêcheries. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail. L'objectif principal de ce mémoire est d'établir un diagnostic de l'état d'exploitation du stock de courbine exploité en Mauritanie.

La courbine est une espèce côtière, bentho-pélagique, à longue durée de vie, sa résilience est faible et elle atteint la taille de première maturité sexuelle à 4-5 ans. Par conséquent, son exploitation mérite une attention particulière.

Ainsi, nous avons d'abord analysé l'évolution des captures de la courbine et de l'effort de pêche ainsi que leur répartition spatiale. L'évolution des captures annuelles montre une tendance générale à la hausse. Elles varient entre 1 573 et 6 250 tonnes avec des captures annuelles moyennes sur la période 2006-2017 de 3219 tonnes. Et 47% des captures totales sont réalisées dans la zone Nord. Le filet à courbine réalise 43% des captures totales débarquées.

Les résultats d'évolution mensuelle des captures et l'analyse des fréquences de taille ont puis confirmé deux saisons d'abondance de la courbine, en saison froide et saison chaude. L'évolution de l'abondance estimée par GLM à partir des données de campagnes scientifiques montre une tendance générale à la baisse depuis 1982.

Cette tendance à la baisse de l'abondance nous a poussé à modéliser le niveau d'exploitation du stock de courbine pour voir plus clair sur la situation de la pêcherie. Ainsi, cette évaluation a été faite par 3 modèles qui ont enfin tous confirmé une situation de sous-exploitation du stock de courbine. De plus, on remarque qu'en même temps que la biomasse est faible en 2018, l'effort de pêche est aussi faible.

Afin d'assurer l'exploitation durable de la pêcherie de courbine en Mauritanie, un ensemble de mesures pourraient mener à cet objectif, parmi lesquelles :

- ✓ Améliorer la qualité des données commerciales notamment les captures totales et efforts de pêche ;
- ✓ Mener des campagnes scientifiques spécifiques pour cette espèce afin de répondre à des questions relatives à son identité de stock ainsi que de la dynamique du stock ;
- ✓ Faire un suivi des prises accessoires des bateaux côtiers débarquant aussi la courbine ;
- ✓ Actualiser les paramètres biologiques de la courbine pour leur utilisation dans le cadre de modèles plus sophistiqués tels que l'analyse des cohortes et les modèles de rendement et de biomasse par recrue ;
- ✓ Adopter une approche écosystémique afin d'avoir une évaluation plus précise en tenant compte des interactions pouvant exister entre les espèces prédatrices et les espèces proies ;
Augmenter la taille de première capture de 12 cm i.e. 82 cm LT au lieu de 70 cm LT permettrait à la courbine de se reproduire ne serait-ce qu'une fois avant d'être capturée.

Références Bibliographiques

- Alemanly J., 2017. Développement d'un cadre Bayésien pour l'évaluation de stocks à données limitées et élaboration de scénarios de gestion, cas particuliers de la seiche (*Sepia officinalis*) et du lieu jaune (*Pollachius pollachius*), Normandie Université, 262 p.
- Bâ K., 2018. Dynamique des ressources démersales côtières et aménagement de la pêcherie du poulpe au Sénégal, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 142 p.
- Banque centrale de Mauritanie, 2018. Rapport annuel exercice, Banque centrale de Mauritanie 107 p.
- Biais G., 2002 : Le maigre (*Argyrosomus regius*). La fiche du mois. Les nouvelles de l'Ifremer (42).
- Biais G., 2018. Fiche espèce Maigre commun. Acclima Terra, Le Treut, H. (dir). Anticiper les changements climatiques en Nouvelle-Aquitaine. Pour agir dans les territoires - Webcomplément. 2 p.
- Bouzouma M., Dia M., 2011. Rapport Diagnostic Courbine Synthèse des connaissances scientifiques : écobiologie, exploitation et évaluation du stock. Rapport interne IMROP, Nouadhibou, 26 p.
- Braham C.B., Labross P., Bouzouma M., 2007. Catalogue des engins de pêche artisanale en Mauritanie. Document interne IMROP, Nouadhibou, 64 p.
- Brooks SP., Gelman A. 1998. General methods for monitoring convergence of iterative simulations. American Statistical Association, 7, 434–455.
- Caverivière A., Andriamirado G. A. R., 1997. Minimal fish predation for pink shrimp *Penaeus notialis* in Senegal (West Africa). Bull. Mar. Scien. 61 (3) : 685-695.
- Chakroun N., Ktari M. H., 1981 : le régime alimentaire des Scianidae (Poissons, Téléostéens) du Golfe de Tunis. Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Océan. & Pêches Salammbô (11) : 69-80.
- Cabral H. N., Ohmert B., 2001. Diet of juvenile meager *Argyrosomus regius* within the tagus estuary. Cahiers de Biologie Marine. 42 : 289-293.
- CSRP, 2005. Projet d'appui à la gestion concertée des stocks de mulets, courbine et tassergal en Mauritanie et au Sénégal. UICN. 56 p.

- Domain (F.), 1980. Contribution à la connaissance de l'écologie des poissons démersaux du plateau continental sénégal- mauritanien. Les ressources démersales dans le contexte du golfe de Guinée. Thèse DOC, d'Etat Sciences. Université Pierre & Marie Curie Paris et Museum National D'Histoire Naturelle, Paris, 342 p.
- El Vadhel H., 2016. Meta analyse des données des campagnes de chalutage démersales en Mauritanie de 1982 à 2011, Mémoire de Master 2, UBO, Brest, 79 p.
- FAO, 2016. Species identification guide for fisheries purpose, the living marine resources of Eastern Central. Atlantic Volume 4 Bony Fishes Part 2 (Perciformes to tetraodontiformes) and Sea turtles, 2416 p.
- Fox, W. W., 1970. An exponential surplus-yield model for optimising exploited fish populations. Transactions of the American Fisheries Society 90, 80 – 88.
- Froese R., Pauly D., 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2019).
- Gilks R., Walter, Gareth O. Roberts., Sujit K. Sahu., 1998. Adaptive Markov Chain Monte Carlo through Regeneration, Journal of the American Statistical association, 93 :443, 1045-1054.
- Gelman, A., Carlin, J.B., Stern, H.A., Rubin, D.B. 2004. Bayesian data analysis. Chapman and Hall, Boca Raton. 668 p.
- GT IMROP 2002. Rapport de synthèse, Evaluation des stocks et aménagement des pêcheries de la ZEE Mauritanienne, rapport final du groupe de travail, 241p.
- GT IMROP 2019. Rapport de synthèse, Aménagements des ressources halieutiques et gestion de la biodiversité au service du développement, rapport final du groupe de travail, 51 p.
- Helfman G. S., 2007. Fish conservation. A guide to understanding and restoring global aquatic biodiversity and fishery resources. Island Press : 600 p.
- Inejih C.A., 2009. Rapport du 1^{er} groupe de travail scientifique du projet Partage, Nouakchott, 26 au 29 octobre 2009, 121 p.
- Inejih C.A., Taleb Sidi M., Deme M., Ould Mohamedou F., Thiao D., 2010. Rapport du 2^{ième} groupe de travail scientifique du projet Partage, Nouakchott, 27 au 30 septembre 2010, 135 p.

- Jiménez M.T., Pastor E., Grau A., Alconchel J.I., Sanchez R., Cárdenas S., 2005. Revisión del cultivo de esciénidos en el mundo, con especial atención a la corvina *Argyrosomus regius* (Asso, 1801). Bol. Inst. Esp. Oceanog, 21, 169-175.
- Konstantinos I. S., Karpouzi V. S., 2002. Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. Reviews in Fish Biology and Fisheries ,11, 217-254.
- Kimura D., Tagart J., 1982. Stock reduction analysis, another solution to the catch Equations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 39, 1467-1472.
- Kimura, D., Balsiger, J., Ito, D. 1984. Generalized stock reduction analysis. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 41, 1325–1333.
- Kruschke J.K., Vanpaemel W., 2015. Bayesian estimation in hierarchical models. In J. Busemeyer, J. Townsend, Z. J. Wang, & A. Eidels (Eds.), The Oxford hand book of computational and mathematical psychology, 279-299.
- Laurans M., 2005. Ressources et exploitations “ démersales ” en Afrique de l’ouest : évaluation des stocks, dynamique des populations et approche écosystémique, Doctorat de l’École nationale supérieure agronomique de Rennes, 311 p.
- Limam A., 2009. Contribution à l’étude du régime alimentaire du Maigre *Argyrosomus regius* (Asso,1801) débarqué à Nouadhibou, Rapport interne IMROP, Nouadhibou,69 p
- Limouzy C., 1983. Abondance saisonnière et migration de la courbine, *Argyrosomus regius*, dans la baie du Lévrier, Mauritanie. Bull. Cent. Natn. Rech. Océan. & Pêches vol.11, Fasc 1 : 69-88.
- Ludwig D., Hilborn R., Walters C. 1993. Uncertainty resource exploitation, and conservation: Lessons from history. Ecological Applications, 3, 547-549.
- Ly B., Diop M., Girardin M., 1999. Guide et nomenclature nationale commerciale des espèces marines (Poissons, Crustacés et Mollusques) pêchées en Mauritanie, Document interne, CNROP, IEO, 222 p.
- Mahé K., Delpech J. P., Carpentier A., 2006. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manche orientale et du golfe de Gascogne. édition Ifremer, 164 p.
- Martell S., Froese R., 2013. A simple method for estimating MSY from catch and resilience Fish, 14, 504-514.

- McAllister M.K., Pikitch E.K., Babcock E.A., 2001. Using demographic methods to construct Bayesian priors for the intrinsic rate of increase in the Schaefer model and implications for stock rebuilding. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58, 1871-1890.
- Meissa B., 2008. Évaluation des ressources ichtyologiques démersales du plateau continental Mauritanien. Mémoire de Master 2, Agrocampus Ouest, Rennes, 71 p.
- Meissa B., 2013. Dynamique des ressources démersales dans l'écosystème marin mauritanien : vulnérabilité des ressources et impacts de la pêche. Thèse de Doctorat à Agrocampus Ouest, Rennes, 234 p.
- Meissa B., Gascuel D., 2014. Overfishing of marine resources: some lessons from the assessment of demersal stocks off Mauritania. *ICES J Mar Sci* 72: 414–427.
- Meyer R., Millar R.B., 1999. BUGS in Bayesian stock assessments. *Can J Fish Aquat Sci* 56 : 1078-1087.
- Ndour I., 2013. Impact de la pêche et de l'environnement sur l'état de peuplements de poissons sur la grande côte du Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Cheikh Anta Diop, Dakar, 204 p.
- Ono K., Punt A.E., Rivot E., 2012. Model performance analysis for Bayesian biomass dynamics models using bias, precision and reliability metrics. *Fish Res* 125–126 :173-183.
- Parent E, Rivot E., 2013 Introduction to hierarchical Bayesian modelling for ecological data. Boca Raton, FL : CRC Press.
- Pasquaud S., 2006 : Les relations trophiques : Eléments de structuration des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien. Application à l'estuaire de la Gironde. Thèse de Doctorat de l'université de Bordeaux I. Bordeaux, Bordeaux, 369 p.
- Pella J.J., Tomlinson P.K., 1969. A generalized stock production model, *Bulletin of Inter-American Tropical Tuna Commission*, 13, 421-496.
- Prista N, Costa JL, Costa MJ, Jones CM., 2009. Age determination in meagre *Argyrosomus regius*. *Relatórios Científicos Técnicos: Série Digital* 49: 1-54.
- Quémener L., 2002. Le maigre commun (*Argyrosomus regius*). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. Ifremer. *Ressources de la mer*, 31 p.

- Quéro J.-C., 1989. Le maigre, *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Poissons, Sciaenidae) en Méditerranée occidentale. Bull. Soc. Zool. France, 114 (4) : 81-89.
- Quéro J.-C., Vayne J.-J., 1987. Le maigre *Argyrosomus regius* (Asso, 1801) (Pisces, Perciformes, Sciaenidae) du golfe de Gascogne et des eaux plus septentrionales. Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes, vol. 49, n°1-2, 35-66.
- Quéro J.-C., Vayne J.-J., 1997. Les poissons des mers des pêches françaises. Lausanne-Paris : Delachaux et Niestlé SA, 304 p.
- Sanyo, 2002. Etude pour le plan d'aménagement des ressources halieutiques en République Islamique de Mauritanie Techno Marine, Inc Sanyo Overseas Agro-Fisheries consultants Co.Ltd. Chapitre 1-9, pages variables.
- Schaefer M.B., 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries, Bulletin of Inter-American Tropical Tuna Commission, 1, 25-26.
- Simon M., 2012. Modélisation hiérarchique bayésienne pour l'évaluation des populations de thonidés : intérêts et limites de la prise en compte de distributions *a priori* informatives. Thèse de Doctorat, AgroParisTech, Paris, Spécialité Écosystème et sciences agronomiques. 166 p.
- 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, 215 p.
- Tixerant G., 1947. Contribution à l'étude de la biologie du Maigre ou courbine *Argyrosomus regius* sur la côte Mauritanienne, Thèse de Doctorat, Université d'Aix-Marseille, Marseille, 149 p.

Annexes

Annexe 1 : Evolution de captures mondiales de maigre de 1980 à 2008.

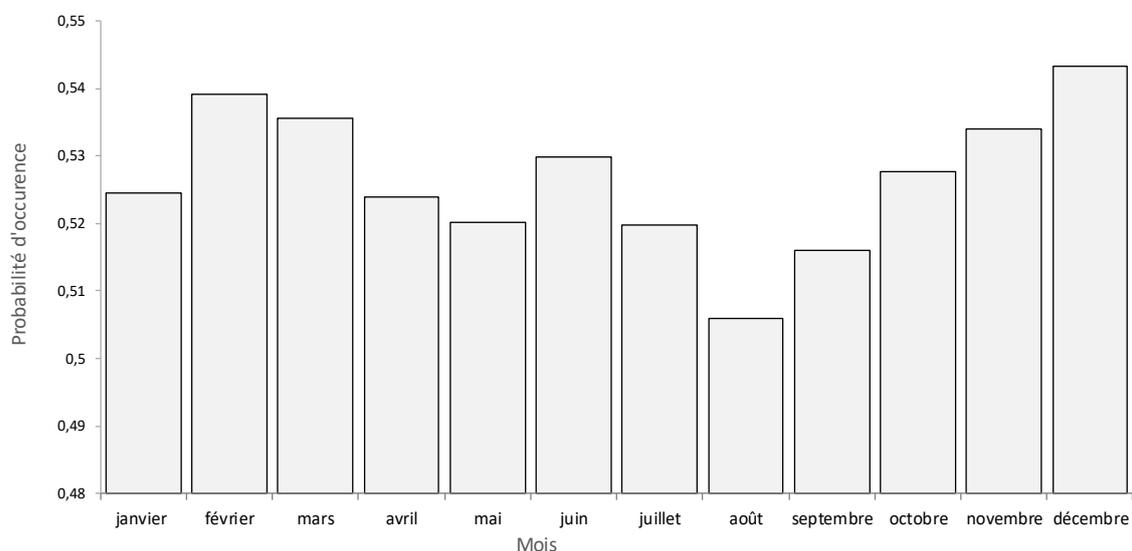
	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Total world ^a	3 207	5 261	4 108	4 046	5 926	6 340	8 941	9 337	8 250	4 840	5 724
Egypt	269	113	776	1 038	1 372	1 414	2 411	1 232	2 107	1 602	1 202
France		179	189	162	156	101	525	1 263	1 356	1 204	13
Ghana										233	2 042
Guinea-Bissau			394	372	730	337	310	277	260	240	240
Israel	10	67	288	223	273	249	144	6	2	22	22
Mauritania		2 000	600	600	600	950	1 200	1 500	900	1 320	1 230
Morocco*	1 160	2 544	1 755	1 534	2 047	3 102	4 160	4 722	3 387	**	**
Portugal	937		4	6	36	40	46	172	154	143	159
Spain	816	94									
Turkey	15	193	70	50	63	75	62	96		60	56

Source: FAO (2010a)

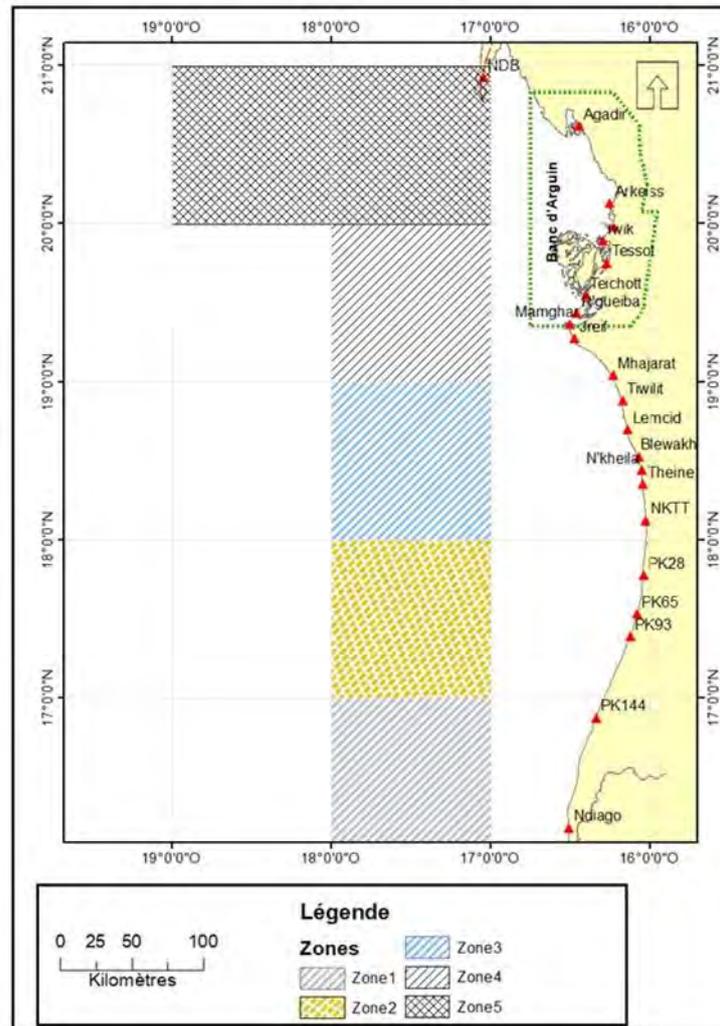
* data from FAO (2008). ** In FAO (2010a), 2007 and 2008 meagre were grouped with all Sciaenidae.

^a total world production reflects the fact that in some years and countries meagre was grouped with all Sciaenidae.

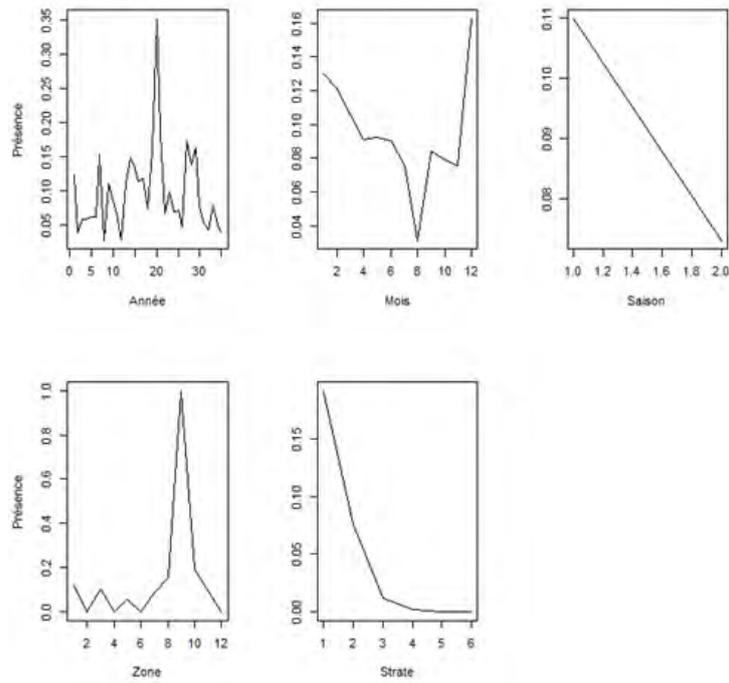
Annexe 2 : Evolution des probabilités de présence mensuelle de la courbine C.S (IMROP)



Annexe 3 : Description du zonage utilisée pour l'estimation de l'abondance du stock à partir des campagnes scientifiques.



Annexe 4 : Evolution des indices d'abondance annuelle, mensuelle, zonale et bathymétrique



Annexe 5 : Normalité des résidus du sous modèle des observations non nulles des CPUE

