



Ifremer

Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du
Master Sciences Agronomiques et Agroalimentaires Spécialité Sciences Halieutiques et
Aquacoles

**Evaluation préliminaire de stock de rouget barbet
de roche (*Mullus surmuletus*) en Manche-sud
mer du Nord**



Photo Pierre PORCHE - IFREMER

Présenté par :

Camara Djiby

Soutenu le :

10 septembre 2009



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention
Master Sciences Agronomiques et Agroalimentaires Spécialité Sciences Halieutiques et
Aquacoles

**Evaluation préliminaire de stock de rouget barbet
de roche (*Mullus surmuletus*) en Manche-sud mer
du Nord**

Présenté par : Camara Djiby

Soutenu le : 10 septembre 2009

Devant le Jury

M. Paul MARCHAL....., Ifremer.
M. Didier GASCUEL....., Agrocampus Ouest.
M. Etienne RIVOT....., Agrocampus Ouest.
M. Martial LAURANS....., Ifremer.
M. Jérôme GUITTON....., Agrocampus Ouest.

Diffusion du mémoire

Aucune confidentialité ne sera prise en compte si la durée n'en est pas précisée.

Préciser les limites de la confidentialité :

Mémoire de fin d'études

Consultable sur place : oui non

Reproduction autorisée : oui non

Prêt autorisé : oui non

Confidentialité absolue : oui non
(ni consultation, ni prêt)

Diffusion de la version numérique : oui non

Durée de la confidentialité ⁽²⁾ :

Je soussigné(e) Paul Marchal, propriétaire des droits de reproduction de la dite version, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

Fiche de résumé du mémoire de fin d'études :

Résumé diffusable : oui non

Si oui, l'auteur complète l'autorisation suivante :

Je soussigné(e) Paul Marchal, propriétaire des droits de reproduction dudit résumé, autorise toutes les sources bibliographiques à le signaler et le publier.

Date :

Signature :

Rennes, le

Le Maître de stage,

L'auteur,

L'Enseignant responsable,

REMERCIEMENTS

Mes remerciements vont tout d'abord conjointement à mes maîtres de stage Paul Marchal, Kélig Mahé et Franck Coppin. Ma gratitude envers eux est immense. Je suis très sensible à l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant ma demande de stage mais aussi de m'avoir fait constamment confiance, tout en me laissant autonome. Ils ont encadré ce mémoire scientifique, avec cœur, engagement. Ils ont considérablement amélioré ce travail par relecture minutieuse et suggestions dont j'ai toujours tenu compte. J'avoue avoir beaucoup appris avec eux. Nos discussions nombreuses ont toutes contribué à façonner ma réflexion, mon « style » ...

Marchal et famille, grâce à vous la nostalgie de Dakar, m'envahissait à peine. Je ne trouve pas les mots qui conviennent pour vous rendre la politesse.

Je ne saurai réaliser une évaluation de la disponibilité dont Franck et Kélig ont fait preuve envers ma modeste personne, leur sollicitude et leur disponibilité m'ont été très bénéfique.

Je tiens à manifester toute ma gratitude à M. Didier GASCUEL, avec qui naquit l'idée, que je ne regrette pas, de venir poursuivre mes études en France, son soutien est jusqu'ici effectif. Merci !

Je remercie les membres du Jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Parmi eux, j'ai une reconnaissance toute particulière pour M. Etienne Rivot et encore une fois M. Didier Gascuel car leurs enseignements ont été le socle rigide auquel je me suis appuyé pour produire ce présent travail.

Je remercie également Wilfried (Thiof), Marilynne et Emily car ils n'ont ménagé aucun effort pour la réussite de ce modeste travail qui s'est réalisé dans les délais car ils ont fourni les données nécessaires au moment où il le fallait.

Youen, Christophe, et Corinne veuillez accepter mes plus sincères remerciements, vos conseils et soutiens techniques ont été effectifs.

Merci à Didier « Le Roy de l'Ifremer », grâce à toi mon module de stage embarqué est acquis. Didier, à vrai dire, c'est en ce moment que je suis arrivé à quai !

Mes remerciements vont aussi à Elodie, Fabienne, Elvire, Caroline et Elise. Toutes mes amitiés à vous. Elodie grâce à toi ma mobilité dans Boulogne était assurée, je salue ta générosité.

Mes respects et remerciements à Dominique, André, Jean Paul, Yves et Sandrine. Ce stage à l'Ifremer était pour moi un grand honneur !

Mes sincères remerciements à l'ensemble du personnel de l'Ifremer de Boulogne sur mer, Vous m'avez réservé un accueil exemplaire, avec vous l'environnement de travail est favorable. Je n'aurai bien sûr pas pu réaliser ce mémoire en toute quiétude sans la générosité et l'accueil chaleureux que vous m'avez réservé. C'est à tout le laboratoire que je suis infiniment reconnaissant.

Enfin, que tous ceux qui, de près ou de loin, ont aidé à accomplir ce modeste travail, trouvent ici l'expression de ma très profonde gratitude.

TABLES DES MATIERES

I	INTRODUCTION	8
II	CONTEXTE	10
II.1	HISTORIQUE DES DEBARQUEMENTS	10
II.2	ENJEU ECONOMIQUE.....	11
II.3	GESTION	11
II.4	EVALUATION DU STOCK.....	11
II.5	PRESENTATION DE L'ESPECE.....	12
II.5.1	<i>Taxonomie</i>	12
II.5.2	<i>Caractéristiques</i>	12
II.5.3	<i>Répartition</i>	13
II.5.4	<i>Biologie</i>	13
II.6	IDENTITE DU STOCK.....	13
II.7	DESCRIPTION DE LA PECHERIE	14
III	MATERIEL ET METHODES	15
III.1	MATERIEL REQUIS POUR L'EVALUATION DU STOCK DE ROUGET-BARBET	15
III.1.1	<i>Captures et mensurations</i>	15
III.1.2	<i>Indices d'abondance</i>	15
III.1.3	<i>Âge de recrutement</i>	19
III.1.4	<i>Poids moyens</i>	19
III.1.5	<i>Clés taille/âge</i>	20
III.1.6	<i>Mortalité naturelle</i>	20
III.2	EVALUATION DU STOCK DE ROUGET BARBET	21
III.2.1	<i>Approche globale: modèle de production</i>	21
III.2.2	<i>Approche structurale</i>	22
IV	RESULTATS	24
IV.1	MORTALITE NATURELLE	24
IV.2	CPUE	25
IV.2.1	<i>CPUE filtré par seuil sur les marées</i>	25
IV.2.2	<i>CPUE filtrées par GLM</i>	25
IV.3	MODELE GLOBAL.....	28
IV.3.1	<i>Ajustement avec les indices d'abondance CGFS</i>	28
IV.3.2	<i>CPUE_F10%</i>	29
IV.4	MODELE ANALYTIQUE	33
IV.4.1	<i>Captures aux âges</i>	33
IV.4.2	<i>VPA séparable</i>	33
IV.4.3	<i>Sensibilité aux paramètres</i>	35
IV.4.4	<i>XSA</i>	37
V	DISCUSSION	39
VI	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	41
VII	BIBLIOGRAPHIE	42
VIII	ANNEXE	45

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Statistiques de pêche des rougets barbet de roche de 1950 à 2003 pour l'océan Atlantique.....	10
Figure 2 : Evolution de capture de rouget barbet en Manche Est et sud mer du Nord (IVc & VIIId).....	10
Figure 3 : Evolution comparée des prix moyens du rouget barbet, de la sole, de la plie, du cabillaud et du merlan.	11
Figure 4 : Schéma d'un rouget barbet de roche (Bauchot, 1987).	12
Figure 5 : Carte de la Manche et de la mer du Nord avec la représentation des secteurs CIEM (a) ; Carte de l'abondance du rouget barbet lors de la campagne scientifique CGFS (<i>Channel Ground Fish Survey</i>) en 2003 (b).....	14
Figure 6 : Evolution trimestrielle des captures de rouget barbet (secteurs IVc et VIIId).....	14
Figure 7 : Indice d'abondance de la campagne CGFS	19
Figure 8: Evolution des CPUE filtrées aux seuils 10, 20 et 30%.....	25
Figure 9 : Distribution des résidus du modèle log-gaussien.	26
Figure 10: Classification des rectangles statistiques par niveau d'abondance en rouget barbet.	27
Figure 11 : Evolution des CPUE filtrées et indices d'abondance CGFS.	27
Figure 12 : Distribution des résidus ; Evolution des captures à l'équilibre en fonction de la biomasse (IA_CGFS).	28
Figure 13 : Distribution des probabilités du MSY et du paramètre K(IA_CGFS).	28
Figure 14 : Distribution des probabilités des paramètres q et r (IA_CGFS).....	29
Figure 15 : Distribution des résidus ; Evolution des captures à l'équilibre (CPUE_F10%)... ..	29
Figure 16 : Distribution de probabilité du paramètre K et du MSY (CPUE_F10%).....	30
Figure 17 : Distribution des probabilités des paramètres q et r (CPUE_10%).	30
Figure 18 : Evolution des Biomasses issues des ajustements du modèle global.....	31
Figure 19 : Sensibilité de la biomasse prédite par le modèle globale en fonction de r.....	32
Figure 20 : Sensibilité de la biomasse prédite par le modèle globale par rapport à la taille du stock.	32
Figure 21 : Structure en âge des captures de rouget barbet de 2004 à 2008.	33
Figure 22 : Distribution des résidus du logarithme des ratios des captures (VPA séparable). ..	34
Figure 23 : Structure démographique du stock de rouget barbet.	35
Figure 24 : Evolution des biomasses issues des modèles global (IA_CGFS, CPUE_F10%) et structural.....	35
Figure 25 : Sensibilité de la taille des cohortes au coefficient de mortalité naturelle.....	36
Figure 26 : Sensibilité de la taille des cohortes par rapport à la sélectivité.	36
Figure 27 : Sensibilité de la taille des cohortes par rapport au taux d'exploitation.	37
Figure 28 : Sensibilité de la taille des cohortes par rapport à l'âge de référence.....	37
Figure 29: Distribution des résidus du logarithme des ratios des captures par catégorie d'âge.	38

LISTE DES TABLEAUX

Tableau1 : Résultats des ajustements du modèle global.	31
Tableau 2: Tableau comparé des résultats du modèle en fonction de r et de la taille du stock.	32

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1: SCRIPT DELTA-GLM	45
ANNEXE 2: SUMMARY DELTA-GLM.....	49
ANNEXE 3 : INDICE D'ABONDANCE, CPUE ET BIOMASSE MODELES GLOBAUX	51
ANNEXE 4 : MATRICE DES CAPTURES ET POIDS MOYENS AUX AGES.	52
ANNEXE 5: RESULTATS VPA SEPARABLE (M=0.2)	53
ANNEXE 6: RESULTATS XSA (M=0.2)	54

I INTRODUCTION

Exploité historiquement par les espagnols en Méditerranée et dans le Golfe de Gascogne, le rouget barbet de roche fait depuis 1990 l'objet d'une exploitation de plus en plus importante en Manche et en mer du Nord. La production de Manche-mer du Nord est largement dominée par les apports français majoritairement réalisés par les chalutiers boulonnais (Mahé *et al.*, 2005).

Souvent étudié en Méditerranée (Whitehead *et al.*, 1986) et sur les côtes atlantiques (Desbrosses, 1933), en particulier dans le golfe de Gascogne (N'Da & Deniel., 1993), le rouget barbet de roche restait très peu connu en Manche et en mer du Nord où son exploitation est récente. Les besoins de connaissance sur cette ressource sont importants compte-tenu de son importance économique et de l'accroissement substantiel de son exploitation. C'est ainsi que l'Ifremer avait, en collaboration avec le *Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins* (CRPMEM) Nord - Pas-de-Calais - Picardie piloté une étude visant à accroître les connaissances sur la biologie du rouget-barbet et l'exploitation dont il fait l'objet. Ce travail réalisé par Mahé *et al.* (2005) a permis de développer les connaissances sur les caractéristiques biologiques de cette espèce, sa répartition spatiale et ses relations avec son environnement. Les éléments acquis au cours de ce projet, les statistiques de pêche, ainsi que les données collectées annuellement au cours de la campagne *Channel Ground Fish Survey* (CGFS) pour estimer l'abondance annuelle du rouget barbet de la Manche et sud mer du Nord (Carpentier & Coppin., 1999), constituent les ingrédients principaux permettant en principe d'évaluer analytiquement le stock de rouget barbet de Manche-mer du Nord.

La nécessité d'évaluer le stock de rouget barbet de Manche – mer du Nord a été parallèlement affirmée par la commission Européenne, responsable de la gestion des principales ressources halieutiques dans les eaux européennes. Cette requête a été prise en compte par le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer), l'agence généralement mandatée par la Commission Européenne pour réaliser les expertises scientifiques concernant les ressources halieutiques du Nord-est Atlantique. Le CIEM a ainsi créé et coordonné un groupe de travail, le *New Species Working Group* (WGNEW), dont le mandat principal est d'évaluer le statut biologique et le niveau d'exploitation d'espèces à intérêt commercial jusque là peu étudiées dont le rouget barbet.

C'est dans ce contexte que s'inscrit mon mémoire de fin d'études. L'objectif principal de mon travail est d'évaluer analytiquement pour la première fois le stock de rouget barbet de roche en Manche-mer du Nord, une espèce à forte valeur ajoutée exploitée en Manche et mer du Nord et dont la dynamique reste mal connue.

Cette première tentative a pour objectifs d'étudier la faisabilité d'une évaluation du stock en utilisant différentes méthodes centrées sur des modèles globaux et structurés en âge. La première étape de ce travail consistera à valoriser les acquis en rassemblant les données existantes et en estimant les paramètres nécessaires pour réaliser une analyse exhaustive du stock. La seconde étape va permettre d'étudier l'abondance spatio-temporelle de l'espèce, puis à évaluer analytiquement les structures démographiques, la biomasse et le niveau d'exploitation de ce stock, ainsi que les points de références associés au Rendement Maximal Durable (RMD) ou Maximum Sustainable Yield (MSY) afin d'étudier la faisabilité d'une évaluation de ce stock, j'ai utilisé différentes méthodes centrées sur des modèles globaux et d'autres sur des modèles structurés en âge.

Ce mémoire présente d'abord le contexte et les objectifs de l'étude puis les matériels et les méthodes, suivis d'une synthèse des résultats et d'une étude de sensibilité. Enfin, après la discussion qui visera à donner un avis sur l'état du stock et les limites de l'applicabilité des méthodes utilisées, viendront la conclusion et les perspectives qui découlent de cette étude.

Les résultats de ce travail pourront servir de support aux futurs avis rendus sur ce stock par le Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM) à la Commission européenne dans le cadre de la mise en place des mesures de gestion sur les espèces nouvelles.

II CONTEXTE

II.1 HISTORIQUE DES DEBARQUEMENTS

Au milieu du siècle dernier, la majeure partie des captures mondiales de rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) étaient réalisées par les espagnols près de leurs côtes. Après cette période, d'importantes captures étaient réalisées en Méditerranée et dans le Golfe de Gascogne tandis qu'en Manche et mer du Nord, les prises n'étaient qu'accidentelles. Depuis les années 1990, ces tendances se sont inversées en faveur de la France et des pays nordiques. Cette époque marqua le début d'une exploitation importante en Manche et au sud de la mer du Nord avec une prédominance des captures françaises (Fig. 1). En 1998, 60% des prises françaises étaient réalisées par les chalutiers de fond étaplois.

En Manche Est et sud mer du Nord, de 1999 à 2004, les captures de rouget barbet ont augmenté de 1000 à 4200 tonnes (Fig. 2).

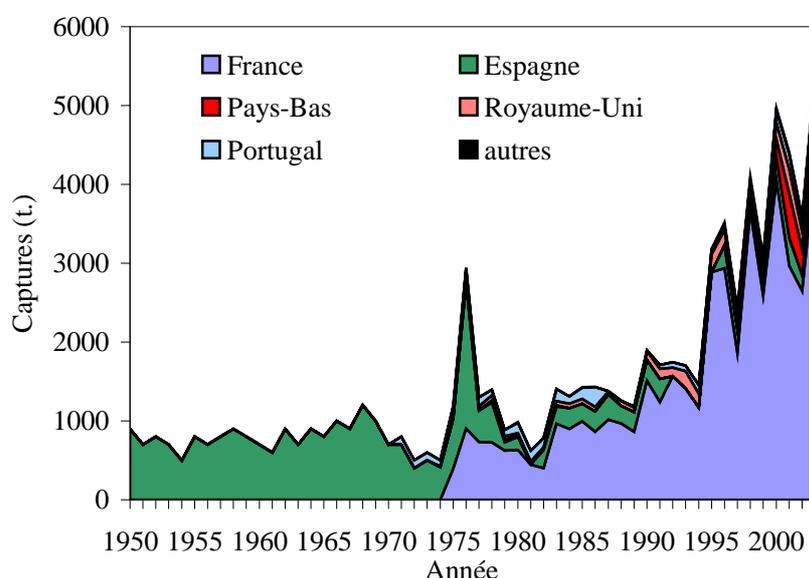


Figure 1 : Statistiques de pêche des rougets barbet de roche de 1950 à 2003 pour l'océan Atlantique (Source : FAO ; autres : Belgique, Danemark, Iles anglo-normandes et de Man, Irlande).

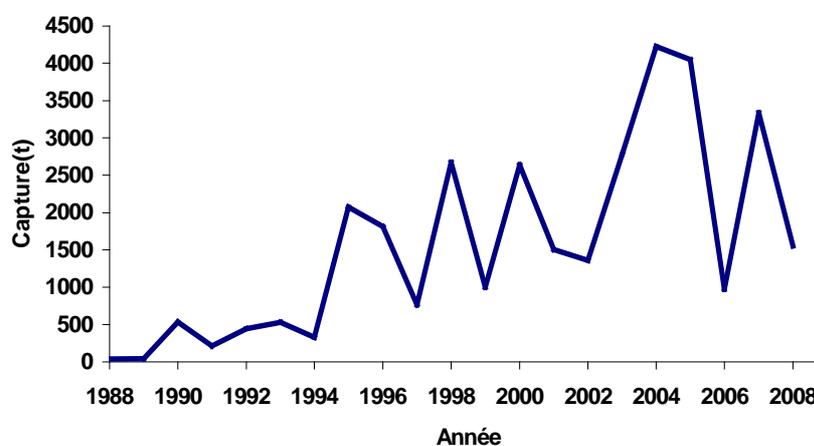


Figure 2 : Evolution de capture de rouget barbet en Manche Est et sud mer du Nord (IVc & VIId).

II.2 ENJEU ECONOMIQUE

Le rouget barbet de roche constitue aujourd'hui l'une des principales espèces commerciales en Manche et sud mer du Nord avec une valeur économique très élevée. Si le prix moyen au débarquement du rouget barbet est inférieur à celui de la sole, il est en revanche plus élevé que celui des autres espèces de poisson principalement débarquées dans cette zone : le cabillaud, le merlan et la plie (Fig. 3).

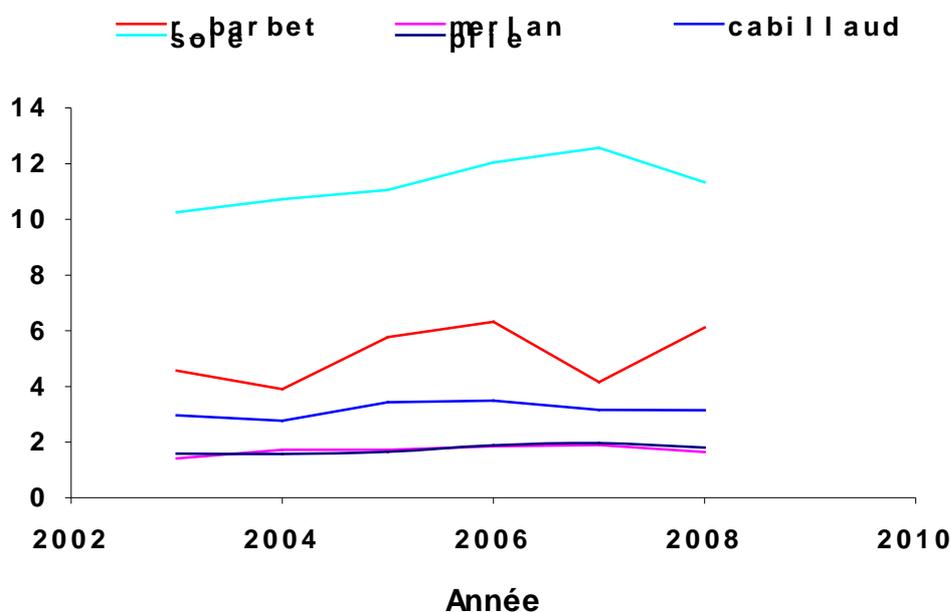


Figure 3 : Evolution comparée des prix moyens du rouget barbet, de la sole, de la plie, du cabillaud et du merlan.

II.3 GESTION

Lors du sommet de Johannesburg sur le développement durable (2002), l'Union européenne dont la France est membre s'est engagée à exploiter l'ensemble des stocks halieutiques sous sa juridiction au niveau du MSY (*Maximum Sustainable Yield*) à l'horizon 2015. Cet objectif s'applique à la pêcherie de rouget-barbet.

Les captures de rouget barbet ne sont actuellement pas encadrées par un TAC (*Total Admissible de Capture*). En 2000, la taille minimale de capture a été supprimée et donc les pêcheurs ciblent toutes les tailles y compris les petits individus de l'ordre de 14 cm appelés "friture". Cependant, le plan de restauration du cabillaud de 2002, avec des mesures sur l'augmentation des maillages des filets de pêche et la fermeture temporaire de zones de pêche, a affecté le rouget barbet car ces deux espèces sont souvent capturées aux mêmes endroits et pendant les mêmes périodes.

II.4 EVALUATION DU STOCK

Le stock de rouget barbet ne fait à l'heure actuelle pas l'objet d'une évaluation analytique, et son état reste méconnu. De ce fait, cette espèce a été récemment intégrée au WGNEW (*Working Group on assessment of NEW species*), coordonné par le CIEM. Le WGNEW regroupe et actualise l'ensemble des données disponibles sur les nouvelles espèces, telles que le rouget barbet, susceptibles de faire l'objet d'une gestion communautaire dans les prochaines

années. Un projet européen de recherche NESPMAN (*Improving the knowledge of the biology and the fisheries of the new species for management*) a ainsi débuté en 2009, et une pré-évaluation du rouget barbet de roche fait partie de son cahier de charges.

II.5 PRESENTATION DE L'ESPECE

II.5.1 Taxonomie

Le rouget barbet est décrit dans le catalogue des poissons de l'Atlantique Nord-Est et de la Méditerranée (Whitehead *et al.*, 1986) et peut être classé comme suit :

Règne :	Animal
Embranchement:	<i>Chordata</i> (Chordés)
Sous-embranchement :	<i>Vertebrata</i> (Vertébrés)
Super-classe :	<i>Pisces</i> (Poissons)
Classe :	<i>Osteichtii</i> (Osteichtyens)
Sous-classe :	<i>Actinopterygi</i> (Actinoptérigiens)
Infra-classe :	<i>Teleostei</i> (Téléostéens)
Ordre :	<i>Percomorphi</i> (Perciformes)
Sous-ordre :	<i>Percodei</i> (Percoidés)
Famille :	<i>Mullidae</i> (Mullidés)
Genre :	<i>Mullus</i>
Espèce :	<i>surmuletus</i>

II.5.2 Caractéristiques

Le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) est très proche du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*). Certains auteurs comme Brünnich (1768) et Gronovius (1780) ne les discernaient pas.

Il existe trois critères principaux de différenciation entre ces deux espèces (Mamuris *et al.*, 1998). Le *Mullus surmuletus* se caractérise par la présence de bandes jaunes sur les flancs (Fig. 4), de rayures foncées sur la première nageoire dorsale et de 3 écailles sous l'œil (Fage, 1909 ; Quéro 1984 ; Hureau, 1986).

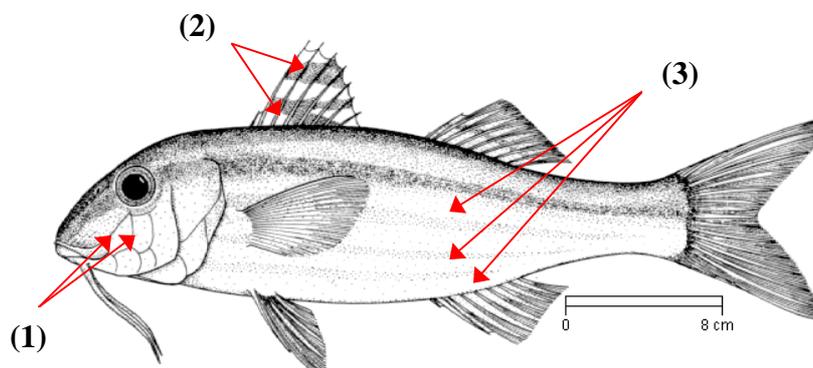


Figure 4 : Schéma d'un rouget barbet de roche (Bauchot, 1987).

II.5.3 Répartition

Le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) est un poisson benthique, c'est à dire vivant à proximité du fond. Il est présent dans l'océan Atlantique depuis les côtes norvégiennes jusqu'aux côtes ouest africaines (Whitehead *et al.*, 1986) et dans tout le bassin méditerranéen ainsi qu'en mer Noire (Fage, 1909 ; Quéro, 1984 ; Hureau, 1986 ; Bauchot, 1987 ; Quéro & Vayne, 1997).

Cette espèce fréquente les fonds sableux, graveleux et rocheux (Hureau, 1986 ; Lombarte & Aguirre, 1997 ; Quéro & Vayne, 1997) du plateau continental et du bord du talus, entre 10 et 300 m de profondeur mais son maximum d'abondance se situe dans des eaux ayant des profondeurs n'excédant pas 100m (Hureau, 1986). Le rouget barbet préfère les eaux ayant des températures comprises entre 8 et 24°C (CHARM II, 2009).

II.5.4 Biologie

❖ Reproduction

Pour la manche Est et le sud de la mer du Nord, les rougets barbets atteignent leur maturité sexuelle au cours de la deuxième année pour des tailles comprises entre 16 et 18 cm (Mahé *et al.*, 2005). Leur période de reproduction s'étend de mai à juillet (Dunn, 1999 ; Mahé *et al.*, 2005). La femelle pondrait entre 10000 et 44000 œufs (N'Da & Deniel, 1993).

❖ Alimentation et croissance

Le rouget barbet de roche est un poisson carnivore (Labropoulou & Tleftheriou, 1997). Il se nourrit d'organismes benthiques : crustacés, vers (surtout des annélides) et mollusques.

Sa croissance est généralement très rapide la première année, de l'ordre de 13cm. Il existe un dimorphisme sexuel en faveur des femelles. Comparé aux rougets barbets de roche de la méditerranée et du golfe de Gascogne, le rouget de Manche Est-sud mer du Nord a une croissance plus rapide (Mahé *et al.*, 2005).

La relation qui lie la taille (L) et le poids (W) est du type $W=aL^b$ (Ricker, 1975). Pour le stock Manche Est-sud mer du nord, elle peut se formuler comme suit :

$$W(g) = 4,754.10^{-6}.Lt(cm)^{3,178} \text{ avec } r^2=0,973 \text{ (Mahé } et al., 2005)$$

En Manche Est, la longévité du *Mullus surmuletus* est estimée à une dizaine d'années (pour une taille maximale de 45 cm).

II.6 IDENTITE DU STOCK

La délimitation géographique des stocks de rougets barbets de roche en Atlantique Est est incertaine. Cependant, les cartes d'abondance montrent que le rouget barbet des secteurs IVc et VIIId du CIEM semble avoir une distribution spatiale homogène et pourrait constituer un seul stock (Fig. 3 ; Mahé *et al.*, 2005). La limite ouest de ce stock n'a pas été définie, donc la Manche Ouest (VIIe, Fig. 5) pourrait éventuellement en faire partie. Des études biologiques approfondies seront nécessaires pour délimiter plus précisément la géométrie du ou des stocks de rouget barbet en Manche-mer du Nord.

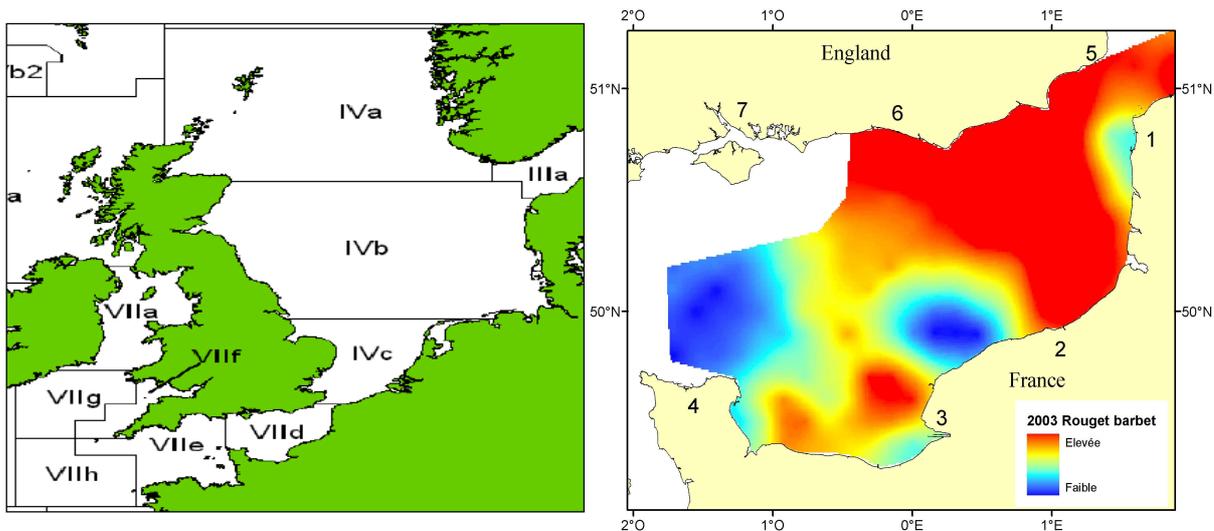


Figure 5 : Carte de la Manche et de la mer du Nord avec la représentation des secteurs CIEM (a) ; Carte de l'abondance du rouget barbet lors de la campagne scientifique CGFS (*Channel Ground Fish Survey*) en 2003 (b).

II.7 DESCRIPTION DE LA PECHERIE

La pêche au rouget barbet est une pêcherie mixte. Le rouget barbet apparaît dans les captures de plusieurs métiers avec une large gamme d'engins de pêche que sont principalement les chaluts de fond, les sennes et les filets maillants. Les captures les plus importantes sont réalisées par les chaluts de fond à panneaux et la senne coulissante.

Les apports trimestriels montrent une saisonnalité très marquée avec une abondance plus élevée au deuxième semestre (trimestres 3 et 4 ; Fig. 6).

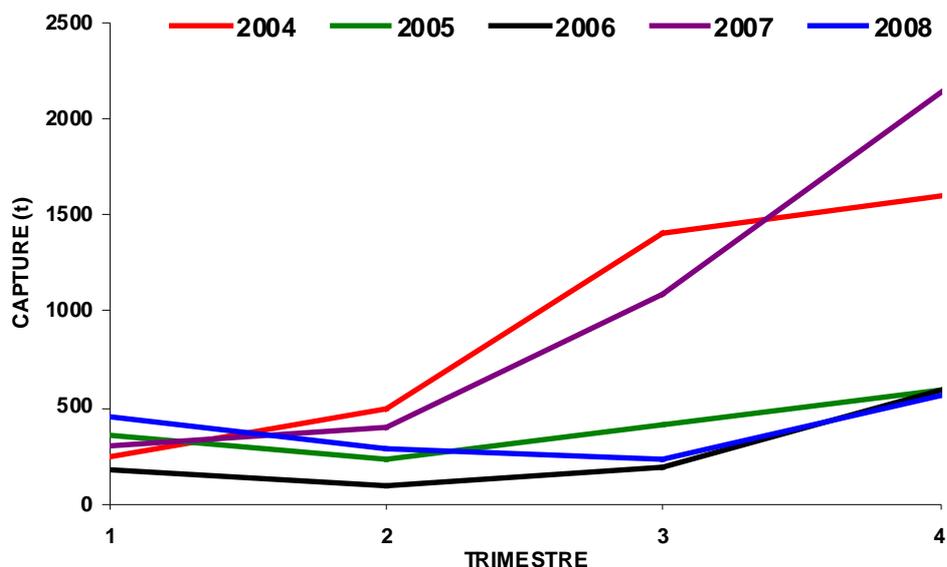


Figure 6 : Evolution trimestrielle des captures de rouget barbet (secteurs IVc et VIId).

III MATERIEL ET METHODES

III.1 MATERIEL REQUIS POUR L'EVALUATION DU STOCK DE ROUGET-BARBET

Les modèles utilisés pour évaluer le stock de rouget barbet (section II.2) requièrent différents types et formats de données. Ainsi, les modèles structuraux nécessitent des données de captures et des indices d'abondance structurés en âge, ainsi qu'une estimation de certains traits de vie (mortalité naturelle, ogive de maturité sexuelle). En revanche, les seules données requises par les modèles globaux sont les captures et un indice d'abondance annuels, agrégés sur les âges. Il est présenté ci-dessous l'ensemble des données utilisées dans le cadre de l'évaluation du rouget barbet.

III.1.1 Captures et mensurations

Les captures de rouget barbet de roche sont renseignées par le système national des statistiques de pêche. Deux sources de donnée sont exploitées : les journaux de bord (*log-book*) et les ventes en criées. Les données françaises de débarquement du rouget barbet sont utilisables depuis le 1^{er} janvier 1985. Comme le stock est partagé avec d'autres pays, les données internationales de débarquements ont aussi été récoltées.

Les mensurations et l'estimation de l'âge sont réalisées chaque trimestre depuis 2004, à partir d'échantillons collectés dans les criées et à bord des navires de pêche. Ces données ont notamment permis de calculer les répartitions en taille et en poids par années.

III.1.2 Indices d'abondance

Deux types d'indices d'abondance ont été utilisés pour calibrer les évaluations du rouget-barbet, l'un provenant d'une campagne scientifique, et l'autre des CPUE (*Captures Par Unité d'Effort*) commerciales. L'utilisation simultanée de ces types d'indices peut être pertinente du fait des imperfections qu'ils peuvent engendrer.

L'ajustement avec les CPUE commerciales peut être avantageux parce que les données fournies par la flottille commerciale sont généralement abondantes mais aussi parce que la pêche a lieu pendant toute l'année et cible l'ensemble de la biomasse exploitable. Cependant ces CPUE peuvent ne pas être proportionnelles à l'abondance réelle du stock notamment en raison de la distribution non aléatoire du stock, des changements de stratégies de pêche et du développement technologique des bateaux et des engins de pêche.

On peut ainsi observer une augmentation des CPUE alors que l'abondance globale du stock décline.

Par ailleurs, l'avantage principal des indices de campagne scientifique est qu'ils sont obtenus suivant un processus d'échantillonnage contrôlé et généralement aléatoire. Cependant les principaux inconvénients en sont que ces campagnes couvrent une courte période de l'année (1 mois pour la CGFS) et que le taux d'échantillonnage (nombre de traits réalisés) est souvent insuffisant, engendrant une variabilité indésirable.

Les indices de campagne scientifique

A partir des données biologiques collectées lors des campagnes scientifiques, un indice d'abondance moyen par âge, par heure de chalutage et par année est calculé.

Les indices d'abondance globaux du stock de rouget barbet de Manche Est-sud mer du Nord, de la campagne CGFS (Carpentier & Coppin, 1999) sont disponibles depuis 1988. Pour les indices d'abondance aux âges, la série disponible débute en 2004.

Les CPUE commerciales

Les CPUE sont fréquemment utilisées comme indices d'abondance et peuvent servir notamment à calibrer des modèles analytiques tels que la XSA (*eXtended Survivors Analysis*) une extension de la VPA (*Virtual Population Analysis*) (section III.2.2) mais aussi pour ajuster des modèles globaux (section III.2.1). Cependant, les variations de CPUE reflètent non seulement les fluctuations spatio-temporelles des stocks, mais également les variations de l'activité des bateaux. Il est donc nécessaire de filtrer le signal obtenu par les CPUE, et plusieurs méthodes ont été employées dans cette étude.

- **Filtrage par la méthode des seuils**

Biseau (1998) suggère de calculer les CPUE en sélectionnant les marées ciblant l'espèce évaluée. A partir de l'analyse de la composition des débarquements de chaque marée, il est possible de déterminer des espèces cibles et de classer les marées selon que le pêcheur cible ou non cette espèce.

Partant de cette idée, on se propose d'analyser les débarquements par marée et de classer les espèces capturées proportionnellement à la production totale de la marée. De plus un seuil est fixé à partir duquel l'espèce est considérée comme cible ou accessoire.

Cette méthode a été appliquée sur les captures de rougets barbets pour l'ensemble des marées de 1999 à 2008 pour les secteurs VIId et IVc. Ainsi, trois séries de CPUE ont été obtenues en utilisant les seuils 10%, 20% et 30%.

$$CPUE_s = \frac{\sum C_{i,j,\geq s\%}}{\sum E_{c,i,j,\geq s\%}} \quad (1)$$

- $C_{i,j,\geq s\%}$ est la capture de l'espèce i lors de la marée j et dont la proportion est supérieure ou égale au seuil $s\%$ de la production totale.

- $E_{c,i,j,\geq s\%}$ est le temps de pêche en heure de la marée j pour laquelle la proportion de l'espèce i est supérieure au seuil $s\%$ de la production totale de cette marée.

- **Filtrage par un modèle linéaire : DELTA-GLM**

Les GLM (*Modèle Linéaire Généralisé*) sont une extension du modèle linéaire dont l'utilisation est limitée à certaines conditions, notamment la normalité des résidus, condition rarement respectée dans l'analyse des données halieutiques (Ould Meissa *et al.*, 2008). Ils permettent d'étudier la liaison entre une variable dépendante ou réponse \mathbf{y} et un ensemble de variables explicatives χ_1, \dots, χ_k . Ils sont généralement formés de 3 composantes :

- La variable réponse \mathbf{y} , composante aléatoire à laquelle est associée une loi de probabilité.

- Une ou plusieurs variables explicatives χ_1, \dots, χ_k .

- Une fonction de lien qui décrit la relation entre la composante aléatoire et la composante déterministe.

❖ Principe généraux

Dans le présent travail, l'utilisation du modèle linéaire généralisé (GLM) vise à séparer les fluctuations annuelles de l'abondance de rouget barbet des autres signaux contenus dans les CPUE (principalement les variations spatio-saisonniers et l'effet bateau).

Etant donné le nombre important de CPUE nulles, une modélisation particulière s'impose. En effet, ces données nulles contiennent des informations importantes sur la variation des CPUE et ne peuvent être supprimées. Les données nulles pourraient signifier que l'espèce est absente momentanément en raison de conditions écologiques défavorables, ou que la zone ne fait pas

partie des limites de tolérance de l'espèce (Ortega-Huerta *et al.*, 2008). Un GLM utilisant des données de présence et d'absence prédit la distribution des espèces avec une exactitude plus élevée qu'un GLM utilisant les données de présence seulement (Brotons *et al.*, 2004). Un modèle de type Delta (Le Pape *et al.*, 2003 ; Laurans, 2005 ; Ould Meissa *et al.*, 2008) a donc été utilisé ; il se décompose en deux sous modèles :

- sous modèle1 (présence-absence) où est prédite la probabilité de présence ;
- sous modèle2 (observations non nulles) où est prédite l'abondance en cas de présence.

La CPUE estimée par le modèle delta est le produit entre les deux sous modèles.

❖ Le choix des sous modèles

Après avoir choisi la loi de distribution des résidus la plus appropriée par inspection visuelle des CPUE, le modèle qui est retenu est celui qui comporte des variables explicatives ayant des effets principaux significatifs ou des interactions significatives. Parmi les modèles étudiés, le modèle retenu est celui qui présente le critère d'Akaike le plus bas. Le logiciel R a été utilisé pour effectuer l'analyse des CPUE.

❖ Sous modèle 1 : Distribution binomiale de présence-absence

Pour le modèle de probabilité de présence, les données sont codées de sorte à ce que le chiffre 0 corresponde à une marée où le rouget barbet n'est pas capturé et le chiffre 1 pour l'événement contraire. Cela conduit à une fonction logique de type Bernouilli. Dès lors qu'on obtient cette structure binaire, la loi de distribution utilisée est la loi binomiale et la fonction logit a été utilisée comme fonction de lien. Le sous-modèle est de la forme :

$$\text{logit}(CPUE_{0/1}) \approx \alpha_l + \beta_\varphi + \delta_\kappa + \gamma_v \dots$$

Avec $\alpha_l, \beta_\varphi, \delta_\kappa, \gamma_v, \dots$ les effets des variables explicatives du modèle et $\mathcal{E}_{l,\varphi,\kappa,v}$ la variable résiduelle.

La probabilité de succès est estimée en deux étapes : (i) estimation avec la fonction logit, (ii) passage du référentiel logit au référentiel initial des CPUE.

❖ Sous modèle 2 : Distribution gaussienne du log des CPUE pour les observations non nulles

Ce modèle GLM est appliqué uniquement sur les CPUE positives. Au préalable, une transformation logarithmique est appliquée sur les données afin d'homogénéiser les variances et de tenir compte de la nature multiplicative des effets étudiés. La fonction de lien choisie est «Identity». Le sous modèle sera de la forme :

$$\ln(CPUE_+) \approx \alpha_l + \beta_\varphi + \delta_\kappa + \gamma_v \dots + \mathcal{E}_{l,\varphi,\kappa,v}, \text{ avec } \alpha_l, \beta_\varphi, \delta_\kappa, \gamma_v, \dots \text{ les effets des facteurs et } \mathcal{E}_{l,\varphi,\kappa,v} \text{ la variable résiduelle.}$$

Après prédiction des CPUE dans le référentiel logarithmique, une transformation logarithmique inverse est nécessaire pour revenir à l'échelle initiale. On prend en compte la correction de Laurent (équation 6) qui permet d'obtenir une valeur non biaisée de l'espérance des CPUE.

❖ **Application du DELTA-GLM aux captures commerciales**

• **Calcul des CPUE**

On dispose des séries de captures commerciales de rougets barbets par marée de 2002 à 2008. Ces séries ne concernent que les captures françaises réalisées sur les secteurs IVc et VIId. Les captures par unité d'effort (CPUE) sont obtenues par la division des débarquements de rougets barbets par marée sur l'effort de pêche déployé (temps de pêche en heures) pour réaliser cette capture, soit:

$$CPUE = \frac{C_m}{E_m} \quad (2)$$

C_m est la capture réalisée lors de la marée m et E_m la durée totale en heures de pêche de la marée m correspondante.

• **Modélisation des CPUE**

Considérant que les CPUE commerciales des captures françaises sont représentatives du stock total, la prédiction par GLM de l'abondance spatio-temporelle se réalise comme suit :

(a) Distribution binomiale : présence-absence

$$\logit(Rb_{0/1}) \approx ANNEE + Lg + RECT2 + TRIM \quad (3)$$

Passage du référentiel logit au référentiel initial

$$\hat{Rb}_{0/1} = \frac{e^{\hat{\logit}(Rb_{0/1})}}{1 + e^{\hat{\logit}(Rb_{0/1})}} \quad (4)$$

(b) Distribution gaussienne du log des CPUE pour les observations non nulles

$$\ln(Rb_+) \approx ANNEE + Lg + RECT2 + TRIM + RECT2 \times TRIM + \mathbf{\epsilon}_+ \quad (5)$$

Transformation logarithmique inverse afin de revenir dans le référentiel initial

$$\hat{Rb}_+ = e^{\hat{\ln}(Rb_+)} \times e^{\hat{\sigma}^2(\ln(Rb_+))/2} \quad (6)$$

L'estimation des CPUE par le DELTA-GLM s'obtient en combinant les deux sous modèles précédents comme suit :

$$CPUE = \hat{Rb} = \hat{Rb}_{0/1} * \hat{Rb}_+ \quad (7)$$

ANNEE, Lg, RECT2, TRIM, RECT2*TRIM sont respectivement les effets des facteurs année, taille du bateau, rectangle statistique, trimestre et interaction entre rectangle statistique et trimestre.

L'ensemble des CPUE estimées ainsi que celles des campagnes CGFS seront comparées et sont pour la plupart d'entre elles utilisées pour calibrer le modèle global.

III.1.3 Âge de recrutement

Au sens large du terme, le recrutement correspond à l'arrivée des jeunes poissons issus de la reproduction, sur les zones de pêche. Il est aussi défini par le processus par lequel les poissons acquièrent une taille qui les rend exploitables.

Du fait de la croissance rapide du rouget barbet pendant les premiers stades de vie, une fraction substantielle des individus d'âge zéro est capturée. Cependant, l'analyse des indices d'abondance aux âges de la campagne CGFS fait apparaître beaucoup d'incohérences quand on compare le nombre d'individus d'âge 0 (année y) aux individus d'âge 1 (année y+1). Sur toutes les années observées, l'évolution des effectifs des cohortes¹ n'est cohérente qu'à partir de l'âge 1 (Tab. 1). Les individus d'âge 0 semblent être partiellement recrutés. Nous considérerons ici que le rouget barbet est recruté à l'âge 1.

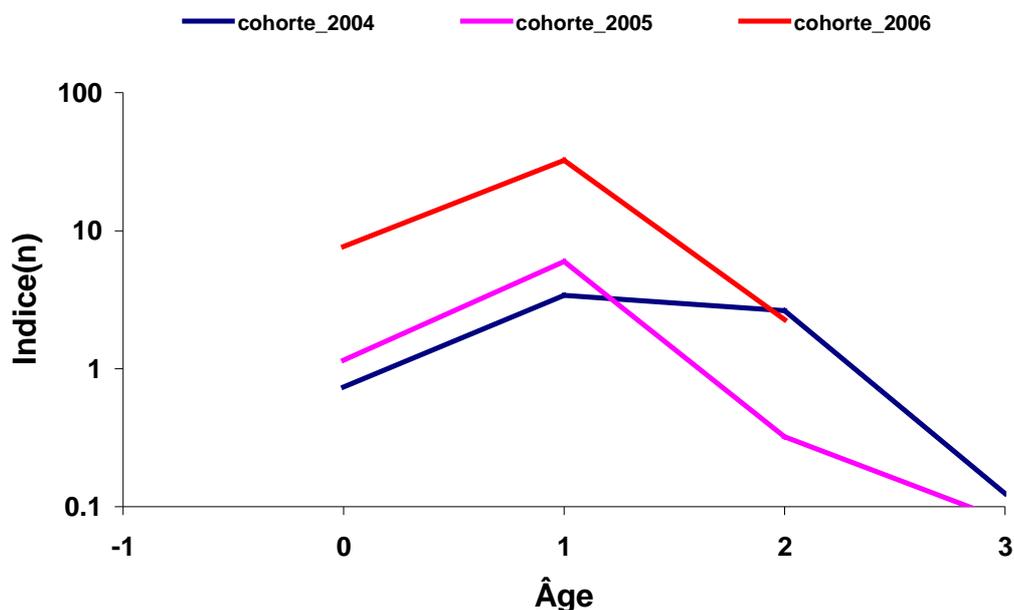


Figure 7 : Indice d'abondance de la campagne CGFS

III.1.4 Poids moyens

Les paramètres biologiques (âge et poids individuels) estimés à partir de l'échantillonnage des captures commerciales peuvent permettre d'estimer un poids moyen représentatif pour les poissons d'un âge donné. En l'absence de données, les poids moyens peuvent être déduits par la relation :

$$W = 4,754 \cdot 10^{-6} \cdot Lt^{3,178} \quad (\text{Mahé } et \text{ al.}, 2005)$$

Cette formule a ainsi été utilisée pour calculer les poids moyens aux âges en 2005. Pour le modèle global, il est nécessaire d'avoir les poids moyens annuels par année. Ceux-ci ont été obtenus en faisant la moyenne des poids moyens aux âges pour chaque année.

¹ Le terme de cohorte rassemble tous les individus issus de la même période de reproduction.

III.1.5 Clés taille/âge

Les clés tailles/âge (CTA) sont essentielles pour la construction de la matrice aux âges qui, elle-même, est une donnée d'entrée des modèles structurés en âge. Des méthodes variables peuvent être utilisées pour la construction des CTA :

- Par décomposition polymodale, cette méthode basée sur l'analyse des compositions en taille des captures par méthode graphique (Cassie, 1954 ; Bhattacharya, 1967) ou statistique (Hasselblad, 1966) peut conduire à l'identification des différents groupes d'âge.
- Par combinaison entre les âges déduits des lectures de pièces calcifiées (écailles ou otolithes) et les tailles correspondantes des poissons, on peut savoir pour chaque taille l , quelle est la proportion d'individus d'âge a .

Cette dernière méthode a été utilisée à partir des estimations d'âge et des fréquences de taille des captures commerciales de 2004 à 2008.

Les clés taille-âge, la répartition en taille des captures et les débarquements totaux ont permis de calculer la matrice des captures aux âges en poids.

$$C_{ay} = \sum_{l=1}^L P_{lay} \times C_{ly} \quad (8)$$

- C_{ay} est la capture totale (en tonnes) des individus d'âge a pendant l'année y , P_{lay} est la proportion de rouget barbet de taille l qui ont un âge a pendant l'année y , C_{ly} est la capture totale (en tonnes) de rouget barbet de taille l pendant l'année y .

III.1.6 Mortalité naturelle

La mortalité naturelle (M) est la mortalité occasionnée par l'ensemble des causes autres que la pêche, par exemple la prédation, y compris le cannibalisme, les maladies, le stress, le manque de nourriture, la vieillesse...

Il est généralement difficile d'estimer directement la mortalité naturelle. Cependant, plusieurs méthodes d'estimation indirecte de M ont été utilisées par le passé.

Ainsi, le paramètre (K) de courbure de Von Bertalanffy, est sans doute lié à la longévité des poissons (Beverton & Holt, 1959), elle-même liée à la mortalité naturelle (Tanaka, 1960 ; Holt, 1965 ; Saville, 1977). D'une manière générale plus K est grand plus M est élevé.

La mortalité naturelle serait également liée à la taille et au poids asymptotiques (L_{∞} et W_{∞}) (Taylor, 1960 ; Wroblewski, 1984 ; Roff, 1984). D'autres études suggèrent que M est corrélé à la reproduction, les espèces de poissons arrivant précocement à maturité ayant une forte mortalité (Rikhter et Efanov, 1976). C'est dans le même ordre d'idées que Gunderson et Dygert (1968) relie M au rapport gonado-somatique.

Dans cette présente étude, la méthode de Pauly (1980) qui met en relation M , les paramètres de croissance, mais également la température a été choisie. Le résultat sera comparé avec celui obtenu avec la formule de Taylor.

- L'équation de Pauly (1980)

$$\ln M = -0.0152 - 0.0279 * \ln L_{\infty} + 0.6543 * \ln K + 0.463 * \ln T^{\circ} \quad (9)$$

L_{∞} : Longueur totale asymptotique (en cm) de l'équation de Von Bertalanffy ; $L_{\infty} = 53 \text{ cm}$ K : Paramètre de l'équation de Von Bertalanffy ; $K = 0.186$ (Mahé *et al.*, 2005)

T° : Température moyenne annuelle de l'eau où vit le poisson en $^{\circ}\text{C}$; $T^{\circ}=11.94^{\circ}\text{C}$ (SISMER, température de surface des eaux de la Manche et de la mer du Nord de 1920 à 2004, nombre de données= 664349).

- L'équation de Taylor

$$M = 2.996K / (2.996 + Kt_0) \quad (10)$$

t_0 : âge théorique du poisson quand sa longueur est égale à zéro, $t_0 = -1.21$ (CHARM-II, 2009)

III.2 EVALUATION DU STOCK DE ROUGET BARBET

III.2.1 Approche globale: modèle de production

Les modèles de production sont historiquement les premiers modèles utilisés pour évaluer une population biologique (Lotka-Volterra, 1925-1928). Schaeffer (1954) est le premier à avoir appliqué un modèle de production à un stock halieutique sujet à la pêche. Fox (1970) et Pella Tomlinson (1969) ont aussi développé ce type de modèle.

Ces modèles globaux considèrent le stock dans sa totalité, ils ne prennent pas en compte la structuration par âge ou longueur. Ils sont conçus pour des pêcheries monospécifiques. Cependant, ils peuvent dans certaines conditions être appliqués à des pêcheries plurispécifiques (Gulland, 1969 ; Pope, 1979).

La mise en œuvre de ces modèles demande comme données de base une série de captures et d'efforts de pêche par intervalle de temps, généralement 1 an.

❖ Formulation Mathématique

Trois types de modèles globaux sont appliqués à des stocks soumis à des pressions de pêche :

- **Fox**

$$\frac{dB}{dt} = r \times B \times \left(1 - \frac{\ln(B)}{\ln(K)} \right) - q \times E \times B \quad (11)$$

- **Schaeffer**

$$\frac{dB}{dt} = r \times B \times \left(1 - \frac{B}{K} \right) - q \times E \times B ; \quad (12)$$

- **Pella Tomlinson**

$$\frac{dB}{dt} = r \times B \times \left[1 - \left(\frac{B}{K} \right)^{m-1} \right] - q \times E \times B \quad (13)$$

Le modèle de Pella-Tomlinson est un modèle généralisé car suivant les valeurs du paramètre m , qui module la forme de la courbe de production, on retrouve approximativement le modèle de Fox si $m=1$ ou celui de Schaeffer si $m=2$ (Laurec & Le Guen, 1981).

r est le taux d'accroissement intrinsèque du stock, K la capacité biotique ou de charge du système, q la capturabilité, B la biomasse du stock à l'instant t et E l'effort de pêche.

Ces équations ci-dessus permettent en théorie de prévoir captures et rendements à l'équilibre pour tout niveau d'effort de pêche. L'état d'équilibre se caractérise alors par un accroissement

de biomasse égal à 0, soit $dB/dt=0$. A cette situation d'équilibre est associée, une biomasse à l'équilibre $B_e(E)$, une CPUE à l'équilibre $U_e(E)$ et une capture à l'équilibre $Y_e(E)$ dont le **MSY** ou production maximale équilibrée qui correspond à un niveau d'effort E_{MSY} appelé effort de maximisation et une biomasse du stock appelée B_{MSY} . Partant de l'équation du modèle de Schaeffer on obtient :

$$MSY = r \times \frac{K}{4} \quad (14); \quad ; E_{MSY} = \frac{r}{2 \times q} \quad (15); \quad B_{MSY} = \frac{K}{2} \quad (16)$$

❖ Hypothèses

Pour respecter certaines conditions d'applicabilité des modèles globaux considérés ici on suppose que :

- les CPUE que l'on utilise pour ajuster le modèle sont représentatives de l'abondance du stock total,
- les paramètres **K, r et q**, sur la période d'ajustement du modèle, sont supposés constants.
- le recrutement du stock étudié est stable pour un niveau d'abondance donné.
- l'évaluation est réalisée à l'échelle du stock de rouget barbet de Manche Est-sud mer du Nord.

❖ Application aux captures de rouget barbet

Nous avons appliqué le modèle de Schaeffer avec des séries d'indices d'abondance différentes.

- Les indices d'abondance de la campagne CGFS de 1988 à 2008
- CPUE filtré (10%) de 1999 à 2008
- CPUE delta GLM de 2002 à 2008

Le modèle global a été ajusté en utilisant le package CEDA (*Catch Effort Data Analysis, MRAG, 1992*). Les données d'entrée sont les captures, l'effort de pêche annuel, un poids moyen annuel du stock. Avec CEDA on assume que le processus aléatoire qui génère les captures suit une loi normale.

Les modèles globaux ne prennent pas en compte la structure démographique du stock, et en particulier la spécificité des variations du recrutement. C'est ainsi que le recours aux modèles analytiques est souvent recommandé.

III.2.2 Approche structurale

Les modèles structurés en âge sont très utilisés en halieutique. Les groupes de travail coordonnés par le CIEM les utilisent souvent pour évaluer les stocks lorsque les données le permettent. La méthode la plus couramment utilisée par le CIEM est la XSA (*eXtended Survivors Analysis*), (Shepherd, 1999), laquelle s'appuie sur l'analyse des cohortes ou VPA (*Virtual Population Analysis*), (Gulland, 1965).

L'objectif de la VPA est d'estimer pour un stock donné, le nombre d'individus et la mortalité par pêche à chaque âge en suivant l'évolution de chaque cohorte individuellement. Cette analyse est notamment fondée sur les captures historiques par groupe d'âges et sur la mortalité naturelle. Les captures par âge sont dans notre cas estimées à partir du total des débarquements, des mensurations et des clés taille/âge.

❖ Formulation Mathématique

Deux équations sont à la base de l'analyse des cohortes :

$$P_{a+1,y+1} = P_{ay} e^{-Z_{ay}}, \quad (17) \quad (\text{Equation de survie})$$

Z_{ay} étant la mortalité totale égale à la somme de mortalité par pêche (F_{ay}) et de la mortalité naturelle (M_a).

P_{ay} est le nombre d'individus d'âge a en début d'exploitation de l'année y , C_{ay} représente les captures des individus d'âge a durant l'année y .

$$C_{ay} = P_{ay} \times F_{ay} \frac{1 - e^{-Z_{ay}}}{Z_{ay}}, \quad (18) \quad \text{équation des captures ou équation de Baranov, elle ne peut}$$

être résolue directement parce qu'elle n'admet pas de solution algébrique. Cette équation peut cependant être résolue numériquement par la méthode de Newton-Raphson et/ou en utilisant des approximations appropriées (Pope, 1972).

La difficulté essentielle de la VPA est la surparamétrisation du modèle. Deux types d'approche ont été développées pour contourner cette limitation, l'une nécessitant notamment de fixer la mortalité par pêche terminale, l'autre nécessitant un indice d'abondance (modèle d'observation) permettant de calibrer la VPA. Il a été utilisé ici une approche de chacun de ces types : (1) la VPA séparable qui suppose que la mortalité par pêche (F) terminale est connue et que les variations annuelles de F sont indépendantes de l'ogive de sélectivité aux âges et, (2) la XSA qui utilise des indices d'abondance pour calibrer la VPA.

❖ VPA séparable

Le modèle de la VPA séparable (Pope & Shepherd, 1982 ; Stevens, 1984) sépare le taux d'exploitation annuel de la sélectivité aux âges :

$$F_{ay} = S_a \cdot E_y \quad (19)$$

La mortalité par pêche (F_{ay}) est décomposée en une sélectivité aux âges constante d'une année à l'autre (S_a) et un niveau d'exploitation (E_y) indépendant de l'âge. Les données de capture sont employées pour estimer S_a et E_y . Le principe de base de l'estimation d'âge et d'effet de l'année est d'estimer une capture théorique (par année et par âge), et de réduire au minimum la différence entre cette capture et la capture observée par la meilleure combinaison de S_a et E_y . Une fois la bonne combinaison obtenue (celle avec laquelle les résidus par catégorie d'âge sont faibles et sans tendance) on peut substituer le F_{ay} de l'équation de Baranov par $S_a \cdot E_y$. La résolution de l'équation de Baranov se fait par l'approximation de Pope (1972) qui permet d'évaluer le nombre de survivants au début de chaque âge de vie d'une cohorte à partir du dernier âge. Cette fonction est incluse dans le logiciel VPA version 3.1 (Darby & Flatman, 1994).

❖ Application de la VPA séparable stock de rouget barbet

Pour faire le diagnostic, on dispose :

- des captures aux âges (de 2004 à 2008 pour les secteurs VIIId et IVc) dont 5 groupes d'âges (1, 2, 3, 4 et 5+).

- du coefficient de mortalité naturelle (M). On testera les mortalités naturelles estimées par les méthodes de Pauly (1980), de Taylor, ainsi qu'une valeur intermédiaire. M sera supposé constante quel que soit l'âge ou l'année
- d'une série de valeur de \sum_a (entre 0.8 et 1.6) et de E_y (entre 0.25 et 0.65)
- d'une ogive de maturité de l'année 2007, calculée par le WGNEW (ICES, 2007).

Un âge de référence (2 ans) a été choisi à partir duquel les valeurs de sélection pour d'autres âges ont été mesurées.

❖ Application de la XSA aux captures de rouget barbet de roche

La XSA permet de calibrer la VPA à partir d'indices d'abondances structurés par âge. Dans cette étude, les indices de la campagne CGFS ont été utilisés. En plus des indices d'abondance aux âges 1, 2 et 3 de la campagne CGFS utilisées comme flottille d'étalonnage de 2004 à 2008, les mêmes paramètres que ceux de la VPA séparable ont été utilisés.

Avec le package XSA, on considère que :

- La capturabilité dépendant de la taille du stock a été fixée pour les âges < 2 .
- On ne prend pas en compte de *taper-time*² qui accorde plus de poids aux indices d'abondance les plus récents.

Pour les autres entrées, les valeurs par défaut ont été choisies. La validation du modèle se fait par examen des résidus de log-capturabilité, mais aussi du poids du *shrinkage*³. Plus ce dernier explique une grande partie des résultats, moins notre flottille *tuning* est riche en informations.

On soumettra les résultats, qui sont obtenus pour les différentes approches utilisées pour l'évaluation, à des analyses de sensibilité par rapport à certains paramètres.

IV RESULTATS

IV.1 MORTALITE NATURELLE

Les deux méthodes utilisées ont produit des résultats très différents. La mortalité naturelle estimée avec la méthode de Pauly semble être très élevée ($M=0,7$) par rapport à celle des espèces comme la sole ($M=0.1$) ou le cabillaud ($M=0.2$), mais plus faible par rapport au M d'un petit pélagique ayant une durée de vie de 3 ans tel que l'anchois ($M=1.2$). Avec la formule de Taylor on obtient une valeur plus basse, $M=0,2$. La mortalité naturelle est un paramètre requis par les modèles d'analyse des cohortes. La sensibilité à M des résultats obtenus a été testé par ces modèles en utilisant trois valeurs de mortalité naturelle : 0,7 (formule de Pauly), 0,2 (formule de Taylor) et 0,45 (valeur intermédiaire).

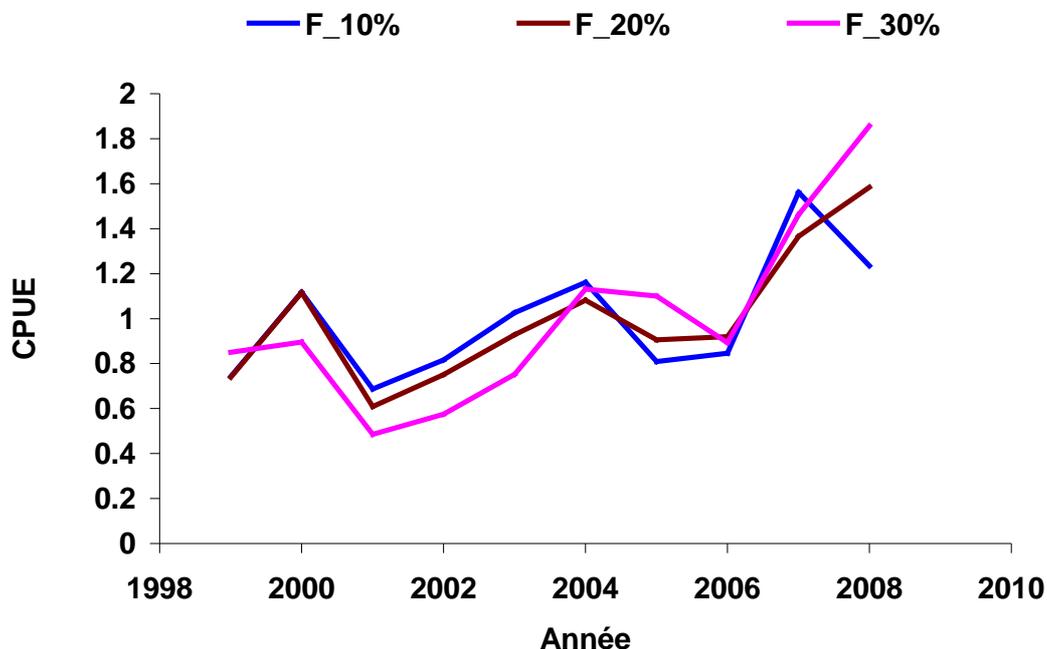
² Le *taper-time* consiste à accorder des poids différents aux années dans le processus d'ajustement à une série chronologique.

³ Le *shrinkage* est un processus statistique utilisé dans le logiciel XSA de façon à contraindre le degré de variation des estimations paramétriques entre années ou âges consécutifs.

IV.2 CPUE

IV.2.1 CPUE filtré par seuil sur les marées

Les CPUE filtrées par la méthode des seuils ont les mêmes allures sauf en 2008 où l'utilisation des seuils 20% et 30% produit des CPUE qui sont à la hausse par rapport à 2007. A l'inverse, le seuil de 10% montre une baisse de la CPUE en 2008 (Fig. 8). Ces différences sont dues au fait qu'en augmentant le seuil, on sélectionne les marées les plus optimistes. Les rougets barbets ne sont pas aléatoirement distribués dans l'espace, ils ont un comportement grégaire avec une tendance à se concentrer par endroit (Hureau, 1986 ; Lombarte & Aguirre, 1997 ; Quéro & Vayne, 1997). Ceci peut expliquer la stabilité des CPUE malgré une abondance globale du stock qui décline. Etant donné que le rouget barbet appartient à une pêche mixte et que les captures n'ont pas un poids élevé par rapport à la quantité totale débarquée toutes espèces confondues, il semble raisonnable de se limiter au seuil 10%. Par la suite les résultats sont présentés avec le seuil de 10%.



IV.2.2 CPUE filtrées par GLM

❖ Modèle binomial

Avec le modèle retenu pour la distribution binomiale (présence-absence), chaque facteur a un effet significatif. Le modèle explique 32% de la déviance totale. Les facteurs, longueur du bateau, rectangle, trimestre et année expliquent respectivement : 53%, 28%, 11%, 6% de la variabilité expliquée par le modèle. Les zones de pêche préférentielles des rougets barbets sont présentées (Fig.10). Il existe une relation positive entre la taille des bateaux et la probabilité de trouver du rouget barbet dans les lieux de pêche.

❖ Modèle log-gaussien

D'après la figure 9 (histogramme des résidus et Q-Q Plot), il paraît raisonnable de supposer que les CPUE ont une distribution log-normale.

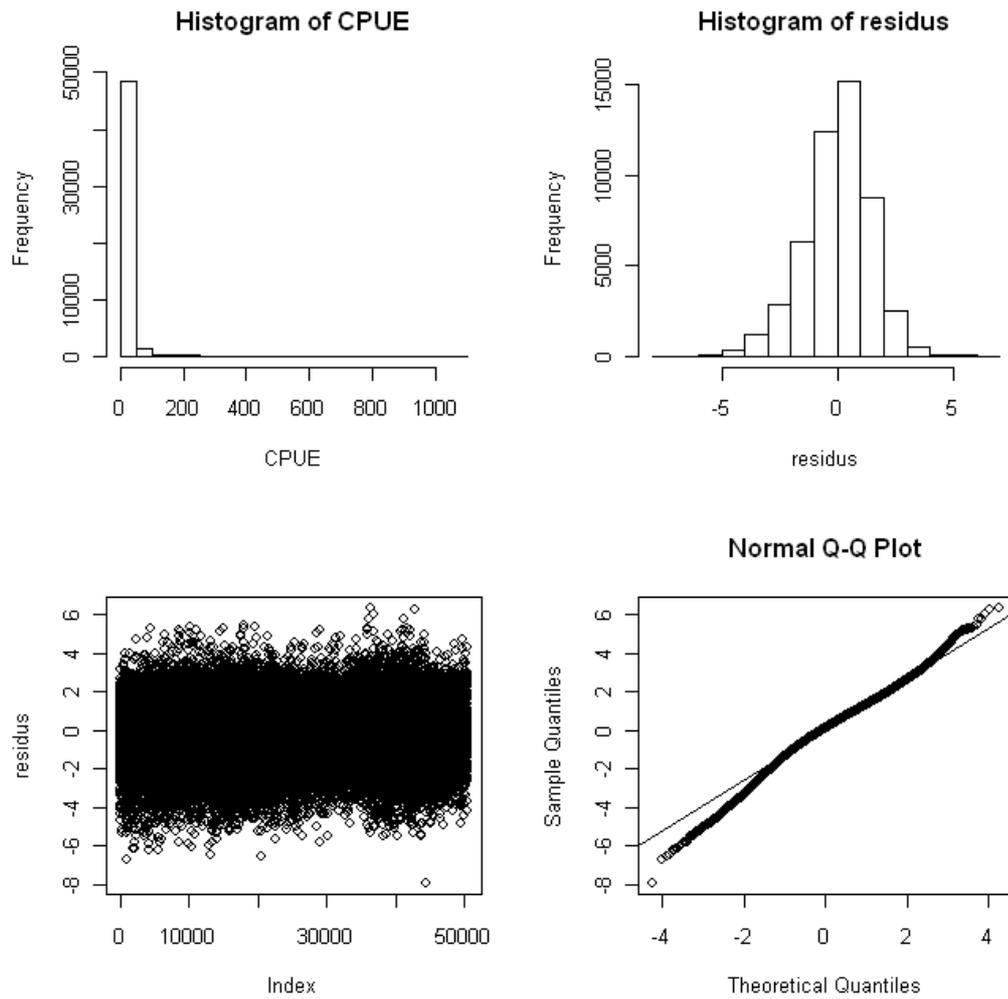


Figure 9 : Distribution des résidus du modèle log-gaussien.

Ce modèle explique 31% de la déviance totale et tous les facteurs ont une influence sur les variations de CPUE ($p < 0.05$). Chaque facteur explique plus de 10% de la variabilité expliquée par le modèle. En analysant l'effet des facteurs on peut avancer que l'abondance varie en fonction des années et des trimestres et qu'il existe une corrélation positive entre la taille d'un bateau (sa puissance) et sa prise par unité d'effort. La variabilité de l'abondance due au trimestre dépend des modalités du rectangle statistique. Les zones de plus forte abondance se situent vers la côte Est du sud de la mer du Nord (secteur IVc) (Fig. 10).

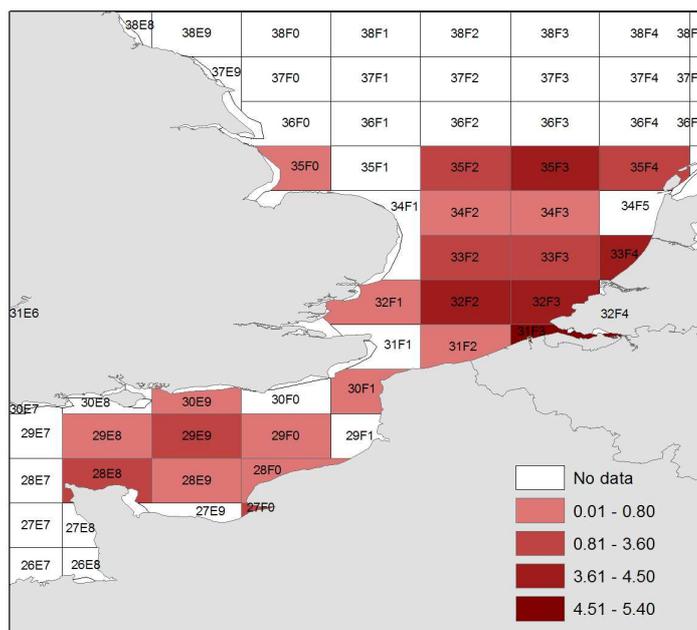


Figure 10: Classification des rectangles statistiques par niveau d'abondance en rouget barbet.

Chaque sous modèle comporte une large part de déviance non expliquée. Ceci indique que d'autres variables, non incluses dans ce sous-modèle, pourraient expliquer une partie des variations des CPUE de rouget-barbet. Néanmoins, la part de déviance expliquée par le GLM reste acceptable par rapport à celle du GLM appliqué par exemple sur les pêcheries Mauritaniennes (Ould Meissa et *al.*, 2008).

Quelle que soit la méthode de filtrage des CPUE, les indices d'abondance obtenus sont généralement synchrones avec ceux dérivés de la campagne CGFS, à l'exception de l'année 2006 (Fig. 11).

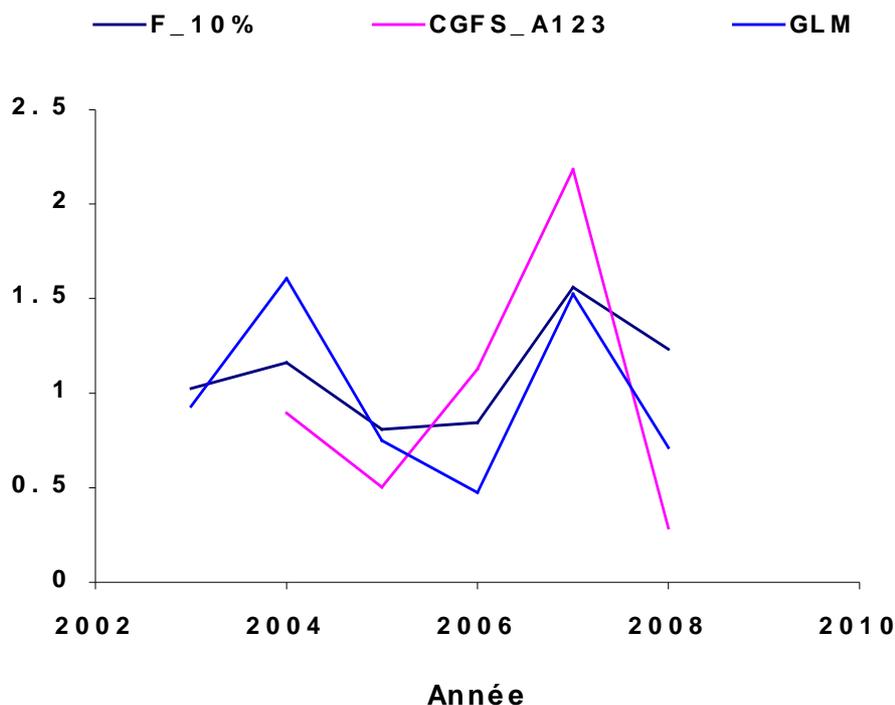


Figure 11 : Evolution des CPUE filtrées et indices d'abondance CGFS.

IV.3 MODELE GLOBAL

Seules deux séries d'indices d'abondance ont permis un ajustement satisfaisant : les indices d'abondance provenant de la campagne CGFS et les CPUE filtrées par la méthode des seuils. Les indices d'abondance prédits par GLM constituent une série trop courte pour permettre un ajustement satisfaisant des modèles globaux.

IV.3.1 Ajustement avec les indices d'abondance CGFS

Le modèle de Schaeffer s'ajuste raisonnablement bien aux données en utilisant les indices d'abondance CGFS, comme l'indiquent la distribution des résidus (Fig. 12) et la valeur du coefficient de corrélation (Tab. 1).

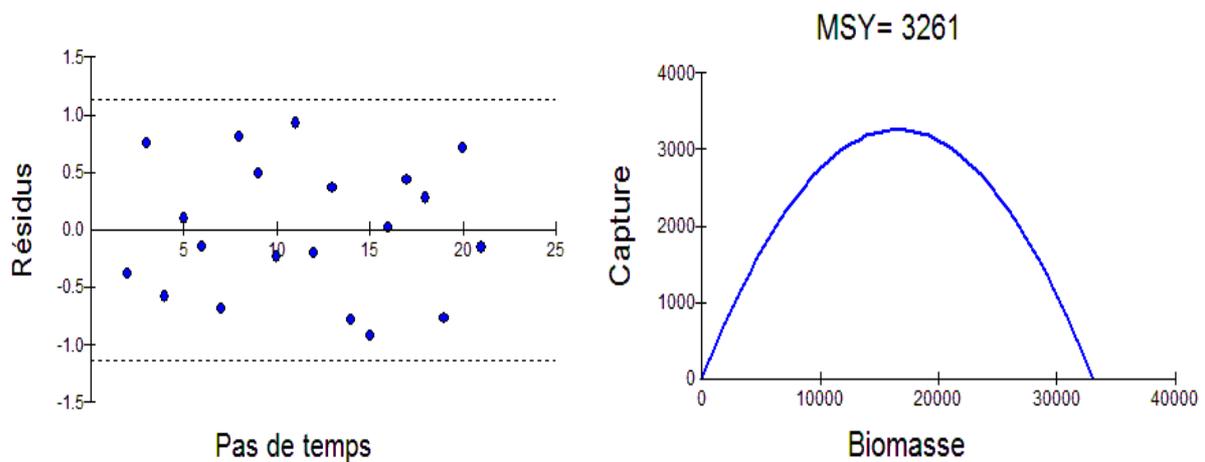


Figure 12 : Distribution des résidus ; Evolution des captures à l'équilibre en fonction de la biomasse (IA_CGFS).

❖ Incertitudes sur le choix des paramètres.

Après 500 itérations, CEDA choisit la valeur la plus probable d'un paramètre comme étant celle qui ajuste le mieux le modèle (Fig. 13 & 14). Certains paramètres comme r (taux intrinsèque de croissance) et q (capturabilité) ont été choisis avec des intervalles de confiance très grands, donc un niveau d'incertitude élevé.

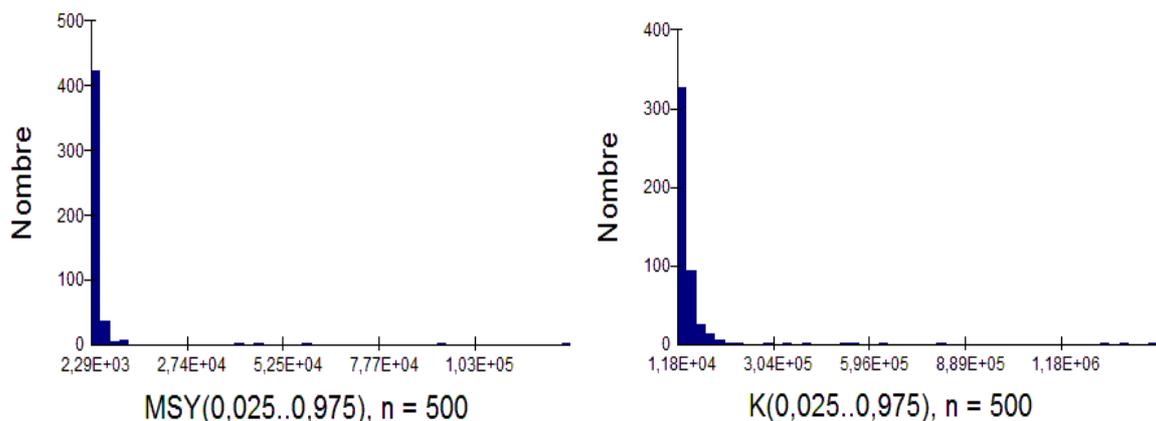


Figure 13 : Distribution des probabilités du MSY et du paramètre K(IA_CGFS).

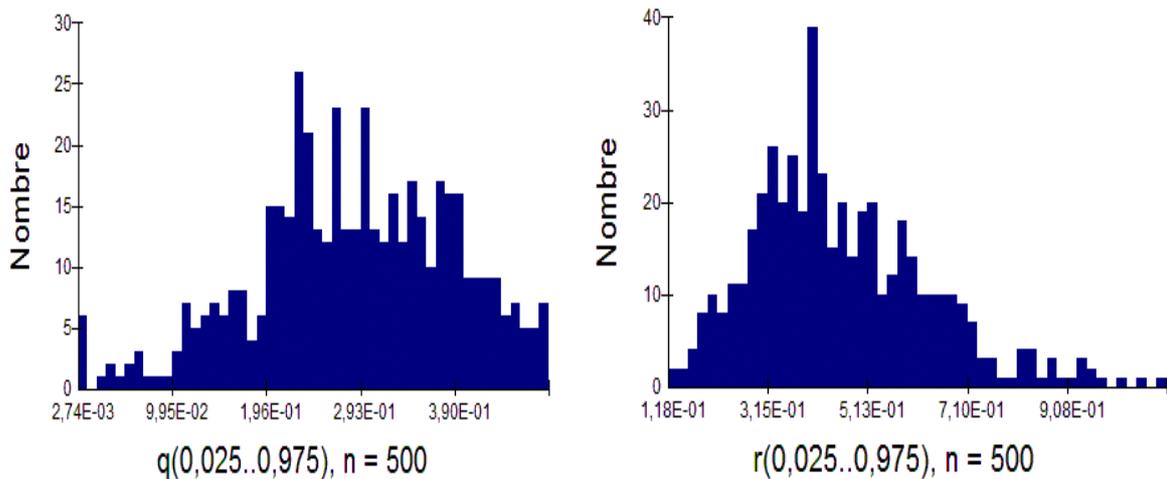


Figure 14 : Distribution des probabilités des paramètres q et r (IA_CGFS).

IV.3.2 CPUE_F10%

En utilisant les CPUE filtrées avec une valeur seuil de 10%, l'ajustement du modèle est également satisfaisant (voir la distribution des résidus, Fig. 15 et le coefficient de corrélation, Tab. 1).

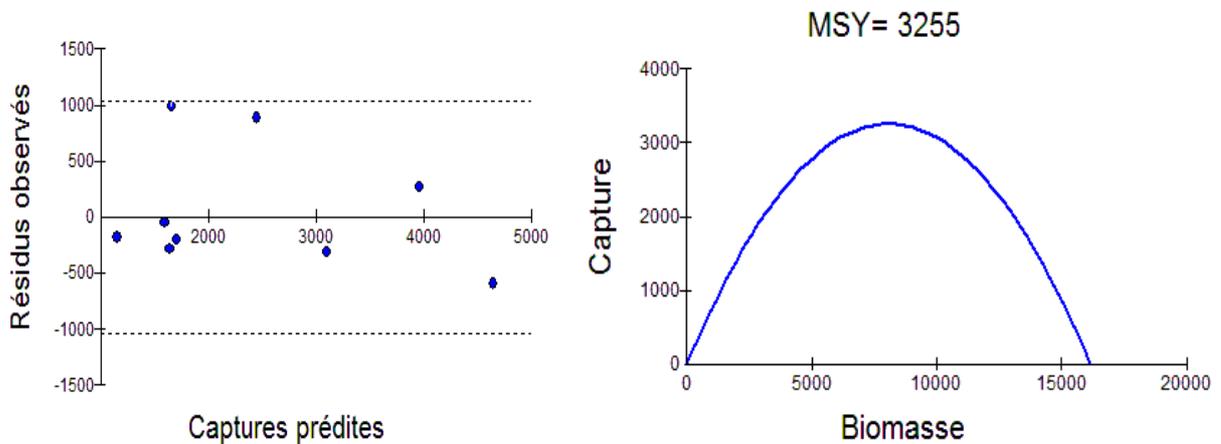


Figure 15 : Distribution des résidus ; Evolution des captures à l'équilibre (CPUE_F10%).

❖ Incertitudes au choix des paramètres

Les valeurs du MSY et de la capacité limite du milieu (K) sont mieux estimées qu'en utilisant les indices d'abondance de la CGFS. Cependant les incertitudes autour des paramètres r et q sont du même ordre de grandeur.

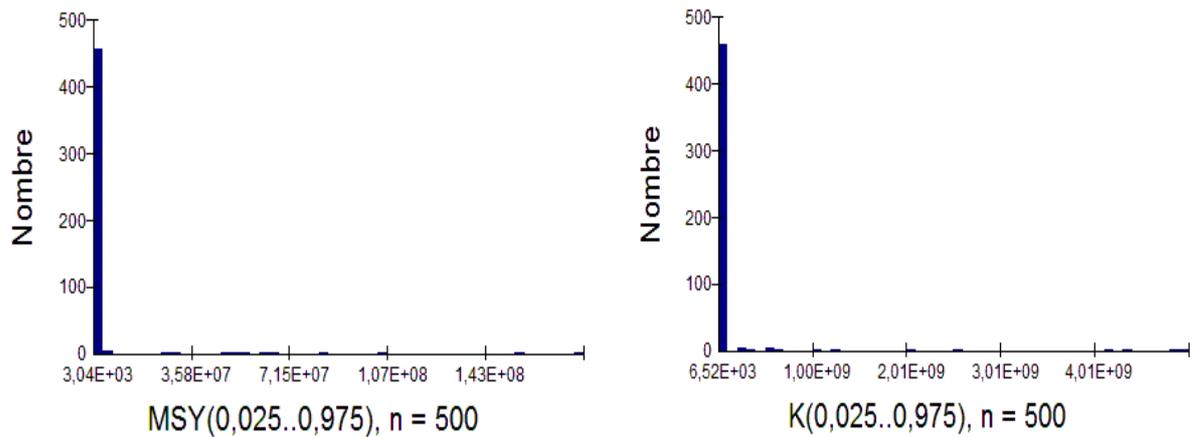


Figure 16 : Distribution de probabilité du paramètre K et du MSY (CPUE_F10%).

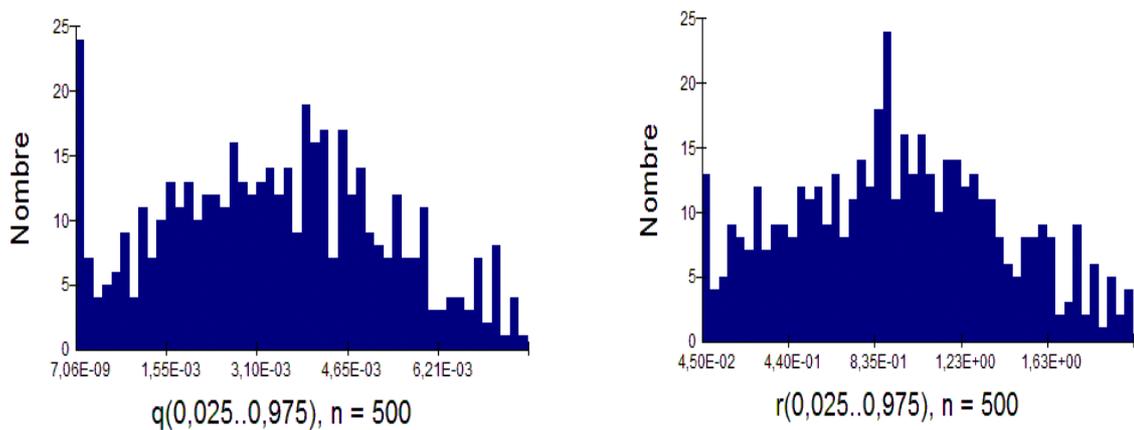


Figure 17 : Distribution des probabilités des paramètres q et r (CPUE_10%).

Les deux ajustements, bien que réalisés avec des indices d'abondances différents, présentent certaines similarités. Ainsi les MSY sont très proches (Tab. 1) et les minima et maxima sont synchrones. De 2006 à 2008, les biomasses estimées convergent, plus particulièrement en 2007.

Cependant les tendances sont opposées et les deux ajustements prédisent des biomasses différentes en valeur absolue pour les années antérieures à 2006. Avec les indices d'abondance CGFS, la série de biomasse estimée montre une tendance à la baisse, celle du filtre F10%, étant un peu plus optimiste, indique une hausse. Toutes ces séries de biomasse sont en dessous de leur B_{MSY} respective. Analysant l'écart entre le B_{MSY} et le niveau de biomasse du stock, on s'aperçoit que les ajustements prédisent des niveaux d'exploitation différents. Il existe une relation positive entre l'écart $B_{MSY}-B$ et l'intensité de l'exploitation. Ces écarts sont plus grands avec l'ajustement basé sur les indices d'abondance CGFS qui, en 2008, indique que la biomasse du stock est de 36% du B_{MSY} . Avec l'ajustement basé sur les CPUE filtrées, le niveau actuel de la biomasse du stock représente 87% du B_{MSY} .

Quel que soit l'indice d'abondance utilisé, la biomasse de rouget barbet est donc inférieure au B_{MSY} . De plus, la moyenne des efforts de ces dernières années est au dessus de l'effort optimal (E_{MSY}).

Paramètres	IA_CGFS	F_10%
r	0,39	0,8
K	33080	16162
q	0,29	0,2
MSY	3261	3255
B_{MSY}	16540	8081
B_{2008}/B_{MSY}	0,36	0.87
E_{MSY}	0,7	2
R Sqr	0,74	0,8

Tableau1 : Résultats des ajustements du modèle global.

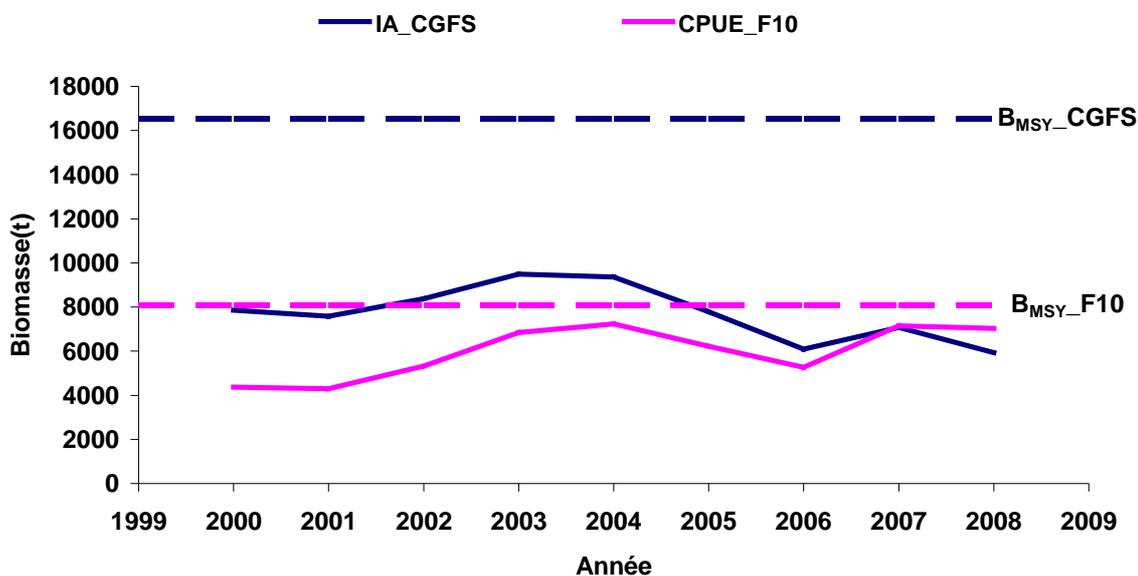


Figure 18 : Evolution des Biomasses issues des ajustements du modèle global.

Etant donné les incertitudes liées à l'estimation des paramètres, il a été procédé à des analyses de sensibilité à r . De la même manière, il a été étudié l'influence de la limite géographique du stock de rouget barbet sur le diagnostic.

❖ Sensibilité à r et à la délimitation géographique du stock

Les analyses de sensibilité de l'ajustement utilisant les CPUE avec seuil à 10% ont été réalisées en faisant varier le taux intrinsèque de croissance (r). Pour cela on suppose que $r=0.7$ ou 0.9 au lieu de 0.8 . De la même manière, l'effet de la délimitation du stock sur les résultats du diagnostic a été analysé, en étendant la géométrie du stock au secteur VIIe (Manche Ouest).

On constate que l'ajustement du modèle avec le filtre à 10% est sensible à la valeur de r , la biomasse varie très vite et d'une manière synchrone (Fig. 19). Cependant, le MSY paraît peu sensible aux variations de r (Tab. 2).

L'ajout des captures du VIIe conduit, comme on pouvait s'y attendre, à un accroissement de la biomasse (Fig. 20) et du MSY (Tab. 2).

La biomasse du stock et le rendement maximum soutenable sont très sensibles à la délimitation du stock. Cependant la conclusion selon laquelle la biomasse du stock de rouget barbet de Manche - mer du Nord est inférieure à B_{MSY} reste vérifiée.

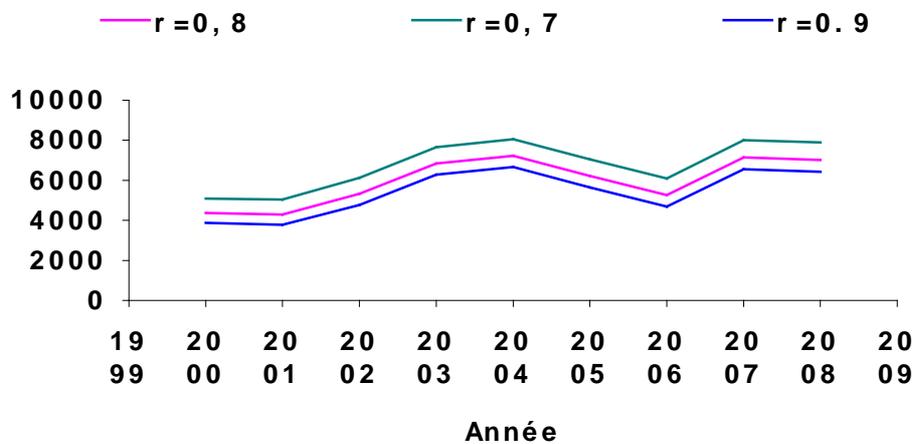


Figure 19 : Sensibilité de la biomasse prédite par le modèle globale en fonction de r.

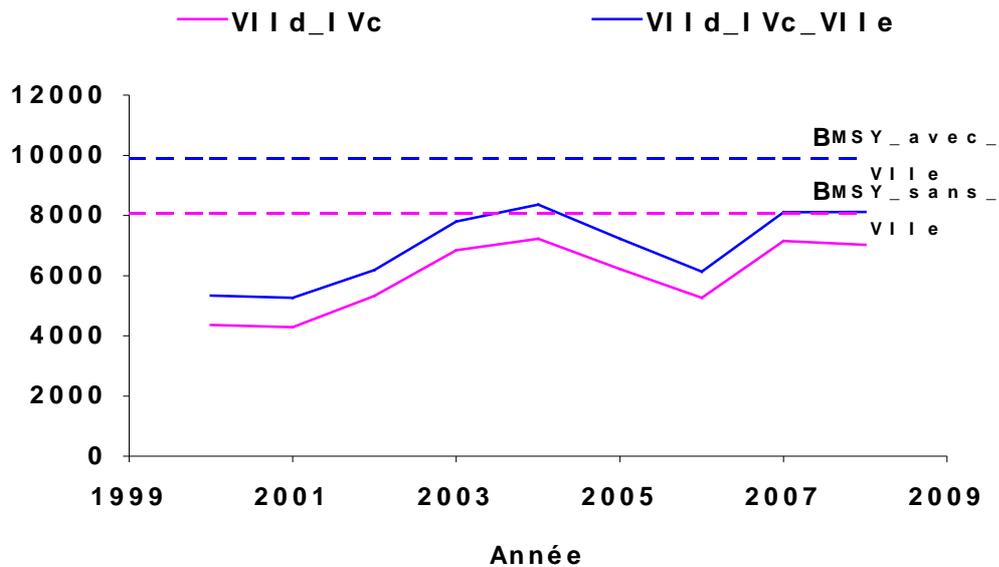


Figure 20 : Sensibilité de la biomasse prédite par le modèle globale par rapport à la taille du stock.

Paramètre	r=0,7	r=0,8	r=0,9	r=0,8_Vile
k	18833	16147	14340	19765
q	0,18	0,2	0,22	0,22
MSY	3295	3255	3226	4188
B_{MSY}	9416,5	8073,5	7170	9882,5
E_{MSY}	1,9	2	2,04	1,8

Tableau 2: Tableau comparé des résultats du modèle en fonction de r et de la taille du stock.

Ces différentes analyses de sensibilité montrent que quelles que soient les incertitudes sur les choix du paramètre r et sur la délimitation géographique du stock de rouget barbet, la biomasse actuelle de rouget barbet est inférieure au B_{MSY} et que la biomasse du stock est en baisse en 2008.

IV.4 MODELE ANALYTIQUE

IV.4.1 Captures aux âges

Les individus d'âge 1 sont très représentatifs dans les débarquements. L'exploitation du rouget barbet en Manche et sud mer du Nord repose essentiellement sur les jeunes poissons qui représentent en moyenne, entre 2004 et 2007, 80% des effectifs totaux débarqués (Fig. 21). Entre 2004 et 2008 environ 1845 tonnes de rouget barbet de taille inférieur à 16 cm (et généralement immatures) ont été débarquées, soit une moyenne de 370 tonnes par an.

La faible représentativité des âges 1 dans les captures en 2008 peut être liée à un recrutement faible comme on le constate avec les indices d'abondance CGFS. Le fort recrutement de 2007 explique la prédominance des individus d'âge 2 en 2008. Cela témoigne de la forte vulnérabilité des jeunes rougets barbets aux engins de pêche.

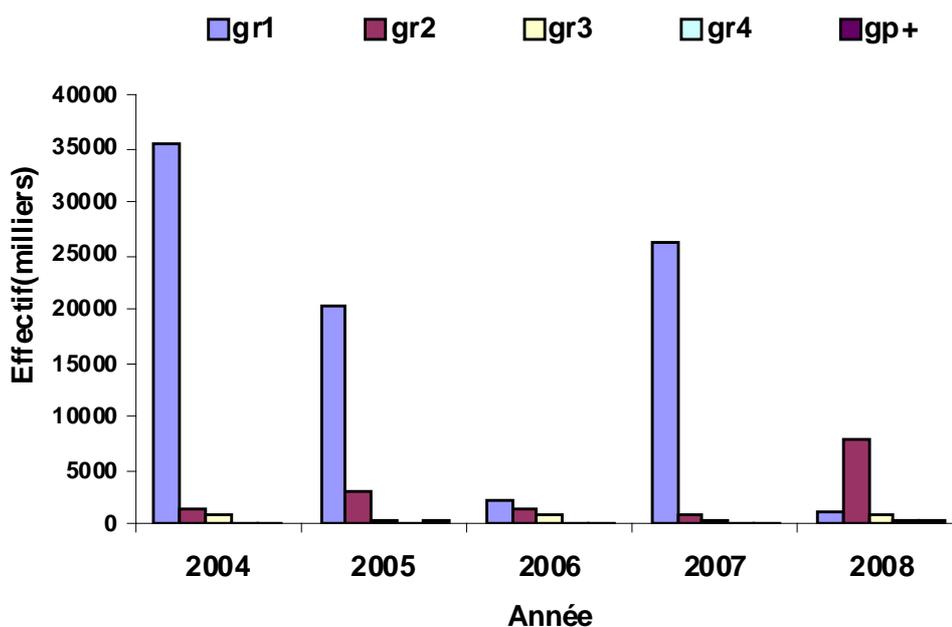


Figure 21 : Structure en âge des captures de rouget barbet de 2004 à 2008.

IV.4.2 VPA séparable

L'analyse des captures aux âges (2005-2008) par VPA séparable indique que les résidus du logarithme des ratios de capture sont faibles (Fig. 22) et ne présentent pas de tendance annuelle pour toutes les catégories d'âge. Ce résultat indique que la matrice des captures aux âges est raisonnablement cohérente.

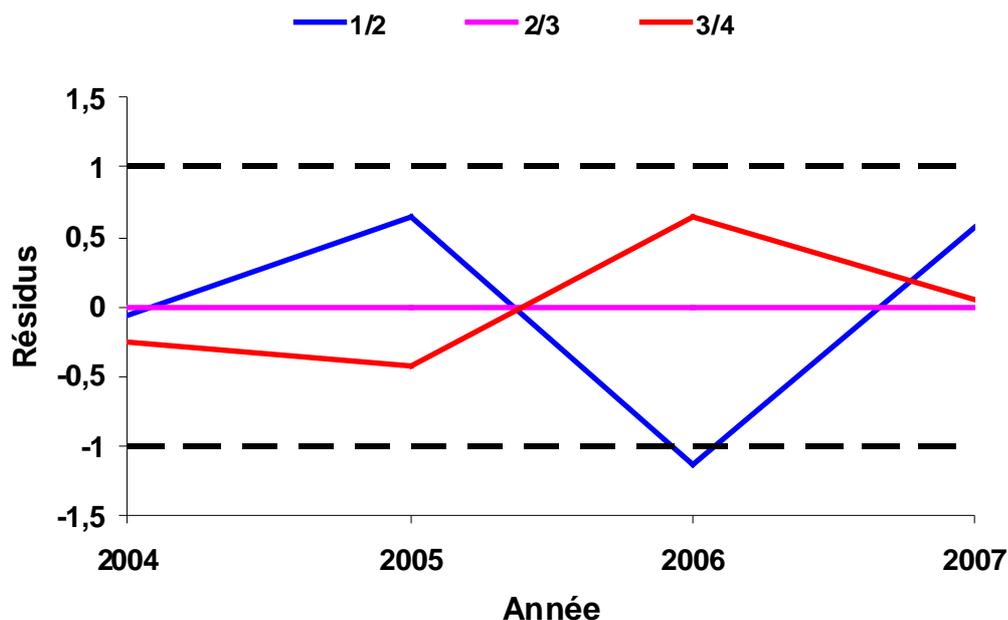


Figure 22 : Distribution des résidus du logarithme des ratios des captures (VPA séparable).

L'analyse de la structure démographique indique que le stock de rouget barbet est dominé par le recrutement (individus âgés de 1 an). Deux pics de recrutement sont observés en 2004 et en 2007, entraînant une augmentation importante des effectifs du groupe d'âge 2 en 2005 et 2008, et de ceux du groupe d'âge 3 en 2006 (Fig. 23). Ces tendances observées pour les effectifs restent valables pour les biomasses.

La VPA séparable prédit une série de biomasses qui a les mêmes fluctuations que celles des modèles globaux (Fig. 24). La VPA montre de plus fortes variabilités interannuelles de la biomasse, le pic de 2007 étant plus élevé que celui prédit par les ajustements du modèle global. La VPA séparable et l'ajustement du modèle global au filtre 10% prédisent la même biomasse en 2008.

Les différences observées proviennent sans doute du fait que le modèle global ne prend pas en compte les variations de recrutement, mais aussi de la courte série de données de captures aux âges disponible pour réaliser la VPA séparable.

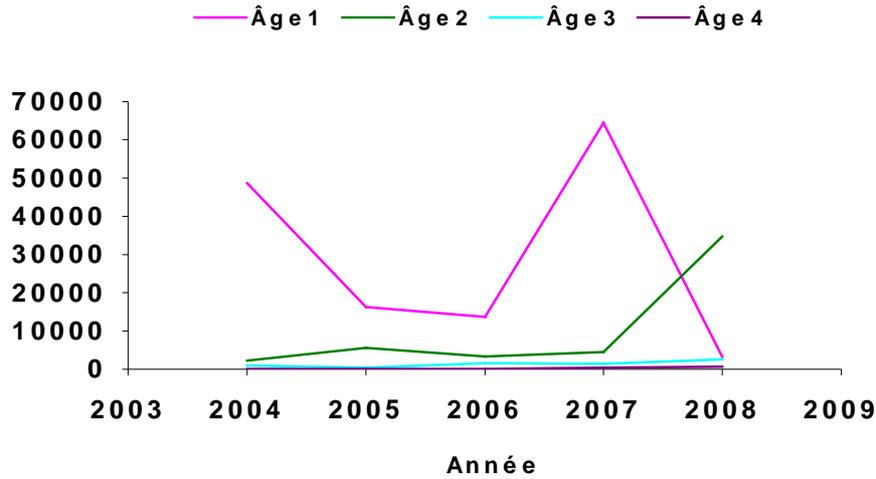


Figure 23 : Structure démographique du stock de rouget barbet.

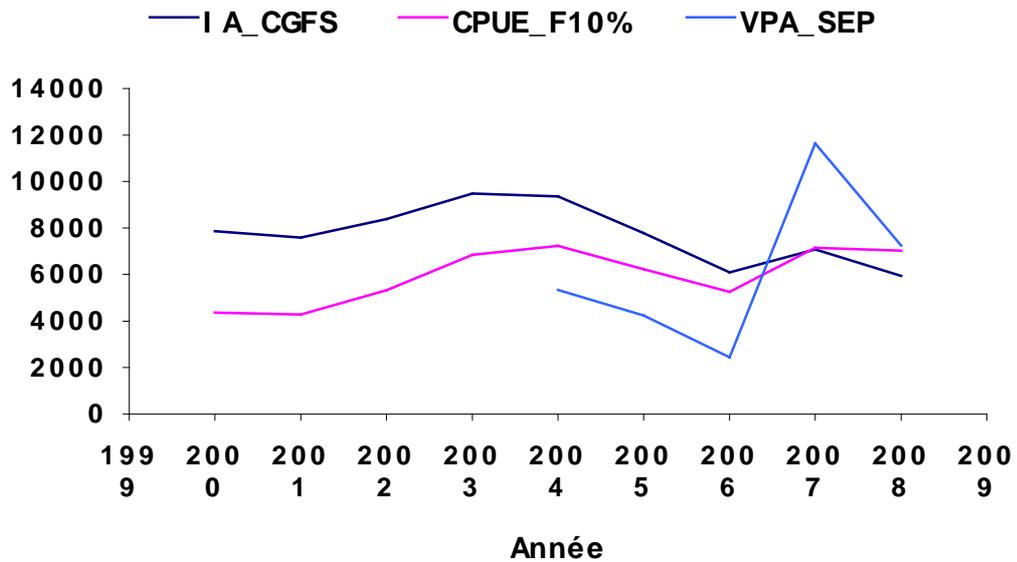


Figure 24 : Evolution des biomasses issues des modèles global (IA_CGFS, CPUE_F10%) et structural.

IV.4.3 Sensibilité aux paramètres

❖ Influence de la mortalité naturelle (M)

La taille des cohortes, pour les stades les plus juvéniles, est très sensible à la valeur de la mortalité naturelle (M). Plus M est élevée, plus on assume que la taille des cohortes est importante (Fig. 25). En revanche, les stades plus âgés (groupes 3 et 4) montrent une faible sensibilité aux variations de M. Ceci pourrait être dû au fait que les groupes d'âges plus âgés subissent une mortalité par pêche (F) plus élevée que la mortalité naturelle (Hilborn & Walter, 1992).

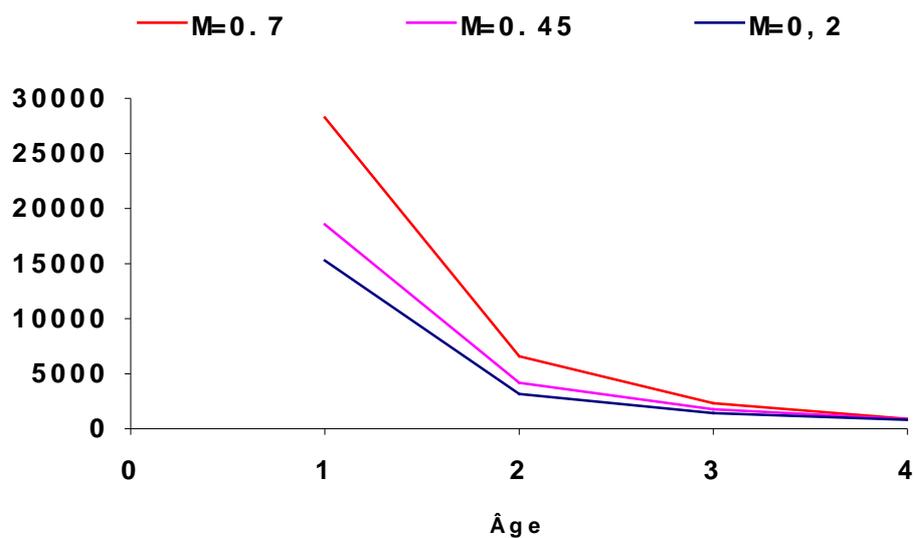


Figure 25 : Sensibilité de la taille des cohortes au coefficient de mortalité naturelle.

❖ **Influence de la sélectivité (S) et du taux d'exploitation (E)**

Les valeurs élevées de la sélectivité (S) et du taux d'exploitation (E) n'ont guère d'effet sur la taille des cohortes (Fig. 26 & 27). En revanche, toute diminution de S ou de E se traduit par une légère augmentation de l'effectif estimé de la cohorte. La sensibilité de la taille des cohortes est égale pour ces deux paramètres.

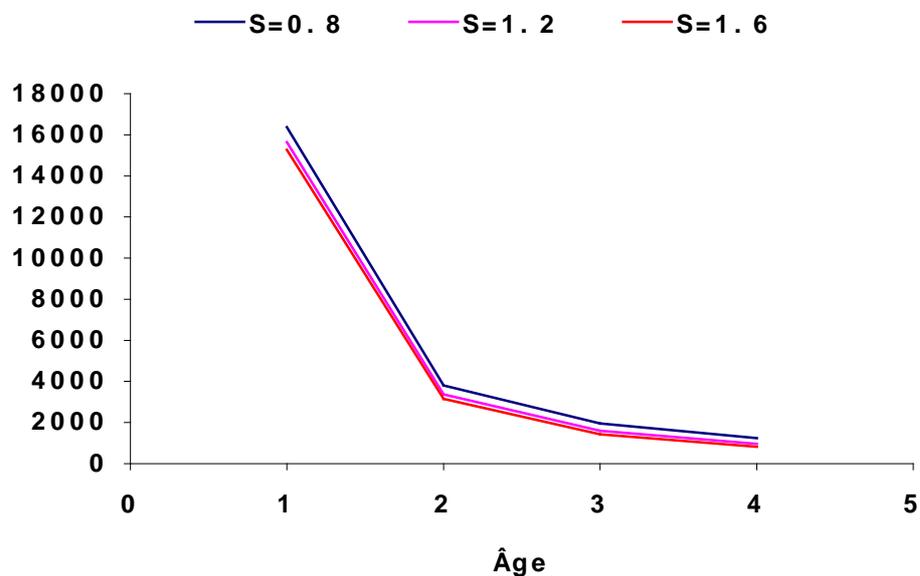


Figure 26 : Sensibilité de la taille des cohortes par rapport à la sélectivité.

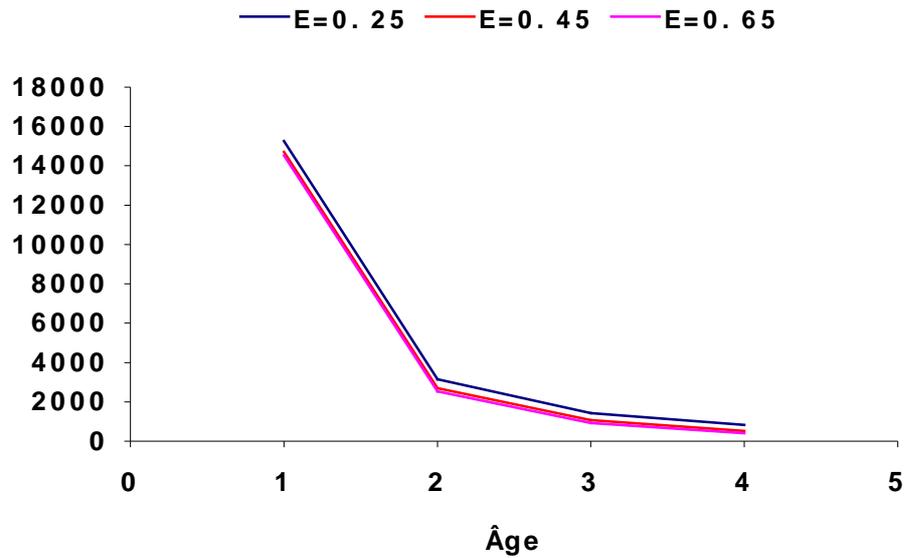


Figure 27 : Sensibilité de la taille des cohortes par rapport au taux d'exploitation.

❖ Influence de l'âge de référence

La variation de l'âge de référence ne modifie pas l'estimation de la taille des cohortes (Fig. 28)

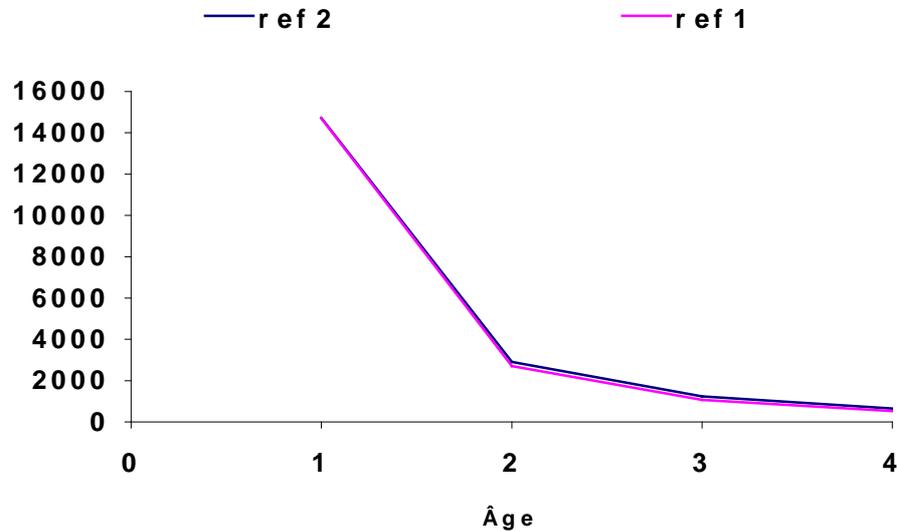


Figure 28 : Sensibilité de la taille des cohortes par rapport à l'âge de référence.

IV.4.4 XSA

L'analyse de la série de capture 2005-2008, par XSA n'aboutit pas à des résultats satisfaisants. Des résidus élevés avec des tendances ont été observés pour les catégories d'âge 2/3 et 3/4 (Fig. 29). L'estimation des cohortes provient majoritairement du facteur de rétrécissement (*shrinkage*), l'indice de calibration constitué par la campagne CGFS ayant une

contribution mineure. La courte série de données (5 ans) dont on dispose est sans doute insuffisante pour que de la XSA puisse ici être appliquée.

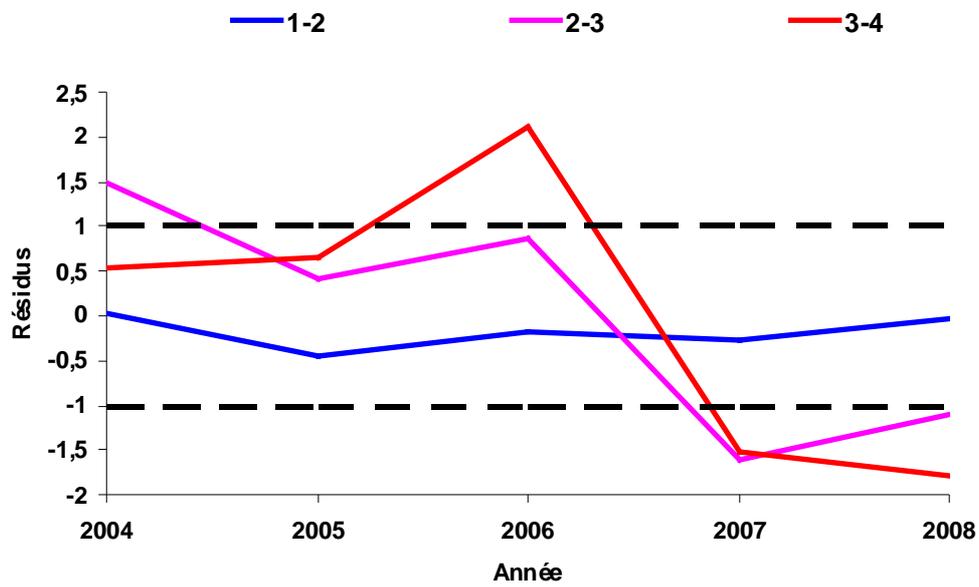


Figure 29: Distribution des résidus du logarithme des ratios des captures par catégorie d'âge.

V DISCUSSION

Tous les résultats d'analyses réalisées montrent que la biomasse du stock de rouget barbet de Manche-mer du Nord est en dessous de la biomasse correspondant au rendement maximum durable (B_{MSY}). Le stock a probablement subi ces dernières années un niveau d'effort plus élevé que celui associé au MSY. Cette pression accrue pourrait être un effet collatéral du plan de restauration du cabillaud. En effet, cabillaud et rouget barbet étant capturés par la même pêcherie mixte, il est vraisemblable que les pêcheurs ont redirigé leur effort sur le rouget barbet et d'autres espèces à forte valeur économique dont les captures ne sont pas contingentées par un TAC, afin de compenser l'importante réduction du TAC de cabillaud.

Un certain nombre de mesures de gestion déjà mises en œuvre dans le cadre du plan de restauration du cabillaud, plus précisément la limitation du nombre de jours de mer des chalutiers de Manche-mer du Nord, pourraient contribuer à diminuer la pression de pêche exercée sur le rouget barbet. Ces mesures devraient cependant, pour être réellement efficaces, être accompagnées d'une limitation spécifique des captures de rouget barbet (TAC).

La structure démographique des débarquements et les résultats de la VPA séparable indiquent que le stock est en grande partie composé de rougets barbets d'âge 1. Le nombre très limité de rougets barbets âgés combiné à la forte pression sur le recrutement peut également conduire à des situations de surexploitation de croissance. C'est dans cette même logique que Tous (1986) expliquait l'effondrement du stock de rouget barbet du Golfe de Gascogne par la forte exploitation des individus d'âge 0 et 1. L'augmentation du maillage imposé par le plan de restauration du cabillaud pourrait contribuer à orienter l'exploitation du rouget barbet vers les individus plus âgés. Un ajustement plus efficace du diagramme d'exploitation du rouget barbet pourrait être obtenu en mettant en place des cantonnements visant à protéger des stades de vie spécifiques de ce stock, voire en introduisant une taille minimale de débarquement. Ces mesures techniques ne devraient pas avoir de conséquences économiques majeures à court terme pour la pêcherie de rouget barbet, dans la mesure où les débarquements de rougets de moins de 16 cm ne sont pas rentables pour la flottille les exploitant (Mahé *et al.*, 2005).

Cependant, la biomasse du rouget barbet dépend dans une très large mesure des variations du recrutement. Or, les données présentées ici indiquent que les variations de recrutement sont importantes, et ne peuvent s'expliquer uniquement par les variations de pression de pêche. On peut donc se demander quel(s) processus conditionne(nt) les périodes irrégulières de recrutements élevés suivis par de faibles recrutements. Le signal annuel détecté par le GLM suggère qu'il existe une variable de forçage à l'échelle annuelle qui par moment défavorise le succès du recrutement. Toutefois, les données disponibles ne permettent pas de déterminer si les juvéniles subissent une densité-dépendance, une prédation, un manque de nourriture ou des variations de leur environnement physique.

Enfin les variations d'abondance de rouget barbet observés ces dernières années ont vraisemblablement été affectées par la diminution du stock de cabillaud, et donc par la prédation et de la compétition alimentaire causée par cette espèce (Mahé *et al.*, 2005). Cependant les données dont nous disposons ne nous permettent pas de quantifier cette interaction biologique.

Limites

Une condition d'application des modèles globaux est que les indices d'abondance présentent un fort contraste interannuel. Cette condition semble remplie dans cette étude, où les indices provenant de la campagne CGFS et les CPUE filtrées présentent un contraste important.

Cependant, les modèles globaux s'appliquent mieux aux ressources dont le recrutement est stable. Or, nos résultats suggèrent que le recrutement du rouget barbet de Manche-mer du Nord est sujet à une forte variabilité inter-annuelle.

Pour les modèles structurés en âge, la portée des résultats est contrainte par une série de données relativement réduite (5 ans).

Quelle que soit la méthode utilisée, les autres limitations qui se posent dans le cadre de l'évaluation du stock de rouget barbet sont :

- La méconnaissance des flux migratoires de l'espèce, qui rend notamment difficile la délimitation géographique du stock de Manche-mer du Nord ;
- La forte variabilité inter-annuelle du recrutement, qui ne permet pas de prévoir l'état du stock correspondant à différents niveaux d'exploitation et donc de formuler des recommandations de captures compatibles avec le B_{MSY} .

VI CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le présent travail avait pour objectif principal d'évaluer analytiquement le stock de rouget barbet et dans la mesure du possible estimer certains points de références biologiques.

Les modèles de production et la VPA séparable ont fourni des résultats utiles. La biomasse estimée est sensible aux indices d'abondance utilisés, au coefficient de mortalité naturelle (M), à la délimitation du stock et, dans une moindre mesure, au taux de croissance intrinsèque (r). Cependant, la conclusion selon laquelle la biomasse du stock de rouget barbet est actuellement inférieure au B_{MSY} est robuste à l'incertitude sur les différents paramètres. L'approche de précaution suggérant que l'«absence de certitudes scientifiques absolues ne doit pas servir de prétexte pour différer l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation d'un stock» (Déclaration de Rio, 1992), il serait sans doute opportun de gérer le stock de rouget barbet par au moins l'application d'un TAC et des mesures techniques visant à protéger les rougets barbets immatures.

❖ Perspectives

Connaissance de l'espèce et du stock

Il conviendrait d'étudier les facteurs qui déterminent la répartition spatio-temporelle du rouget barbet, afin de mieux connaître son habitat préférentiel et les zones de nourricerie (CHARM III), et d'effectuer des études biologiques, morphométriques et génétiques pour définir la géométrie du stock de Manche–mer du Nord.

Amélioration des données

La prise en compte des résultats d'échantillon des différents pays qui ont accès à cette ressource est nécessaire afin d'avoir un taux d'échantillonnage suffisamment représentatif pour le stock de rouget barbet. Ceci permettrait de limiter les biais sur la répartition en taille, les clés taille/âge, les ogives de maturité etc.

Evaluation et gestion

Les impacts des changements de diagramme d'exploitation du cabillaud ainsi que ceux de la suppression de la taille marchande du rouget barbet méritent d'être étudiés afin d'avoir des idées plus concises sur un plan de gestion adéquat.

Il est nécessaire de mener des études de sélectivité pour réduire les prises des très jeunes poissons.

Les phénomènes de compétition/prédation suspectés entre le rouget barbet et les espèces comme le cabillaud et le merlan méritent d'être élucidés. Une évaluation analytique par une «*Multi-Species Virtual Population Analysis*» (MSVPA) (Sparre, 1991; Magnusson, 1995) pourrait alors être envisagée.

VII BIBLIOGRAPHIE

- Bauchot, M.L., 1987. Poissons osseux : 891-1421. In W. Fischer, M.L. Bauchot et M.Schneider (eds). Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche (rev.1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II. Commission des Communautés Européennes, FAO, Rome.
- Beverton, R.J.H. & Holt, S.J., 1959. A review of the life-spans and mortality rates of fish in nature and their relation to growth and other physiological characteristics. *Ciba found. Colloq. Ageing* 5:142-180.
- Bhattacharya, C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, 23:115-35
- Biseau, A., 1998. Definition of a direct effort in mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessment. *Aquat. Living Resour.*, 11(3): 119-136.
- Brotons, L., Thuiller, W., Araujo, M. B. & Hirzel, A. H. 2004. Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography*, 27: 437-448.
- Brunnich, 1768. *Ichthyologica Massiliensis*. Copenhagen, 72p.
- Carpentier, A. & Coppin, F., 1999. Campagnes expérimentales de chalutage en Manche orientale, Vol. II, Les campagnes C.G.F.S. 1997 et 1998, *IFREMER / Contrat BioECO n°96/040*, 174p.
- Cassie, R.M., 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distribution. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.*, 5: 513-522.
- CHARM II, 2009. Channel Habitat Atlas for marine Resource Management, rapport final/ Atlas des habitats des ressources marines de la Manche orientale, phase II (CHARM II), final report. INTERREG 3a programme, IFREMER, Boulogne sur mer, France. 626p.
- Darby, C.D. & Flatman, S. 1994. Virtual population Analysis: version 3.1(Windows/DOS) user guide. Information Technology Series Number 1, Lowestoft.
- Desbrosses P., 1933. - Contribution à la connaissance de l'abiotologie du rouget barbet en Atlantique nord (I). *Rev. Trav. Inst.(Sci. Tech.) Pêch. Marit.*, 6: 249-270.
- Dunn, M.R., 1999. The exploitation of selected non-quota species in the English Channel. Ph.D. Thesis. University of Portsmouth, Southsea, UK., 323p.
- Fage, L., 1909. Etude de la variation chez le Rouget (*Mullus barbatus* L., *M. surmuletus* L.). *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 1(5) : 55p.
- Fox, W.W. Jr., 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 99:80-88.
- Gronovius, L.T., 1780. *Systema Ichthyologicum*. Ed. Gray, 108p.
- Gulland, J.A., 1965. Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries Working Group Report (meeting in Hamburg, January 1965). ICES, C.M. 1965, Doc. No. 3.
- Gulland, J.A., 1969 Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. Partie 1. Analyse des populations. *FAO Man. Sci. Halieut.*, 4:160p.
- Gunderson, D.R. & Dygert, P.H. 1988. Reproductive effort as a predictor of natural mortality rate. *J. Cons. Cons. Int. Explor. Mer*, 44: 200-209.

- Hasselblad, V., 1966. Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. *Technometrics*, 8: 431-44
- Hilborn, R. & Walters, C. J., 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Chapman and Hall, New York, New York. 570p.
- Holt, S.J., 1965. A note on the relationship between mortality rate and the duration of life in an exploited fish population. *ICNAF Res. Bull.*, 2: 73-75.
- Hureau, J.C., 1986. Mullidae in Whitehead, P. J. P., Bauchot M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen J. et E. Tortonese (1986). Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. Les Presses de l'Unesco. Vol. II : 877-882.
- ICES, 2008. Report of the Working Group on Assessment of New MoU Species (WGNEW), August 2008, By correspondence. *ICES CM 2008/ACOM:25*. 79p.
- Labropoulou, M. & Eleftheriou, A., 1997. The foraging ecology of two pairs of congeneric demersal fish species : importance of morphological characteristics in prey selection. *J. Fish Biol.*, 50 : 324-340.
- Laurans, M., 2005. Ressources et exploitations démersales en Afrique de l'Ouest: évaluation des stocks, dynamique des populations et approche écosystémique. Thèse de l'ENSAR mention Halieutique, Agrocampus Rennes.
- Laurec A. & Le Guen, J.C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. *CNEXO, Rapports Scientifiques et Techniques*. 45: 117p .
- Le Pape, O., Chauvet, F., Mahévas, S., Lazure, L., Guérault, G. & Désaunay, Y., 2003. Quantitative description of habitat suitability for the juvenile common sole (*Solea solea*, L.) and contribution of different habitats to the adult population in the Bay of Biscay (France). *J. Sea Res.* 50: 139–149.
- Lombarte, A. & Aguirre, H., 1997. Quantitative differences in the chemoreceptor systems in the barbels of two species of *Mullidae* (*Mullus surmuletus* and *Mullus barbatus*) with 159 different bottom habitats. *Marine Ecology Progress Series*, 150: 57-64.
- Magnusson, K., 1995. An overview of the multispecies VPA – theory and applications. *Rev. Fish. Biol. Fish.* 5: 195-212.
- Mahé, K., Destombes, A., Coppin, F., Koubbi, P., Vaz, S., Le Roy, D. & Carpentier, A., 2005. Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. *Rapport de Contrat IFREMER/CRPMEM Nord-Pas-de-Calais*, 187p.
- Mamuris, Z., Apostolidis, A.P. & Triantaphyllidis, C., 1998. Genetic protein variation in red mullet (*Mullus barbatus*) and striped mullet (*M. surmuletus*) populations from the Mediterranean sea. *Mar. Biol.*, 130: 353-360.
- MRAG, 1992. Catch effort data analysis. The CEDA package user manual, MRAG Ltd, London, 90p.
- N'Da, K. & Deniel, C., 1993. Sexual cycle and seasonal changes in the ovary of the red mullet, *Mullus surmuletus*, from the southern coast of Brittany. *J. Fish Biol.*, 43(2): 229-244.
- Ortega-Huerta, M.A. & Peterson, A.T., 2008. Modeling ecological niches and predicting geographic distribution : a test of six presence-only methods, Mexican magazine of Biodiversity 79: 205-216.
- Ould Meissa, B., Rivot, E. & Gascuel, D., 2008. Analysis of CPUE data series through Generalized Linear Models and Delta method to derive annual series of abundance

indices: Application to the Mauritanian demersal fishery, Improve Scientific and Technical Advices for fisheries Management (ISTAM Project).

Pauly, D. 1985. Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. *FAO.Doc. Tech. Pêches*, 234, 56p.

Pauly, D., 1980. On the interrelationship between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. CIEM*, 39 (2): 175 – 192

Pella, J.J. & Tomlinson, P.K., 1969. A generalised stock production model. *Bull. Inter-Am.Trop. Tuna Comm.*, 13: 419-496.

Peterson, I. & Wroblewski, J.S., 1984. Mortality rate of fishes in the pelagic ecosystem. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 41: 1117-1120.

Pope, J.A., 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. *Res. Bull. ICANF*, 9: 65-74

Pope, J.G. & Shepherd, J.G., 1982. A simple method for the consistent interpretation of catch-at-age data. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, 40: 176-184.

Pope, J.G., 1979. Population dynamics and management. Current status and future trends. *Invest. Pesq.,Barc.*, 43: 199-221.

Quero, J.C. & Vayne, J.J., 1997. Les poissons de mer des pêches françaises. IFREMER, Ed. Delachaux & Niestlé, 304p.

Quero, J.C., 1984. Les poissons de mer des pêches françaises, Jacques Granger Ed., 394p.

Ricker, W.E. 1975. Computation and interpretation of the biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191 : 1-382.

Rikhter, V.A. & Efanov, V.N., 1976. On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. *ICNAF Res. Doc. 76/VI/8*, 12p.

Roff, D.A., 1984. The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41: 989–1000.

Saville, A.(ed.), 1977. Survey methods of appraising fisheries resources. *FAO Fish.Tech.Pap.*, 171: 76p.

Schaefer, M., 1954. Some aspects of the dynamic of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull.I-ATTC/Bol.CIAT*, 1(2): 27-56.

Sparre, P., 1991. Introduction to multispecies virtual population analysis. *ICES mar. Sci. Symp.*, 193:12-21.

Stevens, S.M., 1984. A method for weighting residuals in Separable VPA. *ICES CM 1984/D:4*, 4p.

Tanaka, S., 1960. Studies on the dynamics and the management of fish populations. *Bull.Tokai.reg.Fish.Res.Lab.*, 28: 1-200.

Taylor, C.C., 1960. Temperature, growth and mortality – the pacific cockle. *J.Cons.CIEM*, 26: 117-24.

Tous, P., 1986. Contribution à l'étude de la biologie et de la pêche du rouget barbet (*Mullus surmuletus*) dans le Golfe de Gascogne, Mémoire de D.A.A mention biologie halieutique, Agrocampus Rennes.

Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielson, J. & Tortonese, T., 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. *UNESCO, Paris., Vol.I-III* : 1473p.

VIII ANNEXE

Annexe 1: Script Delta-GLM

```
ls()
rm(list=ls())

setwd("C:/Data/GLM")

# download the lattice Package (to improve graphics)

library(lattice)
library(stats4)
library(MASS)

dat <- read.table(file = "Rbarbet.txt", header = TRUE, sep = "")

dat1<- subset(x = dat, subset = dat$Lg<2677)

# Modèle présence absence

dat1$RECT2<- substring(dat1$RECT,1,4)

dat1$RECT2[which(substring(dat1$RECT,1,2)=="00")]<-"NA"

PRESENCE<-dat1$PRESENCE
dat1$ANNEE <- as.factor(dat1$ANNEE)
dat1$RECT2 <- as.factor(dat1$RECT2)
dat1$TRIM <- as.factor(dat1$TRIM)
#dat1$MOIS <- as.factor(dat1$MOIS)
#dat1$NAVS_COD <- as.factor(dat1$NAVS_COD)
dat1$Lg <- as.factor(dat1$Lg)

# ajustement du modèle binomial

SModel1<-glm(PRESENCE ~ ANNEE + RECT2 + Lg + TRIM ,family=binomial,data=dat1)

anova(SModel1,test="Chisq")
summary(SModel1)
model1<-SModel1
res1 <- resid(model1)
fit1 <- fitted(model1)
windows()
par(mfrow = c(2,2))
hist(res1)
plot(fit1,res1)
qqnorm(res1)
qqline(res1)

#Analyse des données positives
```

```

dat2 <- subset(x = dat1, subset = dat1$CPUE>0)

head(dat2)

# Données positives sans log ne sont pas distribuées "normale" alors!
# Gaussian avec les données positives log transformées

dat2$ANNEE <- as.factor(dat2$ANNEE)
dat2$TRIM <- as.factor(dat2$TRIM)
dat2$RECT2 <- as.factor(dat2$RECT2)
dat2$Lg <- as.factor(dat2$Lg)

SModel2 <- glm(log(CPUE)~ANNEE + RECT2 + TRIM + Lg + TRIM*RECT2
,family=gaussian, data=dat2)

anova(SModel2,test="Chisq")
summary(SModel2)

#analyse de la distribution des résidus

CPUE <- dat2$CPUE
windows()
residus <- resid(SModel2)
fit2 <- fitted(SModel2)
par(mfrow = c(2,2))
hist(CPUE)
hist(residus)
plot(residus)
qqnorm(residus)
qqline(residus)

windows()
hist(dat1$CPUE)

# couplage des deux modèles
# delta model = positive/binomial=1 + positive/binomial=0

#-----
dat2$Lg <- factor(dat2$Lg)
dat2$RECT2 <- factor(dat2$RECT2)
dat2$ANNEE <- factor(dat2$ANNEE)
dat2$TRIM <- factor(dat2$TRIM)

#création de la matrice de croisement des facteur pour la prédiction.

L_ANNEE <- length(levels(as.factor(dat2$ANNEE)))

L_RECT2 <- length(levels(as.factor(dat2$RECT2)))

```

```

L_TRIM <- length(levels(as.factor(dat2$TRIM)))

L_Lg <- length(levels(as.factor(dat2$Lg)))

L_tot <- L_ANNEE* L_RECT2* L_TRIM* L_Lg

Table_Pred <- matrix(NA,nrow=L_tot,ncol=4)

#col(4)
Table_Pred[,4] <- rep(levels(dat2$Lg),(L_tot/L_Lg))

#col(1,2,3)
for(k in 1:L_ANNEE){
  for(j in 1:L_RECT2){
    for(m in 1:L_TRIM){
      deb_ANNEE <- k*L_RECT2*L_TRIM*L_Lg - L_RECT2*L_TRIM*L_Lg
      fin_ANNEE <- k*L_RECT2*L_TRIM*L_Lg
      deb_RECT2 <- deb_ANNEE + j*L_TRIM*L_Lg - L_TRIM*L_Lg
      fin_RECT2 <- deb_ANNEE + j*L_TRIM*L_Lg
      deb_TRIM <- deb_RECT2 + m*L_Lg - L_Lg+1
      fin_TRIM <- deb_RECT2 + m*L_Lg
      Table_Pred[deb_TRIM:fin_TRIM,3] <- rep(levels(dat2$TRIM)[m], L_Lg)
    }
    Table_Pred[(deb_RECT2+1):fin_RECT2,2] <- rep(levels(dat2$RECT2)[j], L_TRIM*L_Lg)
  }
  Table_Pred[(deb_ANNEE+1):fin_ANNEE,1] <- rep(levels(dat2$ANNEE)[k], L_RECT2 *
  L_TRIM* L_Lg)
}

Table_Pred[1:20,]

results <- data.frame(Table_Pred)
names(results) <- c("ANNEE", "RECT2", "TRIM", "Lg")
results[1:10,]

names(results)
head(results)
dat2$RECT2<-factor(dat2$RECT2)
results$ANNEE <- as.factor(results$ANNEE)
results$TRIM<- as.factor(results$TRIM)
results$RECT2 <- as.factor(results$RECT2)
results$Lg<- as.factor(results$Lg)

# predictions-----

predictionmodel1 <- predict.glm(SModel1,results,type="r",se=T)

predictionmodel2 <- predict.glm(SModel2,results,type="r",se=T)
#-----

```

```
# distribution probabilité de présence
presence<-predictionmodel1$fit

# the estimation of the logtransformed positive values
model2f<-predictionmodel2$fit

# Variance associée du modèle CPUE>0
varmodel2f<-(predictionmodel2$se.fit)^2

# Retour au référentiel initial compte tenu de la correction de Laurent
rouget<-exp(model2f+varmodel2f/2)

# Couplage des deux sous modèles
predictionallmodel<-rouget*presence

Prodmoyenne <- tapply(predictionallmodel, paste(results$ANNEE),mean)
```

Annexe 2: Summary delta-GLM

Summary Modèle binomiale

Analysis of Deviance Table

Model: binomial, link function: logit

Response: PRESENCE

Terms added sequentially (first to last)

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Df	Dev P(> Chi-sq)	
NULL			244441	2488	45	
ANNEE	6	5223	244435	2436	22	0
RECT2	33	23332	244402	2202	90	0
Lg	35	43307	244367	1769	83	0
TRIM	3	9520	244364	1674	63	0

Warning messages:

```
1: In fit: $qr <- as.matrix(fit$qr) :
Reached total allocation of 15 35Mb: see help(memory.size)
2: In fit: $qr <- as.matrix(fit$qr) :
Reached total allocation of 15 35Mb: see help(memory.size)
> summary(SModel1)
```

Call:

```
glm(formula = PRESENCE ~ ANNEE + RECT2 + Lg + TRIM, family = binomial,
data = dat1)
```

Deviance Residuals:

```
Min      1Q  Me      dian      3Q      Max
-2.4268 -0.4953330 -0.17 65 3.7 741
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	-5.21107	0.58588	-8.894	< 2e-16 ***
ANNEE2003	0.10192	0.02574	3.959	7.53E-05 ***
ANNEE2004	0.28973	0.02469	11.735	< 2e-16 ***
ANNEE2005	-0.3059	0.02562	-11.941	< 2e-16 ***
ANNEE2006	-0.6785	0.0248	-27.361	< 2e-16 ***
ANNEE2007	-0.04873	0.024	-2.03	0.042356 *
ANNEE2008	-0.30473	0.02627	-11.598	< 2e-16 ***
RECT227F0	-2.23536	0.15616	-14.314	< 2e-16 ***
RECT228E8	-0.55366	0.03466	-15.976	< 2e-16 ***
RECT228E9	-0.21327	0.02846	-7.493	6.75E-14 ***

Modèle log-gaussien

	Df	Deviance	Resid.Df	Resid.Dev	P(> Chi)
NULL	50426	151940			
ANNEE	6	5943	50420	145998	0
RECT2	31	14677	50389	131321	0
TRIM	3	10039	50386	121282	0
Lg	25	10752	50361	110530	0
RECT2:TRIM	66	6446	50295	104084	0

> summary(SModel2)

Call:

```
glm(formula = log(CPUE) ~ ANNEE + RECT2 + TRIM + Lg + TRIM*RECT2,
     data = RECT2, family = gaussian)
```

	Estimate	Std.Error	t-value	Pr(> t)
(Intercept)	-3.446177	0.842764	-4.089	4.34E-05 ***
ANNEE2003	0.625818	0.024831	25.203	2.00E-16 ***
ANNEE2004	1.107737	0.023798	46.548	2.00E-16 ***
ANNEE2005	0.557734	0.025523	21.852	2.00E-16 ***
ANNEE2006	0.236343	0.025833	9.149	2.00E-16 ***
ANNEE2007	1.174626	0.024493	47.959	2.00E-16 ***
ANNEE2008	0.506395	0.026659	18.995	2.00E-16 ***
RECT227F0	1.566431	1.02747	1.525	<0.127378
RECT228E8	1.023151	0.172362	5.936	<0.0000000294 ***
RECT228E9	0.703838	0.148536	4.739	<0.00000216 ***
RECT228F0	0.232754	0.175623	1.325	<0.185076
RECT228F1	0.969431	1.02706	0.944	<0.345231
RECT229E8	0.788955	0.189751	4.158	<0.0000322 ***
RECT229E9	0.99464	0.148019	6.72	<0.000000000184 ***
RECT229F0	0.577575	0.144803	3.989	<0.0000665 ***

Annexe 3 : Indice d'abondance, CPUE et biomasse modèles globaux

year	capture(t)	IA_CGFS	CPUE_F10%	CPUE_F20%	CPUE_F30%	IA_GLM	Pmoy(t)
1988	37	0,71					0,0003012
1989	40	46,11					0,0003012
1990	536	3,21					0,0003012
1991	216	1,53					0,0003012
1992	442	10,95					0,0003012
1993	532	3,56					0,0003012
1994	327	6,7					0,0003012
1995	2072	11,02					0,0003012
1996	1811	9,49					0,0003012
1997	762	26,14					0,0003012
1998	2670	19,88					0,0003012
1999	1000	6,45	15,85	24,0905806	44,5434298		0,0003012
2000	2639	8,73	23,84	36,3548698	46,8905473		0,0003012
2001	1505	2,62	14,66	19,8522622	25,4222973		0,0003012
2002	1359	8,29	17,42	24,4732577	30,1263578	2,05	0,0003012
2003	2791	57,86	21,9	30,2711497	39,420904	3,97	0,0003012
2004	4227	13,4	24,8	35,2426213	59,2514718	6,88	0,000336
2005	4045	7,09	17,28	29,4911053	57,6539339	3,21	0,000276
2006	972	18,45	18,05	29,9630086	46,7532468	2,02	0,000261
2007	3332	48,92	33,32	44,4800427	76,6153139	6,52	0,000393
2008	1549	4,89	26,35	51,6333333	97,2379159	3,05	0,00024

Biomasse prédites par CEDA

Année	Biom_CGFS	Biom_F10%
1989	1651	
1990	2231	
1991	2516	
1992	3217	
1993	3921	
1994	4753	
1995	6032	
1996	5906	
1997	6009	
1998	7187	
1999	6737	
2000	7853	4364
2001	7577	4291
2002	8376	5325
2003	9485	6843
2004	9362	7230
2005	7783	6222
2006	6086	5260
2007	7073	7146
2008	5935	7025

Annexe 4 : Matrice des captures et poids moyens aux âges.

CAPTURES IVc & VIId (kg)

ÂGE	ANNEE				
	2004	2005	2006	2007	2008
1	3212809.08	2120791.5	315855.6	2806648.4	95078.9
2	334743.15	515187.5	241795.7	248474.6	1096189.8
3	209376.17	95905.23	223410.4	164885.2	211365.4
4	26946.85	26370.08	22809.3	29826.5	76530.5
5+	60317.66	101922.82	15071.6	15616.4	67967.4

POIDS MOYENS(kg)

ÂGE	ANNEE				
	2004	2005	2006	2007	2008
1	0.090	0.105	0.146	0.107	0.096
2	0.222	0.172	0.188	0.313	0.139
3	0.270	0.300	0.241	0.422	0.226
4	0.434	0.383	0.379	0.446	0.326
5+	0.660	0.419	0.350	0.677	0.410

CAPTURES (effectifs)

ÂGE	ANNEE				
	2004	2005	2006	2007	2008
1	35428082	20152558	2153665	26117316	985379
2	1501860	2979339	1283604	793125	7830983
3	773003	319353	924622	390184	934687
4	61954	68707	60032	66854	234098
5+	91269	242819	43007	23050	165644

Annexe 5: Résultats VPA séparable (M=0.2)

from 2004 to 2008 on ages 1 to 4
with Terminal F of .450 on age 2 and Terminal S of 1.600

Initial sum of squared residuals was 22.061 and
final sum of squared residuals is 2.698 after 74 iterations

Matrix of Residuals

Years	2004/**	2005/**	2006/**	2007/**	TOT
1/ 2	-0.073	0.644	-1.14	0.568	-0.001
2/ 3	0.001	0	0	-0.001	-0.001
3/ 4	-0.251	-0.433	0.635	0.048	-0.001

Fishing Mortalities (F)

	2004	2005	2006	2007	2008
F-values	1.4296	1.0469	0.7313	0.3118	0.45

Selection-at-age (S)

	1	2	3	4
S-values	1.4278	1	1.644	1.6

SEPARABLY GENERATED FISHING MORTALITIES

YEAR	2004	2005	2006	2007	2008
AGE					
1	2.0412	1.4948	1.0441	0.4452	0.6425
2	1.4296	1.0469	0.7313	0.3118	0.45
3	2.3504	1.7212	1.2022	0.5127	0.7398
4	2.2874	1.6751	1.17	0.4989	0.72

SEPARABLY GENERATED POPULATION NUMBERS

YEAR	2004	2005	2006	2007	2008
AGE					
1	46783	14703	11269	45158	2269
2	2130	4974	2700	3248	23687
3	910	418	1430	1064	1947
4	74	71	61	352	522

Cohort analysis Terminal populations from weighted Separable populations
Fishing mortality residuals

YEAR	2004	2005	2006	2007	2008
AGE					
1	-0.0331	0.5486	-0.5789	0.2436	0.0006
2	-0.0526	0.0388	0.0082	-0.0021	0.0011
3	-0.196	-0.2574	0.16	0.0085	0.0001
4	-0.2017	0.1028	0.2704	-0.2019	-0.0243

Annexe 6: Résultats XSA (M=0.2)

Lowestoft VPA Version 3.1

Extended Survivors Analysis

Catch data for 5 years. 2004 to 2008. Ages 1 to 5.

Catchability analysis :

Catchability dependent on stock size for ages < 2

Regression type = C

Minimum of 5 points used for regression

Survivor estimates shrunk to the population mean for ages < 2

Catchability independent of age for ages >= 3

Terminal population estimation :

Survivor estimates shrunk towards the mean F
of the final 3 years or the 3 oldest ages.

S.E. of the mean to which the estimates are shrunk = .500

Tuning converged after 15 iterations

Fishing mortalities					
Age	2004	2005	2006	2007	2008
1	2.043	2.096	0.56	0.916	0.806
2	1.351	1.171	0.81	0.411	0.796
3	2.11	1.355	1.855	0.622	1.32
4	1.86	1.561	1.082	0.648	1

XSA population numbers (Thousands)

XSA population numbers (Thousands)					
AGE					
YEAR	1	2	3	4	
2004	4.50E+04	2.24E+03	9.72E+02	8.12E+01	
2005	2.54E+04	4.77E+03	4.75E+02	9.65E+01	
2006	5.55E+03	2.56E+03	1.21E+03	1.00E+02	
2007	4.81E+04	2.60E+03	9.31E+02	1.55E+02	
2008	1.97E+03	1.58E+04	1.41E+03	4.09E+02	

Log catchability residuals.

Fleet : CGFS trawlers

Log catchability residuals					
Age	2004	2005	2006	2007	2008
1	0.02	-0.46	0.19	0.28	-0.04
2	1.48	0.4	0.86	-1.61	-1.12
3	0.53	0.66	2.12	-1.53	-1.78

	Pôle Halieutique : Spécialisation : Sciences halieutiques et aquacoles dominante REA Enseignant responsable : Didier Gascuel	Cadre réservé à la bibliothèque centrale
Auteur : Djiby Camara	Organisme d'accueil : Ifremer Adresse : 150 quai Gambetta B.P. 699 62321 Boulogne/Mer Cedex Maître de stage : Paul Marchal / Kélig Mahé / Franck Coppin	
Nb pages : 39 Annexe(s) : 10		
Année de soutenance : 2009		
Titre : Evaluation préliminaire du stock de rouget barbet (<i>Mullus surmuletus</i>) en Manche -sud de la mer du Nord		
<p>Résumé :</p> <p>Le rouget barbet de roche est l'une des espèces les plus ciblées en Manche et mer du Nord du fait de sa valeur commerciale et de la demande du marché. De 1999 à 2004 les captures sont passées de 1000 à 4200 tonnes. Ce poisson est caractérisé par de fortes fluctuations inter annuelles et sa migration demeure méconnue. Les prises par unité d'effort filtrées ainsi que les indices de la campagne CGFS (Channel Ground Fish Survey) réalisée en manche orientale sont utilisés pour calibrer des modèles d'évaluation globaux et structurés en âge. Le résultat des modèles globaux montre que la biomasse actuelle du stock est inférieure au B_{MSY}. Près de 80% des débarquements sont composés d'individus d'âge 1 (recrutement) et dont une bonne partie est immature avec une taille souvent inférieure à 15 cm. Le stock dépend largement de la phase recrutée qui se trouve être surexploitée. Cependant ces résultats sont à considérer avec précaution du fait des incertitudes liées aux paramètres du modèle. Il existerait une où plusieurs variables environnementales expliquant une bonne part du succès du recrutement. Des mesures de gestion incluant un TAC, une meilleure sélectivité des engins, des cantonnements ou encore l'implémentation d'une taille minimale de capture pourraient permettre de rétablir la biomasse de rouget-barbet au-dessus du B_{MSY} et de réduire l'exploitation du recrutement.</p>		
<p>Abstract :</p> <p>Striped red mullet is one of the more targeted Fish in Manche and the North sea because of the high commercial value and market demand. From 1999 to 2004 landings have increased from 1000 to 4200 tones. This species is characterized by high inter annual fluctuation and unknown migration patterns. Filtered catch per unit effort data and survey data from Channel Ground Fish Survey (CGFS) have been used to calibrate both global and age-structured evaluation models. The outcomes of the global models suggest that the current biomass of the stock is below B_{MSY}. 80% of landings are from age group 1 (recruits) and have a mean length of 15 cm, a size which is much lower than the one corresponding to first sexual maturity. The stock size depends to a large extent on recruitment, which is over-exploited. However, these results should be interpreted with great care, since a number of models' parameters and some characteristics of the stock, like migration, are prone to uncertainty. There is evidence that recruitment is also to a large extent determined by environmental variables. Management measures including TAC, a better selectivity of fishing gears, boxes and/or the implementation of a minimum landing size could lift the red mullet biomass above B_{MSY} and reduce the exploitation of recruits.</p>		
Mots-clés : <i>Modèle analytique, Modèle global, delta GLM</i>	Diffusion : Non limitée Limitée (préciser au verso)	