

THÈSE

présentée devant
l'École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes
pour l'obtention du diplôme de doctorat de l'ENSAR

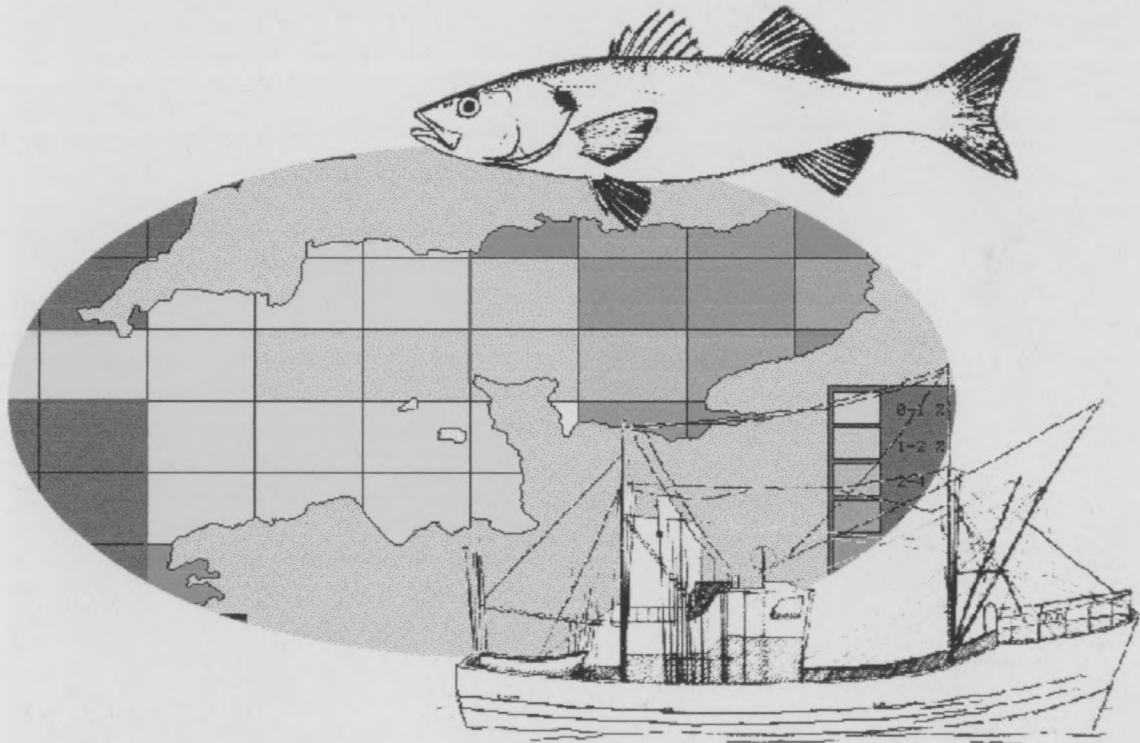
mention : **HALIEUTIQUE**

par

CLARA ULRICH

Modélisation multi-flottes et multi-métiers des pêcheries artisanales de la Manche.

Évaluation plurispécifique des stocks, étude des interactions techniques et intégration dans la modélisation bioéconomique.



Préparée au Département Halieutique de l'ENSAR

Présentée le 17 mars 2000 devant le jury composé de :

M. Jean Boncoeur
M. Rudy De Clerck
M. Christian Dintheer
M. André Forest
M. Didier Gascuel
M. François Gauthiez

Examineur
Rapporteur
Examineur
Rapporteur
Directeur de thèse
Examineur

THÈSE

présentée devant
l'École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes
pour l'obtention du diplôme de doctorat de l'ENSAR

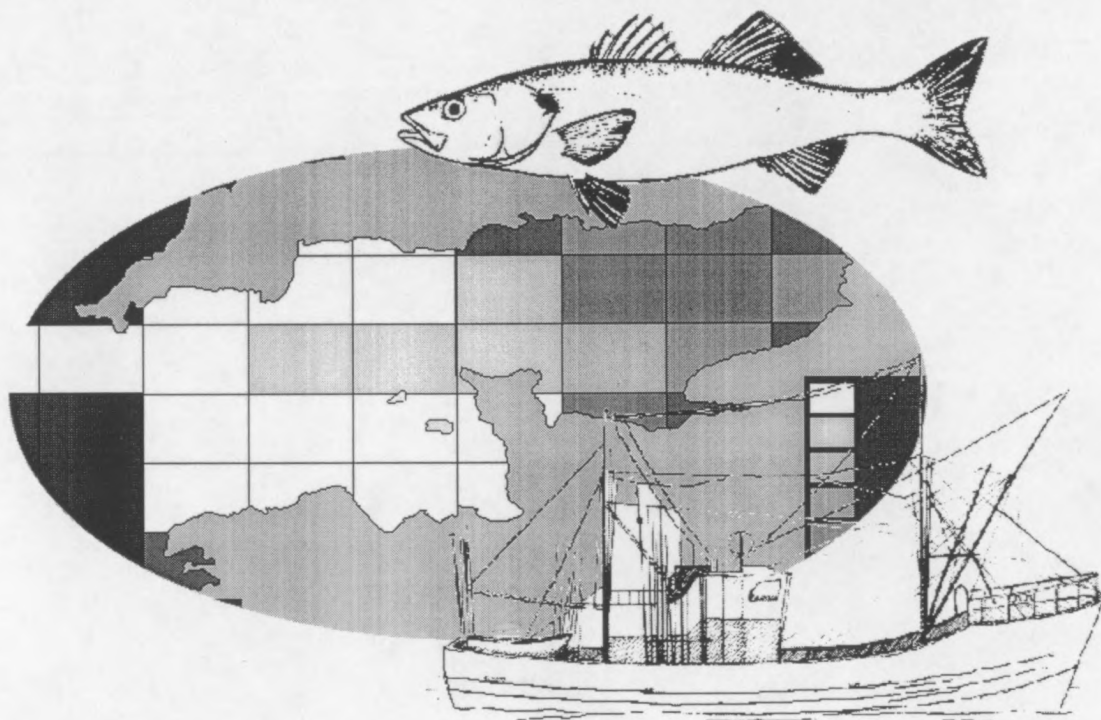
mention : **HALIEUTIQUE**

par

CLARA ULRICH

Modélisation multi-flottes et multi-métiers des pêcheries artisanales de la Manche.

Évaluation plurispécifique des stocks, étude des interactions
techniques et intégration dans la modélisation bioéconomique.



Préparée au Département Halieutique de l'ENSAR

Présentée le 17 mars 2000 devant le jury composé de :

M. Jean Boncoeur
M. Rudy De Clerck
M. Christian Dintheer
M. André Forest
M. Didier Gascuel
M. François Gauthiez

Examineur
Rapporteur
Examineur
Rapporteur
Directeur de thèse
Examineur

*"Pythagore l'a dit, insistant haut et fort :
Les calculs ont raison, et seuls les faits ont tort."*

J.C. Brêthes, philosophe halieute contemporain.

A Éric Tabarly et Isabelle Autissier,
qui ne sont pas complètement pour rien
dans le fait que j'en sois arrivée là.

A ceux que j'aimais et qui sont partis trop vite,
A ceux que j'aime et qui sont toujours là.

REMERCIEMENTS

Il est toujours difficile de traduire avec des mots ce que l'on voudrait vraiment dire aux gens qu'on a côtoyé pendant 3 ans. Alors si les remerciements sont parfois maladroits, ils n'en sont pas moins sincères.

*Mes premiers mots s'adressent tout naturellement à **Didier Gascuel**. Cette thèse "tombée du ciel" qu'il m'a proposée au moment où je m'y attendais le moins est un magnifique cadeau, tant pour les années passées que pour les années futures. J'ai été très touchée de la confiance qu'il a placée en moi et j'espère en avoir été digne. Sa gaieté, sa vivacité et sa perspicacité ont rendu nos rapports très fructueux et chaleureux, avec toujours le petit coup de pouce quand on aurait envie de baisser les bras. Je souhaiterais à tout thésard un directeur comme lui, aussi bien humainement que scientifiquement, et je crois que ça veut tout dire...*

*Je remercie également particulièrement l'ensemble des personnes qui ont accepté de juger ce travail. **André Forest** m'a toujours témoigné sa confiance et sa sympathie au cours de nos nombreuses rencontres, et son intérêt pour mes travaux. Qu'il reçoive ici la marque de mon estime et mes remerciements pour avoir bien voulu rapporter cette thèse. Je suis également très honorée d'avoir comme rapporteur **Rudy De Clerck**, peut-être l'halieute le plus connu de Belgique, et comme moi grand amateur de bains de mer ! Je le remercie pour sa convivialité et pour avoir accepté d'adapter ses horaires de soutenance aux miennes, plutôt que le contraire...*

*J'ai énormément apprécié la collaboration interdisciplinaire fructueuse que nous avons pu avoir avec le CEDEM, et avec **Jean Boncoeur** en particulier. C'est un réel plaisir de travailler avec lui, pour sa curiosité intellectuelle et son sens de la pédagogie. Je suis très heureuse d'avoir dans mon jury le seul économiste des pêches qui en sache autant qu'un biologiste halieute sur la dynamique des populations !*

***Christian Dintheer** fut le principal interlocuteur IFREMER au cours du programme FAIR. Je le remercie pour le travail qu'il y a effectué, pour sa collaboration au bon déroulement du programme, et pour avoir accepté de faire partie de ce jury. Enfin, la présence de **François Gauthiez** complète ce jury qui est à l'image du travail effectué : varié, pluridisciplinaire et axé sur l'étude d'une pêcherie dans une optique de gestion et de développement durable. Qu'il en soit ici remercié.*

*Le meilleur souvenir que je garderai de cette thèse sera peut-être le travail d'équipe que nous avons fourni, et notamment la prise en main du projet par ceux qui étaient les plus concernés, thésards et informaticien. Je trouve ça plutôt une belle réussite de se dire que le modèle bioéconomique a vu le jour grâce à la bonne entente de trois français et d'un anglais, ou encore de deux biologistes, d'un économiste et d'un informaticien... Alors je remercie ici mes trois collègues et copains, **Matt Dunn** pour sa gentillesse et son efficacité, **Bertrand le Gallic** parce qu'il est bon vivant et attentionné, et pour tous les bons moments qu'on a passé ensemble, et **Jérôme Guitton**, pour le quotidien rigolo au labo, pour ses idées et sa disponibilité incroyable, et pour la complicité aussi. Merci à tous les trois et j'espère qu'on se retrouvera.*

*Il n'est pas difficile de passer sa thèse dans de bonnes conditions, dans un laboratoire aussi joyeux et farfelu que celui d'halieutique. Je crois que c'est une chance rare de voir rassemblées dans la bonne humeur autant de fortes têtes ! J'en serais presque tentée de refaire une autre thèse rien que pour rester trois ans de plus... Alors encore merci pour ces belles années à **Catherine Le Penven**, parce qu'elle est forte et parce les amis les plus proches ne sont pas forcément ceux du quotidien, à **Guy Fontenelle**, parce que c'est quelqu'un avec un cœur en or et qui ne ressemble vraiment à personne d'autre, à **Jean-Pierre Boude**, parce que c'est un drôle de chef, à **Richard Sabatié** pour ses rêves sous-marins et ses nocturnes au labo qui font qu'on se sent moins seule, à*

Catherine Guérin parce qu'elle est remplie d'énergie et de joie de vivre, à *Jean-Yves le Gall* parce qu'il est plein de ressources, à *Mme Fontaine* parce qu'elle sait se faire entendre, et à *Sophie Camenen* parce qu'elle est toujours prête à rendre service. Et puis un labo n'étant rien sans étudiants dedans, il y a aussi tous les thésards et stagiaires, qui font que le travail, ça a du bon ! Merci alors à *Olivier Maury*, pour m'avoir confortée dans mon envie d'halieutique, pour avoir illuminé de la rue St. Mich' à la 5ième avenue, et pour m'avoir fait comprendre la différence entre cumulus et stratocumulus... Merci à *José Pérez Agúndez*, pour avoir partagé mon bureau et mes sautes d'humeurs avec patience, et pour toutes les heures à se raconter nos vies les pieds sur la table.. Merci à *Laurent Millischer* pour son incroyable culture et pour un belle semaine portugaise, et à *Corentin Marjolet* pour avoir sauvé un canard... Merci aussi à *Pascal le Floc'h*, *Aké Ifunga* et *Vévé* qui sont déjà partis, et à *Véronique Véron* et *Soizick le Bihan* qui sont déjà arrivées.

Je voudrais également pouvoir remercier l'ensemble des gens que j'ai côtoyés pendant ces trois années et qui m'ont toujours encouragée dans mes travaux. Je remercie en particulier *Sean Pascoe*, pour avoir lancé et coordonné le programme FAIR qui m'a permis de réaliser cette thèse, *Jean-Claude Brêthes* parce que c'est un philosophe festif, *Olivier Le Pape* parce que c'est un sacré bénodétois, *Alain Biseau* pour la confiance qu'il place en moi, *Jack Rice* parce que j'aurais été très heureuse de l'avoir dans mon jury, et *Verena Trenkel* pour son coup de pouce stat plus que bienvenu dans la panique du dernier mois... Je remercie profondément également l'ensemble des chercheurs et techniciens des laboratoires IFREMER de Brest, Port-en-Bessin, Boulogne, Lorient et Nantes, pour leur aide, pour leur participation au projet, et pour m'avoir si bien accueillie dans ce tout petit monde... Je remercie aussi sincèrement *Gérard Conan* qui, par la confiance qu'il m'a témoigné par le passé, n'est pas pour rien dans le fait que j'aie fait une thèse, et *Eskild Kirkegaard*, pour m'intégrer au sein de son équipe pour un post-doc.

Et puis enfin ,et c'est au moins aussi important, il y a ceux qui n'ont rien à voir avec tout ça, et c'est tant mieux!

Mille mercis à mes parents et à ma famille pour être si formidables, et pour tout depuis le début, y compris pour le drôle d'ange gardien qu'ils m'ont donné un certain vendredi 13...

Merci à toi, Claude, pour un autre vendredi 13, et toute à toi, tout simplement, parce que la vie est rigolote !

Merci aussi à tous ceux de mon petit coin d'amour, Denise et Roger, Cédric, Marine, Pascal, et autres judokas cornouaillais, pour les week-ends, le café de la Cale, et l'huile de coude dépensée sur mon petit bateau vert et jaune...

Merci à Nath et Armel, pour être si beaux et si bons, pour être là tout le temps, et parce que sans eux, l'appart de la rue St. Mich' aurait paru bien vide !

Merci à Laurence, parce que c'était elle et parce que c'était moi, et à Anne, Dorothée, Albane, depuis 10 ans pour le meilleur et pour le pire...

Et puis il y a aussi tous les autres à qui je pense, et que je ne nommerai pas pour ne pas risquer d'en oublier, bien à vous, tous mes amis bretons, lyonnais, landais, parisiens, provençaux, languedociens, étrangers ou expatriés aux quatre coins du monde...

Et un clin d'oeil spécial à tous ceux qui ont participé au toujours mémorable "dernier week-end de fin de thèse"!

RÉSUMÉ

La gestion des pêches s'appuie aujourd'hui essentiellement sur la modélisation de la dynamique des populations exploitées. L'intégration de perspectives écologiques, économiques ou sociales, dans des modèles fondamentalement biologiques, conduit à prendre en compte des relations majeures entre la ressource et son environnement naturel ou anthropique jusqu'à présent trop souvent occultées. Cette thèse, conduite dans le cadre d'un programme européen (programme FAIR CT-96-1993) portant sur la "modélisation bioéconomique des pêcheries de la Manche", s'attache à modéliser, dans une optique à la fois biologique et économique, les différentes interactions existant au sein de cette pêcherie côtière relativement complexe.

I. La première partie est une présentation du **contexte halieutique et scientifique** dans lequel ce travail s'est déroulé, en insistant sur les difficultés de modélisation liées au système complexe que l'on cherche à étudier. On met en évidence une grande **diversité** des ressources exploitées et des activités de pêche, une forte **hétérogénéité** de l'information disponible et, par suite, une absence d'approche quantitative globale à l'échelle de la pêcherie entière. En s'appuyant sur une synthèse bibliographique sur la modélisation bioéconomique dans le domaine des pêches, on montre ensuite quelles ainsi sont les contraintes structurelles et cognitives à la modélisation de cette pêcherie complexe.

II. La deuxième partie présente l'étape de **collecte et de validation des données** nécessaires à la modélisation. Les principales données de base existant dans les différents pays ou collectées au cours du programme sont décrites. On aborde ensuite le problème de la limite de validité de ces données de base, et les méthodes développées pour y pallier. Enfin, la base internationale de données, utilisée au cours du programme, est présentée; elle couvre, sur la période 1993-95, les données relatives à 29 flottilles, pratiquant 55 métiers.

III. La troisième partie est une partie méthodologique sur **l'évaluation des stocks de la Manche**, nécessaire à l'estimation de fonctions de production intégrées dans le modèle bioéconomique général. Les contraintes explicitées en première partie conduisent à développer un cadre de travail homogène, permettant d'intégrer cette complexité, et notamment les éléments les plus mal connus du système. Après quelques rappels sur les méthodes usuellement employées en dynamique des populations halieutiques (analyse structurale et analyse globale), on présente une méthode d'évaluation analytique développée au cours du programme sur la problématique des stocks locaux et des problèmes posés par l'inadéquation d'échelle spatiale entre évaluation et gestion : la méthode In/Out. Enfin, ces différentes méthodes sont appliquées aux 53 stocks de la Manche pris en compte dans le modèle.

IV. La quatrième partie aborde la **phase de modélisation** proprement dite. Les trois modules (activité, production et résultat économique) constitutifs du modèle général **BECHAMEL (Bio-Economic CHANNEL MODEL)** sont présentés successivement, ainsi que leur articulation autour de 3 entités : **la flottille, le métier, et le stock**. On décrit également l'interface du modèle sur un support Internet qui en assure une utilisation distante conviviale.

V. La cinquième et dernière partie de cette thèse présente différentes analyses de simulations, pour illustrer les potentialités du modèle et de ses applications. La **sensibilité du modèle** à l'incertitude et à la variabilité de certains paramètres d'entrée est étudiée par des méthodes numériques de type Monte-Carlo. En raison du grand nombre d'entités intégrées dans le modèle, celui-ci est assez peu sensible aux variations individuelles de chacune d'elle. Puis une synthèse diagnostic de **l'état d'exploitation des stocks**, dressée à partir des développements méthodologiques de la troisième partie, conduit à un résultat relativement optimiste quant à l'état général des ressources en Manche. On propose ensuite une **méthode de quantification des interactions techniques**, tant entre les différentes activités de pêche et la ressource, qu'entre les activités de pêche entre elles. Enfin, on simule **différents scénarios de gestion** et on compare leurs résultats, à partir de mesures de régulation directes (limitation de l'effort) ou indirectes (quotas).

Mots clés : dynamique des populations ; Manche ; métier; pêcheries artisanales ; modélisation ; plurispécifique ; multi-flottilles ; multi-métiers ; interactions techniques ; bioéconomie ; stocks locaux ; gestion ; Monte-Carlo ; analyse de sensibilité.

SOMMAIRE

Introduction générale	7
Première partie : Contexte halieutique et scientifique	13
1 – Descriptif des pêcheries de la Manche	16
2 – Etudes antérieures réalisées en Manche	43
3 – Les modèles bioéconomiques de pêcheries	52
4 – Bilan: contraintes et structure de base du modèle bioéconomique de la Manche	62
Deuxième partie : Collecte et validation des données	69
5 – Inventaire des données disponibles et choix des années de référence	72
6 – Validité des données de base et extrapolation	80
7 – La base de données BAHAMAS	94
Troisième partie : Méthodes d'évaluation des stocks de la Manche	101
8 – Rappels sur les modèles utilisés en dynamique des populations	105
9 – Une méthode d'évaluation des stocks locaux : le modèle In / Out	119
10 – Application des méthodes d'évaluation aux stocks de la Manche	136
Quatrième partie : Construction de BECHAMEL (Bio-Economic Channel MODEL). Analyse du module d'activité et du module de production	147
11 – Modélisation de l'activité de pêche	151
12 – Le module biologique : modélisation de la production	169
13 – Liaison avec le module économique	183
14 – Architecture du modèle de simulation BECHAMEL	188
Cinquième partie : Analyses de simulations : sensibilité, état d'exploitation, interactions et gestion	203
15 – Influence de l'incertitude et de la variabilité des paramètres d'entrée sur les résultats	206
16 – Synthèse diagnostic de l'état d'exploitation des stocks en Manche	221
17 – Étude des interactions techniques	239
18 – Étude de différents scénarios de gestion	259
Conclusion générale	279
Bibliographie	285
Annexes	299
Table des matières	345

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Depuis la création du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) en 1902, puis d'autres organismes scientifiques internationaux créés au cours du XX^{ème} siècle autour de la plupart des océans exploités du globe, le suivi des ressources halieutiques à travers le monde a toujours été réalisé sur une **base biologique**. Des groupes de travail se réunissent de manière régulière pour évaluer l'état d'exploitation des principaux stocks de pêche et émettre des avis scientifiques sur leur viabilité. Si l'état d'exploitation le justifie, ces avis s'accompagnent de recommandations de gestion, notamment en fixant des **seuils de captures** (TAC, Total Autorisé de Captures), à ne pas dépasser pour ne pas compromettre la viabilité des stocks. Ce diagnostic scientifique est ensuite soumis aux instituts nationaux et internationaux responsables de la gestion des pêches, et traduit sous la forme de quotas de pêche alloués, selon des règles bien précises, aux différentes flottes de pêche exploitant ces stocks, ainsi que sous de mesures techniques d'accompagnement (maillage des filets, tailles minimales de débarquement..).

Cependant, les organismes de gestion se trouvent confrontés à **une problématique complexe où plusieurs objectifs différents s'affrontent**. En effet, dans un contexte mondial de surexploitation de la majorité des ressources vivantes océaniques (Grainger & Garcia, 1996), les objectifs de conservation de la ressource sont souvent contradictoires avec la rentabilité économique des activités de pêche, ou le maintien de l'emploi et de la tradition culturelle dans les régions maritimes. C'est le "*triangle des paradigmes*" de Charles (1992). Tout l'art et la difficulté de la gestion des pêches tiennent alors dans la **définition de compromis** entre ces divers objectifs, et dans la mise en oeuvre de réglementations permettant de les réaliser. Car "*le maintien de la paix sociale est un souci au moins aussi honorable que celui de la santé des poissons ou de la rente halieutique*" (Boncoeur & Mesnil, 1997). Sans remettre en cause le bien-fondé des expertises biologiques sur la durabilité de la ressource, il s'avère néanmoins que les critères de conservation proposés impliqueraient des réductions d'effort parfois drastiques, et que, de fait, ils sont souvent partiellement ou mal appliqués dans la réalité (cf. par exemple Gascuel *et al.*, 1998).

Bien qu'étant une réalité quotidienne à laquelle doivent faire face les décideurs des politiques des pêches, la prise en compte simultanée de ces divers objectifs parfois antinomiques est encore peu courante dans la science halieutique. L'économie et la sociologie des pêches ont débuté à partir des années 1950 seulement (cf. Gordon, 1954), et devaient donc assurer leur propre maturation avant toute intégration d'autres disciplines. L'étude des différents paradigmes de Charles s'est fait dans un cadre monodisciplinaire et rigide, certes nécessaire aux développements théoriques et méthodologiques de chaque champ disciplinaire, mais sans égard à la complexité des systèmes étudiés et des interactions entre les pêcheries et leurs ressources. En schématisant les choses de manière volontairement simpliste, on peut résumer ceci en disant que pendant longtemps, la biologie des pêches a ramené l'ensemble des facteurs anthropiques de production au simple concept "d'effort de pêche", c'est-à-dire à un indice un peu abstrait qu'il faudrait à loisir augmenter (rarement) ou diminuer (le plus souvent) pour atteindre les objectifs de conservation de la ressource, et que inversement l'économie et la sociologie des pêches, qui étudient ces facteurs anthropiques sous divers points de vue, ont représenté la ressource sous la forme d'une simple "courbe de production" qui s'adapterait de manière parfaitement déterministe à la capacité de capture développée par les hommes.

Bien que ces études monodisciplinaires soient encore très largement majoritaires en halieutique, l'appréhension de la complexité de l'exploitation des ressources marines vivantes intègre de plus en plus une **approche pluridisciplinaire**. Nous nous intéressons ici à l'approche **bioéconomique**, mais la même évolution se retrouve par exemple dans l'intégration de modèles écologiques dans les modèles de dynamiques des populations exploitées (cf. par exemple Cury & Roy, 1989, Maury, 1998..).

La bioéconomie, c'est-à-dire **l'interdisciplinarité entre la biologie halieutique et l'économie des pêches**, s'est développée dès la fin des années 1970 (Clark, 1976), notamment sous l'égide de la FAO avec le développement du premier modèle BEAM (Bio-Economic Analytical Model, Garcia & Van Zalinge, 1982; Willmann & Garcia, 1985). Dans le manuel d'utilisation de ce modèle dans sa version la plus achevée, BEAM IV (Sparre & Willmann, 1993), les auteurs déconseillent d'ailleurs l'utilisation du logiciel par des biologistes ou des économistes isolés et promeuvent la coopération fructueuse entre les spécialistes de ces deux disciplines. Plus qu'un simple phénomène de mode, la pluridisciplinarité bioéconomique est donc, effectivement, d'une importance majeure pour la compréhension de l'influence des pêcheurs sur le comportement de la ressource et, inversement, de la ressource sur le comportement des pêcheurs. L'étude des impacts de mesures potentielles de gestion, par exemple, ne doit pas seulement être étudié en terme de production et de biomasse, mais également de revenu, de profit et/ou d'emploi.

Parallèlement aux problèmes posés par la vision monodisciplinaire, trop souvent de mise dans l'expertise scientifique fournie aux instituts de gestion des pêches, une autre question limite l'applicabilité des diagnostics biologiques. En effet, bien que la gestion des pêches soit entreprise à l'échelle régionale voire internationale (comme la Politique Communautaire des Pêches par exemple), les avis biologiques sont souvent fournis sur une **base monospécifique**. Or il est clair maintenant que de telles évaluations monospécifiques ne suffisent pas pour fournir des avis appropriés à moyen terme pour les **pêcheries multispécifiques** (Pope, 1991). De plus, ces évaluations de stocks ne couvrent que les stocks soumis à évaluation, et ces derniers ne sont pas forcément ceux d'importance majeure dans certaines régions. En 1989, la valeur des débarquements de stocks gérés par des TAC et quotas (stocks très majoritairement situés dans les eaux les plus septentrionales) représentait ainsi seulement 17% des débarquements de l'ensemble de la Communauté Européenne (Karagiannakos, 1996).

De plus, la gestion des pêcheries multispécifiques soulève le problème de la **définition des stocks** impliqués dans la pêche, et de la **non-concordance de leurs aires de répartition**. Il est nécessaire alors de passer de l'échelle du stock à l'échelle d'un **espace halieutique**, celui de la pêche, qui englobe certains stocks de manière totale, et d'autres de manière partielle.

La co-occurrence de plusieurs stocks au sein du même espace induit la naissance de diverses d'interactions dans la pêche. D'après Mesnil & Shepherd (1990), les interactions existant au sein d'une pêche peuvent être classées en deux catégories. On sépare ainsi, d'une part, **les interactions biologiques** existant entre les espèces, telles que les relations prédateur-proie et la compétition inter et intra spécifiques, et d'autre part, **les interactions techniques**, provenant du fait que plusieurs espèces sont capturées par plusieurs flottilles, à l'aide de différents engins ayant différents diagrammes d'exploitation. En conséquence, chaque flottille a une influence sur les autres flottilles, en terme de captures et donc de profit et d'activité.

L'étude des interactions techniques est d'une importance capitale en gestion des pêches, car elle permet **d'estimer les impacts positifs ou négatifs d'une politique de gestion appliquée à un segment particulier d'une pêche** (réduction de l'effort d'une flottille, mise en place d'un quota sur une espèce..) **sur les autres espèces et flottilles de la même pêche, à la fois en termes biologiques et économiques (externalités)**. Mais ces interactions sont souvent très

mal connues, particulièrement pour les pêcheries côtières où les espèces sont nombreuses, et les navires souvent petits et polyvalents. Si ces interactions peuvent parfois être connues et décrites de manière qualitative (cf. par exemple Tétard, Boon *et al.*, 1995), **elles ne peuvent en revanche être quantifiées avec précision sans une étude exhaustive de toutes les espèces et activités de pêche impliquées dans la pêcherie tout entière**, comme par exemple dans le cas de pêcheries séquentielles (Charles & Reed, 1985; Ye & Beddington, 1996).

Le cas de la Manche est un très bon exemple de ces pêcheries complexes pour lesquelles une approche monodisciplinaire et monospécifique apparaît mal appropriée. Un grand nombre d'espèces différentes, appartenant à des groupes biologiques variés et, pour la plupart, non soumises aux contingentements européens de captures, y sont exploitées par une multitude de navires de petite taille, pratiquant plusieurs types de pêche en fonction des abondances saisonnières des espèces et des prix de vente du marché. La plupart des types d'activité de pêche sont soit en compétition soit en complémentarité, et la question des interactions techniques y est donc cruciale. La Manche, malgré son étendue géographique, peut donc être considérée comme **une seule pêcherie internationale et interactive**, plutôt que comme une succession de pêcheries distinctes, bien que géographiquement co-occurentes. Bien que ceci paraisse relativement intuitif, la plupart des études scientifiques réalisées dans cette région n'ont pourtant concerné qu'une seule espèce ou qu'une seule flottille. L'absence d'approche globale est principalement due aux problèmes pratiques liés à la collecte d'un grand nombre de données de précision et de fiabilité hétérogènes, bien que quelques travaux aient déjà été entrepris pour remédier à cette faiblesse (Anon., 1993a; Tétard, Boon *et al.*, 1995; Dintheer *et al.*, 1995a).

Le programme FAIR

Le présent travail s'inscrit directement dans cette **problématique de quantification des interactions techniques dans une pêcherie artisanale complexe**. Il a entièrement pris place dans le cadre d'un **programme** de 3 ans, financé par l'Union Européenne (Direction Générale des Pêches DG XIV, programme FAIR CT-96-1993 intitulé "**modélisation bioéconomique des pêcheries de la Manche**"). Ce projet, débuté en janvier 1997, rassemble des biologistes et des économistes des deux côtés de la Manche. Les organismes contractants sont le **CEMARE** (Centre for the Economics and Management of Aquatic Resources, Université de Portsmouth, Royaume-Uni), le **CEDEM** (Centre de Droit et d'Économie de la Mer, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France) et le Département Halieutique de l'**ENSAR** (École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes, France). Ces organismes ont travaillé en collaboration avec 3 autres organismes non contractants : l'**IFREMER** (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, laboratoires côtiers de Brest, Port-en-Bessin et Boulogne), le **CEFAS** (Centre for Environment, Fisheries and Aquatic Science, Lowestoft, Royaume-Uni) et le **FRS** (Fisheries Research Station, Oostende, Belgique).

Les buts annoncés de ce programme étaient de :

- **faire un état de lieux biologique** (évaluation des stocks) et **économique** (rentabilité des flottilles) des pêcheries de la Manche;
- **construire un modèle bioéconomique visant à tester l'influence de différents scénarios de gestion sur ces pêcheries**. En réalité, deux modèles ont été construits, basés sur les mêmes paramètres et hypothèses : un **modèle de simulation** (ENSAR/CEDEM) permettant de tester ces scénarios de gestion, et un **modèle d'optimisation** (CEMARE)

visant à déterminer la configuration de la flotte de pêche remplissant certains objectifs de maximisation (maximisation du profit par exemple), et sous certaines contraintes (maintien de l'emploi par exemple).

Trois thèses ont été conduites au cours de ce projet. La première, réalisée au CEMARE, a porté sur l'évaluation de certains stocks non soumis à quota, à partir de la comparaison de diverses méthodes d'évaluation (Dunn, 1999) ; elle faisait suite à un vaste programme d'échantillonnage sur une dizaine d'espèces peu étudiées et souvent mal connues (Dunn *et al.*, 1996). La deuxième, actuellement en cours au CEDEM, porte sur l'analyse économique des flottilles françaises du littoral de la Manche et des processus d'allocation de l'effort, ainsi que de la construction du volet économique du modèle de simulation (Le Gallic, en prép). La troisième, réalisée à l'ENSAR, fait l'objet du présent document et s'attache plus particulièrement à deux aspects. Le premier est l'évaluation des stocks de Manche. En parallèle avec la première thèse citée ci-dessus, et en étroite collaboration avec son auteur, une méthodologie homogène d'évaluation a été définie. La cinquantaine de stocks à étudier ont été répartis entre les deux auteurs. Le deuxième aspect est la modélisation proprement dite, c'est-à-dire la construction des modules autres que le module économique (en collaboration avec le deuxième auteur), la validation et l'utilisation du modèle de simulation dans des analyses biologiques et techniques.

Ces 3 thèses ont pu ou peuvent être conduites grâce à un travail d'équipe approfondi et fructueux avec l'ensemble des partenaires associés au projet FAIR.

Les étapes de la modélisation des pêcheries de la Manche

La présente thèse s'articule autour de 5 parties, chacune d'elles comprenant trois ou quatre chapitres (soit 18 chapitres en tout).

I. La première partie est une présentation du **contexte halieutique et scientifique** dans lequel ce travail s'est déroulé, en insistant particulièrement sur les difficultés de modélisation liées au système complexe que l'on cherche à étudier. Le premier chapitre est une présentation générale des pêcheries de la Manche et de leur diversité, à travers la description des principales espèces, flottilles et activités de pêche. Le deuxième chapitre vise à faire un état des lieux des connaissances scientifiques sur cette région halieutique. On montre que, malgré le nombre important d'études réalisées, particulièrement sur la biologie des espèces, le niveau de connaissance général reste hétérogène et trop souvent monospécifique. Le troisième chapitre est une synthèse bibliographique sur la modélisation bioéconomique utilisée dans le domaine des pêcheries.. Le quatrième chapitre est un chapitre de synthèse. A partir des éléments présentés dans les chapitres précédents, on montre quelles sont les **contraintes structurelles et cognitives à la modélisation** de cette pêcherie complexe, et comment le modèle à construire devra prendre en compte cette **diversité** et cette **hétérogénéité**.

II. La deuxième partie présente ce qui fut l'étape la plus longue du projet FAIR dans son ensemble, et certainement celle aussi ayant mobilisé le plus de personnes différentes pour sa bonne réalisation : **la collecte et la validation des données nécessaires à la modélisation**. Le cinquième chapitre présente d'abord les principales données de base existant dans les différents pays, ainsi que celles qui ont été collectées au cours du programme (enquêtes économiques en particulier). Le sixième chapitre insiste sur la **limite de validité de ces données de base**, et particulièrement des données de production et de débarquements. Deux

méthodes ont alors été développées au cours du programme pour pallier à ces faiblesses. Ces méthodes, ainsi que leurs résultats, sont présentés.

Enfin, le septième chapitre est consacré à la présentation de la base de donnée rassemblant toutes les données collectées et utilisées au cours du projet FAIR. Cette base, nommée BAHAMAS (Base Halieutique pour une Manche Stratifiée) a été conçue lors d'un programme européen antérieur à celui-ci (Dintheer *et al.*, 1995b), mais a été validée et parfois modifiée au cours du présent projet.

Il nous a semblé important de consacrer une partie entière à cet aspect, bien que la majeure partie de ce travail ait été réalisée par des tierces personnes, car ce travail de validation est un préalable incontournable à la modélisation. **Toute interprétation de résultats qui en sont issus par la suite doit être faite en toute connaissance de cause des sources et limites des données utilisées, pour éviter des conclusions hâtives ou erronées potentiellement dues à la mauvaise fiabilité des données de base.**

III. La troisième partie est une partie méthodologique sur l'**évaluation des stocks de la Manche**, nécessaire à l'estimation de fonctions de production intégrées dans le modèle bioéconomique général. Ainsi qu'on l'a souligné plus haut, l'hétérogénéité de l'information disponible et la diversité des cycles biologiques des espèces à prendre en compte oblige à développer un **cadre de travail rigoureux et homogène, permettant d'intégrer cette complexité** de la meilleure manière possible. Or l'existence **d'éléments limitants** dans le système, c'est-à-dire d'espèces et/ou d'activités de pêche mal connues et difficilement quantifiables limite la possibilité d'utilisation de modèles trop complexes, privilégiant ainsi l'exhaustivité à la précision. C'est notamment pour cette raison qu'on ne pourra pas prendre en compte les interactions biologiques existant entre les espèces, et que chaque stock sera étudié séparément. On parlera alors de **diagnostic plurispécifique**, par opposition à l'analyse *multispécifique* qui sous-entend la prise en compte de ces interactions biologiques.

Cette partie est constituée de trois chapitres (chapitres 8 à 10). Le huitième chapitre présente quelques rappels sur les modèles de dynamique des populations exploitées, usuellement utilisés en halieutique et notamment au cours de ce projet. Deux approches sont présentées : l'approche analytique et l'approche globale. Le neuvième chapitre est consacré à une méthode d'évaluation analytique développée au cours du projet sur la problématique des stocks locaux et des problèmes posés par l'inadéquation d'échelle spatiale entre évaluation et gestion (Ulrich *et al.*, 1998; Ulrich *et al.*, 1999c). Enfin, le dixième chapitre décrit sous forme de tableaux synthétiques comment toutes ces méthodes ont été appliquées aux stocks de la Manche, comment les paramètres ont été estimés, et quels sont les principaux résultats chiffrés obtenus. Cette partie étant consacrée à la description de méthodes, l'analyse de ces résultats est reportée dans la dernière partie de ce document.

IV. La quatrième partie aborde la **phase de modélisation** proprement dite. Le modèle général a été appelé BECHAMEL (Bio-Economic CHannel ModEL). C'est un modèle statique et déterministe comprenant 3 modules (Ulrich *et al.*, 1999d, Le Gallic & Ulrich, 1999). Ces différents modules sont présentés successivement dans les chapitres onze (module d'activité), douze (module biologique) et treize (module économique), avec l'ensemble des paramètres d'entrée, des calculs de base et des variables de sortie. On y explique ainsi comment l'activité et la polyvalence des navires de pêche sont traduites en terme d'effort par métier, (un métier étant la mise en oeuvre d'un engin pour la capture d'espèce(s) cible(s), dans une zone déterminée pendant un pas de temps donné, Laurec *et al.*, 1989; Tétard, Boon *et al.*, 1995), puis comment on estime la production par espèce attendue à long terme correspondant à cette activité, et enfin comment activité et production sont transformées en coûts et revenus pour le calcul des divers indicateurs de rentabilité économique. La prise en compte des diverses interactions techniques se fait par

l'articulation du modèle autour de 3 entités : **la flottille, le métier, et le stock**. Les différentes flottilles et métiers étant en interactions les uns avec les autres, on peut alors parler de **modélisation multi-flottilles et multi-métiers** plutôt que de modélisation *pluri-flottilles et pluri-métiers*. L'approche que nous avons utilisée ici est comparable en de nombreux points aux travaux réalisés sur les pêcheries de la Mer Celtique (Charuau & Biseau, 1989; Laurec *et al.*, 1991). Bien que la pêcherie étudiée soit ici plus complexe, un certain nombre de contraintes à la modélisation sont identiques et ont été approchées de la même manière.

Le dernier chapitre de cette partie (chapitre quatorze) résume ces différentes composantes, et présente certains développements informatiques originaux quant à la construction de ce modèle (Ulrich & Guitton, 1999).

V. La cinquième et dernière partie de ce document présente des **résultats de simulations et d'analyses** issues du modèle. Quatre voies d'investigation ont été explorées, chacune faisant l'objet d'un chapitre. Le quinzième chapitre cherche à mesurer la **sensibilité du modèle** complet à l'incertitude et à la variabilité de certains paramètres d'entrée. On conclue qu'en raison du grand nombre d'entités intégrées dans le modèle, celui-ci est assez peu sensible aux variations individuelles de chacune d'elle. Le système présente une certaine résilience, résultat cohérent avec d'autres études écosystémiques. Le seizième chapitre présente une **synthèse diagnostic de l'état d'exploitation des stocks**, à travers l'utilisation des courbes de production présentées dans les développements méthodologiques de la troisième partie, diagnostic relativement optimiste quant à l'état général des ressources en Manche. Le dix-septième chapitre propose une **méthode de quantification des interactions techniques**, tant entre les différentes activités de pêche et la ressource, qu'entre les activités de pêche entre elles. Cette méthode est basée sur la définition de deux coefficients, un coefficient d'impact et un coefficient de sensibilité (Ulrich *et al.*, 1999a). Enfin, dans le dernier chapitre, on simule **différents scénarios de gestion** et on compare leurs résultats, à partir de mesures de régulation directes (limitation de l'effort) ou indirectes (quotas). Ces quelques simulations sont des exemples illustratifs des potentialités du modèle et de ses applications.

Nota : en raison du grand nombre de flottilles (29), métiers (55) et stocks (53) intégrés dans le modèle, on fera parfois référence à ces différentes entités sous la forme de codes plutôt que de dénominations complètes, bien que nous ayons essayé de limiter au maximum l'utilisation de ces codes. L'Annexe A (pages de couleur jaune en fin de document) est constituée de la description détaillée de ces différents codes, et on pourra s'y référer à tout moment.

PREMIÈRE PARTIE

CONTEXTE HALIEUTIQUE ET
SCIENTIFIQUE

INTRODUCTION	16
1. DESCRIPTIF DES PÊCHERIES DE LA MANCHE	16
1.1. La Manche, bassin halieutique ouvert	17
1.1.1. Caractérisation hydroclimatique du milieu naturel	17
1.1.2. Découpage géographique et administratif	18
1.2. Ports et points de débarquement	19
1.2.1. Dispersion des points de débarquement	19
1.2.2. Classement des quartiers et districts maritimes	20
1.2.3. Importance des ports de la Manche dans l'activité halieutique française	21
1.3. Espèces et niveaux de production	23
1.3.1. Les espèces présentes en Manche	23
1.3.2. Captures totales	23
1.3.3. Captures officielles par pays	25
1.3.4. Place des espèces débarquées en Manche dans les débarquements français	27
1.3.5. Tendances inter-annuelles	28
1.3.6. Espèces et stocks	28
1.3.7. Évaluation des stocks et aspects réglementaires	31
1.4. Navires et activités de pêche	32
1.4.1. Caractéristiques techniques des navires	32
1.4.2. Notions de métiers et d'interactions techniques	33
1.4.3. Principales activités de pêche et interactions techniques en Manche	35
1.4.4. Flottes et stratégies d'exploitation	39
1.5. Conclusion	42
2. ÉTUDES ANTÉRIEURES RÉALISÉES EN MANCHE	43
2.1. Biologie des espèces et évaluation des stocks	43
2.1.1. Études biologiques monospécifiques	43
2.1.2. Étude biogéographique des stocks	44
2.1.3. Évaluation des stocks	46
2.2. Facteurs de production et activités de pêche	46
2.2.1. Flottes et navires	46
2.2.2. Activités de pêche et métiers	47
2.3. Production, captures et marchés	47
2.3.1. Étude des rejets	47
2.3.2. Élaboration d'une base de données de production commune	49
2.3.3. Étude des marchés	49
2.4. Modélisation bioéconomique	50
2.5. Conclusion	51
3. LES MODÈLES BIOÉCONOMIQUES DES PÊCHERIES	52
3.1. Place des modèles en halieutique	52
3.1.1. Qu'est-ce qu'un modèle ?	52
3.1.2. modélisation bioéconomique des ressources naturelles	53
3.2. Objectifs et structure des modèles bioéconomiques des pêcheries	53
3.2.1. Objectifs	53
3.2.2. Structure	54
3.3. Différentes classifications des modèles bioéconomiques	55
3.3.1. Modèles dynamiques et modèles statiques	56
3.3.2. Modèles de simulation et modèles d'optimisation	57
3.3.3. Modèles mono et plurispécifiques	58
3.4. Applicabilité et limites des modèles bioéconomiques	59
3.4.1. Applicabilité	59
3.4.2. Limites	60
3.5. Conclusion	61
4. BILAN : CONTRAINTES ET STRUCTURE DE BASE DU MODÈLE BIOÉCONOMIQUE DE LA MANCHE	62
4.1. Exhaustivité des stocks et activités	62
4.2. Complexité et hétérogénéité	63
4.3. interactions techniques	64
4.4. flottes extérieures, métiers extérieurs, stocks extérieurs	64
4.5. Echelle spatio-temporelle	65
4.6. Articulation biologie - économie	66
4.7. Conclusion	68
CONCLUSION	68

INTRODUCTION

L'un des intérêts de la modélisation des pêcheries de la Manche réside dans la manière d'aborder cette région halieutique. Par rapport à la majorité des travaux de bio-économie réalisés sur des pêcheries jusqu'à présent, on se retrouve ici confronté à une pêcherie beaucoup plus complexe, caractérisée d'une part par une très grande diversité des espèces exploitées et des activités de pêche, et d'autre part par l'importance numérique des navires de petite taille, inféodés à la bande côtière. Cette diversité des ressources et des modes d'exploitation est inhérente à la structure géographique et hydrodynamique de cette région maritime. **Ainsi, en plus de son intérêt intrinsèque quant à une contribution à l'amélioration de la connaissance propre de cette pêcherie, ce travail cherche également à développer une méthodologie de modélisation plus générale, applicable éventuellement à d'autres pêcheries artisanales plurispécifiques et multiflottilles.** Les contraintes rencontrées lors de ce travail de modélisation sont certes très liées au système étudié et à ses caractéristiques propres. Elles sont cependant souvent induites par le caractère artisanal et côtier de cette pêcherie, et seraient très probablement analogues dans d'autres systèmes similaires.

Pour mieux cerner les tenants et aboutissants de cette modélisation, il convient donc d'abord de resituer ce travail dans son contexte halieutique et scientifique. C'est l'objet de cette première partie. Les pêcheries de la Manche sont d'abord présentées (chapitre 1). Après une définition de ce que l'on entend par "espace Manche", les principaux ports, espèces, métiers et flottilles sont décrits, en insistant sur quelques points particulièrement importants : la diversité de ces différentes entités et la complexité de leurs interactions. Cette description est réalisée à partir d'analyses bibliographiques et de graphes issus de la base de données utilisée au cours de ce projet. Cette base, intitulée BAHAMAS (Base Halieutique pour une Manche Stratifiée, Dintheer *et al.*, 1995b), sera détaillée ultérieurement (partie II).

Un bilan bibliographique des connaissances halieutiques dans cette région est également dressé (chapitre 2), montrant l'hétérogénéité de la connaissance et du suivi scientifique des différentes espèces et activités. On présente au chapitre 3 la structure générale d'un modèle bioéconomique, ainsi que des cas d'application, afin de discuter les hypothèses et la validité de ces modèles, et permettre une comparaison entre ce qui est présenté ici pour la Manche et ce qui a été fait pour d'autres pêcheries. Enfin, le dernier chapitre (chapitre 4) reprend les principaux éléments développés au cours de la partie, afin de faire un bilan général sur les possibilités de modélisation globale de cette pêcherie en fonction des contraintes structurelles (liées au système étudié) et interdisciplinaires (liées à l'interfaçage entre deux disciplines scientifiques bien différenciées).

☞ un récapitulatif quantitatif de quelques chiffres-clés concernant l'activité et la production de la pêcherie est fourni dans la partie IV, à l'issue de la description de ces deux modules dans le modèle bioéconomique, §12.3.

1. DESCRIPTIF DES PÊCHERIES DE LA MANCHE

La Manche n'est pas un bassin fermé. C'est une **région maritime ouverte** sur l'extérieur et intégrée dans le contexte halieutique régional de l'Atlantique Nord-Est. Il y a ainsi continuellement des **échanges** (biologiques, hydrologiques, humains..) avec l'extérieur, et **la définition de l'espace Manche varie en fonction de la question abordée**. Il convient donc de rappeler en premier lieu quelle est la limite spatiale sous-jacente à la notion de pêcheries de la Manche. Cette limite est en réalité variable. Ainsi, si l'on aborde la Manche d'un point de vue hydrodynamique ou administratif (§1.1) elle est délimitée par des limites géographiques fixes et parfois arbitraires. Si l'on considère la Manche en tant que façade maritime avec un marché des

produits de la mer (§1.2), alors on inclut dans cette définition toute la production débarquée dans les ports du littoral, y compris celle qui a été pêchée en dehors des limites administratives. Au contraire, si on s'intéresse à la Manche en tant que zone de pêche d'un certain nombre d'espèces (§1.3), seules les captures effectuées à l'intérieur des limites administratives sont prises en compte, quels que soient le port de débarquement et l'origine géographique des navires. Enfin, si c'est la Manche en tant que zone d'activité de pêche qui est étudiée (§1.4), alors au contraire c'est l'origine géographique des navires qui est le critère d'étude, même s'ils pêchent ailleurs que dans les eaux de la Manche. Il est donc nécessaire de garder ces limites de définition à l'esprit, au préalable à toute description. La notion de pêcheries de la Manche est donc ainsi une notion aux limites floues dès lors qu'on ne précise pas de quel point de vue on s'y intéresse.

1.1. La Manche, bassin halieutique ouvert

1.1.1. Caractérisation hydroclimatique du milieu naturel

La Manche est la mer qui sépare la France (au sud) et l'Angleterre (au nord). C'est une mer épicontinentale ouverte par deux cotés. Elle est limitée à l'ouest par la Mer d'Irlande et l'Atlantique nord-est, et à l'est, par le détroit du Pas de Calais et la Mer du Nord. Zone privilégiée d'échange entre ces deux grandes entités océaniques, la Manche constitue un milieu maritime très actif et très contrasté. C'est une plaine sédimentaire généralement plate et peu profonde : la bathymétrie décroît d'ouest en est, avec un maximum de 100m à l'embouchure occidentale et un minimum de 40m au milieu du détroit du Pas de Calais (figure. 1). Il existe également quelques grandes fosses au centre de la Manche occidentale, avec des profondeurs dépassant les 100 m.

Les conditions hydroclimatiques sont marquées par 2 caractéristiques majeures :

- Des marées de très fortes amplitudes (parfois supérieures à 10m), générant des courants intenses (souvent supérieurs à 3 noeuds). Le Cotentin agissant comme un barrage, les amplitudes et courants les plus forts se trouvent à proximité du Mont St. Michel et dans l'ensemble du golfe Normano-Breton.
- Des conditions thermales variées. La température de surface des eaux océaniques de l'entrée occidentale varie peu (de 10 à 15°C), alors que les variations annuelles sont beaucoup plus grandes du côté oriental (de 6,5 à 17°C) (d'après Pingree, 1980, dans Anon. 1993a). De même, les eaux profondes de la Manche Ouest sont stratifiées verticalement en été, sauf dans les zones de trop fort courant. En Manche Est au contraire, la température est identique à toutes les profondeurs, la turbulence sur le fond entraînant un mélange continu au sein de la colonne d'eau.

Les variations de salinité, quoique non nulles, restent quand même faibles et ponctuelles. A l'échelle de la Manche, elles sont considérées comme mineures. La température, les courants, la bathymétrie et le sédiment sont ainsi les facteurs écologiques déterminants.

Ces conditions hydroclimatiques contrastées sont à l'origine d'une certaine stratification de l'écosystème, isolant des bassins géologiques, hydrologiques et biologiques particuliers. La barrière physique que constitue la presqu'île du Cotentin au milieu de la Manche influe considérablement sur l'onde de marée, et trace ainsi une véritable frontière hydroclimatique entre les parties orientale et occidentale de la Manche. De plus la continentalisation (diminution de la profondeur, refroidissement et augmentation des amplitudes thermiques), vers l'est des conditions marines océaniques issues de l'ouest a de fortes répercussions sur le milieu vivant. **La biocénose est une combinaison à la fois d'espèces d'eaux froides et d'espèces d'eaux tempérées**, pour lesquelles la Manche constitue parfois une limite thermique de répartition, soit méridionale (morue, merlan...), soit septentrionale (merlu, baudroie...) Les études (Anon., 1993a;

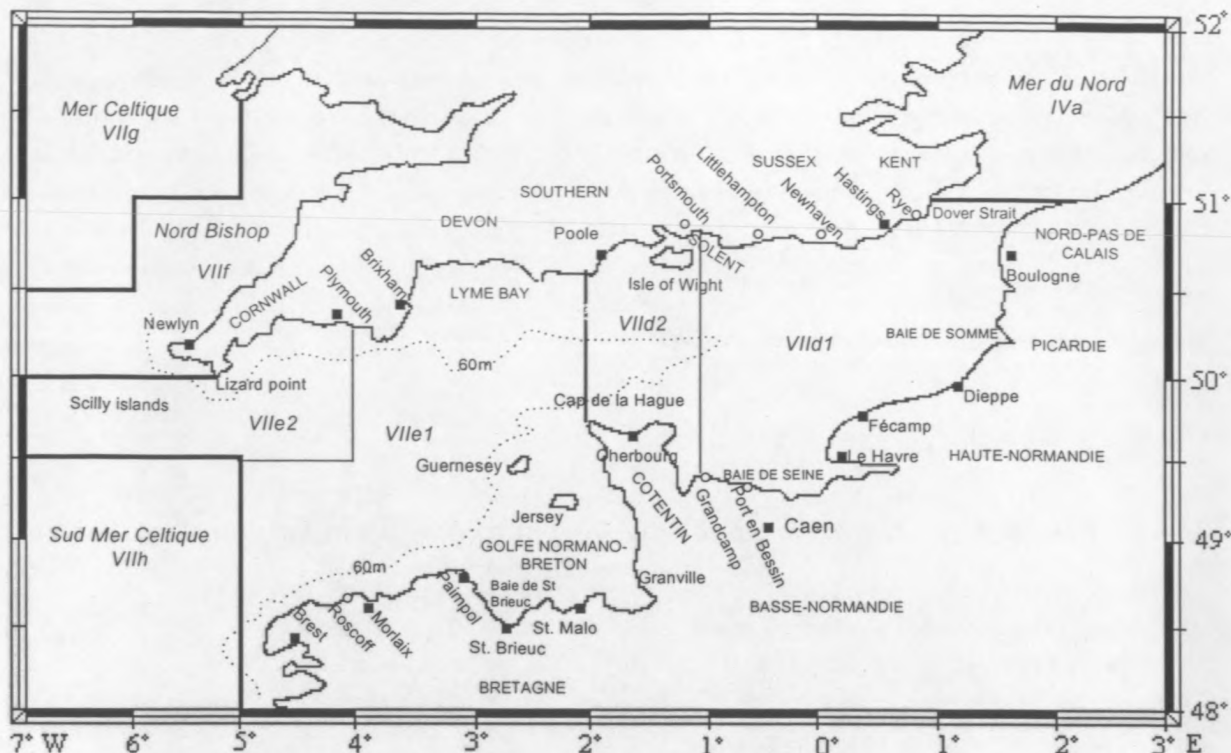


Figure 1. Découpage administratif et localisation des principaux ports, régions, caps et baies

Quéro & Vayne, 1997 et 1998) mettent en évidence une diminution nette de la diversité faunistique d'ouest en est. Les espèces océaniques des eaux tempérées ne dépassent pas la Manche Ouest, et certaines espèces boréales de la Mer du Nord ne pénètrent pas en Manche Est (Lemoine & Giret, 1991).

Le courant persistant circulant d'ouest en est limite la possibilité de déplacement nord-sud des espèces vivantes, et peut entraîner le **développement de colonies séparées de part et d'autre de la Manche**, comme pour les crustacés par exemple (Anon., 1993a). A plus petite échelle, d'autres bassins locaux peuvent être identifiés, particulièrement en zone côtière (Golfe Normano-Breton, Baie de Seine, Baie de Lyme..). Les assemblages d'espèces sont différents d'un bassin à l'autre, et certaines espèces sont particulièrement inféodées à une zone précise, comme la coquille St. Jacques par exemple.

1.1.2. Découpage géographique et administratif

La Manche couvre 2 divisions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM), le VIIe (Manche occidentale) et le VIIId (Manche orientale). Chacune de ces zones est elle-même divisée en 2 sous-divisions.

Les 4 sous-divisions constituant la Manche administrative sont:

- le VIIId1 (Manche Est), du Pas-de-Calais jusqu'à la ligne Grandcamp - Portsmouth (2°E - 1°W);
- le VIIId2 (Cotentin), de Grandcamp jusqu'au Cap de la Hague, et de Portsmouth jusqu'à Poole (1°W - 2°W);
- le VIIe1 (Manche Ouest), englobant toute la Bretagne nord, et la côte anglaise de Poole jusqu'à Plymouth;

- le VIIe2 (Sud Bishop), couvrant la côte cornouaillaise anglaise jusqu'au Cap Lizard, et les îles Scilly.

Un découpage administratif plus fin que les divisions et sous-divisions du CIEM existe également. Le "rectangle statistique" est un rectangle de 1° de longitude et 0.5° de latitude. C'est l'information spatiale la plus fine disponible dans les statistiques de pêche, et le rectangle statistique est donc l'unité de base de toute analyse cartographique (cf. par exemple Guitton *et al.*, en prép.).

La côte française est divisée en 11 quartiers maritimes (Brest, Morlaix, Paimpol, St. Briec, St. Malo, Cherbourg, Caen, Le Havre, Fécamp, Dieppe et Boulogne), répartis dans 5 régions (Bretagne, Basse et Haute-Normandie, Picardie et Nord-Pas de Calais). Le quartier de Dunkerque est administrativement rattaché à la pêcherie de la Mer du Nord, bien que ses flottilles artisanales aient des activités proches de celles de Manche Orientale. La côte anglaise comprend 5 districts maritimes (Newlyn, Plymouth, Brixham, Poole et Hastings), répartis sur 5 comtés (Cornwall, Devon, Dorset, Hampshire, Sussex). Cependant, lors de la mise en place de la base de données, les points de débarquement anglais ont été regroupés de manière légèrement différente du découpage administratif officiel. Les "quartiers maritimes" ainsi formés correspondent aux comtés, sauf pour les deux comtés centraux, rassemblés en un seul. Les 4 quartiers maritimes anglais sont donc : Cornwall, Devon, Southern et Sussex.

En raison du découpage particulier de la côte et des différences d'activité qu'on peut trouver le long des littoraux français et anglais, on peut souvent séparer les flottilles et métiers en 3 catégories selon leur origine géographique. Les 3 unités ainsi définies sont :

- La côte anglaise (de Penzance à Dungeness, sans les îles anglo-normandes)
- La côte occidentale française (de Brest au Cap de la Hague),
- La côte orientale française (du Cap de la Hague à Calais).

Côté français, le quartier de Cherbourg, regroupant tous les ports du Cotentin (de St Vaast la Hougue à Avranches) pose un réel problème. En effet, il est administrativement rattaché à la Manche Est, mais tous les ports de l'Ouest-Cotentin (d'Avranches au Cap de la Hague) sont considérés d'un point de vue halieutique comme appartenant à la Manche occidentale, tant au niveau des flottilles que des espèces pêchées. Il est donc souvent nécessaire, quand on parle du quartier de Cherbourg, de bien différencier ce qui dépend des façades occidentale et orientale.

1.2. Ports et points de débarquement

1.2.1. Dispersion des points de débarquement

Les points de débarquement sont très nombreux. (tableau 1). Sur la côte française, chaque point de débarquement est rattaché à une station (ville plus grosse, possédant parfois une criée), et chaque station appartient à un quartier maritime (centre administratif de la région maritime). Ainsi par exemple le quartier de Dieppe comprend 2 stations (Dieppe et Le Tréport), et 4 points de débarquement (Dieppe, Pourville, Quiberville, Le Tréport) (Delpech *et al.*, 1989). Sur la côte anglaise, l'information disponible ne concerne que les niveaux quartier maritime (district) et station. Les cartes détaillées des stations françaises et anglaises sont présentées en annexe B.

Tableau 1. stations et points de débarquement en Manche

	quartiers maritimes	stations	pts de débarquement
côte anglaise	4	54	-
côte ouest française	5	30	84
côte est française	6	16	47

L'activité de pêche sur le littoral français se distribue le long des côtes différemment selon les régions. Au nord, le relief côtier ne permet d'implantations portuaires que dans quelques lieux privilégiés (Calais, Boulogne, le Tréport, Dieppe, Fécamp) ou dans des estuaires navigables (Baie de Somme). On a donc regroupement et concentration de l'activité de pêche (Lemoine & Giret, 1991). A partir de la Baie de Seine et jusqu'à Brest, la géographie des côtes offre plus de possibilités d'implantations portuaires, et les zones d'activité sont beaucoup plus dispersées.

Cet éparpillement des points de débarquement, surtout en Manche occidentale française, est une des difficultés majeures à toute étude halieutique de cette région. Le suivi des pêcheries, au niveau des activités de pêche des navires ou des quantités débarquées est plus ardu. Une grande partie de la production est commercialisée directement sur le lieux de débarquement, et la faiblesse et l'insuffisance des infrastructures portuaires font que cette part n'est pas ou mal recensée et intégrée au circuit officiel des statistiques nationales de pêche.

Cette question est largement abordée en deuxième partie, mais il est important de noter dès maintenant que les données statistiques officielles de pêche sont de qualité et de fiabilité très variables. Par conséquent, toutes les valeurs indiquées dans les tableaux et figures ci-dessous, issues de la base de données officielle, sont sujettes à caution, particulièrement pour la Bretagne nord (cf. partie II).

1.2.2. Classement des quartiers et districts maritimes

La production et l'activité de pêche n'est également pas répartie de manière uniforme le long de la côte. Certaines régions maritimes présentent une activité halieutique particulièrement forte, alors que d'autres sont d'importance moindre. La figure 2 montre l'importance des différents quartiers et districts en poids et en valeur (algues incluses), ainsi que la part de production issue de la Manche par rapport à la production totale.

Les deux plus grosses régions maritimes en terme de tonnage sont les quartiers de Boulogne et Brest. Mais si on exclut les algues à Brest, c'est dans les districts anglais de la Manche centrale (Devon et Southern) qu'est débarquée la plus grosse production issue de la Manche (En effet, plus de la moitié de la production débarquée à Boulogne provient de la Mer du Nord et non pas de la Manche). Ce sont aussi ces deux districts qui rassemblent le plus de ports. En revanche, on peut noter que la valeur des débarquements dans le Southern est très faible par rapport au tonnage. Ceci est dû au fait que la grosse majorité des débarquements dans ce quartier est constitué de petits pélagiques (chinchard et maquereau essentiellement), de très faible prix unitaire. La même remarque peut être faite pour le quartier de Cherbourg par rapport à celui de Caen : Le buccin, de faible prix (en 1993-95), représente une part importante du tonnage débarqué dans les ports du quartier de Cherbourg, alors que les ports du quartier de Caen bénéficient de la présence d'espèces plus chères (coquille St Jacques notamment). Le classement est alors inversé en production et en valeur entre ces deux quartiers.

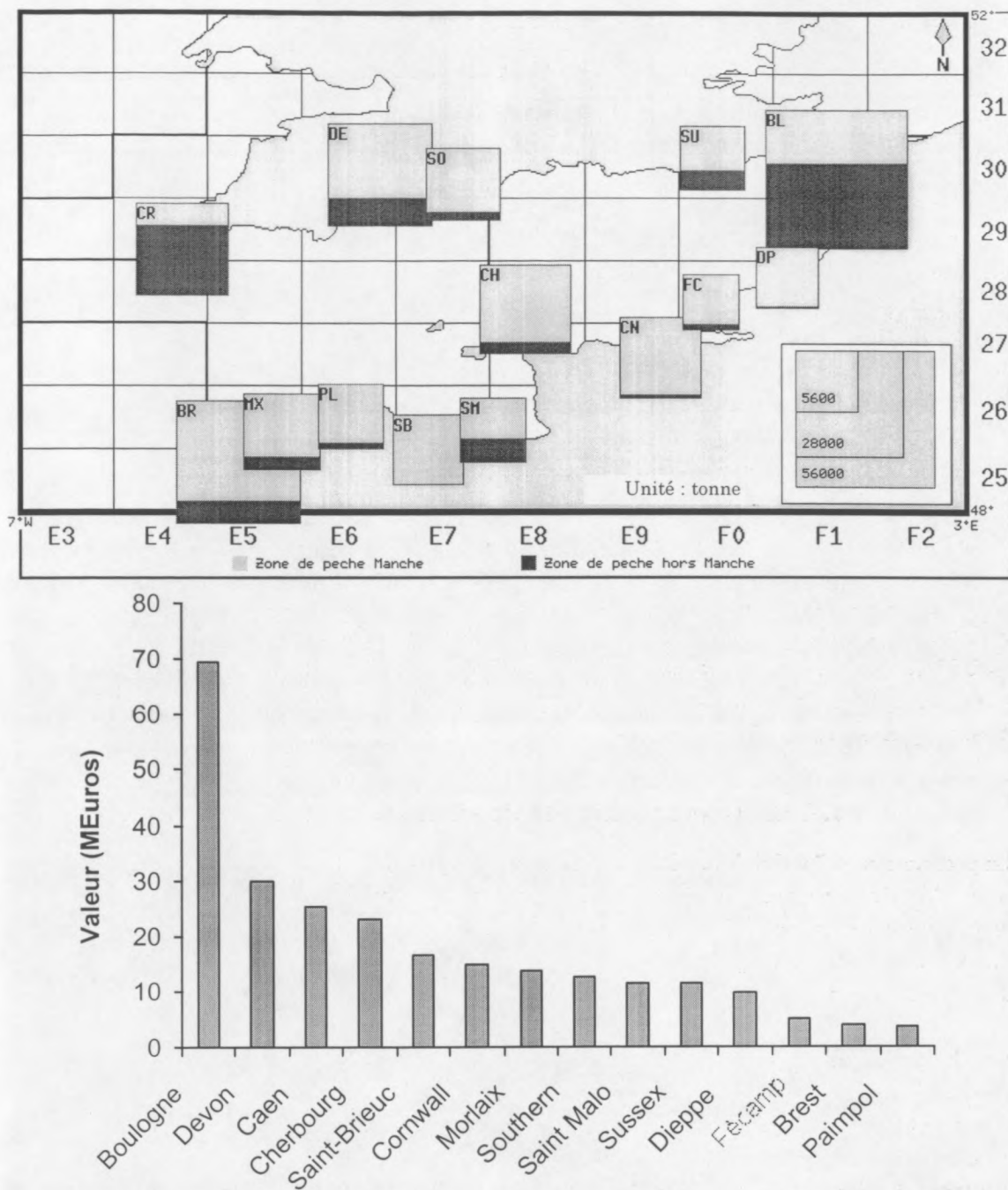


Figure 2. Débarquements moyens officiels 1993-95 par quartier/district maritime en poids (haut), et en valeur (bas), algues incluses (source Bahamas 93-95, données non extrapolées, carte J. Guillon).

1.2.3. Importance des ports de la Manche dans l'activité halieutique française

En terme de production, un classement officiel national du poids économique des principaux ports (avec criée) de France peut être établi selon le chiffre d'affaires et les quantités débarquées (tableau 2).

Tableau 2. Classement français 1997 des criées de la Manche, hors algues. (source Anon., 1998a)

Port	Total débarqué (tonnes)	Valeur débarquée en MF	Position nationale	
			Tonnage	Valeur
Boulogne	57 500	558	1	1
Baie de St Brieuc	11 720	163	7	8
Port-en-Bessin	10 800	130	9	10
Granville	10 000	97	10	15
Cherbourg	9 700	121	11	11
Fécamp	5 150	41	16	27
Dieppe	4 920	67	18	20
St Malo	3 420	45	22	23
Roscoff	2 350	42	26	26
Grandcamp	1 640	31	30	33
Brest	960	23	37	36

Il est à noter que :

- Le port de Boulogne demeure au premier rang national, mais le tonnage débarqué est dû en majorité à la pêche industrielle en Mer du Nord. Les produits issus de la pêche artisanale en Manche compte pour environ 41% du tonnage total, et 45% de la valeur (Anon., 1998a).
- L'appellation "baie de St Brieuc" regroupe en réalité plusieurs criées (St. Brieuc, Erquy, St. Quay et Paimpol), souvent associées au sein d'une seule entité régionale.
- La criée de Brest a subi un certain nombre de problèmes d'ordre administratif au cours des dernières années, ce qui fait que les chiffres officiels de production sont complètement faussés. Les estimations réelles de production sont de l'ordre de 4 200 t pour 65 MF., plaçant ainsi Brest à la 19^{ième} place en tonnage, et à la 22^{ième} place en valeur (Anon., 1998a). De plus, ce classement national ne prend pas en compte les algues.

5 criées (ou groupes de criées) de la Manche sont ainsi présentes dans les 12 premières criées françaises. Les autres indiquées dans le tableau ci-dessus comptent parmi les 40 premières. Mais ce classement ne prend en compte que les ports avec criée. D'autres ports de la région, qui n'en possèdent pas, ne sont donc pas mentionnés dans cette liste, bien que leurs débarquements soient comparables à d'autres ports de ce classement, comme par exemple Le Tréport ou St. Vaast la Hougue (Lemoine & Giret, 1991).

Le classement par façade maritime permet également de mesurer l'importance du littoral de la Manche par rapport à la production nationale (tableau 3)

Tableau 3. Classement des façades maritimes françaises selon les valeurs et quantités de pêche fraîche débarquée en 1997 (source Anon., 1998a)

Façade maritime	Production (%)	Valeur (%)
Nord-Pas de Calais	18,3	14,9
- dont Dunkerque	0,5	0,9
Normandie	15	11,6
Bretagne	43,3	44,5
- dont Bretagne Nord	7,2	6
- Bretagne Sud	36,1	38,5
Pays de Loire	13,7	15,4
Charente-Aquitaine	6,3	9,6
Méditerranée	3,4	3,9
Total Manche	40	31,6

En moyenne, les ports de la Manche fournissent 40% de la production nationale, mais seulement autour de 30% de la valeur totale. Dans la majorité des ports de la Manche, le prix moyen annuel (valeur totale/production totale) est entre 8 et 15 F/kg, alors qu'il dépasse souvent les 20 F/kg. dans les ports de l'Atlantique, en raison de débarquements importants d'espèces à haute valeur commerciale (sole, bar, langoustine, merlu, civelle...). En Manche, certaines de ces espèces sont également largement débarquées, mais le prix moyen est tiré vers le bas par les espèces de prix moins élevé mais pêchées en grosses quantités (petits pélagiques, tacaud, buccin...).

1.3. Espèces et niveaux de production

1.3.1. Les espèces présentes en Manche

La plupart des espèces commerciales des eaux européennes sont présentes en Manche, en quantités variables (Quéro & Vayne, 1997 et 1998). Seules quelques espèces beaucoup plus méridionales (comme les thonidés, la plupart des sparidés - à part la dorade grise - le céteau, le mullet, quelques espèces de raies...), beaucoup plus septentrionales (comme le flétan, l'églefin ou le lieu noir..), ou beaucoup plus profondes (comme la lingue bleue, l'hoplosthète ou le grenadier, où même la langoustine) n'y pénètrent jamais ou très rarement. Plus d'une centaine d'espèces sont ainsi habituellement débarquées par les navires pêchant en Manche, et **40 d'entre elles dominent particulièrement dans les tonnages** (90% des débarquements issus de Manche). Ces 40 espèces présentent une très grande diversité faunistique puisqu'on y trouve aussi bien des poissons plats (ex. sole, plie, turbot...), des poissons démersaux (ex. morue, lieu jaune, St. Pierre), des poissons pélagiques (ex. bar, dorade, maquereau...), des crustacés (ex. tourteau, araignée, homard...), des céphalopodes (seiche et calmar) ou des coquillages (coquille St. Jacques, buccin, pétoncles..). Les algues sont également exploitées sur la côte de Bretagne nord, et représentent de très loin la première production en tonnage de cette région (25%).

Certaines de ces espèces sont particulièrement liées au biotope de la Manche, et sont très peu pêchées en dehors (araignée, homard..). D'autres sont des espèces passagères, présentes saisonnièrement en Manche au cours du cycle de migration (maquereau, aiguillat...) ou pour s'y reproduire (bar). Enfin, la plupart sont des espèces plus ou moins ubiquistes également capturées saisonnièrement ou toute l'année dans les mers adjacentes, soit plus au nord (lingue, merlan...), soit plus au sud (merlu, tourteau..). Mais pour ces dernières, les eaux peu profondes et bien brassées de la Manche représentent souvent une zone de reproduction et/ou de nourriceries importante (sardine, morue, lieu jaune, dorade... - Anon., 1993a).

La liste des noms scientifiques et vernaculaires des principales espèces exploitées est reportée en Annexe A.

1.3.2. Captures totales

Le total des débarquements issus des eaux de la Manche s'élève en moyenne à 230 000 tonnes environ, (dont 60 000 tonnes **d'algues**), pour une valeur supérieure à 1 400 MF (210 millions d'euros).

Comme pour les métiers et les activités de pêche, les ressources exploitées de la Manche peuvent être caractérisées par leur très grande diversité (figure 3 et tableau 4).

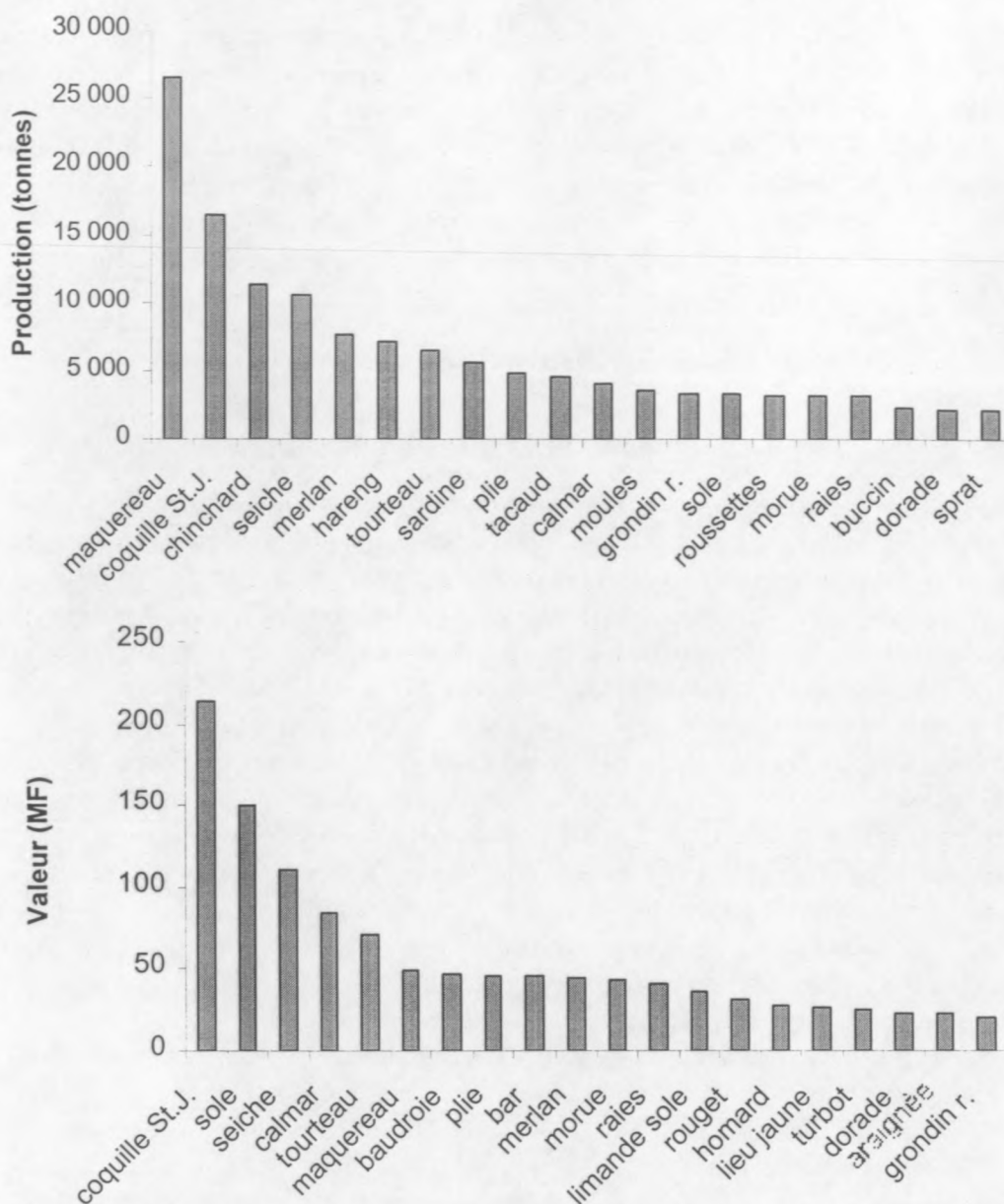


Figure 3. Importance des 20 premières espèces capturées en Manche, en poids (haut) et en valeur (bas), moyenne 93-95. (source : Bahamas 93-95, données non extrapolées)

En dehors des algues, les espèces les plus importantes en poids débarqué sont le **maquereau** (26 000 tonnes), la **coquille St. Jacques** (17 000 tonnes), puis le **chinchard** (12 000 tonnes) et la **seiche** (11 000 tonnes). En valeur, l'espèce la plus importante est la **coquille St. Jacques** (210 MF), suivie par la **sole** (144 MF) et la **seiche** (111 MF) (figure 3). La valeur est ici indiquée en francs, mais il s'agit là des captures totales, tous pays confondus. L'unité de valeur utilisée dans la base de données est l'euro, de préférence aux monnaies nationales, mais a été ici convertie en francs (1 euro=6,55957 FF, cf. partie II).

Comme on l'a souligné précédemment, il s'agit là des données officielles de débarquement, intégrées dans la base BAHAMAS, dont la qualité et la fiabilité varient. Les valeurs ci-dessous ont parfois été officieusement réajustées (cf. partie II). Les graphes suivants sont donc sujets à caution. Ainsi par exemple le buccin ne figure pas ici dans les 20 premières espèces en tonnage. Sa production estimée est pourtant de l'ordre de 10 000 t par an (soit au 5^{ème} rang de production, algues exclues), alors que la production enregistrée officiellement est inférieure à

3 000 t par an (bien que les déclarations de captures se soient nettement améliorées depuis 1997). Ceci sera rediscuté ultérieurement dans ce document.

1.3.3. Captures officielles par pays

Les captures nominales officielles par pays et par groupe d'espèces pour les 40 espèces prépondérantes (tableau 4) indiquent que la France produit plus que le Royaume-Uni en tonnage (80% de plus en tout, mais seulement 19% de plus si on exclut les algues). La différence de valeur correspondante est beaucoup plus forte (90% de plus pour la France, avec et sans les algues). Le prix moyen (valeur/production) total est 60% plus haut en France qu'au Royaume-Uni (1,68 euro/kg contre 1,05).

Le prix moyen de la majorité des espèces est plus élevé en France, sauf pour certains poissons plats (plie, sole, limande sole, turbot, cardine), ainsi que pour le rouget, le merlu, le hareng, le sprat, les céphalopodes (seiche et calmar) et les pétoncles (figure 4). Le Royaume-Uni produit de forts tonnages d'espèces à faible valeur (maquereau et chinchard), et relativement moins de poissons de fond et de mollusques. Sa première espèce en valeur est la sole. Les navires belges ne viennent en Manche que pour pêcher les poissons plats, sole et plie majoritairement. Les productions françaises sont plus diversifiées sur des espèces de prix moyen à élevé. La première espèce est la coquille St. Jacques, en poids et en valeur.

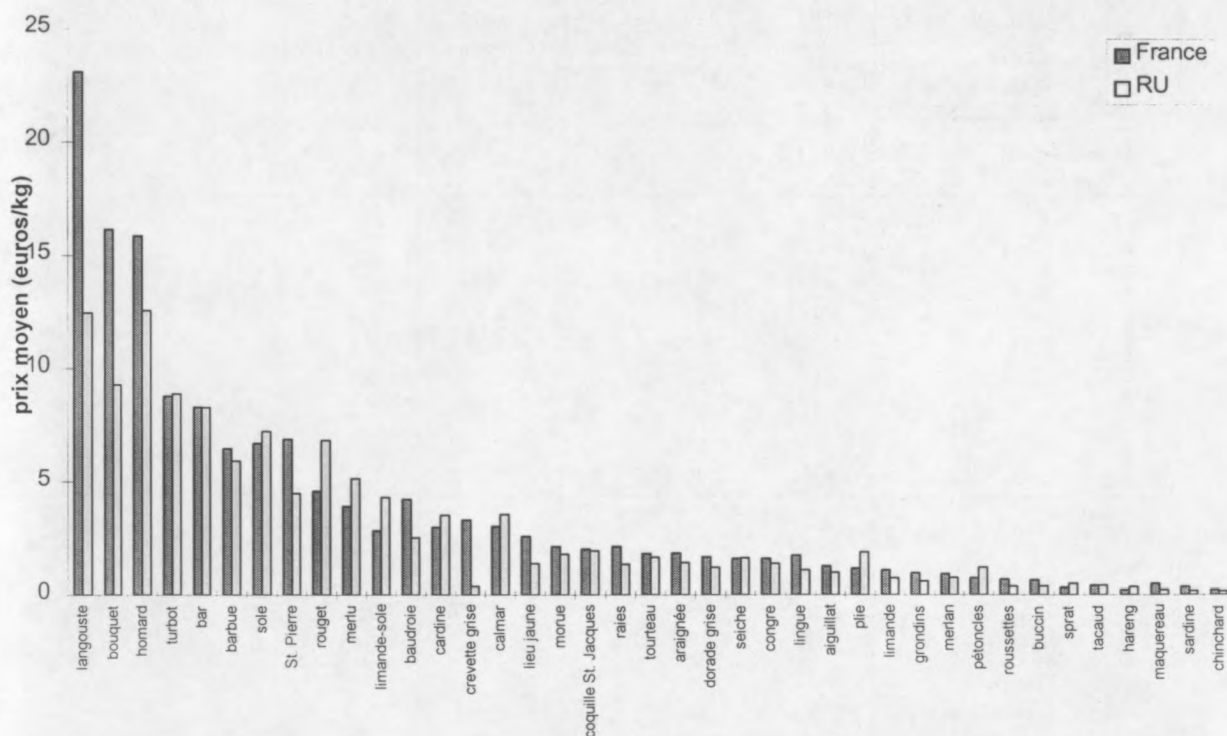


Figure 4. Prix moyen 93-95 (euros/kg), par espèce et par pays. (source : Bahamas 93-95, données non extrapolées)

Tableau 4. Captures nominales officielles par pays et groupe d'espèces, moyenne 93-95. (source : Bahamas 93-95, données non extrapolées)

	Poids (tonnes)				Valeur (millions d'euros)			
	France	RU	Belg.	total	France	RU	Belg.	total
démersaux-benthiques								
sole	2 050	1 266	754	4 070	13,7	9,2		22,9
baudroie	1 195	867		2 062	5,0	2,2		7,2
plie	2 708	2 100	1 328	6 136	3,1	3,9		7,0
merlan	6 107	1 495		7 602	5,6	1,1		6,7
morue	2 455	735		3 190	5,2	1,3		6,5
raies	2 511	677		3 188	5,3	0,9		6,2
limande-sole	573	918		1 491	1,6	3,9		5,5
grondins	4 878	371		5 248	4,7	0,2		4,9
rouget	921	94		1 015	4,2	0,6		4,8
lieu jaune	1 178	770		1 948	3,0	1,1		4,1
turbot	272	161		433	2,4	1,4		3,8
barbue	198	188		386	1,3	1,1		2,4
St, Pierre	237	143		380	1,6	0,6		2,3
roussettes	3 169	77		3 246	2,1	0,0		2,1
merlu	234	227		461	0,9	1,2		2,1
lingue	879	479		1 357	1,5	0,5		2,0
tacaud	3 863	737		4 600	1,6	0,3		1,9
cardine	125	349		475	0,4	1,2		1,6
congre	768	217		985	1,2	0,3		1,5
limande	887	153		1 040	0,9	0,1		1,1
aiguillat	465	124		589	0,6	0,1		0,7
<i>total démersaux-benthiques</i>	<i>35 672</i>	<i>12 148</i>	<i>2 082</i>	<i>49 902</i>	<i>65,9</i>	<i>31,4</i>		<i>97,3</i>
pélagiques								
maquereau	6 676	19 915		26 591	3,2	4,3		7,4
bar	543	296		839	4,5	2,5		7,0
dorade grise	1 922	301		2 223	3,2	0,4		3,6
hareng	3 628	3 565		7 193	0,8	1,2		2,1
chinchard	865	10 555		11 420	0,2	1,6		1,8
sardine	1 178	4 414		5 592	0,4	0,8		1,2
sprat	2	2 159		2 161	0,0	1,1		1,1
<i>total pélagiques</i>	<i>14 813</i>	<i>41 205</i>		<i>56 019</i>	<i>12,3</i>	<i>11,8</i>		<i>24,1</i>
crustacés								
tourteau	1 481	4 961		6 442	2,7	8,1		10,8
homard	87	223		310	1,4	2,8		4,2
araignée	1 307	846		2 153	2,4	1,2		3,6
langouste	18	6		24	0,4	0,1		0,5
bouquet	3	1		4	0,0	0,0		0,1
crevette grise	8	0		9	0,0	0,0		0,0
<i>total crustacés</i>	<i>2 904</i>	<i>6 038</i>		<i>8 942</i>	<i>6,9</i>	<i>12,2</i>		<i>19,1</i>
mollusques								
coquille St. J.	11 881	4 542		16 423	23,9	8,7		32,6
seiche	8 173	2 396		10 569	12,9	3,9		16,8
calmar	3 261	804		4 065	9,9	2,8		12,7
buccin	1 966	292		2 258	1,3	0,1		1,4
pétoncles	1 436	6		1 442	1,0	0,0		1,1
<i>total mollusques</i>	<i>26 717</i>	<i>8 040</i>		<i>34 757</i>	<i>49,0</i>	<i>15,6</i>		<i>64,6</i>
algues	42 334			53 092	1,5			1,5
total	122 441	67 430	2 082	191 953	135,7	70,9		206,5
%	63,8	35,1	1,1	100,0	65,7	34,3		100,0

1.3.4. Place des espèces débarquées en Manche dans les débarquements français

Comme on l'a fait pour les ports, on peut replacer les pêches de la Manche dans le contexte halieutique français en 1997, par rapport aux 20 premières espèces débarquées (en valeur). (Anon., 1998a).

On s'aperçoit que la Manche tient une part très importante dans les débarquements de certaines espèces (tableau 5). Elle produit plus de 40% des débarquements de céphalopodes (seiche et calmar), de rouget et de maquereau. Elle ne produit pas du tout de certaines espèces prépondérantes au niveau national, telles que la langoustine (3^{ième}), l'anchois (10^{ième}), le lieu noir ou le germon. Mais en revanche, un certain nombre d'autres espèces sont particulièrement inhérentes à la Manche et ne sont pas ou peu débarquées ailleurs : buccin, coquille St. Jacques, pétoncles, homard...

Tableau 5. Place des débarquements français de la Manche dans la production nationale en 1997 en poids (tonnes) et en valeur (MF) (source : Anon., 1998a, Bahamas 89-97)

Espèce	rang natio. (valeur)	Total France		Manche		%	
		Poids	Valeur	Poids	Valeur	Poids	Valeur
sole	1	7 426	467,3	1 667	105	22,4	22,4
baudroie	2	13 230	348,9	2 059	58	15,6	16,5
merlu	4	8 267	221,6	171	5	2,1	2,3
morue	5	16 226	191,9	5 706	61	35,2	31,8
seiche	6	11 968	181,2	5686	88	47,5	48,4
coquille St J.	7	11 061	171,1	12 273	168	111,0*	98,4
bar	8	2 885	160,2	1 104	53	38,3	33,3
calmar	9	4 650	149,3	2 490	79	53,5	52,9
merlan	11	17 999	139,6	5 618	39	31,2	28,1
raies	12	8 405	118,6	2 838	40	33,8	33,6
rouget	14	1 909	78,7	1 056	39	55,3	49,9
cardine	15	3 692	74,8	117	2	3,2	3,0
sardine	17	19 810	65,5	3 216	8	16,2	11,7
lingue	19	4 424	50,9	867	10	19,6	19,5
maquereau	20	14 166	50,3	6 501	23	45,9	46,0

⇨ les chiffres indiqués dans le tableau ci-dessus et fournis à titre indicatif sont issus de deux bases de données différentes. Les données nationales sont fournies par le FIOM et concernent les débarquements en criée. Les données de débarquement en Manche sont issues de la base de données Bahamas, construite avec les mêmes fichiers originels mais pouvant comprendre éventuellement une part de hors-criée en plus. On peut donc avoir quelques différences notoires, comme par exemple pour la coquille St. Jacques (qui passe souvent hors criée), où la production Manche semble supérieure à la production nationale! Mais la Manche est très largement la première région de France pour la coquille St. Jacques, c'est surtout cela qu'il faut garder à l'esprit.

1.3.5. Tendances inter-annuelles

A l'échelle de l'ensemble de la Manche, la production totale enregistrée (hors algues) des 40 espèces les plus importantes a augmenté au cours des années 90. La production française est restée stable depuis 1993, alors que la production anglaise est plus variable (figure 5). Cette variabilité des tonnages anglais est surtout due à la variabilité des débarquements de maquereau et de chinchard, qui représentent les plus forts tonnages. Il est à noter que ces chiffres peuvent être biaisés par la différence de récolte de données au cours des années. Pour les données françaises par exemple, les débarquements des criées des côtes d'Armor (baie de St. Brieuc) ne sont pas intégrés tous les ans, pour des problèmes de format spécifique des données (J. Guittou, comm. pers.). De plus, certaines productions sont mieux déclarées actuellement qu'il y a 10 ans, et l'augmentation de la production officielle n'est pas forcément signe d'une augmentation réelle de la production.

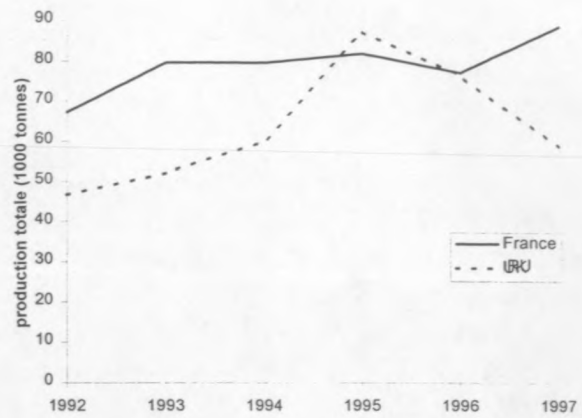


Figure 5. production Manche annuelle 92-97 par pays (source : Bahamas 89-97)

L'évolution de la production au cours de la période 1992-1997 est variable selon les espèces (tableau 6). Pour la plupart d'entre elles, la production est restée stable, ou fluctuante autour de la moyenne, sans tendance à l'augmentation ou à la diminution. Cependant cette stabilité totale apparente peut masquer un changement du diagramme d'exploitation. Ainsi par exemple, la production totale de grondins (toutes espèces confondues) est restée stable, alors qu'en réalité les prises anglaises diminuent et les prises françaises augmentent. Certains espèces sont en augmentation (roussettes, aiguillat, limande sole, baudroie, rouget, araignée - bien que pour cette dernière cette augmentation soit surtout due à une amélioration des données, (J. Guittou comm. pers.), alors que d'autres sont en diminution plus ou moins importante (langouste, merlu, St. Pierre, pétoncles, turbot).

1.3.6. Espèces et stocks

Le **stock** est théoriquement défini comme étant la fraction exploitable d'une **population**. La population est alors considérée par rapport à un écosystème donné, et a donc une répartition géographique plus restreinte que l'espèce. La notion de population implique l'isolement vis-à-vis des autres populations de la même espèce, et l'homogénéité, c'est-à-dire le brassage total des caractéristiques individuelles, au sein de l'ensemble.

Dans le cas idéal, un stock est donc associé à une population au sens biologique. Dans la pratique, ce n'est pas aussi simple, car la notion de stock est associée à l'exploitation. Le stock peut alors être considéré comme une unité de gestion, c'est-à-dire comme une unité présentant une homogénéité et un isolement suffisant pour être géré indépendamment des stocks adjacents de la même espèce (Laurec & Le Guen, 1981).

Tableau 6. Évolution des captures officielles par espèce entre 1992 et 1997. (source : Bahamas 92-97)

code FAO	espèce	1992	1997	Ecart (%)	observations
BBR	dorade grise	1 977	2 387	20,7	production variable, pas de tendance
BIB	tacaud	5 580	4 883	-12,5	stable sur toute la période
BLL	barbue	301	357	18,5	production variable, pas de tendance
BSS	bar	525	1 505	186,5	assez variable. Forte augmentation en 96
COD	morue	2 758	6 632	140,4	forte augmentation en 97. stable sinon
COE	congre	793	828	4,4	stable sur toute la période
CPR	bouquet	3	7	145,4	variable. Données non fiables
CRE	tourteau	5 586	9 125	63,3	un peu fluctuant autour de la moyenne
CRN	crevette grise	11	2	-82,0	variable. Données non fiables
CRW	langouste	924	1 658	79,5	stable depuis 93, très en dessous du niveau de 92
CTL	seiche	4 129	5 865	42,0	production variable, pas de tendance
DAB	limande	1 027	1 157	12,6	forte diminution en 95 puis reprise
DGH	roussettes	2 970	4 002	34,7	augmentation régulière de la production française
DGS	aiguillat	335	728	117,4	augmentation régulière de la production française
GUX	grondins	4 833	4 709	-2,6	production française croissante, production anglaise décroissante
HER	hareng	3 865	5 389	39,4	production française stable, production anglaise variable, pas de tendance
HKE	merlu	658	292	-55,6	diminution régulière de la production
HOM	chinchard	1 369	2 992	118,5	production française très variable, pic de production en 95
JOD	St. Pierre	268	231	-14,1	légère tendance décroissante
LBE	homard	237	342	44,2	production anglaise stable, production française stable depuis 95. Données peu fiables
LEM	limande-sole	1 429	2 271	58,9	tendance croissante
LIN	lingue	1 325	1 242	-6,2	stable sur toute la période
MAC	maquereau	9 086	23 594	159,7	production française stable, production anglaise variable, pas de tendance
MEG	cardine	376	463	23,2	production anglaise croissante, production française décroissante
MON	baudroie	1 390	3 196	129,9	augmentation régulière de la production.
MUR	rouget	611	1 183	93,7	production anglaise stable, production française croissante
PIL	sardine	3 863	7 176	85,7	production variable, pas de tendance
PLE	plie	5 379	5 161	-4,1	production variable, tendance décroissante mais bonne année 97
POL	lieu jaune	1 719	1 954	13,7	un peu fluctuant autour de la moyenne
QSC	pétoncles	888	583	-34,4	forte décroissance depuis 94
SCE	coquille St. J.	9 221	18 976	105,8	production française variable, production anglaise croissante
SCR	araignée	1 387	3 449	148,6	augmentation régulière. Données peu fiables
SKA	raies	2 820	3 535	25,4	stable sur toute la période
SOL	sole	2 787	3 107	11,5	production anglaise légèrement croissante, production française décroissante
SPR	sprat	1 820	1 623	-10,8	production anglaise décroissante, production française stable depuis 93
SQC	calmar	3 347	2 986	-10,8	production stable ou faiblement décroissante
TUR	turbot	332	279	-16,1	tendance décroissante
WHE	buccin	1 726	6 746	290,8	augmentation régulière. Données non fiables
WHG	merlan	6 951	6 739	-3,0	stable sur toute la période
	TOTAL	94608	147349	55,7	

Pour la plupart des espèces, on considère qu'un seul stock est présent en Manche. (Par manque de différenciation dans les statistiques officielles, plusieurs espèces ont parfois même été regroupées au sein d'un seul stock, comme les raies ou les grondins autres que le grondin rouge par exemple). Mais deux cas de figures existent alors. **Soit la population présente en Manche est considérée comme étant indépendante des autres populations présentes dans les mers adjacentes.** Le stock est alors limité aux frontières de la Manche, et soumis uniquement à l'effort de pêche local qui y est développé. **Soit les individus présents en Manche appartiennent à une population biologique plus vaste, ayant une aire de répartition dépassant les frontières géographiques de la Manche.** Ils représentent alors une fraction du stock seulement, et ce stock est soumis non seulement à la pression de pêche développée en Manche, mais également à celle développée à l'extérieur. Ces 2 types de stocks ne devront pas être pris en compte de la même manière dans la phase de modélisation.

Par ailleurs, il existe en Manche des espèces pour lesquelles plusieurs stocks ont été délimités, et sont gérés de manière individuelle et indépendante. Là encore, ces stocks peuvent être considérés soit comme locaux, soit comme régionaux.

- Les groupes de travail du CIEM prennent en compte l'existence de deux stocks en Manche pour certaines des espèces dont ils assurent l'évaluation et le suivi scientifique. Ces stocks sont séparés arbitrairement par la limite administrative Manche Est (VIIId) Manche Ouest (VIIe). Les espèces concernées sont la morue, le merlan, la sole et la plie (cf. par exemple Anon., 1997a et b).
- La coquille St. Jacques est une espèce sédentaire. Les zones de ponte correspondent donc aux aires de distribution des adultes. Il existe ainsi en Manche plusieurs gisements considérés comme plus ou moins indépendants (Fifas, 1991, Morin & Vigneau, 1995). Deux de ces gisements font de plus l'objet de prospections et d'évaluations annuelles assurées par l'IFREMER (en baie de St. Brieuç et en baie de Seine), ce qui n'est pas le cas pour les autres gisements. Ces deux gisements sont considérés comme indépendants, bien que des échanges larvaires puissent éventuellement exister avec d'autres gisements proches (Anon., 1993a). Certains gisements plus mal connus, comme ceux situés près des côtes anglaises, sont mal délimités géographiquement et sont regroupés au sein du même stock. Ainsi, 6 stocks de coquille St. Jacques sont considérés en Manche : 4 stocks bien délimités (en baie de St. Brieuç, en baie de Seine, en baie de Morlaix, et en rade de Brest), et 2 stocks regroupant les autres gisements (un en Manche Est et l'autre en Manche Ouest).
- Enfin, il existe de fortes présomptions à propos de l'existence d'unités locales indépendantes pour certaines autres espèces, bien que la séparation des stocks ne soit pas complètement prouvée. A partir des conclusions tirées des diverses études biologiques (Anon., 1993a), nous avons été amené à considérer des stocks séparés pour 3 espèces. L'araignée et le homard sont des espèces très côtières, et les populations situées près des côtes françaises et anglaises ne se mélangent jamais. La séparation des stocks par pays est justifiée. Cette séparation par pays a été également appliquée pour le tourteau, bien que cela soit moins évident que pour les deux autres crustacés. En effet, les tourteaux migrent beaucoup plus que les espèces précédentes, tout en restant quand même essentiellement le long de leur côte d'origine (Bennett & Brown, 1983; Latrouite & Le Foll, 1989). Cependant, bien que l'on puisse facilement considérer une seule unité d'un point de vue de la gestion, les faibles échanges entre les côtes française et anglaise tendent à prouver que les adultes recrutés appartiennent à des entités différentes.

Cette notion de stock est fondamentale en halieutique, dès lors qu'on s'intéresse à des zones géographiques petites par rapport à l'aire de répartition de l'espèce. L'existence de sous-populations peut être négligée quand on s'intéresse à une vaste zone géographique comme le fait

le CIEM, mais pas quand on travaille à échelle locale comme c'est le cas ici. L'essentiel de ce document est basé sur cette notion, plus que sur la notion de population ou d'espèce.

1.3.7. *Évaluation des stocks et aspects réglementaires*

En Manche, la réglementation communautaire est faible par rapport à de nombreuses autres régions halieutiques. Les espèces côtières ne sont pas gérées sous contrôle européen. Les deux stocks de sole et de plie sont les seuls à être évalués entièrement par les groupes de travail du CIEM (Anon., 1997a et b). La sole est contrôlée par quotas séparés Manche Ouest - Manche Est, alors que pour la plie un seul quota est fixé pour les deux stocks de la Manche.

Les autres stocks évalués par les groupes de travail du CIEM (morue, merlan, hareng, maquereau, merlu, baudroie, cardine) sont regroupés au sein de vastes entités régionales couvrant plusieurs divisions CIEM et plusieurs mers (Mer du Nord, Mer Celtique, Golfe de Gascogne...), et des quotas sont fixés pour l'ensemble de la zone.

L'Europe fixe également des réglementations valables sur l'ensemble des eaux communautaires, comme par exemple: des tailles minimales de capture pour un certain nombre d'espèces, (ex : barbue, 30 cm; rouget, 15 cm; araignée, 12 cm de long...), des maillages réglementaires des chaluts (80mm de maille pour les chaluts de fond, 20mm pour les chaluts à crevette), ou l'interdiction du chalutage dans la bande côtière des 3 milles (bien que des dérogations existent, comme pour la seiche par exemple).

En revanche ce déficit de réglementation européenne est remplacé par un grand nombre de réglementations locales (principe de subsidiarité). Cette réglementation est très complexe, et plusieurs modes de gestion peuvent exister simultanément dans la même zone, voire sur la même espèce (coquille St. Jacques en Baie de St. Brieuc par exemple). Quelques exemples sont cités ici :

- quotas globaux annuels : coquille St. Jacques en baie de St. Brieuc et en baie de Seine, suite au résultats des campagne d'évaluation;
- quotas individuels par strate temporelle : le bar (5 tonnes par semaine et par navire), praire (600 kg /homme et par jour).
- permis de pêche spéciaux (licences de pêche), monospécifiques (buccin, coquille..) ou plurispécifiques (crustacés). Ces licences peuvent être contingentées (praire, goémons), ou non (crustacés) (Le Gallic, 1996);
- fermetures spatio-temporelles de pêcheries (coquille, araignée);
- limitation de la puissance motrice des navires (bivalves en général), ou du nombre ou de la taille des engins utilisés (ex 200 casiers/homme pour les casiers à gros crustacés);
- délimitation de zones réservées à certains engins.

Ces exemples donnent un aperçu de l'importance et de la diversité des modes de gestion de la ressource utilisés en Manche. Cette complexité de la réglementation locale est à l'image de la complexité de la pêcherie, car on ne peut pas appliquer les mêmes règles pour toutes les espèces, toutes les activités de pêche ou tous les pays, et les problèmes sont à étudier au cas par cas, comme par exemple les conflits d'usage dans le Golfe Normano-Breton (Le Gallic, 1996; Boncoeur *et al.*, 1997; Boncoeur *et al.*, 1998a). Quelques uns de ces scénarios de gestion pourront être simulés et étudiés par le modèle bioéconomique des pêches de la Manche (cf. partie V).

1.4. Navires et activités de pêche

1.4.1. Caractéristiques techniques des navires

Les pêcheries de la Manche sont avant tout des **pêcheries artisanales**. Hormis les quelques gros bateaux de pêche industrielle, immatriculés en Manche (Saint-Malo, Boulogne) mais travaillant en dehors de la Manche, la zone compte un peu plus de 4 500 bateaux (37% français, 52% anglais, et 11% des îles anglo-normandes). Les bateaux de Jersey et Guernesey, souvent saisonniers, représentent environ 500 unités (Tétard, Boon *et al.*, 1995). Par manque d'information et de données de production, ces navires n'ont pas été intégrés dans la phase de modélisation. Les bateaux belges pêchant en Manche sont peu nombreux, et présents de manière discontinue.

Tableau 7. Répartition des navires de pêche par taille (moyenne 93-95)
(source : fichiers nationaux d'enregistrement des navires).

	nbr bateaux	<10m (%)	10-16m (%)	>16m (%)
Manche Est France	761	37	45	18
Manche Ouest France	971	60	29	11
Angleterre	2438	81	12	7
Total Manche	4170	68	22	10

Sur l'ensemble de la zone, **68% des bateaux immatriculés font moins de 10m** (tableau 7). La proportion la plus forte se trouve sur la côte anglaise, où elle dépasse les 80%. En Manche Est française, les bateaux sont en moyenne plus gros, avec moins de 40% de bateaux inférieurs à 10 m.

Au total, seuls 400 à 500 navires peuvent être considérés comme hauturiers et sont susceptibles de quitter la Manche pour étendre leur rayon d'action jusqu'aux mers adjacentes. Les autres, soit 90% des navires environ, sont strictement inféodés à la mer territoriale (qui peut être hors Manche, comme par exemple en Mer d'Iroise -division VIIh - ou au Nord Bishop - division VIIf -). L'éloignement des zones de pêche est fortement lié à la taille du navire. Selon ce critère, les bateaux peuvent être répartis en 3 catégories, selon la dénomination utilisée par Berthou *et al.* (1997) : les navires de moins de 10 mètres sont totalement inféodés à la bande côtière des 12 milles nautiques; les navires de 10 à 16 mètres sont composés pour les deux tiers de "côtiers" (plus de 75% du temps passé en zone côtière), et pour un tiers de "mixtes" (entre 25 et 75% du temps passé en zone côtière). Enfin, les navires de plus de 16m travaillent le plus souvent à l'extérieur de la bande côtière.

A échelle plus fine sur la côte française, la répartition par classes de taille est très variable d'un quartier maritime à l'autre. Le fichier d'immatriculation des navires de pêche donne en 1996 la structure suivante (figure 6).

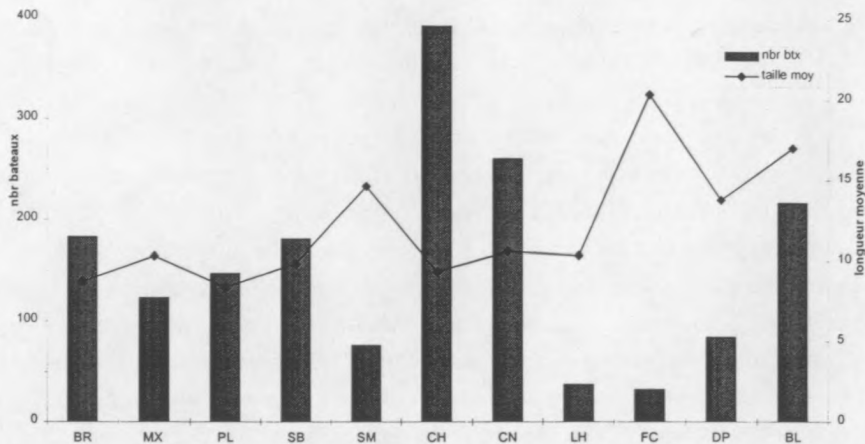


Figure 6. Nombre de navires et taille moyenne par quartier maritime (source : fichier POP, 1996)

Les quartiers les plus importants en nombre de bateaux sont ceux de Cherbourg, Caen, Boulogne, Brest, St. Brieuc et Paimpol. Les deux quartiers de Basse-Normandie (Caen et Cherbourg) totalisent à eux seuls presque 40% de l'effectif total français. Inversement, les 3 quartiers de Haute-Normandie (Le Havre, Dieppe et Fécamp) représentent ensemble moins de 9% de la flotte. St. Malo est également un petit quartier en terme de nombre de navires immatriculés.

En ce qui concerne la taille moyenne des navires, la situation est inverse. Dans les quartiers de Manche Ouest (sauf St. Malo), la taille est plus réduite qu'en Manche Est. Les plus grandes unités se trouvent dans les quartiers de Fécamp, Boulogne, St. Malo et Dieppe. (Le graphe ci-dessus comprend tous les navires enregistrés en Manche, y compris les industriels de Fécamp et de St. Malo, navires qui ne seront pas pris en compte par la suite dans la phase de modélisation).

En moyenne, l'effectif des navires par quartier maritime a diminué constamment jusqu'en 1991, puis s'est stabilisé ou a continué à décroître mais de manière beaucoup moins forte que durant la décennie précédente. En revanche, la puissance moyenne (en kW) a augmenté dans presque tous les cas (Guitton *et al.*, en prép), ce qui fait que **l'effort de pêche total, exprimé en kW, au moins sur la côte française, est stable, voire croissant**. De plus, la capacité de capture a vraisemblablement fortement augmenté, à cause du progrès technique (comme par exemple l'introduction du casier à parloir) et de l'augmentation du nombre et/ou de la taille des engins de pêche utilisés (Le Gallic, 1996). Berthou *et al.* (1997) font le même constat sur l'ensemble de la Bretagne, affirmant qu'il est "hautement probable que la puissance globale de capture ait augmenté au cours de la période 1983-1995, à la fois dans la bande côtière bretonne et à l'extérieur".

Cette hétérogénéité spatiale des types et des quantités de navires est décrite plus amplement, pour la Manche orientale, dans Lemoine & Giret, 1991, et, pour la Manche occidentale, dans Morizur *et al.*, 1992. Une description générale des navires français de la Manche est également donnée dans Boncoeur & Le Gallic, 1998.

1.4.2. Notions de métiers et d'interactions techniques

1.4.2.1. Qu'est-ce qu'un métier?

Etant donné la grande variété des espèces commerciales capturables en Manche, les engins utilisés sont extrêmement diversifiés. Pour décrire l'activité des navires on recourra dans ce travail à la notion, très classique en halieutique, de **métier**. Le métier a eu plusieurs définitions, proches ou équivalentes. Laurec & Le Guen (1981) définissent le métier comme correspondant

simplement à un engin et une pratique de la pêche. Les groupes de la travail de la CEE (1987, dans Mesnil & Shepherd, 1990) ont entériné le concept, en définissant le métier comme étant "*une entité fonctionnelle cohérente en terme de type et taille de navire, engin de pêche, espèce ou groupe d'espèces cible, et diagramme spatio-temporel de pêche, pouvant être résumé par un tableau consistant de capturabilités par espèce et par âge*". Laurec et al. (1989) simplifient cette définition à la seule "*utilisation d'un engin, à la fréquentation de secteurs donnés, à la recherche d'une espèce cible, et parfois d'un groupe d'espèces cibles*". Cependant, précisent les auteurs, "*il convient que deux unités d'effort injectés sur le même intervalle de temps, dans l'exercice d'un métier, engendre systématiquement sur l'ensemble des stocks les mêmes mortalités par pêche. Cette règle, baptisée règle d'homogénéité des métiers, est au centre de toutes les discussions ultérieures et constitue la clé des modèles, et suppose des interactions rigides au sein de chaque métier*". Cette définition est proche de la celle de la *tactique de pêche* utilisée par certains auteurs (Laloë & Samba, 1990), bien que ce terme soit controversé : en effet, ce que Laurec et al. (1989) appellent *tactique de pêche* est en fait la ventilation de l'effort de pêche sur les différents métiers, définition proche de la *stratégie de pêche* de Laloë & Samba (1990)... De fait, il n'existe pas de définition claire et unique sur les termes *tactique* et *stratégie*. Nous n'utiliserons donc pas ces termes dans la suite de notre étude, qui s'appuie uniquement sur des liens et des articulations entre *métier* et *flottille*, termes source de confusion moindre. La typologie des métiers de la Manche (Tétard, Boon et al., 1995), sur laquelle s'appuie le présent document, définit simplement le métier comme étant "*la mise en œuvre d'un engin pour la capture d'espèce(s) cible(s), dans une zone déterminée, pendant un laps de temps donné et pour lequel toute capture générée par une unité d'effort se caractérise par un même diagramme d'exploitation*". C'est cette définition qui a été adoptée au cours du projet.

Les définitions, descriptions et typologies des métiers et des activités de pêche sont souvent assez variables selon la pêcherie étudiée et la question posée, mais le principe toujours reste le même. On cherche ainsi à identifier un certain nombre d'activités de pêche bien précises, et plus ou moins importantes en terme de nombre de bateaux les pratiquant et du temps qu'ils y consacrent. Cependant, dans tous les cas la règle d'homogénéité est de rigueur, ce qui conduit à identifier un nombre de métiers souvent plus important que ce qui est habituellement considéré par les professionnels (Laurec et al., 1989).

On peut noter qu'il n'existe pas d'équivalent du terme *métier* en anglais. On peut trouver parfois le terme "*trip type*" (cf. par exemple Palma et al., 1999), qui lui correspond assez bien. Souvent aussi, le métier est confondu avec la flottille, et on trouve alors le terme de "*fleet*" (cf. par exemple Sparre & Wilmann, 1993). Parfois aussi, le métier est confondu avec l'engin, et on trouve alors le terme "*gear*" (Pascoe & Robinson, 1997), mais la notion d'espèce cible est alors perdue. Cependant, le terme français, plus précis et plus flexible, est de plus en plus souvent adopté dans le langage scientifique anglais. On le retrouve ainsi utilisé dans des travaux et publications récents (ex. : Dunn et al., 1996; Erzini et al., 1998).

1.4.2.2. Qu'est-ce qu'une interaction technique?

Les interactions concernant la pêcherie et la ressource sont en général classées en deux catégories : **les interactions biologiques et les interactions techniques**. Les interactions biologiques concernent les relations inter et/ou intraspécifiques au sein de la ressource. Elles sont surtout du type "prédateur/proie" ou de type "compétition". Faciles à définir et à délimiter, elles sont en revanche très difficiles à décrire et à mesurer, étant donné la complexité des régimes alimentaires de la plupart des espèces (Laloë & Samba, 1990).

Les interactions techniques en revanche, sont plus difficiles à définir. Les auteurs précédents les définissent comme étant "*l'ensemble des interactions non biologiques parmi celui des interactions identifiées*", bien que cet ensemble lui-même soit mal défini". On peut également définir deux grandes catégories d'interactions techniques. Historiquement, la notion d'interaction technique recouvrait uniquement les **interactions entre la ressource et l'activité de pêche**, du fait qu'en voulant pêcher une espèce A (espèce cible), on pêche en même temps, de manière involontaire, une quantité non négligeable de l'espèce B (capture accessoire) (Pope, 1979). Bakun *et al.* (1982, dans Laloë & Samba, 1990), énoncent que les interactions techniques (ou technologiques) sont "*the effect on a species of a given mix of changing patterns of fishing on other species of the mix*" (les effets sur une espèce appartenant à un ensemble donné de diverses activités pêchant d'autres espèces de cet ensemble).

La définition a été ensuite élargie aux **interactions ayant lieu au sein même de l'ensemble des activités de pêche**, du fait que les captures et le résultat économique d'une activité de pêche (métier) et/ou d'un segment de la pêcherie (flottille) sont dépendants du niveau de capture d'autres activités et/ou segments de la pêcherie. Ces interactions sont d'abord et surtout des interactions liées à la **compétition entre les activités**, compétition pour la ressource et/ou compétition pour l'espace. Deux métiers sont en compétition pour la ressource l'un avec l'autre si les deux ciblent les mêmes espèces ou si un métier cible ce que l'autre pêche en capture accessoire. Dans le premier cas, les niveaux de captures et de revenus des deux métiers sont interdépendants. Dans le deuxième cas, et particulièrement si les captures accessoires sont rejetées à la mer par manque d'intérêt commercial, seul un métier est affecté par l'autre, et les rejets constituent pour lui un manque à gagner potentiel (Boncoeur *et al.*, 1998b). De même, deux métiers sont en interaction pour l'espace s'ils travaillent sur les mêmes lieux de pêche et que leur présence simultanée est incompatible. Ainsi deux arts traînants peuvent travailler ensemble sur la même zone sans se gêner puisqu'ils peuvent se suivre. En revanche les arts dormants génèrent de plus ou moins fortes compétitions pour l'espace, non seulement entre eux puisque deux engins ne peuvent être calés au même endroit, mais aussi vis-à-vis des arts traînants. Soit le passage des arts traînants peut être gêné, soit au contraire ces derniers risquent d'arracher les engins dormants sur leur route.

Tétard, Boon *et al.* (1995) ont introduit un nouveau concept d'interactions techniques, dans le cadre de la Manche d'abord mais généralisable à toute pêcherie composite : **les interactions par l'activité**. Dans cette dernière catégorie, on distingue la complémentarité, qui concerne les autres métiers pratiqués par un même navire au cours de l'année (par effet de saisonnalité le plus souvent), et la substitution, qui est une possibilité observée ou potentielle de changer de métier.

1.4.3. Principales activités de pêche et interactions techniques en Manche

La typologie précise des métiers utilisée au cours de la présente étude sera détaillée ultérieurement dans ce document (chapitre 2) mais on présente ici succinctement les principales activités de pêche présentes en Manche ainsi que les principales interactions techniques entre elles, à partir des synthèses déjà réalisées dans cette région (Dintheer *et al.*, 1995a, Tétard, Boon *et al.*, 1995). Les chiffres concernant le nombre de navires pratiquant chaque métier et le tonnage moyen sont issus du catalogue des métiers (Tétard, Boon *et al.*, 1995), et sont donnés à titre indicatif pour la période 1989-90.

Ces activités peuvent être regroupées en sept grands groupes, appelés "supermétiers", plus un groupe ne rassemblant qu'un seul métier:

- le chalutage de fond
- le chalutage à perche

- le chalutage pélagique et la senne
- le dragage
- le fileyage
- le caseyage
- les métiers de l'hameçon
- Le ramassage des algues

1.4.3.1. *Le chalutage de fond (1 400 navires)*

C'est l'une des principales activités de pêche en Manche, tant en terme de nombre de bateaux que de la part annuelle du temps de pêche qui y est consacrée ou que des volumes de débarquements (env. 60 000 tonnes). Il est un peu plus pratiqué en Manche Est qu'en Manche Ouest, et plus en France qu'au Royaume-Uni.

Les bateaux qui le pratiquent sont assez hétérogènes. Les plus petits (<12m) ont un rayon d'action limité, proche de leur point de débarquement. Ils ciblent leurs espèces de manière opportuniste, en fonction des fluctuations saisonnières. Ils capturent donc en général plutôt des poissons plats et de la seiche au printemps/été, et des poissons démersaux en hiver. Quelques petits chalutiers ciblent la crevette grise en Manche Est. Les chalutiers plus gros sont également plus mobiles, avec des marées plus longues. Moins dépendants des fluctuations saisonnières, ils changent de zones de pêche aisément en fonction des rendements et des prix. En général interdits dans la bande côtière des 3 milles, ils bénéficient souvent de dérogations pour des pêcheries spécifiques comme la seiche et la crevette.

Les engins utilisés sont également différents d'un métier à l'autre. La taille du chalut, ses dimensions et son maillage varient en fonction des caractéristiques techniques du navire et de l'espèce recherchée.

Le chalutage à panneaux est capable de capturer presque la totalité des espèces exploitables, soit comme espèce cible soit en prises accessoires, sur presque tous les lieux de pêche, et en quantités plus importantes que n'importe quel autre engin de pêche, à effort de pêche égal. Sa sélectivité est également faible, entraînant la capture de nombre d'individus indésirables (trop petits ou de trop faible valeur commerciale). Il rentre donc en compétition avec presque tous les autres métiers, soit pour la ressource soit pour les zones de pêche.

1.4.3.2. *Le chalutage à perche (240 navires)*

On regroupe ainsi les métiers utilisant des chaluts de fond dont l'ouverture horizontale, en moyenne souvent plus large que celle d'un chalut de fond à panneaux, est assurée par des perches munies de patins. Les poissons plats à forte valeur commerciale en sont les principales espèces cibles. Les débarquements annuels moyens sont de l'ordre de 13 000 tonnes.

Les unités anglaises sont fortement majoritaires dans ce métier. Les chalutiers à perche anglais sont en général des navires de grande taille (70% d'entre eux font plus de 16m), extrêmement mobiles sur une vaste zone géographique, en fonction des quotas disponibles et des rendements potentiels, souvent supérieurs à ceux d'un chalut de fond. Les bateaux français sont en général plus petits, moins mobiles mais d'une plus grande polyvalence. Ils peuvent plus facilement changer de métier au cours de l'année, au moment de la saison de la coquille St. Jacques par exemple. Quelques grosses unités belges sont également présentes saisonnièrement pour pêcher la sole et la plie.

Comme pour le chalut de fond, la sélectivité des engins est faible, bien que les captures accessoires soient moins nombreuses, du fait de la plus faible ouverture verticale du chalut. La mobilité des engins crée une situation de forte concurrence pour la ressource avec d'autres engins, et pose également problème au niveau de l'occupation des lieux de pêche.

1.4.3.3. *Le chalutage pélagique et la senne (130 navires)*

On trouve là les métiers ciblant les espèces pélagiques : maquereau, hareng, chinchard, sardine, sprat, bar et dorade grise (19 000 t en 1989-90).

Les bateaux sont en général de grande taille, et extrêmement mobiles. Les engins sont très performants et permettent de forts tonnages. Ces engins ciblant des espèces se déplaçant en bancs monospécifiques, les captures accessoires sont souvent faibles, et les rejets sont surtout dus aux individus trop petits.

Ces métiers rentrent peu en concurrence directe avec les autres engins de pêche, puisqu'ils travaillent au large, en pleine eau, et ciblent des espèces peu ciblées par les autres, à part pour le bar et la dorade. Certains de ces métiers sont pratiqués par des navires industriels, bien au delà des limites de la Manche (senneurs anglais, pélagiques français de haute mer). Ils ne seront pas conservés en tant que tels dans la phase de modélisation, qui s'attache uniquement aux pêches artisanales, mais cependant leurs captures faites en Manche seront intégrées dans les captures totales par stock (cf. partie IV).

1.4.3.4. *Le dragage (1 000 navires)*

Il s'agit là des métiers essentiellement côtiers de drague aux coquillages (coquilles St. Jacques, pétoncles, praires et autres bivalves), et de la drague à poissons plats (métier spécifique de la côte Est française, au niveau de la Baie de Somme). Ce dernier est d'ailleurs plus souvent rattaché au supermétier du chalutage à perche qu'à celui du dragage (O. Le Pape, comm. pers.). Les débarquements annuels sont de l'ordre de 24 000 tonnes. Ces métiers, souvent saisonniers, sont particulièrement structurants de l'activité en Manche. Pour les navires qui pratiquent plusieurs métiers dont la drague, à coquille St. Jacques particulièrement, (chalutiers - dragueurs, dragueurs - arts dormants...), ce métier devient prioritaire dans l'activité de pêche l'hiver, pendant l'ouverture de la pêche à la coquille. Un quart des navires résidents en Manche pratiquent au moins un métier de dragage au cours de l'année.

Pour les métiers de drague à bivalves, les espèces cibles sont sédentaires et fluctuantes. L'exploitation est monospécifique, et la compétition avec d'autres métiers pour la ressource est faible, car ces espèces ne sont presque pas pêchées par d'autres engins. Les engins sont très sélectifs. Les prises accessoires sont faibles, les rejets sont faibles et présentent un fort taux de survie.

Le caractère sédentaire des espèces cibles les rend vulnérables à la surexploitation, mais permet d'un autre côté le développement de modes de gestion originaux adaptés au caractère monospécifique, monométier et local des pêcheries de coquillages, au moins en zone côtière. Les droits d'usage sont plus faciles à définir, permettant l'instauration de licences de pêche. La protection de la ressource par mesures spatio-temporelles d'ouvertures et de fermetures de zone est également plus facile à mettre en œuvre. Enfin, l'évaluation des stocks, au moins en zone côtière, étant facilitée, il est possible d'instaurer un quota annuel, voire éventuellement des quotas individuels (Boncoeur *et al.*, 1998a).

1.4.3.5. *Le fileyage (2 200 navires)*

Cet ensemble regroupe les métiers des filets fixes et dérivants. C'est le type d'activité le plus pratiqué en Manche, puisque plus de la moitié des navires résidents le pratiquent au moins une fois dans l'année. Les espèces cibles sont très variées, et en général saisonnières : araignée, morue, sole, lieu jaune, baudroie, plie, raies, roussettes, seiche... (13 600 tonnes en 1989-90). Les caractéristiques techniques des engins sont assez hétérogènes, au niveau des dimensions et de la taille de la maille. De même, les navires sont de taille et de puissance variable. Ces métiers ont

connu un fort développement dans les années 80 et début des années 90, passant ainsi du statut de petite pêche secondaire à celui d'activité majeure et quasiment annuelle.

Les filets restent potentiellement des engins sélectifs sur les espèces et les tailles des individus capturés. Les captures accessoires sont rares, et si la maille utilisée est adaptée à l'espèce recherchée, les captures d'individus hors-taille sont faibles (sauf pour le trémail).

Les interactions avec les autres métiers sont assez fortes, particulièrement avec les chalutiers. Beaucoup d'espèces cibles sont communes aux deux engins. Certaines autres espèces sont ciblées par des fileyeurs et abondamment rejetées par les chalutiers, comme l'araignée (Boncoeur *et al.*, 1998b). Enfin, l'augmentation de l'effort de pêche des fileyeurs, les progrès techniques réalisés sur les bateaux et la raréfaction des ressources à la côte font que les filets sont utilisés de plus en plus au large, augmentant en même temps sensiblement les interactions (et les conflits) pour les zones de pêche avec les chalutiers.

1.4.3.6. *Le caseyage (1 250 navires)*

On trouve là les métiers du casier à crustacés, du casier à seiche et du casier à buccin. La quasi totalité est pratiquée en Manche occidentale (voire même presque uniquement dans le Golfe Normano-Breton pour le casier à buccin). C'est largement la principale activité de pêche pratiquée dans les îles anglo-normandes. Les principales espèces cibles sont les gros crustacés (tourteau, araignée, homard), la seiche et le buccin. Les petits crustacés (étrille, bouquet, crabe vert) sont ciblés secondairement. Les débarquements annuels sont de l'ordre de 24 000 tonnes.

Les petits caseyeurs à crustacés, les plus nombreux, travaillent à la côte et ciblent plusieurs espèces. Une flottille de gros caseyeurs (>15m en moyenne) s'est développée de part et d'autre de la Manche, et cible presque exclusivement le tourteau. Leurs stratégies d'exploitation sont diverses. Les hauturiers anglais et des îles anglo-normandes pêchent en continu, dans des zones réservées interdites aux chalutiers, alors que les français privilégient la mobilité, se déplaçant jusqu'en Mer Celtique et dans le Golfe de Gascogne en période de mortes-eaux.

Le casier à seiche (165 navires) et le casier à buccin (105 navires) est pratiqué par de petites unités côtières, presque exclusivement françaises. Seuls quelques navires anglais pratiquent le caseyage à buccin, peu apprécié des consommateurs.

La sélectivité des casiers est généralement considérée comme bonne vis à vis des espèces et de la composition en taille des captures. Les captures accessoires sont presque nulles, et la mortalité des rejets est très faible.

Le caseyage à crustacés rentre en interaction pour la ressource et pour les zones de pêche avec un certain nombre d'autres métiers : chalutiers, chalutiers à perche, dragueurs à coquilles et fileyeurs. Certains de ces métiers induisent des mortalités importantes sur les crustacés, et donc un éventuel manque à gagner non négligeable pour les caseyeurs. Tout ceci est également vrai pour les caseyeurs à seiche et à buccin, mais à moindre échelle. Les interactions ont lieu uniquement avec le chalutage côtier.

1.4.3.7. *Les métiers de l'hameçon (270 navires)*

Il s'agit là de l'ensemble des métiers utilisant la palangre et la ligne. Les espèces cibles sont essentiellement le bar, le congre, les squales, la lingue, le lieu jaune, le maquereau et la raie. (au total 4000 tonnes annuelles).

La palangre est pratiquée aussi bien au large par de grosses unités qu'à la côte par de petits navires polyvalents aux arts dormants. La palangre hauturière a fortement décliné au cours des dernières années, du fait de la diminution des sélaciens. Le nombre de bateaux diminue, et l'activité s'est réorientée vers le congre. Les palangriers côtiers ciblent préférentiellement le congre et le bar. La ligne à main, pratiquée à la traîne mais aussi à la canne, est très difficile à quantifier, même sur les unités professionnelles.

Compte tenu de la taille des hameçons, ces engins sont considérés comme très sélectifs sur les espèces et les tailles des captures. Leur diagramme d'exploitation paraissent tout à fait conformes au bon maintien des stocks.

La palangre hauturière connaît peu d'interactions avec d'autres métiers pour les lieux de pêche, qui sont souvent des fonds durs peu chalutables. En revanche une concurrence existe sur les ressources traditionnelles (squales, raies) avec le chalutage hauturier. En zone côtière, il existe de fortes interactions pour les sites côtiers avec tous les autres métiers côtiers. Des interactions pour la ressource existent également avec le chalut de fond et le chalut pélagique (pour le bar notamment).

1.4.3.8. L'exploitation des algues (75 navires)

Ce métier très particulier est pratiqué à l'aide d'une sorte de vrille tournant dans les algues, appelée scoubidou, et assimilée à un art dormant. Il ne pêche presque que de la laminaire, sans aucune prise accessoire animale. C'est un métier saisonnier (de mai à octobre), pratiqué presque exclusivement dans la bande très côtière de la Mer d'Iroise (quartier maritime de Brest). La production totale (y compris au nord du Golfe de Gascogne) est de l'ordre de 60 à 70 000 tonnes par an, ce qui représente un tonnage très important par rapport à la valeur associée (le prix de vente de l'algues est de l'ordre de 30 centimes le kg). La flottille est stable, et limitée par un système de licences contingentées. Il n'y a pas de concurrence avec les autres métiers pour la ressource et les lieux de pêche.

la figure 7 localise les principales activités de pêche côtière.

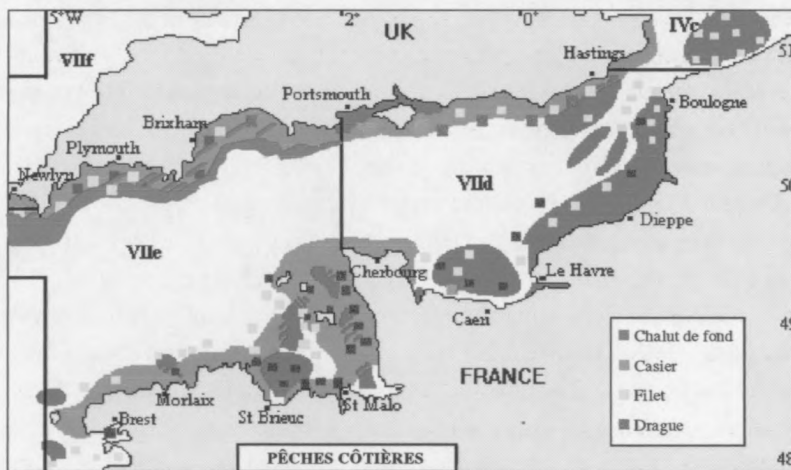


Figure 7. localisation des principaux métiers côtiers (d'après Abbes, 1991, et Tétard, Boon et al., 1995)

1.4.4. Flottilles et stratégies d'exploitation

De même que pour le métier, le concept de flottille est relativement clair, mais sa description est ensuite fortement dépendante de la pêcherie étudiée. On entend par flottille un **groupe de navires présentant des caractéristiques proches en fonction des critères étudiés**, afin d'avoir, comme pour le métier, homogénéité au sein de chaque groupe. Les critères de classification doivent être suffisamment discriminants pour que chaque bateau de la flotte ne puisse appartenir qu'à une et une seule flottille. On peut ainsi avoir des flottilles définies selon

des critères géographiques, techniques, stratégiques et/ou d'activité, selon la question posée. On parlera par exemple aussi bien de la flottille des "chalutiers industriels de Lorient" (classification selon le quartier maritime et le type d'armement - Millischer *et al.*, 1999), de la flottille des palangriers (classification selon l'engin utilisé - Maury, 1998), de la flottille des bateaux de moins de 7m (classification selon la taille et les caractéristiques techniques des navires - Pascoe & Robinson, 1997), ou de la flottille des "stochastiques" ou des "cartésiens" (classification selon la tactique de pêche - Allen & Mc Glade, 1986).

Au sein de chaque flottille ainsi délimitée, on peut alors définir un bateau "moyen" représentatif de la flottille, et dont les caractéristiques sont équivalentes à la moyenne de celles des navires réels constitutifs de la flottille.

1.4.4.1. Les différentes flottilles identifiées en Manche

On a vu que la première caractéristique majeure des navires de pêche résidents en Manche était leur faible taille et leur caractère côtier, dû au faible éloignement des zones de pêche. La deuxième caractéristique importante est leur **polyvalence**. Les navires pratiquent en général plusieurs métiers au cours de l'année (2,5 métiers par navire et par an en moyenne - Tétard, Boon *et al.*, 1995 -) et travaillent en continu 12 mois par an, non seulement en raison de la présence saisonnière de nombreuses espèces exploitées, mais également pour limiter les risques en ne reposant que sur une seule activité (Le Gallic, comm. pers.). Il arrive également souvent que les navires pratiquent plusieurs métiers au cours du même mois, voire au cours de la même marée. En général, les navires ont un métier préférentiel, structurant de leur activité en terme de stratégie d'exploitation, et un ou plusieurs métiers d'appoint (cf Annexe C, tables de report d'activité). Le métier le plus structurant n'est pas forcément celui qui est pratiqué le plus longtemps dans l'année, mais est celui qui va être pratiqué en priorité quand les conditions naturelles et réglementaires le permettent (ceci est particulièrement vrai pour la drague à la coquille St. Jacques notamment).

On voit ainsi apparaître des **groupes formés de navires ayant des stratégies d'exploitation comparables, c'est-à-dire pratiquant les mêmes métiers pendant la même période**. Ces groupes sont appelés des flottilles, et sont donc caractérisés par un **calendrier d'activité commun** plutôt que par des caractéristiques techniques comparables.

La typologie et les dénominations des flottilles sont, comme pour les métiers, assez variables d'une zone à l'autre et d'un laboratoire à l'autre (Lanoy, 1989, Morizur *et al.*, 1992, Berthou *et al.*, 1997), mais on retrouve finalement souvent des critères de classification proches. On présente ici une description générale des principales flottilles identifiées en Manche, c'est à dire des combinaisons de métiers les plus fréquentes. Mais la description détaillée de la typologie utilisée lors de la phase de modélisation, ainsi que des caractéristiques des flottilles, sera présentée ultérieurement (partie IV).

Les flottilles présentées ci-dessous ont été identifiées à partir d'enquêtes biologiques et économiques (ces enquêtes sont présentées dans la partie II) La présentation générale des flottilles françaises est tirée des résultats de l'analyse économique (Boncoeur & Le Gallic, 1998). Celle des flottilles anglaises provient de la typologie réalisée au cours du projet européen (cf. partie IV), croisée avec le catalogue des métiers (Tétard, Boon *et al.*, 1995).

On retrouve ainsi sur le littoral de la Manche :

- Les chalutiers purs (France et Royaume-Uni)
- Les chalutiers-dragueurs (France et Royaume-Uni)
- les dragueurs purs (France)
- les dragueurs-arts dormants (France)
- les fileyeurs (France)

- les caseyeurs à crustacés (France et Royaume-Uni)
- les bulotiers (France)
- les ligneurs-palangriers (France)
- les polyvalents arts dormants (France et Royaume-Uni)
- les divers petits métiers (France et Royaume-Uni)

1.4.4.2. *les flottilles françaises*

A l'échelle de l'ensemble de la côte française, un peu plus de la moitié des navires pratiquent les arts traînants (chaluts et dragues), à titre exclusif ou en association avec des arts dormants. Les métiers de la drague sont le plus souvent pratiqués en association avec d'autres métiers, ce qui s'explique par le caractère saisonnier de ce type de pêche mais aussi par les restrictions de plus en plus fortes sur l'exploitation de la coquille St. Jacques.

La répartition spatiale des activités de pêche, et donc des flottilles, est très hétérogène. L'essentiel de la flottille des chalutiers purs se trouve en Manche orientale. 80% des navires de cette flottille proviennent des quartiers de Boulogne à Caen, alors que ces navires sont très peu représentés dans les quartiers les plus occidentaux. Les chalutiers-dragueurs sont eux principalement représentés en Manche centrale, de St. Briec à Caen, exploitant les deux gisements principaux de la Baie de Seine et de la Baie de St Briec. Enfin, les dragueurs purs ou des dragueurs-arts dormants sont eux plutôt concentrés en Bretagne nord, de Brest à St Briec.

Les fileyeurs sont répartis des deux côtés de la Manche, et particulièrement concentrés aux extrémités est (de Boulogne à Fécamp) et ouest (Brest et Morlaix).

La flottille des caseyeurs à crustacés est fortement concentrée autour de Cherbourg, avec plus de 60% des navires de cette flottille. Les autres sont répartis le long du littoral de Bretagne nord, et complètement absents des quartiers les plus orientaux (du Havre à Boulogne).

Les polyvalents arts dormants, c'est-à-dire essentiellement les caseyeurs-fileyeurs, ainsi que les ligneurs-palangriers, sont également caractéristiques de la Manche occidentale.

Enfin, les bulotiers sont concentrés de façon quasi exclusive sur la façade de l'ouest Cotentin, de St. Malo à Cherbourg.

1.4.4.3. *Les flottilles anglaises*

Sur la côte anglaise, les différences spatiales des activités et des flottilles sont moins tranchées. Ceci est notamment dû au fait que, comme on l'a souligné précédemment, la côte anglaise elle-même présente beaucoup moins de disparités géographiques, et est donc beaucoup plus uniforme sur toute sa longueur. Ainsi, les principaux métiers sont pratiqués un peu tout le long de la Manche (figure 7), et les flottilles sont rarement séparées Est/Ouest. De plus, la typologie anglaise utilisée a été élaborée à un niveau plus agrégée que la typologie française, ce qui lisse les différences d'activités.

Les chalutiers purs sont répartis le long de la côte, avec une concentration plus forte vers les 2 embouchures, et près du Solent.

Les chalutiers dragueurs sont surtout présents dans les baies en Manche Ouest, et plus régulièrement sur le littoral en Manche Est. Il ne sont cependant pas présents en Manche centrale, dans la région de l'île de Wight.

Une activité de caseyage existe dans la plupart des ports de la côte sud de l'Angleterre, à la différence des ports français. Les caseyeurs purs rassemble des bateaux de taille variable, pêchant à la côte ou au large.

Enfin, les polyvalents arts dormants sont majoritairement des fileyeurs-ligneurs, répartis de manière à peu près homogène le long de la côte. Les petits métiers rassemblent en fait tous les bateaux de moins de 10m, pratiquant différents arts dormants le long de la côte.

Comme on l'a souligné précédemment, l'activité des navires belges en Manche s'est progressivement restreinte au cours des années, pour se concentrer à l'heure actuelle presque uniquement sur l'exploitation au chalut à perche de la sole et de la plie en Manche Est. Ils sont donc groupés en une seule flottille de gros chalutiers.

1.5. Conclusion

En conclusion, il ressort de cette présentation générale des pêcheries de la Manche une **très grande diversité des activités halieutiques**. Les navires sont nombreux (plus de 4000) et généralement petits (les 2/3 mesurent moins de 10 m). Ils exploitent de manière opportuniste et toute l'année un grand nombre d'espèces différentes, appartenant à plusieurs groupes biologiques et présentant des cycles de vie très divers (migrateurs ou sédentaires, d'abondance stable ou variable...). Les lieux de pêche sont généralement très peu éloignés des côtes (la plupart des navires restent dans la bande côtière des 12 milles). Ils utilisent pour cela toute une gamme d'engins différents, aussi bien traînants que dormants. La Manche représente ainsi une région halieutique importante pour ses pays riverains (France et Royaume-Uni), et est souvent même la première région halieutique pour quelques espèces de haute valeur commerciale, peu débarquées ailleurs (céphalopodes, crustacés, coquillages par exemple).

Cependant, **cette diversité entraîne un certain nombre d'interactions entre les différentes activités**. Plusieurs métiers sont soit en compétition les uns avec les autres (pour les ressources et/ou pour les lieux de pêche), soit complémentaires, dans la mesure où ils peuvent être pratiqués par les mêmes navires à des périodes différentes de l'année. Ainsi, **la Manche doit être considérée comme une unique pêcherie multi-flottilles, multi-métiers, multispécifique et internationale**, plutôt que comme une succession de pêcheries indépendantes (bien que certains segments ne soient pas en interaction avec les autres et puissent être considérés comme tels).

En terme de modélisation, ceci va poser un certain nombre de **contraintes**. Ces contraintes seront développées ultérieurement dans ce document (chapitre 4) mais on peut d'ores et déjà appréhender certains points importants. Etant donné leur importance dans le revenu des pêcheurs, un grand nombre d'espèces, aux caractéristiques biologiques diverses, va devoir être intégrées dans le modèle. Il faudra donc développer une méthodologie de travail homogène capable d'intégrer cette diversité. Il faudra également rendre compte de cette polyvalence de l'activité, et des interactions techniques entre les différentes activités de pêche. Enfin, il faudra raisonner à l'échelle de la Manche toute entière, en replaçant ces pêcheries dans leur contexte régional, c'est-à-dire en tenant compte des liaisons des populations biologiques avec les mers adjacentes, des navires qui viennent de l'extérieur pêcher en Manche, ou encore des navires de Manche qui partent pêcher à l'extérieur. C'est cette complexité qui fait la principale difficulté, mais également le principal intérêt, du modèle à réaliser.

2. ÉTUDES ANTÉRIEURES RÉALISÉES EN MANCHE

Les pêcheries de la Manche ont déjà fait l'objet d'un certain nombre d'études antérieurement à ce travail. Plusieurs instituts scientifiques possèdent des laboratoires le long du littoral, sur les deux rives, et de nombreux chercheurs y travaillent. L'IFREMER possède ainsi 3 laboratoires coté français (Brest, Port-en-Bessin et Boulogne), et, coté anglais, les chercheurs du CEFAS sont regroupés à Lowestoft. Des laboratoires de biologie marine, à vocation plus écologique, existent à Dinard (station rattachée au MNHN, Muséum National d'Histoire Naturelle) et à Roscoff (laboratoire CNRS). Un certain nombre d'instituts universitaires réalisent également des travaux d'études sur ces pêcheries, d'un point de vue biologique (ENSAR, Université de Caen...) ou économique (CEDEM, CEMARE). Cependant ces études traitent pour la plupart de petits segments de la pêche (étude d'un bassin, d'une espèce et ou d'une flottille), sans liaison avec les autres segments. De plus, en raison de directives européennes et/ou d'un intérêt économique majeur, certains segments font l'objet d'un suivi scientifique plus poussé que d'autres. Les espèces soumises à quota communautaire par exemple sont étudiées toute l'année et mobilisent plusieurs personnes, tandis que d'autres ne sont pas ou peu étudiées.

Afin d'améliorer la connaissance des pêcheries de la Manche d'un point de vue global, un groupe de travail international a été constitué. Le **Channel Fisheries Study Group / Groupe d'Étude des Pêcheries de la Manche** (CFSG/GEPM) est un rassemblement non institutionnel de biologistes halieutes de part et d'autre de la Manche. Il a été créé en 1989 sous l'égide de l'IFREMER (France) et du MAFF-DFR (Royaume-Uni), rapidement rejoints dans leur démarche par les Départements des pêches de Jersey et Guernesey, et par la Station de Pêche Maritime d'Oostende (Belgique).

La création de ce groupe, autour de thématiques de recherche communes à l'échelle de l'ensemble du bassin hydrologique Manche, s'est traduite principalement par l'aboutissement de 4 travaux d'importance majeure pour la compréhension et la description des pêcheries de la Manche. En plus de leur intérêt intrinsèque propre, ces études sont particulièrement utiles pour la phase ultérieure de modélisation, car elles fournissent une description détaillée du système à modéliser. Le but de ce chapitre est de décrire les principaux travaux réalisés en Manche par les différents instituts, tant d'un point de vue local que global, dans les différents domaines d'étude (biologie des espèces, étude des captures, étude des facteurs de production, modélisation bioéconomique). Cette synthèse n'est certes pas exhaustive, mais permet de situer le présent document dans le contexte scientifique d'état général des connaissances dans la région étudiée.

2.1. Biologie des espèces et évaluation des stocks

2.1.1. Études biologiques monospécifiques

La majorité des études réalisées en Manche sont d'ordre biologique, et portent en général sur une seule espèce. Deux ouvrages de synthèse recensent, pour chaque espèce, l'ensemble des études publiées ou non. Le premier est "l'identification biogéographique des stocks" (Anon., 1993a), qui synthétise les résultats de nombreuses études biologiques faites en Manche (voir page suivante). Environ 350 études, portant sur les zones de ponte, les stades larvaires ou juvéniles, les migrations, les études de parasitisme et les paramètres biologiques des populations de 25 espèces commerciales en Manche et alentour sont référencées (la plus ancienne référence remonte à 1902!). Le deuxième ouvrage de synthèse (Dintheer, 1997) est un glossaire bibliographique issu d'une interrogation des bases de données documentaires ASFA (Aquatic Sciences and Fisheries

Abstract) et IFREMER sur 38 espèces depuis 1978. On trouve là aussi un grand nombre de références sur la biologie, la génétique, la biométrie, l'écologie, la toxicologie et la reproduction des espèces, ainsi que des références plus générales sur la pêche et sur l'environnement. Cependant, le nombre de références identifiées est très variable d'une espèce à l'autre, et certaines espèces ont été très peu étudiées dans cette région (comme par exemple la cardine, le rouget, le St. Pierre, le congre ou le calmar). Le niveau actuel de connaissance sur la biologie des espèces apparaît donc comme extrêmement hétérogène.

2.1.2. Étude biogéographique des stocks

Comme on l'a souligné dans le chapitre précédent, la notion de stock est fondamentale dès lors qu'on s'intéresse à la pêche, à son impact sur les ressources et à sa gestion.

Pour les espèces communautaires soumises à quotas, le CIEM a délimité des stocks sur des critères non seulement biologiques mais aussi plus halieutiques (étendue géographique de la pêcherie, Anon., 1997a et b), et considère ces limites comme fixes.

Pour les espèces non soumises à quotas, la connaissance sur la délimitation biogéographique des stocks de pêche a été très largement améliorée après une l'étude faite par le CFSG/GEPM (Anon., 1993a). Ce travail est le résultat d'un contrat d'un an passé entre la DG XIV et l'IFREMER, visant à faire le bilan des connaissances acquises en matière d'identification des stocks pour 25 espèces commercialement importantes en Manche. Il fait suite à un mémoire de fin d'études réalisé par un étudiant de l'ENSAR en stage au laboratoire IFREMER de Port-en-Bessin (Meurou, 1992).

Compte tenu de la situation particulière de la Manche en tant que zone charnière entre l'Atlantique et la Mer du Nord, et d'un système de gestion classiquement basé sur des divisions définies par le CIEM, la cohérence entre ces grands secteurs géographiques et les aires de répartition des principales espèces commerciales se devait d'être clarifiée. L'essentiel du travail a porté sur l'élaboration d'une synthèse des publications existantes, mais aussi des avis scientifiques et des données non publiées des laboratoires côtiers.

Cette étude a permis de classer les stocks exploités en différentes catégories, selon leur appartenance biogéographique (figure 8). On retrouve ainsi en Manche :

- Des espèces dites "résidentes", dont on peut considérer que le cycle biologique se déroule totalement en Manche : coquille St. Jacques, homard, araignée, seiche.
- Des espèces dites "à peuplement régional", c'est à dire présentes toute l'année en Manche mais débordant géographiquement vers l'un ou l'autre des mers adjacentes : tourteau, bar, dorade grise, plie, sole, limande-sole, grondin rouge.
- Des espèces strictement passagères, qui traversent la totalité de la Manche à l'occasion de migrations trophiques ou de reproduction. Ces espèces, à caractère grégaire souvent marqué, sont surtout identifiées au travers de captures massives souvent saisonnières et localisées : maquereau, chinchard, aiguillat, et dans une moindre mesure, le bar (il y a en fait plusieurs stocks de bar en Manche, avec des comportements différents).
- Des espèces en limite de distribution géographique (méridionale ou septentrionale), caractérisées par des entrées saisonnières en Manche Est ou Ouest (rarement les deux à la fois), mais dont la présence semble irrégulière, selon les années et les conditions hydroclimatiques. Les espèces se trouvant en limite méridionale sont : le hareng, la morue, le merlan, la raie bouclée et le sprat (sous réserve de continuité avec la Mer Celtique). Celles se trouvant en limite septentrionale sont : la sardine, le lieu jaune, le merlu, la lingue franche, la raie fleurie et la baudroie.

Ce travail a ensuite été complété par Dunn (1999), pour 5 nouvelles espèces (turbot, barbue, St. Pierre, rouget et huître).

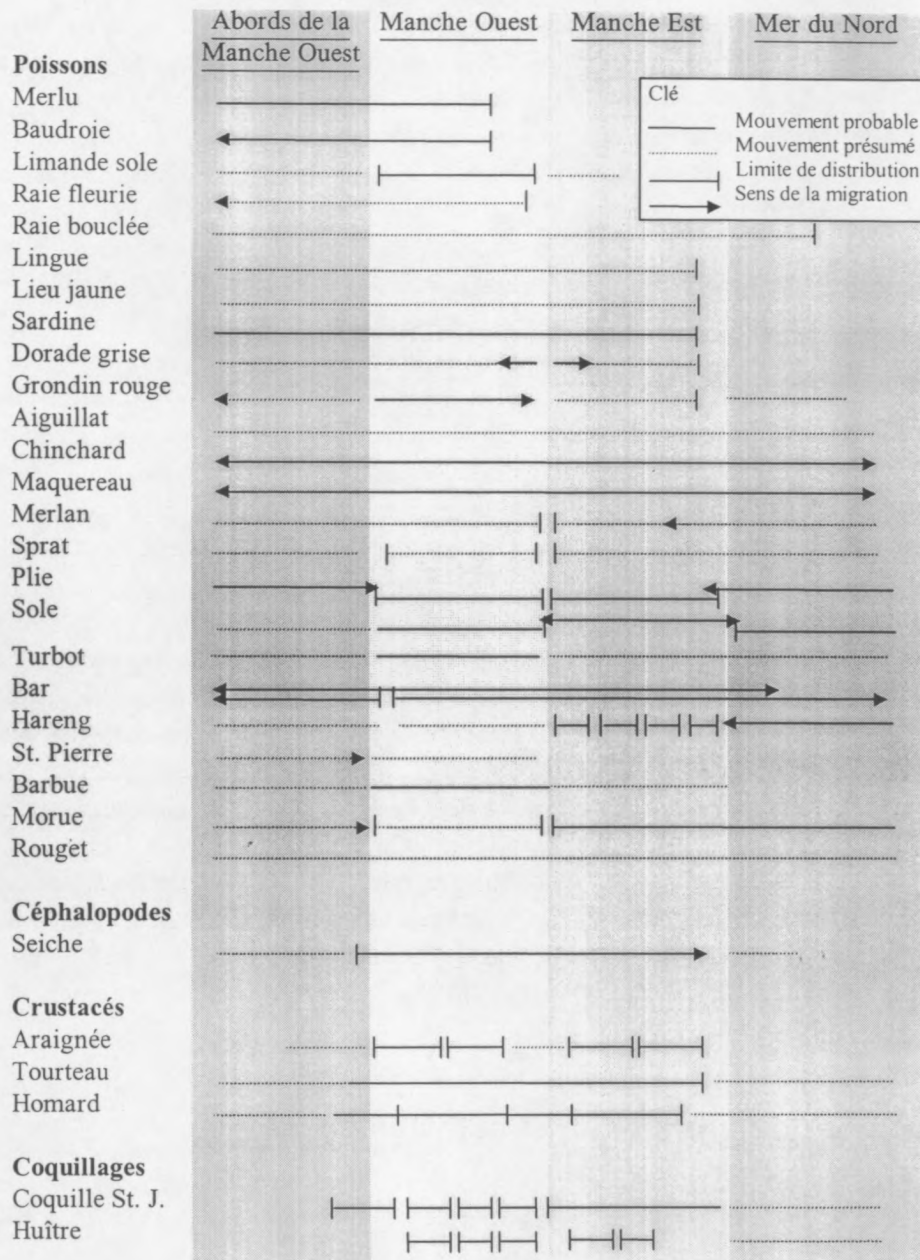


Figure 8. Relations entre les stocks de la Manche et ceux des mers adjacentes (source : Anon., 1993a, Dunn, 1999).

Ce travail présente un intérêt majeur, tant d'un point de vue purement biologique que dans une optique de gestion des ressources. Ainsi, les espèces jugées résidentes devront être particulièrement surveillées par les scientifiques et autorités locaux, alors que les autres pourraient ne plus être prioritaires dans les préoccupations des laboratoires côtiers, dès lors qu'il s'agit de ressources largement partagées et dont l'essentiel des stocks se trouve hors Manche. La gestion est alors du ressort des autorités administratives nationales ou internationales.

2.1.3. Évaluation des stocks

Un certain nombre de stocks sont ou ont été aussi étudiés de manière quantitative. Ainsi qu'on l'a déjà dit, quelques uns font l'objet d'une évaluation annuelle par les groupes de travail du CIEM (Anon., 1997a et b) et font l'objet d'un suivi biologique permanent. D'autres espèces ont été étudiées et évaluées de manière sporadique au cours des années 80 et au début des années 90, bien souvent au cours de stages ou de thèses réalisés au sein des laboratoires côtiers d'IFREMER. Ces études comprennent la plupart du temps un volet biologique approfondi, ainsi que des résultats d'échantillonnage et un diagnostic sur l'état du stock pour une période donnée. Ces travaux portent le plus souvent sur des poissons : tcaud (Desmarchelier, 1986; Didenko, 1998), limande (Tassel, 1988; Didenko, 1998), lieu jaune (Abdesselem, 1992), lingue (Garcia de Leon, 1992), baudroie (Mtimet, 1993). Des études comparables ont été réalisées sur des crustacés, comme l'araignée (Le Foll, 1993) ou des mollusques, comme le buccin (Santarelli-Chaurand, 1985) ou la coquille St. Jacques (Fifas, 1991). Ces espèces ne sont pas suivies régulièrement, et les paramètres biologiques sont peu remis à jour, mais ces études constituent une bonne base de travail. Les principales sorties des modèles appliqués à ces stocks sont des diagrammes d'exploitation, et des estimations du recrutement moyen qui permettent d'estimer la production à l'équilibre pour différents niveaux d'effort.

Afin d'améliorer la connaissance sur la biologie et le niveau d'exploitation d'un certain nombre d'autres espèces non soumises à quotas, une campagne d'échantillonnage biologique, trimestrielle et stratifiée par métier, a été effectuée pendant 2 années (1994-95) dans les principaux ports français et anglais (Dunn *et al.*, 1996). Cette campagne a permis d'étudier notamment la croissance et les structures démographiques de 11 espèces. Parmi celles-ci, 5 ont été considérées comme plus importantes (le bar, la limande-sole, le grondin rouge, le turbot et la barbue) Les études des structures de taille ont été doublées par des estimations de l'âge, par prélèvement des otolithes, et ces stocks ont ensuite pu être évalués par les méthodes usuelles utilisées en dynamique des populations (Dunn, 1999). Les 6 autres espèces ont été uniquement mesurées. Il s'agit de : la dorade grise, le rouget barbet, le St. Pierre, la seiche, l'araignée et la coquille St. Jacques.

2.2. Facteurs de production et activités de pêche

2.2.1. Flottes et navires

Les activités de pêche sont bien moins étudiées que les espèces. Les travaux concernant une flottille ou une activité particulière sont rares. De plus, ils concernent surtout des activités monospécifiques, et donc l'étude de la flottille va de pair avec l'étude biologique de l'espèce associée (Santarelli-Chaurand, 1985; Latrouite & Noël, 1997..).

Quelques ouvrages présentent une description générale des flottes de Manche. Ainsi, Lemoine & Giret (1991), et Morizur *et al.* (1992) décrivent les principales activités de pêche, selon les ports d'attache et les classes de taille des navires, ainsi que l'état général des principaux stocks associés, pour la Manche orientale française et la Manche occidentale française respectivement. Suite à une enquête exhaustive sur l'ensemble des navires bretons (nord et sud) réalisée en 1994, Berthou *et al.*(1997) décrivent l'activité des flottes selon les métiers pratiqués et les caractéristiques techniques des navires.

Peu de recherches ont été entreprises pour examiner les facteurs qui affectent l'effort ou la production. D'anciens travaux ont étudiés la puissance de pêche des chalutiers dans la Manche entre 1965 et 1968 (Houghton, 1977). Cependant ces résultats ne sont probablement plus valables

à l'heure actuelle. Large (1992) a montré que la puissance de pêche des navires de la Manche a considérablement changé au cours des années, mais n'a pas essayé de quantifier les facteurs à l'origine de ces changements. Jaffry (1995) a montré que la puissance de pêche et la taille des navires étaient les principales caractéristiques physiques affectant la puissance de pêche des chalutiers de fond dans la pêcherie, mais qu'une variabilité considérable, notamment due à la compétence du patron-pêcheur, était encore inexplicée par le modèle. Pascoe & Robinson (1996) ont développé un modèle d'estimation de la dérive des puissances de pêche s'appuyant sur des données commerciales de captures aux âges et des résultats de campagne de chalutage scientifique. Le Pape & Vigneau (1998) ont montré que la capacité de pêche des navires de Manche orientale française dépendait à la fois des caractéristiques des navires et de la main d'oeuvre embarquée. La méthode développée par les auteurs, et utilisée au cours du programme FAIR, est présentée en partie II.

2.2.2. Activités de pêche et métiers

Un projet de description exhaustive des activités de pêche en Manche et de typologie unifiée des métiers sur l'ensemble de la pêcherie a été initié par le CFSG/GEPM comme préalable à une modélisation multi-flottes. En effet, bien que le concept de métier soit utilisé par les différents laboratoires, ses définitions, codages et typologies diffèrent d'un bassin à l'autre, d'un laboratoire à l'autre. Il s'avérait donc nécessaire d'homogénéiser ces différentes définitions et d'adopter une seule classification valable pour l'ensemble du bassin Manche. Le CFSG/GEPM a ainsi identifié et caractérisé 74 métiers (séparés par pays), classés selon les "super-métiers" cités dans le chapitre précédent (chalutage, dragage, fileyage, caseyage, ligne, et autres métiers). Cette typologie est décrite dans le catalogue international des activités des flottes de la Manche (Tétard, Boon *et al.*, 1995). Pour chaque métier, une estimation de l'effort et des captures par espèce correspondantes est indiquée, ainsi que son extension géographique. Ce catalogue met un accent particulier sur la succession des métiers au cours de l'année (complémentarité ou substitution), et sur la mise en évidence d'interactions techniques pouvant exister pour la ressource et/ou pour l'espace.

Dans un but de simplification, il est fait référence à cet ouvrage sous l'appellation réduite de "catalogue des métiers". De même, lorsque la typologie des métiers définie par le catalogue est utilisée, par opposition aux anciennes typologies locales et hétérogènes utilisées par les laboratoires côtiers, on parlera de "métier CFSG". La liste des métiers est indiquée tableau 8

2.3. Production, captures et marchés

La plupart des travaux précédemment cités inclut des informations sur les niveaux de production, soit par espèce (comme préalable à l'évaluation des stocks), soit par flotte et/ou par métier (pour décrire l'importance relative des différentes activités de pêche). Deux autres travaux s'inscrivent dans une approche plus globale d'étude de la production.

2.3.1. Étude des rejets

"L'estimation des rejets est une phase importante dans la procédure d'évaluation des pêcheries. C'est en effet à partir des quantités totales capturées par stock, et non seulement de celles mises à terre, qu'il est possible d'estimer l'abondance des ressources, de quantifier la mortalité par pêche à laquelle sont soumises les différentes phases du cycle vital des stocks (juvéniles, adultes..) et de fournir des avis sur l'évolution des pêcheries. La connaissance de la structure démographique

Tableau 8. liste des métiers CFSG et de leur espèces cibles (source : Tétard, Boon et al., 1995). Les codes des espèces sont explicitées en annexe 1.

code	libellé	espèces cibles	code	libellé	espèces cibles
B1.1	Belg. - chalutage hauturier ouest	pol cod whg ple sol	F6.2	France - caseyage côtier	cre scr lbe
B1.2	Belg. - chalutage hauturier est	cod pol whg bib ple sol dab	F6.3	France - caseyage à petits crustacés	cpr mis
B2.1	Belg. - chalutage à perche hauturier est	sol ple gux bib bll ska dgh dab	F6.4	France - casiers à buccin	whe
B2.2	Belg. - chalutage à perche hauturier ouest	sol ple tur bll cod gux bib ska dgh	F6.5	France - casiers à seiche	ctl
C1.1	CI - chalutage hauturier ouest	ska ple bss lin sol	F7.1	France - palangre hauturière	dgh coe lin ska dgs
C4.1	CI - drague à coquille St.J. ouest	sce	F7.2	France - palangre côtière	bss coe lin cod pol ska
C5.1	CI - filets fixes à araignée ouest	scr cre	F8.1	France - ligne à main	bss pol mac
C6.1	CI - caseyage hauturier	cre scr lbe	F9.3	France - exploitation des algues ouest	mis
C6.2	CI - caseyage côtier	cre scr lbe	U1.1	RU - chalutage ouest	whg ctl ple lem sqc mon ska bib cod
C6.3	CI - casiers à buccin	whe	U1.2	RU - chatutage est	ple whg spr cod sol ctl mac ska bss
C7.1	CI - palangre hauturière	ska coe dgs dgh mis	U2.1	RU - chalutage à perche hauturier est	sol ple ctl bib mon ska gux lem cod
C7.2	CI - palangre côtière	coe bss ska dgh	U2.2	RU - chalutage à perche hauturier ouest	sol mon meg ctl ple bib lem ska gux sce
C8.1	CI - ligne à main	bss mac pol	U2.3	RU - chalutage à perche côtier ouest	sol mon ctl ple bib ska lem meg sce
C8.2	CI - lignes ouest	coe lin cod pol bss tur	U3.1	RU - chalutage pélagique ouest	mac hom spr pil her
C9.1	CI - aquaculture ouest	mis (ost tps abp)	U3.2	RU - chalutage pélagique est	mac pil spr her hom bss mis
C9.2	CI - pêche en plongée côtière ouest	sce scr	U3.3	RU - senne coulissante	mac pil hom
F1.1	France - chalutage hauturier ouest	ctl mon sqc gux cod lin pol ska whg hke	U4.1	RU - drague à coquille St.J. ouest	sce mon sol ple
F1.2	France - chalutage hauturier est	whg ctl mac cod ple gux bib sqc her	U4.2	RU - drague à coquille St.J. est	sce sol ple
F1.3	France - chalutage côtier ouest	ctl qsc sol sce gux ska bss mon	U4.3	RU - drague à huitres est	mis
F1.4	France - chalutage côtier est	ple sol ctl mac dab tur	U4.4	RU - drague à bivalves est	mis
F1.5	France - chalutage de la crevette grise est	crn sol tur	U4.5	RU - drague à pétoncles ouest	qsc
F2.1	France - chalutage à perche hauturier	sol ple tur ctl dab	U5.1	RU - filets fixes à gadidés ouest	pol lin cod mon hke dgs ska mac whg
F3.1	France - chalutage pélagique ouest	bss sbr mac hom	U5.2	RU - filets fixes à bar ouest	bss mis sol ple cod whg
F3.2	France - chalutage pélagique est	mac her hom whg bss cod	U5.3	RU - filets fixes à bar est	bss mis sol ple cod whg
F3.3	France - chalutage pélagique indus. est	her	U5.4	RU - filets fixes trémails à sole est	sol ple cod bss dgs ctl scr
F4.1	France - drague à coquille St.J. ouest	sce	U5.5	RU - filets maillants à cabillaud est	cod ple whg dgh sol
F4.2	France - drague à coquille St.J. est	sce	U5.6	RU - filets fixes à merlu ouest	hke
F4.3	France - drague à bivalves ouest	mis qsc	U5.7	RU - filets fixes à grand maillage	ska dgs mon pol cod tur bll cre crw lbe
F4.4	France - drague à poissons plats est	sol bll ple tur ctl	U5.8	RU - filets dérivants à bar	bss cod mis sol whg ska
F4.5	France - drague à moule est	mis	U5.9	RU - filets maillants à poissons plats est	sol ple cod ctl bss dgs scr
F5.1	France - filets fixes du large ouest	hke pol mon lin cod dgs	U6.1	RU - caseyage hauturier	cre lbe scr crw
F5.2	France - filets à petites mailles ouest	sol bss pol	U6.2	RU - caseyage côtier	cre lbe scr crw
F5.3	France - filets fixes à grande maillage	mon tur cre sol bll ska crw bll	U6.3	RU - casiers à buccin	whe cre
F5.4	France - filets fixes côtiers à sole est	sol ple ctl tur dgh	U7.1	RU - palangre est	cod dgs dgh ska bss
F5.5	France - filets fixes côtiers à cabillaud est	cod ska ple tur dgh whg	U7.2	RU - palangre ouest	lin coe dgs ska tur
F5.6	France - filets fixes à araignée ouest	scr	U8.1	RU - ligne à main	bss mac pol
F6.1	France - caseyage hauturier	cre scr lbe	U8.2	RU - lignes	cod lin pol mac bss sbr ska ple tur

Belg. : Belgique. CI : Iles Anglo-Normandes (Channel Islands). RU : Royaume-Uni.

des captures totales par métier est essentielle pour l'analyse des interactions entre métiers exploitant une même ressource." (A. Forest - Morizur *et al.*, 1996).

L'étude des rejets, malgré son importance, est cependant peu effectuée par les scientifiques en charge de l'évaluation des ressources. Coûteuse, longue et difficile à mettre en place (car elle ne peut se faire que par des mesures directes à bord des navires professionnels), elle n'est souvent réalisée que de manière sporadique (Charuau & Biseau, 1989 ; Peronnet, 1991).

Les rejets ont été peu étudiés en Manche. Seule une campagne d'étude des rejets dans la pêche artisanale française de Manche Ouest, effectuée par le laboratoire IFREMER de Brest a été réalisée pendant 1 an en 1992-93, et reste à ce jour la seule publiée dans ce secteur (Morizur *et al.*, 1996). Elle concerne 4 métiers : le fileyage à petit maillage, le fileyage à grand maillage, le chalutage côtier et le chalutage hauturier. Au cours de la campagne, les structures démographiques des captures (débarquements + rejets) de 47 espèces ont été estimées, par mesures directes en longueur des individus.

Le taux de rejet est fortement variable selon les espèces et les métiers. Certaines espèces sont assez peu rejetées (boudin, turbot, barbeau...). En revanche, d'autres subissent un taux de rejet extrêmement élevé, voire même total. Ainsi, les crustacés peuvent être rejetés à 80-90% par le fileyage à petit maillage, et la dorade grise, à 95% par le chalutage côtier. Le chinchard et la limande sont rejetés à près de 100% par l'ensemble des métiers.

2.3.2. Élaboration d'une base de données de production commune

Un important travail a été mené dans le cadre du CFSG, visant à l'élaboration d'une base de données de production commune (Dintheer *et al.*, 1995b). Les premières tentatives de diagnostic plurispécifique, de mesure des interactions techniques ou d'approche bioéconomique se sont en effet rapidement heurtées à une trop grande hétérogénéité et/ou à une non disponibilité immédiate des données. Soutenu et cofinancé par la Commission Européenne (DG XIV), ce projet avait pour but de concevoir une base de données permettant de regrouper des informations approfondies dans de nombreux domaines touchant à l'exploitation des stocks de Manche (biologie, techniques d'exploitation, statistiques de pêche, économie), et d'archiver des données désagrégées par type d'exploitation (métier), par unité géographique (rectangle statistique et/ou division CIEM), et par unité temporelle (mois). Après recensement et synthèse des données existantes au sein des divers organismes contractants, les différentes rubriques ont été définies. La base BAHAMAS (Base Halieutique pour une Manche Stratifiée) a été conçue selon une structure modulaire et évolutive de type ACCESS 2.0, permettant d'archiver dans différentes tables divers types d'information. 19 tables ont ainsi été définies, toutes reliées à l'une et/ou l'autre des deux clés principales que sont l'espèce et le métier.

Cette base de données, largement utilisée au cours du présent programme européen, est présentée plus en détail dans la partie II de ce document.

2.3.3. Étude des marchés

Très peu de travaux ont trait à la dynamique des marchés en Manche. La plupart des espèces anglaises ont été étudiées par quelques auteurs (cf. Par exemple Ioannides & Whitmarsh, 1987, Burton, 1992), mais les espèces de la Manche, en général peu significatives à échelle nationale, ont été souvent négligées. Collins (1995) a examiné la formation des prix pour les principales espèces de coquillages en Manche, et conclut qu'il existait un marché commun sur les côtes

anglaises. Des travaux sont actuellement en cours sur les marchés français (Pérez Agundez, en prép.; Charles, en prép.).

2.4. Modélisation bioéconomique

Jusqu'à présent, peu de travaux de modélisation ont été entrepris sur les pêcheries de la Manche. Pascoe (1995) a développé un modèle bioéconomique préliminaire des chalutiers de la côte anglaise. Ce modèle rassemblait cinq métiers (deux métiers du chalut de fond, et trois métiers du chalut à perche). La flottille était segmentée par région d'origine, type de bateau (chalutier de fond ou à perche), et taille. L'activité de pêche des segments de flottille était définie par zone (métier) et saison de pêche. Les débarquements de dix espèces (plus une catégorie agrégée pour les autres espèces) étaient estimés pour chaque segment de flottille dans chaque activité, à partir de l'allocation de l'effort de chaque segment. Les prix et les coûts étaient considérés comme exogènes. Ce modèle était un modèle d'optimisation (cf. chapitre suivant) recherchant la maximisation de la rente totale de la pêcherie.

Le modèle a ensuite été amélioré en incluant les métiers d'arts dormants (casiers, filets et lignes), et les métiers de dragage (Pascoe, 1997). Les mêmes espèces que précédemment ont été incluses dans le modèle. Les résultats étaient cohérents avec l'information disponible sur la pêcherie. Cependant, aucune étude biologique de dynamique des stocks n'était incluse dans le modèle, ce qui limitait sa portée à des analyses de court terme. Il a été utilisé pour estimer la configuration de la flottille maximisant le profit total sous certaines contraintes. Mais comme il ne prenait pas en compte les effets d'un changement de l'effort sur la structure et la taille des stocks, les résultats n'ont donné que de faibles niveaux de profits.

Quelques études bioéconomiques ont également été conduites du côté français de la pêcherie. Santarelli & Gros (1986) ont construit un modèle bioéconomique de la pêcherie de buccin dans le Golfe Normano-Breton. Le modèle a permis de simuler les effets à court et long terme de changements de l'effort de pêche et des diagrammes d'exploitation, et d'estimer la taille de la flottille et le nombre de casiers par bateau maximisant le profit dans la pêcherie. Meuriot *et al.* (1987) ont développé un modèle bioéconomique de la pêcherie de coquilles St. Jacques en Baie de St. Briec. Les simulations ont porté principalement sur l'étude de deux aspects fondamentaux de la pêcherie : l'importance du taux d'utilisation de la capacité de capture (nombre total de jours de mer par bateau standard) sur les performances économiques de la pêcherie, pour différentes valeurs du recrutement moyen, et sur le caractère aléatoire des résultats économiques dû à un recrutement hautement fluctuant. Les distributions de probabilité des principales variables sont prises en compte pour calculer le nombre optimal de licences de pêche autorisées, en utilisant des analyses de risques.

Un programme interdisciplinaire de deux ans, AMURE (AMénagement des Usages, des Ressources et des Écosystèmes marins) a été lancé en 1995. Il s'agit d'un programme de recherche commun IFREMER/UBO (Université de Bretagne Occidentale) traitant de l'aménagement des ressources et des usages dans les pêches côtières de Bretagne Nord, et particulièrement dans le Golfe Normano-Breton. Des études biologiques, économiques et juridiques ont d'abord été conduites séparément la première année (Berthou *et al.*, 1996 ; Boncoeur *et al.*, 1996). Puis les politiques de gestion actuelles et alternatives ont été étudiées et comparées. Boncoeur *et al.* (1998a) ont étudié les nombreux conflits qui caractérisent le Golfe Normano-Breton. Une étude multidisciplinaire montre que ces conflits, malgré leur apparente diversité, sont tous liés à un problème d'augmentation de la capacité de pêche. S'attaquer à ce problème, au lieu d'instaurer des réglementations régissant le partage des zones de pêche entre les différentes flottilles comme

cela est fait traditionnellement, est une des clés majeures de résolution des problèmes dans la pêche.

Boncoeur *et al.* (1998b) ont également mesuré les impacts biologiques et économiques du rejet estival d'araignée par les chalutiers côtiers sur les caseyeurs et fileyeurs ciblant cette espèce. Les résultats de l'étude tendent à prouver qu'une interdiction du chalutage côtier en août et septembre dans cette zone apporterait un bénéfice économique global à l'ensemble de la pêche.

2.5. Conclusion

La synthèse bibliographique présentée ici montre qu'il existe déjà un certain nombre d'études ayant trait aux pêcheries de la Manche. La plupart sont des études biologiques monospécifiques, mais il existe également quelques études économiques locales. Enfin, quelques travaux issus de groupes de travail interdisciplinaires et/ou internationaux ont grandement amélioré la connaissance sur la pêche d'un point de vue global, en insistant sur ses aspects plurispécifiques et multi-flottes. Cette synthèse montre aussi deux autres choses. La première, c'est que **la connaissance biologique est très variable selon les espèces**, et que certaines sont bien suivies et bien étudiées alors que d'autres n'ont fait l'objet que d'études ponctuelles, voire même d'aucune étude dans ce secteur. Nous concluons dans le premier chapitre que l'hétérogénéité biologique des différentes espèces était une contrainte forte à la modélisation. Il en est de même pour l'hétérogénéité de la connaissance, et pour cela aussi il faudra développer une méthodologie de travail homogène. La deuxième chose, c'est qu'un certain nombre de travaux préalables à la modélisation de la pêche dans son ensemble ont déjà été réalisés, notamment dans le cadre du CFSG/GEPM. Mais le passage du descriptif au quantitatif n'a jusqu'à présent pas été réalisé de manière globale, sauf pour la conception de la base de données internationale. Le présent travail s'inscrit donc naturellement dans la continuité de ces études, et se base largement sur leurs résultats.

3. LES MODÈLES BIOÉCONOMIQUES DES PÊCHERIES

L'avènement des ordinateurs au cours des dernières décennies a conduit à une très forte augmentation de l'analyse quantitative des pêcheries. Les modèles sont maintenant largement utilisés dans le monde entier sur un grand nombre de pêcheries très diversifiées. Le développement des modèles de pêcheries a aussi conduit à une sophistication de la gestion des pêches. Les gestionnaires ne sont plus désormais seulement demandeurs d'avis scientifiques sur les grandes tendances et les politiques générales, mais aussi sur des questions beaucoup plus spécifiques concernant le niveau d'effort à atteindre et la valeur d'un quota.

Le but de ce chapitre est de présenter les différents types de modèles bioéconomiques utilisés en gestion des pêches à travers le monde. Ceci est en partie la traduction en français d'une revue bibliographique réalisée dans le cadre du projet européen "modélisation bioéconomique des pêcheries de la Manche" (Pascoe, Dunn & Ulrich, 1998).

3.1. Place des modèles en halieutique

3.1.1. Qu'est-ce qu'un modèle ?

D'après Israel (1996, dans Maury, 1998), la modélisation a aujourd'hui acquis le statut de méthode scientifique, au même titre que l'expérience. Mais le débat épistémologique sur la définition du modèle scientifique est entretenu par de nombreux auteurs, scientifiques ou non. Pour certains auteurs, le modèle est un simple "laboratoire théorique", permettant une représentation simplifiée et généralisée de la réalité et de ses caractéristiques les plus importantes : *"le modèle est une abstraction de la réalité pour réduire la variété et la complexité du monde réel à un niveau qui peut être compris et clairement spécifié."* (Lee, 1980). Pour Legay (1997) au contraire, ce terme de *"représentation simplifiée de la réalité"* est un terme dangereux à proscrire, car *"il n'y a qu'un pas ensuite pour faire du modèle la réalité elle-même. [...] Il y a un gouffre entre modèle et réalité, outre leur état d'outil de la recherche pour l'un, objet de la recherche pour l'autre. L'un, le modèle, est une construction finie, humaine et nous appartient ; l'autre, la réalité, est inépuisable, va bien au-delà de nous mêmes et reste éternellement à maîtriser"*.

La démarche de modélisation relève de la démarche théorique, par sa capacité d'abstraction et de formalisation du réel pour mieux le comprendre (Maury, 1998). Déterminer quels facteurs inclure dans le modèle, et lesquels exclure requiert au préalable une bonne appréhension du système dans son ensemble. La simulation cherche à explorer les conséquences de différentes hypothèses faites sur le fonctionnement de la réalité et formalisées dans le modèle. Ainsi, **l'utilisation des modèles doit permettre d'accroître les connaissances sur la manière dont un système donné est censé se comporter dans des circonstances qu'il n'est pas possible (pour des raisons économiques, techniques, politiques, éthiques ou morales) d'expérimenter dans la réalité** (Lee, 1980). Mais le modèle ne doit pas pour autant occulter l'expérience, nécessaire validation des hypothèses formulées. Les deux méthodes ne sont pas antithétiques mais bien plutôt complémentaires. En effet, il n'y a pas de modèle qui soit faux. Seul l'utilisateur peut se tromper, et lui seul est responsable des choix de son modèle et des hypothèses sur lesquelles il repose. (Legay, 1997).

3.1.2. modélisation bioéconomique des ressources naturelles

En halieutique, la modélisation s'est vite révélée comme une méthode particulièrement utile et prometteuse. La difficulté de l'expérimentation biologique (difficulté de l'observation océanographique, grandeur des échelles spatio-temporelles) a fait que l'halieutique quantitative, et particulièrement la dynamique des populations s'est rapidement appuyée sur des modèles mathématiques explicatifs. Pressée par une demande d'avis scientifique dans un contexte de diminution des stocks mondiaux, elle a développé des outils de modélisation de plus en plus performants.

L'économie des pêches s'est développée plus récemment, également dans le contexte de diminution des revenus engendrés par la diminution des captures. D'abord considérées comme deux disciplines aux vocations bien différenciées et évoluant de manière assez indépendante, la biologie et l'économie halieutique sont depuis quelques années de plus en plus souvent étroitement associées dans le cadre d'études globales de pêcheries, afin de donner un diagnostic général sur l'ensemble des composantes du système ressources/pêcheurs.

L'utilisation de modèles bioéconomiques n'est pas spécifique au monde de la pêche. Des modèles bioéconomiques semblables ont été utilisés depuis le début des années 80 dans le cadre de programmes de gestion d'autres ressources naturelles telles que les pâturages et zones d'agriculture extensive (Standiford & Howitt, 1992; Hu *et al*, 1997), les animaux sauvages (Cooper, 1993; Skonhoft & Solstad, 1996), la foresterie (Bhat & Huffaker, 1991; Menz & Grist, 1996), les ravageurs de cultures et les mauvaises herbes (Oriade, 1996; Buhler *et al*, 1997) et la production agricole animale ou végétale (King, 1993; Oriade & Dillon, 1997).

3.2. Objectifs et structure des modèles bioéconomiques des pêcheries

3.2.1. Objectifs

L'objectif général de la gestion des pêches est de s'assurer que les ressources sont exploitées de manière rationnelle et durable. Les modèles bioéconomiques proposent en général deux points de référence considérés comme des objectifs potentiels à atteindre : La **production maximale équilibrée** (MSY - Maximum Sustainable Yield - c'est à dire le niveau maximal de captures obtenu de manière durable) et le **rendement économique maximum** (MEY - Maximum Economic Yield - c'est à dire le niveau de captures, en général inférieur au MSY, qui produit le plus de rente économique). En pratique, les gestionnaires des pêches ont plutôt **plusieurs objectifs**, dont certains peuvent être opposés. Cela peut inclure des objectifs sociaux tels que le maintien de l'emploi, l'augmentation du niveau de biomasse des stocks exploités, l'augmentation de la production ou l'augmentation des revenus, individuels ou globaux. Ces critères multi-objectifs peuvent également être inclus dans les modèles. Mais la définition des objectifs à atteindre n'est pas du ressort des scientifiques. C'est aux politiques de décider, en fonction des priorités qu'ils se donnent, des objectifs à atteindre.

Une fois ces objectifs économiques, biologiques et sociaux établis par les gestionnaires, deux problèmes sont alors à résoudre :

- Identifier le niveau d'effort et/ou de captures correspondant à ces objectifs ;
- Mettre en place les mesures permettant de l'atteindre, par étude de l'impact de différents scénarios.

C'est dans le but de répondre à ces questions que les modèles bioéconomiques sont développés, en tant qu'outils d'aide à la décision. Un modèle biologique seul permet d'estimer le niveau de captures et d'effort permettant de réaliser un objectif biologique donné, mais l'adaptation des

acteurs de la pêche à des contraintes politiques est d'abord une question économique. Seules des études conjointes permettent alors théoriquement de répondre à ces deux questions.

3.2.2. Structure

Dans la plupart des cas, la composante économique d'un modèle bioéconomique est construite sur les sorties d'un modèle biologique, intégrant ainsi toute sa structure et sa complexité. Ainsi, les modèles bioéconomiques fournissent un moyen de combiner l'ensemble de ce qui est connu sur la pêche, de la dynamique des stocks exploités à celle des flottilles, au sein d'une seule et même entité. Le développement d'un modèle bioéconomique est donc une tâche multidisciplinaire, nécessitant une collaboration entre biologistes et économistes. C'est cette rencontre des disciplines qui permet d'améliorer la connaissance globale du système, et d'appréhender sa complexité.

Un modèle bioéconomique est donc la plupart du temps composé de 3 modules : un module d'effort de pêche, un module biologique, et un module économique (figure 9).

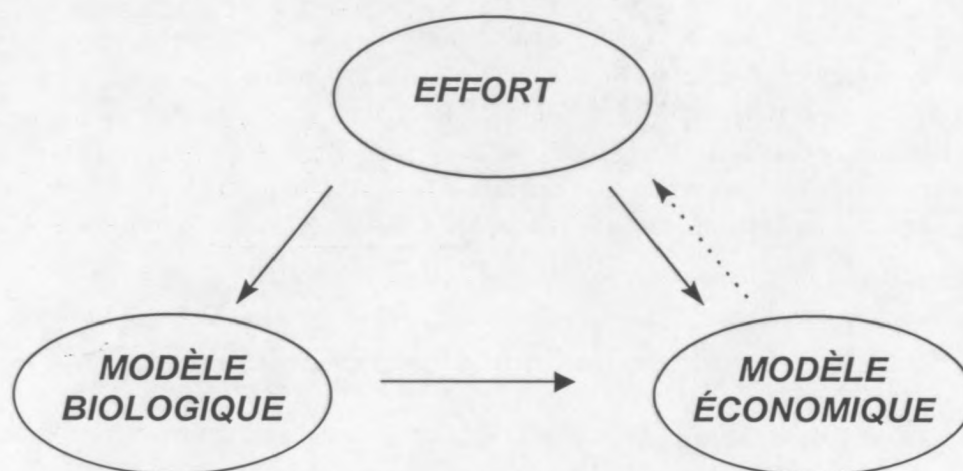


Figure 9. Structure de base d'un modèle bioéconomique de pêche

Le premier module décrit l'effort de pêche. La modélisation, en particulier dans le cas de pêcheries plurispécifiques et plurimétiers n'est concevable que lorsqu'un découpage spatial en a été pratiqué, qu'un pas de temps de base a été choisi, que la flottille a été décomposée en un nombre réduit de groupes, et que les modes de pêches ont été ramenés à un nombre fini d'activités types. L'unité standard d'effort et son calcul sont donc très variables d'un modèle à l'autre, en fonction de la précision des données de base, des caractéristiques de(s) l'engin(s) utilisé(s) (arts trainants/arts dormants), du nombre et de la diversité des espèces exploitées et des activités pratiquées (Laurec *et al*, 1991). Le deuxième module est le modèle biologique, qui va associer un niveau de captures par espèce à un niveau d'effort donné, grâce aux études de dynamique des populations et d'évaluations des stocks conduites parallèlement. Enfin, le troisième module est le module économique. Ses inputs sont en fait les outputs des deux autres modules. Le module économique calcule différents indicateurs économiques à partir d'études sur les coûts et les revenus. La mesure de l'effort de pêche issue du module d'activité est transformée en coûts liés à l'activité (coûts fixes et coûts variables), et les captures issues du module biologique sont transformées en chiffre d'affaires via un prix de vente. Ce chiffre d'affaires est lui-même soumis à des coûts (taxes, salaire à la part).. La différence des coûts et des revenus donne le profit économique.

Le modèle comprend aussi parfois un mécanisme de retour (feedback) qui relie le niveau de profit au niveau d'effort. A ce moment là l'effort est considéré comme endogène au modèle.

Un module de gestion peut également être superposé sur cette structure basique. On peut alors mesurer les effets de mesures de gestion portant sur les captures (TAC et quotas), l'effort (réduction directe de l'effort de pêche) ou les coûts (taxes). (figure 10).

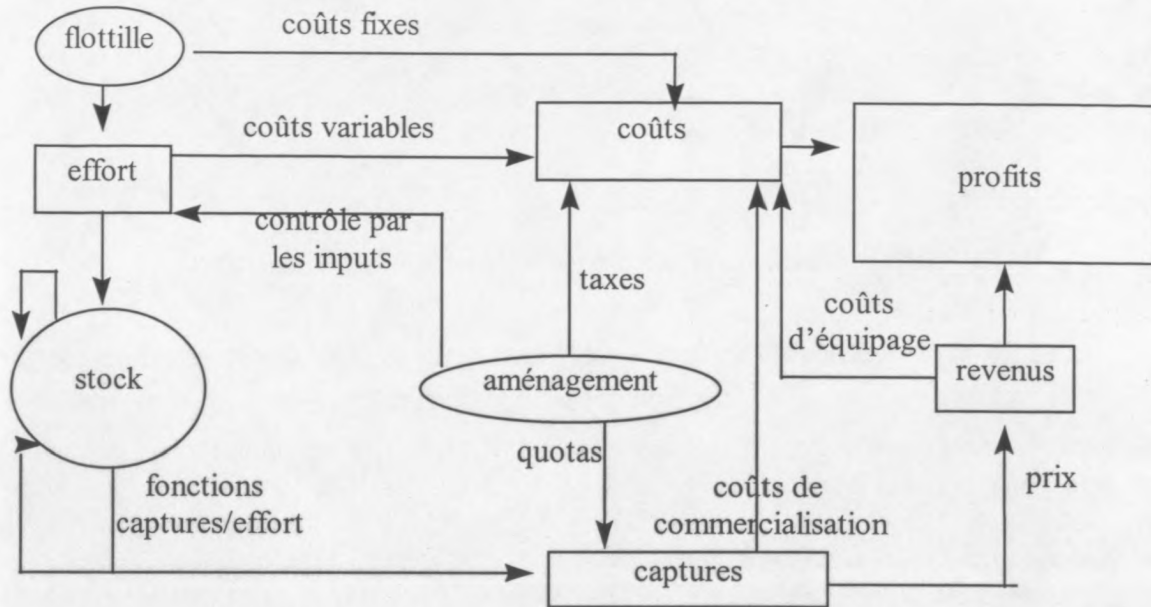


Figure 10. Diagramme représentatif d'un modèle bioéconomique

3.3. Différentes classifications des modèles bioéconomiques

Les modèles bioéconomiques peuvent être classés de différentes manières. Ils peuvent estimer les résultats de long terme à l'équilibre pour une simulation particulière (modèles à l'équilibre), ou examiner l'évolution du système à chaque pas de temps après changement des conditions initiales (modèles dynamiques). De plus, ces modèles peuvent être utilisés pour estimer la configuration initiale permettant de réaliser un objectif donné (modèles d'optimisation), ou peuvent étudier les résultats attendus d'une configuration initiale donnée (modèles de simulation). Ces catégories ne sont pas mutuellement exclusives. La plupart des modèles bioéconomiques peuvent être classés soit en modèle à l'équilibre ou modèle dynamique d'une part, et soit en simulation soit optimisation d'autre part.

Les différents types sont présentés ici successivement, avec quelques exemples d'utilisation. Mais bien entendu la littérature citée n'est pas exhaustive, il s'agit seulement d'une sélection des modèles déjà développés.

Il est à noter que la majorité des travaux bioéconomiques ont été publiés par des économistes, dans des revues économiques. L'évaluation des stocks et la dynamique des populations exploitées fait l'objet d'un grand nombre de travaux, non reliés à l'analyse économique. L'analyse biologique du système étudié peut se faire de manière indépendante, et de fait les biologistes sont souvent peu enclins à la bioéconomie. En revanche, le module économique d'un modèle bioéconomique est toujours placé en aval du module biologique. En effet, les inputs du modèle économique sont les

outputs du modèle biologique. Ainsi, tout économiste de ressources naturelles exploitées et finies doit s'appuyer sur la dynamique de ces ressources, on parle alors de bioéconomie.

Cependant, on peut remarquer également que le terme de bioéconomie a parfois été un peu galvaudé et abusivement utilisé. En effet, certains travaux prétendent bioéconomiques sont composés soit d'un module biologique complexe suivi d'un module économique très simplifié, soit d'une étude économique très poussée reposant sur des hypothèses biologiques sommaires et un modèle schématique. La réelle collaboration entre les deux disciplines pour une approche globale est relativement récente. C'est une approche à encourager.

La synthèse ci-dessous s'adresse donc plutôt à des biologistes, moins versés dans les études bioéconomiques, qu'à des économistes.

3.3.1. Modèles dynamiques et modèles statiques

3.3.1.1. Rappel sur les notions de court et long terme en biologie et en économie

Biologistes et économistes n'ont pas les mêmes définitions ni les mêmes pas de temps pour caractériser le court et le long terme.

En biologie :

- le court terme représente les 2 ou 3 années suivant la période d'intérêt. Suite à un changement du diagramme d'exploitation, la population n'a pas eu le temps encore de retrouver un état d'équilibre.
- Le long terme correspond à une situation d'équilibre, après un effort stable sur une longue période. On peut considérer que, en l'absence d'hypothèses sur une relation stock-recrutement, l'équilibre est atteint lorsque toutes les classes d'âge exploitées ont été soumises à la même pression de pêche (mortalité par pêche constante âge par âge). Le long terme est donc assimilable à la durée de vie de la phase exploitée par la pêcherie.

En économie :

- à court terme, seuls les facteurs variables évoluent (prix des espèces, nombre de jours de mer, répartition de l'activité entre les métiers), la structure d'exploitation restant fixe (les navires appartiennent toujours à la même flottille).
- à long terme, des ajustements structurels peuvent s'opérer (changement de l'outil de production ou des techniques de production).

Ainsi par exemple un navire équipé aux arts dormants pourra à court terme choisir de pratiquer plutôt le casier ou plutôt le filet, et ceci sans ajustement structurel majeur. En revanche, il ne pourra pas pratiquer un art traînant, car cela nécessiterait une modification complète de sa structure et des investissements importants.

Ainsi, un modèle de long terme (à l'équilibre) d'un point de vue biologique peut parfaitement être considéré comme un modèle de court terme d'un point de vue économique. C'est d'ailleurs le cas pour le modèle bioéconomique de la Manche présenté ici (cf. partie IV).

3.3.1.2. Caractérisation des deux types de modèles

Les modèles statiques (à l'équilibre du point de vue biologique) fournissent une indication du niveau de captures et de profit économique à long terme pour un niveau donné d'effort de pêche. Les modèles dynamiques fournissent des indications sur les effets d'un changement dans l'allocation d'effort (ou d'une politique de gestion) sur le niveau des captures et les profits

économiques pour chaque année d'une série temporelle. En principe, un modèle dynamique paramétré sur un grand nombre de pas de temps devrait converger vers les mêmes résultats que le modèle statique, ou au moins osciller autour du point d'équilibre. Cependant, comme le modèle est généralement non linéaire, ceci se vérifie rarement (O. Le Pape, comm. pers.).

Les deux types de modèles ont été largement utilisés en bioéconomie des pêches, et les exemples sont très nombreux. Les modèles statiques sont les plus nombreux, et les plus anciens en général (cf. par exemple Clarke *et al*, 1992. Placenti *et al*, 1992). Les modèles dynamiques ont par exemple été utilisés pour estimer le taux de décroissance du stock d'hoplostète en Australie (Campbell *et al*, 1993), et tester la gestion de la pêcherie indonésienne de poissons volants (Resosudarmo, 1995). D'autres exemples de modèles dynamiques de pêcheries sont également présentés dans Ruth & Hannon, 1997.

Le choix de l'un ou l'autre des deux types de modèles dépend de la question posée. Si l'objectif du modèle est de déterminer des niveaux de captures et/ou de rentabilité économique, les modèles statiques sont souvent mieux appropriés. Au contraire, si le problème est d'estimer les coûts et bénéfices d'un changement dans la politique de gestion, un modèle dynamique peut s'avérer plus utile. Par exemple les bénéfices ne peuvent être sensibles que quelques années après, alors que l'influence sur les coûts sera immédiate. Cette information est importante dans le processus de prise de décision.

Mais le choix d'un modèle peut aussi être dicté par la connaissance de la pêcherie, et les données disponibles. L'utilisation d'un modèle dynamique sous-entend une connaissance approfondie de la dynamique de chacun des paramètres, ce qui est rarement le cas. Le risque est de voir apparaître des comportements chaotiques sensibles à la valeur initiale des variables (Ruth & Hannon, 1997). En conséquence, les modèles dynamiques peuvent être considérés comme des modèles explicatifs plutôt que prédictifs. De plus, l'utilisation d'un modèle dynamique requiert un nombre de paramètres beaucoup plus élevé qu'un modèle statique, puisque chaque variable doit avoir ses propres paramètres de comportement. Même si les hypothèses peuvent être testées dans les deux cas par des analyses de sensibilité ou des analyses stochastiques, la gamme de résultats probables est beaucoup plus large pour un modèle dynamique, ajoutant à l'incertitude au lieu de la réduire. En conséquence, un modèle dynamique n'apportera pas forcément plus d'information sur les changements probables de la pêcherie qu'un modèle statique (Christensen & Vestergaard, 1993).

3.3.2. Modèles de simulation et modèles d'optimisation

Les modèles bioéconomiques sont souvent classés soit en modèles de simulation soit en modèles d'optimisation. La principale différence entre ces deux types de modèles réside dans la méthode algorithmique utilisée. Les modèles de simulation effectuent des calculs séquentiels à partir d'un jeu de données initiales, afin de mesurer les effets d'une combinaison d'intrants sur un objectif donné. Les modèles d'optimisation tournent de manière simultanée, en général via un processus itératif, afin de déterminer le jeu de données initiales permettant d'atteindre un objectif donné sous certaines contraintes prédéfinies. La distinction entre les deux types de modèles n'est cependant pas toujours claire. Les deux types sont en général basés sur les mêmes paramètres et équations. Les deux simulent le système étudié. Des simulations peuvent être lancées à partir d'un modèle d'optimisation, et de même, des solutions "optimales" peuvent être trouvées en utilisant un modèle de simulation.

Dans les modèles de simulation, les niveaux d'activité sont définis et fixes. Par exemple le niveau de capture est déterminé pour un niveau donné d'effort, qui est lui-même fixé de manière exogène. Ceci détermine en retour un niveau de profit. Dans un modèle d'optimisation, c'est le

niveau de profit obtenu à l'issue d'une itération qui détermine la structure de l'effort de l'itération suivante, jusqu'à optimisation; l'effort est alors considéré comme endogène.

Les modèles d'optimisation présentent quelques avantages par rapport aux modèles de simulation, surtout d'un point de vue économique. L'allocation de l'effort est endogène, et répond à l'atteinte d'un objectif sous contraintes définies. En considérant que l'objectif à atteindre est raisonnablement représentatif des objectifs des pêcheurs, alors les modèles peuvent fournir une bonne indication sur la manière dont les pêcheurs peuvent réagir à des changements de gestion. Ceci n'est pas le cas des modèles de simulation. Les modèles d'optimisation, grâce à leur algorithme itératif de résolution, sont également plus à même d'estimer la production et/ou le profit maximal absolu de la pêcherie (c'est d'ailleurs leur objectif). Avec un modèle de simulation, il est nécessaire de tester toutes les combinaisons possibles pour identifier un optimum.

En revanche, les modèles d'optimisation présentent également de gros désavantages par rapport aux modèles de simulation. Leur applicabilité est souvent douteuse, et leurs résultats, "extrêmes, tranchés et brutaux" (Shepherd & Garrod, 1981). L'optimisation conduit à explorer des situations très différentes de la situation actuelle, et la validité des paramètres d'entrée, estimés sur une situation réelle, n'est plus du tout assurée si on s'en éloigne trop. Ce n'est pas le cas des modèles de simulation qui généralement explorent des situations suffisamment proches de la situation initiale pour que les paramètres d'entrée soient considérés comme encore valides. Alors que plusieurs métiers et technologies sont définies au départ de l'optimisation, le résultat final absolu (quand l'objectif à atteindre est la maximisation du profit par exemple) tend souvent à ne garder qu'un ou deux types de métiers, au détriment des technologies les moins productives. Ainsi ils reflètent rarement la réalité de la pêcherie. De même, ce sont des modèles à comportement relativement chaotiques, puisqu'un faible changement dans les prix et les coûts initiaux va complètement changer le résultat final. Un modèle d'optimisation doit donc forcément s'accompagner d'études de sensibilité pour tester la robustesse des résultats. Ainsi, les modèles d'optimisation sont plutôt l'expression de ce qui *devrait* logiquement arriver si la réalité était aussi simple que le modèle, plutôt que ce qui *pourrait* réellement se passer.

Les deux formes de modèles ont été largement utilisées, sur un grand nombre de pêcheries. Les modèles de simulation sont les plus nombreux. On ne recitera pas d'exemples de modèles de simulation puisque la majeure partie des travaux cités ci-dessus et ci-après sont des modèles de simulation. On trouve des modèles d'optimisation aussi bien sur la crevette (Clark & Kirkwood, 1979), le homard (Cheng & Townsend, 1993) ou les pêcheries plurispécifiques (Murawski & Finn, 1985, Frost *et al.*, 1993). Quelques modèles dynamiques d'optimisation ont également été développés, sur le requin (Pascoe *et al.*, 1992), ou la sardinelle par exemple (Diaby, 1996).

3.3.3. Modèles mono et plurispécifiques

Un grand nombre de modèles bioéconomiques développés jusqu'à présent concernent une espèce et/ou une pêcherie, et sont difficilement transposables à d'autres cas d'études. Bjørndal & Conrad (1987) ont développé un modèle dynamique de simulation de la pêcherie de hareng en Mer du Nord, modélisant son effondrement. Helser *et al.* (1996) ont évalué les implications économiques de différents diagrammes d'exploitation pour la pêcherie de merlan argenté de l'Atlantique Nord-ouest. Somers & Wang (1997) ont construit un modèle de simulation de la pêcherie australienne de crevettes pour estimer les effets de changements dans les dates d'ouverture et de fermeture de la pêcherie sur le revenu.

D'autres modèles de simulation plus sophistiqués ont été développés sur des situations plus complexes de pêcheries plurispécifiques et plurimétiers. ECONMULT (Eide & Flaaten, 1992) a été conçu comme outil de gestion pour la pêcherie de la Mer de Barents. Frost *et al.* (1993) ont

également développé un modèle de la Mer du Nord afin de mesurer les variations de rentabilité au cours du temps.

Enfin, certains modèles ont été développés dans un but très générique, afin de pouvoir être directement utilisables sur un grand nombre de pêcheries. Ce sont ceux qui présentent également des modules biologiques et économiques également approfondis. Grant & Griffin (1979) ont d'abord développé un modèle bioéconomique des pêcheries du Golfe du Mexique. Ce modèle a ensuite été transformé en un modèle plus général, GBFSM (General Bioeconomic Fisheries Simulation Model; Grant *et al.*, 1981). GBFSM est un modèle plurispécifique, multiflottille et multizone structuré en taille, conçu pour être utilisé dans le cadre de programmes de gestion de pêcheries sur des espèces à cycle de vie court (1 an).

Enfin, la FAO a développé une série de modèles analytiques bioéconomiques (BEAM). BEAM IV (Sparre & Willmann, 1993) en est la version la plus achevée. C'est un modèle structuré en âge, pouvant traiter plusieurs espèces, flottilles, zones de pêche et usines de transformation, et pouvant prendre en compte également des phénomènes de migration et de saisonnalité. Conçu surtout pour les pêcheries tropicales de crevettes, et appliqué déjà dans plusieurs pays (cf. par exemple Anon., 1993b), ce modèle peut en théorie être utilisé pour analyser n'importe quelle pêcherie. Il n'a cependant pas pu être utilisé dans le cas de la Manche pour deux raisons majeures. BEAM IV considère les flottilles comme étant des ensembles de navires homogènes caractérisés par un seul diagramme d'exploitation. La flottille est alors assimilée au métier. Il n'autorise donc pas la prise en compte de la polyvalence des navires et de la multiplicité des stratégies de pêche, alors que c'est, comme on l'a vu, une des caractéristiques majeures de la Manche que nous avons voulu conserver dans la phase de modélisation. La deuxième raison est que BEAM IV n'est basé que sur des modèles biologiques analytiques structurés en âge, alors que ces types de modèles n'ont pas pu être utilisés en Manche pour un grand nombre d'espèces. Cependant, l'approche utilisée pour le modèle de la Manche est analogue à la démarche théorique de BEAM IV.

La classification des modèles bioéconomiques proposée ici n'est pas la seule possible. D'autres critères auraient pu être retenus (par exemple modèles stochastiques et modèles déterministes), mais nous avons essayé ici de garder les critères les plus caractéristiques des modèles développés sur la Manche.

3.4. Applicabilité et limites des modèles bioéconomiques

3.4.1. Applicabilité

Les modèles bioéconomiques ont été développés pour estimer les effets de diverses politiques de gestion. Malgré leurs imperfections, ils se révèlent plus faciles à utiliser et moins risqués qu'une expérimentation grandeur nature par essai/erreur dans la pêcherie elle-même. Même si la gestion adaptative est une excellente méthode pour améliorer la connaissance de la pêcherie et de ses réactions, une erreur peut conduire à une baisse de la rentabilité économique, et peut même représenter une sérieuse menace biologique pour le stock (Pascoe *et al.*, 1994).

Cependant, les modèles bioéconomiques n'ont finalement pas influencé de manière significative la gestion des pêches, à part dans quelques cas précis (pêcheries crevettières australiennes par exemple).

Une des raisons qui explique le manque général d'utilisation des modèles bioéconomiques dans la gestion est d'abord que les modèles sont majoritairement mono-objectif, alors que les gestionnaires doivent au contraire trouver un compromis entre plusieurs impératifs biologiques, économiques et sociaux parfois opposés et souvent non pris en compte dans les modèles. La

modélisation bioéconomique à objectifs multiples est encore actuellement peu utilisée, bien qu'il existe déjà quelques exemples d'application (Mardle & Pascoe, 1997).

Boncoeur *et al.* (1998b) émettent trois autres hypothèses quant à la faible utilisation des modèles bioéconomiques en tant qu'outils de gestion. Tout d'abord, un certain nombre de modèles bioéconomiques sont construits en utilisant de simples modèles globaux dans le module biologique, sous-entendant donc une population globale homogène et auto-régénérante. La biomasse du stock apparaît alors comme une simple variable d'état du modèle, supposée contrôlée directement par la mortalité par pêche. Ces modèles utilisés par les économistes sont rarement ceux utilisés par les biologistes, et peuvent donc apparaître peu pertinents, d'autant que à l'heure actuelle les biologistes sont toujours nombreux dans les institutions responsables de la gestion des pêches.

La deuxième raison invoquée par les auteurs fait appel à des théories économiques sur la séparabilité des inputs. L'hypothèse que les facteurs anthropiques de production, c'est à dire les moyens matériels et humains mis en œuvre par les pêcheurs pendant une certaine période, puissent être synthétisés à travers un seul et unique indice ("l'effort de pêche"), n'est acceptable que sous certaines conditions. Or ces conditions sont rarement remplies dans les pêcheries (Hannesson, 1983, dans Boncoeur *et al.*, 1998b). Ce problème est loin d'être purement théorique, puisque de nombreuses politiques d'aménagement des pêcheries sont fondées sur un supposé contrôle de l'effort de pêche. Cette critique s'applique non seulement aux modèles bioéconomiques, mais également aux modèles biologiques utilisant des indices de captures et d'effort.

Ainsi, ces deux raisons limitent fortement la portée pratique des modèles bioéconomiques qui les utilisent.

Enfin, la troisième raison est que, jusqu'à récemment, les modèles bioéconomiques traitaient souvent de pêcheries simples, d'un seul stock pêché par une seule flottille. La réalité étant beaucoup plus complexe, les modèles n'ont pu être considérés comme des outils de gestion réalistes. Mais, comme on l'a vu au paragraphe précédent les modèles deviennent de plus en plus performants et élaborés, et cet argument tend à devenir caduque.

3.4.2. Limites

Comme on l'a vu tout au long de cette partie, les modèles bioéconomiques, comme tout modèle, reposent sur un certain nombre d'hypothèses simplificatrices qu'il est important de garder à l'esprit lors de l'analyse des résultats. Beaucoup de paramètres biologiques et économiques sont incertains, et la dynamique de certains d'entre eux est presque inconnue (dynamique des prix par exemple). Leur capacité prédictive est donc en général faible, ils doivent être considérés et utilisés comme des modèles explicatifs plutôt que des modèles prédictifs.

Leur principale fiabilité réside dans la comparaison de différentes politiques de gestion. C'est à dire que, sous les hypothèses du modèle et toutes choses étant égales par ailleurs, une politique A est meilleure ou moins bonne qu'une politique B, dans différentes situations. Alors que les résultats absolus des simulations (nombre de bateaux maximisant la rentabilité économique de la pêcherie, MSY...) sont sujets à caution, on peut en revanche considérer que les effets relatifs de divers changements sont moins sensibles aux hypothèses sous-jacentes.

Enfin, bien qu'ils puissent malgré tout s'avérer être des outils précieux dans le processus de prise de décision politique, ils ne la remplacent pas. Même si un modèle bioéconomique rassemble en général la meilleure information biologique, économique et informatique existant lors de sa conception, un grand nombre de critères ne sont pas pris en compte. Il fournit donc une indication sur de possibles résultats, mais en aucun cas sur des événements futurs réels et absolus.

3.5. Conclusion

L'utilisation de modèles bioéconomiques en halieutique peut améliorer la compréhension du comportement présumé d'un système dans des conditions difficiles à expérimenter dans la réalité. Le modèle est alors un "laboratoire théorique" permettant d'estimer les effets directs et indirects de divers scénarios de gestion. Un grand nombre de ces modèles a ainsi été construit sur diverses pêcheries, reposant sur diverses hypothèses plus ou moins complexes.

Cependant, comme pour tout modèle, **l'interprétation des résultats doit nécessairement être faite en connaissance de cause des hypothèses simplificatrices sur lequel il repose.**

Les modèles bioéconomiques reflètent en général l'état de la connaissance générale de la pêche étudiée, au moment de sa mise en oeuvre. L'incertitude existant sur la dynamique des relations biologiques, économiques ou physiques doit être prise en compte par les gestionnaires dans le processus de prise de décision, qui doit s'appuyer sur les meilleures données disponibles. Il est alors en général possible de réactualiser facilement les modèles si une meilleure information apparaît. Pour cette raison, les modèles bioéconomiques sont des outils relativement **flexibles** et **riches en enseignement**, bien que leur applicabilité et leur utilisation directe soient souvent limitées en pratique.

4. BILAN : CONTRAINTES ET STRUCTURE DE BASE DU MODÈLE BIOÉCONOMIQUE DE LA MANCHE

On a décrit dans les deux premiers chapitres certains aspects majeurs des pêcheries de la Manche, tant au niveau de l'hétérogénéité structurelle que de l'hétérogénéité de la connaissance. Bien entendu, ces caractéristiques ne sont pas propres à cette région. Elles sont plutôt typiques de pêcheries côtières et artisanales, avec des navires de petite taille, où les espèces sont nombreuses et saisonnières, et les techniques de pêche variées et concomitantes. Il s'agit maintenant de voir dans quelle mesure ces caractéristiques s'avèrent être des contraintes à la modélisation bioéconomique, et comment le modèle doit s'y adapter. En effet, c'est la structure de la pêcherie elle-même qui va dicter la structure du modèle, de manière à le rendre le plus complet possible et le plus fiable possible au regard de la connaissance actuelle et des données disponibles. On va donc résumer chaque aspect caractéristique et ses conséquences en termes de modèle.

4.1. Exhaustivité des stocks et activités

Ainsi qu'on l'a montré précédemment, les pêcheries de la Manche sont caractérisées par une très grande variété des espèces pêchées et des engins de pêche, et donc des métiers. Environ 40 espèces commerciales, représentant plus de 50 stocks, sont exploitées par 74 métiers recensés (Tétard, Boon *et al.*, 1995).

Etant donné la complexité et le nombre des relations entre les ressources et les activités de pêche d'une part, et entre les activités de pêche entre elles d'autre part, la Manche peut être considérée comme une seule large pêcherie pluri-nationale, multi-métiers et pluri-spécifique, plutôt que comme une succession de pêcheries bien délimitées bien que proches géographiquement (bien que certaines activités locales capturant les espèces sédentaires ou semi-sédentaires ne soient pas en interaction avec les autres et puissent être considérées comme des entités indépendantes).

Afin de comprendre et de quantifier les interactions techniques existant au sein de la pêcherie, **il est nécessaire de tenir compte de l'ensemble des espèces exploitées, en tant qu'espèce cible ou prise accessoire, et de tous les métiers qui les exploitent.** Ceci implique de devoir tenir compte d'espèces souvent écartées dans les études monospécifiques ou mono-flottes, mais qui représentent pourtant une part non négligeable des captures, et donc des revenus des pêcheurs. Occulter une espèce au tonnage débarqué conséquent a des répercussions sur l'ensemble des paramètres et des outputs biologiques et économiques. De même, tout métier non intégré dans le modèle induit des surestimations potentielles des résultats des autres métiers ciblant les mêmes espèces.

C'est dans cette optique d'exhaustivité que 3 pays (France, Royaume-Uni et Belgique) sont représentés dans le cadre du projet FAIR. Par l'intermédiaire des biologistes travaillant dans le projet, les données de pêche en Manche des 3 flottes sont réunies (cf. partie II). Il manque malheureusement la participation des Iles anglo-normandes Jersey et Guernesey (moins de 3 000 tonnes par an, Tétard, Boon *et al.*, 1995) pour atteindre l'exhaustivité complète, tout au moins sur les 40 espèces retenues.

4.2. Complexité et hétérogénéité

Nous avons souligné dans le premier chapitre la diversité des cycles biologiques des espèces retenues et des activités de pêche. Le deuxième chapitre montrait l'hétérogénéité de la connaissance scientifique sur ces différentes espèces et activités de pêche. La partie suivante (partie II) va insister sur l'hétérogénéité de la disponibilité et de la fiabilité des données utilisables pour la modélisation. A tous points de vue donc, on se trouve confronté à une pêcherie complexe et structurellement hétérogène. Mais le grand nombre d'espèces et d'activités de pêche retenues pour la modélisation, induit par le besoin d'exhaustivité évoquée ci-dessus, rend cette hétérogénéité incontournable. Vouloir l'éviter pour limiter les problèmes revient forcément à restreindre la zone de modélisation, à rétrécir la pêcherie étudiée, à réduire la Manche aux simples "chalutiers ciblant des espèces sous réglementation communautaire et passant toute leur production en criée"...Ceci peut paraître très réducteur et caricatural, ce fut pourtant une remarque et une mise en garde parfois entendue aux premiers jours du projet FAIR...

Pour ne pas tomber dans ce travers, et garder dans le modèle toute cette diversité de la pêche en Manche qui en fait sa richesse, il est obligatoire de développer une méthode pour combiner les différentes entités, chacune avec ses propres caractéristiques intrinsèques et niveau d'information, dans un seul et même cadre de modélisation. **Il est fondamental de définir une méthodologie homogène** permettant l'incorporation de toute forme de ressources ou d'activité, à tous les stades de la modélisation (unité de temps, définition et mesure de l'effort de pêche, méthodes d'évaluation des stocks, séparation des coûts et définition des indicateurs économiques), puis d'étudier ensuite individuellement chaque entité (espèce, flottille et métier), avec la précision maximale possible en fonction de ses caractéristiques propres. Cependant, cette homogénéité de la méthode de modélisation à large échelle se fait forcément au détriment de la précision de l'information potentiellement utilisable. Ainsi par exemple, il est difficilement envisageable, au moins au début, d'utiliser des modèles dynamiques auto-régénérants, de travailler en modèle stochastique, ou d'intégrer des relations biologiques entre les espèces, car ces modèles sont difficilement applicables dès que le nombre d'espèces en jeu dépasse un certain seuil (cf. partie III). De même, un certain nombre d'indicateurs et coefficients monospécifiques ou monométiers utilisés en dynamique des populations et/ou des flottilles ne peuvent être applicables à l'ensemble de la pêcherie. Certaines mesures de l'effort de pêche, telles que le nombre et durée des traits de chalut, le nombre de casiers ou d'hameçons posés, la longueur de filet et la durée d'immersion par exemple, trop spécifiques à un seul type d'activité, deviennent difficiles à intégrer dans la méthodologie générale. De même, un certain nombre d'espèces sont difficiles, voire impossibles à évaluer (mollusques et crustacés), ou ont des cycles de vie trop courts et trop dépendants des conditions environnementales (céphalopodes par exemple), et les méthodes usuelles d'évaluation des stocks structurés en âge ne sont pas applicables dans ces cas là.

La définition des méthodes de travail est donc dépendante des éléments limitants du modèle, c'est à dire des entités pour lesquelles l'information est la moins bonne. Ce sont ces éléments limitants qui seront fondamentaux dans la définition du modèle. La structure de base est entièrement dictée par eux, fixant les "choix-planchers" de la méthodologie générale. Il est plus important de tout rassembler dans un modèle plus simple mais plus facilement paramétrisable. Une complexification du modèle pourra être envisagée ultérieurement si par exemple l'information concernant les éléments limitants du système s'améliore.

4.3. interactions techniques

La modélisation des interactions techniques est la clé centrale du modèle bioéconomique. Etant donné les définitions et typologies des métiers (intégrant la notion d'espèce cible) et des flottilles (basées sur l'activité et la pratique des différents métiers), on se trouve confronté à un très grand nombre d'interactions croisées (figure 11). En effet :

- Une espèce (ou un stock) peut être capturée par différents métiers;
- Un métier peut capturer différentes espèces;
- Une flottille peut pratiquer plusieurs métiers;
- Un métier peut être pratiqué par différentes flottilles.

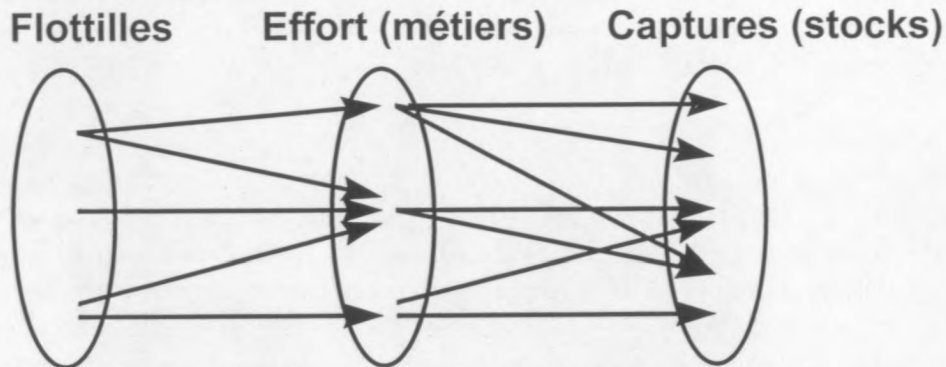


Figure 11. Représentation schématique des interactions techniques

Pour rendre compte de ces interactions entre les différentes entités, on s'appuie sur deux concepts :

- le **diagramme d'activité**, décrivant l'importance de chaque métier dans l'activité de chaque flottille,
- le **diagramme d'exploitation**, décrivant l'influence de chaque métier sur chaque stock exploité.

Par l'intermédiaire de ces deux concepts, traduits sous la forme de matrices, tout changement dans l'activité d'une flottille va avoir un impact sur ses captures et ses performances économiques, mais également sur celles des autres flottilles.

4.4. flottilles extérieures, métiers extérieurs, stocks extérieurs

De part sa configuration géographique, la Manche n'est pas une mer fermée. Largement ouverte sur les mers adjacentes, surtout coté ouest, elle est également le seul point de communication entre l'Atlantique nord et la Mer du Nord évitant le contournement des îles Britanniques. On a donc de constants échanges entre la Manche et l'extérieur, tant au niveau physique, biologique qu'humain.

Au niveau de la pêche et de sa modélisation, trois types d'échanges avec l'extérieur apparaissent, un au niveau de la flottille, un au niveau du métier et un au niveau du stock. Chacun de ces échanges entraîne une contrainte qu'il faut prendre en compte dans la construction du modèle général. Les types d'échanges, ainsi que les contraintes induites et les solutions proposées sont les suivantes :

- Un certain nombre de bateaux extérieurs viennent saisonnièrement pêcher en Manche, soit au cours d'une grande marée répartie sur plusieurs zones, soit spécifiquement à la recherche

d'une espèce particulière. Ces bateaux viennent de Bretagne Sud et du nord de l'Angleterre, d'Ecosse ou du Pays de Galles. Ils pêchent majoritairement les petits pélagiques (maquereau, chinchard, hareng, sardine), ainsi que le tourteau, la seiche, l'araignée ou le bar. En ce cas, ils se voient allouer des métiers "Manche", car le métier est défini par rapport à la zone de pêche et non par rapport à l'origine géographique des navires. Ce problème est appréhendé en créant des flottilles extérieures théoriques, avec un nombre de bateaux et une activité calculés de manière à correspondre au total du temps de présence en Manche réel observé de ces navires extérieurs (cf. partie IV). Mais comme ce problème est uniquement biologique (la présence de ces navires extérieurs induit une pression de pêche supplémentaire sur les stocks), ces flottilles théoriques ne sont pas prises en compte dans le modèle économique.

- Un certain nombre de navires immatriculés en Manche (hors bateaux industriels) passent une partie de leur temps de pêche à l'extérieur (bateaux hauturiers), et donc tirent une partie de leur revenu de stocks non présents en Manche, et donc non étudiés. Cette partie de leur temps de travail doit pourtant être incluse dans la définition de l'activité car des coûts y sont associés, mais de manière bien délimitée car cette part n'influe pas sur les stocks de la Manche. Cette question est alors uniquement d'ordre économique. Des métiers extérieurs ont ainsi été définis. Pour ces métiers on ne calcule pas directement de captures associées, mais on estime un revenu moyen et des coûts par unité d'effort de pêche, calculés de manière empirique par croisement de différentes sources d'information. (cf. partie IV)
- Les stocks de la Manche peuvent être séparés en 4 catégories en fonction de leur origine biogéographique (Anon., 1993a) : les stocks résidents; les stocks migratoires traversant la Manche au cours de leur cycle annuel; les stocks à peuplement régional, présents toute l'année en Manche mais débordant sur les mers adjacentes; et les stocks en limite de distribution géographique, surtout présents en dehors de la Manche mais entrant en Manche, de façon souvent saisonnière et irrégulière en fonction des conditions hydroclimatiques. Ainsi, on peut considérer certains stocks comme étant locaux et pouvant être évalués de manière indépendante à l'intérieur de la Manche. En revanche, cette hypothèse ne peut être appliquée pour les stocks dont on sait pertinemment qu'ils sont une part intégrante d'un stock régional couvrant une vaste zone. Il faut donc développer une méthode d'évaluation biologique adaptée à ce problème et s'insérant dans la méthodologie générale. Cette méthode, baptisée "méthode In/Out", est développée dans la partie III.

4.5. Echelle spatio-temporelle

Le choix de l'échelle spatio-temporelle de modélisation est déterminant dans la structuration du modèle et l'estimation des paramètres. Comme Maury (1998) l'a développé, l'unité de temps et d'espace peut être déterminée grâce à la théorie de l'information, notamment pour l'étude des phénomènes spatiaux. L'échelle d'observation doit correspondre à l'échelle du phénomène observé, et l'échelle de modélisation d'un phénomène doit correspondre à son échelle d'observation, c'est-à-dire à l'échelle à laquelle les processus ont été caractérisés et les paramètres mesurés (Blöschl & Sivapalan, 1995, dans Maury, 1998).

La question est de savoir comment lier échelle d'espace et de temps dans l'observation et la représentation d'un phénomène. En effet une infinité de combinaisons de l'espace et du temps sont a priori possibles, même si certaines sont plus habituellement utilisées en dynamique des populations (figure 12).

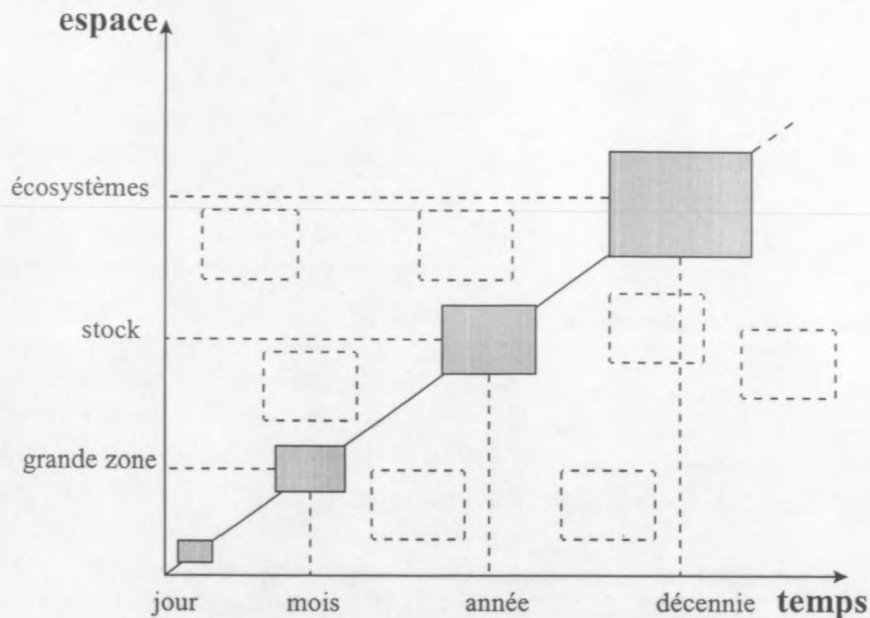


Figure 12. Schématisation de la diversité des échelles d'observation d'une population de poissons. En gris ont été représentés les domaines habituellement utilisés pour l'observation des écosystèmes, des stocks, des concentrations et des bancs (Maury, 1998)

Ainsi, du fait de l'amplitude des phénomènes observés, mais aussi souvent de la difficulté d'estimation des paramètres à une échelle inférieure, l'unité de temps utilisée est fortement liée à l'échelle spatiale d'observation. Dans le cadre de la modélisation des pêcheries de la Manche, l'échelle spatiale est large. Travaillant à l'échelle plurispécifique, c'est-à-dire à l'étude séparée de plusieurs stocks concomitants mais sans interactions directes mesurées, on se trouve quelque part entre l'échelle "stock" et l'échelle "écosystème" de la figure ci-dessus. De plus, comme pour la contrainte d'hétérogénéité décrite ci-dessus, le choix de l'unité temporelle est guidé par les éléments limitants du modèle, c'est-à-dire ceux pour lesquels l'information disponible est la moins bonne et la moins précise. C'est l'unité de temps la plus petite qu'on peut utiliser pour les étudier et les paramétrer qui va déterminer le pas de temps le plus petit du modèle tout entier.

Compte tenu du grand nombre de stocks biologiquement mal connus ou hautement variables selon les saisons, voire les années, et des modèles de dynamique des populations qui pourront être utilisés dans ces cas là (modèles globaux), l'unité la plus fine utilisable et relativement fiable est l'année. C'est donc l'année qui est choisie comme unité temporelle de base du modèle bioéconomique. Le choix des années de référence est abordé dans la partie II.

4.6. Articulation biologie - économie

Le modèle bioéconomique, comme son nom l'indique, est constitué d'un modèle biologique et d'un modèle économique. Comme tout modèle bioéconomique de pêche, celui de la Manche va être construit sur l'articulation de 3 modules : un module d'activité, décrivant l'activité des flottilles, un module biologique, estimant les productions attendues pour un niveau d'effort donné, et un module économique, transformant l'activité en coût de l'effort et les productions en revenus et en coûts liés à la production. Pour que le modèle général fonctionne, il est donc nécessaire que les inputs et outputs des 3 modules soient compatibles entre eux, puisque à chaque fois les sorties d'un module sont les entrées du module suivant.

Quelques contraintes majeures limitent cette compatibilité :

- Les coûts liés à l'effort de pêche sont dépendants de la structure du navire (taille) et de son activité (coûts d'achat et d'entretien des appareils de pêche liés aux engins utilisés, coûts de gasoil liés à l'éloignement des lieux de pêche...), donc des métiers pratiqués. Il apparaît alors que ces coûts sont à relier au navire et à la flottille auquel il appartient. C'est l'effort nominal. Inversement, l'activité ne peut être liée à la ressource et à la production biologique que par l'intermédiaire d'un diagramme d'exploitation, permettant de calculer le rendement d'une unité d'effort sur les stocks exploités. On mesure alors la pression réelle exercée par les pêcheurs sur les stocks : c'est l'effort effectif (Laurec & le Guen, 1981; Gascuel, 1995). Or cet effort effectif est clairement lié, en moyenne tout au moins, à la technique de pêche, et donc au métier, et non à l'entité physique qui la pratique (si on travaillait à l'échelle du navire et non de la flottille, l'effort effectif serait également fortement lié à un certain nombre de facteurs individuels, cf. Millischer *et al.*, 1999). Il est donc nécessaire de relier effort nominal et effort effectif, de passer de l'effort réel par flottille, utilisé pour le module économique, à un effort "théorique" par métier, utilisable dans le module biologique, et réciproquement.
- Les pas de temps classiquement utilisés sont différents dans les deux disciplines. En dynamique des populations, les modèles usuels d'évaluation utilisent classiquement l'année comme unité de temps à l'échelle du stock. Ceci est particulièrement vrai dans nos eaux tempérées où il n'y a qu'une seule saison de reproduction dans l'année et que de nombreuses espèces ont un cycle de vie de plusieurs années. (cf. par exemple Anon., 1997a et b). En eaux tropicales, les mêmes modèles peuvent être utilisés pour des espèces à cycle de vie court, avec un pas de temps de l'ordre du mois ou de la saison. A l'inverse, l'année seule n'est pas utilisable en économie des pêches pour l'étude des coûts. Certains paramètres (coûts fixes d'assurance, de maintenance, de licences...) et indicateurs (chiffre d'affaires, profit...) sont mesurés à l'échelle de l'année, mais pas tous. Les coûts liés à l'activité (coûts variables) sont toujours calculés par rapport à une unité de pêche, c'est à dire à une marée. La notion de coût variable annuel n'a pas de réalité physique et n'a d'intérêt que comme résultat émergent de la somme des coûts liés à chaque opération de pêche. Il faut alors effectuer un transfert d'échelle pour pouvoir passer de l'année au jour et réciproquement. Ceci est possible par le biais d'une matrice du nombre annuel de jours de pêche moyen par flottille et par classe de taille, insérée dans le module d'activité.
- Par définition, le module biologique est en amont du module économique, puisque les inputs du module économique sont les outputs du module biologique. Ceci implique que le module biologique peut tourner seul et aurait pu faire l'objet à lui tout seul d'un projet d'études, alors que le module économique ne peut tourner seul, il est obligé d'utiliser les résultats du module biologique. Il faut alors contraindre le module biologique à sortir des résultats utilisables dans le module économique, c'est à dire des estimations de productions en fonction d'un effort donné réel par flottille, pour toutes les espèces commercialement exploitées. Etant donné le grand nombre de paramètres et la difficulté de leur estimation pour certaines raisons déjà évoquées, il est à peu près inévitable que le modèle, au moins dans sa première version, soit uniquement déterministe pour pouvoir être lisible.
- Comme on l'a déjà évoqué, les notions de court terme et long terme sont différentes en biologie et en économie (§3.3.1). Ainsi, un modèle de long terme (à l'équilibre) d'un point de vue biologique peut parfaitement être considéré comme un modèle de court terme d'un point de vue économique. Il faut alors être bien clair dans l'utilisation des termes afin de ne pas risquer la confusion dans l'interprétation des résultats du modèle.

4.7. Conclusion

On a résumé ici les principales contraintes à la modélisation rencontrées lors de l'étude des pêcheries de la Manche. Chaque contrainte induit un forçage méthodologique fondamental. La structure de base du modèle à construire, découle ainsi directement de ces contraintes, plutôt que de choix volontaires parmi plusieurs options possibles.

Le modèle bioéconomique des pêcheries de la Manche est ainsi un modèle statique (par manque de connaissances sur la dynamique de la plupart des relations), composé de trois modules : un module d'activité, un module de production, et un module économique. Il n'inclue pas de relations biologiques entre les différentes espèces, ni de relations stochastiques. Il n'inclue pas non plus de mesures de l'effort de pêche relatives aux engins utilisés, mais se base uniquement sur une mesure temporelle de l'effort de pêche, mesure hiérarchisée sur deux strates : le jour et l'année. En revanche, il rassemble l'intégralité des navires de pêche présents en Manche (hors Iles Anglo-Normandes), y compris ceux venant de l'extérieur, et prend en compte leur polyvalence. Il rassemble également la quasi-intégralité des espèces exploitées, et intègre le niveau de dépendance des stocks de la Manche avec les mers adjacentes. Pour tout cela, le modèle s'appuie sur trois types d'entités (la flottille, le métier et le stock) et sur une articulation entre ces différentes entités par le biais de deux diagrammes (exprimés sous la forme de matrices) : le diagramme d'activité et le diagramme d'exploitation.

CONCLUSION DE LA PARTIE I

Toute modélisation d'un système complexe est limitée par l'appréhension que l'on a de cette complexité, et ceci est vrai dans tous les champs scientifiques (cf. par exemple, Anon., 1999). La modélisation bioéconomique des pêcheries de la Manche n'échappe pas à cette question. Nous avons resitué dans cette première partie le contexte halieutique et scientifique dans lequel ce travail s'inscrit. La description des pêcheries de cette région et de l'état des connaissances scientifiques a permis de mettre en évidence les principales caractéristiques structurelles du système à modéliser : la diversité et l'hétérogénéité. On retrouvera ces caractéristiques à toutes les étapes de la modélisation, aussi bien au niveau des données de base (partie II), des études des stocks (partie III) que de l'importance relative des différents métiers et flottilles (partie IV et V). Ces deux mots sont ainsi de parfaits descripteurs du système étudié.

A ces contraintes structurelles du système s'ajoute en plus des difficultés liées à la rencontre de plusieurs pays et de plusieurs disciplines.

La prise en compte de ces divers contraintes dans la modélisation est incontournable, et il s'avère donc fondamental de déterminer un cadre de travail homogène permettant de les intégrer. Le modèle à construire, détaillé dans la partie IV, en découlera directement.

DEUXIÈME PARTIE

COLLECTE ET VALIDATION DES DONNÉES

5. INVENTAIRE DES DONNÉES DISPONIBLES

ET CHOIX DES ANNÉES DE RÉFÉRENCE

72

5.1. Données biologiques	72
5.1.1. <i>Données françaises</i>	73
5.1.2. <i>Données anglaises</i>	75
5.1.3. <i>Données belges</i>	75
5.2. De la marée au métier	75
5.2.1. <i>Allocation par métier des données de production</i>	76
5.2.2. <i>Allocation par métier des données d'effort</i>	76
5.2.3. <i>Différences entre les 2 sources de données</i>	77
5.3. Données économiques	77
5.3.1. <i>Données de prix</i>	77
5.3.2. <i>Données de coût</i>	78
5.4. Choix des années de référence	78

6. VALIDITÉ DES DONNÉES DE BASE ET EXTRAPOLATION

80

6.1. Sources d'incertitude sur la validité des données	80
6.1.1. <i>Données de production</i>	80
6.1.2. <i>Données de prix</i>	81
6.1.3. <i>Données des coûts</i>	81
6.2. Une méthode d'extrapolation des données françaises de production (Laurans, 1998)	81
6.2.1. <i>Méthode</i>	82
6.2.2. <i>Résultats</i>	84
6.2.3. <i>Mise en oeuvre</i>	84
6.3. Extrapolation empirique	85
6.4. Bilan : production moyenne 1993-1995 utilisée dans le modèle	87
6.4.1. <i>Validité et méthode d'extrapolation des métiers français</i>	87
6.4.2. <i>Production moyenne 1993-1995 par métier et par stock</i>	88
6.4.3. <i>Conclusion sur la fiabilité des données de production</i>	93

7. LA BASE DE DONNÉES BAHAMAS

94

7.1. <i>Présentation</i>	94
7.2. <i>Structure informatique</i>	94
7.3. <i>Description des tables</i>	95
7.4. <i>Incorporation des données dans BAHAMAS</i>	96
7.5. <i>Interrogation de la base</i>	97

CONCLUSION

98

INTRODUCTION

Par rapport à d'autres domaines scientifiques, comme l'écologie terrestre par exemple, **l'halieutique présente l'avantage d'avoir beaucoup de données à disposition**, et de toutes sortes. De par son importance économique, la pêche a toujours généré des études scientifiques sur la biologie des espèces, des échantillonnages, des estimations de production et/ou de biomasse... Ceci est un avantage mais aussi un inconvénient. En effet, le fait que la pêche soit une activité économique à part entière implique également que, d'une part, les données enregistrées quotidiennement sont très volumineuses et nécessitent donc *a posteriori* un important travail de contrôle et de traitement, et que, d'autre part, une partie de cette information journalière est inévitablement occultée, soit par manque d'infrastructures permettant de la récolter (criées), soit par choix des producteurs de fonctionner en dehors du système de récolte des données, pour diverses raisons économiques (choix d'un mode de commercialisation direct, fraude...). Or la biologie halieutique s'est construite sur des modèles et des théories qui, pour pouvoir être utilisés de manière fiable, requièrent **l'exhaustivité de l'information** sur au moins un paramètre : la production.

Ainsi, l'estimation de la production (par espèce ou groupe d'espèces) est un préalable incontournable à toute analyse quantitative des pêcheries. La difficulté de cette étape fondamentale dépend ensuite de la pêcherie étudiée. Il est évidemment bien plus difficile de récolter cette information pour des pêcheries plurispécifiques, dans une zone où les navires de petite taille peuvent débarquer leur production partout sur le littoral sans nécessiter d'infrastructures portuaires importantes, et où en conséquence les criées sont rares car souvent peu rentables, que pour des pêcheries ciblant peu d'espèces, avec quelques gros navires soumis à des réglementations strictes et donc au remplissage de livres de bord et vendant toute leur production en criée.

La Manche fait clairement partie du premier groupe. Le travail de collecte et de validation des données nécessaires à la modélisation fut une étape du projet plus longue que prévue (surtout côté français) et a mobilisé le travail de plusieurs personnes sur une longue période. Cette partie a donc pour but de retracer les étapes principales de cette démarche. Le premier chapitre (chapitre 5) présente les différentes données biologiques et économiques disponibles dans les 3 pays impliqués, et comment ces données ont influencé le choix des années de référence du modèle. Le deuxième chapitre (chapitre 6) discute la fiabilité de ces données, et montre comment ces données de base ont été validées au cours du projet. On présente notamment une méthode d'extrapolation des données de production appliquée sur quelques métiers français. Enfin, le dernier chapitre (chapitre 7) concerne la présentation de la base de données utilisée dans le projet (base BAHAMAS).

5. INVENTAIRE DES DONNÉES DISPONIBLES ET CHOIX DES ANNÉES DE RÉFÉRENCE

5.1. Données biologiques

On désigne ici sous l'appellation de "données biologiques" toutes les données qui concourent à l'établissement des diagnostics sur l'état des stocks, c'est-à-dire tout ce qui concerne la production et l'effort, par opposition aux données économiques (prix et coûts). Ainsi, les données décrivant l'activité des flottilles, et donc permettant une estimation de l'effort de pêche, sont présentées ici.

5.1.1. Données françaises

Trois sources majeures d'information sont à notre disposition : les données provenant d'enquêtes réalisées par l'IFREMER sur l'activité des flottilles, les données provenant des débarquements (données "ZA"), , et les données d'échantillonnage biologique.

5.1.1.1. Les données d'activité

Les données concernant l'activité des navires sont indispensables pour quantifier l'effort de pêche. Ces données ne proviennent pas de la même source que les données de production. Elles sont issues d'enquêtes exhaustives réalisées par les enquêteurs IFREMER/DPMCM. Ils s'informent directement auprès des patrons sur les activités de ceux-ci au cours de l'année, en terme de métier pratiqué chaque mois. L'unité d'effort utilisée est donc le mois*bateau, sachant qu'un bateau peut totaliser plus de 12 mois d'activité s'il pratique plusieurs métiers au cours d'un même mois. Ces enquêtes sont réalisées annuellement en Manche Est, et ont été réalisées en 1986, 1990 et 1994 en Manche Ouest. La refonte actuelle du système statistique de l'IFREMER prévoit désormais un suivi annuel pour l'ensemble du littoral. Ces enquêtes sont ensuite complétées par les caractéristiques techniques et géographiques relatives à chaque navire, issues du fichier national d'immatriculation des navires (Ce fichier, remis à jour annuellement par les Affaires Maritimes, est réalisé dans le cadre des Plans d'Orientation Pluriannuels des pêches, et est donc communément appelé "fichier POP"). On dispose ainsi d'une information exhaustive sur la façon dont les unités travaillent en Manche.

5.1.1.2. Les données de débarquement ZA

Historiquement, les procédures, et notamment les programmes informatiques, de récupération des données statistiques standardisées ont été mises en place progressivement dans les criées françaises. L'unité de base de la donnée est la marée d'un navire. Cette information unitaire est enregistrée dans des fichiers dénommés fichier ZA, qui fournissent, en principe, toutes les informations relatives à la part d'une marée d'un navire qui passe en criée : production par espèce \ catégorie commerciale \ zone de pêche, en poids et en valeur ; durée de la marée, engin utilisé, et caractéristiques physiques du navire. Ce fichier est le résultat d'un croisement entre les données de vente enregistrées à la criée, et les données concernant les moyens de captures mis en oeuvre correspondant à cette vente. Ces données d'effort proviennent soit des journaux de pêche recueillis pas les agents des Affaires Maritimes pour les navires qui y sont soumis (navires de plus de 10 m), soit des fiches de pêche établies à terre par les enquêteurs IFREMER/DPMCM. Quand les navires ne passent pas leur production en criée, les enquêteurs réalisent parfois des enquêtes directes sur la production débarquée. Les fichiers ZA comprennent ainsi également une part de l'information sur production vendue hors criée.

Toutes ces données sont centralisées au niveau des CRTS (Centres Régionaux de Traitement Statistique). En Manche, ces centres se situent à Saint Malo et à Boulogne-sur-Mer. L'information est ensuite validée par l'IFREMER, puis stockée au CAAM (Centre d'Administration des Affaires Maritimes) à Saint Malo. La validation informatique de ces données s'effectue donc grâce à un aller-retour entre l'institut administratif et l'institut scientifique, avec des procédures de vérification automatique à chaque étape pour s'assurer que les données ne comportent pas d'erreur de codage. Ce système, décrit en détail dans Delpech *et al.*(1989), est actuellement en cours de réforme.

Dans le cadre du projet Manche, l'obtention et la standardisation complète de l'ensemble des données de débarquements de Brest à Calais a été rendue plus ardue techniquement pour deux raisons :

Premièrement, même si à l'heure actuelle la plupart des criées françaises ont adopté ce système et sont ainsi standardisées et reliées au RIC (Réseau Inter Criées), il existe encore certains systèmes

locaux de gestion des données. Au niveau de la Manche, c'est le cas pour les criées des Côtes d'Armor. Afin de pouvoir intégrer ces données dans la base de données, il faut d'abord passer par une phase de "standardisation", c'est-à-dire de transformation des fichiers locaux en fichiers ZA. Ceci pose un certain nombre de problèmes car en général les codes désignant les espèces ne sont pas les codes européens, et les navires ne sont pas recensés sous leur numéro national d'immatriculation comme c'est le cas dans les autres criées. A Saint-Brieuc et Paimpol par exemple, le numéro local utilisé pour désigner la marée définit non pas le navire mais le patron-pêcheur. Il faut donc d'abord réassocier le patron à son ou ses navires successifs, puis créer des tables de conversion du numéro local au numéro officiel. Ceci est rendu possible grâce aux données des enquêteurs IFREMER/DPMCM, qui suivent les bateaux régulièrement et possèdent une bonne connaissance pratique des pêcheries. Enfin, ces fichiers locaux posent également un problème de standardisation car les informations qu'ils contiennent sont souvent beaucoup plus succinctes que les ZA (aucune indication sur l'engin de pêche utilisé, par exemple). Les données manquent souvent pour reconstituer un véritable fichier standard.

Deuxièmement, le format initial du fichier ZA, a parfois été localement modifié. En effet, le format de récupération tel qu'il a été mis au point par l'IFREMER a été conçu il y a plus de 10 ans, en fonction des besoins et des possibilités informatiques de l'époque. L'évolution de la pêche et/ou des types de données à intégrer (regroupement de marées par exemple) ont conduit à des modifications locales du format et à une certaine "destandardisation" parfois problématique.

Le chapitre suivant est consacré au problème posé par les limites de validité de ces données, mais on peut d'ores et déjà souligner ici que la part de la production réelle intégrée dans les fichiers ZA est très hétérogène selon les métiers. Certains métiers vendent l'intégralité ou la majorité de leur production via la criée (métiers hauturiers en général par exemple). D'autres en contraire vendent très peu en criée, pour diverses raisons, et le taux de couverture des ZA est alors faible (pour un certain nombre de métiers côtiers, comme les métiers du casier par exemple).

5.1.1.3. Les échantillonnages biologiques

Les opérations d'échantillonnage des captures pour la collecte d'informations biologiques sont réalisées généralement lors des débarquements par les personnels IFREMER, selon les besoins des différents laboratoires impliqués. Le plus souvent, ces données sont collectées en particulier pour estimer les structures démographiques, c'est-à-dire l'abondance relative des différents groupes d'âge et/ou de taille. Ce suivi est extrêmement variable selon les espèces concernées. Il est régulier et trimestriel pour les espèces soumises à évaluation par les groupes de travail du CIEM (sole, plie, merlan, morue..) et pour les espèces présentant un intérêt économique majeur (coquille St Jacques). Il est beaucoup plus sporadique pour un grand nombre d'espèces. Beaucoup ont fait l'objet d'un échantillonnage ponctuel, correspondant soit à une étude particulière sur une espèce, dans le cadre de stages ou de thèses (cf. partie I, §2.1.3), soit dans le cadre d'un programme d'échantillonnage de grande ampleur (Dunn *et al.*, 1996). On peut par exemple avoir des données de croissance estimées pour une année, et des échantillonnages de classe de taille débarquées par métier pour une autre année; ou bien des études de croissance faites sur des stocks voisins et/ou des zones voisines, qu'on réutilise par défaut en Manche. Il faut alors trier les diverses sources d'information hétérogènes, pour établir un diagnostic correct. Enfin, certaines autres espèces restent très mal connues (coquillages et crustacés particulièrement).

La disponibilité et l'utilisation des diverses informations biologiques et des données d'échantillonnage sont discutées ultérieurement dans ce document (partie III).

5.1.2. *Données anglaises*

Le système statistique anglais est à peu près similaire au système français (Dintheer *et al.*, 1995b).

Les navires sont recensés de manière détaillée dans un fichier national, indiquant leurs caractéristiques techniques et géographiques, ainsi que leurs licences, par croisement entre un fichier national d'immatriculation et les indications fournies par les officiers de port. Les licences ne sont rattachées qu'au bateau, alors qu'en France la licence est accordée au couple bateau-patron.

Les données de production détaillent l'effort de pêche et la production en poids et en valeur sur une base journalière pour les bateaux de plus de 10 m, mais peuvent être plus agrégées pour les bateaux de taille inférieure et pour ceux recherchant des espèces non soumises à quotas. Elles sont stockées dans la base FAD ("Fishing Activity Database"). Pour les bateaux de plus de 10 m et les espèces soumises à quotas, les renseignements de base proviennent des criées, journaux de pêche (logbooks) et bordereaux de vente des mareyeurs, qui procurent des données individualisées par navires. Pour les bateaux échappant à cette réglementation, les données de production sont un mélange de déclarations partielles, d'échantillonnages et d'estimations effectués par les enquêteurs du SFI (Sea Fisheries Inspectorate, dépendant du MAFF). Ainsi les données de production de navires de moins de 10 m ne sont pas individuelles, mais agrégées par groupes de navires. Les données sont validées par le CEFAS à Lowestoft.

Les échantillonnages biologiques sont effectués de manière routinière par les personnels de port et la base de données est également maintenue par le CEFAS à Lowestoft. Un grand nombre d'espèces est échantillonné, soit en âge (espèces sous quotas, limande sole, bar...), soit en taille.

5.1.3. *Données belges*

Les informations détaillées concernant les débarquements et l'effort de pêche associé sont quotidiennement et individuellement enregistrées par l'Office de la Pêche Maritime.

La station de Pêche Maritime d'Oostende n'a pas un accès direct aux statistiques détaillées de production, mais peut en demander des extractions. Elle est par contre en charge des études biologiques et des échantillonnages de sole et de plie utilisés par les groupes de travail du CIEM pour l'évaluation du stock.

5.2. De la marée au métier

Le métier CFSG (cf. partie I, §2.2.2) a été défini comme étant une entité fondamentale dans la description et l'analyse des pêcheries de la Manche. Au sein d'un métier, la variabilité des pratiques de pêche (espèces capturées, rendements, zones de pêche..) est par définition faible, alors que la variabilité inter métiers est forte. Il est donc nécessaire de pouvoir quantifier l'activité de chacun de ces métiers, tant en terme d'effort que de production. Ces résultats quantitatifs seront les éléments de comparaison et de simulation utilisés dans le modèle.

Le métier, dont la typologie est par essence variée et subjective en fonction des critères choisis, n'est cependant pas inclus dans les données de base sus-citées. Il faut donc définir des procédures d'allocation permettant d'associer objectivement chaque marée de chaque navire à un et un seul métier prédéfini¹, pour les fichiers individuels de production comme pour les calendriers d'activité des navires. On recourt pour cela à des clés d'allocation automatique.

¹ Exception faite pour les marées pratiquant des métiers séparés Manche Est/Manche Ouest (chalutage hauturier F1.1 et F1.2 par exemple), qui, si l'information est disponible, sont désormais allouées aux deux métiers au prorata de l'effort et de la production dans chaque zone.

5.2.1. Allocation par métier des données de production

Les règles d'allocation des données de production ont été établies par le CFSG lors de la conception de la base de données commune (Dintheer *et al.*, 1995a). Les chercheurs de chaque laboratoire concerné (Brest et Boulogne / Port-en-Bessin en France, Lowestoft au Royaume-Uni) ont défini les clés les plus pertinentes pour les métiers exercés dans leur zone. Un certain nombre de seuils concernant les ratios d'espèces débarquées dans une marée (en poids ou en valeur), en fonction de l'engin utilisé (information existante dans les fichiers de base), et éventuellement de la zone de pêche, ont ainsi été définis et testés, de manière relativement empirique. Ces clés sont organisées hiérarchiquement, avec des critères discriminants, afin que chaque marée ne puisse être allouée qu'à un et un seul métier. Un descriptif complet de ces clés est donné en Annexe D (métiers français uniquement).

Le fait que la clé d'allocation soit reliée à la zone de pêche et non à la zone de débarquement implique qu'un bateau provenant d'un quartier maritime extérieur à la Manche, ne débarquant pas dans un port de la Manche, mais ayant pêché dans un rectangle statistique de la Manche se verra allouer un métier "Manche" CFSG, au même titre qu'un bateau local. Ainsi un chalutier industriel de Lorient pêchant aux alentours des îles Scilly par exemple sera codé F1.1 (Chalutage hauturier Manche ouest français). A l'inverse, la marée d'un bateau immatriculé en Manche, débarquant en Manche mais effectuée en dehors de la Manche sera codée comme étant d'un métier externe, noté E. (Le chalutage hauturier extérieur ouest est ainsi codé E1.1 par exemple). Certains seuils initialement définis ont été remaniés au cours du projet de modélisation bioéconomique quand cela s'est avéré nécessaire, afin de minimiser le nombre de marées non allouées tout en gardant des seuils suffisants pour avoir des métiers significativement différents. Ce travail, qui peut paraître simple dans le cas de pêcheries monospécifiques, s'avère en réalité complexe à réaliser dans le cas de pêcheries plurispécifiques comme en Manche, où il est difficile de faire la distinction entre espèces cibles et accessoires, et entre zones côtières et zones du large sur des données de débarquement.

Ces clés se sont révélées plus ou moins performantes selon les métiers. Elles ne sont vraiment valables que dans la mesure où la totalité des apports passe dans le réseau national de statistiques, ce qui n'est pas le cas pour les métiers ciblant les crustacés et les mollusques (dont une large partie de la production est vendue en direct), et encore moins pour les petits métiers de type caseyage côtier ou lignes (Dintheer *et al.*, 1995b). L'estimation de la production de ces métiers a alors souvent nécessité un complément d'étude et d'information (cf. chapitre suivant).

5.2.2. Allocation par métier des données d'effort

L'allocation de l'activité d'un navire par métier, connue grâce aux enquêtes réalisées dans les ports, a été effectuée de manière beaucoup plus empirique. En effet, la procédure d'enquêtes n'est pas standardisée entre la France et l'Angleterre, ni même entre la côte française occidentale et la côte française orientale. Malgré la typologie standardisée du CFSG/GEPM (cf. partie I, §2.2.2), les typologies locales restent encore les seules utilisées dans les enquêtes (voir par exemple Berthou *et al.*, 1997 ou Laurans, 1998). L'information demandée varie également en fonction des laboratoires impliqués dans l'enquête. Ainsi, par exemple l'éloignement à la côte n'est pas toujours bien connu. Le retour à la typologie uniformisée CFSG choisie pour la modélisation pose ainsi quelques problèmes, réglés plutôt au cas par cas que par une méthode standardisée. En France, ce travail a été majoritairement réalisé par les laboratoires IFREMER impliqués dans les enquêtes, en collaboration avec le CEDEM.

5.2.3. Différences entre les 2 sources de données

Il est nécessaire de bien garder à l'esprit la différence entre les sources des différentes données. Car cette différence peut entraîner des résultats divergents, voire contradictoires. Il existe ainsi une différence majeure entre les données de production d'une part, et les données d'effort d'autre part. Dans le premier cas les marées sont regroupées par rapport à un métier CFSG "calculé" quantitativement et objectivement d'après des seuils d'allocation automatique. Dans le deuxième cas l'information est qualitative et subjective. C'est le pêcheur lui-même qui, pendant l'enquête, décrit les métiers qu'il a pratiqué, selon une typologie locale ensuite reconvertie en métier CFSG sur la base de règles empiriques. Par exemple, un chalutier français de Manche Est va annoncer qu'il a pratiqué pendant un mois donné le chalut à poissons plats, ce qui, le plus souvent, correspond au chalutage côtier de la typologie CFSG (codé F1.4). On va donc lui attribuer cette activité pendant ce mois. Or s'il a chauté au delà de la ligne des 12 milles par exemple, sa production pourra être allouée au chalutage hauturier (codé F1.1). Il y a ainsi des risques d'inadéquation entre les deux sources de données indépendantes. De même, toutes les activités définies dans les calendriers peuvent être allouées de manière logique à un métier CFSG, alors que l'allocation de la production correspondante va être fortement dépendante des clés et des seuils d'allocation choisis. Et toutes les marées ne remplissant aucun des critères d'allocation sont allouées au métier indéterminé, alors qu'il n'y a pas d'activité indéterminée équivalente dans les calendriers. Si le réseau statistique national de production (données ZA) couvrait de manière exhaustive et fiable l'ensemble des bateaux et des activités de pêche, il eût été préférable d'utiliser comme donnée d'effort les indications fournies par les journaux de pêche concernant la durée des marées. Ainsi effort et production, provenant de la même source de données, auraient pu être plus aisément associés et comparés, et l'unité standard d'effort aurait été plus précise que le simple mois*bateaux. Mais étant donné le manque de fiabilité des données officielles de débarquement pour un certain nombre de métiers (voir plus bas), la solution choisie pour décrire l'effort de pêche a privilégié l'exhaustivité par rapport à la précision.

L'interprétation de tout résultat issu de ces données doit donc tenir compte de cette différence d'origine fondamentale.

5.3. Données économiques

5.3.1. Données de prix

Les données de production françaises et anglaises indiquent, pour chaque marée, la valeur de la vente correspondant à chaque espèce. Connaissant ainsi le poids débarqué et la valeur, on peut déterminer le prix moyen de vente.

Afin d'harmoniser les données, toutes les valeurs, initialement indiquées en monnaie nationale, ont été transformées en Euros, par le taux de conversion suivant :

$$1 \text{ euro} = 6,5595 \text{ FF}$$

$$1 \text{ euro} = 0,7017 \text{ £}$$

Les données de valeur belges n'ont pas été communiquées, l'information n'est donc pas disponible dans la base.

5.3.2. Données de coût

Les flottilles artisanales de la Manche ont déjà fait l'objet d'études de type technique (cf. partie I, §2.2). Cependant, il n'existe pas de base de données économiques équivalente aux bases de données biologiques. Aucune information routinière n'existe sur la rentabilité et les stratégies d'exploitation des navires de Manche. Il a donc été nécessaire de procéder à des enquêtes, directement auprès des patrons-pêcheurs, afin de récolter cette information.

Une première étude a d'abord été réalisée en Angleterre par le CEMARE, lors d'un contrat de recherche préliminaire au projet européen FAIR, visant à modéliser la composante anglaise des pêcheries de la Manche, en 1995-96 (Pascoe *et al.*, 1996). 77 bateaux jugés représentatifs de la flottille ont été enquêtés. De même, une enquête a été réalisée en France sur les flottilles du Golfe Normano-Breton lors du programme AMURE (Boncoeur *et al.*, 1997).

En 1997 et 1998, deux nouvelles enquêtes économiques ont été réalisées sur les ports de Manche. Côté anglais, les anciennes enquêtes ont été réactualisées et complétées. Côté français, une campagne d'enquêtes a été lancée par le CEDEM sur tout le littoral. Un échantillonnage stratifié par port, flottille et classe de taille a permis d'interroger oralement et directement 160 patrons de pêche (soit 10% de la flottille française immatriculée en Manche). Ces deux enquêtes ont été effectuées en concertation entre les deux organismes impliqués, afin d'homogénéiser les questionnaires (Boncoeur *et al.*, 1998c). Les enquêtes ont été réalisées selon la méthode des quotas, impliquant la liberté d'action de l'enquêteur dans le respect de critères prédéterminés de stratification de l'échantillon (Boncoeur & Le Gallic, 1998). Les critères d'échantillonnage par rapport à la flotte totale étaient les suivants :

- répartition des navires par classe de longueur
- répartition des navires par zone
- répartition des navires par flottilles

Le questionnaire soumis aux patrons-pêcheurs comporte 4 parties :

- Identification de l'activité du navire (métiers pratiqués, zones de pêche, temps de pêche, ports de débarquement, espèces-cibles, équipage)
- Informations liées au navire (âge et caractéristiques techniques, prix et modalités de financement de l'achat, moteur, électronique embarquée...)
- Comportement de pêche et de commercialisation
- Informations liées aux recettes et aux coûts

L'ensemble des résultats économiques issues de ces enquêtes est donné, coté anglais, par Pascoe & Robinson (1997), et coté français, par Boncoeur & Le Gallic (1998).

5.4. Choix des années de référence

Le choix des années de référence est dicté par plusieurs impératifs. Pour les données de production et les données biologiques, toutes les données ne sont pas disponibles de manière routinière tous les ans. Ainsi en début d'année 1997 on disposait de :

- données françaises de production ZA enregistrées par les CRTS et validées par le CAAM et l'IFREMER jusqu'en 1995. Le processus de mise en forme et validation étant, comme on l'a vu, particulièrement long (Delpech *et al.*, 1989), les données d'une année ne sont en général disponibles qu'en milieu ou fin d'année suivante; l'année 1996 ne pouvait donc pas être prise en compte.

- calendriers français d'activité annuels exhaustifs, établis chaque année en Manche Est française, mais tous les 4 ans seulement en Manche Ouest. Les enquêtes les plus récentes dataient de 1994 sur cette zone.
- données d'échantillonnage sur un certain nombre d'espèces habituellement non mesurées et/ou âgées, en 1994 et 1995, suite à un projet européen (Dunn *et al.*, 1996).

En fonction de ces critères, les années de référence biologique sont les années 1993, 1994 et 1995, et les paramètres biologiques sont calculés sur la moyenne de ces 3 années.

Pour les données économiques, la situation est différente. Toutes les données de coûts sont issues des enquêtes directes auprès des patrons-pêcheurs. Lors d'une enquête de ce type, il est difficile d'obtenir des données chiffrées sur les coûts de production pour des années anciennes. Les questions portaient donc sur les résultats de l'année juste antérieure à l'enquête, pour pouvoir parler en terme d'année complète et non d'année en cours. La plupart de ces enquêtes ayant été effectuées en 1996 et 1997, les données de coûts concernent soit l'année 1995, soit l'année 1996, mais ne sont pas calculées sur des moyennes. Cependant on peut considérer que le coût des différents postes (équipement, entretien, taux des taxes, part des différents membres d'équipage pour les salaires) est stable d'une année à l'autre, tout du moins à court terme sur les années considérées.

6. VALIDITÉ DES DONNÉES DE BASE ET EXTRAPOLATION

Comme nous l'avons vu précédemment, les circuits statistiques nationaux de l'IFREMER (en France) et du CEFAS (au Royaume-Uni) fournissent une indication sur les productions débarquées par espèce en Manche, à partir des ventes en criée, des carnets de pêche remplis par les pêcheurs, et d'enquêtes directes réalisées sur les lieux de débarquement. Cependant ces données ne couvrent pas l'ensemble de la production, et une part importante de cette production échappe aux statistiques, pour diverses raisons. Pourtant, l'établissement d'un diagnostic sur l'état d'exploitation des stocks doit reposer sur une estimation des captures totales, pour éviter des risques de sous-estimation des mortalités liées à la pêche (cf. partie III). Pour certains métiers, dont on sait qu'ils débarquent tout ou une grosse majorité de leur production en criée, ce travail est aisé, mais pour d'autres, la tâche est beaucoup plus ardue car les données criées sont très faibles et pas du tout représentatives de la production réelle. Il est donc nécessaire, pour certaines espèces, d'extrapoler les données officielles. Une méthode d'extrapolation a été développée à l'IFREMER par un étudiant de l'ENSAR au cours du projet, et a pu être appliquée dans quelques cas. Cette méthode et ses résultats sont présentés ici. Pour d'autres métiers pour lesquelles cette méthode n'a pu être mise en oeuvre par manque d'information fiable, et pour lesquels les statistiques officielles sont considérées comme extrêmement sous-estimées, une estimation grossière de la production globale a été faite d'après la connaissance empirique de la pêcherie de l'ensemble des participants au projet européen.

6.1. Sources d'incertitude sur la validité des données

6.1.1. Données de production

La principale cause d'incertitude sur les données de production est le fait que de nombreux navires écoulent leur production en vente directe aux consommateurs et aux mareyeurs, sans passer par le circuit officiel de la criée. Cette vente hors-criée est particulièrement importante en Manche. Morizur *et al.* (1992) estiment que 55% de la production de Manche Ouest ne passe pas par les circuits officiels de statistiques. Berthou *et al.* (1997) dressent un constat encore plus alarmant : d'après une enquête sur les activités des navires, moins de 10% des navires immatriculés dans un quartier de Bretagne nord sont présents dans la base statistique de pêche en 1992. Le problème est similaire au Royaume-Uni. Le littoral anglais de la Manche est largement sous-équipé en criée. Il n'y a aucune criée entre Hastings à l'est et Brixham à l'ouest, c'est-à-dire plus des 2/3 de la côte, et les déclarations de vente fournies par les mareyeurs sont souvent incomplètes ou insuffisantes. Enfin, la production des pêcheurs récréatifs n'est pas du tout enregistrée, bien qu'elle puisse être très importante pour quelques espèces (le bar par exemple). Leurs bateaux sont en général trop petits pour être enregistrés comme navires de pêche, ou alors ils pêchent directement à la côte et ne passent pas du tout par les circuits officiels de vente.

De plus, certains navires peuvent omettre de déclarer certaines productions soumises à des restrictions réglementaires, et débarquer du poisson non déclaré si le quota est dépassé par exemple ("black fish"). Inversement, de fausses déclarations de captures non réalisées peuvent également être effectuées, pour maintenir des droits historiques de captures sur les espèces réglementées. Cependant, ces problèmes sont plus aigus en Angleterre qu'en France puisque les

déclarations de pêche via les livres de bord sont la principale source d'information du fait du manque de criées.

Enfin, les données de débarquement ne couvrent pas non plus la part des captures non débarquées, c'est-à-dire rejetées par manque d'intérêt commercial ou à cause d'une trop petite taille, et qui peut atteindre des proportions très importantes (Morizur *et al.*, 1996). La non prise en compte de ces rejets dans les évaluations peut conduire à sous-estimer, parfois fortement, les mortalités par pêche totales. Les diagnostics en terme de débarquement, et donc de revenus des pêcheurs, en sont probablement peu affectés, mais par contre l'impact de la pêche sur la biomasse en est vraisemblablement sous-estimé.

6.1.2. Données de prix

Les limites de fiabilité des données de prix sont les mêmes que celles des données de production. La part de débarquement qui échappe aux circuits statistiques officiels induit également un biais dans les estimations de prix. En effet, sur la côte française notamment, les ventes directes du pêcheur au mareyeur, poissonnier ou consommateur se font à un prix en général (mais pas toujours) plus élevé que sous la criée, augmentant significativement le revenu du producteur. La difficulté pour obtenir cette information auprès des acheteurs de première main limite la possibilité d'études directes du prix de vente. En revanche, le prix calculé grâce à la base de données officielles peut être réestimé pour quelques espèces majeures grâce aux enquêtes économiques (où cette question était posée entre autres aux professionnels) et à une certaine connaissance empirique de la pêche.

6.1.3. Données des coûts

Afin de disposer d'un échantillon représentatif de navires de chaque type, certaines flottilles ont été regroupées dans une typologie simplifiée.

Cependant, malgré ces regroupements, Boncoeur & Le Gallic (1998) soulignent que les différents segments de flotte n'ont pas tous pu être échantillonnés de la même manière, les petites unités (moins de 12 m, mais surtout moins de 8 m) et certaines flottilles tels que les caseyeurs à crustacés et les "divers" étant sous-représentées.

De même, l'enquête économique anglaise a porté sur un nombre de navires plus restreint que l'enquête française, alors que les navires, et notamment les navires de petite taille, sont plus nombreux, impliquant un taux d'échantillonnage plus faible. Ainsi, comme pour les données biologiques, il est important de garder à l'esprit cette différence de fiabilité dans les données économiques lors de toute interprétation de résultats de simulation bioéconomique.

6.2. Une méthode d'extrapolation des données françaises de production (Laurans, 1998)

Le travail présenté ci-dessous a été réalisé et financé dans le cadre du projet Manche. La méthode d'extrapolation utilisée a été mise au point par un élève de troisième année de l'ENSAR, M. Laurans, à partir d'une estimation de la capacité de pêche, croisée avec des données de débarquement. Elle a été appliquée d'abord dans le cadre d'un stage de fin d'études au sein du laboratoire IFREMER de Port-en-Bessin (sous la direction d'O. Le Pape et d'A. Tétard), pour la Manche Est, puis lors d'un contrat de 2 mois au laboratoire IFREMER de Brest, pour la Manche Ouest.

6.2.1. Méthode

Cette méthode comporte deux étapes.

6.2.1.1. Calcul de la capacité de pêche (Le Pape & Vigneau, 1998)

La méthode se base sur des résultats d'enquêtes plus approfondies que les calendriers annuels d'activité et portant sur la description de l'activité de pêche des navires. De telles enquêtes ont été réalisées par l'IFREMER sur 45% de la flottille de la Baie de Seine et du Cotentin (Manche Est) en 1991, et sur l'ensemble de la flottille de Manche Ouest en 1994. Les données collectées concernent d'une part les caractéristiques techniques des navires et leur calendrier d'activité (liste des métiers pratiqués mois par mois), et d'autre part, pour tous les métiers pratiqués, les renseignements suivants :

- le nombre de marins embarqués,
- le nombre mensuel de marées, c'est à dire le nombre moyen de sorties en mer, et la durée moyenne d'une marée,
- le nombre moyen d'opérations de pêche par marée, et la durée moyenne d'une opération de pêche,
- le nombre moyen d'engins utilisés et leurs dimensions.

La capacité de pêche d'un navire n pour un métier met et pour un mois m , $E_{n,met,m}$, peut être définie comme l'effort de pêche nominal maximum que celui-ci est capable potentiellement de mettre en oeuvre. Les données d'enquêtes utilisées décrivent les pratiques de pêche dans le cas d'un mois de mer idéal, sans prendre en compte les facteurs externes qui vont tendre à limiter l'effort de pêche nominal. Elles décrivent donc la capacité de pêche mensuelle des navires, qui est la résultante de deux facteurs : les engins susceptibles d'être mis en oeuvre, et le temps de pêche potentiel.

Pour un navire enquêté, on a ainsi la relation

$$E_{n,met,m} = N_{Eng,n,met} * Dim_{Eng,n,met} * T_{n,met,m}$$

avec $N_{Eng,n,met}$, le nombre d'engins de type Eng mis en oeuvre par un navire n pratiquant un métier met , $Dim_{Eng,n,met}$, leurs dimensions, et $T_{n,met,m}$, le temps de pêche maximal potentiel pour le métier met au cours du mois m :

$$T_{n,met,m} = N_{Mar,n,met,m} * T_{Mar,n,met,m}$$

avec $N_{Mar,n,met,m}$ le nombre de marées effectuées, et $T_{Mar,n,met,m}$ le temps de pêche par marée.

La modélisation de la capacité de pêche a été réalisée en deux étapes :

- D'une part l'étude par métier, sur la portion de la flottille qui a fait l'objet d'une enquête, des facteurs qui influencent cette capacité de pêche. On analyse plus précisément l'influence de la dimension et de la polyvalence des navires,
- D'autre part, à partir de ces résultats, la mise au point d'un modèle décrivant cette capacité, puis son application aux navires non enquêtés afin de calculer la capacité de pêche annuelle des flottilles métier par métier.

Une analyse en composante principale des données des navires enquêtés a permis de tester l'influence de différents paramètres propres à chaque bateau sur la capacité de pêche calculée. Les résultats obtenus permettent de modéliser la capacité de pêche selon 3 facteurs : un facteur taille du navire et deux facteurs de polyvalence. Le facteur taille est calculé à partir des

caractéristiques physiques du navire - longueur, jauge, puissance motrice -, et du nombre d'hommes à bord :

$$Taille_n = CPI(L, J, P) + (N_H)_{cr}, \text{ avec } (N_H)_{cr} = \frac{N_H - \overline{N_H}}{\sigma(N_H)}$$

$CPI(L, J, P)$ représente la valeur du premier axe en Analyse en Composantes Principales pour les 3 variables physiques du navires, et $(N_H)_{cr}$ est la valeur centrée réduite du nombre d'hommes à bord.

Les deux facteurs de polyvalence conservés pour l'étude sont : la durée de la saison $D_{n,met}$ (pour un métier donné, $D_{n,met}$ représente le nombre de mois au cours duquel il est pratiqué), et la polyvalence totale par métier $P_{n,met}$:

$$P_{n,met} = \frac{D_{n,met}}{\sum_{met=1}^M D_{n,met}}$$

avec M le nombre total de métiers pratiqués au cours d'une année, pour un navire donné.

$$D'où : E_{n,met} = f(Taille_n, D_{n,met}, P_{n,met})$$

Comme les informations concernant la taille et la polyvalence des navires sont connues de manière exhaustive pour l'ensemble de la flottille, grâce aux fichiers nationaux de recensement des navires (Fichiers POP), et aux calendriers d'activité réalisés par les enquêteurs IFREMER/DPMCM, (cf. §5.1.1) on estime la capacité de pêche de chaque navire, dans chaque métier qu'il pratique. La généralisation à l'ensemble des navires conduit à estimer la capacité totale par métier.

6.2.1.2. De la capacité de pêche aux débarquements (Laurans, 1998)

Le principe de la méthode est le suivant :

- Identification d'un certain nombre de bateaux - étalons, représentatifs d'une certaine catégorie de navires, et dont la production et l'effort sont considérés comme étant parfaitement connus (données criées confrontées avec des enquêtes directes permettant de connaître le mode de commercialisation). Seuls peuvent être considérés comme étalons des navires qui vendent la totalité de leur production en criée.
- Calcul, pour ces navires, d'un taux mensuel d'utilisation de la capacité de pêche, $\tau_{met,m}$, ratio entre le temps de pêche réellement mis en oeuvre par le bateau (donnée criée), et le temps de pêche potentiel obtenu par enquêtes, correspondant au cas idéal où rien n'empêche le navire d'aller en mer. Il mesure la différence entre l'effort de pêche réel et la capacité de pêche. Il permet ainsi de tenir compte de tous les facteurs externes qui font qu'un bateau reste au port au lieu d'aller pêcher (conditions météorologiques, choix stratégiques, avaries...).
- Calcul d'une CPUE mensuelle moyenne par espèce et par métier, $U_{met,m,s}$ à partir des données criées, et considérée comme représentative de la CPUE de l'ensemble des navires pratiquant ce métier. La CPUE est exprimée par rapport à l'unité d'effort utilisée dans les calculs de capacité de capture.
- Estimation de la production moyenne par métier met , mois m et espèce s :

$$P_{met,m,s} = \left(\sum_{n=1}^N E_{n,met,m} \right) * \tau_{met,m} * U_{met,m,s}$$

avec N , le nombre total de navires pratiquant le métier met au mois m . On rappelle que le premier terme $\sum_{n=1}^N E_{n,met,m}$ est issu du calcul exhaustif, pour tous les navires, de la capacité de pêche (§6.2.1.1), alors que le terme $\tau_{met,m} * U_{met,m,s}$ est issu de l'échantillonnage des bateaux étalons.

L'utilisation du taux mensuel d'utilisation et de la CPUE mensuelle permet ainsi d'intégrer la saisonnalité de l'abondance et du mauvais temps.

La méthode permet donc de calculer une production mensuelle par métier et par espèce (il est également possible de différencier la classe de taille du navire), pour des métiers pour lesquels la production était jusqu'alors très mal connue et bien souvent sous-estimée. En sommant cette production sur tous les mois, on obtient la production annuelle par espèce et par métier, qui est la valeur recherchée pour le modèle bioéconomique.

6.2.2. Résultats

Le tableau 1 présente un exemple de résultat obtenu. On compare ici les valeurs estimées de production de sole pour le métier du filet à poissons plats en Manche orientale (F5.4).

Tableau 1. Résultats de la méthode appliquée au filet à sole (Laurans, 1998)

année	production officielle (t)	production extrapolée (t)	différence	%
1993	858,6	1692	833	97
1994	968,8	1440,8	472	48,7
1995	1032,3	1829,3	797	77,2

Ceci semble cohérent avec la connaissance empirique des chercheurs et enquêteurs de terrain des régions concernées (A. Tétard, comm. pers.). La différence entre les données extrapolées et les données officielles des criées peut atteindre parfois des proportions très importantes.

6.2.3. Mise en oeuvre

L'application de cette méthode nécessite un certain nombre de conditions. Notamment, elle requiert absolument l'identification de bateaux - étalons, pour lesquels production et effort sont parfaitement connus. Il faut donc que l'intégralité de la vente passe en criée, pour connaître la production avec précision ; il faut également que le livre de bord (log-book) ait été rempli correctement, pour la mesure du temps de pêche ; il faut enfin que cette information ait été transmise au CRTS, validée, et associée à l'information provenant de la criée, afin d'obtenir un fichier de base (fichier ZA) complet permettant de calculer des CPUE réalistes. Bien que l'utilisation de log-books soit obligatoire pour les bateaux de plus de 10 m, il arrive que les bases statistiques nationales contiennent des fichiers incomplets ne permettant pas de reconstituer correctement les marées. Mais la condition la plus difficile à remplir est la première puisque, comme on l'a vu précédemment, l'importance de la vente directe non déclarée est une des caractéristiques majeures de la pêche en Manche.

Les problèmes rencontrés en Manche Ouest n'ont pas été les mêmes que ceux rencontrés en Manche Est.

A l'est, où les navires sont plus grands et les criées plus nombreuses, un grand nombre de bateaux - étalons a pu être identifié, permettant ainsi une couverture significative de la flottille pour les métiers les plus pratiqués (tableau 2). Le nombre total de navires immatriculés en Manche Est est d'environ 800 (hors industriels).

Tableau 2. proportion des bateaux qui vendent toute leur production en criée en Manche Est (Laurans, 1998)

métier	nb. bateaux (89-90)	proportion de bateaux - étalons
F1.2	177	~100%
F1.4	271	30%
F4.2	226	25%
F5.4	340	30%

En revanche, l'information disponible sur les engins de pêche et les moyens de captures mis en oeuvre n'est pas exhaustive. Les enquêtes de 1991 qui ont permis de modéliser la capacité de pêche (Le Pape & Vigneau, 1998) couvraient 45% de la flottille française de Manche Est. Certaines ont été réactualisées en 1998. L'estimation de la production réelle s'appuie alors sur une extrapolation de la capacité de pêche à partir des caractéristiques techniques et stratégiques du navire, comme il a été vu précédemment. Il y a donc une incertitude au niveau de la capacité de pêche par manque d'exhaustivité de l'information, bien que le modèle s'ajuste bien (O. Le Pape, comm. pers.). Il y a également une forte variabilité dans le calcul de la CPUE mensuelle et du taux d'utilisation. .

A l'ouest, le problème est inverse. Une grande campagne d'enquêtes exhaustives sur tous les bateaux de Manche Ouest en 1994 a permis de connaître parfaitement les engins de pêche mis en oeuvre par les navires. La capacité de pêche est donc calculable facilement, sans nécessité d'extrapolation à des bateaux non enquêtés via des caractéristiques physiques. En revanche, le problème fondamental en Manche occidentale est d'identifier suffisamment de bateaux - étalons représentatifs de la flottille pour pouvoir calculer des CPUE valides. En effet, comme on l'a souligné dans le chapitre précédent, le nombre de bateaux passant en criée est extrêmement faible en Bretagne nord. Il est quasi impossible d'obtenir, à partir du système national des statistiques de pêche, un échantillon représentatif de l'activité des navires de pêche. L'évidente faiblesse de couverture de ce réseau permet donc de comprendre pourquoi la méthode d'extrapolation explicitée précédemment a été si peu applicable dans cette région.

6.3. Extrapolation empirique

Les productions d'un certain nombre de métiers et/ou d'espèces n'ont ainsi pas pu être extrapolées par cette méthode. En effet, il a été impossible d'identifier suffisamment de ces bateaux - étalons, et particulièrement pour les arts dormants, pour plusieurs raisons :

- le métier est pratiqué par trop peu d'unités pour pouvoir être échantillonné (palangre).
- le métier cible des espèces vendues très majoritairement hors-criée (caseyage côtier à crustacés, caseyage à seiche).
- le métier est peu sélectif, opportuniste, pratiqué par des petites unités, et ne permet pas de calculer une CPUE précise (filets à petites mailles).

Cependant, il est quand même parfois possible d'avoir une estimation grossière de la production, à partir d'études spécifiques faites sur un segment de la pêcherie, et/ou de la connaissance empirique des chercheurs des laboratoires côtiers. Il nous a semblé préférable d'utiliser une valeur moyenne empirique de la production qui nous semblait plausible, plutôt que de garder les données des bases nationales de toute évidence sous-estimées (Par exemple, il est fait état de débarquement d'environ 50 tonnes d'araignée dans le quartier maritime de Cherbourg en 1994, alors que pour la même année le Comité Régional des Pêches de Basse Normandie estime la production à environ 950 tonnes, soit 19 fois plus! -Berthou *et al.*, 1996). Dans la plupart des cas, il s'agit de métiers monospécifiques, et/ou d'espèces capturées par un très petit nombre de métiers (crustacés notamment), ce qui a facilité la répartition de la production par espèce entre les différents métiers.

Les valeurs moyennes 1993-1995 ont été estimées pour les espèces et métiers suivants :

Crustacés :

- Araignée (stock français) : 5 500 tonnes environ, réparties essentiellement entre le métier du filet ouest à araignée (F5.6) et le métier du caseyage à gros crustacés (F6.2)¹, à 2 500 tonnes chacun (Le Foll, 1993; Berthou *et al.*, 1996; Boncoeur *et al.*, 1998b; Le Gallic, comm. pers.). L'abondance de cette espèce est très variable d'une année à l'autre.
- Homard (stock français) : 230 tonnes environ, à 95% dans le métier F6.2 (Berthou *et al.*, 1996);
- Tourteau (stock français) : 3 600 tonnes environ, à 95% dans le métier F6.2 (Latrouite, 1989; Latrouite & Noël, 1997; Berthou *et al.*, 1996; Le Gallic, comm. pers.)
- Bouquet : 150 tonnes environ, à 100% dans le métier du caseyage français à petits crustacés F6.3 (Tétard, Boon *et al.*, 1995; Quéro & Vayne, 1998).
- Crevette grise : 350 tonnes environ, à 100% dans le métier du chalut à crevette F1.5 (Tétard, Boon *et al.*, 1995; Quéro & Vayne, 1998).

Mollusques :

- Coquille St. Jacques : 4 400 tonnes environ en baie de St. Brieuc (S. Fifas, données non publiées), et 5 600 tonnes environ en baie de Seine (J. Vigneau données non publiées), à 100% à la drague (métier F4.0 à St. Brieuc et F4.2 en baie de Seine)
- Buccin : 10 000 tonnes environ, à 100% dans le métier du caseyage à buccin F6.4 (Santarelli-Chaurand, 1985; Berthou *et al.*, 1996).

Poissons :

- Grondin rouge : 3 500 tonnes environ, réparties dans les différents métiers du chalut. Pour cette espèce, l'extrapolation concerne uniquement les données anglaises. En effet les différentes espèces de grondin ne sont pas différenciées dans les données comme c'est le cas en France. La production de grondin rouge a donc été extraite de la production totale de grondins en utilisant les résultats d'une campagne d'échantillonnage (Dunn *et al.*, 1996; M. Dunn, comm. pers.).
- Bar : 1 100 tonnes environ. La production a été extrapolée en France pour les métiers de la palangre côtière F7.2 et de la ligne à main F8.1, à 150 tonnes chacun (E. Charles, comm. pers.), et au Royaume-Uni pour le métier de la ligne à main U8.1, à 90 tonnes environ (G. Pickett, comm. pers., M. Dunn, comm. pers.).

¹ La typologie initiale établie par le CFSG (Tétard, Boon *et al.*, 1995) définissait 2 métiers pour le caseyage à gros crustacés en France, un métier hauturier (F6.1) et un métier côtier (F6.2). Pour des problèmes de ventilation des captures entre ces deux métiers, ils ont été rassemblés dans le même métier dans la modélisation bioéconomique présentée ici, sous l'appellation F6.2.

6.4. Bilan : production moyenne 1993-1995 utilisée dans le modèle

6.4.1. Validité et méthode d'extrapolation des métiers français

Le tableau 3 indique, pour l'ensemble des métiers pratiqués sur les côtes françaises de la Manche, ceux pour lesquels on peut raisonnablement considérer que les statistiques de criées sont fiables (qualité A), ceux pour la production desquels la méthode d'extrapolation de Laurans (1998) a été appliquée et validée (qualité B), ceux pour lesquels une évaluation grossière et empirique de la production a été jugée préférable aux données officielles (qualité C), et enfin ceux pour lesquels la production n'a pu être estimée par l'une ou l'autre manière, mais dont la production calculée d'après les bases nationales reste sujette à caution (qualité D). Si plusieurs méthodes ont été utilisées pour le même métier (en particulier pour l'extrapolation empirique qui est réalisée par espèce et non par métier), elles sont indiquées.

Tableau 3. qualité de l'information pour les différents métiers français

code métier	libellé	qualité de l'information
F1.1	chalutage hauturier ouest	A
F1.2	chalutage hauturier est	A/B
F1.3	chalutage côtier ouest	A
F1.4	chalutage côtier est	B
F1.5	chalutage à crevettes est	C
F2.1	chalutage à perche hauturier	A
F3.1	chalutage pélagique ouest	A
F3.2	chalutage pélagique est	A
F4.0 ¹	dragage à coquille SJ St. Brieuc	C
F4.1	dragage à coquille SJ ouest	A
F4.2	dragage à coquille SJ est	B/C
F4.3	dragage à bivalves ouest	D
F4.4	dragage à poissons plats est	D
F5.1	fileyage fixe hauturier ouest	A
F5.2	fileyage à petites mailles ouest	D
F5.3	fileyage fixe à grandes mailles	A
F5.4	fileyage fixe à sole côtier est	B
F5.5	fileyage à gadidés est	A
F5.6	fileyage à araignée ouest	C
F6.2	caseyage à gros crustacés	C
F6.3	caseyage à petits crustacés	C/D
F6.4	caseyage à buccin	C
F6.5	caseyage à seiche	D
F7.1	palangre hauturière	A
F7.2	palangre côtière	C/D
F8.1	ligne à main	C/D
F9.3	ramassage des algues	A

A : données non extrapolées mais considérées comme fiables ; B : données de production extrapolées par la méthode de Laurans ; C : données extrapolées empiriquement. D : données non extrapolées et sujettes à caution.

¹ Ce métier a été défini au cours du projet de modélisation bioéconomique, en raison de certaines spécificités techniques et économiques qui le différencient du métier initial F4.1. Il n'apparaît donc pas dans le

Il est fondamental de garder à l'esprit que tous les résultats issus du modèle bioéconomique, toutes les simulations qui ont été conduites, et toutes les analyses et conclusions tirées de nos travaux s'appuient sur une base de données rassemblant les statistiques nationales de 3 pays différents riverains du même bassin hydrologique, et que les données qui la constituent proviennent de sources très variées et hétérogènes. Le modèle ne reflète que les données que nous avons pu collecter et valider en 1997 et 1998, sur nos trois années de référence 1993 à 1995. Nous venons d'expliquer les problèmes posés par les données françaises, mais la situation est comparable, avec toutefois des différences, dans les autres pays.

Au vu du tableau précédent, il apparaît donc clairement que la qualité de l'information n'est pas la même pour tous les métiers. Elle est cependant la meilleure disponible actuellement, car la méthode d'extrapolation n'a été utilisée que dans les cas où elle était applicable. De meilleures données de base pourraient entraîner des résultats différents dans les simulations. Mais cela n'affecte pas le processus de modélisation en lui-même ; de plus, les métiers les plus structurants de l'activité en Manche ont dans l'ensemble été étudiés et validés. Les doutes quant à la fiabilité des données concernent en majorité des métiers pratiqués par des petites unités côtières qui, quoique nombreuses, restent relativement éparpillées. On peut espérer que la différence entre leur production réelle et leur production estimée n'affectera pas significativement les résultats.

6.4.2. Production moyenne 1993-1995 par métier et par stock

Le tableau 4 (pages 89 à 92) est le résultat de l'ensemble du travail réalisé sur la base de données biologiques. Il s'agit de la production totale par métier et par stock, en moyenne sur les années de référence 1993-95. C'est à partir de ce tableau final que sont calculés la plupart des paramètres du modèle biologique (cf. partie IV).

Il est en partie issu de la dernière version (1^{er} décembre 1999), de la base BAHAMAS (voir chapitre suivant) mais également de tous les réajustements faits pour corriger les données officielles présentés dans ce chapitre. La production officielle représente environ 80% du total estimé.

On trouvera la définition des codes de métiers en Annexe A. Les métiers intitulés "_others" en fin de tableau représentent les métiers agrégés (1 par pays) rassemblant la production autre que celle allouée aux métiers de la typologie (marées non allouées ou mixtes, métiers indéterminés). Ces résultats seront repris dans la partie IV de ce document.

catalogue des métiers (Tétard, Bonn *et al.*, 1995). Se reporter à la partie IV pour les différentes modifications qui ont été apportées à la typologie des métiers par rapport à la typologie initiale.

6. Validité des données de base et extrapolation

Tableau 4. captures totales (tonnes) par métier et par stock, moyenne 1993-95

code	France chalut								France drague							F5.1
	F1.1	F1.2	F1.3	F1.4	F1.5	F2.1	F3.1	F3.2	F4.0	F4.1	F4.2	F4.3	F4.4	F4.5		
aiguillat	175	54	47	5			1	5							4	
algues	228															
araignée_F	8	3	50	1						1	5				7	
araignée_U																
autres grond.	200	1 121	41	63		11	4	71					12			
bar	69	111	11	48		1	95	32							1	
barbue	33	26	20	13		11	1	2			15		29			
baudroie	633	9	158	1			2	1			1				31	
bouquet																
buccin	1		2									1				
calmar	1 565	1 038	231	102		3	6	72					1			
cardine	92		5													
chinchard	45	474	20	71		1	57	124								
congre	88	31	31	7			2	2							10	
coq._autres_7d		15		1		8				23	5 018		1	4		
coq._autres_7e			14							4 955		4				
coquille_br										108						
coquille_mx										119						
coquille_bs											5 447					
coquille_sb									4 420							
crevette grise					340											
dorade grise	624	378	131	107		3	406	223								
grondin rouge	1 779	888	398	134		3	28	47					1			
hareng_7d		274		73		1		3 151					1			
hareng_7e			2				4					1				
homard_F	2		1													
homard_U																
langouste	1		1													
lieu jaune	501	156	101	76			11	12							83	
limande	9	520	1	97		15		22			5		103			
limande-sole	127	264	10	9		13	1	11			2		52			
lingue	357	25	66	3			6	2							91	
maquereau	214	2 575	19	275		19	107	2 736					2			
merlan_7d	12	4 346		231		18	2	358					3			
merlan_7e	875		49				12								1	
merlu	139		14				3								50	
morue_7d	7	1 029		88		25		47					3			
morue_7e	455		20				1								5	
pétoncle	27		925	16		2						521				
plie_7d	31	1 108		638		150		38			93		514			
plie_7e	134		84			6	3			1						
raies	971	495	406	109		7	14	30		2	8		2		3	
rouget	206	560	31	33		18	2	44					1			
roussettes	824	801	342	181		8	22	55		1	4		1		12	
sardine	1	49	2	11			986	32								
seiche	2 886	1 477	2 094	443		42	30	55		14	114		44			
sole_7d	5	252		800		51		5			46		399			
sole_7e	62		120			3	1			2						
sprat							1									
St. Pierre	167	17	37	3			1	1								
tacaud	1 543	1 617	194	257		10	26	96			1		3		2	
tourteau_F	5	2	5	1											3	
tourteau_U																
turbot	21	24	8	14		18		2		1	21		47		1	
total	15 120	19 677	5 694	3 495	340	445	1 834	7 275	4 420	5 227	10 781	527	1 219	4	303	
rang	4	3	11	15	41	38	24	7	14	12	5	37	28	55	43	

Tableau 4 (suite). Captures totales (tonnes) par métier et par stock, moyenne 1993-95

code	France filet					France casier				France ligne			F autres		RU chalut	
	F5.2	F5.3	F5.4	F5.5	F5.6	F6.2	F6.3	F6.4	F6.5	F7.1	F7.2	F8.1	F9.1	F9.3	U1.1	U1.2
aiguillat	1	1								133	28				13	21
algues														58 000		
araignée_F	4	50	1	1	2 650	2 650		1			1					
araignée_U															4	5
autres grond.	2		2								1				118	47
bar	111	1	7	3						2	150	150			30	67
barbue	2	19	18	1											23	9
baudroie	4	296				3									260	21
bouquet							150									
buccin						1		10 000								9
calmar	1	1	1								1	1			620	72
cardine															122	
chinchard	2		1												132	43
congre	3	3				1			1	273	288				23	1
coq._autres_7d																6
coq._autres_7e															13	
coquille_br											1	1				
coquille_mx																
coquille_bs																
coquille_sb																
crevette grise																
dorade grise	8										11	10			2	286
grondin rouge	4	3	1								2				62	
hareng_7d				14												16
hareng_7e															13	
homard_F		3				220										
homard_U															9	2
langouste		15													3	
lieu jaune	83	8	1	16		1				3	35	64			56	70
limande			94	6											59	41
limande-sole			55	1											638	63
lingue	7	13		2		1				190	93				58	3
maquereau	16	1	1	1							3	138			34	23
merlan_7d			8	108												266
merlan_7e	5														1 039	
merlu	1	1													60	2
morue_7d			153	605						2						117
morue_7e	1	2									2				143	
pétoncle	1							1							2	
plie_7d		1	580	14						1						388
plie_7e	13	1									2				282	
raies	12	183	4	2		2				37	130				266	106
rouget	7														39	22
roussettes	15	12	49	331		1				288	151				26	36
sardine	12															
seiche	10	1	77			3		2	877		1				499	264
sole_7d		1	1 600	5												106
sole_7e	36	1									1				45	
sprat																
St. Pierre		1													115	1
tacaud	5	1	24	30						2	3				214	82
tourteau_F		98			1	3 500		1								
tourteau_U															75	4
turbot	3	39	63	1											13	6
total	369	755	2 503	1 138	2 651	6 383	150	10 004	878	930	901	363	0	58 000	5 109	2 203
rang	39	36	18	30	19	9	46	6	35	33	34	40	57	1	13	23

6. Validité des données de base et extrapolation

Tableau 4 (suite). Captures totales (tonnes) par métier et par stock, moyenne 1993-95

code	RU chalut					RU drague				RU filet						
	U2.1	U2.2	U2.3	U3.1	U3.2	U4.1	U4.2	U4.3	U4.4	U5.1	U5.2	U5.3	U5.4	U5.5	U5.6	U5.7
aiguillat	1	1	1							38		2	3	3	7	1
algues																
araignée_F																
araignée_U										2						4
autres grond.	30	50	38			1				1						
bar	3	2	3	1	1					3	7	47	3	2		
barbue	49	47	39			7	1						2	1		1
baudroie	38	261	55			39	4			13	1				2	132
bouquet																
buccin	1					1						1	3	1		
calmar	15	40	32			1				2						
cardine	6	213	1			1				1						
chinchard	1	1		6 812	1 524					1						
congre	2	10	2							22	1					1
coq_autres_7d	33						766									
coq_autres_7e		47	43			3 640										
coquille_br																
coquille_mx																
coquille_bs							148									
coquille_sb																
crevette grise																
dorade grise	1	2														
grondin rouge		17														
hareng_7d					2 989								2	7		
hareng_7e				512												
homard_F																
homard_U		1														
langouste																
lieu jaune	6	17	4							535	3	2	1	3	3	17
limande	11	13	16										2	2		
limande-sole	45	105	50			7	1			1			1			
lingue	7	50	6							276					6	13
maquereau				13 815	2 088	1				5		1	1			1
merlan_7d	28				1							3	3	15		
merlan_7e		49	31	3						25					1	
merlu	1	12	1							82					66	
morue_7d	28											4	17	181		1
morue_7e		41	13			1				95	1				4	11
pétoncle	1		3													
plie_7d	480						7					3	46	7		
plie_7e		339	381			25				1						1
raies	52	87	47			6	1			5	1	2	4	2	1	24
rouget	6	16	10													
roussettes			1							2			2	1		
sardine				3 905	27											1
seiche	198	668	573			33	2					2	28			1
sole_7d	351							15					3	69	5	
sole_7e		243	205			48				1						
sprat	1			2 127	27								1	1		
St. Pierre	2	15	5							1						
tacaud	71	158	155			18	1			15			1	4	1	1
tourteau_F																
tourteau_U	1	5				19	3			1			1	2		6
turbot	24	45	25			14	2			1			1	1		9
total	1 494	2 552	1 739	27 174	6 657	3 861	937	15	0	1 127	13	67	125	302	95	223
rang	27	20	25	2	8	16	32	52	57	31	54	50	47	44	49	45

Tableau 4 (suite). Captures totales (tonnes) par métier et par stock, moyenne 1993-95

code	RU filet		RU casier			RU ligneq			production indéterminée			total	rang
	U5.8	U5.9	U6.1	U6.2	U6.3	U7.1	U7.2	U8.1	F_others	U_others	B_others		
aiguillat		5	1				5	1	2	22		578	41
algues												58 228	1
araignée_F									27			5 460	12
araignée_U		1	467	340						22		844	38
autres grond.		1		1					11			1 825	29
bar	14	8	8			3		88	8	6		1 095	34
barbue		5							2	3		379	46
baudroie				4			1	2	3	36		2 007	27
bouquet			1						1			152	51
buccin		12	71	13	66				61	16		10 260	5
calmar		1						15	238	6		4 063	18
cardine				1						4		446	43
chinchard									57	2 041		11 406	3
congre		2	1	4			64	33	23	49		976	37
coq_autres_7d									769	26		6 672	7
coq_autres_7e									540	29		9 285	6
coquille_br									6			116	53
coquille_mx									6			125	52
coquille_bs									32	2		5 629	9
coquille_sb									11	3		4 434	17
crevette grise												340	48
dorade grise		1	2						18	6		2 218	24
grondin rouge									10	40		3 417	20
hareng_7d		12							105	3		6 649	8
hareng_7e								1	1	8		542	42
homard_F									1			228	49
homard_U		1	101	100						8		221	50
langouste				1					1	2		23	54
lieu jaune	1	8	1	1			1	26	14	16		1 935	28
limande		7							7	1		1 031	35
limande-sole		3							3	4		1 464	31
lingue							22	19	6	16		1 337	32
maquereau		10		3				945	239	2 987		26 258	2
merlan_7d		10							69	3		5 485	11
merlan_7e							1	10	1	5		2 107	26
merlu							1		1	1		435	44
morue_7d		54				1			8	5		2 375	23
morue_7e				1			2	5	1	10		812	39
pétoncle									12			1 509	30
plie_7d		112	1					1	8	11	1 038	5 270	13
plie_7e				1				1	5	13		1 292	33
raies		12	3	3			3	6	18	46		3 112	22
rouget									10			1 005	36
roussettes		4					1	1	22	2		3 199	21
sardine								1	81	480		5 588	10
seiche		48	2	1				20	2	57		10 567	4
sole_7d			146	1					1		650	4 515	16
sole_7e									12	18		797	40
sprat		1										2 159	25
St. Pierre									1	2		370	47
tacaud		5						3	17	8		4 566	15
tourteau_F									6			3 622	19
tourteau_U		6	2 935	1 840				4		57		4 959	14
turbot		4							2	15		423	45
total	15	334	3 739	2 314	66	4	100	1 182	2 478	6 089	1 688	233 807	
rang	53	42	17	22	51	56	48	29	21	10	26		

6.4.3. Conclusion sur la fiabilité des données de production

Ainsi, les données de production sont de qualité très variable, selon la taille du bateau, le type d'engin utilisé, les espèces recherchées et le port de débarquement.

Pour les données françaises, le degré de fiabilité est fortement lié au métier et au port de débarquement (existence d'une criée ou non).

Pour les données anglaises, le degré de fiabilité est plutôt lié à la taille du navire, puisque seuls les navires de plus de 10 m sont soumis à réglementation de déclaration de captures. Les navires inférieurs à cette taille, bien que largement les plus nombreux en Manche (cf. partie I) ne sont soumis à aucune réglementation. Leur production est estimée par recoupement d'enquêtes et d'échantillonnages.

Le tableau 5 résume les principales "données à risques" de BAHAMAS, c'est-à-dire les données *a priori* sous estimées par rapport à la production réelle, qui sont à utiliser avec précaution:

Tableau 5. Principales données de production de fiabilité faible dans BAHAMAS

France	Royaume-Uni
ports de Bretagne nord et ouest Cotentin	Bateaux de moins de 10 mètres
métiers ciblant les coquillages et les crustacés	Espèces non soumises à quotas
certains métiers de la Manche Est (drague à poissons plats et chalutage à crevette)	
Petits métiers : lignes et palangres, filet à petites mailles	

7. LA BASE DE DONNÉES BAHAMAS

La base de données BAHAMAS (Base Halieutique pour une Manche Stratifiée, Dintheer *et al.*, 1995b) est la base de données qui a été utilisée pendant toute la durée du projet de modélisation bioéconomique, et rassemblant toutes les données collectées pendant son déroulement.

7.1. Présentation

Comme on l'a vu précédemment (partie I, §2.3.2) le CFSG/GEPM a montré la nécessité d'une base de données commune entre les 3 pays riverains, rassemblant l'ensemble des données biologiques de production et d'effort, les données d'échantillonnage et les paramètres biologiques de chaque espèce, et les données économiques liées aux activités de pêche. Cette base a été créée sous format ACCESS lors d'un projet européen coordonné par C. Dintheer (IFREMER Boulogne-sur-mer). Sa conception et sa structure originale sont précisés par Dintheer *et al.* (1995b), nous ne présenterons ici que sa structure générale et ses modes d'utilisation, dans sa forme actuelle.

Cette base avait été testée par le CFSG/GEPM lors de son élaboration, sur un jeu de données réduit de 1992. Son utilisation de manière routinière n'a cependant pas eu lieu, et la base n'avait jusqu'à présent jamais été réellement validée.

Dans le cadre du projet FAIR, il a été décidé d'utiliser BAHAMAS comme base de données du modèle. En dehors de son intérêt direct pour la bonne réalisation du projet européen, cette utilisation est également l'occasion d'une réelle validation de la base, et de certaines améliorations. Ainsi, les concepts clés définis par le CFSG/GEPM ont été gardés, mais des modifications ont été apportées au fur et à mesure de l'avancée des travaux. Les évolutions majeures ont concerné non seulement la structure (ajouts de champs dans certaines tables, ajouts de nouvelles tables), mais également la sécurité et la stabilité (accès à la source mieux protégé) et la facilité d'utilisation (interface d'utilisation plus simple).

Tout le travail technique concernant le maintien et le développement de BAHAMAS est assuré par J. Guitton, informaticien du laboratoire Halieutique de l'ENSAR. La mise à disposition des données biologiques existantes est faite en étroite collaboration avec les informaticiens des laboratoires côtiers IFREMER, P. Lespagnol (Brest) et F. Coppin (Boulogne-sur-mer) côté français, et avec M. Dunn pour les données anglaises et belges. Les différents partenaires du projet ont également contribué au bon déroulement de cette phase grâce aux connaissances spécifiques de chacun, permettant de valider les informations et de faire les choix les plus judicieux possibles.

7.2. Structure informatique

Comme à l'origine, BAHAMAS se présente sous la forme d'une structure modulaire. Les différents types de données sont ainsi enregistrés dans des tables différentes. Cette approche conviviale permet, à partir de tables multiples, indépendantes ou non, d'intégrer toutes les préoccupations des utilisateurs (biologie, activité, effort de pêche, économie...). Cependant elle est désormais stockée sous un format non plus de type Microsoft ACCESS, mais de type SGBD Unix sous Linux, d'une part à l'ENSAR, et d'autre part à l'IFREMER Brest. Elle est reliée ensuite à une interface Internet, et protégée par un mot de passe. Ce choix présente de grands avantages par rapport à la structure initiale : il permet d'abord de stocker et de traiter un grand nombre de données plus

rapidement qu'avec un système d'exploitation Microsoft Windows. Il permet ensuite de ne garder qu'un seul exemplaire de la base, centralisée sur un seul ordinateur, mais interrogeable par tous les utilisateurs à partir de n'importe quel poste pourvu d'un navigateur Internet classique. Ainsi on évite les duplications dans chaque site de travail, ce qui facilite grandement les travaux de mise à jour et de contrôle, et permet que les modifications et améliorations apportées par chacun profitent à tous. L'utilisation d'une interface Internet permet enfin une très grande convivialité et une très grande flexibilité pour l'extraction des données. Ainsi, grâce aux outils de requête développés par J. Guitton, tous les utilisateurs peuvent consulter les données dont ils ont besoin sans devoir apprendre au préalable le langage d'interrogation des bases de données. Les principes et avantages de ces choix de travail sont ultérieurement repris dans la phase de modélisation bioéconomique (Ulrich & Guitton, 1999). Ces outils seront présentés au §7.5

7.3. Description des tables

La base s'articule autour de deux clés : l'espèce et le métier. Les tables établissant la liste des espèces (table 1 : "dénomination des espèces") et des métiers (table 2 : "description des métiers") retenus pour chaque année constituent les pivots de la base. Les autres tables comportent des données sur un sujet précis (données de production, d'effort, paramètres biologiques, échantillonnage...), et sont reliées à l'une ou l'autre (ou les deux) de ces deux clés.

Pour des raisons de confidentialité, la base ne comporte aucune donnée individuelle de navires, mais uniquement des données agrégées au niveau métier/classe de taille des navires/origine géographique du navire et/ou des captures. La première version de BAHAMAS ne comportait que le niveau métier ; les autres champs ont été rajoutés selon un souhait commun des participants. On ne travaillera donc par métier que sur des valeurs moyennes représentatives d'une certaine catégorie de navires présentant des caractéristiques communes.

Afin de faciliter le remplissage des tables, il a été décidé de créer une première hiérarchie de la base en plusieurs sous-bases, comportant toutes les mêmes tables, mais remplies à partir de sources d'information différentes. En effet, les données individuelles des bases anglaises, belges, françaises de Manche Ouest et françaises de Manche Est étant sensiblement différentes, les programmes de remplissage des tables par classification et agrégation des données varient également. Ainsi, en cas de modifications sur l'un d'eux, les données des autres régions ne sont pas affectées et ne nécessitent pas un nouveau tri. Ces bases comportent 19 tables, qui couvrent les informations suivantes :

tables reliées à la clé "métier" et à l'activité de pêche :

- données d'effort de pêche, agrégées au niveau du rectangle statistique (table 9), de la division CIEM (table 10), ou de la Manche (table 11). L'allocation d'une donnée d'effort dans une table ou une autre dépend donc de son niveau de désagrégation spatiale, et les données rentrées dans une table sont reprises de manière agrégée dans la table d'échelle spatiale supérieure. Différentes unités d'effort sont calculées (effort en mois*bateaux, en nombre de jours de mer, d'heures de pêche...)
- données de débarquement par métier et par espèce, agrégées, comme les données d'effort, au niveau du rectangle statistique (table 5), de la division CIEM (table 6), ou de la Manche (table 7), ainsi que d'autres informations relatives au bassin Manche (table 8). La table 6 a été dédoublée afin de recevoir d'une part les données officielles agrégées au niveau de la division, et d'autre part les données extrapolées soit par la méthode explicitée au chapitre 6, soit de manière plus grossière.
- caractéristiques techniques des navires par métiers (table 3) : nombre de navires, caractéristiques physiques moyennes, nombre d'hommes à bord...

- description des engins par métier (table 4) : dimensions, nombre... et correspondances des différents codes nationaux et internationaux (codes FAO).
- données de coût d'exploitation (table 17) : coûts liés à l'activité (coûts fixes et coûts variables), coûts liés à la production (taxes, salaires...).
- Report d'effort (table 18) et répartition des métiers complémentaires (18_1). Ces tables permettent de mesurer, pour chaque métier, l'importance des autres métiers pratiqués par les mêmes navires par an et par mois.

tables reliées à la clé "espèces" :

- données de résultats d'échantillonnage (tables 12 et 13) ;
- données biologiques de paramètres de croissance (table 14) et de clés taille-âge (table 15) ;
- paramètres de sélectivité espèce-engin (table 16) ;
- règles de gestion éventuelles (table 19) : TAC, quotas nationaux, taille minimale de captures, licences..

Ces tables constituent un vaste cadre pouvant contenir l'ensemble des informations relatives aux pêcheries de Manche. Toutes ne peuvent bien sûr être remplies également, en raison d'informations inexistantes pour certaines espèces ou certains métiers, mais cette structure souple permet justement de pouvoir rajouter des informations au fur et à mesure de l'avancée des travaux.

Les données de production rassemblées dans la base concernent ainsi l'ensemble des captures par année (3), mois (12), espèce (93, y compris espèces indéterminées et non intégrées dans le modèle), métier (121, y compris métiers extérieurs, métiers indéterminées et marées mixtes), taille de navire (6), port de débarquement (169), quartier d'immatriculation du navire (38), catégorie commerciale et qualité du poisson (52), et rectangle statistique ou zone où a été effectuée la capture (368), c'est à dire:

- Les captures faites en Manche (zone CIEM 7d et 7e), incluant donc les captures faites par des bateaux non immatriculés en Manche et ne débarquant pas dans un port de la Manche, tels que les chalutiers de Bretagne Sud notamment,
- Les captures débarquées dans un port de la Manche, y compris donc les captures effectuées en dehors de la zone (Mer du Nord, Mer Celtique ou Golfe de Gascogne par exemple) mais vendues en Manche.

Sur l'ensemble des trois années de référence, ceci représente un total d'environ 820 000 enregistrements (table 5).

7.4. Incorporation des données dans BAHAMAS

La conversion des données individuelles (par navire et par marée) en données agrégées par métier et/ou espèce se fait par une suite de programmes informatiques. Une fois le métier alloué, on somme ainsi les productions par année \ mois \ métier \ classe de taille du navire \ quartier maritime d'origine \ espèce \ catégorie commerciale \ zone de pêche \ port de débarquement, et on somme les efforts de pêche par année \ mois \ métier \ classe de taille du navire \ quartier maritime d'origine \ zone de pêche. Il faut remarquer que le fait que certains navires ne vendent pas la totalité de leur production par la criée, question abordée dans le chapitre précédent, pose un problème important, qui est celui de la correspondance production - effort (tables 5 et 9) : en effet l'effort indiqué correspond à l'effort total de la marée (en nombre d'heures par exemple), alors que la production correspondante ne concerne que la part de la marée qui est enregistrée à la criée. Il y a donc une inadéquation difficile à chiffrer entre les deux mesures.

Les autres tables concernant des données biologiques et de gestion par espèce (paramètres de croissance, clés taille-âge, règles de gestion établies) sont remplies manuellement en fonction de l'information disponible dans la littérature. Les tables concernant les données d'échantillonnage sont également remplies avec des données brutes existant dans les laboratoires IFREMER. La table 17 est remplie avec les résultats des enquêtes économiques.

Toutes ces données hétérogènes doivent être traitées et incorporées au cas par cas: il n'en existe donc pas de procédure informatisée.

7.5. Interrogation de la base

Comme nous l'avons dit précédemment, l'extraction des données se fait via une interface Internet. Les requêtes s'effectuent en choisissant la commande IHM (Interface Homme - Machine), dans le menu général (figure 1). L'IHM est l'interface entre l'utilisateur et la base de données permettant d'effectuer les requêtes d'interrogation de manière simplifiée. Des commandes simples guident les choix de l'utilisateur : choix de la base, de la table, des champs et du niveau d'agrégation des données. Ces choix sont ensuite directement traduits en langage SQL (Structured Query Language). Il est également possible d'écrire manuellement les lignes de commande SQL. Les résultats apparaissent à l'écran. Ils peuvent être ensuite sauvegardés et récupérés sous n'importe quel logiciel courant. Ce système permet donc une extrême facilité et une grande souplesse d'utilisation.

Grâce aux outils graphiques et cartographiques développés par J. Guittou, il est également possible de visualiser directement sur l'écran les différentes données de production et d'effort de manière spatiale ou temporelle (figure 2).

choix de la base

choix des champs et de leur niveau d'agrégation

base choisie

choix de la table

base actuelle

bahamas_tot

TABLES DISPONIBLES :

table_06_euro

go

Retour page initiale

INFO BASES

select distinct

annee mois codemetier codeesp secteur typeinfo class_long poids valeur

FROM table_06_euro

where |codeesp like 'sol'

GROUP BY : annee mois codemetier codeesp secteur typeinfo class_long poids valeur

ORDER BY : annee mois codemetier codeesp secteur typeinfo class_long poids valeur

GO

Réponse à la requete sql suivante
 select distinct (annee),(codemetier),(codeesp),sum(poids) from table_06_euro where codeesp like 'sol' group by annee,codemetier,codeesp
 Les données format CSV

nbre de lignes obtenues : 255

annee	codemetier	codeesp	sum(poids)
1993	E0.1	SOL	125.7
1993	E1.2	SOL	22117.8
1993	E2.1	SOL	3190.3
1993	E2.1	SOL	129.3
1993	E3.2	SOL	243.5

affichage du résultat mis en forme

récupération du fichier en format texte, pour utilisation éventuelle dans d'autres applications

Figure. 1. Interface Internet (IHM) de la base de données BAHAMAS

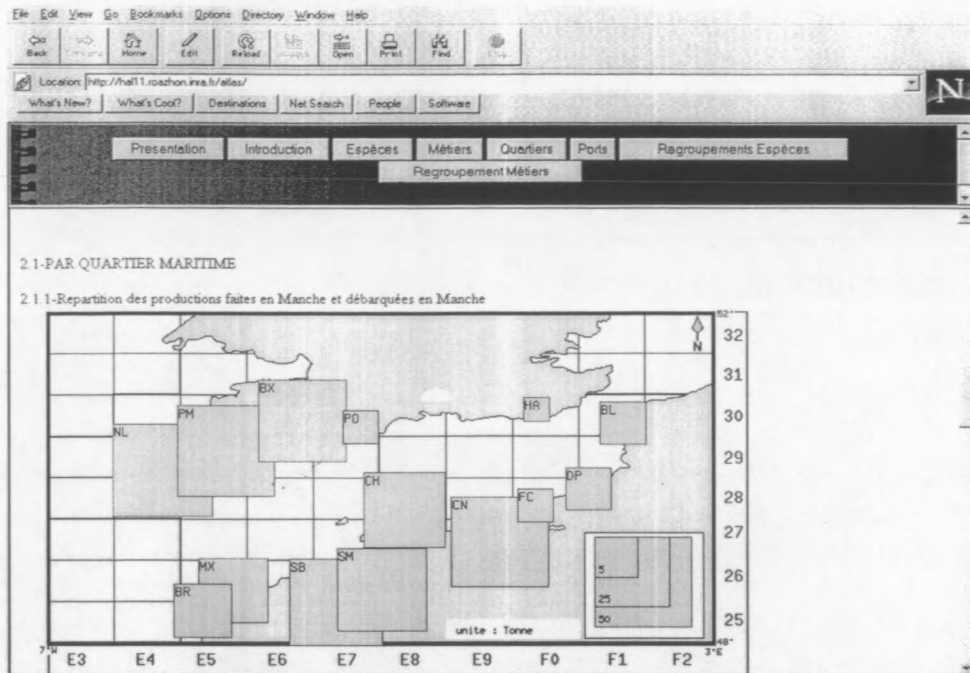


Figure. 2. Exemple de cartographie en ligne des données de production : production de St. Pierre par quartier maritime

CONCLUSION DE LA PARTIE II

La phase de collecte des données a, comme l'étude du contexte halieutique présentée dans la première partie, mis en évidence une certaine hétérogénéité de la disponibilité et de la fiabilité des données nécessaires à la modélisation. De même que certaines espèces sont peu ou mal connues d'un point de vue de leur biologie et de leur cycle de vie, de même certaines autres sont mal connues au niveau de leur production. Cependant, ce ne sont pas toujours les mêmes espèces qui sont concernées par ces deux types de problèmes. Le niveau de connaissance scientifique et biologique dépend surtout, on l'a vu, de l'intérêt commercial, de la réglementation communautaire et des spécificités du cycle de vie, privilégiant en premier lieu les espèces de poissons soumises à quotas européens, et en second lieu les espèces de haute valeur commerciale et pour lesquelles les mêmes méthodes peuvent être appliquées (poissons et certains bivalves, par opposition aux crustacés et céphalopodes). Le niveau de connaissance sur la production et les débarquements dépend lui essentiellement du mode de commercialisation des métiers qui l'exploitent et donc, plus ou moins implicitement, de la taille moyenne des navires, de la zone de pêche et des infrastructures portuaires associées, voire des caractéristiques biologiques de l'espèce (stockage des crustacés vivants dans des viviers par exemple, ou encore séparation des noix de coquille St. Jacques directement à bord, facilitant ainsi le débarquement et la vente mais limitant les possibilités de contrôle).

Ainsi, on connaît mal la production réelle de certaines espèces pourtant bien suivies biologiquement, et le plus souvent pour des raisons économiques (prix plus élevé en vente directe, fraude...), comme par exemple la sole, le bar ou la coquille St. Jacques. Inversement, l'estimation de la production de certaines espèces à valeur commerciale faible est considérée comme bonne,

alors que leur biologie a été peu étudiée (sans doute à cause de leur faible intérêt commercial également), comme par exemple le congre ou l'aiguillat. Les deux autres cas de figure existent aussi, avec des espèces bien suivies tant d'un point de vue biologique que de la production (merlan, maquereau) ou au contraire encore mal connues dans les deux cas (crustacés et céphalopodes).

Parallèlement à son utilité pour la bonne réalisation de la modélisation bioéconomique, tout le travail effectué sur les données biologiques et économiques au cours de ce projet par l'ensemble des participants et présenté ici représente une amélioration sans précédents quant à la connaissance quantitative des pêcheries de la Manche. Un certain nombre d'outils proposés et mis en place au cours de travaux antérieurs du CFSG, et sans lesquels il n'aurait certainement pas été possible de faire ce travail pendant le laps de temps imparti, ont été validés, voire améliorés. La typologie unifiée des métiers s'est avérée très utile, malgré quelques légères modifications par rapport à la version originelle. Les seuils d'allocation des métiers qui avaient été initialement proposés, mais jamais réellement utilisés, ont été révisés et affinés. Les enquêtes économiques sur les coûts de production couvrent désormais l'ensemble du littoral français et anglais. Les données d'échantillonnage biologique issues des différents laboratoires français et anglais sont maintenant à la disposition de tous les utilisateurs de la base. On a souligné les limites à la fiabilité de ces différentes données, et proposé des méthodes de validation, notamment pour l'estimation des données de production. La base de données BAHAMAS a été validée et améliorée, tant dans sa facilité d'utilisation que dans son contenu, puisqu'elle contient désormais toutes les données provenant de toutes ces sources d'information (sauf les calendriers individuels d'activité qui, pour des raisons de confidentialité, n'ont pas été intégrés). Des outils graphiques ont été développés, permettant une meilleure visualisation des résultats, et un atlas issu de ces données est en préparation (Guitton *et al.*, en prép).

Il serait fort souhaitable à l'avenir de voir cette base se maintenir et s'actualiser avec les données les plus récentes, voire s'améliorer encore par adjonction éventuelle de nouveaux types de données, car elle s'est avérée être un outil opérationnel extrêmement précieux.

TROISIÈME PARTIE

MÉTHODES D'ÉVALUATION DES STOCKS
DE LA MANCHE

8. RAPPELS SUR LES MODÈLES UTILISÉS EN DYNAMIQUE DES POPULATIONS HALIEUTIQUES	105
8.1. Méthodes structurales	106
8.1.1. <i>Principe de l'analyse des cohortes</i>	<i>106</i>
8.1.2. <i>Méthodes de stabilisation et de calibration de la VPA sur tableau complet</i>	<i>107</i>
8.1.3. <i>Analyse de pseudo-cohorte isolée et analyse rectifiée des pseudo-cohortes.</i>	<i>109</i>
8.1.4. <i>Estimation des courbes de production</i>	<i>110</i>
8.2. Méthodes globales	111
8.2.1. <i>Différents types de modèles</i>	<i>112</i>
8.2.2. <i>Ajustement d'un modèle global</i>	<i>114</i>
8.2.3. <i>Méthode empirique d'estimation de la courbe de production à l'équilibre</i>	<i>115</i>
8.3. Discussion : choix et validité des modèles utilisés	117
9. UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DES STOCKS LOCAUX : LE MODÈLE IN / OUT	119
9.1. Formalisation du modèle In/Out	120
9.1.1. <i>Séparation des captures</i>	<i>120</i>
9.1.2. <i>Évaluation des 2 stocks.</i>	<i>121</i>
9.1.3. <i>Fonctions de production</i>	<i>122</i>
9.2. Détermination de β	123
9.3. Application de la méthode aux stocks de la Manche	124
9.4. Résultats détaillés de la méthode appliquée à la sole de Manche Est	125
9.4.1. <i>Évaluation</i>	<i>125</i>
9.4.2. <i>Estimation de β</i>	<i>129</i>
9.5. Application aux autres stocks	130
9.6. Interprétation et discussion	133
9.6.1. <i>Analyse et validité des résultats obtenus</i>	<i>133</i>
9.6.2. <i>Intérêt et contraintes de la méthode</i>	<i>134</i>
9.7. Conclusion	135
10. APPLICATION DES MÉTHODES D'ÉVALUATION AUX STOCKS DE LA MANCHE	136
10.1. Estimation des captures aux âges : données d'échantillonnage disponibles et estimation du diagramme d'exploitation par métier	136
10.1.1. <i>Cas où les captures totales sont disponibles</i>	<i>138</i>
10.1.2. <i>Cas où les captures totales ne sont pas disponibles</i>	<i>139</i>
10.2. Modèle d'évaluation utilisé pour chaque stock	141
10.3. Paramètres biologiques et paramètres des modèles d'évaluation	142
CONCLUSION	146

INTRODUCTION

Comme on l'a vu dans la partie I à partir de différents exemples, la modélisation cartésienne d'un système complexe mêlant des facteurs anthropiques et des facteurs naturels passe d'abord par une séparation des phénomènes intrinsèques en différents modules, puis par une étude et une modélisation individuelle de chacun de ces modules, tout en gardant des liens avec les autres.

Dans le cadre d'une modélisation bioéconomique, les modules sont au nombre de trois : l'activité, la production et le calcul économique. Au sein de ces trois modules, certains paramètres peuvent assez facilement être considérés comme constants sur une période de quelques pas de temps : ainsi le prix d'achat des appareils de pêche, la répartition des parts de salaire ou les différents types d'engins utilisés par chaque navire varient peu d'une année à l'autre. De plus, certains sont facilement observables et leur estimation reste relativement aisée. En revanche, certains autres sont beaucoup plus variables. Ainsi, **la plus grande variabilité provient de la fluctuation de la ressource**, tant pour des raisons environnementales (relation avec les facteurs biotiques et abiotiques du milieu) qu'anthropiques (relation avec la pression de pêche). La nécessaire estimation de la production attendue en fonction d'un niveau d'effort de pêche est une difficulté majeure à l'approche globale du système [pêcheur-ressource].

On a évoqué dans les deux premières parties un certain nombre de points forts liés à la problématique posée et à la zone étudiée. Ces points forts ont mis en évidence une troisième source de variabilité dans la modélisation de la ressource, non pas directement due à son état de "ressource naturelle", mais indirectement liée à la perception que l'on en a : la variabilité de la connaissance et de l'information s'ajoute à la variabilité des réponses à l'environnement et à l'effort de pêche.

Les méthodes d'évaluation des stocks visent à prendre en compte l'ensemble de ces phénomènes directs et indirects afin d'estimer l'état et la dynamique du stock, non observables directement. Ces méthodes, basées essentiellement sur l'étude des captures commerciales des flottes de pêche, sont variées tant d'un point de vue des paramètres d'entrée que des hypothèses sous-jacentes et de la précision du diagnostic en sortie. Par ces méthodes, on cherche à modéliser la variabilité de la ressource, ou tout au moins à modéliser sa réponse à la variabilité de la pression de pêche. La réponse de la ressource à l'environnement, beaucoup plus difficile à appréhender, est jusqu'à présent relativement peu intégrée dans ces méthodes, et est plutôt l'objet de l'écologie des ressources naturelles.

Le but de cette partie est donc de présenter **la démarche et les résultats de l'évaluation des stocks en Manche**. L'intérêt de ce travail est non seulement de **fournir les inputs nécessaires à la modélisation bioéconomique** (avec toutes les contraintes et obligations que cela implique, cf. partie I), mais également de dresser un réel **bilan de l'état des stocks** dans cette région, d'un point de vue **biologique** (niveau d'exploitation) et **perceptif** (niveau d'information). On présente d'abord les différentes méthodes utilisées au cours du projet. La plupart sont des méthodes usuelles largement utilisées en dynamique des populations, et on rappelle simplement les principes fondamentaux et les modes de calculs (chapitre 8). Une méthode originale est également proposée. Il s'agit d'une méthode d'évaluation, appelée "**méthode In/Out**", et largement basée sur l'analyse des cohortes. Elle cherche à estimer une courbe de production, dans une zone d'étude, pour un stock réparti sur une zone beaucoup plus vaste, à partir d'hypothèses faites sur l'existence potentielle de **stocks locaux** au sein de la zone d'étude (chapitre 9). Enfin, ces différentes méthodes sont mises en application dans le dernier chapitre (chapitre 10) sur l'ensemble des stocks de la Manche impliqués dans cette étude (53 stocks). Les principales étapes de travail et des résultats synthétiques sont présentés sous forme de tableaux récapitulatifs.

Cette partie s'attache uniquement aux **méthodes** utilisées et à leur application à la Manche. Une synthèse diagnostic de l'état d'exploitation des principaux stocks de cette pêcherie, reprenant les résultats individuels présentés dans cette partie, est conduite dans la dernière partie de ce document (partie V).

8. RAPPELS SUR LES MODÈLES UTILISÉS EN DYNAMIQUE DES POPULATIONS HALIEUTIQUES

Une grande variété de méthodes est disponible pour simuler ou décrire la dynamique d'un stock en interaction avec des activités de pêche. Ces méthodes, généralement rassemblées sous l'appellation "méthodes d'évaluation", fournissent les paramètres clés décrivant l'abondance du stock et les taux d'exploitation et de mortalité, et permettent de tirer des conclusions à propos de l'état du stock et de sa vulnérabilité. Si le modèle s'ajuste bien aux données observées, il est généralement utilisé pour prédire la dynamique du stock et la production attendue sous différents régimes d'exploitation.

Ces méthodes usuelles, développées depuis les années 50, ne nécessitent pas toutes la même quantité d'information à l'entrée, et ne fournissent pas toutes la même qualité d'information en sortie. On en distingue notamment deux types. D'un côté, certaines méthodes appréhendent le stock dans son ensemble et ramènent sa dynamique à une équation mathématique en fonction de l'effort de pêche. Le stock est considéré comme une "boîte noire" dont on connaît peu ou mal les mécanismes internes. On parle dans ce cas **d'approche globale**. Inversement, d'autres méthodes cherchent à identifier les rouages internes de l'évolution du stock, et les phénomènes mis en cause sous l'effet d'une pression de pêche. On parle alors **d'approche analytique**. Cette approche, plus complète que la première, est également beaucoup plus demandeuse en paramètres d'entrée, et pose donc parfois un problème d'utilisation quand les données requises n'existent pas ou ne sont pas disponibles.

En Manche, la diversité biologique des ressources exploitées et l'hétérogénéité scientifique des connaissances implique que toutes les méthodes d'évaluation ne pourront pas être utilisées pour tous les stocks, et que certaines seront plus adéquates que d'autres. Cela impose une étude monospécifique au cas par cas, afin d'abord **de rassembler et valider les données et études disponibles pour chacun des stocks**, puis à l'issue de cette première étape, de **déterminer quelle est la méthode la plus appropriée** à utiliser.

On ne cherche pas ici à refaire un ouvrage de dynamique des populations car il existe suffisamment de synthèses sur ce sujet (Laurec & Le Guen, 1981 ; Hilborn & Walters, 1992...), mais à rappeler, pour chacune des méthodes utilisées dans le cadre de la modélisation bioéconomique des pêcheries de la Manche, et par ordre décroissant de précision et de quantité de paramètres d'entrée, quelles sont les **principes et concepts fondamentaux, les hypothèses sous-jacentes** et les **intérêts et problèmes d'utilisation**¹. Le choix définitif d'une méthode, préférentiellement à d'autres peut-être plus satisfaisantes mais plus complexes à mettre en oeuvre et plus demandeuses en données, a été fait progressivement, au fur et à mesure des travaux d'investigation sur les données disponibles, et a été dicté par la règle incontournable d'homogénéité méthodologique explicitée en première partie.

¹ Comme au chapitre 4, certains paragraphes de cette partie sont la traduction en français d'une synthèse réalisée dans le cadre du projet FAIR (Pascoe, Dunn & Ulrich, 1998), ainsi que du rapport final de contrat.

8.1. Méthodes structurales

La plupart des évaluations de stocks emploient des méthodes sophistiquées utilisant de larges jeux de données. Dans les eaux de l'Union Européenne (UE), les évaluations internationales de stocks sont coordonnées par le Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM-ICES). Les évaluations actuelles du CIEM utilisent le plus souvent la méthode XSA, qui est considérée comme "l'état de l'art actuel dans l'analyse des données de pêche" (Darby & Flatman, 1994). D'autres méthodes peuvent être également utilisées. Ainsi les groupes de travail de l'ICCAT (Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique) utilisent la méthode ADAPT (Gavaris, 1998). Ces méthodes sont basées sur le principe de l'analyse des cohortes (appelée en anglais VPA, "Virtual Population Analysis", Gulland, 1965, suite aux travaux de Fry, 1949).

8.1.1. Principe de l'analyse des cohortes

L'analyse des cohortes estime l'abondance historique et les mortalités par pêche d'après une série temporelle de données de captures effectuées pour chaque groupe d'âge, en suivant l'évolution de chaque cohorte individuellement. Une cohorte rassemble tous les individus nés lors d'une même période de reproduction, une année donnée¹. Quand on n'a qu'une seule cohorte par an, les individus nés à l'année n ont donc 1 an à l'année $n+1$, 2 ans à l'année $n+2$..., jusqu'à un groupe d'âge terminal noté groupe +, rassemblant tous les individus d'âge réel supérieur ou égal à cet âge T (au delà d'un certain âge, les individus deviennent difficile à évaluer avec précision, ou ne sont plus assez nombreux pour pouvoir constituer un réel groupe d'âge). Le principe de l'analyse des cohortes est de s'appuyer sur la connaissance des captures faites à chaque âge pour mesurer les processus de disparition d'une cohorte, et donc avoir une estimation de l'abondance des individus de chaque âge chaque année.

Les captures aux âges sont estimées à partir des débarquements commerciaux totaux, et d'échantillonnages biologiques en âge et en taille permettant d'estimer le diagramme des captures.

L'analyse est basée sur deux équations. La première, appelée équation de survie, décrit l'abondance de chaque cohorte (en nombre d'animaux) à l'entrée dans le groupe d'âge $t+1$ (N_{t+1}) en fonction de l'abondance en début d'âge t (N_t), du coefficient de mortalité par pêche F_t et du coefficient de mortalité naturelle M_t :

$$N_{t+1} = N_t e^{-(F_t + M_t)}$$

Le terme de mortalité par pêche rassemble toutes les causes de mortalité dues à la captures et aux dommages imputables aux engins de pêche, et le terme de mortalité naturelle, celles dues à la, maladie, prédation, sénilité etc...

La deuxième équation, appelée équation des captures, estime le nombre C_t des captures faites au sein de chaque cohorte sur le groupe d'âge t , C_t , en fonction de l'abondance de la cohorte en début de période et de la mortalité :

$$C_t = N_t \frac{F_t}{F_t + M_t} \left(1 - e^{-(F_t + M_t)} \right)$$

¹ On se placera ici dans le cas simple, et fréquent en zone tempérée, d'une seule cohorte par an, et d'un suivi sur une base annuelle. L'analyse des cohortes peut cependant être également appliquée au cas de ressources présentant plusieurs cohortes par an, ou sur une base saisonnière.

Des équations ci-dessus, on déduit :

$$\frac{N_{t+1}}{C_t} = \frac{(F_t + M_t)e^{-(F_t+M_t)}}{F_t(1 - e^{-(F_t+M_t)})}$$

Ainsi, connaissant N_{t+1} , et C_t et M_t étant connu (données d'entrée), on peut calculer F_t par résolution numérique itérative. N_t est ensuite estimé par l'équation de survie. Le calcul est ainsi conduit en remontant dans les cohortes depuis le dernier âge (âge T) jusqu'au premier, en estimant l'abondance et la mortalité par pêche pour tous les âges (figure 1). Le recrutement moyen équilibré Re est égal à l'abondance moyenne (moyenne géométrique le plus souvent) des individus du groupe d'âge 1 (on ne prend pas en compte dans le calcul du recrutement équilibré l'abondance des années les plus récentes, la convergence n'étant en général pas encore atteinte).

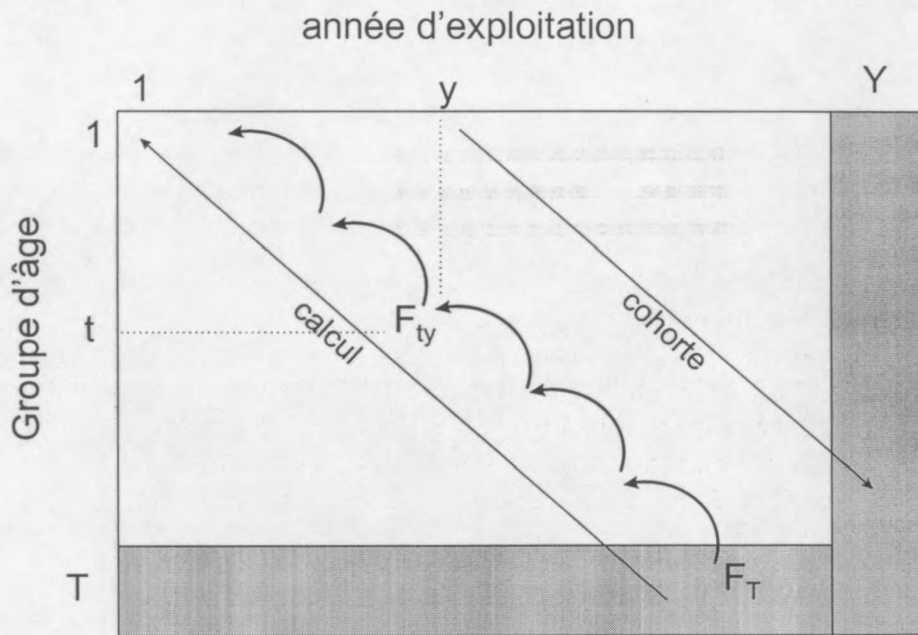


Figure 1. Résolution de la VPA, cohorte par cohorte, dans le cas d'un tableau complet de captures (tiré de Pelletier, 1991).

Pour les individus du groupe d'âge terminal, on considère que toute la mortalité par pêche est concentrée sur une seule année. L'équation des captures s'écrit alors (Mesnil, 1980):

$$C_T = N_T \frac{F_T}{F_T + M_T}$$

8.1.2. Méthodes de stabilisation et de calibration de la VPA sur tableau complet

Un problème essentiel est la nécessité d'initialiser le calcul, et donc estimer la mortalité par pêche du groupe d'âge terminal. Jones (1961), puis Pope (1972) montrent que les erreurs dues à la détermination de la mortalité terminale s'amenuisent au fur et à mesure du calcul vers les groupes d'âge jeunes, et ceci d'autant plus rapidement que l'exploitation est intense. Pour les premiers groupes d'âges il y a ainsi convergence des estimations vers leur valeur vraie, quelque soit la valeur d'initialisation considérée pour le groupe terminal.

8.1.2.1. Calibration

Les méthodes de calibration (ou "méthodes de tuning") s'appliquent au cas de l'analyse des cohortes à partir de tableaux complets de captures par âge et par année. Ce sont des méthodes relativement complexes permettant d'estimer la mortalité par pêche terminale, et surtout les mortalités de la dernière année. Elles utilisent les mêmes données que précédemment, plus des estimations de captures par unité d'effort (CPUE) de flottilles commerciales ou de navires océanographiques et/ou des indices d'abondance des individus pré-recrutés. Le principe d'ajustement est de comparer directement ces matrices de données observées à la matrice des résultats estimés par VPA correspondant, et de minimiser de manière itérative la différence entre les deux.

Ces méthodes d'ajustement performantes requièrent beaucoup de données. Il faut avoir une bonne série temporelle (>10 ans) de débarquements commerciaux et d'effort de pêche des flottilles choisies pour la calibration, et des échantillonnages en âge et en taille. Elles ont l'avantage d'utiliser des données fines de différentes flottilles connues pour ajuster les données plus grossières, de qualité variable, des captures commerciales, et diminuent la sensibilité de la VPA à l'estimation de la mortalité terminale (Pelletier, 1991). Mais elles peuvent rarement être utilisées en dehors des groupes de travail internationaux, sur des stocks autres que ceux évalués en routine par ces groupes, car la logistique nécessaire pour rassembler toutes les données requises est très lourde.

8.1.2.2. Stabilisation

Quand il n'existe pas d'information extérieure fiable, comme un indice d'abondance ou des séries de CPUE de flottilles connues, on ne peut pas calibrer la VPA avec l'une des méthodes ci-dessus. Cette situation est assez fréquente pour les espèces côtières des pêcheries artisanales. Les données individuelles d'effort et de captures ne peuvent être obtenues et utilisées, dans la grosse majorité des cas, que pour de gros navires hauturiers soumis à des réglementations strictes de déclaration de captures, ce qui n'est pas le cas pour la plupart des petites unités comme celles de la Manche.

On peut alors simplement appliquer l'hypothèse de stabilité pour calibrer la VPA et fixer la valeur de la mortalité par pêche terminale. Si on considère que l'effort de pêche est resté stable au cours des k dernières années, alors on stabilise la VPA en supposant que la mortalité par âge de la dernière année est égale à la moyenne des mortalités des k dernières années. De même, si on considère que la capturabilité est indépendante de l'âge à partir d'un certain âge, la mortalité du groupe terminal est égale à la moyenne des mortalités des k' derniers âges :

$$\begin{cases} F_{t,Y} = \left(\sum_{i=1}^k F_{t,Y-i+1} \right) / k \\ F_{T,y} = \left(\sum_{i=1}^{k'} F_{T-i+1,y} \right) / k' \end{cases} \quad \text{avec } k \text{ et } k' \text{ généralement compris entre 2 et 5.}$$

avec t , l'indice de l'âge, T , l'âge du groupe terminal, y , l'indice de l'année et Y , la dernière année de la matrice de captures aux âges. Il faut alors initialiser le processus avec des valeurs de mortalité terminale assez élevées, puis procéder de manière itérative en remplaçant la valeur terminale par la moyenne calculée, jusqu'à stabilisation.

Cette méthode de stabilisation de la VPA sur tableau complet a été largement utilisée en Manche pour les espèces pour lesquelles on dispose de séries temporelles de captures aux âges. En fait, ces espèces sont celles qui sont évaluées par les groupes de travail du CIEM, mais à échelle plus large que la Manche. La méthode d'évaluation développée pour ces stocks là, baptisée méthode In/Out, et présentée au chapitre 9, est basée sur cette méthode de stabilisation.

Le calcul de la VPA et son processus de stabilisation ont d'abord été effectués sous Excel avec le logiciel Fishlab (CEFAS, 1997) complété par des programmes écrits en Visual Basic, puis ont été entièrement réécrits en langage PERL, directement dans le modèle bioéconomique.

8.1.3. Analyse de pseudo-cohorte isolée et analyse rectifiée des pseudo-cohortes.

Il arrive souvent que le détail des captures aux âges d'un stock sur plusieurs années ne soit pas connu. C'est notamment le cas si le stock ne fait pas l'objet d'une procédure régulière d'échantillonnage biologique des captures commerciales, permettant de connaître leur structure démographique année après année. En revanche, de nombreux stocks font l'objet d'études sporadiques. On peut alors avoir une estimation des structures en âge des captures une année donnée. Par opposition à la cohorte réelle, qui suit une classe d'âge au fil des ans, on parle alors de "pseudo-cohorte". Chacun des groupes d'âge appartient à une cohorte distincte, recrutée avec un effectif propre et ayant subi depuis sa naissance une série particulière d'événements.

Si les recrutements et les taux de mortalités par âge ont été identiques d'année en année au cours de la période antérieure, le stock est dit en équilibre et les états de la pseudo-cohorte aux âges successifs, une année donnée, équivalent ceux de l'une quelconque des cohortes du stock au cours du temps.

Dans la mesure où les variations de recrutement et de mortalité par pêche sont aléatoires, on peut supposer dans un premier temps que le stock et les pêcheries se sont conformées à l'hypothèse d'équilibre. On calcule alors les effectifs et les mortalités par pêche exactement comme précédemment dans le cas d'une cohorte isolée (Mesnil, 1980).

Si en revanche une tendance continue (augmentation de l'effort, du nombre de navires...) ou de fortes variations du recrutement se sont manifestées, l'hypothèse d'équilibre doit être rejetée. Et même si on ne dispose pas de données détaillées des structures en âge sur plusieurs années, on peut utiliser un indice de variation relative de l'effort de pêche et/ou du recrutement pour corriger les estimations obtenues sous hypothèses d'équilibre, en supposant que la capturabilité à chaque âge n'a pas varié d'une année à l'autre. On parle alors d'analyse rectifiée des pseudo-cohortes (Laurec & Santarelli, 1986), qui utilise les mêmes équations que précédemment mais en mode de calcul descendant, à partir d'une estimation de la mortalité terminale ou du recrutement initial.

La mortalité terminale doit ici aussi être déterminée. On peut alors utiliser le principe de stabilité, comme précédemment, et itérer le processus jusqu'à égalité de la mortalité terminale avec la moyenne sur les derniers âges. Le recrutement équilibré R_e est égal à l'abondance du groupe d'âge 1 de la pseudo-cohorte.

Ces méthodes, et particulièrement l'analyse de pseudo-cohorte non rectifiée, ont été couramment utilisées dans le cadre de la modélisation des espèces de la Manche. En effet, comme on l'a déjà souligné, aucun stock, en dehors de ceux évalués à échelle communautaire par les groupes de travail du CIEM, ne fait l'objet d'un suivi régulier. En revanche il existe pour un certain nombre d'autres stocks (poissons en majorité, cf. partie I, §2.1.3) des échantillonnages en taille et/ou en âge pour une ou quelques années données, ainsi que les captures de 1993 à 1995 grâce à la base BAHAMAS. De plus, pour la plupart de ces espèces, les captures ne montrent pas de tendance croissante ou décroissante significative (cf. première partie, tableau 6), et l'effort nominal en terme de nombre de bateaux et de puissance motrice a légèrement diminué (Guitton *et al.*, in

prép.), sans doute compensé par un accroissement des puissances de pêche (Le Gallic, 1996; Berthou *et al.*, 1997). L'hypothèse d'équilibre peut être raisonnablement envisagée.

L'analyse rectifiée des pseudo-cohortes a été utilisée pour la coquille St. Jacques de la Baie de St-Brieuc. Ce stock présente un recrutement et par suite une abondance très variable et l'hypothèse d'équilibre ne peut être appliquée. (S. Fifas, comm. pers.). De plus, des estimations de recrutement sont effectuées chaque année avant l'ouverture de la saison, par campagne océanographique (IFREMER, données non publiées), il est donc possible de rectifier l'analyse.

Le calcul des mortalités par pêche et du recrutement moyen pour chacun de ces stocks a été effectué grâce à la procédure SIMUCO du logiciel ANACO (Mesnil, 1988), puis reprogrammé directement dans le modèle général via des programmes écrits en PERL.

8.1.4. Estimation des courbes de production

La fonction de production estime le niveau de captures à l'équilibre attendu pour un certain niveau d'effort total. Cette production est estimée en croisant le calcul du poids moyen à la capture d'un poisson susceptible d'être pêché à un moment de sa vie (rendement par recrue), et une estimation du recrutement moyen du stock.

Sur une certaine gamme d'effort, le recrutement moyen est considéré comme constant, alors que le rendement par recrue dépend de la mortalité par pêche, est donc du niveau d'effort. Pour un niveau de recrutement donné, un effort faible entraîne des captures peu nombreuses mais de poissons de poids individuel moyen élevé. A l'inverse, un effort plus élevé se traduit par des captures plus nombreuses, mais de poissons plus petits. Entre ces deux extrêmes existe un niveau d'effort pour lequel le niveau de capture est maximum (figure 2).

Le rendement par recrue est calculé de la manière suivante (Thompson & Bell, 1934) :

$$Y/R = \sum_{a=1}^{T-1} \left(\left(\prod_{i=1}^{a-1} e^{-(F_i+M_i)} \right) \frac{F_a \cdot W_a}{F_a + M_a} (1 - e^{-(F_a+M_a)}) \right) + \left(\prod_{i=1}^{T-1} e^{-(F_i+M_i)} \right) \frac{F_T \cdot W_T}{F_T + M_T}$$

avec T , l'âge du groupe terminal, F_a et M_a les coefficients de mortalité par pêche et mortalité naturelle respectivement à l'âge a , et W_a le poids moyen individuel à l'âge a dans les captures.

Tout niveau d'effort peut être ramené à un coefficient le multiplicateur d'effort mf . C'est le ratio entre ce niveau d'effort et le niveau d'effort correspondant aux captures utilisées dans l'analyse des cohortes, et donc aux mortalités par pêche estimées. Dans le cas de la pseudo-cohorte, l'effort en question est celui de l'année d'échantillonnage par exemple, alors que dans le cas d'une VPA sur plusieurs années, l'effort et les mortalités par pêche utilisées sont souvent calculés sur la moyenne des 3 dernières années (cf. par exemple Anon., 1997a et b).

Pour l'étude des stocks de la Manche, on a donc :

$$mf = \frac{E}{E_{93-95}}$$

A capturabilité constante, le multiplicateur d'effort mf est égal au multiplicateur de mortalité par pêche mF . Les coefficients de mortalité par pêche par âge correspondants sont donc :

$$F_a = mF \cdot F_{a,93-95}$$

La production équilibrée à long terme pour un niveau d'effort mf est donc égale à :

$$Y_{e,mf} = \left(\frac{Y}{R} \right)_{mf} \cdot R_e$$

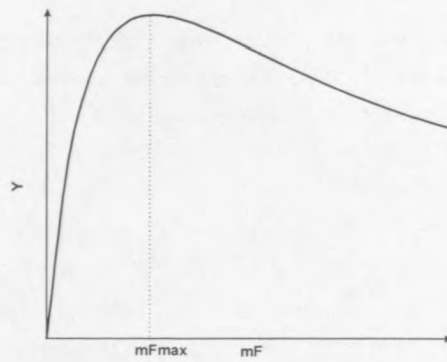


Figure 2. Allure théorique d'une courbe de production structurale

La fiabilité du diagnostic de rendement par recrue dépend donc de:

- l'estimation des captures aux âges.
- l'estimation de la mortalité naturelle et du poids aux âges.
- la méthode de calibration ou de stabilisation de la VPA.

8.2. Méthodes globales

Les modèles globaux sont souvent une alternative lorsqu'on ne peut pas utiliser l'approche structurale pour évaluer l'état d'un stock, notamment lorsque que les données adéquates n'existent pas. Le stock est alors considéré comme un tout, et on analyse l'évolution de la biomasse et des captures, tous âges confondus, par rapport au seul facteur d'effort de pêche, sans s'attacher aux processus de la dynamique interne de la ressource.

Les modèles globaux sont construits à partir de l'hypothèse fondamentale de **l'existence de mécanismes de régulation internes au stock**. Ces mécanismes conduisent à ce qu'un stock à l'état vierge (absence de pêche) voit sa biomasse tendre vers une valeur finie, définie par la capacité biotique, ou capacité de charge, du milieu.

On montre dès lors que pour un niveau d'effort donné, et qui demeure constant, l'abondance du stock tend de même vers une valeur constante dite **biomasse d'équilibre**. Les mécanismes de régulation se traduisent ici par **un accroissement de la productivité du stock d'autant plus important que la pression de pêche est intense**. Le stock dégage ainsi une certaine production nette, équivalente au prélèvement de la pêche, ce qui permet le maintien de la situation d'équilibre.

Le modèle permet d'estimer des courbes dites d'équilibre, qui sont en fait des courbes de prévision à long terme. Pour un niveau d'effort donné, on estime ainsi les captures et l'abondance qu'on obtiendrait au bout de quelques années, lorsque le stock aura rejoint la situation d'équilibre correspondant à cet effort.

On notera également que si le modèle global s'appuie fondamentalement sur une hypothèse dite d'équilibre (existence de mécanismes permettant le retour à l'équilibre), en revanche, et contrairement à ce qui est parfois affirmé (Hilborn & Walters, 1992) il est ajusté sur des séries historiques de données qui ne sont pas supposées correspondre à des situations d'équilibre (Fox, 1975; Fonteneau *et al.*, 1998). Le modèle global permet par ailleurs d'étudier les situations de transition.

Une hypothèse forte des modèles globaux est que les variations annuelles de la biomasse dues à la croissance du stock (recrutement et croissance pondérale individuelle) et à la mortalité naturelle

sont des caractéristiques biologiques de l'espèce considérée. On considère ainsi que les divers effets environnementaux qui affectent le niveau de biomasse annulent leurs effets mutuellement, ou ont une influence faible par rapport aux effets de la pêche et de la croissance intrinsèque¹. Dans le modèle global, On considère que la dynamique de la biomasse est représentée par l'équation :

$$\frac{dB}{dt} = g(B) - Y_t$$

Avec dB/dt l'accroissement de biomasse, $g(B_t)$ la fonction de production du stock, elle même dépendante de la biomasse au temps t , et Y_t , les captures pondérales au temps t , proportionnelles à la biomasse et à l'effort de pêche au temps t , f_t via un facteur de capturabilité q :

$$Y_t = q \cdot f_t \cdot B_t$$

$$q \cdot f_t = F_t$$

et

avec F_t , mortalité par pêche totale.

Le stock est dans une situation d'équilibre lorsque les captures sont égales à la production, c'est-à-dire :

$$\frac{dB}{dt} = 0$$

8.2.1. Différents types de modèles

Parmi les différents modèles globaux, il en est deux qui sont relativement simples. Dans le cas des stocks de la Manche, seuls ces deux-là ont été employés. Il s'agit du modèle de Schaefer (1954) et du modèle de Fox (1970). (figure 3)

Le modèle de Schaefer est un modèle symétrique, dit "modèle linéaire"². Il s'appuie sur le modèle de croissance logistique proposé par Verhulst (1844) et Pearl (1925). Il s'écrit sous la forme suivante :

$$\frac{dB}{dt} = r \cdot B \cdot \left(1 - \frac{B}{K}\right) - F \cdot B$$

avec r , le taux d'accroissement intrinsèque du stock, et K , la capacité biotique, ou capacité de charge, du système (égale à la biomasse à l'état vierge). Il y a équilibre lorsque :

$$\begin{cases} B_e = 0 \\ B_e = K \cdot \left(1 - \frac{F}{r}\right) \end{cases}$$

et si $B_e \neq 0$:

$$Y_e = F \cdot B_e = K \cdot F \cdot \left(1 - \frac{F}{r}\right)$$

ce qui s'écrit souvent sous la forme :

$$Y = F \cdot (a + b \cdot F)$$

avec $a = K$ et $b = -\frac{K}{r}$ ($b < 0$).

¹ Cependant, il est quand même possible d'ajouter une composante environnementale quand celle ci est d'importance significative, comme dans les pêcheries tropicales (Fréon, 1991). C'est en particulier l'objet du logiciel d'ajustement CLIMPROD (Fréon et al, 1993).

² Le modèle de Schaefer est aussi parfois qualifié de "modèle logistique". Mais cette appellation est peu pertinente dans la mesure où d'autres modèles globaux présentent également une courbe d'évolution de la biomasse en fonction du temps qui suit une courbe logistique

La courbe de production Y en fonction de la mortalité par pêche (ou de l'effort lorsque la capturabilité est supposée constante) passe par un maximum, la production maximale équilibrée, noté MSY d'après la dénomination anglaise Maximum Sustainable Yield (figure 3).

Ce maximum est atteint à la valeur :

$$F_M = -\frac{a}{2b} = \frac{r}{2}$$

et prend la valeur :

$$Y_M = -\frac{a^2}{4b} = \frac{K.r}{4}$$

Le modèle de Fox est un modèle asymétrique, dit "modèle exponentiel". Il s'écrit sous la forme suivante :

$$\frac{dB}{dt} = -\frac{r}{\ln K} \cdot B \left(1 - \ln \frac{B}{K} \right) - F \cdot B$$

à l'équilibre on obtient :

$$\begin{cases} B_e = 0 \\ B_e = K \cdot e^{-\frac{\ln K}{r} F} \end{cases}$$

et si $B_e \neq 0$:

$$Y_e = F \cdot B_e = F \cdot K \cdot e^{-\frac{\ln K}{r} F}$$

ce qui s'écrit souvent sous la forme :

$$Y = a \cdot F \cdot e^{b \cdot F}$$

avec $a = K$ et $b = -\frac{\ln K}{r}$ ($b < 0$).

Le MSY est atteint pour un niveau d'effort égal à

$$F_M = -\frac{1}{b} = \frac{r}{\ln K}$$

et prend la valeur :

$$Y_M = -\frac{a}{b \cdot e}$$

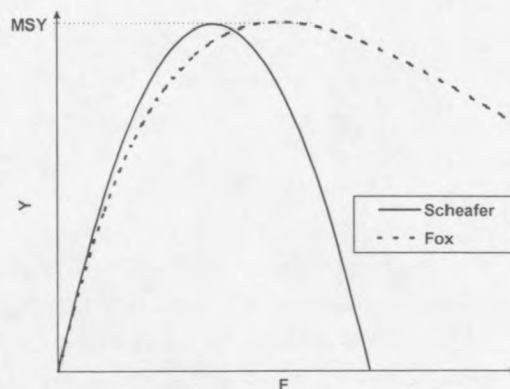


Figure 3. fonctions de production globale

Une formulation générale du modèle de production a été définie par Pella & Tomlinson (1969), de manière à regrouper toute une famille de courbe de croissance. Il s'écrit ainsi :

$$\frac{dB}{dt} = r.B \left[1 - \left(\frac{B}{K} \right)^{m-1} \right] - FB$$

On parle alors de modèle généralisé. Ainsi, si $m=2$, on retrouve le modèle de Schaefer, et de même on assimile le modèle exponentiel au modèle généralisé pour le cas $m=1$, au prix d'une convention mathématique. Pour ce faire, B^{m-1} doit être remplacé par $\ln(B)$ dans la formule générale.

A l'équilibre, la production équivaut à :

$$Ye = F \left(K^{m-1} - \frac{K^{m-1}}{r} F \right)^{1/m-1}$$

ce qui s'écrit souvent sous la forme :

$$Y = F(a + bF)^{1/m-1}$$

avec $a = K^{m-1}$ et $b = -\frac{K^{m-1}}{r}$ ($b < 0$).

Ces modèles de base, relativement simples, ont ensuite été largement retravaillés et étendus par divers auteurs, afin de prendre en compte un certain nombre de processus supplémentaires. Ainsi par exemple Walter (1978) a rajouté un module permettant d'intégrer le recrutement, Laloë (1988) a introduit la notion de "biomasse inaccessible", et Prager (1994) a pris en compte plusieurs flottilles et zones de pêche.

8.2.2. Ajustement d'un modèle global

"Biomass dynamic models are rather straightforward; the estimation of their parameters is not" (Hilborn & Walters, 1992). Comme le soulignent ces auteurs, les problèmes d'ajustement d'un modèle global sur une série temporelle d'effort et de captures sont nombreux, et les techniques sont variées. Il existe plusieurs types de méthodes (Fonteneau *et al.*, 1998) :

- *Méthodes d'ajustement en "pseudo-équilibre"*. A l'équilibre, les relations entre la CPUE et l'effort sont linéaires dans le modèle de Schaefer. Après éventuelle correction et standardisation de l'effort de pêche pour se ramener à une série d'indices d'effort mesurant autant que possible la pression réelle exercée sur le stock (effort effectif), on calcule une moyenne pondérée de cet indice d'effort en fonction du nombre de classes d'âge exploitées ("pseudo-équilibre"), en considérant que les CPUE observées une année dépendent du niveau d'exploitation de la pêcherie les années précédentes. Plusieurs méthodes sont possibles, la plus connue étant celle de Fox (1975). Bien que discutables dans leur formalisme mathématique, ces méthodes sont encore couramment employées, et ont fait preuve de robustesse et de fiabilité, comme par exemple sur de nombreux stocks de thonidés (Fonteneau *et al.*, 1998).
- *Méthodes d'ajustement direct aux situations de transition*, par résolution de l'équation différentielle du modèle de Schaefer. C'est la méthode de Prager (1994), mise en oeuvre dans le logiciel ASPIC. Ces méthodes sont potentiellement très intéressantes, mais malheureusement ne concerne que le modèle de Schaefer, limitant ainsi leurs possibilités d'utilisation.
- *Méthodes de régression*. Ces méthodes cherchent à linéariser les équations décrivant la CPUE, à partir d'une approximation discrète de l'équation différentielle. On ajuste ensuite une régression linéaire sur le modèle de Schaefer. Basées sur des hypothèses dynamiques plutôt qu'à l'équilibre, elles sont théoriquement préférables aux précédentes, et relativement faciles à

ajuster. Les plus courantes sont les méthodes de Schnute (1977), et de Walters & Hilborn (1976).

- *Méthodes d'ajustement sur séries temporelles par observation et erreur.* Ces méthodes s'appuient sur l'addition d'un paramètre supplémentaire, qui est l'estimation de la biomasse du stock au début de la série temporelle. On parle dans ce cas de "modèle dynamique de production". La détermination des paramètres se fait par des méthodes non linéaires d'ajustement entre biomasse prédite et biomasse observée.

Quelle que soit la méthode d'ajustement utilisée, dans tous les cas le modèle global repose sur certaines hypothèses et notamment :

- la fiabilité et le suivi historique d'une série de données de captures et d'effort d'une flottille;
- la stabilité du diagramme d'exploitation sur toute la période d'ajustement;
- la stabilité du recrutement pour un niveau d'abondance donné (et donc pour un niveau d'effort de pêche donné);
- la représentativité des CPUE utilisées de l'abondance du stock total, et non pas seulement de sa fraction exploitée ou de ses plus fortes densités.

8.2.3. Méthode empirique d'estimation de la courbe de production à l'équilibre

Comparé à l'analyse structurale, l'analyse globale est beaucoup moins exigeante en données d'entrée. Les seules données requises sont une série temporelle d'effort et de captures. Inversement, cet avantage est également un inconvénient, car une série temporelle longue et fiable est rarement disponible, surtout en ce qui concerne la mesure de l'effort de pêche. Tous les exemples fournis par Hilborn & Walters (1992) s'appuient sur plus de 15 années de données.

Ceci pose un réel problème pour les pêcheries pour lesquelles de telles données ne sont pas disponibles. La difficulté rencontrée en Manche pour l'utilisation et l'ajustement de ce type de modèle est sans doute assez comparable pour d'autres pêcheries artisanales. En effet, comme on l'a déjà souligné précédemment, ce sont les nombreuses caractéristiques structurelles de la pêcherie qui ont dicté le choix des modèles. Ainsi, pour les espèces pour lesquelles il n'est pas possible d'ajuster un modèle structural, un certain nombre de questions quant à l'utilisation d'un modèle global se posent également.

- Ces espèces sont pour la plupart soit extrêmement variables et fortement dépendantes des conditions environnementales (céphalopodes, clupéidés), soit très mal suivies statistiquement, même au point de vue des débarquements (crustacés).
- De même, un grand nombre d'espèces sont considérées comme appartenant à un grand stock régional (aiguillat, chinchard, St. Pierre...). Les données de captures et d'effort sur la partie du stock extérieure à la Manche, non incluses dans BAHAMAS, ne sont pas ou peu disponibles, ce qui est contraire à l'hypothèse de base du modèle global, qui considère le stock dans son ensemble.
- Le système statistique général est en constant changement : des criées s'ouvrent, les enquêteurs sont plus ou moins nombreux, la réglementation change. Les évolutions des captures et d'effort peuvent refléter aussi bien des changements dans la biomasse du stock que des changements dans la couverture statistique. On peut considérer que depuis 1992 les données interannuelles sont comparables entre elles, alors que l'impact du changement de la couverture statistique est vraisemblablement significatif pour les années antérieures (J. Guillon, comm. pers.).

- Les navires pratiquant en général plusieurs métiers, parfois même au cours de la même marée, la notion d'effort dirigé (cf. Biseau, 1998 par exemple) ou d'effort effectif est difficile à définir et à quantifier. Seul l'effort nominal peut être mesuré, et l'indice d'évolution d'effort peut en être potentiellement biaisé.

Dans de tels cas de figures, il peut paraître vain d'espérer ajuster un modèle fiable, quel qu'il soit, sur l'ensemble de ces stocks. Cet ajustement ne peut concerner que quelques espèces pour lesquelles les données sont disponibles (notamment la seiche - Dunn, 1999 - ou l'araignée - Boncoeur *et al.*, 1998b). Il n'est pas généralisable à l'ensemble des espèces prises en compte dans le cadre d'un modèle bioéconomique de grande ampleur comme celui de la Manche. Inversement, la règle d'exhaustivité et la prépondérance d'un grand nombre de ces espèces dans le revenu des pêcheurs obligent à l'intégration de ces espèces d'une manière ou d'une autre.

La méthode empirique utilisée dans ces cas là est proche de celle utilisée par les économistes des pêches. Il s'agit d'estimer pour chaque stock, et au cas par cas, une courbe non linéaire basée sur une équation de type modèle global. L'ajustement se base sur la capture moyenne annuelle sur les années de référence, et **d'hypothèses faites a priori en fonction de la connaissance empirique que l'on a de la pêcherie** (identification biogéographique du stock, évolution des captures depuis le début des années 90, particularités du cycle de vie).

Cette estimation donne une indication sur la forme de la courbe de production, mais pas sur le niveau de biomasse car la capturabilité reste inconnue. En effet, en utilisant le même multiplicateur d'effort mf que précédemment, on peut écrire:

$$Y_{mf} = q.mf.B_{mf}$$

avec q , la capturabilité et B_{mf} le niveau de biomasse équilibrée pour le niveau d'effort mf .

On peut dès lors estimer un **indice de biomasse**, $q.B_{mf}$, qui est égal à la CPUE Y_{mf}/mf .

Les critères de choix a priori sur la forme de la courbe et la position de la situation actuelle par rapport au MSY sont basés sur les considérations suivantes :

- si les captures ont augmenté de façon constante au cours de la dernière décennie, on suppose que la biomasse était en dessous de sa capacité de charge K au cours de la période, et réciproquement.
- une espèce peut être surexploitée si elle a une fécondité très faible, et si les juvéniles sont fortement capturables (par exemple les raies).
- si les captures en Manche peuvent être considérées comme faibles par rapport aux captures totales du stock (St. Pierre par exemple), on considère qu'elles sont peu dépendantes de l'effort en Manche; on ajuste alors une courbe correspondant à des captures égales au MSY pour la période de référence (dans cette situation $dY/df = 0$ pour la période de référence).
- en l'absence d'arguments majeurs concluant à une sous ou surexploitation, le stock est considéré comme étant au MSY.

Cette dernière hypothèse peut paraître peu raisonnable au premier abord. Cependant la capacité de charge de la population est déterminée par les interactions avec les autres espèces, aussi bien que de l'effort de pêche. Il est alors possible que, même si le stock paraît être à un niveau de biomasse faible par rapport à des niveaux historiques, il soit quand même dans une situation de capacité biotique correspondant à l'état actuel de l'écosystème. Considérer que l'abondance de tous les stocks remonterait simultanément en cas de diminution de l'effort de pêche est alors peu réaliste. Ceci est d'ailleurs mis en évidence dans la Mer du Nord, où la biomasse totale est restée pratiquement inchangée alors même que certains stocks d'intérêt commercial ont gravement décliné (Anon., 1998b). D'une certaine manière, et même si cela peut paraître a priori paradoxal,

considérer la situation actuelle comme correspondant au MSY, plutôt qu'à une situation de surexploitation, relève dès lors d'une approche de précaution. **On ne suppose ainsi pas qu'une diminution de l'effort permettrait d'accroître la biomasse du stock et donc les captures.**

Enfin, les derniers critères de choix sont les suivants :

- s'il n'y a pas d'évidence de surexploitation majeure, on ajuste une courbe de Fox;
- si une surexploitation sévère est estimée, ou si le stock s'est déjà effondré précédemment, on ajuste une courbe de Schaefer.

Le rapprochement avec les études économiques est la comparaison entre une fonction de production de type Fox, et les courbes de relations production-effort utilisées en bioéconomie. Ainsi par exemple Tsoa *et al.* (1985) ont développé un modèle basé sur une fonction de type Cobb-Douglas, et Coppola & Pascoe (1998), sur une fonction de type Spillman adapté à une pêcherie (Coppola, 1995).

8.3. Discussion : choix et validité des modèles utilisés

Ainsi, deux types de modèles ont été utilisés pour évaluer les stocks de la Manche : d'une part des **modèles analytiques structurés en âge** (analyse de pseudo-cohorte isolée ou analyse rectifiée des pseudo-cohortes), et d'autre part des **modèles globaux ajustés de manière empirique**. (avec en plus la méthode structurale In/Out qui sera présentée dans le chapitre suivant). Les raisons qui nous ont poussés à l'utilisation de ces modèles d'évaluation des stocks et d'estimation des courbes de production plutôt qu'à d'autres ont déjà été largement présentées depuis le début de ce document. Les difficultés liées à la complexité du système halieutique étudié ont induit des choix stratégiques de travail, afin de pouvoir mener l'étude jusqu'à son terme. Ces choix privilégient **l'exhaustivité** à la **précision**, et **l'homogénéité méthodologique** en terme d'inputs et outputs à la **méthode plus fiable mais non généralisable**. Comme on l'a déjà souligné, la méthodologie employée est largement portée par les éléments limitants du système, en l'occurrence les espèces et les flottilles sur lesquels on ne sait finalement pas grand-chose.

Les niveaux d'information variables générés par les différents modèles ci-dessus (ainsi que d'autres non développés ici) impliquent des capacités prédictives également variables. La plupart des modèles basés sur des estimations de l'abondance et de la mortalité totales (modèles non structuraux) sont surtout restreints à des **prédictions à l'équilibre**. Les modèles globaux ont l'avantage sur les autres d'autoriser des calculs simples de production en fonction de l'effort.

Un modèle structural a l'avantage d'être plus réaliste dans l'absolu, mais son pouvoir prédictif repose principalement sur le problème crucial de l'estimation du recrutement et des relations stock-recrutement.

La méthode empirique d'estimation d'un modèle global présentée ci-dessus permet d'obtenir une courbe de production équilibrée certes peu satisfaisante d'un point de vue statistique, mais considérée comme un "moindre mal" en fonction de l'objectif final visé. L'alternative était soit de supprimer ces stocks "problématiques" du modèle, soit d'utiliser une méthode d'ajustement peut-être plus fiable, mais sur des données douteuses ou manquantes, soit de considérer des taux de captures constants et des captures proportionnelles à l'effort. Il nous a paru préférable d'ajuster de manière très empirique une courbe présentant une certaine **résilience**, avec des captures relativement constantes dans une certaine gamme d'effort puis une décroissance attendue au delà et en deçà. **Il est cependant clair que ces hypothèses sont relativement valides et**

robustes seulement pour une situation proche de la situation dans laquelle les paramètres ont été estimés. On peut considérer que la situation actuelle est à peu près bien connue (capture et effort pendant les années de référence), et qu'une faible variation de l'effort autour de cette situation actuelle n'entraînera pas de modifications majeures de l'état de la biomasse ou des ressources. En revanche, **l'utilisation des fonctions de production ainsi estimées, au cours de simulations testant les conséquences bioéconomiques d'un niveau d'effort très éloigné de la situation actuelle** (et donc hors de l'intervalle d'ajustement du modèle) **reste hasardeuse et peut conduire à des conclusions erronées.**

De fait, le modèle bioéconomique ne cherche pas à prédire de manière absolue les captures attendues en fonction d'un niveau d'effort donné. **Il cherche à traduire en diagnostic plurispécifique et bioéconomique l'état actuel des connaissances relatives à l'état des stocks, y compris quand ces connaissances sont faibles.** A ce titre, **les méthodes d'évaluation utilisées ne font que refléter cette hétérogénéité biologique des espèces et des connaissances que l'on en a.** Même si individuellement, en focalisant les efforts sur une espèce particulière ou sur un groupe d'espèces, le diagnostic peut sans aucun doute être affiné, le diagnostic plurispécifique tel qu'il a été réalisé représente aujourd'hui la meilleure information existant à l'échelle de l'ensemble de la pêcherie et du système.

En retour, cette traduction doit permettre **d'identifier les lacunes principales** de ces connaissances, c'est-à-dire celles qui ont des conséquences importantes sur la compréhension globale des performances économiques du système halieutique Manche. Comme ce sont les espèces les plus mal connues qui limitent la portée pratique du modèle et l'analyse quantitative robuste de la pêcherie, ce sont elles qui devraient bénéficier d'un effort scientifique prioritaire. Ces préoccupations ont d'ailleurs déjà été mises en avant, puisque certaines de ces espèces ont déjà bénéficié d'un vaste programme d'échantillonnage (Dunn *et al.*, 1996), améliorant significativement la connaissance et les possibilités de modélisation et d'évaluation (Dunn, 1999).

L'objectif du modèle de simulation est donc plutôt la **comparaison** que la **prédiction**. Il sera plus pertinent de l'utiliser pour comparer les tendances et les effets de deux scénarios comparativement à la situation actuelle (partie V), ou pour étudier l'importance relative des différentes interactions intervenant actuellement au sein du système, plutôt que de chercher à estimer des niveaux de captures et de profits réels correspondant à des changements radicaux du régime d'exploitation.

9. UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DES STOCKS LOCAUX : LE MODÈLE IN / OUT¹

Le modèle bioéconomique des pêches de la Manche s'appuie sur une estimation des captures qui y sont faites par les navires y travaillant, c'est à dire sur une estimation des courbes de production locales. Or parmi les espèces présentes en Manche, certaines sont évaluées par les groupes de travail du CIEM à une échelle spatiale beaucoup plus large que la Manche. Les captures faites en zone 7d et/ou 7e sont regroupées avec les captures effectuées dans les mers adjacentes. Dans ces cas là, l'effort développé en Manche ne représente souvent qu'une faible part de l'effort total appliqué au stock. Un changement dans cet effort local n'a alors pas d'influence significative sur l'ensemble du stock, et toute tentative de gestion de l'effort en Manche s'avère inefficace. En revanche, dans l'hypothèse inverse d'un stock autochtone à la Manche, le diagnostic est souvent inverse, et un changement de l'effort local se traduit immédiatement par un changement du niveau d'exploitation du stock. Bien souvent, **la réalité se situe sans doute entre ces deux extrêmes et tout stock est potentiellement fractionnable** en différentes sous-unités géographiques et/ou biologiques, plus ou moins importantes et indépendantes. La non prise en compte de ces sous-stocks locaux peut conduire à des biais dans les résultats de l'évaluation (Waldman & Fabrizio, 1994), aux conséquences parfois irréversibles (Selgeby, 1982 ; Cury & Anneville, 1997).

La prise en compte de cette spatialisation de la population en différentes sous-unités a souvent été appréhendée en dynamique des stocks. Un certain nombre d'exemples sont cités par Maury (1998), à propos de mesures de gestion de l'effort spatialisées par zone (Die & Watson, 1992 ; Walters et al, 1993 ; Pelletier & Magal, 1996) ; d'études de zones refuges (Attwood & Bennett, 1995), ou d'amélioration des évaluations par analyse des cohortes en tenant compte des migrations (Quinn *et al.*, 1990, Fahrig, 1993). Mais la plupart de ces travaux portent sur des stocks pour lesquels sont disponibles des données de marquage-recapture, permettant d'estimer les taux de migration des poissons entre les différentes zones (Hilborn, 1990). Etant donné le faible nombre de stocks pour lesquels ces données sont disponibles, les déplacements des poissons sont en général inconnus et les méthodes ci-dessus sont en pratique presque impossibles à utiliser.

Maury (1997, 1998) a lui-même développé une méthode permettant d'estimer les effectifs dans plusieurs zones et les taux de migration entre ces zones, uniquement à partir de données de captures par âge et par zone, et d'effort de pêche par zone. Cette méthode est basée sur le principe de désagrégation spatiale de la mortalité par pêche estimée par VPA et permet ainsi de s'affranchir de la nécessité d'avoir des données de migration, tout au moins pour l'estimation des paramètres (même si ces données s'avèrent fort utiles pour la validation).

La méthode présentée ici, basée sur l'analyse des cohortes, permet également **d'estimer des fonctions de production dans une zone d'intérêt donnée appartenant à la zone plus**

¹ Ce paragraphe a fait l'objet de deux communications scientifiques :

Ulrich C., Gascuel D. et Maury O., 1998. A proposal for stock assessment and management in mixed stock fisheries : the In/Out model. Application to Western English Channel cod. Stock component in management, ICES CM1998/AA:11, 11pp.

Ulrich C., Gascuel D. et Bellail R., 1999. Estimation de l'importance des stocks locaux en Manche, et conséquences pour la gestion : application du modèle In/Out à sept espèces. 4^{ème} forum halieumétrique de l'AFH, Rennes, 29 juin au 1^{er} juillet 1999, 11p.

vaste sur laquelle est réalisée l'évaluation, à partir de données de captures par âge et par zone. Mais contrairement aux méthodes citées ci-dessus, qui se basent toutes sur l'hypothèse d'un seul stock avec des taux de migration interne, réparti en patch avec des échanges, cette méthode s'appuie sur l'hypothèse fondamentale de la co-occurrence de deux stocks indépendants au sein de la zone étudiée.

Cette méthode est appliquée pour plusieurs stocks de la Manche évalués par la CIEM. Les résultats sont présentés et discutés.

9.1. Formalisation du modèle In/Out

9.1.1. Séparation des captures

On considère deux zones, A et B . A représente la zone à étudier, et B représente le reste de l'aire de répartition du stock.

Au sein de cette aire totale ($A+B$), on considère que les poissons sont séparés en deux stocks : un stock global (1), qui se répartit sur B et sur une partie de A , et un stock local (2), qui n'existe que dans A . Les captures réalisées dans la zone d'étude A sont donc la résultante de 2 composantes indépendantes : une fraction β provenant du stock local (composante IN), et une fraction $(1-\beta)$, provenant du stock global (composante OUT)¹. (figure 4).

La figure 4 est une représentation schématique du principe du modèle, mais il faut garder à l'esprit que β ne correspond pas nécessairement à l'existence d'une frontière spatiale réelle fluctuante et imprécise existant entre deux stocks (comme cela a été fait sur le merlu du Cap, Punt *et al.*, 1995). Ce coefficient correspond seulement la probabilité pour un poisson capturé en A d'appartenir au stock 2.

Les captures par zone s'expriment dès lors comme suit:

$$\begin{cases} C_{A,t} = C_{1A,t} + C_{2,t} \\ C_{B,t} = C_{1B,t} \end{cases}$$

et les captures en zone A :

$$\begin{cases} C_{2,t} = \beta \cdot C_{A,t} \\ C_{1A,t} = (1 - \beta) \cdot C_{A,t} \end{cases}$$

avec $C_{A,t}$ et $C_{B,t}$, le nombre de poissons capturés dans les zones A et B respectivement au temps t , et $C_{1A,t}$, $C_{1B,t}$ et $C_{2,t}$ le nombre de poissons du stock 1 capturés dans les zones A et B , et du stock 2 capturés en zone A respectivement au temps t .

Les captures totales du stock global sont alors égales à

$$C_{1,t} = C_{1A,t} + C_{1B,t}$$

¹ la notation initiale utilisée lors des deux communications scientifiques faites sur cette méthode utilisait le coefficient complémentaire α , équivalent à $1-\beta$, et représentant la fraction OUT des captures. Cependant, étant donné que la question posée traite de l'existence ou non de la fraction IN , et non de la fraction OUT , il nous a paru pertinent de changer la notation et d'utiliser le coefficient β . Ainsi, plus la fraction IN est grande, plus β est grand. Si le stock est uniquement global, $\beta=0$. Mais ce changement de notation n'affecte en rien le principe et les résultats de la méthode.

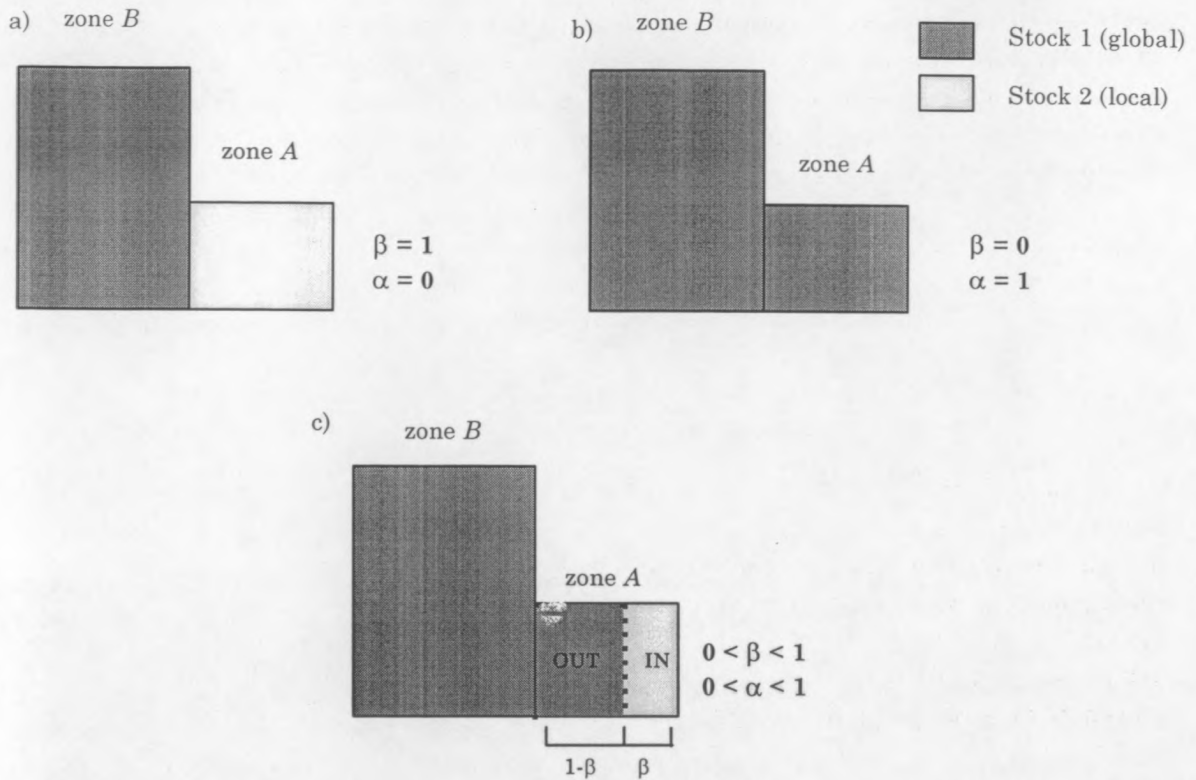


Figure 4. Origine des captures dans 3 cas de figure différents : a) toutes les captures faites en A proviennent du stock local; b) il n'y a pas de stock local et toutes les captures proviennent du stock global; c) le stock local et le stock global coexistent au sein de la zone A et les captures proviennent des deux stocks.

9.1.2. Évaluation des 2 stocks.

Les captures de chaque zone étant connues par les statistiques de pêche, on en déduit donc, pour un coefficient β donné, les captures relatives à chaque stock. Les effectifs et mortalités par pêche, par âge et par année (pour chaque cohorte) sont dès lors estimés par l'équation de survie et l'équation des captures de la VPA, soit :

$$\begin{cases} N_{1,t+1} = N_{1,t} \cdot e^{-(F_{1A,t} + F_{1B,t} + M_{1,t})} \\ N_{2,t+1} = N_{2,t} \cdot e^{-(F_{2,t} + M_{2,t})} \\ C_{1,t} = N_{1,t} \frac{F_{1,t}}{F_{1,t} + M_{1,t}} \cdot (1 - e^{-(F_{1,t} + M_{1,t})}) \\ C_{2,t} = N_{2,t} \frac{F_{2,t}}{F_{2,t} + M_{2,t}} \cdot (1 - e^{-(F_{2,t} + M_{2,t})}) \end{cases}$$

Les mortalités partielles du stock global dans chaque zone sont calculées au prorata des captures :

$$\begin{cases} F_{1A,t} = F_{1,t} \frac{C_{1A,t}}{C_{1,t}} \\ F_{1B,t} = F_{1,t} \frac{C_{1B,t}}{C_{1,t}} \end{cases}$$

avec $N_{1,t}$ et $N_{2,t}$ le nombre de poissons des stocks 1 et 2 à l'âge t ; $F_{1A,t}$, $F_{1B,t}$ et $F_{2,t}$, la mortalité par pêche correspondant à l'effort dans la zone A et B pour le stock 1, et en zone A pour le stock 2 respectivement, et $F_{1,t}$, la mortalité par pêche totale pour le stock 1. En l'absence d'information extérieure, les coefficients de mortalité naturelle $M_{1,t}$ et $M_{2,t}$ sont considérés comme constants, en reprenant les valeurs usuelles utilisées par les groupes de travail du CIEM.

Le problème de la calibration évoqué précédemment à propos de la VPA (§8.1.2) est tout à fait comparable pour le modèle In/Out. Par manque de données de flottilles de référence, la VPA In/Out peut donc être ajustée sous hypothèse de stabilité, c'est-à-dire être itérée jusqu'à ce que :

$$\begin{cases} F_{T,y} = (F_{T,y} + F_{T-1,y}) / 2 \\ F_{t,y} = (F_{t,y} + F_{t,y-1} + F_{t,y-2}) / 3 \end{cases}$$

Avec t , l'indice de l'âge, T l'âge du groupe terminal, y l'indice de l'année et Y la dernière année de la matrice de captures aux âges.

En fixant β ($0 \leq \beta \leq 1$), on peut donc calculer l'ensemble des captures, effectifs et coefficients de mortalité pour les différents stocks, et déterminer ensuite les fonctions de production correspondantes, et donc la sensibilité du modèle au choix de β . On explore ainsi l'éventail des diagnostics possibles entre deux cas extrêmes :

- si $\beta=0$, alors $C_{2,t}=0$ et $N_{2,t}=0$. Le stock local n'existe pas, toutes les captures proviennent d'un seul et unique stock global homogène sur l'ensemble de l'aire de répartition. On se retrouve dans le cas des groupes de travail du CIEM, (sauf pour la sole et la plie).
- si $\beta=1$, toutes les captures de la zone A proviennent du stock local, qui devrait alors être pris en compte de manière individuel dans l'évaluation.

La question de la disponibilité d'une série temporelle de captures aux âges se posent de la même manière que pour la VPA. Lorsque les données sont disponibles, le calcul est conduit pour des vraies cohortes suivies d'âge en âge. Lorsque seule une année de donnée (ou une année moyenne) est disponible, le calcul est conduit sur une pseudo-cohorte sous hypothèse d'équilibre. (Mesnil, 1980) peut être utilisée. Une fois β fixé, la méthode de détermination des paramètres est strictement la même.

9.1.3. Fonctions de production

Les valeurs de mortalités et de recrutement ainsi obtenues peuvent être ensuite utilisées dans des modèles prédictifs à court et long terme de production et de rendement par recrue, par stock et par zone.

Pour chacun des deux stocks, le rendement par recrue et par zone est calculé par les équations de Thompson & Bell (1934), en utilisant les coefficients de mortalité naturelle et poids aux âges estimés par les groupes de travail du CIEM :

$$\begin{cases} (Y/R)_{1A} = \sum_{t=1}^{T-1} \left(\left(\prod_{i=1}^{t-1} e^{-(F_{1A,i} + M_{1,i})} \right) \frac{F_{1A,t} W_{A,t}}{F_{1,t} + M_{1,t}} \left(1 - e^{-(F_{1,t} + M_{1,t})} \right) \right) + \left(\prod_{i=1}^{T-1} e^{-(F_{1,i} + M_{1,i})} \right) \frac{F_{1A,T} W_{A,T}}{F_{1,T} + M_{1,T}} \\ (Y/R)_2 = \sum_{t=1}^{T-1} \left(\left(\prod_{i=1}^{t-1} e^{-(F_{2,i} + M_{2,i})} \right) \frac{F_{2,t} W_{A,t}}{F_{2,t} + M_{2,t}} \left(1 - e^{-(F_{2,t} + M_{2,t})} \right) \right) + \left(\prod_{i=1}^{T-1} e^{-(F_{2,i} + M_{2,i})} \right) \frac{F_{2,T} W_{A,T}}{F_{2,T} + M_{2,T}} \end{cases}$$

avec T , l'âge du groupe terminal, F_α et M_α les coefficients de mortalité par pêche et mortalité naturelle respectivement à l'âge α , et W_α le poids moyen individuel à l'âge α dans les captures.

Dans la zone étudiée A , la production à l'équilibre est la somme de la production dans cette zone des deux stocks, alors que le rendement par recrue est une moyenne pondérée de la valeur du rendement par recrue pour chacun des stocks, comme dans le cas d'une approche plurispécifique (Pikitch, 1987 ; Gribble & Dredge, 1994).

Ainsi en zone A on a :

$$Y_A = R_1.(Y/R)_{1A} + R_2.(Y/R)_2$$

et :

$$(Y/R)_A = \frac{Y_A}{(1-\beta).R_1 + \beta.R_2} = \frac{(Y/R)_{1A} + r.(Y/R)_2}{(1-\beta) + r.\beta}$$

avec R_1 et R_2 les recrutements des stocks 1 et 2 et $r=R_1/R_2$, variable selon β . La méthode est ici appliquée en estimant R_1 et R_2 par la moyenne géométrique du recrutement sur les années évaluées pour les stocks 1 et 2 respectivement (recalculées pour chaque valeur de β), Les valeurs de $F_{1A,t}$, $F_{1B,t}$ et $F_{2,t}$ utilisées sont égales à la moyenne sur les 3 dernières années d'étude, convention de calcul semblable à celle utilisée par le CIEM.

Un multiplicateur de mortalité par pêche (équivalent à un multiplicateur d'effort car la capturabilité est considérée comme constante) mF est ensuite appliqué sur l'ensemble de la zone A , c'est-à-dire de manière égale sur les 2 composantes de la mortalité en A , F_{IN} ($=F_{2,t}$) et F_{OUT} ($=F_{1A,t}$). La mortalité totale appliquée au stock 1 est donc $F_{1,t} = (mF * F_{1A,t}) + F_{1B,t}$, $F_{1B,t}$ est considéré comme constant sur l'ensemble des simulations. La mortalité totale appliquée au stock 2 est $mF * F_{2,t}$. Le rendement à l'équilibre Y_A est calculé pour différentes valeurs de mF . La PUE à l'équilibre s'exprime comme suit :

$$U_A = \frac{Y_A}{mF}$$

9.2. Détermination de β

Le principal problème de cette méthode est de déterminer β afin de savoir si on est plus proche du schéma a) (stock local majoritaire) ou du schéma b) (stock local minoritaire voire nul) de la figure 4. Plusieurs possibilités existent :

- *Méthode morphométrique.* La problématique des mélanges de différents stocks de la même espèce au sein des captures d'une même pêcherie a déjà été étudiée par plusieurs auteurs. Ainsi Pella & Robertson (1979), Fournier *et al.* (1984) ou Hanson (1995) utilisent des caractéristiques morphométriques et des distributions de fréquence de taille, déterminées individuellement sur les stocks isolés, pour discriminer la part des captures provenant de chaque stock dans la zone de miction. Mais ces méthodes ne sont utilisables que dans la mesure où chaque stock a déjà été identifié et échantillonné par ailleurs. Dans le cas présent, on teste l'hypothèse théorique de l'existence d'un stock local, sans information extérieure à son propos. Ces méthodes ne peuvent donc être utilisées dans le cas présent.
- *Méthode empirique.* β peut être déterminé, ou tout au moins approché, en confrontant les différentes sources d'information biologique existant par ailleurs : migrations, études

génétiques, nurseries. Ce tour d'horizon bibliographique permet d'avoir une idée qualitative de l'ordre de grandeur de β . Un ouvrage tel que l'identification biogéographique des stocks de Manche (Anon., 1993a) est par exemple d'une très grande utilité pour avoir une idée *a priori* sur la valeur de β .

- *Méthode statistique.* On propose ici une méthode d'estimation de β s'appuyant sur un couplage avec un modèle global. Celui-ci permet d'estimer les PUE à l'équilibre à partir des données de captures et d'effort dans la zone A pour une flottille de référence. Ces PUE estimées sont comparées avec les PUE prédites par le modèle In/Out pour différentes valeurs de β .

La comparaison des PUE n'est possible que si la mesure de l'effort est équivalente dans les deux méthodes (modèle global et modèle In/Out). On cherche ainsi à exprimer les PUE observées en fonction d'un multiplicateur d'effort mf calculé sur la moyenne des années de référence 1993-95, de manière à ce que

$$mf_{93-95,obs} = mF_{93-95,in_out} = 1$$

Pour ce faire, on calcule d'abord un effort théorique annuel à partir des PUE annuelles réelles de la flottille de référence, notées $U_{ref,n}$. Cet effort théorique annuel est calculé par rapport à la moyenne des années de référence 1993-1995 :

$$f'_{93-95} = \frac{1}{3} \sum_{i=93}^{95} Y_i / U_{ref,i}, \text{ avec } Y_i, \text{ les captures totales en Manche à l'année } i.$$

On se ramène ensuite aux conditions d'équilibre, comme dans le cas des PUE estimées par la méthode In/Out, en utilisant la méthode de pseudo-équilibre de Fox (1975). Ceci conduit alors à une série de multiplicateurs d'effort noté mf_n . Les captures de l'année n sont donc exprimées ainsi : $Y_n = q'_n \cdot mf_n \cdot U_{ref,n}$, avec q'_n le coefficient de capturabilité à l'année n . Ainsi, si on pose $mf_{93-95} = 1$, et si la capturabilité est constante au cours du temps, alors : $mf_n = (Y_n / U_{ref,n}) / f'_{93-95, Fox}$, avec $f'_{93-95, Fox}$ l'effort théorique moyen à l'équilibre sur les années de référence : Les deux mesures de l'effort utilisées dans les deux méthodes sont alors équivalentes. Les PUE théoriques observées sont calculées de la manière suivante : $U'_n = Y_n / mf_n$

Les paramètres du modèle global sont calculés pour les trois formes $U' = (a + b \cdot mf)^{1/(m-1)}$ (Pella et Tomlinson, 1969) ; $U' = a + b \cdot mf$ (Scheafer, 1954) ; $U' = a \cdot e^{b \cdot mf}$ (Fox, 1970).

La valeur de β estimée, β^* est celle pour laquelle les valeurs des PUE prédites par le modèle In/Out sont les plus proches des valeurs des PUE estimées par le modèle global.

9.3. Application de la méthode aux stocks de la Manche

Le modèle In/Out a été appliqué à 12 stocks présents en Manche (tableau 1), et évaluées par les groupes de travail du CIEM soit au niveau de la Manche (est ou ouest) (sole et plie), soit à échelle beaucoup plus large, et considérés comme homogènes sur une grande aire de répartition (Anon. 1997 a et b). Parmi ces stocks, les études biologiques, génétiques et migratoires tendent à prouver que certains sont fortement indépendants en Manche et représentent réellement un stock à part (ex sole et plie), certains viennent plutôt des stocks extérieurs dont l'aire de répartition s'étend sur une partie de la Manche mais également bien au-delà (ex morue Mer du Nord, maquereau), et enfin certains sont encore mal connus et délimités, et l'hypothèse de l'existence d'un stock local en Manche n'a été ni vérifiée ni démentie (merlan Mer du Nord) (Anon., 1993). Toutes les données

utilisées proviennent des rapports des groupes de travail du CIEM (Anon., 1997 a et b), et le délimitation des divisions CIEM de l'Atlantique Nord-Est et de la Mer du Nord est figuré en Annexe B

Tableau 1. Délimitation géographique et niveau de capture moyen 93-95 (tonnes) des stocks In/Out

Stock local	stock global	évaluation CIEM	captures Manche	captures ext.	captures tot.	% Manche
sole VIIId	sole IV	VIIId	4 551	31 453	36 004	12,6
sole VIIe	sole VIIf,g	VIIe	721	1 030	1 751	41,2
plie VIIId	plie IV	VIIId	5 527	108 620	114 147	4,8
plie VIIe	plie VIIf,g	VIIe	1 197	1 069	2 266	52,8
merlan VIIId	merlan IV,IIIa	IV-VIIId	5 572	99 428	105 000	5,3
merlan VIIe	merlan VIIf-h	VIIe,f,g,h	1 780	13 396	15 176	11,7
morue VIIId	morue IV-IIIa	IIIa, IV, VIIId	2 972	120 779	123 751	2,4
morue VIIe	morue VIIf-h	VIIe,f,g,h	675	8 968	9 643	7
maquereau	Atlantique NE	Atlantique NE	26 260	546 085	572 345	4,5
hareng VIIId	hareng IV	IV, VIIId	6 650	44 951	51 601	12,8
cardine	cardine VII,VIII	VII,VIIIa,b,d,e	446	28 975	29 421	1,5
merlu	merlu Nord	III, IV, VI, VII, VIII	436	53 973	54 409	0,8

L'analyse des cohortes sur tableau complet a été faite sur les stocks de sole, plie, morue et merlan, et l'analyse en pseudo-cohorte à l'équilibre, pour les 4 autres stocks (maquereau, hareng, merlu et cardine).

Pour chacun de ces stocks, le modèle In/Out est appliqué pour 5 valeurs de β ($\beta = 0$; $\beta = 0,2$; $\beta = 0,5$; $\beta = 0,8$; $\beta = 1$).

Les résultats de la méthode sont détaillés pour une espèce, la sole de Manche Est, puis présentés de manière plus synthétique pour les autres stocks.

9.4. Résultats détaillés de la méthode appliquée à la sole de Manche Est

9.4.1. Évaluation

A titre d'exemple, la méthode est appliquée à la sole de Manche Est (division VIIId). Ce stock est actuellement évalué de manière séparée, même si des échanges migratoires existent entre la Manche Est et le sud de la Mer du Nord (zone IVc) (Anon., 1993a). Il s'agit donc ici d'explorer la validité de l'hypothèse de séparation des stocks, entre la zone VIIId et la zone IV, et ses conséquences, en terme de diagnostic sur le stock et de politique d'aménagement de l'effort en Manche Est sur cette espèce.

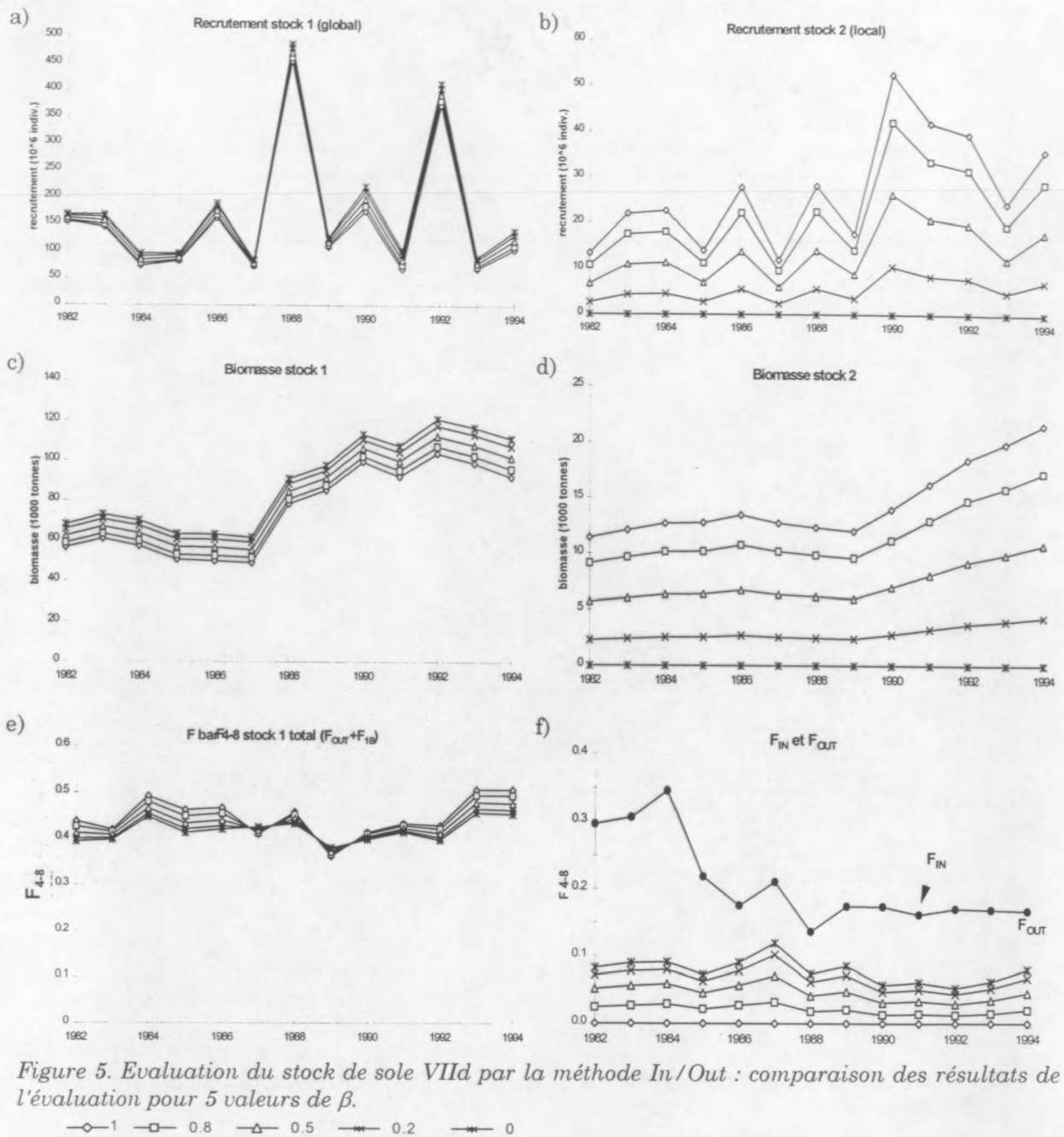


Figure 5. Evaluation du stock de sole VIII d par la méthode In/Out : comparaison des résultats de l'évaluation pour 5 valeurs de β .

—○— 1 —□— 0.8 —△— 0.5 —×— 0.2 —*— 0

NB : Etant donné que le stock 2 est beaucoup plus petit que le stock 1, les échelles des graphes sont différentes.

Il sort de la figure 5 que les résultats de l'évaluation effectuée sur le stock 1 (stock global) ne sont a priori pas fortement affectés par l'hypothèse faite sur l'existence potentielle d'un stock local. Les captures faites en Manche comptant en moyenne pour moins de 15% des captures totales sur les deux zones (12,6% en 1993-95), la mortalité par pêche correspondant à l'exploitation faite dans cette zone est faible, comparée à la mortalité totale, même dans l'hypothèse $\beta=0$ ($F_{OUT} < 0,1$). Ainsi, évaluer ce stock global avec ou sans la fraction Manche conduit à des diagnostics proches. Inversement, l'évaluation du stock Manche local (stock 2) est beaucoup plus dépendante de la valeur de β . Plus β est proche de 1 et plus le recrutement estimé est logiquement élevé. Le diagramme d'exploitation en revanche, qui est fonction de l'âge, n'est pas affecté par la valeur de β car les captures sont homothétiques. En ne fixant qu'une seule valeur de β pour tous les âges et

toutes les années, les ratios de captures par âge, au cours de la décroissance d'une cohorte, sont constants. Ainsi les mortalités par pêche F_{IN} sont indépendantes de β (figure. 5.f), seule l'abondance estimée varie (figure. 5d).

On peut comparer les résultats publiés par le CIEM (Anon., 1997b) avec ceux obtenus par cette méthode pour la valeur $\beta=1$, puisque la délimitation des stocks est analogue dans les deux (existence d'un seul stock en Manche Est, et circonscrit à la zone VIIId sans échanges avec la Mer du Nord). Les résultats obtenus par cette méthode sont légèrement plus optimistes : le recrutement estimé est plus élevé, et la mortalité moyenne, plus faible. Il semble que cette surestimation des résultats proviennent de la méthode de calibration de la VPA utilisée. Il n'est pas possible d'utiliser ici une flottille de référence comme dans le cas d'un groupe de travail, sauf dans les cas évidents $\beta=0$ (calibration avec les flottilles Mer du Nord) et $\beta=1$ (calibration avec les flottilles Manche). Dans les cas intermédiaires, on ne peut appliquer une calibration avec les mêmes flottilles sur des stocks non délimités géographiquement. Or comme la méthode In/Out tente de comparer des hypothèses sur les stocks, il est nécessaire que le processus de calcul soit identique à chaque simulation, quelque soit la valeur de β . En revanche, les résultats obtenus pour le stock global Mer du Nord pour la valeur $\beta=1$ sont tout à fait cohérents avec les valeurs fournies par les groupes de travail du CIEM.

Les estimations de rendement et de biomasse féconde, exprimées par recrue ou en valeur totale, sont conduites pour l'ensemble de la zone VIIId (In+Out), (figure 6) et pour le stock local uniquement (In), (figure 7).

De même que pour les résultats de l'évaluation, les simulation à long terme de rendement par recrue et de rendement en fonction d'un multiplicateur d'effort mF montrent de larges différences quand β varie. L'hypothèse d'un unique stock global ($\beta=0$) conduit à un scénario optimiste. Etant donné la faible proportion des captures Manche par rapport aux captures totales, augmenter l'effort de pêche sur cette zone augmenterait le rendement, sans mettre en danger la durabilité de la ressource. En raison des hypothèses d'homogénéité de la ressource sous-jacentes dans la VPA, la zone extérieure, sur laquelle l'effort a été considéré comme constant, fonctionne comme une source "réalimentant" en permanence la zone surpêchée, au détriment des rendements des navires pêchant à l'extérieur. Inversement, l'hypothèse d'un stock local unique présent en Manche Est ($\beta=1$) conduit à un scénario pessimiste. Le stock est considéré comme étant pleinement exploité à surexploité, avec des captures décroissantes quand l'effort augmente. (La courbe de rendement et de rendement par recrue obtenue par le CIEM est plus pessimiste encore, pour les raisons précédemment évoquées). Deux hypothèses inverses conduisent donc à des diagnostics correspondants opposés en terme de gestion.

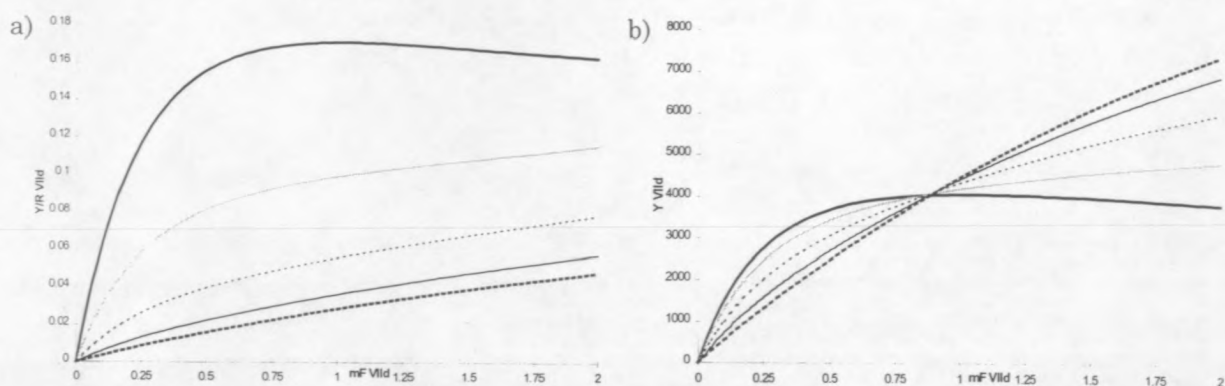


Figure 6. rendement par recrue (a) et rendement (b) de la sole en zone VIId (IN+OUT), pour différentes valeurs de β

— $\beta = 1$; — $\beta = 0,8$; — $\beta = 0,5$; — $\beta = 0,2$; - - $\beta = 0$

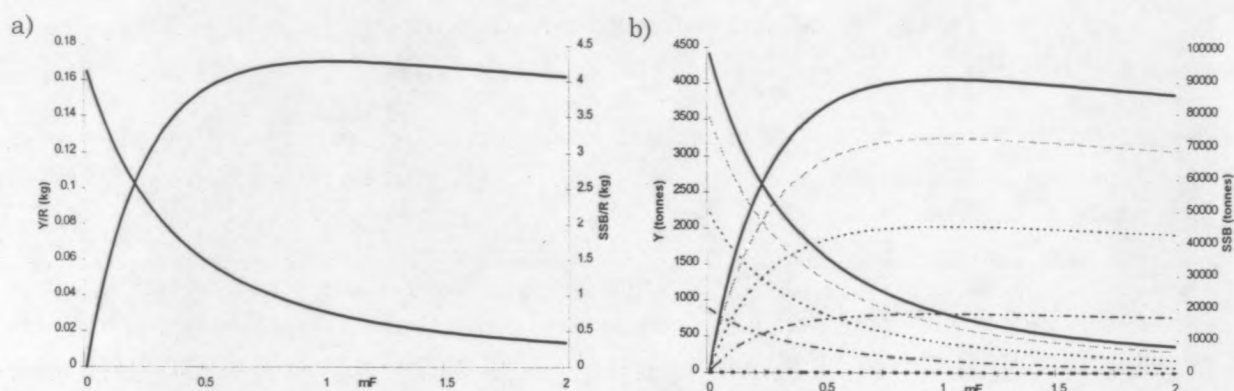


Figure 7. rendement et biomasse féconde par recrue (a) et totaux (b) du stock local de sole en VIId (IN) pour différentes valeurs de β

Les résultats obtenus pour le seul stock local (figure 7) sont indépendants de β pour les valeurs par recrue de recrutement et de biomasse féconde. En effet ces valeurs sont calculées à partir du diagramme d'exploitation F_{IN} qui, on l'a vu, est indépendant de β . En revanche, les valeurs de biomasse féconde totale sont, comme la production totale, dépendantes de β , mais sont cependant homothétiques entre elles car seul le recrutement équilibré moyen est dépendant de β . Ainsi, le ratio de la biomasse par rapport à la biomasse vierge estimée, BF_{mf}/BF_v , est indépendant de β . Ce ratio est égal à 0,2. La biomasse actuelle du stock local, quelque soit sa taille, est égale à 20% de la capacité biotique du système.

Les valeurs intermédiaires de β conduisent à des diagnostics bornés entre ces deux scénarios. Quel que soit le niveau d'exploitation du stock local, si celui ci est trop petit, il ne pourra justifier une potentielle mesure de gestion de l'effort. Il est donc fondamental de considérer les courbes de production à l'échelle de la zone (figure. 6) et non à l'échelle du stock (figure 7).

On notera que les courbes de rendement par recrue ne se croisent pas comme les courbes de production (respectivement figure 6a et 6b). Ceci est dû au fait que le recrutement moyen au sein de la zone d'étude est une moyenne pondérée des recrutements de chaque stock, variables selon β ($R_e = \beta R_2 + (1 - \beta)R_1$). Quand β varie, la même production à l'équilibre est donc obtenue avec des valeurs de (Y/R) différentes.

9.4.2. Estimation de β

Les connaissances biologiques disponibles semblent indiquer l'existence d'un stock local en Manche orientale, donc une valeur de β proche de 1 : le stock de la Manche orientale est isolée des autres régions, bien que quelques adultes de la Mer du Nord pénètrent temporairement en Manche pendant l'hiver, et qu'une certaine fraction des juvéniles migre de la Manche orientale vers l'ouest ou vers le nord (Anon., 1993a ; Riou, 1999).

La méthode statistique permettant de comparer des PUE issues d'un modèle global avec les PUE estimés par la méthode In/Out a pu également être appliquée sur ce stock.

La flottille de référence utilisée pour ajuster le modèle global est la flottille des chalutiers à perche anglais de plus de 40 pieds (données Anon., 1997b). Le modèle est ajusté sur les données de PUE de cette flottille en fonction d'un effort théorique Manche, après transformation par la méthode de Fox ($k = 5$). Les trois modèles de Fox, de Schaefer et de Pella & Tomlinson (modèle généralisé) s'ajustent de manière statistiquement significative ($R^2 \geq 0.93$) aux données de PUE observées. Les résultats des trois modèles sont gardés pour illustrer la sensibilité de l'analyse au choix du modèle global (figure 8a). Néanmoins, l'ajustement du modèle généralisé de Pella et Tomlinson est presque confondu avec le modèle de Fox ($m=1,102$). Les PUE à l'équilibre en Manche sont estimées d'après le modèle In/Out pour les différentes valeurs de β , et on les compare avec les PUE estimées par les deux modèles de production précédents. (figure 8b). Sur l'intervalle d'effort correspondant aux données historiques (de $mF=0,3$ à $mF=1$), on ajuste une droite à la relation entre les données prédites par le modèle In/Out et les données estimées par modèle global, avec le modèle de Fox (figure 8c) et celui de Schaefer (figure 8d). La pente de cette droite varie en fonction de β (figure 8e).

Quelle que soit la valeur de β , les PUE prédites par le modèle In/Out sont significativement corrélées aux valeurs d'équilibre du modèle global (R^2 de la régression linéaire entre 0,96 et 0,99). La pente de la régression linéaire entre ces deux types de valeurs prédites est une fonction linéaire de β , permettant d'estimer β^* (figure 8e). Il est à noter cependant que la linéarité du modèle de Schaefer implique une relation stock-recrutement qui est absente du raisonnement structural du rendement par recrue. C'est pourquoi on retrouve une relation non linéaire, bien que corrélée positivement, entre les PUE prédites par le modèle global et les PUE prédites par In/Out (figure 8d). Cependant, sur l'intervalle d'ajustement figuré ici, les écarts entre cette relation non linéaire et sa régression linéaire ajustée sont faibles (<10%). Nous avons alors conservé cette régression linéaire par souci d'homogénéité avec l'utilisation de la même méthode appliquée sur les PUE prédites à l'aide du modèle de Fox (figure 8c).

On voit également que le modèle n'est pas sensible au choix du modèle global, les valeurs trouvées par les 3 méthodes sont proches.

Le fait de trouver un β^* supérieur à 0,8 corrobore les conclusions tirées des études biologiques. Il existe en Manche Est un stock local de soles, et seule une faible partie des animaux capturés dans cette zone proviennent du stock Mer du Nord. Il est donc justifié d'évaluer ce stock de manière indépendante comme c'est le cas à présent au CIEM.

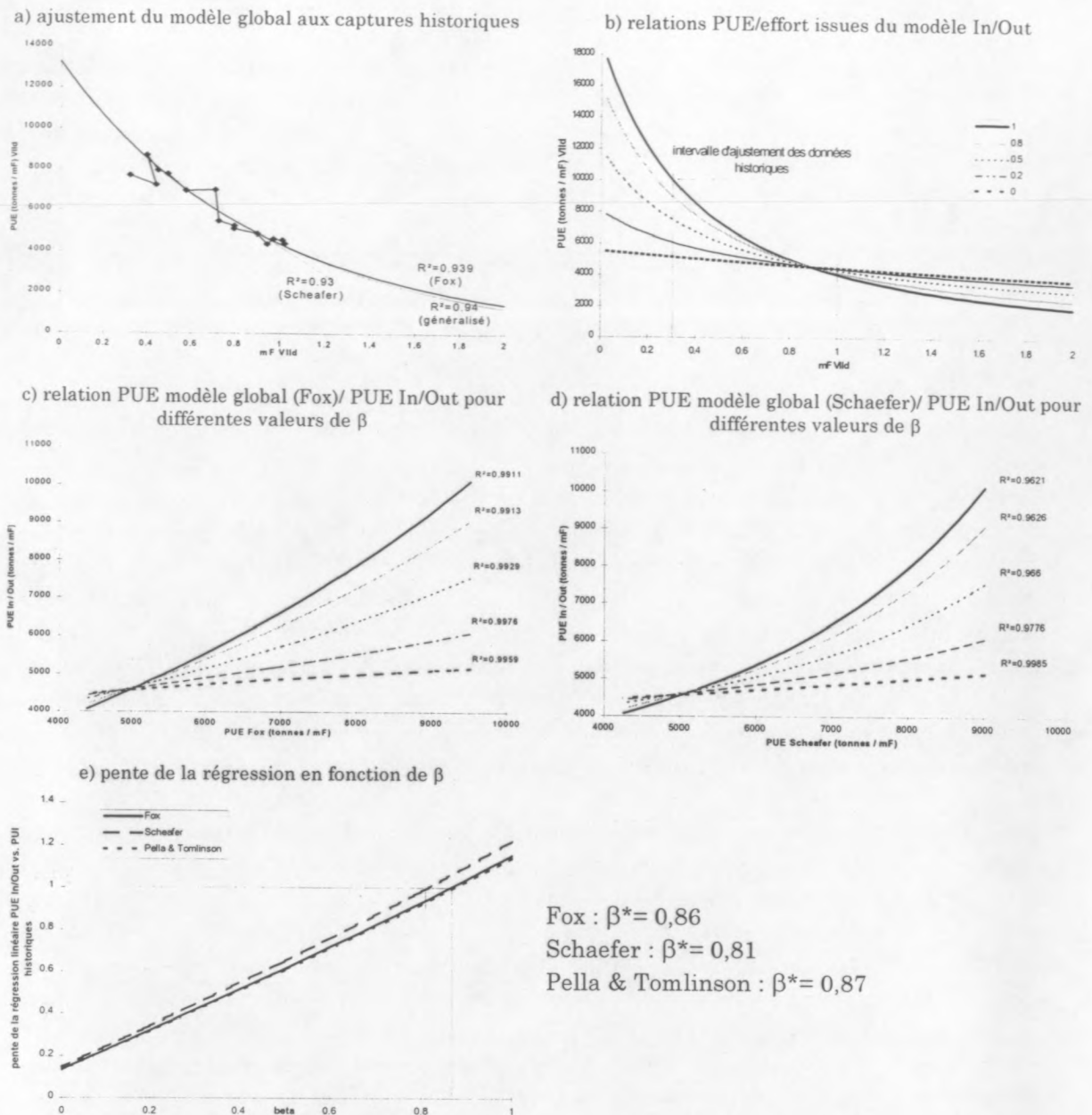


Figure 8. Modèle In/Out. Application de la méthode d'estimation de β à la sole VIIId

9.5. Application aux autres stocks

La méthode est également appliquée sur les 6 autres stocks présents en Manche pour lesquels il est possible d'avoir les données requises : une matrice de captures par âge et par année dans la zone d'intérêt (VIIId ou VIIe) ; une matrice équivalente dans l'aire de répartition du stock global (Mer Celtique ou Mer du Nord), et les données de captures et d'effort de pêche en Manche pour une flottille de référence fiable. Pour chaque stock, on présente les résultats de la production à l'équilibre en Manche (IN+OUT) en fonction du multiplicateur mF , pour les différentes valeurs de β , ainsi que le modèle global retenu (figure 9). Le tableau 2 récapitule les résultats obtenus. On indique également une valeur empirique de β , qui est en fait un ordre de grandeur issu des

conclusions des études biologiques et des connaissances disponibles (Anon., 1993a), afin de la confronter avec les résultats de la méthode.

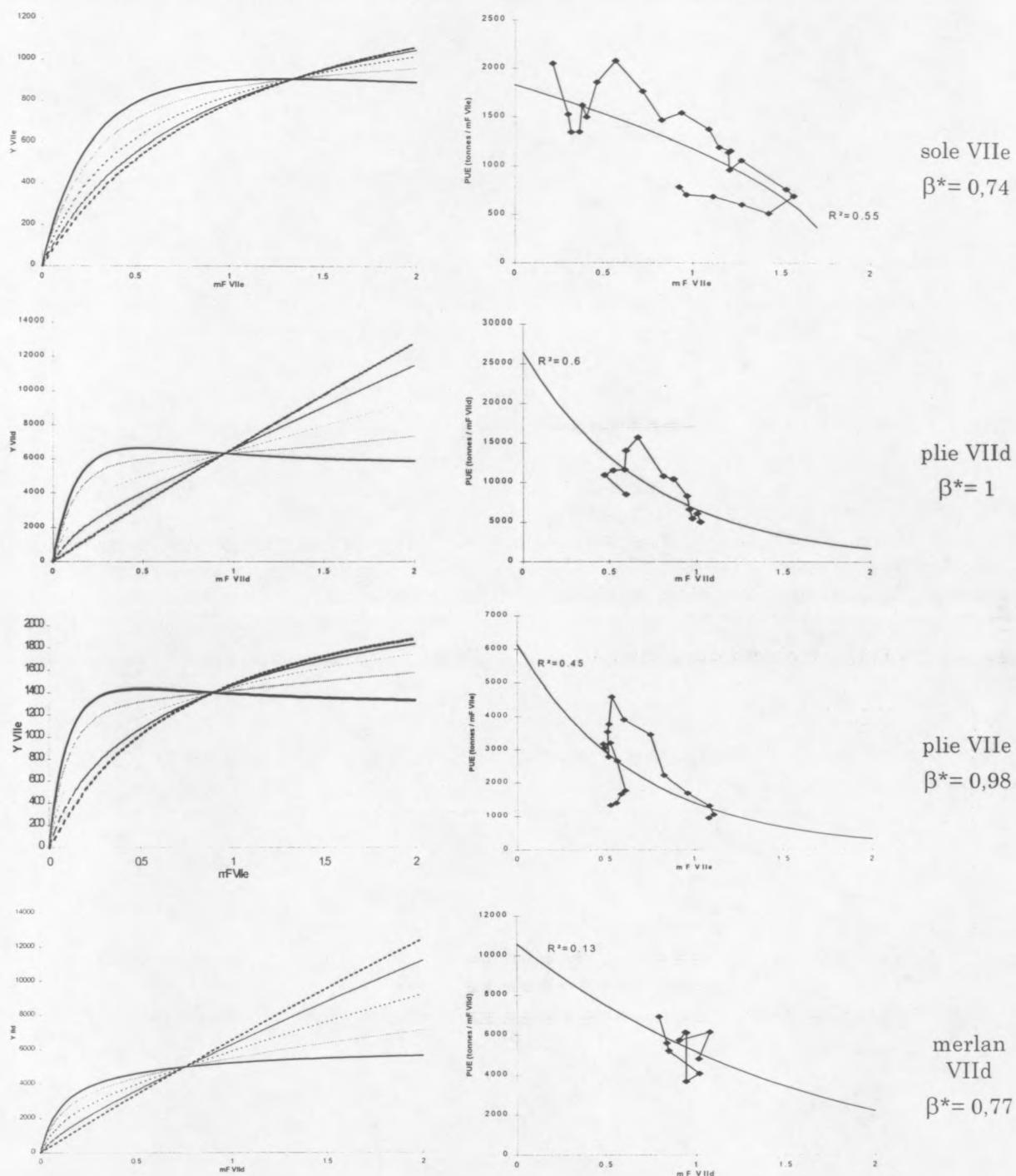


Figure 9. application à 6 stocks de la Manche. Le modèle In/Out permet de déterminer les fonctions de production pour différentes valeurs de β (colonne de gauche), et l'ajustement d'un modèle global sur des données historiques de PUE (colonne de droite) permet une calibration de la méthode.

— $\beta = 1$; — $\beta = 0,8$; — $\beta = 0,5$; — $\beta = 0,2$; - - $\beta = 0$

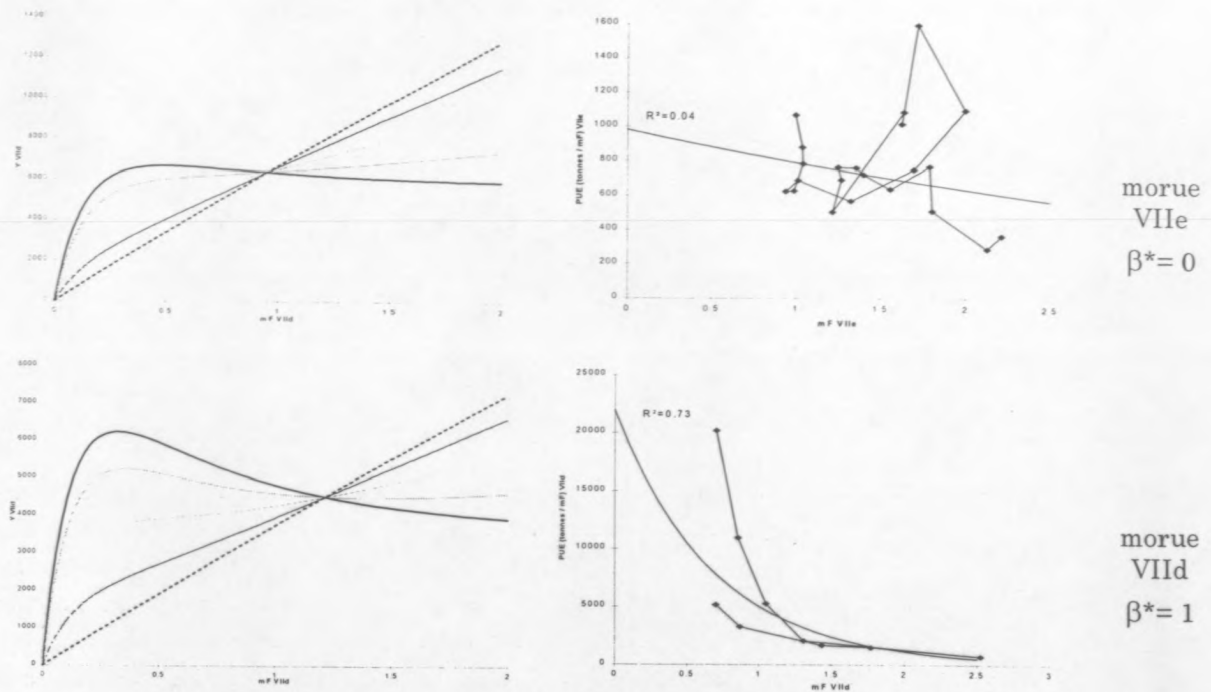


Figure 9 (suite). application à 6 stocks de la Manche. Le modèle In/Out permet de déterminer les fonctions de production pour différentes valeurs de β (colonne de gauche), et l'ajustement d'un modèle global sur des données historiques de PUE (colonne de droite) permet une calibration de la méthode.

— $\beta = 1$; — $\beta = 0,8$; — $\beta = 0,5$; — $\beta = 0,2$; - - $\beta = 0$

Tableau 2. tableau récapitulatif des modèles globaux utilisés et des résultats obtenus pour 7 espèces présentes en Manche

Stock	période d'ajustement	modèle global utilisé	R ² (modèle global)	β^*	β empirique	validité de β^*
sole VIIId	83-95	Pel. & Tom.	0,94	0,87	~0,9	***
sole VIIe	72-95	Pel & Tom.	0,55	0,74	~0,8	***
plie VIIId	83-95	Fox	0,6	1	~0,7	**
plie VIIe	77-95	Fox	0,45	0,98	~0,9	**
merlan VIIId	86-95	Pel. & Tom.	0,13	0,77	~0	0
morue VIIe	75-97	Fox	0,04	0	>0,5	0
morue VIIId	87-95	Fox	0,7	1	>0,5	*

Pour les autres stocks non étudiés ici, et pour lesquels des données fiables de captures et d'effort n'existaient pas ou n'étaient pas disponibles, seule la méthode empirique permet de fixer β .

Toujours à partir de l'analyse des données biologiques (Anon., 1993a), les conclusions sur l'identification biogéographique des stocks est la suivante (tableau 3) :

Tableau 3. Valeur empirique de β pour les autres stocks

	β empirique
merlan VIIe	inc.
maquereau	0
hareng VIIId	0
cardine	0
merlu	0

9.6. Interprétation et discussion

9.6.1. Analyse et validité des résultats obtenus

Pour tous les stocks étudiés, la fonction de production obtenue par le modèle In/Out est largement dépendante de la valeur de β . L'hypothèse d'avoir ou non un stock local en Manche conduit ainsi à des diagnostics opposés. Dans l'hypothèse de l'existence d'un stock local (scénario pessimiste), tous les stocks sauf le merlan VIIId présentent un effort mF_{max} maximisant la production à l'équilibre. En dehors des deux stocks de soles, celui-ci est toujours inférieur au niveau d'effort actuel ($mF=1$). L'hypothèse inverse (un seul stock global, β proche de 0), conduit toujours à une courbe de production croissante (scénario optimiste). L'écart entre les deux fonctions limites ($\beta = 1$ et $\beta = 0$) est d'autant plus grand que les captures faites en Manche représente une faible part des captures totales.

Les valeurs intermédiaires de β conduisent à des diagnostics bornés entre ces deux scénarios pessimiste et optimiste. Quel que soit le niveau d'exploitation du stock local, il ne peut alors être appréhendé et géré de manière indépendante à cause de l'impossibilité de séparation des captures.

Ainsi le modèle In/Out permet de tester l'influence de l'hypothèse d'existence d'un stock local sur la fonction de production d'un stock dans une région donnée. Il est nécessaire de pouvoir ensuite quantifier l'importance relative de ce stock local. La méthode statistique de calibration proposée ici permet de tester les hypothèses faites sans nécessité de connaître *a priori* les caractéristiques propres à chaque entité. Bien entendu, ses résultats doivent être confrontés à la connaissance biogéographique des stocks existant par ailleurs, afin de les valider.

Le tableau 2 récapitule les résultats obtenus pour 7 espèces présentes en Manche. L'échelle de validité a été empiriquement définie, en prenant en compte différents critères : la qualité de l'ajustement d'un modèle global sur l'évolution historique des PUE de la flottille de référence (R^2), la sensibilité du calcul de β^* au choix des paramètres (modèle d'ajustement, valeur de k pour la méthode de Fox, années d'ajustement), et l'adéquation du résultat avec les connaissances biologiques qualitatives et quantitatives externes (Anon., 1993a). En Manche, le modèle donne de meilleurs résultats pour les poissons plats que pour les gadidés. Les 4 stocks de poissons plats sont déjà à l'heure actuelle évalués de manière indépendante par les groupes de travail du CIEM. Les valeurs de β^* obtenus, toujours supérieures ou égales à 0,75, corroborent cette hypothèse : moins d'un quart des captures faites en Manche Est ou Ouest proviendraient de poissons appartenant à un stock extérieur, le reste provenant du stock endémique inhérent à la Manche.

Les résultats obtenus pour les 3 stocks de gadidés sont en général peu satisfaisants. Pour le merlan VIIId, la période d'ajustement est très courte, et les variations d'effort et de PUE ont été faibles pendant cette période. La forte valeur de β^* obtenue n'est pas compatible avec les informations biologiques extérieures, qui concluent "qu'il est vraisemblable qu'une relation forte existe entre les merlans du IVc et ceux du VIIId" (Anon., 1993a). De même, il semble probable qu'un stock local non négligeable de morues existât en VIIId d'une part et en VIIe d'autre part. Les

résultats obtenus par la méthode ci-dessus sont peu probants pour ces stocks là, et peu en accord avec la valeur attendue. Cependant on peut noter que chacun des deux stocks a connu de très forts recrutements entre 1986 et 1988, ce qui a pour effet d'augmenter les PUE sur les 3 années suivantes. La courbe d'ajustement du modèle global sur ces stocks est très sensible à ces années exceptionnelles, et donc les résultats obtenus paraissent peu fiables.

Il est important de noter également que dans l'ensemble la méthode de calibration de la VPA utilisée, basée sur le principe de stabilité, sous-estime les mortalités par pêche, par rapport aux valeurs obtenues par le CIEM. De plus, pour tous les stocks, une valeur de β supérieure à zéro, même faible, conduit à un scénario plus optimiste que dans l'hypothèse d'un stock isolé. Pour presque tous les stocks étudiés, la courbe de production est asymptotique, voire légèrement croissante quand l'effort augmente, dès $\beta > 0,2$. L'apport de biomasse venue de l'extérieur de la Manche, même limitée, est suffisant pour compenser les captures dues à l'effort de pêche en Manche. Certaines courbes présentent même un véritable point d'inflexion pour des valeurs faibles de β : pour un effort moyen, un accroissement de l'effort conduit à une diminution des captures du stock local qui est surexploité. Cette diminution n'est que partiellement compensée par l'accroissement des captures réalisées alors en Manche sur le stock global. Par suite, la production totale décroît. Passée une certaine valeur d'effort, c'est le contraire qui se produit, et la courbe de production est une fonction croissante de l'effort. Tout ceci implique que pour toutes ces espèces, quel que soit la valeur de β^* , la courbe de production finale obtenue ne montrera pas la décroissance plus ou moins forte obtenue par le CIEM, mais plutôt une courbe constante ou légèrement croissante.

9.6.2. Intérêt et contraintes de la méthode

Le modèle présenté ici permet donc d'étudier les conséquences, en terme d'évaluation et de gestion, de l'hypothèse d'existence de stocks locaux au sein d'un pool régional, à travers l'utilisation d'un seul et unique coefficient, β , qui représente la probabilité pour un poisson capturé dans une zone donnée d'appartenir au stock local. De manière plus large, β est proportionnel à l'importance du stock local pouvant exister dans cette zone. En faisant varier β entre 0 et 1, on peut donc borner l'évaluation du stock entre deux scénarios, l'un **pessimiste** (toute la zone est occupée par un stock local uniquement, qui doit donc être géré de manière indépendante, et qui est donc plus fortement sensible à un changement de l'effort de pêche dans la zone), et l'autre **optimiste** (toutes les captures proviennent d'un stock global beaucoup plus vaste que la région étudiée, et donc un changement d'effort local n'aura que peu d'impact sur l'état général du stock.)

Le modèle In/Out, ainsi que sa méthode de calibration, utilise les méthodes usuelles d'évaluation des stocks, par VPA et par ajustement d'un modèle global. Il est donc soumis aux mêmes contraintes et incertitudes dans les estimations, qui ont déjà été précédemment citées.

Le modèle global repose sur certaines hypothèses et notamment :

- la fiabilité et le suivi historique d'une série de données de captures et d'effort d'une flottille ;
- la stabilité du diagramme d'exploitation sur toute la période d'ajustement ;
- la stabilité du recrutement pour un niveau d'abondance donné (et donc pour un effort de pêche donné).

De même, la fiabilité du modèle de rendement par recrue dépend

- de l'estimation des captures aux âges ;
- de l'estimation de la mortalité naturelle et du poids aux âges ;
- de la méthode de calibration de la VPA.

9.7. Conclusion

Tout stock peut-être potentiellement fractionnable en plusieurs sous-unités, en fonction de différents critères biologiques et/ou géographiques. Mais le niveau de fractionnement est fortement dépendant de l'échelle spatiale du problème envisagé. Il est évident que pour évaluer des stocks répartis sur une très large zone, comme c'est le cas des groupes de travail du CIEM, on ne peut prendre en compte toutes les différentes petites entités locales (Laurec & Le Guen, 1981). En revanche, si l'optique est de travailler à échelle locale, et de considérer les problèmes de gestion à l'échelle d'une zone géographique particulière, il est nécessaire de considérer l'hétérogénéité spatiale de la ressource à la même échelle. **L'adéquation entre l'échelle de gestion et l'échelle d'évaluation est primordiale.**

La méthode d'investigation proposée ici permet de mesurer l'impact de la prise en compte ou non de ces niveaux d'échelle différents, en utilisant des données et des modèles usuels en évaluation des stocks. On peut ainsi obtenir des fonctions de production cohérentes, et différentes de celles obtenues sans prise en compte de l'hétérogénéité locale.

10. APPLICATION DES MÉTHODES D'ÉVALUATION AUX STOCKS DE LA MANCHE

Nous avons précédemment expliqué les différentes méthodes utilisées pour l'évaluation des stocks de la Manche, ainsi que les raisons qui ont poussé à leur utilisation préférentiellement à d'autres. Il s'agit maintenant de voir, pour chacun des stocks à inclure dans le modèle bioéconomique, quelles sont les informations disponibles, quelle procédure est notamment utilisée pour l'estimation des captures aux âges, et quelle est la méthode d'évaluation finalement utilisée.

Les tableaux ci-dessous¹ présentent un **résumé de l'information collectée au cours du projet**. Le tableau 4 présente la disponibilité et la fiabilité estimée d'échantillonnage en âge et en longueur pour l'ensemble des stocks, paramètre déterminant dans le choix des méthodes structurales ou globales. Le tableau 5 précise les conditions de l'estimation des captures aux âges. La séparation des stocks au sein de chacun de ces types de méthodes (stocks "Manche" ou "In/Out" d'une part, stocks "Fox" ou "Schaefer" d'autre part), est indiquée dans le tableau 6. Les paramètres biologiques et les paramètres des modèles d'évaluation sont présentés dans le tableau 7 pour les stocks relevant de l'approche analytique, et dans le tableau 8 pour les stocks relevant de la méthode globale.

Comme on l'a souligné dans l'introduction de cette partie, on ne présente ici que les méthodes d'évaluation et les paramètres utilisés. L'analyse des résultats de ces évaluations est présentée, sous forme d'une synthèse sur l'état d'exploitation des stocks en Manche, dans la cinquième partie de ce document.

10.1. Estimation des captures aux âges : données d'échantillonnage disponibles et estimation du diagramme d'exploitation par métier

On présente ici les principales sources de données disponibles décrivant le diagramme d'exploitation, espèce par espèce. Deux types d'informations sont ici utilisées : les échantillons qui permettent d'estimer la composition en taille, ou *structures de taille* des captures, et les données taille/âge qui permettent de convertir cette structure de taille en *structure d'âge*. Une estimation qualitative de la qualité et de la fiabilité de ces données est également fournie. Différentes catégories sont définies :

Échantillons fiables : il s'agit d'espèces échantillonnées de manière routinière, souvent depuis plus de 10 ans, par trimestre et par région, à la fois du côté anglais et français, et souvent par sexe. Ces échantillons sont par exemple utilisés par les groupes de travail du CIEM pour pouvoir appliquer la méthode XSA.

Échantillons moyennement fiables : les échantillons ont été collectés seulement pendant une période donnée dans les deux pays, ou bien collectés de manière routinière dans un seul des deux pays. Les quantités échantillonnées sont suffisamment importantes (par exemple, par trimestre et par région), pour pouvoir être raisonnablement utilisés dans une analyse des cohortes.

Échantillons pauvres : Les échantillons ont été collectés de manière sporadique, en petite quantité, par un seul pays et pour une seule région.

Les informations disponibles sont indiquées (tableau 4) pour tous les stocks pris en compte. Cependant, en raison de la démarche d'homogénéité méthodologique adoptée, certaines des données disponibles citées ici n'ont pas été utilisées par la suite.

¹ Tableaux établis conjointement avec M. Dunn (CEMARE).

Tableau 4. Estimation des captures aux âges : disponibilité des données d'échantillonnage relatives aux tailles et aux âges des captures et estimation qualitative de la fiabilité de l'information disponible. Les principales sources de données sont indiquées

code	espèce	structure de taille			données taille/âge			Principales sources de données
		fiable	moy.	pauvr	fiable	moy.	pauvr	
BBR	dorade		X			X		Dunn <i>et al.</i> , 1996
BIB	tacaud		X				X	A. Tétard, comm. pers. ; Didenko, 1998
BLL	barbue		X			X		Dunn <i>et al.</i> , 1996
BSS	bar		X			X		Pawson and Pickett, 1987 ; Dunn <i>et al.</i> , 1996 ;
COD	morue		X		X			Anon., 1997a et b, CEFAS non publié
COE	congre							Pas d'échantillons disponibles
CPR	bouquet							Pas d'échantillons disponibles
CRE	tourteau		X					CEFAS, non publié
CRN	crv. grise							Pas d'échantillons disponibles
CRW	langouste			X				CEFAS, non publié
CTL	seiche		X					Dunn <i>et al.</i> , 1996 ; Dunn, 1999
DAB	limande		X			X		A. Tétard, comm. pers. ; Didenko, 1998
DGH	roussettes							Pas d'échantillons disponibles
DGS	aiguillat			X				CEFAS, non publié
GUR	grondin r.		X			X		Dunn <i>et al.</i> , 1996
GUX	autres gr.							Pas d'échantillons disponibles
HER	hareng	X			X			Anon., 1997b
HKE	merlu		X				X	Anon., 1997a
HOM	chinchard							Pas d'échantillons disponibles
JOD	St. Pierre		X					Dunn <i>et al.</i> , 1996 ; Dunn, soumis
KEL	algues							Pas d'échantillons disponibles
LBE	homard		X					CEFAS, non publié
LEM	limande-s.	X				X		Dunn <i>et al.</i> , 1996 ; CEFAS, non publié
LIN	lingue			X			X	Garcia de Leon, 1992 ; Morizur <i>et al.</i> , 1996.
MAC	maquereau	X			X			Anon., 1997b
MEG	cardine	X			X			Anon., 1997a
MON	baudroie		X					Mtimet, 1993 ; CEFAS, non publié ; Morizur <i>et al.</i> ,
MUR	rouget		X					Dunn <i>et al.</i> , 1996
PIL	sardine							Pas d'échantillons disponibles
PLE	plie	X			X			Anon., 1997a et b ; A. Tétard, comm. pers. ; CEFAS.
POL	lieu jaune			X			X	Abdesselem, 1992 ; Morizur <i>et al.</i> , 1996
QSC	pétoncle							Pas d'échantillons disponibles
SCE	coquille SJ				X			IFREMER, non publié ; CEFAS, non publié
SCR	araignée		X					Dunn <i>et al.</i> , 1996 ; CEFAS, non publié
SKA	raies							Pas d'échantillons disponibles
SOL	sole	X			X			Anon., 1997a et b ; A. Tétard, comm. pers. ; CEFAS.
SQC	calmar							Pas d'échantillons disponibles
TUR	turbot		X			X		Dunn <i>et al.</i> , 1996
WHE	buccin						X	Santarelli, 1986
WHG	merlan		X				X	Anon., 1997a et b ; A. Tétard, comm. pers. ; CEFAS.

L'approche analytique a été utilisée pour les stocks pour lesquels il a été possible d'estimer les captures par âge, totales et par métier. Seules les captures totales sont nécessaires à l'évaluation du stock, mais les captures par métier sont nécessaires pour estimer les diagrammes d'exploitation (mortalités partielles par stock, métier et âge; cf. partie IV). Cette estimation a été réalisée de différentes manières, et en plusieurs étapes. Deux cas de figure se sont présentés : soit les captures totales par âge et par stock étaient directement disponibles, et la majeure partie du travail a consisté à répartir ces captures dans les différents métiers, soit les captures totales n'étaient pas disponibles, et nous avons d'abord estimé les captures par métier, puis nous avons sommé ces dernières afin d'estimer les captures totales. Ces deux procédures sont présentées successivement.

10.1.1. Cas où les captures totales sont disponibles

Il s'agit ici des stocks pour lesquels les captures totales par âge sont disponibles d'après les rapports des groupes de travail du CIEM (Anon., 1997a et b).

La répartition des captures totales par âge dans les différents métiers se fait en fonction des échantillonnages par métier disponibles. Ces échantillonnages sont très divers, tant en forme qu'en quantité. Mais tous ces échantillons sont des mesures en longueur (*structure de taille*) des débarquements, qui doivent être ensuite converties en structure d'âge.

Tous les échantillonnages anglais des espèces communautaires sont réalisés sur une base trimestrielle, pour les principaux métiers ciblant le stock (de 1 à 4 métiers par stock). Des clés taille-âge sont également réalisées sur la même base temporelle, mais le plus souvent non stratifiées par métier.

Des échantillonnages français n'ont pu être disponibles que pour la sole et la plie de Manche Est (A. Tétard, données non publiées). Ces échantillonnages sont également faits sur une base trimestrielle, mais ne sont pas stratifiés par métier. En revanche, ils sont stratifiés par catégorie commerciale de débarquement. L'avantage de cette stratification par catégorie commerciale est que la structure de taille des débarquements de tous les métiers peut être estimée, dès lors qu'ils vendent leur production, même partiellement, par la criée. Parallèlement, des clés taille-âge sont réalisées, également sur une base trimestrielle.

Le seul stock pour lequel nous n'avons pu disposer d'aucun échantillon est le merlan de Manche Ouest. La structure de taille moyenne des captures faites en Mer Celtique (Anon., 1997a) a alors été appliquée à tous les métiers de Manche, comme cela se fait dans le groupe de travail du CIEM (R. Bellail, comm. pers.)

Les différentes étapes de la procédure d'estimation des captures en âge pour chaque métier est donc la suivante :

- conversion des structures de taille des échantillons en structure d'âge;
- estimation des captures totales par âge et par métier, par simple rapport de proportionnalité entre le poids de l'échantillon et le tonnage total débarqué annuellement par métier

Pour les métiers non échantillonnés, on ne dispose pas d'informations concernant la structure de taille des captures. On estime alors un diagramme d'exploitation moyen qui sera ensuite appliqué à chacun de ces métiers. Ce diagramme est estimé simplement en faisant la différence entre les captures totales par âge dont on dispose dans les rapport des groupes de travail du CIEM et la somme des captures par âge des métiers échantillonnés. Cette différence est ensuite allouée aux différents métiers non échantillonnés, au prorata de leur production totale.

10.1.2. Cas où les captures totales ne sont pas disponibles

La procédure est la même que précédemment en ce qui concerne les métiers pour lesquels on dispose d'échantillons.

En revanche, elle diffère pour les autres métiers, puisqu'on ne dispose pas des captures totales. On estime alors un diagramme d'exploitation moyen à partir des métiers échantillonnés, et cette moyenne est ensuite appliquée à tous les métiers non échantillonnés.

La somme de toutes les captures par âge de tous les métiers permet d'estimer les captures totales par âge et par stock et d'évaluer ainsi le stock.

Cependant il n'a pas été possible d'obtenir de clé taille-âge pour une espèce : la baudroie. Nous avons alors procédé par simple slicing, en croisant une loi de croissance de Von Bertalanffy avec les paramètres de poids aux âges utilisés par le CIEM (Anon., 1997a).

Les paramètres de la loi de croissance sont : $L_{\infty} = 226.5$ cm; $K = 0.0435$; $T_0 = +0.0392$ an (Dupouy, 1997).

Il est à noter également que nous avons procédé d'une manière originale pour la coquille St. Jacques de la Baie de Seine. En effet l'IFREMER effectue annuellement une campagne de prospection en Baie de Seine, permettant d'avoir des estimations d'abondance correctes (Morin & Vigneau, 1995, J. Vigneau, données non publiées). En revanche, les données de production sont très peu fiables car beaucoup de bateaux ne passent pas en criée. De plus, malgré la réglementation en vigueur sur ce stock, la fraude atteint des proportions très importantes (J. Vigneau, comm. pers.). Nous avons ainsi procédé par "VPA inversée", c'est-à-dire que nous avons reconstitué les captures et coefficients de mortalités par pêche à partir des abondances, au lieu de reconstituer les abondances et les coefficients de mortalités à partir des captures comme dans la méthode usuelle.

Le tableau 5 résume les étapes d'estimation des structures d'âge par stock, et des diagrammes d'exploitation par métier. Pour chacune des espèces concernées, on précise d'abord le nombre de stocks supposés d'un point de vue biologique, et le nombre de stocks pris en compte dans l'évaluation structurale (pour la coquille St. Jacques, bs signifie baie de Seine et sb signifie baie de St. Brieuc. Les autres stocks de coquille St. Jacques sont évalués par modèle global).

Puis, pour chacun des stocks identifiés de l'espèce, les métiers pour lesquels les structures de taille sont disponibles sont listés. Se reporter à l'annexe 1 pour la définition des codes métiers. Les annotations sont les suivantes :

- "tous F 7d" signifie : tous métiers français de Manche Est (par échantillonnage des catégories commerciales
- "Ui.*" ou "Fi.*": les données sont élevées par engin i et non par métier. La valeur de i correspond au code engin de la typologie (ex 1=chalut de fond; 2=chalut à perche..).
- "tous chaluts, tous lignes" (pour le maquereau) : les seuls échantillons disponibles proviennent des rapports des groupes de travail du CIEM, et sont fournis sans distinction de pays ni de métiers (M. Dunn, comm. pers.)

Les deux dernières colonnes fournissent les informations relatives à la période de référence et les caractéristiques des échantillons de taille et d'âge utilisés.

Tableau 5. Estimation des captures aux âges : stocks concernés, métiers pour lesquels les structure de taille sont connues, période de référence et caractéristiques des échantillons de taille et d'âge utilisés.

Code	Espèce	Nbr de stocks supposés	Nbr de stocks évalués	stock	métiers avec des str. de taille disponibles	période de réf. et caractéristiques des échant. structure de taille	données taille/âge
BBR	dorade	1	1		F1.1, F1.3, F3.1, F7.2, tous F 7d, U1.1, U1.2, U2.*	1994-95, trimestr., F+UK	1994-95, trimestr., F+UK
BIB	tacaud	1	1		tous F 7d	1989-92, trimestr., F	1990, annuel, F
BLL	barbue	1+	1		F1.1, F1.2, F1.3, F2.1, F5.3, U1.1, U1.2, U2.2, U2.3, U4.*	1994-96, trimestr., F+UK	1994-96, trimestr., F+UK
BSS	bar	2	1		F1.1, F1.3, F5.2, F5.3, F7.2, tous F 7d, U1.*, U5.*, U7.*, U8.*	1993-96, trimestr., F+UK	1993-96, trimestr., F+UK
COD	morue	2	2	7d 7e	U1.2, U5.5 U1.1, U2.2, U3.1, U5.1	1995, trimestr., UK 1995, trimestr., UK	1995, trimestr., UK 1995, trimestr., UK
DAB	limande	1	1		tous F 7d	1989-92, trimestr., F	1988, 1990-92, trimestr., F
GUR	grondin r.	inconnu	1		F1.3, tous F 7d, U1.1, U1.2, U2.1, U2.2, U2.3	1994-96, trimestr., F+UK	1994-96, trimestr., F+UK
HER	hareng	2	2	7d 7e	F1.2, F1.4, F3.2, F3.3, U3.2 U3.1	1993-95, trimestr., F+UK 1997, annuel, UK	1993-95, trimestr., F+UK 1997, annuel, UK
HKE	merlu	1	1		U1.1, U2.*, U5.6	1993-95, annuel, UK	Non spécifié ¹ , annuel, UK
LEM	limande-s.	1+	1		F1.1, F1.3, tous F 7d, U1.1, U2.2, U2.3	1994-96, trimestr., F+UK	trimestr., 1994 (UK), 1995 (F)
LIN	lingue	1	1		F1.1, F5.1, F5.2, F5.3, F7.1, F7.2	trimestr., 95 (UK), 92-93 (F)	avril 1990 (F)
MAC	maquereau	1	1		tous chaluts, tous lignes	1993-95, trimestr., F+UK	1993-95, trimestr., F+UK
MEG	cardine	1	1		U 1.*, U2.*	1993-95, trimestr., F+UK	1993-95, trimestr., F+UK
MON	baudroie	2	1		F1.3, F1.1, F5.3, U1.1, U2.2, U2.3, U5.7	trimestr., 95 (UK), 92-93 (F)	
PLE	plie	2	2	7d 7e	U1.2, U2.1, U5.4, U5.9, tous F 7d U1.1, U2.2, U2.3	1994-95, trimestr., F+UK 1995, trimestr., UK	1994-95, trimestr., F+UK 1995, trimestr., UK
POL	lieu jaune	inconnu	1		F1.1, F1.3, F5.2, F5.3	1992-93, trimestr., F	
SCE	coquille S.J	2	2	bs sb	F4.2 F4.0		1993-95, annuel, F 1993-95, annuel, F
SOL	sole	2	2	7d 7e	U1.2, U2.1, U4.2, U5.4, U5.9, tous F 7d U1.1, U2.2, U2.3	1994-95, trimestr., F+UK 1995, trimestr., UK	1994-95, trimestr., F+UK 1995, trimestr., UK
TUR	turbot	1+	1		F1.*, F5.3, U1.1, U1.2, U2.1, U2.2, U2.3, U4.* ⁴ , U5.7	1994-96, trimestr., F+UK	1994-96, trimestr., F+UK
WHE	buccin	1+	1		F6.4		
WHG	merlan	2	2	7d 7e	U1.2, U5.5	trimestr., 93-95 (F), 95 (UK)	

1 : clé taille-âge provenant d'un navire océanographique espagnol (division VIII f à j), années non spécifiées

10.2. Modèle d'évaluation utilisé pour chaque stock

Tous les stocks pris en compte dans le modèle bioéconomique ont ainsi fait l'objet d'une évaluation menée dans le cadre du projet européen (travail partagé entre M. Dunn et C. Ulrich, auquel s'est associé A. Didenko pour l'évaluation du tacaud et de la limande). Les stocks pourtant déjà évalués par le CIEM ont été repris par la méthode In/Out (cf. chapitre précédent). D'autres avaient fait l'objet d'évaluations ponctuelles (cf. exemples partie I, §2.1.3), mais qui ont été complétées et actualisées ici.

53 stocks ont ainsi été évalués (33 stocks de poissons, 10 de mollusques, 9 de crustacés, plus les algues), représentant 90% des débarquements issus de la Manche (hors débarquements des navires anglo-normands). Les différentes méthodes d'évaluation utilisées (tableau 6) peuvent être regroupées en 3 types, auxquels il sera fait référence dans la suite du document sous l'appellation:

- *type 1* : modèle structuré en âge, stocks Manche ;
- *type 2* : stocks In/Out ,
- *type 3* : stocks évalués par modèle global (sans distinction Fox/Schaefer).

Pour les stocks de type 1, c'est la méthode d'analyse de pseudo-cohorte non rectifiée (Mesnil, 1980) qui a été utilisée presque exclusivement. L'analyse rectifiée des pseudo-cohortes (Laurec & Santarelli, 1986) a été utilisée pour la coquille St. Jacques de Baie de St. Brieuc, et la VPA sur tableau complet, pour la coquille St. Jacques de baie de Seine.

Pour les stocks de type 2, la méthode In/Out a été utilisée sur tableau complet pour 8 stocks (les deux stocks de merlan, morue, sole et plie), et en pseudo-cohorte sous hypothèse d'équilibre pour 4 stocks (cardine, hareng_7d, maquereau, merlu).

Pour les stocks de type 3, la même méthode d'estimation des paramètres a été utilisée pour tous les stocks

Les débarquements annuels moyens (extrapolés, cf. partie II, tableau 4) sur la période 1993-1995 sont figurés, pour donner une indication de la disponibilité des données biologiques adéquates au vu de l'importance de chaque stock en terme de poids débarqué.

Les stocks évalués par estimation empirique d'un modèle global représentent ainsi près de 58% de la production pendant la période de référence. Ce chiffre prend cependant en compte la production d'algues (20% du tonnage), Cette valeur descend à 44% si on excepte les algues, mais il n'en reste pas moins qu'une part très importante des espèces pêchées en Manche (près de la moitié du tonnage total) sont trop mal connues pour pouvoir être évaluées de manière robuste. Il serait donc crucial d'améliorer la connaissance sur ces espèces.

Les stocks structurés en âge et considérés comme propres à la Manche (type 1) représentent le même tonnage que les stocks considérés comme largement extérieurs ($\beta^*=0$), soit environ 17% du tonnage total. Au total, les stocks locaux ou semi-locaux analysés structurellement (stocks de type 1 et stocks de type 2 avec $\beta^*\geq 0,5$), représentent un peu moins d'un quart de la production totale, alors que ce sont sur ces stocks que portent la majorité des études scientifiques.

En revanche, les stocks que nous avons empiriquement considérés comme surexploités (stocks pour lesquels nous avons ajusté une courbe de Schaefer) ne représentent que 2% du tonnage total.

Tableau 6. Classification des stocks de la Manche d'après le modèle utilisé, et débarquements annuels moyens 1993-95¹

Stocks à modèle structuré en âge				Stocks à modèle global			
Stocks Manche (15)		Stocks In/Out (12)		Stocks "Fox" (23)		Stocks "Schaefer" (3)	
bar	1 095	cardine	446	aiguillat	578	langouste	25
barbue	379	hareng 7d	6 650	algues	58 228	pétoncle	1 510
baudroie	2 007	maquereau	26 260	araignée France	5 460	raies	3 112
buccin	10 260	merlan 7d	5 485	araignée UK	844		
coq. S.J., B. Seine	5 629	merlan 7e	2 107	autres grondins	1 825		
coq. S.J., St Brieuc	4 434	merlu	436	calmar	4 063		
dorade grise	2 218	morue 7d	2 375	chinchard	11 406		
grondin rouge	3 417	morue 7e	812	congre	976		
hareng 7e	542	plie 7d	5 270	coq. S.J, autre 7d	6 672		
lieu jaune	1 935	plie 7e	1 292	coq. S.J, autre 7e	9 286		
limande	1 031	sole 7d	4 515	coq. S.J, Brest	116		
limande sole	1 464	sole 7e	797	coq. S.J, Morlaix	125		
lingue	1 337			crevette grise	340		
tacaud	4 566			bouquet	152		
turbot	423			homard France	228		
				homard UK	223		
				rouget	1 005		
				roussettes	3 199		
				sardine	5 588		
				seiche	10 567		
				St. Pierre	370		
				tourteau France	3 622		
				tourteau UK	4 959		
Total	40 737	Total	56 445	Total	129 832	Total	4 647
%	17,6	%	24,4	%	56	%	2

10.3. Paramètres biologiques et paramètres des modèles d'évaluation

Les tableaux qui suivent décrivent de manière plus détaillée certaines données utilisées dans le processus d'évaluation.

Concernant les stocks évalués par l'analyse structurale, outre les captures aux âges dont on vient de détailler le processus d'estimation, l'évaluation requiert également la détermination du groupe +, de la mortalité naturelle (M), du vecteur de poids aux âges des captures, et d'une ogive de maturité (pour l'estimation de la biomasse féconde). Le tableau 7 présente les principaux de ces paramètres avec leur source, ainsi que la valeur de β^* pour les stocks In/Out. La VPA conduit à des résultats intermédiaires (les mortalités par pêche F) utilisés ensuite pour l'estimation du rendement par recrue et de la production à long terme. Seule une valeur moyenne des F sur les âges les plus exploités est présentée ici (F moyen sur les âges les plus exploités) Pour les stocks In/Out, si $\beta = 1$, la valeur représente la mortalité sur le stock local. Si $\beta = 0$, cela représente la mortalité sur le stock global. Si $0 < \beta < 1$, les deux valeurs sont indiquées (mortalité moyenne pour le stock local et global).

Tous les paramètres et résultats de l'évaluation utilisés dans la modélisation bioéconomique sont reportés en Annexe E, et les résultats sont présentés et discutés dans la partie V (chapitre 16).

¹ On rappelle que 3 stocks sont en réalité des stocks plurispécifiques, rassemblant plusieurs espèces en général non différenciées dans les données de débarquement (raies, roussettes, et autres grondins). Ces stocks sont donc nommés au pluriel dans toute la suite du document.

Pour la source des données, la mention (1) indique une moyenne des années 1993-95, à partir des rapports du CIEM. (2) indique que c'est une valeur constante utilisée annuellement par le CIEM.

La mention BioEco indique que, la valeur du paramètre n'ayant pas été trouvée en tant que telle dans la littérature, elle a été estimée au cours du projet. Ainsi par exemple le vecteur de poids aux âges a été estimé en croisant une relation taille-poids et les données taille-âge citées dans le tableau 4. La relation taille-poids provient de Didenko (1998) pour le tacaud et la limande, de Garcia de Leon (1992, d'après Dorel, 1986) pour la lingue, et de Abdesselem (1992) pour le lieu jaune. L'âge de pleine maturité du lieu jaune a été estimé d'après Quéro & Vayne (1997) et Mellon *et al.* (1994).

Concernant les stocks évalués par l'analyse globale, le nombre des paramètres requis est moins important que dans le cas précédent. Le tableau 8 fournit l'ensemble de ces paramètres. On précise d'abord pour chaque espèce le nombre de stocks supposés d'un point de vue biologique, et le nombre de stocks pris en compte dans l'évaluation. Puis, pour chacun de ces stocks, on donne l'hypothèse faite a priori sur la position des captures actuelles par rapport à la production maximale équilibrée, exprimée en %. Par convention un % inférieur à 100 signifie que le MSY n'est pas encore atteint et qu'on se situe dans la partie gauche de la courbe de production (par exemple, 80% indique que la production actuelle est à 80% du MSY, en deçà, et que pour atteindre le MSY il faudrait augmenter l'effort). Inversement un pourcentage supérieur à 100% signifie que l'on est au delà du MSY, dans la partie droite de la courbe de production. Ainsi une valeur de 150% signifie que la production actuelle est égale à 50% du MSY, mais au delà, et que pour atteindre le MSY il faudrait diminuer l'effort).

Tableau 7. Stocks évalués par l'approche structurale : valeur et source des paramètres biologiques de mortalité naturelle et maturité, poids aux âges (exemple cité ici : poids à la maturité); paramètres d'évaluation (âge du groupe +, facteur β du modèle In/Out, mortalité par pêche moyenne issue de l'analyse. Voir texte pour les explications, et annexe E pour la totalité des paramètres par âge.

stock	M (valeur/ source ¹)	Maturité (âge de complète maturité / source)	Poids à la maturité (poids à l'âge de maturité /source)	Groupe +	β^*	F moyen (valeur/classes d'âge)
dorade	0,15 (Dunn, 1999)	5 (Soletchnik, 1983 ; Dunn, 1999)	0,48 kg (Dunn, 1999)	15		0,4 (3-7)
tacaud	0,48 (Didenko, 1998)	2 (Desmarchelier, 1986)	0,21 kg (BioEco)	5		0,59 (2-4)
barbue	0,1 (BioEco)	5 (Dunn, 1999)	2,1 kg (Dunn, 1999)	13		0,35 (2-11)
bar	0,1 (BioEco)	8 (Picket & Eaton, 1998)	1,6 kg (Picket & Eaton, 1998)	15		0,14 (5-12)
morue 7d	0,2 (2)	6 (2)	8,38 kg (1)	7	0,5	0,87;0,96 (2-5)
morue 7e	0,2 (2)	3 (2)	4,6 kg (1)	7	0,5	0,89;0,84 (2-5)
limande	0,45 (Didenko, 1998)	4 (Tassel, 1988)	0,21 kg (BioEco)	5		0,48 (2-4)
grondin r.	0,15 (BioEco)	5 (Anon., 1993a)	0,32 kg (Dunn <i>et al.</i> , 1996)	16		0,51 (2-12)
hareng 7d	0,2 (2)	4 (2)	0,19 kg (2)	9	0	1,12 (3-4)
hareng 7e	0,2 (2)	4 (2)	0,18 (CEFAS, non publ.)	7		0,89 (3)
merlu	0,2 (2)	6 (2)	1,19 kg (2)	10	0	0,34 (7-10)
limande-s.	0,1 (BioEco)	7 (Rae, 1965)	0,53 kg (BioEco)	16		0,40 (4-6)
lingue	0,2 (G. De Leon, 1992)	5 (G. De Leon, 1992)	1,79 kg (BioEco)	8		0,18 (4-7)
maquereau	0,15 (2)	7 (2)	0,43 kg (2)	12		0,15 (3-12)
cardine	0,2 (2)	4 (2)	0,22 kg (2)	9	0	0,44 (4-6)
baudroie	0,15 (Mtimet, 1993)	7 (2)	4,35 kg (2)	10		0,25 (3-8)
plie 7d	0,12 (2)	5 (2)	0,49 kg (1)	10	0,7	0,46; 0,60 (3-8)
plie 7e	0,12 (2)	5 (2)	0,51 kg (1)	9	0,9	0,61; 0,44 (3-8)
lieu jaune	0,2 (Abdesselem 1992)	4 (BioEco)	2,6 kg (BioEco)	11		0,88 (4-9)
coq. SJ bs	0,1-0,3 (J. Vigneau, comm. pers)	2 (J. Vigneau, comm. pers)	0,2 kg (J. Vigneau, comm. pers)	6		1,14 (2-5)
coq. SJ sb	0,2 (S. Fifas, comm. pers)	1 (S. Fifas, comm. pers)	20g (S. Fifas, comm. pers)	5		0,84 (2-4)
sole 7d	0,1 (2)	3 (2)	0,19 kg (1)	10	0,9	0,28; 0,58 (3-8)
sole 7e	0,1 (2)	3 (2)	0,23 kg (1)	10	0,8	0,19; 0,26 (3-8)
turbot	0,1 (BioEco)	5 (Dunn, 1999)	3,0 kg (Dunn, 1999)	15		0,35 (3-9)
buccin	0,2 (Santarelli, 1986)	5 (Santarelli, 1986)	22 g (Santarelli, 1986)	10		0,98 (3-9)
merlan 7d	0,2 (2)	3 (2)	0,24 kg (1)	8	0	0,83 (2-6)
merlan 7e	0,2 (2)	2 (2)	0,3 kg (1)	6	0	0,56 (2-5)

Tableau 8. Détails sur l'intégrité des stocks, l'ajustement des données de production, les hypothèses d'ajustement et les paramètres du modèle de Pella & Tomlinson (1969) pour les stocks évalués par modèle global (voir texte)

Code	Espèce	Nbr de stocks supposés	Nbr de stocks évalués	Stock	position / MSY	a	b	m
COE	congre	inconnu	1		MSY	1 969 907	-0,69315	1
CPR	bouquet	inconnu	1		MSY	304 133	-0,69315	1
CRE	tourteau	1	2	France	MSY	7 242 336	-0,69315	1
				RU	MSY	9 908 129	-0,69315	1
CRN	crv. grise	inconnu	1		MSY	680 643	-0,69315	1
CRW	langouste	inconnu	1		150%	155 199	-129 731	2
CTL	seiche	1	1		MSY	21 124 922	-0,69315	1
DGH	roussettes	inconnu	1		66%	4 797 207	-0,34298	1
DGS	aiguillat	1	1		MSY	1 168 892	-0,69315	1
GUX	autres grond.	inconnu	1		MSY	4 893 571	-0,69315	1
HOM	chinchard	inconnu	1		MSY	22 918 908	-0,69315	1
JOD	St Pierre	1	1		MSY	744 191	-0,69315	1
KEL	algues	1	1		MSY	115 930 272	-0,69315	1
LBE	homard	1	2	France	MSY	457 621	-0,69315	1
				RU	MSY	445 008	-0,69315	1
MUR	rouget	inconnu	1		80%	1 664 061	-0,48224	1
PIL	sardine	inconnu	1		MSY	11 173 737	-0,69315	1
QSC	pétoncle	inconnu	1		133%	6 807 963	-524 589	2
SCE ³	coquille SJ	4	4	Brest	MSY	232 569	-0,69315	1
				Morlaix	MSY	251 125	-0,69315	1
				autres 7d	MSY	13 068 815	-0,69315	1
				autres 7e	MSY	18 561 187	-0,69315	1
SCR	araignée	inconnu	2	France	MSY	10 914 272	-0,69315	1
				RU	MSY	1 690 749	-0,69315	1
SKA	raies	1	1		150%	20 151 092	-16 844 252	2
SQC	calmar	inconnu	1		MSY	8 309 744	-0,69315	1

CONCLUSION DE LA PARTIE III

Nous avons présenté ici le fondement méthodologique de base qui a servi à calculer les fonctions de production biologique. L'insertion de ces fonctions dans le modèle général est présentée dans la partie suivante.

Nous avons expliqué et justifié les principaux choix et hypothèses simplificatrices sous-jacentes. En particulier, aucune donnée de rejets n'a été intégrée dans les modèles, ni de modèles de relation intra ou inter spécifique. Un certain nombre de fonctions de production a été simplifié, surtout en raison de données peu fiables ou de connaissances incomplètes sur la biologie des espèces. Les modèles structurés en âge conduisent à des prédictions de captures sous hypothèse d'un recrutement exogène et constant, sans relation stock-recrutement. Il existe pourtant certains stocks pour lesquels de telles relations ont été ajustées (stocks évalués par le CIEM, Anon, 1997a et b par exemple), mais la qualité de l'ajustement est souvent assez faible et cette relation n'est pas disponible pour toutes les espèces.

Cependant, nous avons insisté sur l'utilité des modèles globaux, malgré les hypothèses fortes sur lesquelles ils reposent. Ils se révèlent extrêmement utiles quand un modèle structuré en âge ou en longueur ne peut être ajusté, ou quand une espèce est mal connue, ce qui est le cas pour 26 stocks, représentant près de 60% de la production (algues incluses). De telles espèces (par exemple le congre, le rouget barbet, le St. Pierre, les crevettes...) ont une place non négligeable dans le revenu des pêcheurs, et doivent être incorporées dans le modèle économique. Nous avons également justifié la non-utilisation d'autres modèles sans doute plus performants, mais difficilement intégrables dans notre démarche d'homogénéité méthodologique.

Il nous semble important de souligner ici qu'au niveau de l'ensemble de la pêcherie, **certaines espèces mériteraient une étude biologique approfondie, ainsi qu'une amélioration notoire des statistiques de pêche.**

Enfin, même si il est bien évident que pour chacun des stocks étudiés dans cette partie, une étude individuelle plus approfondie conduirait à de meilleurs résultats en terme de précision et de fiabilité, les résultats présentés ci-dessus représentent sans doute la meilleure information disponible actuellement à échelle régionale et plurispécifique.

QUATRIÈME PARTIE

CONSTRUCTION DE BECHAMEL
(Bio-Economic CHAnnel ModEL)

ANALYSE DU MODULE D'ACTIVITÉ ET DU
MODULE DE PRODUCTION

INTRODUCTION	150
11. MODÉLISATION DE L'ACTIVITÉ DE PÊCHE	151
11.1. Principe et architecture d'un modèle par flottille et par métier, notion de diagramme d'activité	151
11.2. Données utilisées	153
11.3. Choix des classes de taille	153
11.4. Définition des métiers	154
11.4.1. Métiers Manche	154
11.4.2. Métiers extérieurs	154
11.5. Estimation des puissances de pêche	155
11.5.1. Choix de la classe de taille standard	155
11.5.2. Puissance de pêche par métier et classe de taille	155
11.6. Définition des flottilles	156
11.6.1. Flottilles Manche	156
11.6.2. Flottilles extérieures	159
11.7. Résultats	160
11.7.1. Paramètres utilisés dans le modèle	160
11.7.2. Analyse par flottille	165
11.7.3. Analyse par métier	167
12. LE MODULE BIOLOGIQUE : MODÉLISATION DE LA PRODUCTION	169
12.1. Méthode d'estimation de la production simulée	169
12.1.1. Principe du calcul de la production par métier	169
12.1.2. Méthode d'estimation des coefficients de capturabilité	170
12.1.3. Cas des métiers agrégés	172
12.1.4. Production par flottille	172
12.2. Résultats : retour sur la production par métier et flottille, comparaison entre production simulée et observée	174
12.2.1. Production par métier	174
12.2.2. CPUE par métier et par stock	175
12.2.3. Production par flottille	177
12.2.4. Production par pays	179
12.3. Récapitulatif : quelques chiffres clés du module d'activité et du module de production de BECHAMEL	180
13. LIAISON AVEC LE MODULE ÉCONOMIQUE	183
13.1. De la production au revenu	183
13.1.1. Le modèle de prix	183
13.1.2. Estimation du revenu	184
13.2. Le modèle de coûts	186
13.3. Indicateurs de performance économique	187
14. ARCHITECTURE DU MODÈLE DE SIMULATION BECHAMEL	188
14.1. Récapitulatif des paramètres d'entrée et du déroulement chronologique des calculs	188
14.1.1. Module d'activité	188
14.1.2. Module de production	189
14.1.3. Module économique	190
14.1.4. Bilan et gamme des simulations possibles	191
14.2. Structure informatique	193
14.2.1. Choix informatiques de modélisation	193
14.2.2. Structure informatique de BECHAMEL	196
CONCLUSION	200

INTRODUCTION

Le quatrième volet de ce document s'attache à rassembler le travail effectué sur la collecte des données et de l'information disponibles (partie I et II) et sur l'évaluation des stocks (partie III) au sein d'une phase de **modélisation du fonctionnement de la pêcherie**. Sans idée préconçue au départ sur la forme et les potentialités de modélisation d'une pêcherie telle que celle étudiée ici, plusieurs voies de modélisation ont été explorées, tant d'un point de vue théorique que pratique. Les étapes de la démarche méthodologique ont déjà été largement explicitées dans les parties précédentes, et certains points particulièrement caractéristiques ont déjà été développés. Ainsi, malgré le problème essentiel des phases de transition, et bien que cette approche ait pu être entreprise sur d'autres pêcheries complexes (Charuau & Biseau, 1989 ; Laloë & Samba, 1990), nous avons expliqué les raisons qui ont poussé à la décision de ne pas étudier la dynamique des populations d'un point de vue stochastique et dynamique, mais uniquement déterministe et statique. De même, les interactions biologiques n'ont pas été abordées. Ceci reste d'ailleurs encore le cas pour la majorité des travaux étudiant des pêcheries multispécifiques, pour des raisons évidentes de faiblesse des connaissances sur ce sujet dans la plupart des pêcheries.

Malgré ces limites, une modélisation d'ensemble a néanmoins été recherchée. **La modélisation de la ressource et de la production attendue pour un certain niveau d'effort reste la principale difficulté d'un modèle bioéconomique de pêcherie, tant est grande sa variabilité et son incertitude par rapport aux autres paramètres du modèle.** Ainsi, les choix faits dans la partie précédente ont complètement dirigé la structure générale du modèle complet, et **celui-ci ne pourra être plus précis que ne peut l'être le module biologique.** En revanche, la description de la pêcherie a permis de mettre en évidence l'importance fondamentale des interactions techniques dans une pêcherie aussi artisanale et diversifiée que celle de la Manche, ainsi que son étude plus aisée en fonction de la connaissance actuelle et du temps disponible pour la bonne conduite de ce projet. Le modèle général de simulation bioéconomique des pêcheries de la Manche, appelé BECHAMEL (BioEconomic Channel ModEL) s'attache donc particulièrement à **l'étude des relations à l'équilibre entre les 3 entités flottille-métier-stock, ainsi qu'à l'influence de chaque type d'activité de pêche sur les autres.**

En l'état actuel, et à cause des réserves précédemment émises quant à la fiabilité d'un certain nombre d'hypothèses et de diagnostics obtenus, le but de ce travail n'est pas de fournir un outil prévisionnel directement opérationnel et quantitativement fiable. En revanche, on peut retraduire ici le triple but évoqué par Charuau et Biseau (1989), à propos du modèle bioéconomique des pêcheries de la Mer Celtique, à savoir :

- fournir un cadre de travail permettant à chaque scientifique de se situer vis-à-vis des autres disciplines, et relier ainsi les différents travaux.
- explorer si certaines techniques d'aménagement paraissent mériter plus d'attention que d'autres, par exemple si les résultats obtenus sont suffisamment différents pour que les incertitudes sur les caractéristiques et paramètres du modèle ne les mettent pas en cause.
- orienter les futures recherches en mettant en évidence les phénomènes ou paramètres dont une mauvaise description ou estimation affecte le plus gravement les conclusions, grâce notamment à des analyses de sensibilité.

Le but de cette partie est ici de répondre au premier objectif sus-cité. Les objectifs 2 et 3 sont abordés dans la cinquième partie. On présente d'abord successivement dans les trois premiers chapitres les trois modules constitutifs du modèle - activité, production et calcul économique -, non seulement d'un point de vue méthodologique mais également à travers la description quantitative des paramètres d'entrée du modèle. En particulier nous aurons l'occasion de revenir dans le chapitre 12 sur une analyse de la production par métier et par flottille complétant les

analyses des deux premières parties de ce document. Cette analyse est basée sur la production équilibrée simulée correspondant à un effort simulé dans BECHAMEL et égal au niveau d'effort moyen 1993-95. Le dernier chapitre résume la structure générale théorique et les principaux calculs réalisés dans BECHAMEL. Il s'attache également à la structure informatique du modèle, basée sur un couplage original entre un langage de programmation et une interface de type Internet, permettant une très grande facilité et flexibilité d'utilisation.

Nous avons fait le choix de faire figurer un certain nombre de tableaux directement dans le texte plutôt qu'en annexes, malgré le grand nombre de paramètres nécessaires au modèle et le côté peu attrayant que cela implique. Cela a été fait d'abord pour ne pas trop déséquilibrer le document, mais aussi à cause de l'information que ces tableaux apportent à la connaissance des pêcheries de la Manche. En effet, comme on l'a vu en première partie, les travaux appréhendant cette région à échelle globale sont peu nombreux, et cette pêcherie complexe est encore mal connue. **La modélisation bioéconomique a permis de décrire quantitativement toute l'activité et la production pour les années 1993 à 1995**, et ceci représente une amélioration importante à la compréhension de ce système, dans la continuation des travaux du CFSG/GEPM. En fournissant tous ces tableaux, nous espérons contribuer à cette amélioration de la connaissance globale, au même titre que d'autres travaux.

11. MODÉLISATION DE L'ACTIVITÉ DE PÊCHE

Il y a trois raisons principales pour grouper des bateaux individuels au sein de flottilles. Premièrement, cela permet de définir un plus petit nombre d'entités, susceptibles d'être ensuite étudiées ou gérées de manière individuelle. Deuxièmement, cette notion est plus proche du concept traditionnellement utilisé en économie de "**secteur d'activité**" (c'est-à-dire la combinaison de plusieurs unités de production ayant la même activité principale). Enfin, construire un modèle à échelle individuelle requerrait non seulement une très grande quantité de paramètres, mais aussi la connaissance du comportement individuel de chaque unité. Modéliser le comportement individuel est extrêmement complexe et nécessite des outils et une approche complètement différente, de type individu-centré par exemple (cf. par exemple Millischer & Gascuel, 1998). En comparaison, le comportement émergent moyen du groupe est plus facile à appréhender et à modéliser à partir de modèles généraux, notamment en économie (Le Gallic, comm. pers.). Le regroupement des individus en différents ensembles, en notre cas des flottilles, s'avère donc incontournable.

Les difficultés liées à la modélisation de l'activité de pêche concernent trois aspects, qui sont abordés dans le présent chapitre : comment définir ces groupes ? Comment allouer un bateau à l'un de ces groupes, quels sont les critères déterminants ? Et enfin, comment quantifier l'activité au sein de ces groupes ?

11.1. Principe et architecture d'un modèle par flottille et par métier, notion de diagramme d'activité

Nous avons montré précédemment à quel point, dans le cadre de pêcheries composites comme celles de la Manche, **la flottille, quelque soit son critère de définition et de typologie, est fondamentalement différente du métier**. Le navire ne peut pas, dans la plupart des cas, être assimilé à un métier donné, dans la mesure où il en pratique plusieurs différentes au cours de l'année. Les deux notions se rapportant à des concepts bien précis et ayant chacun leur importance et leur place dans le modèle général, il est nécessaire de pouvoir passer de l'un à

l'autre au cours du calcul, quelque soit le type de navire et d'activité. Toute la difficulté de la modélisation de l'effort de pêche provient de cette réalité. En parallèle avec la notion, assez classique en halieutique, de *diagramme d'exploitation* qui décrit les interactions entre les différents métiers et les différents stocks exploités (voir chapitre suivant), on introduit alors la notion de *diagramme d'activité*, décrivant les interactions entre les différentes flottilles et les différents métiers. De la même manière que le diagramme d'exploitation se traduit quantitativement sous la forme d'une *matrice de capturabilité* traduisant l'effort nominal par métier en mortalité par pêche exercée sur le stock le diagramme d'activité se traduira par une matrice, appelée *matrice d'activité*, et transformant l'effort nominal par flottille en effort nominal par métier. La matrice d'activité utilisée ici donne pour chaque flottille le **pourcentage moyen de temps passé chaque année à pratiquer chaque métier**, quelque soit la classe de taille,

On a déjà évoqué également le problème lié à l'utilisation de mesures de l'effort de pêche spécifiques à un métier particulier (nombre et caractéristiques des engins mis en oeuvre par exemple). **La seule mesure commune à toutes les activités est une mesure temporelle de l'effort de pêche**, décrivant le temps de pêche, exprimé en unité standard (pour harmoniser les classes de taille), pendant une période de temps donnée, pour chaque type de navire et chaque métier. Des comparaisons et sommes sont alors possibles entre des navires de différente taille, origine, et activité, et entre différents métiers. Pour harmoniser les pas de temps utilisables par le module économique (jour de pêche) et par le module biologique (année), l'effort de pêche est logiquement basé sur une **mesure du nombre de jours de pêche standardisés annuel**.

Au sein de chaque flottille, l'effort de pêche est ainsi exprimé comme étant le nombre total (sur tous les navires de la flottille) de jours standards passés annuellement dans chacun des métiers qu'elle pratique au cours d'une année.

Cette mesure est obtenue par le produit de 4 matrices différentes :

- Une **matrice de nombre de bateaux** par flottille et classe de taille des navires,
- Une **matrice de nombre moyen annuel de jours réels** (non standardisés) **de pêche** pour chaque classe de taille dans chaque flottille,
- La **matrice d'activité**, définie ci-dessus,
- Une **matrice de puissances de pêche**, exprimant les différences d'efficacité entre les classes de taille, regroupant en théorie les différences de technologie et de compétences utilisées dans la pêcherie. Cette matrice donne pour chaque métier l'équivalent en unité standard de chaque classe de taille (toutes espèces confondues).

Ainsi, l'effort de pêche par flottille (f), métier (m) et classe de taille (l), exprimée en équivalent jours de pêche de la classe de taille standard, est donné par :

$$E_{f,m,l} = N_{f,l} * J_{f,l} * a_{f,m} * Pp_{m,l}$$

avec $N_{f,l}$, le nombre de bateaux de la flottille f et classe de taille l , $J_{f,l}$ le nombre annuel moyen de jours de mer (non standardisés) par flottille et par classe de taille, $a_{f,m}$ la proportion du temps total annuel de pêche de la flottille f passée dans le métier m , et $Pp_{m,l}$ la puissance de pêche relative par métier et classe de taille.

On peut alors en déduire que

$$Em = \sum_f \sum_l E_{f,m,l}$$

avec E_m , l'effort total annuel standardisé du métier m .

L'effort non standardisé, utilisé dans le calcul économique pour mesurer des taux de profits par métier (basés sur l'effort nominal), est calculé de la même manière mais sans multiplication par la puissance de pêche.

On notera **qu'il n'y a pas ici de standardisation des puissances de pêche entre métiers**. En effet, les simulations ultérieures seront menées en s'appuyant sur des multiplicateurs d'effort et des coefficients de capturabilité exprimés les uns et les autres par métier. Il n'y a donc pas nécessité d'une mesure globale de l'effort de pêche.

11.2. Données utilisées

Il est utile de détailler rapidement ici quelles données ont servi à calculer quels coefficients. Ceci ne concerne que les flottilles françaises de la Manche, pour lesquelles les sources d'information disponibles sont plus diverses. Tous les calculs concernant les flottilles anglaises et les flottilles extérieures ont été faits à partir des données de production de BAHAMAS.

- La définition des flottilles, et donc en même temps le nombre de navires par classe de taille et la matrice d'activité, sont issus des calendriers exhaustifs d'activité établis par les enquêteurs IFREMER/DPMCM, (exprimés en terme de mois*bateaux), croisés avec les informations supplémentaires obtenues au cours des enquêtes économiques. Ce travail a été réalisé, dans la continuation des travaux sur les flottilles menés par les halieutes de l'IFREMER, par Christian Dintheer (IFREMER Boulogne) et Bertrand le Gallic (CEDEM),
- Le nombre moyen de jours de mer par flottille et par classe de taille, établi par Bertrand Le Gallic, provient directement des enquêtes économiques, cette question faisant partie du questionnaire général. Une fois les flottilles définies, il est possible de relier chaque navire enquêté à une flottille et à une classe de taille, et donc de calculer des valeurs moyennes de temps de mer.
- Les puissances de pêche sont calculées à partir des données de production de BAHAMAS (cf. §8.5).

11.3. Choix des classes de taille

La définition des limites de classes a fait l'objet d'un grand nombre de discussions, particulièrement au niveau de l'harmonisation des données franco-anglaises. Lors de la première étude de modélisation bioéconomique de la composante anglaise de la pêcherie (Pascoe & Robinson, 1997), 6 classes de taille avaient été utilisées : <7 m (863 bateaux), 7-10 m (810 bateaux), 10-12 m (235 bateaux), 12-20 m (157 bateaux), 20-30 m (83 bateaux), et >30 m (18 bateaux).

Cette séparation des classes de taille s'avère peu applicable pour les navires français. En effet, il y a très peu de bateaux inférieurs à 7 m sur les côtes françaises, et la réglementation ne fait plus de différence administrative entre les bateaux de plus de 10 m et les bateaux de plus de 12 m; la classe 10-12 m n'est donc pas forcément justifiée. De plus, la Manche française compte très peu de bateaux supérieurs à 25 m. Ces bateaux sont essentiellement des navires industriels (Boulogne et St. Malo) qui ne travaillent pas (ou très peu) en Manche. La séparation en deux classes des navires de plus de 20 m est inutile, d'autant plus que la limite des 20 m n'est pas une limite administrative officielle. En revanche, la limite des 16 m marque une différence par rapport à

l'éloignement des lieux de pêche. En deçà de cette limite, les bateaux sont côtiers strictement ou majoritairement. Au delà, ils sont mixtes ou hauturiers (Berthou et al, 1997). Cette classe de taille est également une limite officielle de l'administration. D'un point de vue économique, les navires pourraient même être simplement regroupés en 3 classes : <12 m (1 222 bateaux), 12-16 m (238 bateaux), et 16-25 m (246 bateaux) (Boncoeur & Le Gallic, 1998).

La définition des classes de taille finalement adoptée est un compromis entre les deux systèmes, **permettant de garder les différences nationales tout en limitant l'émiettement des flottilles en de trop nombreuses classes de taille**, ce qui pose un problème évident d'échantillonnage et de représentativité des navires enquêtés dans chaque classe de taille. Les 6 classes ainsi définies sont :

- <7 m
- 7-10 m
- 10-12 m
- 12-16 m
- 16-20 m
- >20 m

11.4. Définition des métiers

11.4.1. Métiers Manche

Par rapport à la typologie initiale de l'ensemble des métiers de la Manche (Tétard, Boon et al, 1995), quelques modifications ont été apportées lors de la phase de modélisation. Le catalogue dénombrait en tout 74 métiers, de 4 nationalités différentes. **Le modèle bioéconomique en utilise 55, représentant environ 90% des débarquements.** Le reste (c'est-à-dire les productions indéterminées) est agrégé dans 3 classes (une par pays, voir chapitre suivant, §1.3).

Les modifications ont été les suivantes :

- suppression de la base des 12 métiers des Iles anglo-normandes, non incluses dans le modèle,
- suppression des 4 métiers belges. Pour des raisons techniques précédemment explicitées, les bateaux belges n'ont pu être intégrés en tant que tels dans le modèle, via une flottille. Les captures apparaissent donc dans la classe agrégée intitulée "autres métiers belges".
- suppression des métiers industriels pélagiques F3.3 et U3.3
- suppression de trois petits métiers anglais, non pratiqués (drague à pétoncles, U4.5) ou non recensés (canne à pêche U8.2, aquaculture U9.1)
- création de 3 nouveaux métiers pour les besoins du modèle : F4.0 - drague à coquille St. Jacques en Baie de St. Brieuc -, U5.9 - filet maillant à sole Est anglais -, et U7.2 - palangre hauturière anglaise.
- agrégation de 2 métiers : F6.1 et F6.2, en raison de la difficulté de faire la différence entre côtier et large. Le F6.2 devient alors simplement le caseyage à gros crustacés.

☞ On rappelle brièvement ici les principes de codage des métiers CFSG : La première lettre indique le pays d'origine des navires pratiquant le métier (F = France, U = Royaume-Uni). Le premier chiffre juste après décrit l'engin utilisé : 1 = chalut de fond ; 2 = chalut à perche ; 3 = chalut pélagique ; 4 = drague ; 5 =filet; 6 = casier ; 7 = palangre ; 8 = ligne à main ; 9 = autres (ramassage des algues notamment, métier F9.3). Le deuxième chiffre, après le ".", code le métier en question. (voir Annexe A).

11.4.2. Métiers extérieurs

Pour les flottilles de la Manche passant une partie de leur temps en dehors de la zone, et donc tirant une partie de leurs revenus sur des stocks extérieurs, des métiers particuliers ont été créés pour le modèle, afin de pouvoir associer un revenu moyen journalier à chaque type d'activité

externe. Ces métiers codés selon le pays, l'engin utilisé (selon le même principe de classification que le catalogue des métiers) et la zone de pêche, si disponible (les métiers français identifient la zone de pêche extérieure : "n" = Mer du Nord, "w" = Mer Celtique et/ou Golfe de Gascogne. Les métiers anglais ne font pas toujours la différence). Ces métiers sont :

métiers français :

- EF1.n : Chalutage de fond nord
- EF1.w : Chalutage de fond ouest
- EF3.n : Chalutage pélagique nord
- EF5.n : Fileyage nord
- EF5.w : Fileyage ouest
- EF6.w : Caseyage ouest
- EF7.w : Lignes ouest

métiers anglais:

- EU1.i : Chalutage de fond indéterminé
- EU2.i : Chalutage à perche indéterminé
- EU4.i : Dragage indéterminé
- EU5.n : Fileyage nord
- EU5.w : Fileyage ouest
- EU6.i : Caseyage indéterminé

11.5. Estimation des puissances de pêche

11.5.1. Choix de la classe de taille standard

Le calcul de l'effort de pêche par métier se fait en **jour de pêche standard**. Cette unité fait référence à une classe de taille, de puissance de pêche fixée et égale à 1. La classe de taille standard choisie pour le modèle est la classe des **12-16 m**. Ce choix repose sur la représentativité de cette classe de taille. Intermédiaire entre petits et gros bateaux, elle n'est pas la plus importante en terme de nombre total de navires (356, soit seulement 8,5% de la flotte totale franco-anglaise), mais les navires de 12 à 16 m sont présents dans toutes les flottilles, et pratiquent presque tous les métiers, ce qui n'est pas le cas des autres classes. De plus, ces navires sont soumis à la réglementation européenne des carnets de bord, et passent en moyenne plus souvent en criée que les petits bateaux. L'estimation de leur CPUE réelle est plus fiable que pour les bateaux inférieurs à 12 m, les plus nombreux.

11.5.2. Puissance de pêche par métier et classe de taille

Les puissances de pêche par métier et classe de taille sont calculées à partir du **rapport des CPUE moyennes des navires à celles de ceux de la classe standard** (Beverton & Holt, 1957 ; Gulland, 1969 ; Gascuel, 1995), calculées d'après les données de production de BAHAMAS. La CPUE moyenne est définie comme étant la capture totale annuelle par métier et classe de taille, toutes espèces confondues (BAHAMAS table 6) divisée par l'effort total correspondant, en nombre de jours (BAHAMAS table 9, unité 3). La puissance de pêche pour un métier et une classe de taille s'exprime donc comme suit (tableau 1) :

$$Pg_{m,l} = \frac{U_{93-95,m,l}}{U_{93-95,m,std}} = \left(\frac{Y_{m,l}}{f_{m,l}} \right)_{93-95} * \left(\frac{f_{m,std}}{Y_{m,std}} \right)_{93-95}$$

Cependant il n'est pas possible d'obtenir une valeur correcte pour chaque combinaison métier - classe de taille. En effet certains métiers ne sont pratiqués que par un certain type de navires, ou bien sont trop mal couverts par les systèmes statistiques nationaux pour obtenir des valeurs cohérentes. Une valeur arbitraire est alors définie au cas par cas. En se basant sur les engins moyens utilisés et les types de navires décrits par le catalogue des métiers (Tétard, Boon et al, 1995), on peut comparer avec des métiers proches pour lesquels des données sont disponibles, en supposant que des navires similaires ont des puissances de pêche similaires. Quand il n'a pas été possible d'avoir un métier suffisamment proche pour extrapoler la donnée manquante, on a calculé une moyenne sur l'engin (supermétier), appliquée ensuite à chaque fois qu'une donnée manque. C'est le cas notamment pour quelques métiers du filet (F5.3 et U5.7) et du casier (U6.3, F6.3, F6.4 et F6.5).

11.6. Définition des flottilles

La définition des flottilles (et donc de la matrice d'activité qui la caractérise), comme la définition des classes de taille, est assez subjective et dépend du problème abordé. L'analyse typologique des flottilles permet d'identifier, d'ordonner et de regrouper des bateaux (ou des marées) afin d'obtenir des entités d'analyse représentant un type, une politique ou un comportement de pêche (Biseau & Gondeaux, 1988). Souvent, les analyses multivariées se prêtent bien à ces problématiques nécessitant la synthèse de nombreuses variables. Ces méthodes ont été très largement utilisées, par exemple pour analyser et modéliser les comportements tactiques et stratégiques des pêcheurs sénégalais (Ferraris & Samba, 1992 ; Ferraris & Le Fur, 1995), pour étudier précisément les flottilles artisanales du Mor-Braz (Rochet & Durand, 1995), pour définir des stratégies de pêche de la flottille chalutière du port de Sète (Taquet *et al.*, 1997), ou de Bretagne Sud (Bodilis, 1995).

11.6.1. Flottilles Manche

Dans le cadre des pêcheries de la Manche, de telles méthodes ont été utilisées pour les pêches artisanales de la Manche orientale française, à partir des calendriers d'activité (Lanoy, 1989), mais cette étude n'a pas été étendue à l'ensemble de la flotte. Les flottilles sont ainsi définies en testant un certain nombre de **seuils discriminants**, permettant d'allouer chaque navire à une et une seule flottille. Cette phase est relativement longue, essentiellement à cause de l'hétérogénéité structurelle des activités de pêche le long du littoral français et anglais, mais également de l'hétérogénéité des données servant à la typologie. En effet les informations disponibles sont différentes selon la région (côte anglaise, côte française est, côte française ouest), et les critères retenus pour la définition des seuils d'allocation d'un navire à une flottille ne peuvent pas être les mêmes.

Côté français par exemple, la localisation des zones de pêche est exprimée en terme de division CIEM en Manche Est (ce qui permet de savoir la part d'activité des navires passée en dehors de la Manche, mais pose un problème pour la différenciation des métiers côtiers et des métiers du large quand c'est nécessaire). Cette localisation est exprimée en terme d'éloignement à la côte en Manche ouest (ce qui pose le problème exactement inverse). De plus les calendriers d'activité des flottilles françaises utilisent des typologies de métiers très différentes de la typologie CFSG issue du catalogue des métiers (Tétard, Boon *et al.*, 1995), et la conversion est parfois difficile (ainsi par exemple en Manche Est, le calendrier usuel distingue le chalut de fond à gadidés et le chalut de fond à poissons plats, alors que la typologie CFSG distingue le chalut de fond du large et le chalut de fond côtier...). La conversion en métier CFSG se fait à partir de clés empiriques (C. Dintheer, comm. pers.).

Les premières classifications des flottilles françaises faites au cours du projet séparaient totalement les navires de l'ouest et les navires de l'est, comme pour la typologie des métiers (elles sont alors notées E ou W). Le problème du quartier maritime de Cherbourg, considéré comme appartenant à la Manche orientale mais dont certains navires (Ouest Cotentin) doivent être regroupés avec les flottilles de Manche occidentale, est pris en compte au cas par cas. Il a été possible ensuite d'agréger certaines flottilles similaires en une seule flottille répartie sur l'ensemble du littoral, alors notée C (pour "Channel").

Côté anglais les problèmes sont différents puisque tout provient directement de l'allocation des métiers CFSG par les clés utilisées dans BAHAMAS. Mais la faible connaissance sur l'activité des petits navires (moins de 10 m), due au fait que leurs productions ne sont pas estimées de manière individuelle, mais par regroupement de navires, a conduit les scientifiques anglais à les réunir tous (bien qu'ils soient les plus nombreux) au sein de 2 flottilles seulement (Est et Ouest), sans critères d'activité. Pour les navires de plus de 10 m, la répartition au sein des autres flottilles a été réalisée selon le même principe que les flottilles françaises.

Au départ, chaque flottille anglaise était séparée en 2, selon son temps de présence en Manche. Les navires majoritairement présents en Manche étaient regroupés sous l'appellation "full time", et les bateaux passant une partie de leur temps à l'extérieur, les plus nombreux, étaient nommés "part time". Par souci d'homogénéité avec la méthodologie française, les 2 sous-flottilles ont été regroupées en une seule. Mais les calendriers issus de ce regroupement sont fortement marqués par l'activité extérieure moyenne des navires, beaucoup plus que les flottilles françaises. Au final, toutes les flottilles anglaises de plus de 10 m passent plus de 30% de leur temps à l'extérieur, alors que ce rapport est inférieur ou égal à 10% pour les français (sauf pour les fileyeurs et les chalutiers de la Manche occidentale). Il atteint même presque 70% pour les fileyeurs-ligneurs de l'ouest. Cela implique de pouvoir estimer un **revenu externe** pour le temps passé à l'extérieur. A défaut, modéliser la rentabilité des flottilles étudiées dans le module économique ne peut être envisageable de manière réaliste.

On liste ci-dessous les flottilles sous leur nom réel tel qu'il est défini dans le modèle bioéconomique. Mais dans un souci de lisibilité de ces codes, parfois abscons pour un lecteur non familier (mais très pratiques à utiliser!), on changera les noms autant que possible dans la suite de ce document pour mettre la dénomination française des engins, bien qu'il s'agisse des mêmes flottilles. On rappelle que la liste des flottilles avec l'équivalence des codes est reportée en Annexe A. Le nombre de bateaux est la valeur moyenne 1993-95 utilisée dans le modèle.

☞ Les codes utilisés pour la typologie sont des raccourcis des noms anglais. La première lettre indique le pays (F = France, U = Royaume-Uni). La deuxième lettre indique la séparation est-ouest si elle existe. Ainsi E = Est, W = ouest, et C = Manche entière ("Channel"). Les lettres suivantes caractérisent le ou les principal(aux) engin(s) utilisé(s). Ainsi Ot = chalut de fond ("otter trawl"), Bt = chalut à perche ("beam trawl"); Dr = drague ("dredge"); Nt = filet ("nets"); Pt = casier ("pots"); Ln = lignes ("lines"); Wk = casier à buccin ("whelk pot"); Sw = ramassage des algues ("seaweeds"); Fx = divers arts dormants ("fixed gears"), et Ms = divers autres ("miscellaneous").

Flottilles françaises (15 flottilles et 1 674 navires) :

- FE_Ot : Chalutiers Est (156)
- FW_Ot : Chalutiers Ouest (51)
- FE_Bt : Chalutiers à perche Est (86)
- FE_Ot_Dr : Chalutiers-dragueurs Est (168)
- FW_Ot_Dr : Chalutiers-dragueurs Ouest (132)
- FE_Dr : Dragueurs Est (36)
- FW_Dr : Dragueurs Ouest (217)

- FC_Pt : Caseyeurs Manche (159)
- FE_Nt : Fileyeurs Est (115)
- FW_Nt : Fileyeurs Ouest (57)
- FC_Ln : Ligneurs palangriers Manche (44)
- FC_Wk : Bulotiers Manche (51)
- FC_Sw : Goémoniers Manche (59)
- FC_Fx : Autres divers arts dormants Manche (216)
- FC_Ms : Autres divers Manche (127)

Flottes anglaises (8 flottilles et 2 437 navires) :

- UC_Ot : Chalutiers Manche (138)
- UC_Bt : Chalutiers à perche Manche (142)
- UC_Dr : Dragueurs Manche (45)
- UC_Pt : Caseyeurs (18)
- UE_Nt_Ln : Fileyeurs ligneurs Est (22)
- UW_Nt_Ln : Fileyeurs ligneurs Ouest (104)
- UE_under10m : moins de 10m Est (1 023)
- UW_under10m : moins de 10m Ouest (945)

Dans certains cas, il s'avère utile de travailler à échelle beaucoup plus agrégée. Les flottilles ci-dessus peuvent être regroupées en grandes catégories selon le type d'engin dominant. **D'un point de vue économique, le seul critère absolu de stratification des navires est lié à la possibilité de changement d'activité à court terme** (Boncoeur, comm. pers.). Pour chaque bateau, quels sont les engins qu'ils peut utiliser sans une modification structurelle majeure de son outil de production ? Selon ce critère, la seule barrière structurelle réelle réside dans la différence de navires entre ceux pratiquant les arts traînants et ceux pratiquant les arts dormants. On peut répartir les navires simplement entre chalutiers et dragueurs d'un côté (ceux qui ont la possibilité de tracter un engin de pêche, même s'ils peuvent également utiliser des arts dormants au cours de l'année), et les arts dormants purs (ceux qui ne peuvent pas tracter). La classification ascendante des flottilles désagrégées (figure 1) permet de remplacer tout paramètre biologique ou économique manquant pour une flottille par celui de la classe supérieure à laquelle elle appartient. Ceci est surtout vrai pour les flottilles françaises, plus nombreuses et plus désagrégées que les flottilles anglaises.

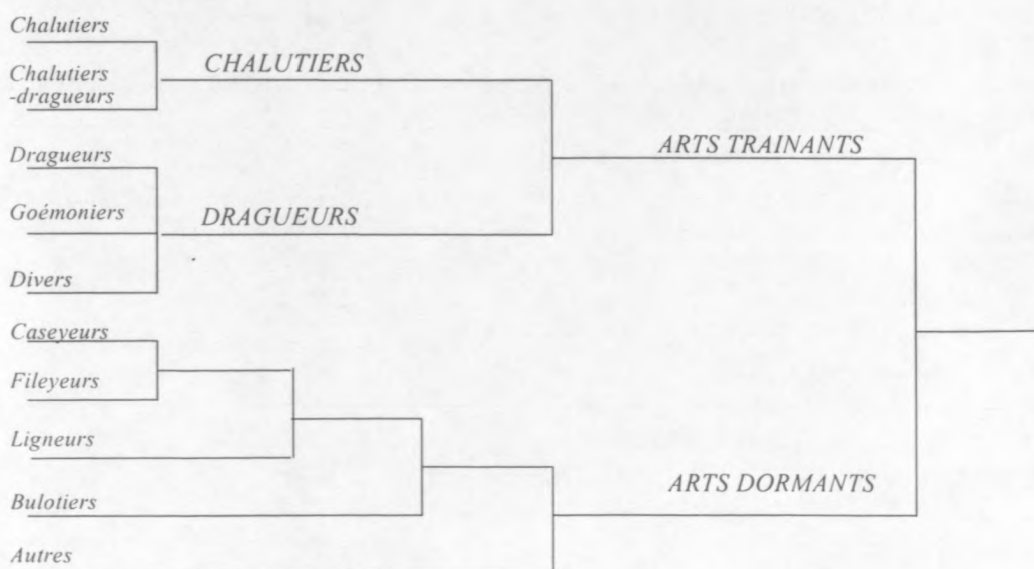


Figure 1. Typologie des flottilles françaises

Les goémoniers ont été ici rassemblés avec les dragueurs car une partie de leur activité est consacrée à la drague à la coquille St. Jacques en rade de Brest. Cependant ils auraient pu être également classés dans un segment complètement à part dans la typologie, car ce sont des bateaux très spécialisés dans leur activité et structurellement peu adaptés à pratiquer d'autres métiers.

11.6.2. Flottes extérieures

Les bateaux provenant de ports extérieurs à la Manche mais y passant une partie de leur temps sont pris en compte dans le calcul général de l'effort, car ils interviennent dans la mortalité globale des espèces de la Manche. Ils sont donc intégrés dans la base BAHAMAS avec des métiers CFSG, même si leur port d'attache et leur port de débarquement sont lointains. Cependant, on ne sait rien de leur activité en dehors de la Manche. De plus, les données économiques sur ces flottes sont inexistantes ou indisponibles dans le cadre du projet. Il est donc impossible de les intégrer dans le modèle sous forme de flottes réelles et complètes au même titre que les flottes de Manche. Cela n'est d'ailleurs pas nécessaire, puisque leurs interactions avec les navires de Manche ne peuvent être que d'ordre biologique, par l'intermédiaire de la pression sur la ressource. Il n'est pas indispensable de les faire apparaître dans le module économique.

Pour ces flottes extérieures, seul l'effort Manche, par métier et classe de taille, est connu (BAHAMAS table 9, navires non immatriculés dans un quartier maritime ou un district de la Manche). En revanche, ni l'effectif, ni les calendriers d'activité de ces flottes ne sont connus. Pour pouvoir les prendre en compte dans le module biologique, il faut pourtant décrire leur effort, sous la même forme que les flottes intérieures. Pour cela on construit des **flottes théoriques**, décrites par des **matrices théoriques d'activité par métier, de nombre de bateaux et de jours de mer** par classe de taille. Ces matrices sont estimées de manière à ce que l'effort non standardisé de ces flottes, calculé comme précédemment, soit égal à l'effort réel observé par métier et classe de taille.

Les métiers pratiqués par ces flottes sont très variés, et très différents selon les classes de taille. L'origine géographique des navires varie aussi selon la taille. Les petits bateaux (<10 m) sont tous des navires immatriculés dans les quartiers mitoyens à la Manche (Bretagne Sud, Dunkerque, Eastern), et pratiquent surtout la drague et la palangre. Les navires moyens (entre 10 et 16 m) peuvent venir de plus loin (depuis Noirmoutier, sud Ecosse ou le pays de Galles), et pratiquent le filet (filet à sole en Manche Est) et le chalutage (côtier et pélagique en particulier). Enfin les plus gros navires (plus de 16 mètres) viennent souvent de très loin (Ecosse et Irlande notamment), et sont en très grosse majorité soit des gros chalutiers de fond (navires français), soit des chalutiers pélagiques (navires anglais). La typologie utilisée pour la Manche, et basée sur un calendrier d'activité moyen pour un type de navire quelle que soit sa classe de taille, ne peut pas s'appliquer dans ce cas là.

Cette difficulté est contournée en changeant le critère de définition des flottes, pour utiliser celui de la classe de taille. **Une seule flotte est ainsi définie pour chaque classe de taille**, quels que soient les métiers pratiqués et l'origine géographique des navires. On construit alors la matrice d'activité (coefficient $a_{l,m}$, par classe de longueur - flotte - et métier, exprimé en pourcentage) à partir de l'importance relative des métiers pratiqués dans chaque classe :

$$a_{l,m} = \frac{T_{l,m}}{\sum_m T_{l,m}} \cdot 100$$

Avec $T_{l,m}$, le nombre total annuel moyen de jours de pêche par métier et classe de taille passés en Manche par les navires extérieurs.

Le nombre théorique de bateaux N_l et de jours de mer annuel J_l par classe de taille est calculé arbitrairement, de manière à ce que :

$$N_l \cdot J_l = \sum_m T_{m,l}$$

par exemple

$$N_l = J_l = \sqrt{\sum_m T_{m,l}}$$

Les 6 flottilles extérieures ainsi établies par classe de taille sont donc nommées à l'aide du préfixe Ex_ ("extérieurs") suivi de la classe de taille (valeurs moyennes 1993-95):

- Ex_moins 7 m : 10 navires et jours de mer par an;
- Ex_7-10 m : 34 bateaux et jours de mer;
- Ex_10-12 m : 33 bateaux et jours de mer;
- Ex_12-16 m : 25 bateaux et jours de mer;
- Ex_16-20 m : 41 bateaux et jours de mer;
- Ex_plus 20 m : 67 bateaux et jours de mer.

11.7. Résultats

11.7.1. Paramètres utilisés dans le modèle

Les tableaux ci-dessous sont les résultats de tout le travail effectué sur les flottilles et les métiers pendant les 3 années de projet FAIR. L'analyse plus détaillée des flottilles en tant qu'étude de l'outil de production est présentée dans les documents économiques du projet (voir par exemple Boncoeur & Le Gallic, 1998, pour la description fine des flottilles françaises). Il est important de caractériser ici l'effort de pêche qui va être utilisé dans le modèle, car cette mesure de l'effort est d'une importance capitale dans la structure et les résultats du modèle bioéconomique. Les flottilles peuvent être notamment décrites en s'appuyant uniquement sur leurs matrices d'activité (tableau 2), de nombre de navires et de jours de mer (tableau 3).

Tableau 1. Puissance de pêche par métier et classe de taille, moyenne 1993-95 Code métier (1er chiffre) : 1 = chalut de fond ; 2 = chalut à perche ; 3 = chalut pélagique ; 4 = drague ; 5 = filet ; 6 = casier ; 7 = palangre ; 8 = ligne à main ; 9 = autres. (se reporter Annexe A pour les codes métiers)

	U1.1	F1.1	U1.2	F1.2	F1.3	F1.4	F1.5	U2.1	F2.1	U2.2	U2.3	U3.1	F3.1	U3.2	F3.2	F4.0	U4.1	F4.1
<7m	0,53	0,21	0,09	0,1	0,39	0,1	0,51	0,61	0,1	0,65	0,46	0,05	0,29	0,29	0,29	0,4	0,76	0,4
7-10m	0,76	0,47	0,36	0,25	0,5	0,38	0,68	0,81	0,45	0,83	0,72	0,28	0,59	0,59	0,59	0,52	0,89	0,52
10-12m	0,86	0,81	0,57	0,36	0,8	0,56	0,85	0,89	0,64	0,91	0,84	0,51	0,75	0,75	0,75	0,81	0,94	0,81
12-16m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16-20m	1,21	1,34	2,03	1,32	1,43	2,4	1,15	1,16	1,88	1,13	1,26	1,14	1,44	1,44	1,44	1,08	1,08	1,08
>20m	1,67	1,96	3	1,88	2,16	3,66	1,3	1,49	2,6	1,41	1,87	5,81	2,68	2,68	2,68	1,24	1,24	1,24

	U4.2	F4.2	U4.3	F4.3	U4.4	F4.4	F4.5	U5.1	F5.1	U5.2	F5.2	U5.3	F5.3	U5.4	F5.4	U5.5	F5.5	U5.6
<7m	0,11	0,22	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,1	0,11	0,16	0,16	0,19	0,21	0,14	0,44	0,35	0,46	0,06
7-10m	0,4	0,44	0,43	0,43	0,43	0,45	0,43	0,22	0,3	0,21	0,21	0,49	0,4	0,44	0,62	0,64	0,57	0,3
10-12m	0,61	0,67	0,64	0,64	0,64	0,88	0,64	0,6	0,55	0,54	0,54	0,68	0,65	0,64	0,91	0,79	0,98	0,52
12-16m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16-20m	1,16	1,16	1,78	1,2	1,78	2,14	1,78	1,25	1,45	1,52	1,52	1,63	1,58	1,77	1,35	1,36	1,52	2,29
>20m	1,23	1,23	4,74	1,48	4,74	3,28	4,74	1,45	1,9	2,93	2,93	3,78	3,04	4,67	1,86	2,3	4,64	3,57

	F5.6	U5.7	U5.8	U5.9	U6.1	U6.2	F6.2	U6.3	F6.3	F6.4	F6.5	U7.1	F7.1	U7.2	F7.2	U8.1	F8.1	F9.3
<7m	0,21	0,21	0,24	0,18	0,04	0,22	0,22	0,12	0,12	0,12	0,12	0,1	0,29	0,43	0,29	0,01	0,29	0,24
7-10m	0,4	0,4	0,55	0,48	0,26	0,53	0,53	0,34	0,34	0,34	0,34	0,38	0,55	0,7	0,48	0,16	0,48	0,42
10-12m	0,65	0,65	0,72	0,67	0,48	0,71	0,8	0,55	0,55	0,55	0,78	0,59	0,69	0,82	0,94	0,37	0,94	0,7
12-16m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16-20m	1,58	1,58	1,52	1,66	1,88	1,55	1,55	1,69	1,69	1,69	1,49	1,96	1,44	1,28	1,44	3,51	1,44	1,28
>20m	3,04	3,04	3,09	3,93	2,55	3,29	3,29	2,53	2,53	2,53	2,53	6,21	2,26	1,96	2,33	30,03	2,33	1,96

Tableau 2. Matrice d'activité par flottille et métier (en % du nombre de jours de pêche passés annuellement dans chaque métier par chaque flottille, moyenne 1993-95. Code flottilles : F=France, U=Royaume-Uni; E = Est; W = Ouest ; C = Manche entière. chal = chalut de fond, fil = filet, fix = arts dormants. Code métier (1er chiffre) : 1 = chalut de fond ; 2 = chalut à perche ; 3 = chalut pélagique ; 4 = drague ; 5 = filet ; 6 = casier ; 7 = palangre ; 8 = ligne à main ; 9 = autres

	U1.1	F1.1	U1.2	F1.2	F1.3	F1.4	F1.5	U2.1	F2.1	U2.2	U2.3	U3.1	F3.1	U3.2	F3.2	F4.0	U4.1	F4.1	U4.2	F4.2	U4.3	F4.3
FE_chal.		7		29	1	31	2								9					1		
FW_chal.		35		1	28								2		1							
UC_chal	53		10									1										
FE_chal_perche				1		9	45		1											1		
UC_chal_perche	3		5					12		15	13	1					8		2			
FE_chal_drag.				8	2	29	1		4						1					43		
FW_chal_drag.					46											22		11		2		11
FE_dragueurs																		1		40		
FW_dragueurs																24		10				18
UC_dragueurs	9		13									2					26		5		2	
FC_caseyeurs																						
UC_caseyeurs																						
FE_fileyeurs																						
FW_fileyeurs																						
FC_ligneurs																						
UE_fil_ligneurs			20											1								
UW_fil_ligneurs	6																					
FC_bulotiers																						
FC_divers						2	4													1		
FC_goémoniers																		30				14
FC_autres_fix.																						
UE_under10m			6																			9
UW_under10m	14																1					2
Ex_moins7m		1			2								9						23			
Ex_7-10m		1			3								2						26	1		7
Ex_10-12m	4		1	3	2			4	3		1							4				2
Ex_12-16m	13	1	2	2	16					10	2		29		1		3					2
Ex_16-20m	6	47	3		23								10					1				
Ex_plus20m		66			3				3		1	14	6	2			1					

Tableau 3. Nombre de navires et temps de pêche par flottille et classe de taille, moyenne 1993-95. .
Code flottilles : F=France, U=Royaume-Uni; E = Est; W = Ouest ; C = Manche entière. chal = chalut de fond,
fil = filet, fix = arts dormants

	nombre de bateaux							temps de pêche annuel (jours)						
	<7m	7-10m	10-12m	12-16m	16-20m	>20m	total	<7m	7-10m	10-12m	12-16m	16-20m	>20m	moyenne
FE_chal.		24	31	11	19	71	156		140	210	215	260	242	220
FW_chal.	1		2	4	10	34	51	180		210	215	290	280	272
UC_chal.			76	46	12	4	138			173	212	200	200	189
FE_chal-perche	4	38	35	8	1		86	180	167	200	215	250		186
UC_chal-perche			21	10	3	108	142			130	174	205	236	215
FE_chal_drag.		11	42	80	30	5	168		167	200	210	230	280	210
FW_chal_drag.		27	45	53	7		132		167	200	223	240		205
FE_dragueurs		8	6	14	8		36		167	190	190	140		174
FW_dragueurs	20	121	58	16	2		217	180	193	203	210	215		196
UC_dragueurs			14	21	3	7	45			224	230	234	251	232
FC_caseyeurs	60	72	9	2	12	4	159	180	195	205	207	207	210	191
UC_caseyeurs			9	5	3	1	18			200	200	240	240	209
FE_fileyeurs	6	45	41	19	4		115	180	200	220	230	240		212
FW_fileyeurs	11	11	9	19	7	0	57	110	120	130	145	160		133
FC_ligneurs	19	20			4	1	44	155	183			200	200	173
UE_fil_ligneurs			19	3			22			147	258			162
UW_fil_ligneurs			55	18	23	8	104			157	228	170	180	174
FC_bulotiers	3	35	13				51	180	223	230				222
FC_divers	74	32	7	8	5	1	127	155	183	197	200	204	220	170
FC_goémoniers	2	37	17	3			59	136	136	136	136			136
FC_autres_fix.	72	100	19	13	9	3	216	180	185	200	205	160	200	185
UE_under10m	491	532					1023	82	129					106
UW_under10m	546	399					945	91	126					106
Ex_moins7m	10						10	10						10
Ex_7-10m		34					34		34					34
Ex_10-12m			33				33			33				33
Ex_12-16m				25			25				25			25
Ex_16-20m					41		41					41		41
Ex_plus20m						67	67						67	67
Total (hors Ex)	1309	1512	528	353	162	247	4111	104	149	188	210	212	242	153

11.7.2. Analyse par flottille

L'effort standardisé par flottille et par métier étant calculé sur une base annuelle, on peut sommer pour chaque flottille l'effort développé pour chaque métier, afin de calculer un effort total tous métiers confondus (tableau 4), et son importance en terme d'effort total et de nombre de bateaux. Comme il n'y a pas de standardisation entre les métiers, il s'agit bien là d'un **effort nominal** assez rudimentaire, sans doute assez éloigné de l'effort effectif réel. Ceci n'a d'intérêt qu'en tant que comparaison interflottille de l'activité de pêche. Bien entendu, étant donné la différence de diagramme d'exploitation et de puissance de pêche d'un métier à l'autre, on travaillera toujours par la suite dans le module biologique au niveau du métier, et non tous métiers sommés.

La flottille la plus importante en terme d'effort est celle des chalutiers français de l'Est, avec plus de 12% de l'effort total. Elle n'est pourtant que 7^{ième} en terme de nombre de bateaux. Sont également importants, en terme d'effort total, les chalutiers à perche anglais, les chalutiers-dragueurs français de Manche Est et Ouest, les navires anglais de moins de 10m et les dragueurs

français de Manche Ouest. A elles 7, ces flottilles représentent près de 60% de l'effort total. En dehors des flottilles extérieures, la moins importante est la flottille des fileyeurs-ligneurs anglais de l'Est. avec 0,4% de l'effort total.

Tableau 4. Effort nominal total (en nombre de jours*navires équivalent classe 12-16m) par flottille (hors métiers extérieurs), moyenne 1993-95

flottille	nbr jours	%	rang eff.	rang btx	flottille	nbr jours	%	rang eff.	rang btx
FE_chal.	49 792	12,6	1	7	UE_fil_ligneurs	1 382	0,4	25	27
FW_chal.	17 100	4,3	10	18	UW_fil_ligneurs	5 761	1,5	17	13
UC_chal	16 099	4,1	11	9	FC_bulotiers	4 657	1,2	19	18
FE_chal_perche	11 618	3,0	15	14	FC_divers	12 002	3,0	13	11
UC_chal_perche	28 720	7,3	5	8	FC_goémoniers	4 367	1,1	21	16
FE_chal_drag.	36 760	9,3	2	5	FC_autres_fix.	17 813	4,5	9	4
FW_chal_drag.	22 749	5,8	7	10	UE_under10m	34 799	8,8	3	1
FE_dragueurs	5 587	1,4	18	23	UW_under10m	32 254	8,2	4	2
FW_dragueurs	25 058	6,4	6	3	Ex_moins7m	35	0,0	29	29
UC_dragueurs	6 837	1,7	16	20	Ex_7-10m	633	0,2	27	24
FC_caseyeurs	14 021	3,6	12	6	Ex_10-12m	900	0,2	26	25
UC_caseyeurs	2 554	0,6	23	28	Ex_12-16m	625	0,2	28	26
FE_fileyeurs	19 033	4,8	8	12	Ex_16-20m	2 327	0,6	24	22
FW_fileyeurs	4 272	1,1	22	17	Ex_plus20m	11 643	3,0	14	15
FC_ligneurs	4 408	1,1	20	21	Total	393 803			

En comparant les rangs de deux critères, l'effort nominal et le nombre de bateaux, il se dégage un certain nombre de tendances. Intuitivement, les flottilles avec relativement moins de bateaux devraient avoir moins de coûts totaux, alors que celles avec un fort effort nominal devraient être plus productives. A priori, les taux de profits devraient être plus forts pour les flottilles dont le rang en terme de nombre de bateaux est inférieur au rang en terme d'effort que dans le cas contraire. Par ailleurs, on retrouve assez logiquement la stratification arts traînants / arts dormants d'après ce critère. Toutes les flottilles traînantes, sauf 3 (chalutiers anglais, chalutiers à perche français et dragueurs français de l'ouest) sont plus importantes en terme d'effort qu'en nombre total de bateaux. Elles travaillent souvent plus longtemps dans l'année, avec des bateaux plus gros et donc plus puissants. Seules 4 flottilles pratiquant les arts dormants sont également dans ce cas là (caseyeurs anglais, fileyeurs français de Manche Est, ligneurs-palangriers français et fileyeurs-ligneurs anglais de Manche Est). Pour toutes les autres, l'inverse est observé.

Enfin, sur la totalité de l'effort standardisé développé en Manche, près de 96% provient des flottilles de la Manche, c'est-à-dire des bateaux immatriculés dans un port de la Manche (46,4% de chalutiers, 10,6% de dragueurs, 21,8% d'arts dormants, 17% de navires anglais de moins de 10m). Seuls 4% sont imputables aux navires extérieurs. La moyenne d'effort pour les flottilles de la Manche est de 91,9 jours standard de pêche par an et par bateau. Le maximum est atteint avec la flottille des chalutiers français de Manche ouest (335 jours standard par an), et le minimum, avec les flottilles UE_under10m et UW_under10m (34 jours standard par an). La moyenne de l'effort standard est naturellement inférieure à la moyenne de l'effort mesuré en nombre de jours réels (tableau 3), car la classe de taille qui a été choisie comme standard rassemble des bateaux relativement gros par rapport à la moyenne de la pêcherie. La majorité des bateaux ont donc des puissances de pêche inférieures à 1.

Cette analyse globale rapide des flottilles à partir des critères d'effort décrits dans le modèle bioéconomique, met en évidence une **très grande hétérogénéité**. Quelques flottilles développent

un effort important, avec de gros bateaux très majoritairement équipés en arts traïnants, mais d'effectif restreint. A l'inverse, un grand nombre de petits bateaux, utilisant des arts dormants divers, développent un effort faible. Bien entendu ceci est parfaitement logique, et en accord avec ce qui a été dit en première partie à propos de la description des activités de pêche. **L'analyse quantitative confirme ainsi ce qui avait été précédemment évoqué de manière qualitative.**

11.7.3. Analyse par métier

Le nombre annuel de jours standard de pêche par métier, obtenu par croisement des matrices ci-dessous (tableau 5), est l'un des paramètres essentiels entrés dans le module biologique.

Tableau 5. Effort nominal total (en nombre de jours*navires équivalent classe 12-16m) par métier (hors métiers extérieurs), moyenne 1993-95

métier	nbr jours	rang	métier	nbr jours	rang	métier	nbr jours	rang
U1.1 (chal.W)	26 245	2	F4.2 (drague E)	17 277	7	U5.7 (filet gde mail.)	1 348	45
F1.1 (chal. haut.W)	18 668	6	U4.3 (drague huitre)	4 063	33	U5.8 (filet dériv. Bar)	3 953	34
U1.2 (chal. E)	10 527	11	F4.3 (drague bivalves)	6 955	19	U5.9 (filet p. plats)	9 989	12
F1.2 (chal. haut. E)	15 744	8	U4.4 (drague bivalves)	352	51	U6.1 (casier haut.)	5 614	27
F1.3 (chal. côt. W)	20 425	5	F4.4 (drague p. plats)	6 984	18	U6.2 (casier côt.)	21 017	4
F1.4 (chal. côt. E.)	39 121	1	F4.5 (drague pétoncle)	6 428	22	F6.2 (casier gros cr.)	24 059	3
F1.5 (chal. crev.)	7 364	16	U5.1 (filet W gadidés)	3 863	35	U6.3 (casier buccin E)	282	53
U2.1 (perche E)	5 182	29	F5.1 (filet haut. W)	772	48	F6.3 (casier pts. crust.)	2 415	37
F2.1 (perche)	2 052	40	U5.2 (filet bar W)	925	47	F6.4 (casier buccin)	4 115	32
U2.2 (perch. haut. W)	6 191	24	F5.2 (filet ptes mail.)	5 950	25	F6.5 (casier seiche)	2 332	38
U2.3 (perche côt W)	6 927	20	U5.3 (filet bar E)	2 117	39	U7.1 (palangre côt.)	301	52
U3.1 (pélag. W)	5 758	26	F5.3 (filet gde mail.)	5 479	28	F7.1 (palangre haut.)	566	50
F3.1 (pélag. W)	1 780	44	U5.4 (trémil. E sole)	4 428	31	U7.2 (palangre haut.)	756	49
U3.2 (pélag. E)	269	54	F5.4 (filet sole E)	13 355	9	F7.2 (palangre côt.)	8 291	14
F3.2 (pélag. E)	6 309	23	U5.5 (fil. mail. E)	1 800	43	U8.1 (ligne à main)	1 914	41
F4.0 (drague St. Br.)	11 586	10	F5.5 (filet morue E)	7 833	15	F8.1 (ligne à main)	9 073	13
U4.1 (drague W)	6 630	21	U5.6 (filet merlu W)	227	55	F9.1 (aquaculture)	3 416	36
F4.1 (drague W)	7 011	17	F5.6 (filet araignée)	4 754	30	F9.3 (algues)	1 818	42
U4.2 (drague E)	1 195	46				Total	393 803	

Les métiers les plus pratiqués (en terme d'effort nominal standard) sont ceux du chalutage de fond côtier français (Est, F1.4 - qui totalise près de 10% de l'activité totale - et Ouest, F1.3), et anglais (U1.1), et ceux du caseyage à gros crustacés (F6.2 et U6.2).

Les moins pratiqués sont surtout des métiers anglais. Ce sont des métiers de la palangre (U7.1, U7.2, F7.1), de la drague à bivalves (U4.4), du casier à buccin (U6.3) et du filet à merlu (U5.6). Le chalutage pélagique Est anglais (U3.2) est également très peu pratiqué (10 navires en 89-90 en moyenne - Tétard, Boon et al, 1995), mais il reste un métier important en terme de tonnage, puisqu'il cible les bancs de petits pélagiques (maquereau, chinchard, hareng).

La répartition de l'effort total selon le pays et le type d'engin utilisé montre une forte prépondérance des métiers du chalut (tableau 6). Les filets, quoique très utilisés (cf. partie I §1.4.3), et pratiqués régulièrement par plus de la moitié des navires, représentent en fait moins de 1/5 de l'effort nominal total, presque à égalité avec les casiers.

Tableau 6. Part de chaque engin et de chaque pays (France et Royaume-Uni uniquement) dans l'effort total standardisé

	France		RU		total	
	effort	%	effort	%	effort	%
total chalut	111 461	28,3	61 099	15,5	172 560	43,8
- dont ch. fond	101 321	25,7	36 772	9,3	138 093	35,1
- ch. perche	2 052	0,5	18 300	4,6	20 351	5,2
- ch. pélagique	8 089	2,1	6 027	1,5	14 116	3,6
total drague	56 241	14,3	12 239	3,1	68 481	17,4
total filet	38 143	9,7	28 651	7,3	66 794	17,0
total casier	32 921	8,4	26 913	6,8	59 833	15,2
total ligne	17 931	4,6	2 970	0,8	20 901	5,3
autres (dont algues)	5 234	1,3			5 234	1,3
Total	261 931	66,5	131 873	33,5	393 803	100,0

Les 2/3 de l'effort total développé en Manche sont imputables aux métiers français. Dans les deux pays, la part occupée par le chalutage est comparable, mais elle se répartit différemment sur les différents types de chalut. Les flottilles françaises pratiquent très majoritairement le chalut de fond, alors que les flottilles anglaises utilisent proportionnellement plus le chalut à perche et le chalut pélagique, même si le chalut de fond reste le premier métier dans ce pays.

12. LE MODULE BIOLOGIQUE : MODÉLISATION DE LA PRODUCTION

La deuxième étape dans la phase de modélisation est d'estimer **la production attendue pour un niveau d'activité donné**, d'abord à l'échelle du stock tout entier (production totale), puis pour chacun des métiers individuellement. Enfin, on réalloue cette **production désagrégée par métier aux différentes flottilles, comme input du modèle économique**.

On présentera d'abord la méthode permettant le calcul et la désagrégation de cette production. Puis on reviendra ensuite sur quelques résultats qui complètent les parties I et II. En effet dans la première partie, nous avons présenté les niveaux de production moyens par pays pour les années 1993-95 issus des données officielles. Dans la deuxième partie, nous avons complété ces données parfois peu fiables avec des estimations supplémentaires, permettant d'avoir un tableau complet, par stock et par métier, des productions moyennes observées au cours des années de référence. Dans cette partie, nous présentons les résultats de la **production modélisée** (variable de sortie de BECHAMEL), c'est-à-dire la production attendue à long terme pour un **niveau d'effort simulé égal au niveau d'effort observé moyen pendant les années de référence**. Ceci nous permet notamment d'estimer les productions par flottille, information qui n'était pas quantifiable dans les parties précédentes.

12.1. Méthode d'estimation de la production simulée

12.1.1. Principe du calcul de la production par métier

Les fonctions de production ajustées dans la partie III permettent d'estimer la production à l'équilibre, stock par stock, pour un niveau de mortalité par pêche global F correspondant à l'ensemble de l'effort de pêche appliqué en Manche, tous métiers confondus et sans distinction de la part respective de l'un ou l'autre. La production est ainsi calculée par rapport au simple coefficient synthétique de multiplicateur d'effort mf , non traduisible directement en effort nominal. A un niveau d'effort total correspond alors une production totale.

La démarche de simulation conduit à rechercher une **traduction entre mesure de l'effort et mortalité**. Assez classiquement cette traduction est faite en recourant à un coefficient de capturabilité défini par métier, q_m . Comme l'indique Gascuel (1995): "*la capturabilité d'un stock (ou d'une fraction du stock) est la probabilité d'être capturé pendant une unité de temps, par une unité d'effort de pêche nominal, pour un poisson pris au hasard dans le stock (ou la fraction du stock)*". Cette définition implique que le coefficient de capturabilité mesure d'une part la disponibilité du poisson, notée d (c'est-à-dire le fait qu'un poisson est plus ou moins accessible et plus ou moins vulnérable à l'exploitation pour diverses raisons d'ordre biologique et écologique, Laurec & Le Guen, 1981), mais aussi la puissance de pêche globale, notée P_g , qui caractérise le fait que deux unités d'effort de pêche nominales ne se traduisent pas forcément par des captures identiques.

Nous avons souligné au chapitre précédent que la matrice des puissances de pêche visait à standardiser l'effort au sein de chaque métier. Le modèle étant basé sur le calcul de l'effort et de la production par métier, il ne s'avère pas ici nécessaire de procéder à une standardisation des puissances de pêche, c'est-à-dire à une mesure des **différences d'efficacité inter-métiers**. Le terme de puissance de pêche que nous utilisons dans ce travail ne recouvre ainsi qu'une part de la puissance globale, c'est-à-dire la mesure des **différences d'efficacité inter-classes de taille**.

Dans le cas présent, le coefficient de capturabilité par métier q_m mesure donc ainsi d'une part la disponibilité, et d'autre part la standardisation inter-métier des puissances de pêche.

En définitive, on a pour chaque stock :

Au niveau désagrégé par métier, on peut dire que :

$$F = \sum_m q_m E_m$$

Avec F , la mortalité par pêche totale, et E_m l'effort standardisé par métier (en équivalent jours*navires de la classe de taille 12-16 m)

Cette formulation permet de relier directement l'impact des modifications de répartition d'efforts entre les métiers sur les mortalités par pêche subies par les différents stocks et les captures réalisées.

Une simulation correspond à une valeur d'effort E_m donné pour chaque métier. En considérant le terme q_m comme constant, on estime la mortalité par pêche totale du stock étudié F_s , et donc la production totale correspondante $Y_s = f(F_s)$

La répartition de cette production totale entre les différents métiers se fait au prorata de la part de chaque métier dans la mortalité totale, c'est-à-dire proportionnellement aux mortalités partielles par métier $F_{s,m}$:

$$F_s = \sum_m F_{s,m}$$

et

$$Y_{s,m} = Y_s \frac{F_{s,m}}{F_s}$$

12.1.2. Méthode d'estimation des coefficients de capturabilité

L'estimation des coefficients de capturabilité pour les différents métiers et les différents stocks du module biologique est réalisée à partir des différents coefficients calculés sur les années de référence 1993-1995. La méthode est différente selon la méthode d'évaluation utilisée (figure 2).

12.1.2.1. Stocks de type 1

L'évaluation globale des stocks de type 1 (stocks Manche structurés en âge) fournit une estimation du recrutement moyen, et des coefficients moyen de mortalité par pêche par âge et stock, $F_{s,a,93-95}$. Une mortalité partielle par métier peut être déduite de ce coefficient :

$$F_{s,m,a,93-95} = F_{s,a,93-95} \cdot \frac{Y_{s,m,a,93-95}}{\sum_m Y_{s,m,a,93-95}}$$

avec $Y_{s,m,a,93-95}$ les débarquements moyens par âge, stock et métier entre 1993 et 1995.

Connaissant ces mortalités partielles, et le niveau d'effort observé pendant la même période $E_{m,93-95}$, on peut ainsi calculer la capturabilité moyenne $q_{s,m,a,93-95}$ par stock s , métier m et âge a , donnée par :

$$q_{s,m,a,93-95} = \frac{F_{s,m,a,93-95}}{E_{m,93-95}}$$

Bien qu'il soit ensuite possible de changer ces coefficients au cours d'une simulation (par exemple pour approximer les effets d'un changement de maillage sur les jeunes âges), ils sont en général considérés comme des paramètres fixés du modèle.

12.1.2.2. Stocks de type 2

Pour les stocks de type 2 (stocks In/Out), le calcul est strictement identique, mais comme les captures sont issues des deux composantes du stock local et du stock global, les mortalités partielles moyennes et les capturabilités doivent être calculées pour les deux composantes. Il y a donc deux fois plus de paramètres d'entrée.

Ainsi la capturabilité moyenne par stock, métier et âge de la composante Out (stock global), $q1a_{s,m,a,93-95}$, est égale à :

$$q1a_{s,m,a,93-95} = \frac{1}{E_{m,93-95}} \left(F1a_{s,a,93-95} \cdot \frac{Y_{s,m,a,93-95}}{\sum_m Y_{s,m,a,93-95}} \right)$$

et pareillement, la capturabilité de la composante In (stock local), $q2_{s,m,a,93-95}$, est égale à :

$$q2_{s,m,a,93-95} = \frac{1}{E_{m,93-95}} \left(F2_{s,a,93-95} \cdot \frac{Y_{s,m,a,93-95}}{\sum_m Y_{s,m,a,93-95}} \right)$$

12.1.2.3. Stocks de type 3

Le calcul des capturabilités des stocks évalués par un modèle global est légèrement différent. En effet, comme on l'a souligné dans la partie précédente, la méthode empirique d'ajustement d'une courbe de production basée sur une production moyenne et un certain nombre d'hypothèses faites a priori sur la forme de la courbe, permet de calculer des captures mais ne permet pas de calculer la mortalité par pêche et la quantité de biomasse réelle.

En effet, si à l'équilibre :

$$Y = q.E.B = F.B$$

l'équation n'est pas identifiable et permet seulement de calculer des indices de biomasse et des capturabilités relatives.

On exprime alors la mortalité en terme de multiplicateur mF

$$mF_s = \sum_m q_{s,m} \cdot E_m \quad \text{et} \quad Y_s = mF_s \cdot IB_s$$

avec IB , un indice de biomasse.

En déterminant pour chaque stock s un métier de référence (celui qui pêche le plus par exemple), on peut écrire que pour chaque métier m :

$$\frac{q_{s,m}}{q_{s,ref}} = \frac{U_{s,m,93-95}}{U_{s,ref,93-95}} = r_{s,m}$$

avec $U_{s,m,93-95} = \frac{Y_{s,m,93-95}}{E_{m,93-95}}$, la CPUE pendant les années de référence.

Si on pose :

$$mF_{s,93-95} = 1:$$

alors

$$q_{s,ref} \sum_m r_{s,m} E_{m,93-95} = 1$$

Il est ainsi possible de calculer la capturabilité relative par stock et par métier.

La figure 2 schématise le processus d'estimation des captures par métier selon le type de modèle utilisé. Une matrice figurée en 2D signifie qu'on travaille avec un seul et même fichier pour tous les stocks. Une matrice figurée en 3D implique un fichier différent par stock au sein d'un même répertoire.

12.1.3. Cas des métiers agrégés

Une certaine part de la production enregistrée dans BAHAMAS ne peut pas être allouée à un des 55 métiers intégrés dans le module d'activité pour diverses raisons :

- la production est allouée à certains métiers non conservés (ex. U4.5, F3.3.)
- la composition d'une marée ne rentre dans aucune des clés d'allocation, cette marée s'ajoute à la catégorie des indéterminés
- plusieurs métiers ont été pratiqués au cours de la même marée (marée mixte), et il est impossible de différencier la part des débarquements provenant de chaque métier.

Cependant, ces métiers participent malgré tout à l'effort de pêche total, et leur production doit être intégrée dans le calcul général. 3 pseudo-métiers ont ainsi été créés, rassemblant toutes ces productions "autres" par pays (F_others, U_others et B_others), ce qui correspond à environ 4,5% de la production totale. On calcule alors pour chaque stock la mortalité partielle qui leur est imputable, au prorata de leur production par rapport à la production totale du stock. Ces mortalités sont ensuite considérées comme constantes tout au long des simulations (sauf dans le cadre d'une simulation de changement de la valeur de β^* pour les stocks In/Out, où toutes les mortalités et capturabilités sont recalculées).

12.1.4. Production par flottille

Le retour du métier vers la flottille se fait en calculant les CPUE moyennes par stock et par métier, et en les multipliant par l'effort standardisé par flottille et par métier.

La CPUE par stock et par métier est calculée en divisant la production par métier et par stock, par l'effort total standardisé par métier, exprimée en kg/jour standard:

$$U_{s,m} = \frac{Y_{s,m}}{E_m}$$

La production par flottille, métier et classe de taille est alors égale à :

$$Y_{f,m,s,l} = U_{s,m} * E_{f,m,l}$$

avec $E_{f,m,l}$, l'effort standardisé par flottille f , métier m , stock s et classe de taille l .

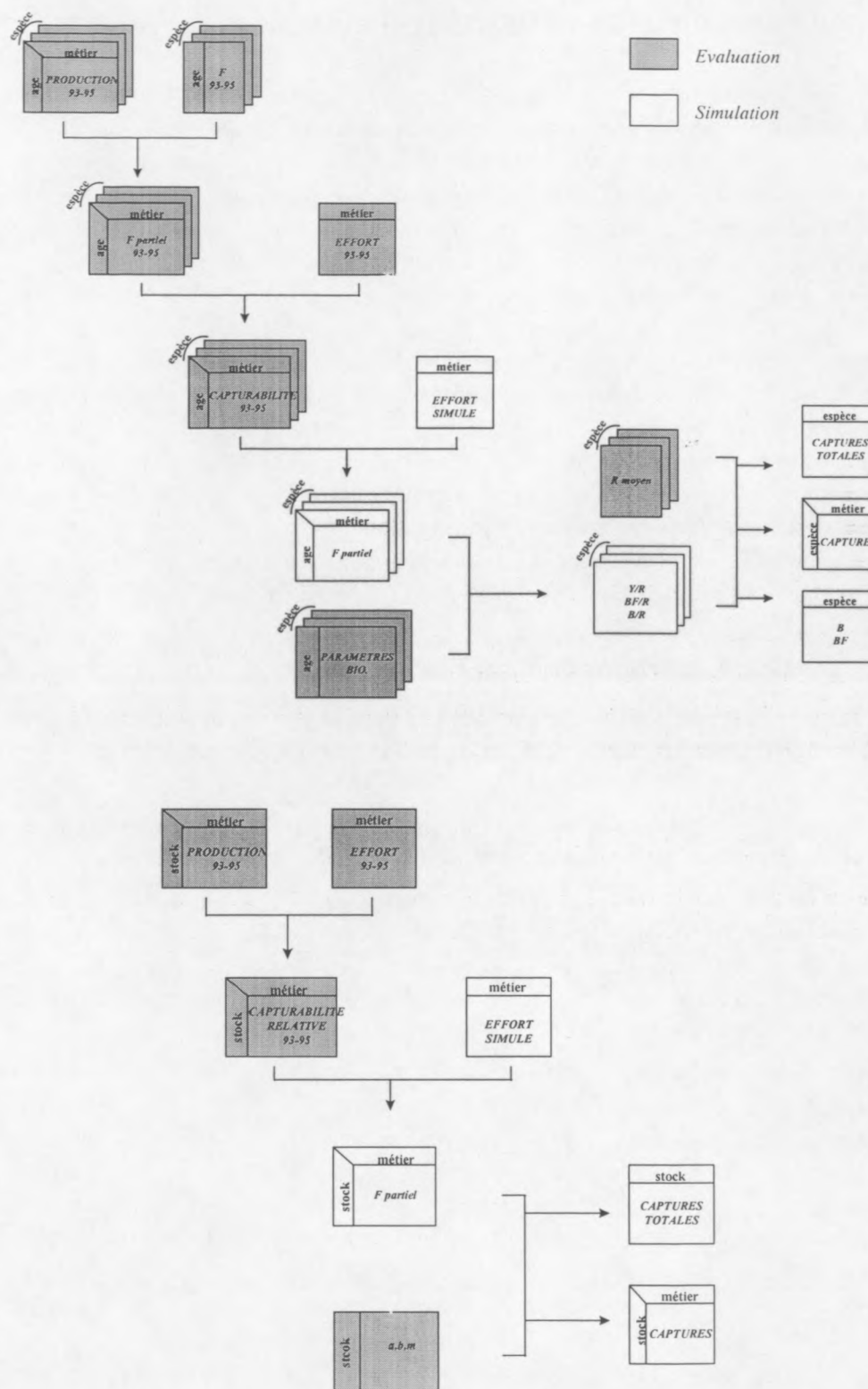


Figure 2. Estimation des captures par métier et par stock. En haut : stocks de type 1 et 2. En bas : stocks de type 3

12.2. Résultats : retour sur la production par métier et flottille, comparaison entre production simulée et observée

On présente ici quelques résultats issus d'une simulation réalisée avec BECHAMEL, avec un effort initial simulé égal à la valeur moyenne de l'effort pendant les années 1993-95.

Par comparaison avec les valeurs obtenues dans la partie II de ce document (tableau 4), la production simulée attendue à long terme est identique à la production observée pendant les années de référence pour la plupart des espèces. Les stocks pour lesquels ceci ne s'observe pas sont les stocks évalués par approche analytique à partir d'un tableau complet de captures aux âges. L'estimation de la production équilibrée pour les stocks évalués par approche analytique fait intervenir dans le calcul une estimation du recrutement équilibré R_e . Lorsque le stock a été évalué par la méthode d'analyse de pseudo-cohortes à partir d'un vecteur de captures aux âges moyen sur la période de référence, le recrutement équilibré correspond à la valeur de l'abondance moyenne au premier âge pendant les années de référence, et la production modélisée est identique à la production observée. Pour les stocks évalués par VPA sur tableau complet (certains stocks In/Out), le recrutement moyen est calculé sur un plus grand nombre d'années, et n'est donc pas forcément égal à l'abondance moyenne des années de référence.

Il y a ainsi au total une différence de 1 325 tonnes environ entre les deux tableaux, soit une augmentation de 0,6% de BECHAMEL par rapport à la production réelle.

12.2.1. Production par métier

La répartition de la production totale simulée par pays et par engin (tableau 7) montre une **nette prépondérance du chalut d'une part, et de la France d'autre part.**

Tableau 7. Répartition de la production totale simulée par pays et par engin, en valeur absolue (tonnes) et en pourcentage, pour un effort simulé égal à l'effort moyen 1993-95

	France		RU		Belgique		Total	
	prod.	%	prod.	%	prod.	%	prod.	%
total chalut	55 479	23,6	45 307	19,3	2 081	0,9	102 867	43,8
- dont ch. fond	45 770	19,5	7 329	3,1			51 142	22,6
- ch. perche	519	0,2	6 211	2,6			6 752	2,8
- ch. pélagique	9 188	3,9	31 766	13,5			40 954	18,4
total drague	22 311	9,5	4 909	2,1			27 221	11,6
total filet	8 303	3,5	3 018	1,3			11 321	4,8
total casier	17 441	7,4	6 307	2,6			23 478	10
total lignes	2 235	0,9	1 319	0,6			3 580	1,5
autres (dont algues)	60 448	25,7	6 212	2,6			66 660	28,3
total	166 219	70,7	66 830	28,4	2 081	0,9	235 131	

Les métiers du chalut sont responsables de près de la moitié des débarquements totaux (59% sans les algues). Mais au sein de ces métiers, on observe une différence importante entre la France et le Royaume-Uni. Le chalut de fond à panneaux est très largement le premier engin côté français, mais il est beaucoup moins pratiqué côté anglais. Les deux autres types de chalut, en revanche, ont des débarquements beaucoup plus importants côté anglais. Il en est de même pour l'importance relative des métiers de la drague par rapport aux métiers du casier, alors que les volumes débarqués totaux sont comparables pour les deux types d'activité.

En comparaison avec le tableau indiquant la part de chaque engin et de chaque pays dans l'effort standardisé total (tableau 6, §11.7), on remarque que :

- Au niveau global, le ratio entre le pourcentage de la production et le pourcentage de l'effort (chapitre 11) issu de chaque pays est plus fort en France qu'au Royaume-Uni (1,05 contre 0,87). La CPUE moyenne tous métiers, toutes flottilles et toutes espèces confondus, est donc plus élevée en France qu'au Royaume-Uni (625 contre 512 kg/jour standard, la moyenne de la pêche étant de environ 590 kg/jour standard). Mais ceci est inversé si on fait abstraction des algues, la CPUE moyenne de la France tombant à 406 kg/jour standard seulement.
- De même, la différence entre le pourcentage d'activité et le pourcentage de production est faible pour les métiers du chalut (autour de 44% dans les deux cas). La CPUE moyenne de ce type d'engin est proche de la moyenne globale de la pêche. En revanche, l'écart est beaucoup plus important pour les autres types d'engins, soit négativement (CPUE moyenne plus faible que la moyenne pour les métiers de la drague, du filet, du casier et de la ligne), soit positivement (CPUE plus forte pour les métiers autres, c'est-à-dire essentiellement des algues).

12.2.2. CPUE par métier et par stock

La CPUE moyenne simulée par métier d'une part (tous stocks confondus), et par stock d'autre part (tous métiers confondus) est très hétérogène (figure 3).

On retrouve dans les valeurs très fortes les métiers, en général monospécifiques, ciblant des espèces de faible valeur mais présentes en très grande quantité dans la Manche : algues, hareng, maquereau, chinchard et, à moindre échelle, buccin (le casier à buccin F6.4 est pratiqué toute l'année par une flottille entière, à la différence du chalut pélagique Est U3.2 qui est plutôt un métier d'appoint des flottilles chalutières; l'effort est donc plus important). On retrouve logiquement les mêmes stocks dans le classement de la CPUE.

En revanche, certains autres métiers, considérés comme des petits métiers et pratiqués par des petits navires, s'avèrent en fait assez efficaces en terme de rendement journalier. Ainsi la palangre hauturière française (F7.1), qui se trouve seulement au 50^{ième} rang en terme d'effort, avec un peu plus de 560 jours standard par an, se retrouve à la 5^{ième} place en terme de rendement, ciblant très peu d'espèces (congre, lingue, aiguillat) mais en quantité importante.

Les poissons de fond s'avèrent en moyenne peu importants par rapport aux autres groupes biologiques. Les rendements journaliers les plus importants en terme de tonnage concernent exclusivement des petits pélagiques et des mollusques (hors algues). Le premier poisson de fond n'apparaît qu'en 10^{ième} position, et il s'agit de la roussette, qui est en général très peu ciblée par les différents métiers, mais qui est en revanche une prise accessoire conséquente. Inversement, les différents stocks de coquille St. Jacques, l'espèce majeure en Manche en terme de valeur débarquée, fournissent des tonnages journaliers importants. Cette espèce est en général très structurante pour les navires qui l'exploitent, et elle allie de bons rendements relatifs avec un prix de vente élevé.

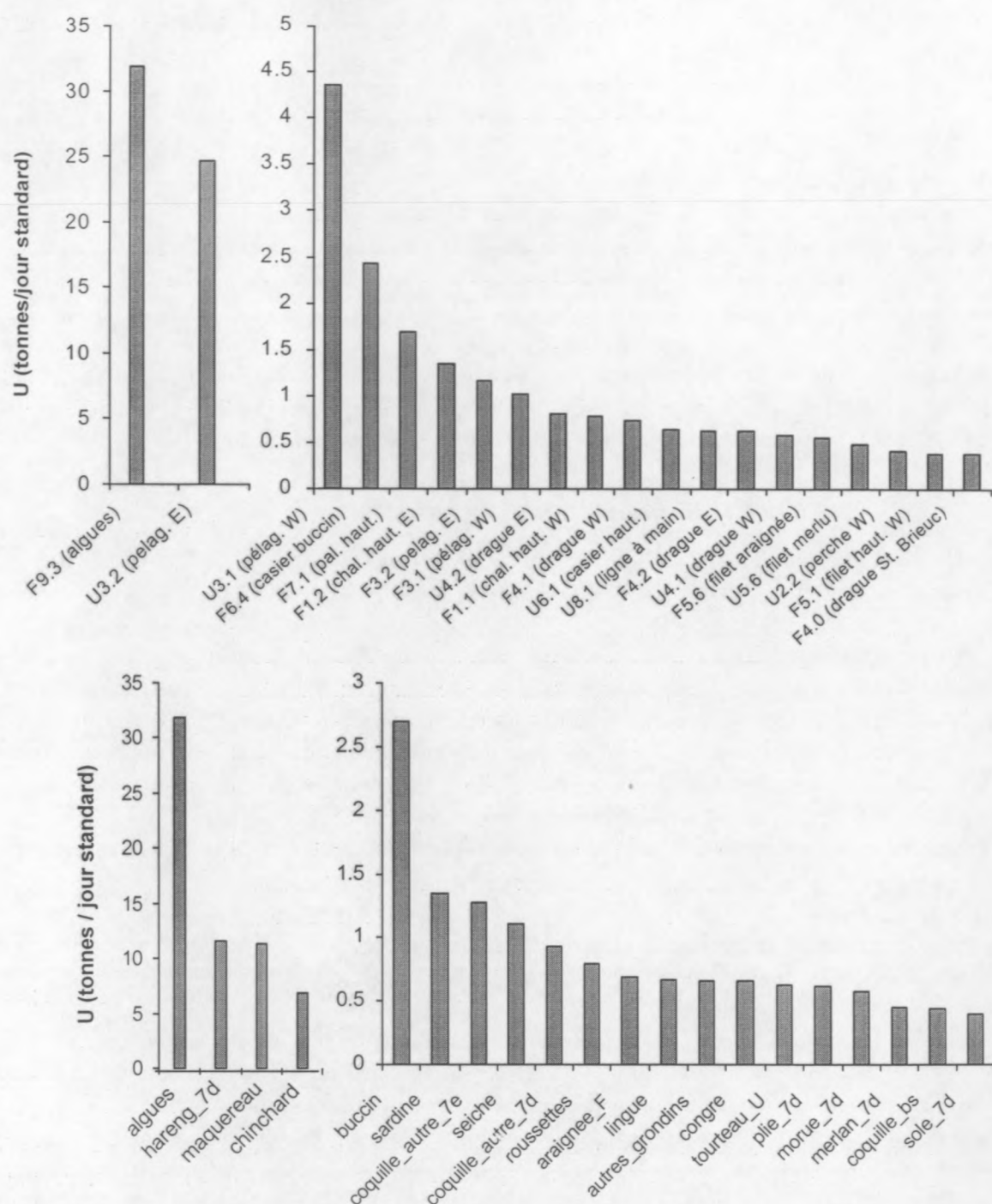


Figure 3. CPUE (tonnes / jour standard) annuelle moyenne pour les 20 premiers métiers (en haut), et les vingt premiers stocks (en bas). Code métier : F = France, U = Royaume-Uni, E = Est; W = Ouest; chal = chalut, pal = palangre, haut = hauturier.

La distribution des rendements selon les métiers et selon les stocks est très dispersée (tableau 9). La moyenne est dans les deux cas plus de 4 fois plus élevée que la médiane. Quelques métiers et stocks présentent ainsi des rendements journaliers extrêmement élevés, alors que la plupart des autres sont beaucoup moins productifs. L'écart et la variation autour de la moyenne sont plus élevés pour les métiers que pour les stocks.

Tableau 8. Dispersion des valeurs de rendement total journalier (en t/jour standard) par métier et par stock

	métier	stock
nombre	55	53
moyenne	1,47	1,53
médiane	0,25	0,32
variance	28,11	23,09
écart type	5,30	4,81

12.2.3. Production par flottille

Pour étudier la production par flottille, il est nécessaire de procéder à des regroupements, car la combinaison des différentes flottilles, métiers, stocks et classes de taille comprend plus de 500 000 possibilités.

On agrège alors ces résultats au niveau voulu par simple somme sur les indices choisis, par exemple par classe de taille (tableau 9) ou par flottille (tableau 10 et 11, et figure 4). Le tableau de production par flottille et stock est reporté annexe F.

Tableau 9. Production moyenne simulée (tonnes) par classe de taille de navires

	Production	% prod.	% nb navires
<7 m	5 446	2,4	31,8
7-10m	55 010	24,5	36,8
10-12m	43 505	19,4	12,8
12-16m	27 757	12,4	8,6
16-20m	16 229	7,2	3,9
>20m	76 406	34,1	6
total	224 353		

☞ Le total par flottille ou par classe de taille étudié est inférieur d'environ 10 000 t au total par pays car on ne prend pas en compte ici la production des métiers agrégés ("_others"), production qui n'est allouée à aucune flottille.

Lors des estimations de production par métier faites pour le catalogue des métiers en 1989-90 (Tétard, Boon *et al.*, 1995), les auteurs estimaient que 10% des navires (les navires hauturiers) pêchaient environ 50% de la production, algues exclues. On retrouve le même ordre de grandeur pour les années de référence 1993-95, où les bateaux de plus de 16m (hors flottilles extérieures) constituent encore 10% de la flotte environ, et capturent plus de 90 000 tonnes par an. Ceci représente seulement 40% de la production totale, mais plus de 52% de la production hors algues.

Réciproquement, les navires de moins de 10m, qui représentent pourtant plus de 2/3 de l'effectif total moyen 1993-95, produisent à peine plus d'1/4 de la production totale.

Tableau 10. Production annuelle à long terme simulée par flottille (tonnes), pour un effort simulé égal à l'effort moyen 1993-95 Code flottille : F = France, U = Royaume-Uni, E = Est; W = Ouest; C = Manche entière

flottille	prod,	%	flottille	prod,	%	flottille	prod,	%
FE_chal.	29 648	13,2	FC_caseyeurs	3 992	1,8	FC_autres_fix.	3 772	1,7
FW_chal.	10 087	4,5	UC_caseyeurs	997	0,4	UE_under10m	4 985	2,2
UC_chal.	4 074	1,8	FE_fileyeurs	3 805	1,7	UW_under10m	6 022	2,7
FE_chal-perche	1 461	0,7	FW_fileyeurs	907	0,4	Ex_moins7m	12	0,0
UC_chal-perche	16 308	7,3	FC_ligneurs	679	0,3	Ex_7-10m	487	0,2
FE_chal_drag.	14 735	6,6	UE_fil_ligneurs	944	0,4	Ex_10-12m	211	0,1
FW_chal_drag.	7 831	3,5	UW_fil_ligneurs	1 058	0,5	Ex_12-16m	337	0,2
FE_drageurs	2 009	0,9	FC_bulotiers	9 035	4,0	Ex_16-20m	1 340	0,6
FW_drageurs	7 875	3,5	FC_divers	1 044	0,5	Ex_plus20m	27 483	12,2
UC_dragueurs	4 175	1,9	FC_goémoniers	59 038	26,3	total	224 353	

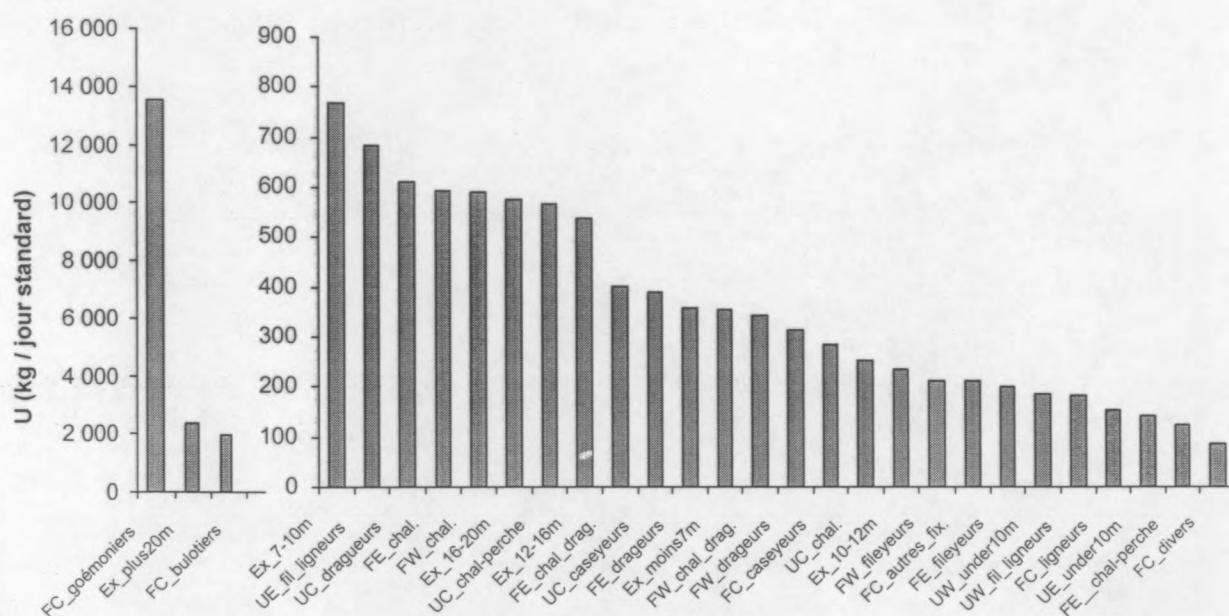


Figure 4. CPUE (kg / jour standard) annuelle par flottille.

En dehors des goémoniers, à forte production et fort rendement (13,5 tonnes/jour standard), la flottille la plus importante en terme de production comme d'effort est la flottille des chalutiers français de l'Est. La part de cette flottille est sensiblement la même en effort et en production (autour de 13 %); la CPUE moyenne de cette flottille est proche de celle de la pêche totale (autour de 600 kg/jour standard).

Le rendement journalier moyen est, comme pour les métiers, très variable d'une flottille à l'autre. Seules 7 flottilles ont un rendement moyen supérieur à la moyenne : 2 flottilles anglaises (fileyeurs-ligneurs de l'Est, et dragueurs), 3 flottilles françaises (goémoniers, bulotiers, et chalutiers de l'Est), et 2 flottilles extérieures (les plus de 20 m - qui ciblent surtout les petits pélagiques - et les 7-10 m - qui ciblent surtout les algues et la coquille St. Jacques de Manche Ouest). Toutes les autres flottilles ont une CPUE inférieure à la moyenne générale. Le rendement journalier moyen le plus faible est atteint avec la flottille des français divers (87 kg/jour standard).

Le regroupement des flottilles selon la typologie indiquée §11.6 (figure 1) ne montre pas les mêmes résultats (tableau 11) que le regroupement des métiers par type d'engin (tableaux 6 et 7). La part

des métiers du chalut est à peu près la même en production et en effort, alors que ce n'est pas le cas des flottilles chalutières de la Manche, qui présentent un effort plus important que la production résultante. Mais ceci s'explique par le fait que les métiers du chalut rassemblent tous les types de chalut pratiqués en Manche, quelle que soit l'origine géographique des navires. Or nous avons vu que sur l'ensemble de ces métiers, le chalut à perche et le chalut de fond sont moins productifs que la moyenne totale (part d'effort > part de production), alors que le chalut pélagique est très largement plus productif (part de production > part d'effort). Dans l'ensemble les deux phénomènes s'équilibrent. Mais cela ne se retrouve pas au niveau des flottilles, puisque le chalutage pélagique est essentiellement pratiqué par les grosses flottilles extérieures anglaises (flottilles écossaises et galloises notamment), alors que le chalutage de fond et à perche sont beaucoup plus pratiqués à échelle locale. La bonne productivité des dragueurs est uniquement due à la forte productivité des goémoniers.

Tableau 11. Part de chaque type de flottille dans la production (en tonnes) et l'effort total (en jours standard)

	production	% prod.	% effort total
chalutiers	84 144	37,5	46,4
dragueurs	73 097	32,6	10,6
dormants	26 234	11,7	21,8
<10 m anglais	11 007	4,9	17,0
extérieurs	29 871	13,3	4,1

12.2.4. Production par pays

La production simulée par pays et par stock est obtenue en sommant la production de chaque métier et chaque stock, y compris les métiers agrégés et les flottilles extérieures (tableau 12).

On a vu précédemment que la France fournissait environ 70% de l'effort de pêche et de la production, contre 30% pour le Royaume-Uni. Cette part tombe à 61% si on enlève les algues du tonnage total. On retrouve ici les différences de pratiques de pêche entre la France et le Royaume-Uni à partir de la composition des débarquements. Quelques espèces sont recherchées par un seul des deux pays, de manière exclusive (algues et crevettes pour la France), ou très largement majoritaire (pétoncles, rouget, roussettes, buccin, grondin et, à une moindre échelle, céphalopodes et merlan 7d pour la France; hareng, cardine, chinchard et, à une moindre échelle, maquereau et sardine pour le Royaume-Uni). Cette différence reflète l'opposition fondamentale, déjà évoquée aux tableaux 6 et 7 entre les deux activités majeures de chacun des deux pays : le chalut de fond en France et le chalut pélagique au Royaume-Uni.

Pour toutes les espèces divisées en deux stocks Est et Ouest (sauf pour la morue), les tonnages capturés à l'Est sont plus importants en France qu'au Royaume-Uni, alors que c'est l'inverse en Manche Ouest. Les tonnages des métiers Est français (F1.2 et F3.2) sont toujours supérieurs à leurs équivalents Ouest (F1.1 et F3.1), alors que c'est l'inverse qui se produit en Angleterre (les métiers U1.1, U2.2 et U3.1 débarquent des quantités plus importantes que les métiers U1.2, U2.1 et U3.2 respectivement).

Tableau 12. Production annuelle à long terme simulée par pays (tonnes), pour un effort simulé égal à l'effort moyen 1993-95

stock	France	RU	Belgique	stock	France	RU	Belgique
bar	800	295		raies	2 588	719	
barbue	195	190		aiguillat	460	125	
baudroie	1 146	869		roussettes	3 323	82	
coquille_bs	5 478	149		St_Pierre	229	143	
coquille_sb	4 431	3		rouget	913	94	
dorade	1 929	296		congre	768	217	
grondin	3 300	117		seiche	8 169	2 394	
hareng_7e	9	581		calmar	3 343	812	
lieu_jaune	1 170	773		sardine	1 175	4 412	
limande	884	154		chinchard	852	10 549	
limande_sole	555	943		homard_F	229		
lingue	861	482		homard_U		223	
tacaud	3 837	725		tourteau_F	3 621		
turbot	272	164		tourteau_U		4 954	
buccin	10 090	289		araignée_F	5 457		
cardine	97	349		araignée_U		845	
hareng_7d	3 620	3 029		langouste	19	7	
maquereau	6 334	19 897		pétoncles	1 556	7	
merlan_7d	5 670	362		autres_grondins	1 147	678	
merlan_7e	614	758		coquille_br	116		
merlu	209	226		coquille_mx	126		
morue_7d	3 527	747		coquille_autre_7e	5 511	3 770	
morue_7e	375	252		coquille_autre_7d	5 719	815	
plie_7d	3 616	1 566	1 328	crevette_grise	340		
plie_7e	263	1 123		bouquet	151	1	
sole_7d	2 885	1 011	754	algues	57 965		
sole_7e	273	658		total	166 218	66 854	2 082

12.3. Récapitulatif : quelques chiffres clés du module d'activité et du module de production de BECHAMEL

Dans les parties I et II de ce document, ainsi que dans les deux premiers chapitres de cette quatrième partie, on a reporté un certain nombre de tableaux quantitatifs qui synthétisent l'ensemble des résultats (estimation de l'effort et de la production) obtenus au cours du projet, par les bases de données d'une part, et par le modèle d'autre part. Chacun de ces tableaux fournit une information importante sur la structuration et l'analyse de cette pêcherie complexe, complétant ainsi les travaux de description quantitative du catalogue des métiers (Tétard, Boon *et al.*, 1995) et le descriptif des pêcheries présenté en partie I. Du fait de la grande diversité des espèces et des activités de pêche de cette région, ces tableaux sont sans doute peu parlants pour qui n'en est pas familier. Il est donc nécessaire de faire un **bilan rapide** de ce qui a été présenté, et de rappeler quelques chiffres clés. Les résultats concernant la production sont ceux issus de BECHAMEL, c'est-à-dire la production équilibrée estimée pour un niveau d'effort simulé égal au niveau d'effort actuel ($mf=1$), et non pas les valeurs moyennes 1993-95 (qui faisaient l'objet des parties I et II). La dénomination exacte des flottilles et des métiers est reportée Annexe A.

Nombre d'entités présentes dans BECHAMEL :

- 53 stocks (appartenant à 40 espèces ou groupe d'espèces, et représentant 90% de la production totale) : 7 stocks "français", 3 stocks "anglais", 6 stocks Est, 6 stocks Ouest et 31 stocks communs;
- 29 flottilles :
 - 15 flottilles françaises (5 Est, 4 Ouest, et 6 Manche) ;
 - 8 flottilles anglaises (2 Est, 2 Ouest, et 4 Manche) ;
 - 6 flottilles théoriques extérieures franco-anglaises (1 par classe de taille) ;
- 6 classes de taille de navires pour chaque flottille;
- 71 métiers :
 - 29 métiers français (9 Est, 10 Ouest, et 10 Manche)
 - 26 métiers anglais (11 à l'est, 8 Ouest, et 7 Manche)
 - 3 métiers agrégés (1 par pays)
 - 13 métiers extérieurs (7 métiers français - 3 au nord et 4 à l'ouest - et 6 métiers anglais - 1 au nord, 1 à l'ouest et 4 indéterminés)

Effort de pêche nominal non standardisé (hors flottilles extérieures):

- 4 111 navires : 1 674 navires français (41%), 2 437 navires anglais (59 %) ;
- 69% des navires font moins de 10 m, 10% font entre 16 et 25 m ;
- 153 jours de mer par an et par navire en moyenne ;
- 21% de chalutiers, 9% de dragueurs, 22% de dormants purs et 48% de bateaux anglais inférieurs à 10 m ;
- flottille la plus importante en terme d'effectif : navires anglais de moins de 10 m de Manche Est (1 023 navires), flottille la plus petite : caseyeurs anglais (18 navires).

Effort nominal standardisé (hors métiers extérieurs) :

- classe de taille standard : 12-16 m ;
- au total : 393 803 jours standard par an en moyenne ;
- 96% de l'effort total issu des flottilles de Manche, 4% des flottilles extérieures ;
- 2/3 issus des métiers français, 1/3 des métiers anglais ;
- répartition par flottille (hors flottilles extérieures) : 48% de chalutiers, 11% de dragueurs, 23% de dormants purs et 18% de bateaux anglais inférieurs à 10 m ;
- flottille la plus importante en terme d'effort: chalutiers français de Manche Est (12,6%); flottille la moins importante : fileyeurs-ligneurs anglais de Manche Est (0,4%)
- répartition par métier : 44% de chalut, 17% de drague, 17% de filet, 15% de casier, 5% de ligne, 1% de ramassage des algues ;
- métier le plus important en terme d'effort: chalutage côtier français de Manche Est (F1.4, 10%); métier le moins important : fileyage anglais à merlu de Manche Ouest (U5.6, 0,06%)

Production équilibrée à long terme :

- 235 131 tonnes de débarquements annuels, dont 58 000 t d'algues (24,6%);
- 71% issus des métiers français, 28% des métiers anglais, et 1% des métiers belges;
- 40% de la production débarqués par les 10% plus gros navires;
- 82,7% issus des flottilles de Manche, 12,7% des flottilles extérieures, et 4,6% des métiers agrégés;

- répartition par flottille (hors flottilles extérieures et métiers agrégés) : 43% provenant des chalutiers, 38% des dragueurs (goémoniers inclus), 13% des dormants purs et 6% des bateaux anglais de moins de 10m;
- flottilles les plus importantes en terme de production: goémoniers (26,3%) et chalutiers français de Manche Est (13,2%); flottille la moins importante : ligneurs-palangriers français (0,3%);
- répartition par métier (hors métiers agrégés) : 45% provenant du chalut, 12% de la drague, 5% du filet, 10% du casier, 2% de la ligne et 26% du ramassage des algues;
- métiers les plus importants en terme de production: ramassage des algues (F9.3, 25,8%) et chalutage pélagique anglais de Manche Ouest (U3.1, 11,2%); métier le moins important : drague à moule française de Manche Est (F4.5, 0,002%)
- CPUE moyenne de la pêche : 590 kg débarqués par jour standard (tous stocks et tous métiers confondus)

13. LIAISON AVEC LE MODULE ÉCONOMIQUE¹

On a vu dans les deux chapitres précédents le détail des données de base et des calculs permettant de modéliser l'activité de pêche et la production équilibrée résultante. Comme on l'a précisé, un certain nombre de choix majeurs de simulation ont été faits dans une optique de **bioéconomie**, c'est-à-dire autour de l'articulation entre le module biologique et le module économique, **les sorties de l'un étant les intrants de l'autre**. Il est donc nécessaire de donner un résumé de la modélisation économique, pour bien comprendre le contexte dans lequel s'est déroulé cette thèse, même si elle ne fait pas directement partie de la problématique étudiée ici. Une autre thèse est en préparation sur le volet économique du programme (Le Gallic, en prép.).

13.1. De la production au revenu

13.1.1. Le modèle de prix

Pour les besoins de l'analyse économique, deux types de stocks ont été distingués (figure 5). Le premier groupe est composé d'espèces pour lesquelles les débarquements issus des pêcheries de la Manche n'influencent pas notablement les prix de vente. Dans la plupart des cas, ces débarquements représentent seulement une petite part d'un grand marché, intégré au niveau national ou international. Les prix sont alors traités de manière **exogène**. C'est le cas de tous les débarquements anglais. En effet la plupart des espèces de haute valeur commerciale débarquées par les navires anglais sont exportées vers la France, l'Espagne et la Hollande. Les prix de ces espèces sont plus dépendants des conditions du marché que des quantités débarquées en Manche. Pour les espèces consommées localement, les débarquements de la Manche représentent seulement une faible proportion des débarquements totaux.

Le deuxième groupe est constitué d'espèces (ou de stocks, car le prix peut être parfois différent selon l'origine géographique) pour lesquelles la flexibilité des prix à la quantité débarquée en Manche est significativement différente de zéro. Pour ces espèces là, les débarquements de la Manche représentent une part importante du marché national (comme la coquille St. Jacques et l'araignée côté français), et les prix sont considérés comme **endogènes**. La relation utilisée pour simuler ces prix est basée sur une simple régression log-linéaire du type :

$$\ln(P_s) = \alpha_s \ln(Y_s) + \beta_s$$

avec P_s , le prix moyen de première vente au kg pour l'espèce (ou le stock) s , Y_s , les débarquements correspondants, et α_s et β_s les coefficients spécifiques du modèle (tableau 13).

Les possibles effets de substitution entre les différentes espèces n'ont pas été considérés dans le modèle, bien que ceci soit une des voies possibles d'amélioration ultérieure de BECHAMEL. De même, dans une version future il serait également possible de différencier les prix en fonction de l'engin utilisé (par exemple le bar pêché à la ligne se vend à un meilleur prix que le bar pêché au chalut pélagique, car le poisson est beaucoup moins abîmé).

¹ Certaines parties de ce chapitre sont tirées de Le Gallic & Ulrich (1999).

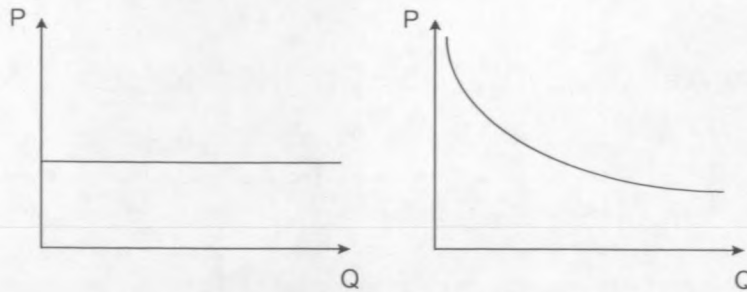


Figure 5. Relation prix-quantité. Gauche : prix exogène; droite, prix endogène.

Pour la plupart des espèces, le prix moyen à la première vente est plus élevé en France qu'au Royaume-Uni. Les seules espèces pour lesquelles c'est l'inverse qui se produit sont : le calmar, la dorade, le hareng, la limande-sole, le maquereau, le merlu et la plie. La plus grande différence de prix entre les deux pays concerne en valeur absolue le homard (5,7 euros/kg de plus en France), et en ratio le chinchard (prix moyen presque 8 fois plus élevé en France, même si il reste faible).

On peut calculer le prix moyen par pays et pour la pêcherie toute entière en faisant une moyenne pondérée par les débarquements.

Le résultat obtenu est le suivant :

- France : 1,42 euros/kg (soit 9,29 F/kg);
- Royaume-Uni : 1,27 euros/kg (soit 8,35 F/kg);
- Total : 1,38 euros/kg (soit 9,02 F/kg).

13.1.2. Estimation du revenu

Le revenu brut, ou chiffre d'affaires, est estimé en multipliant les débarquements par les prix (différents pour chaque pays), pour chaque flottille f , classe de taille l et stock s :

$$RB_{s,f,l} = P_{s,p} \cdot Y_{s,f,l}$$

et :

$$RB_{f,l} = \sum_s RB_{s,f,l}$$

Ainsi, le revenu brut des navires appartenant à la classe de taille l de la flottille f va dépendre des captures par flottille et classe de taille, et donc :

- de l'effort total standardisé dans chaque métier (module d'activité),
- de la part de cette classe de taille de cette flottille dans l'effort standardisé de chaque métier,
- de l'estimation des captures par stock et par métier (module de production),
- du prix moyen de chaque stock.

Tableau 13. Prix à la première vente (euros/kg) par stock et par pays. Pour les débarquements français, c'est le prix variable qui est utilisé dans le modèle (avec Y en kg). Le prix moyen constant (moyenne 1993-95) est donné à titre indicatif, ainsi que l'équivalent du prix français constant en FF (1 euro=6,55957 FF).

espèce	RU constant	France variable	France constant	Prix constant en FF
aiguillat	0,68		1,41	9,25
algues	0,04		0,04	0,28
araignée_F		$\exp(-0,36*\ln(Y)+6,34)$	2,1	13,78
araignée_U	1,26			8,26
autres_grondins	0,63		1,1	7,22
bar	8,13		9,74	63,89
barbue	5,55	$\exp(-0,37*\ln(Y)+6,42)$	6,88	45,13
baudroie	2,48		5,53	36,27
bouquet	17,01		21,5	141,03
buccin	0,46		0,9	5,90
calmar	3,86		3,4	22,30
cardine	3,04		3,67	24,07
chinchard	0,18		1,4	9,18
congre	1,50		2,2	14,43
coquille_autre_7d	2,09	$\exp(-0,275*\ln(Y)+5,22)$	2,44	16,01
coquille_autre_7e	2,09		2,2	14,43
coquille_br	2,09		3,1	20,33
coquille_bs	2,09	$\exp(-0,275*\ln(Y)+5,22)$	2,44	16,01
coquille_mx	2,09		3,81	25,00
coquille_sb	2,09		2	13,12
crevette_grise	5,47		5,47	35,87
dorade	2,18		2,1	13,78
grondin	0,65		1,2	7,87
hareng_7d	0,58		0,3	1,97
hareng_7e	0,58		0,3	1,97
homard_F			18,76	123,06
homard_U	13,06			85,65
langouste	23,08		26,80	175,80
lieu_jaune	1,26		3,1	20,33
limande	0,68		1,12	7,35
limande_sole	4,21		3,8	24,93
lingue	1,00		2,1	13,78
maquereau	0,67		0,6	3,94
merlan_7d	0,70		1,1	7,22
merlan_7e	0,70		1,1	7,22
merlu	5,66		4,7	30,83
morue_7d	1,91		2,5	16,40
morue_7e	1,91		2,5	16,40
pétoncles	0,76		0,9	5,90
plie_7d	1,83		1,3	8,53
plie_7e	1,83		1,3	8,53
raies	1,38		2,34	15,35
rouget	3,50		6,1	40,01
roussettes	1,37		1,37	8,99
sardine	0,18		0,5	3,28
seiche	1,60		1,8	11,81
sole_7d	7,25	$\exp(-0,49*\ln(Y)+9,58)$	9,9	64,94
sole_7e	7,25	$\exp(-0,49*\ln(Y)+9,58)$	9,9	64,94
St_Pierre	5,51		6,65	43,63
tacaud	0,44		0,41	2,71
tourteau_F			2,05	13,45
tourteau_U	1,45			9,53
turbot	8,99		9,6	62,97

13.2. Le modèle de coûts

Les coûts ont été estimés à partir des résultats des deux enquêtes économiques menées de part et d'autre de la Manche, en utilisant des méthodologies harmonisées (Pascoe *et al.*, 1996; Boncoeur & Le Gallic, 1998; Boncoeur *et al.*, 1998).

A long terme, tous les coûts dépendent du niveau d'effort, et devraient être considérés comme des coûts variables. A court terme cependant, il faut faire une distinction entre les **coûts fixes** et les **coûts variables**¹. Les coûts variables sont eux-mêmes de différents types, en fonction du facteur dont ils dépendent. 4 types de coûts ont été distingués :

- *Les coûts fixes* $CF_{f,l}$ dépendent des caractéristiques des navires (par flottille et classe de taille), quels que soient leur niveau d'activité et les métiers pratiqués.
- *Les coûts variables* par métier $CV_{m,l}$, pour un bateau appartenant à une certaine classe de taille, dépendent de son activité dans chaque métier (nombre de jours de mer non standardisés).
- *Les taxes de débarquement* et autres coûts de commercialisation, $T_{f,l}$, sont proportionnels au revenu brut,
- *Les coûts salariaux* par flottille et classe de taille $Sal_{f,l}$ sont calculés de manière assez complexe. En effet en Manche, comme dans la plupart des pêcheries artisanales, les équipages sont payés "à la part"². Chaque membre d'équipage reçoit une part déterminée de la somme restant une fois déduits les "frais communs" (les frais partagés par le propriétaire et l'équipage, et dont la définition n'est pas uniforme), du revenu net (revenu brut moins taxes de débarquement). Le système de salaire à la part incite à augmenter la productivité et l'efficacité, ce qui rend ce système différent d'un système de salaire classique.

Dans le développement du modèle, la répartition suivante des coûts entre coûts fixes et coûts variables par métier a été adoptée (tableau 14) :

Tableau 14. Coûts variables par métier et coûts fixes par bateau (Tableau, B. Le Gallic).

Coûts variables Coûts financiers	Coûts fixes	
	Coûts financiers	Coûts non financiers
Gasoil et huile	Maintenance du bateau	Dépréciation du capital
Appât	Renouvellement et maintenance	coût d'opportunité du capital
Glace	des engins (RU)	
Nourriture	Assurance	
Renouvellement et maintenance	Gestion	
des engins (France)	Licences	
	Divers	

La répartition entre coûts fixes et variables n'est pas immuable, et le tableau ci-dessus est sujet à discussion. Par exemple, les coûts de maintenance du navire peuvent être affectés par le niveau d'effort. En Angleterre, les coûts liés aux appareils de pêche sont considérés comme fixes, alors

¹ Les notions de court terme et long terme sont différentes en économie et en biologie. BECHAMEL est un modèle de long terme d'un point de vue biologique, mais de court terme d'un point de vue économique (cf. partie I., §3.2.)

² Ce système inclut le patron-pêcheur. Quand celui-ci est à la fois patron et propriétaire, ce qui est le cas le plus fréquent en Manche, la situation est différente entre la France et le Royaume-Uni. Les patrons anglais sont rémunérés uniquement via leur part. En France, ils tirent leur salaire personnel de deux sources : de la part qui leur revient en tant que membre d'équipage embarqué, et de la part qui revient au propriétaire. Pour les besoins de la modélisation, une part supplémentaire de salaire a été recalculée pour les patrons anglais.

qu'ils sont considérés comme variables en France. Alors que les coûts liés à l'engin sont affectés par le niveau d'effort, on considère côté anglais que les coûts de maintenance et de remplacement sont suffisamment réguliers pour être considérés comme fixes. Les choix de modélisation reposent sur des considérations pratiques (disponibilité des données), et ne sont pas forcément optimum d'un point de vue théorique.

13.3. Indicateurs de performance économique

Trois types d'indicateurs de performance économique sont calculés par le modèle :

Excédent Brut d'Exploitation $EBE_{f,l}$, ou marge brute :

L'*EBE* (par flottille et classe de taille) est la différence entre le revenu net, et le total des coûts variables, y compris les coûts salariaux. :

$$EBE_{f,l} = RB_{f,l} - T_{f,l} \cdot RB_{f,l} - CV_{f,l} \cdot J_{f,l} \cdot N_{f,l} - Sal_{f,l} \cdot N_{f,l}$$

Avec $N_{f,l}$ le nombre de navires par flottille et classe de taille, et $J_{f,l}$ le nombre moyen de jours de mer annuels par flottille et classe de taille.

A court terme, la recherche de la rentabilité maximale passe par la recherche de la maximisation de l'*EBE*.

Dans la suite de ce document, c'est cet indicateur qui sera utilisé comme indicateur de rentabilité (Le Gallic, comm. pers.) pour les différentes études de sensibilité et scénarios de gestion. (cf. partie V).

Taux de retour du capital :

Le taux de retour du capital, ou taux de profit, est un indicateur classique de la rentabilité économique, parfois utilisé pour l'analyse des performances économiques dans l'industrie (Davidsee *et al.*, 1997). Il est calculé en divisant l'excédent net d'exploitation par la valeur du capital investi dans l'entreprise. L'*ENE_{f,l}* est ce que le propriétaire gagnerait si son activité était entièrement autofinancée. Il est égal à l'*EBE* moins tous les coûts fixes, sauf le coût d'opportunité du capital.

Revenu du patron-armateur :

Du fait des spécificités du système de salaire à la part, la signification du terme excédent net d'exploitation n'est pas très claire dans le cadre des pêcheries artisanales comme celles de la Manche. Le taux de profit ne semble pas un bon indicateur si on compare les taux de profits relatifs par classe de taille à la dynamique actuelle de la flotte au cours de la décennie (Boncoeur *et al.*, 1998). Il a alors été décidé de calculer un autre indicateur de performance, qui est le revenu personnel du patron-armateur. Il est égal à l'excédent net d'exploitation, plus le salaire du patron en tant qu'homme d'équipage, et moins les coûts d'opportunité du capital.

14. ARCHITECTURE DU MODÈLE DE SIMULATION BECHAMEL ¹

Les trois premiers chapitres de cette partie ont permis de détailler successivement les trois modules du modèle bioéconomique des pêcheries de la Manche. On a vu que **le module de production est centré sur la notion de métier**, c'est-à-dire de **diagramme d'exploitation** par type d'activité (effort nominal standardisé) alors que **le module économique est centré sur la notion de flottille**, c'est-à-dire de structure de revenus et de coûts par type de navire, (effort nominal non standardisé). On a également vu que le module d'activité permettait le lien entre ces deux notions, par l'intermédiaire du **diagramme d'activité**.

La première partie de ce chapitre montre comment l'information est gérée dans chaque module sous forme de matrices. On rappelle l'enchaînement des différentes matrices, et les principaux calculs réalisés dans leur ordre chronologique. La deuxième partie s'attache tout particulièrement à la méthode informatique de construction du modèle proprement dit, méthode relativement novatrice alliant un langage de programmation avec une interface de type Internet.

14.1. Récapitulatif des paramètres d'entrée et du déroulement chronologique des calculs

14.1.1. Module d'activité

14.1.1.1. Paramètres d'entrée

Le module d'activité est le module d'entrée dans BECHAMEL. Il effectue les tous premiers calculs, basés sur 4 matrices d'entrée, **toutes modifiables** dans le cadre de simulations. (En considérant que 3 de ces 4 matrices ont été dédoublées pour traiter de manière séparée les flottilles de la Manche et les flottilles théoriques extérieures, on a en fait 7 matrices d'entrée). :

- Une **matrice de nombre de bateaux** par flottille et classe de taille, $N_{f,l}$,
- Une **matrice de nombre moyen annuel de jours réels** (non standardisés) de **pêche** pour chaque classe de taille dans chaque flottille, $J_{f,l}$,
- Une **matrice d'activité** par flottille et métier, donnant pour chaque flottille le pourcentage moyen de temps passé chaque année à pratiquer chaque métier, quelque soit la classe de taille, $a_{f,m}$
- Une **matrice de puissances de pêche** par métier et classe de taille, exprimant les différences d'efficacité entre les classes de taille au sein d'un même métier, toutes espèces confondues, $P_{p,m,l}$

Avec f , l'indice de la flottille, m , l'indice du métier et l , l'indice de la classe de taille.

¹ Le modèle BECHAMEL a fait l'objet de deux présentations dans des colloques internationaux, l'un d'économie des pêches (EAFE, avril 1999) et l'autre de biologie halieutique (CIEM, septembre 1999), ainsi qu'à une publication soumise :

Le Gallic B., Ulrich C., 1999. BECHAMEL (BioEconomic Channel ModEL) : a bioeconomic simulation model for the fisheries of the English Channel. XIth annual conference of the EAFE, Dublin, April 7 to 10, 1999. , 21 pp.

Ulrich C., Le Gallic B., Dunn M.R., 1999. Bioeconomic modelling of English Channel fisheries and their technical interactions : presentation of the simulation model BECHAMEL (BioEconomic CHannel ModEL). CIEM CM1999/S:04 . 21 pp.

Ulrich C., Dunn M.R., Le Gallic B., Gascuel D. (soumis) : A multispecies multifleet bioeconomic simulation model of the English Channel fisheries and their technical interactions : Model structure, and applications in common typologies of commercial stocks and fishing activities. ICES J. of Mar. Sci (soumis).

14.1.1.2. Calculs de base et variables de sortie

Les outputs de ce module sont les inputs des deux autres modules de BECHAMEL :

- **Effort nominal (non standardisé) par flottille**, métier et classe de taille (utilisé pour le calcul des coûts variables et des coûts fixes par flottille) :

$$E_{ns, f, m, l} = N_{f, l} * J_{f, l} * a_{f, m}$$

- **Effort nominal par métier** : effort non standardisé par métier et classe de taille (utilisé pour calculer le revenu et la rentabilité par métier) :

$$E_{ns, m, l} = \sum_f E_{ns, f, m, l}$$

- **Effort standardisé par flottille**, métier et classe de taille (utilisé pour calculer la production et le revenu par flottille) :

$$E_{f, m, l} = N_{f, l} * J_{f, l} * a_{f, m} * Pg_{m, l}$$

- **Effort standardisé par métier** (utilisé pour les calculs de production par métier, par espèce et par pays) :

$$E_m = \sum_f \sum_l E_{f, m, l}$$

14.1.2. Module de production

14.1.2.1. Paramètres d'entrée

L'effort par métier est le premier paramètre d'entrée du module. Il est cependant **non modifiable directement au cours d'une simulation**, puisqu'il découle directement du module d'activité.

Les autres paramètres d'entrée, éventuellement **modifiables**, dépendent directement du **modèle d'évaluation utilisé** (avec s , l'indice du stock, a , l'indice de l'âge et p l'indice du pays) :

Stocks structurés en âge (stocks de type 1 et 2)

- **Capturabilités** par stock, âge et métier, issues des **mortalités partielles** par stock, âge et métier et de l'effort standardisé par métier sur les années de référence 1993-1995. Pour les stocks Manche, il y a une valeur par stock; $q_{s, m, a}$. Pour les stocks In/Out, il y a deux valeurs pour chaque stock: la capturabilité du stock global correspondant à l'effort développé en Manche $q1a_{s, m, a}$, et celle du stock local $q2_{s, m, a}$.
- Coefficient de **mortalité partielle due aux autres métiers agrégés**, par stock, pays et âge, $F_{met_ag_{s, p, a}}$
- **Paramètres biologiques** par stock et âge : mortalité naturelle $M_{s, a}$, poids moyen des captures $CW_{s, a}$, et ogive de maturité $Mat_{s, a}$;
- **Recrutement moyen** par stock. Pour les stocks In/Out, deux valeurs sont fournies : recrutement du stock global sur l'ensemble de son aire de répartition RI_s , et recrutement du stock local $R2_s$. Pour les stocks Manche, une seule valeur, R_s , est indiquée..
- Pour les stocks In/Out : valeur de β_s^* (ou bien α_s^* , c'est-à-dire $1-\beta_s^*$).

Stocks évalués par modèle global (stocks de type 3)

- **Capturabilités relatives** par stock et métier (y compris métiers agrégés) $q_{s,m}$, issues du calcul des CPUE et de l'effort effectif moyen sur les années de référence 1993-1995.
- Coefficient de **mortalité partielle relative due aux autres métiers agrégés**, par stock et pays, $F_{met_ag_{s,p}}$
- Coefficients a , b et m du modèle de Pella & Tomlinson (1969).

14.1.2.2. *Calculs de base et variables de sortie*

- **Mortalités partielles** par stock et par métier, soit par âge (type 1 et 2), soit globale (type 3), à partir des coefficients de capturabilités et l'effort effectif par métier :

$$F_{s,m,(a)} = q_{s,m,(a)} * E_m$$

- **Mortalité totale** par stock :

$$F_{s,(a)} = \sum_m F_{s,m,(a)} + \sum_p F_{met_ag_{s,p,(a)}}$$

- **Production totale** par stock Y_s , calculée en fonction du type de modèle utilisé, de la mortalité totale et des paramètres biologiques ou des coefficients du modèle de Pella & Tomlinson.
- **Production par stock et par métier** (y compris métiers agrégés), au prorata des mortalités partielles par métier, soit âge par âge puis sommée pour les stocks de type 1 et 2, soit globalement pour les stocks de type 3 :

$$Y_{s,m,(a)} = Y_{s,(a)} \frac{F_{s,m,(a)}}{F_{s,(a)}}$$

- **Production par stock et par pays**, $Y_{s,p}$, en sommant la production des métiers de chaque pays (y compris métiers agrégés) ;
- **CPUE par métier** (hors métiers agrégés) et par espèce :

$$U_{s,m} = \frac{Y_{s,m}}{E_m}$$

- **Production par flottille**, stock, et classe de taille de navires à partir de l'effort standardisé par flottille :

$$Y_{s,f,l} = \sum_m U_{s,m} * E_{f,m,l}$$

14.1.3. *Module économique*

14.1.3.1. *Paramètres d'entrée*

Les paramètres d'entrée **non modifiables** directement, c'est-à-dire ceux issus des calculs précédents, sont les suivants:

- **Effort nominal par flottille**, métier et classe de taille (issu du module d'activité)
- **Production par flottille**, stock et classe de taille (issu du module de production)

Les paramètres d'entrée **modifiables** directement pour les besoins d'une simulation sont les suivants :

- **Prix** par stock et pays;
- Différents **coûts fixes individuels**, par flottille et classe de taille,, $CF_{f,l}$

- Différents **coûts variables journaliers individuels**, par flottille ou métier et classe de taille $CV_{f,l}$ et $CV_{m,l}$
- **Taux de taxes de débarquement** par flottille et classe de taille $T_{f,l}$;
- **Coefficients de calcul des salaires**, par navire de chaque flottille et classe de taille $Sal_{f,l}$

14.1.3.2. Calculs de base et variables de sortie

- **Prix final** par stock et pays $P_{s,p}$, s'il dépend de la quantité vendue :

$$P_{s,p} = f(Y_{s,p})$$

- **Revenu brut**, ou chiffre d'affaire, par flottille et classe de taille :

$$RB_{f,l,p} = \sum_s P_{s,p} \cdot Y_{s,f,l}$$

- **Calcul de divers indicateurs économiques**, dont :
- **Excédent Brut d'Exploitation** (revenu brut moins les coûts fixes, variables, de débarquement et de salaires), par flottille et classe de taille:

$$EBE_{f,l} = RB_{f,l} - T_{f,l} \cdot RB_{f,l} - CV_{f,l} \cdot J_{f,l} \cdot N_{f,l} - CF_{f,l} \cdot N_{f,l} - Sal_{f,l} \cdot N_{f,l}$$

- **Taux de retour du capital**
- **Revenu du patron**

14.1.4. Bilan et gamme des simulations possibles

La succession de ces calculs est schématisée figure 6. Une matrice en 2D signifie qu'elle est entièrement contenue dans un seul fichier. Une matrice en 3D indique que plusieurs fichiers sont nécessaires (un par flottille) au sein d'un même répertoire.

- La plupart des simulations possibles concernent des **changements dans le niveau d'effort et son allocation** (cf. partie V). Cela comprend des **changements du nombre de navires par flottille** (comme dans un schéma de plans de sorties de flotte), des **limitations du nombre de jours de mer** (une politique déjà proposée par le gouvernement anglais pour atteindre les objectifs de réduction de l'effort), ou des **changements dans la matrice d'activité**. Les effets de **quota** peuvent être simulés en considérant que les surplus sont rejetés (ce qui est souvent le cas en Manche, à cause des problèmes de pêche plurispécifique). En théorie, les effets de **changement de maillage** peuvent également être estimés en changeant la capturabilité pour certaines classes d'âge. A ce stade de la modélisation, le manque de données sur la sélectivité des engins de pêche a cependant conduit à ne pas étudier ce type de simulation.
- La composante biologique peut aussi être utilisée dans des simulations plus écologiques, et pour les analyses de sensibilité (cf. partie V).

Les principales variables étudiées en sortie sont les captures par stock, métier, flottille et pays, ainsi qu'un certain nombre d'indicateurs économiques. Tous les résultats économiques sont exprimés en terme de valeur totale pour l'ensemble de la pêche, et de moyenne par navire.

Enfin, le modèle peut être repris dans un but d'optimisation. Pour cela une deuxième version du modèle a été construite au cours du projet, en se basant sur les mêmes équations et paramètres d'entrée que BECHAMEL. On définit alors des fonctions objectives à atteindre, avec un ou plusieurs objectifs pour la gestion (Mardle & Pascoe, 1997). Le modèle d'optimisation fait l'objet des travaux de Simon Mardle, au CEMARE. Ces résultats ne seront pas présentés dans le cadre de cette thèse.

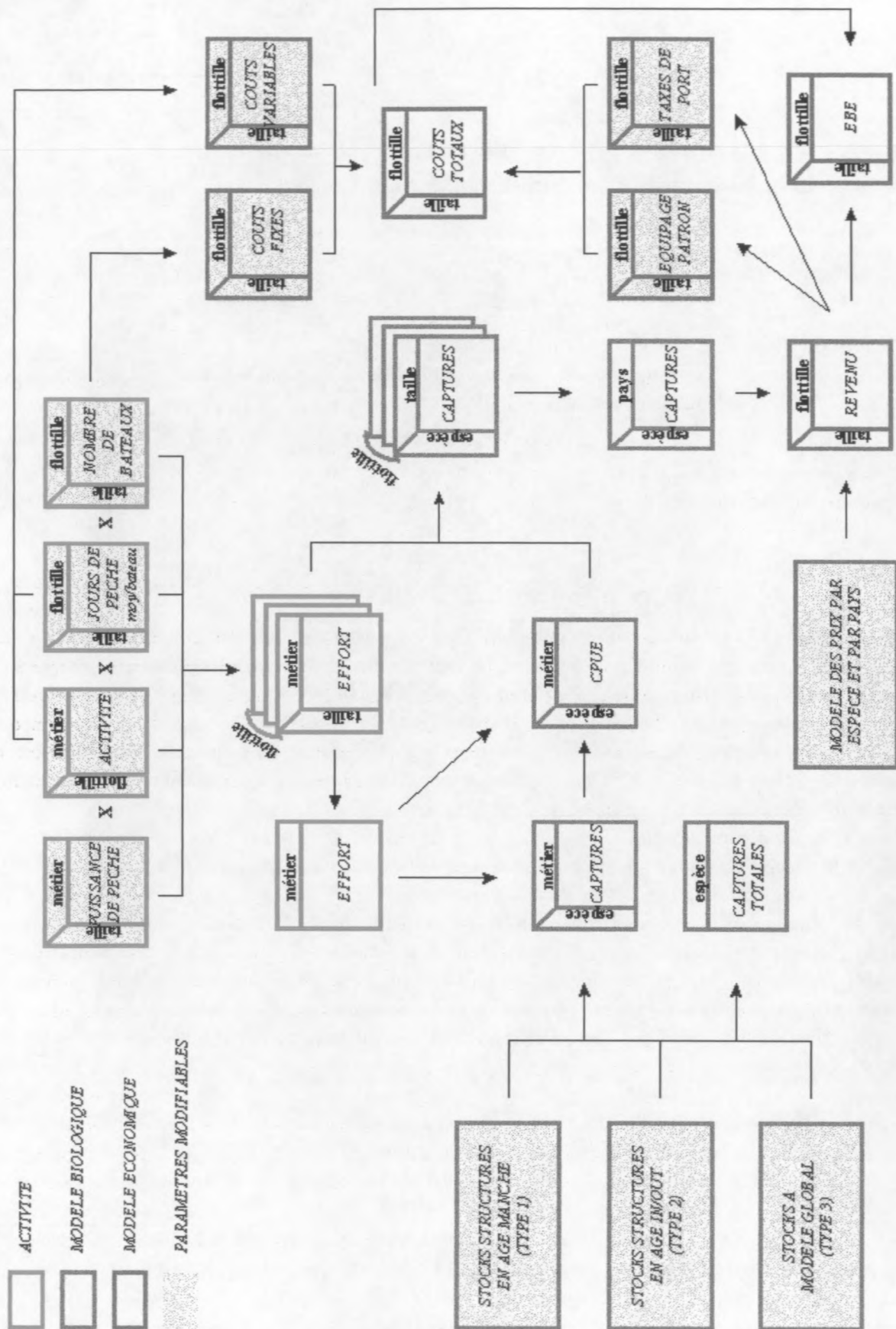


Figure 6. Schéma conceptuel de BECHAMEL

14.2. Structure informatique

14.2.1. Choix informatiques de modélisation¹

Dans le processus de modélisation, trois types de contraintes sont inhérentes à l'utilisation et à la diffusion du modèle : la **vitesse de calcul**, la **facilité d'utilisation**, et le **moyen de le faire connaître** aux personnes susceptibles de s'y intéresser.

Un certain nombre de logiciels de modélisation ont été développés par les informaticiens, de manière à subvenir aux besoins du plus grand nombre d'utilisateurs possibles (voir par exemple le logiciel Stella, HPS Inc, 1985). Mais ces logiciels prêts à l'emploi peuvent se révéler peu adaptés pour des besoins spécifiques, soit trop lents si le modèle devient complexe et fortement paramétré, soit manquant par exemple, de fonctions mathématiques particulières. La meilleure solution est alors de programmer soi-même le modèle désiré, via un langage de programmation. En fonction de l'ordinateur utilisé, une bonne vitesse de calcul peut être obtenue, mais les deux autres conditions sont rarement remplies. Les résultats peuvent alors être transmis à n'importe quel logiciel graphique ou cartographique (Excel, SIG), mais cela implique de créer des liens entre les différentes applications. De plus, à cause des nombreuses configurations et systèmes d'exploitation des ordinateurs, une diffusion à grande échelle du modèle et de ses résultats n'est pas toujours possible. (Ainsi, il existe jusqu'à présent très peu de logiciels compatibles aussi bien avec un système d'exploitation Windows, Mac ou Unix par exemple).

Dans le cadre du modèle bioéconomique des pêcheries de la Manche, nous avons utilisé une **méthodologie de modélisation scientifique** relativement nouvelle. Les trois contraintes citées ci-dessus sont prises en compte en utilisant de manière simultanée un **langage de programmation** (pour la vitesse de calcul et la flexibilité totale de modélisation) et une **interface Internet** (pour la facilité d'utilisation et la possibilité de travailler à distance, et donc le moyen de diffusion de l'information). Cette méthode, initiée par J. Guitton (ENSAR) pour la maintenance et l'utilisation de la base de données BAHAMAS (cf. partie II, chapitre 7), a ensuite été étendue à tout le modèle de simulation BECHAMEL par les partenaires français du programme. Seul le modèle d'optimisation, construit en Angleterre, n'a pas suivi cette méthodologie.

Le but de ce paragraphe est de présenter cette méthode et ses avantages.

14.2.1.1. Tendances récentes dans l'utilisation d'Internet

Les premières utilisations d'Internet concernaient uniquement le **relais de l'information à distance**. A partir de différents boutons à cliquer, l'utilisateur accédait à l'information demandée, c'est-à-dire tout texte, graphe ou image placé là par le concepteur de la page. Il n'y avait alors pas de retour de l'utilisateur, qui est seulement lecteur.

La deuxième génération des sites Internet utilise le logiciel comme une **interface interactive** entre le concepteur et l'utilisateur. A partir de différents formulaires à remplir directement sur l'interface, l'utilisateur peut poser des questions, s'inscrire, discuter, commercer à distance, etc.

Un troisième type d'applications, plus récent que les deux précédentes, utilise Internet comme un réel outil scientifique, non plus seulement pour de l'information ou de la communication, mais comme un **logiciel intégré**. Cette nouvelle utilisation implique que l'interface Internet soit complètement liée aux autres applications de l'ordinateur (programmes mathématiques, logiciels

¹ Ce paragraphe a fait l'objet d'une publication :

Ulrich C., Guitton J., 1999 : The use of the Internet for scientific modelling purposes : Interest, implementation and example of application. *Computers in Higher Economics Education Review*.13(2), 15-18

graphiques). Plus encore, elle joue un rôle fondamental, puisque cette interface est le seul lien entre le logiciel et l'utilisateur, et aussi entre les différentes applications utilisées dans le processus.

La méthodologie présentée ici appartient à ce troisième type d'utilisation. En dehors de l'utilisation qui en a été faite dans le champs de l'halieutique, quelques exemples de simulateurs similaires ont été trouvés, traitant de domaines scientifiques variés, comme par exemple :

- électrochimie : simulation des performances d'une batterie pendant les phases de charge et de décharge¹
- environnement : simulation des échanges hydriques au sein de l'écosystème des Everglades²
- mathématique : modélisation d'un élément fini³
- médecine : simulation des effets de changement des taux d'insuline et du régime alimentaire sur le taux de glucose dans le sang pour des patients diabétiques⁴
- électricité : simulateur de flux électrique⁵.

Pour certains de ces modèles, le nombre de variables modifiables est relativement faible, même si le modèle semble relativement complexe. D'autres ont des possibilités plus larges. Enfin, certains, comme le nôtre, sont protégés par un mot de passe, et l'interface proposée en accès libre sur Internet peut vraisemblablement n'être qu'une version simplifiée du modèle, dans un but de démonstration.

14.2.1.2. Principe et intérêt

Le principe de la méthode est d'utiliser une application client/serveur, c'est-à-dire de partager physiquement le travail entre deux ordinateurs, un local et un éloigné. Tous les calculs sont faits par le serveur, et Internet permet d'une part le lien entre les deux ordinateurs, et d'autre part la facilité d'utilisation. Ainsi, ceci permet de répondre aux 3 contraintes précédemment évoquées (vitesse, facilité d'utilisation et diffusion de l'information), la meilleure solution peut être adoptée de manière très flexible.

Le modèle en lui-même, c'est-à-dire un certain nombre de fichiers de données reliés par des programmes de calcul, est localisé sur le même ordinateur que le serveur Internet utilisé. Il s'agit en général d'ordinateurs puissants avec de bonnes capacités de calcul. Le programme de calcul y est ainsi exécuté beaucoup plus rapidement que sur un ordinateur commun (le plus rapide et le plus fiable étant obtenu sous un système d'exploitation Unix). En contrepartie, ce type de système d'exploitation est moins facile d'utilisation que les systèmes courants Windows et Mac, et leur accessibilité est souvent réduite.

Internet se pose alors comme l'outil le plus à même de remplir les deux autres contraintes. Le modèle peut être lancé depuis n'importe quel ordinateur distant simplement équipé d'un quelconque navigateur (comme Netscape ou Explorer par exemple), directement sur le serveur web sur lequel il est localisé. Le navigateur Internet est un des rares logiciels existant sur n'importe quel type de système d'exploitation. Ainsi, l'utilisation du modèle n'est plus limitée par des problèmes de compatibilité et/ou des contraintes géographiques, il peut être lancé de n'importe où, ce qui est un point très appréciable dans le cadre d'un travail commun en collaboration avec des

¹ <http://mtr11.me.psu.edu/Simulation/Description.htm>

² http://www.eng.fiu.edu/evrglads/save_enp/simulatr/index.htm

³ http://www.gipps.cc.monash.edu.au/ade/fem/engine_get.html

⁴ <http://www.shodor.org/aida/index.html>

⁵ <http://powerlearn.ee.iastate.edu/modules/T7/javasimulator/PowerFlow/PowerFlowSimulator.html>

instituts éloignés comme dans le cas du projet Manche. Bien entendu, l'accès peut quand même être contrôlé et restreint via la mise en place d'un mot de passe.

De plus, grâce à la simplicité et à la flexibilité du langage HTML (Hyper Text Marked Language), Internet offre de vastes possibilités pour rendre l'interface facile d'utilisation, non seulement en terme de changement des variables d'entrée, mais aussi en terme d'affichage des résultats.

Enfin, comme tout (le modèle et l'interface) est écrit avec un langage de programmation, cette méthodologie peut être appliquée à n'importe quel type de problème et à n'importe quel domaine scientifique. Le fait de **centraliser le modèle sans centraliser son utilisation** facilite énormément ses mises à jour et sa sécurisation. Ainsi, il n'existe qu'une seule et unique version du modèle, non modifiable par les utilisateurs distants. Il n'est plus nécessaire de fournir régulièrement des versions améliorées, puisque chaque modification est immédiatement disponible et profitable à tous.

14.2.1.3. Langage de programmation

Cette méthode, comme la plupart des travaux de modélisation, nécessite un minimum de connaissances informatiques. Le modèle doit être écrit dans un langage de programmation adapté pour rendre en sortie des fichiers compatibles avec Internet. Et comme cette méthode est plutôt destinée à être utilisée par des scientifiques que par des informaticiens, il est important de travailler avec un langage facile à apprendre et à utiliser. Parmi tous les langages existants, il en est un qui répond à toutes ces critères. Il s'agit du langage PERL (Practical Extracting Report Language). Ce langage proche du C, facile à apprendre (cf. Schwartz & Christiansen, 1998), est capable de lire des paramètres d'entrée de type formulaire HTML (tableaux, boutons...), de gérer un grand nombre de fichiers, de faire des calculs et de fournir des résultats sous forme HTML, et donc au format Internet. C'est le même et unique programme, localisé sur le serveur web, qui reçoit les informations envoyées par l'utilisateur depuis son navigateur Internet, fait les calculs désirés et renvoie les résultats sur le même navigateur. On a donc un va-et-vient entre deux langages différents, le PERL et l'HTML. De plus, ce langage possède un certain nombre de modules graphiques permettant une bonne visualisation des données. Ainsi par exemple, l'Atlas des pêcheries de la Manche (Guitton et al, en prép), est basé sur une série de graphes programmés en PERL, consultables sur le même serveur, et directement relié à la base de données BAHAMAS (cf. partie II, §7.5, figure 2).

Ce langage est jusqu'à présent très peu connu du monde scientifique. Il est cependant très largement utilisé par les informaticiens, et particulièrement par tous les développeurs d'applications Internet.

Nous avons également utilisé une application graphique de type applet JAVA, (c'est-à-dire un programme spécial à capacités limitées, prêt à l'emploi), permettant d'afficher des courbes, des histogrammes ou des aires.

Bien entendu, l'apprentissage et la maîtrise de cette méthode n'ont pu être conduits qu'en parfaite collaboration avec un informaticien, en l'occurrence J. Guitton. L'équipe scientifique est entièrement responsable de la conception et la construction du simulateur, tandis qu'il est responsable de la cohérence du travail informatique.

14.2.2. Structure informatique de BECHAMEL

Au cours du projet Manche, la méthode explicitée ci-dessus a été développée assez naturellement pour les raisons suivantes :

- Etant donné la complexité de la pêcherie à modéliser, et le grand nombre de stocks (53), de flottilles (23 Manche + 6 extérieures) et de métiers (55 Manche + 3 agrégés + 13 extérieurs) intégrés dans le modèle, le nombre total de paramètres était trop grand pour pouvoir utiliser un logiciel de modélisation prêt à l'emploi. Les premières tentatives faites dans cette voie (notamment avec le logiciel Stella) ont rapidement montré les limites de tels logiciels en terme de nombre de paramètres. L'utilisation d'un langage de programmation était obligatoire.
- Les partenaires du projet sont tous localisés dans des instituts différents, parfois très éloignés géographiquement. La nécessité d'accès de chacun à la base de données et au modèle, et les modifications constantes apportées à ces deux entités ont poussé au choix de la modélisation et de l'interrogation via Internet.
- L'un des buts annoncés du projet était de fournir un outil opérationnel d'aide à la décision pour la gestion des pêches, permettant de simuler des scénarios de gestion. Le modèle est donc en partie destiné à être utilisé par des non scientifiques, et sa facilité d'utilisation est un point important.

14.2.2.1. La plate-forme de simulation

Aspect général

L'accès à la plate-forme de simulation se fait de manière directe après contrôle par mot de passe. Il est également requis de rentrer un nom de session, c'est-à-dire un nom ou mot quelconque. Ce nom de session est demandé uniquement pour des raisons informatiques. Etant donné que le modèle passe par l'écriture de divers fichiers temporaires, le nom de session met une barrière pour éviter les confusions de fichiers en cas d'utilisation simultanée par plusieurs personnes.

L'interface en elle-même est composée de 3 cadres inter-reliés. Les commandes disponibles dans l'un entraîne des affichages différents dans les autres. Ces cadres sont (figure 7) :

- le cadre "MENU". Il rassemble les commandes principales du modèle : faire afficher les fichiers d'information; faire afficher la liste des paramètres d'entrée et la possibilité de les modifier; faire tourner le modèle.
- le cadre "INPUTS". Deux tableaux sont possibles, en fonction de la commande actionnée dans le cadre précédent : le tableau "Information" affichant les différents fichiers d'information disponibles (liste des stocks, flottilles, métiers utilisés, schéma conceptuel..), et le tableau "simulation", affichant la liste des paramètres d'entrée.
- le cadre "RÉSULTAT". C'est dans ce cadre, le plus grand, que s'affiche le résultat des commandes actionnées par l'utilisateur : fichiers d'explication et d'information, possibilité de modifier les paramètres, sorties du modèle.

Modification des paramètres d'entrée

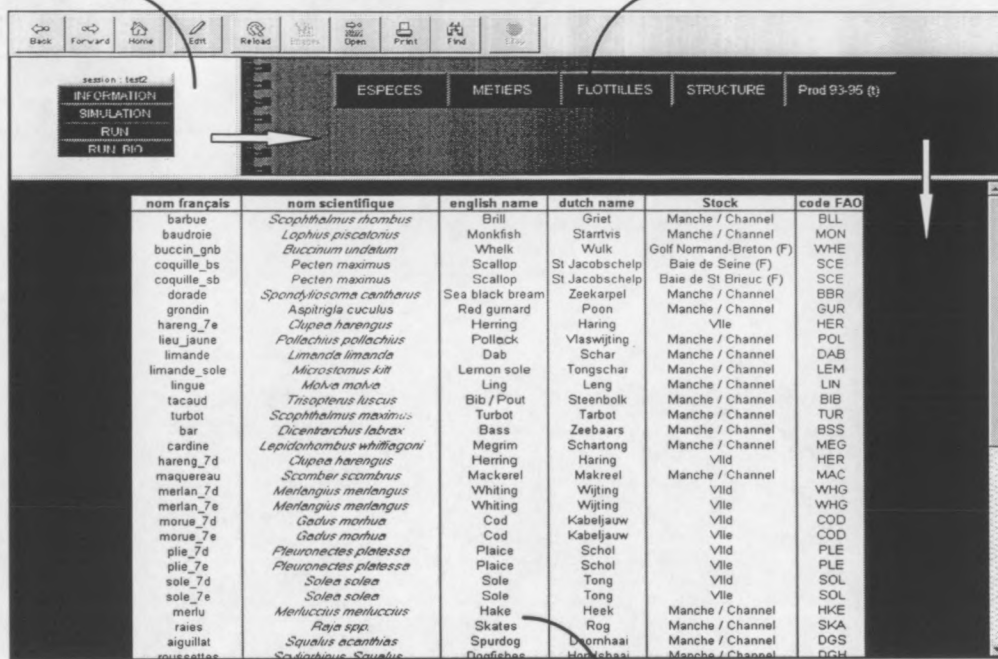
En ouvrant une nouvelle session, l'ordinateur crée une copie de tous les fichiers originaux, c'est-à-dire de tous les paramètres d'entrée avec leur valeur estimée au cours du projet. Toutes les modifications faites dans le cadre d'une simulation interviennent directement sur ces copies, qui sont ensuite reprises dans le calcul général. Les fichiers d'origine n'interviennent jamais dans le calcul, et ne sont pas accessibles depuis la plate-forme. Il est donc possible à tout moment de revenir aux données d'origine et d'annuler toute modification, par simple nouvelle copie de ces fichiers.

Cadre MENU :

- information : fait afficher les fichiers d'information
- simulation : fait afficher la liste des paramètres d'entrée
- run : lance le calcul total
- run bio : lance uniquement le calcul biologique

Cadre INPUTS :

- information : affiche la liste des métiers, flottilles, espèces, la structure du modèle
- simulation : affiche la liste des paramètres d'entrée : activité, capturabilité, paramètres biologiques, prix, quotas....



Cadre RÉSULTAT

- affichage de l'information
- affichage et modification des paramètres d'entrée
- affichage des résultats

Figure 7. La plate-forme de simulation de BECHAMEL. L'exemple figuré ici est une demande d'information sur les différents stocks intégrés dans le modèle.

Les boutons du cadre "INPUTS" permettent de sélectionner un répertoire. Il faut ensuite choisir un fichier dans ce répertoire (une espèce, ou une flottille, ou un type de coûts)... Le fichier apparaît à l'écran, et la modification se fait directement, en remplaçant l'ancienne valeur par la nouvelle et en enregistrant le nouveau fichier (figure 8)

Sorties du modèle

Le modèle, lancé à partir du bouton "RUN" du cadre "MENU", effectue l'ensemble des calculs. Sur un serveur de type Pentium 350 MHz exploité sous Linux, comme dans le cas présent, le calcul dure quelques secondes.

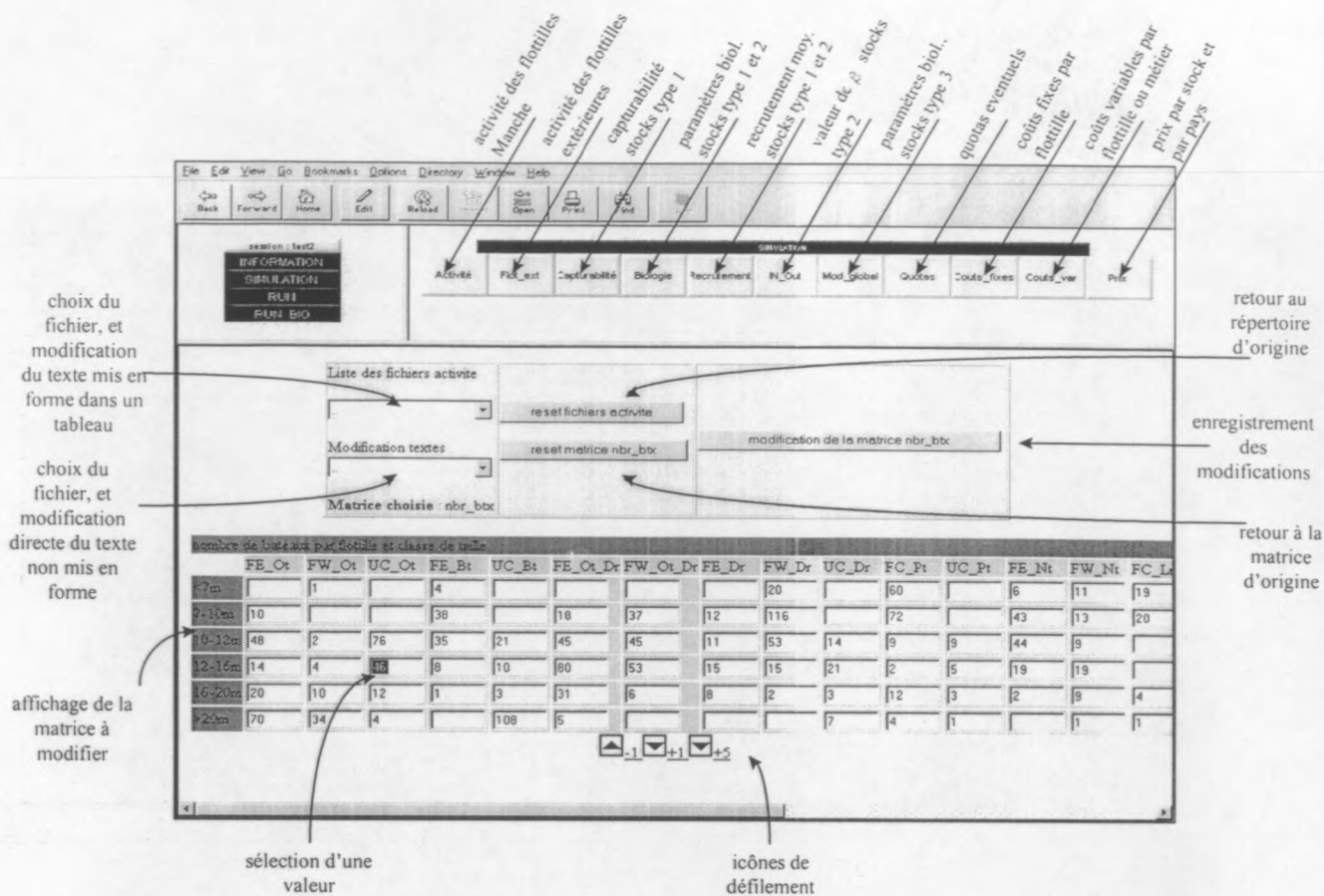


Figure 8. Modification des paramètres d'entrée. Ex : nombre de bateaux par flottille et classe de taille

Un certain nombre de résultats peuvent alors être affichés à l'écran. Le cadre "RESULTAT" est divisé en deux sous-cadres. Le premier donne la liste des résultats consultables, et le deuxième affiche les résultats demandés, sous forme de tableau (figure 9) ou de graphes (figure 10). Les différents résultats sont classés en fonction du module dont ils dépendent (activité, biologie et/ou production, et économie). Il est possible de faire afficher soit un simple fichier, soit l'ensemble des fichiers d'un répertoire.

14.2.2.2. Les programmes

Ces programmes écrits en PERL ne sont pas détaillés ici, mais un mémento présenté en Annexe G explique le rôle des différents programmes, et résume pour chacun d'eux les paramètres d'entrée, les calculs principaux et les variables de sortie.

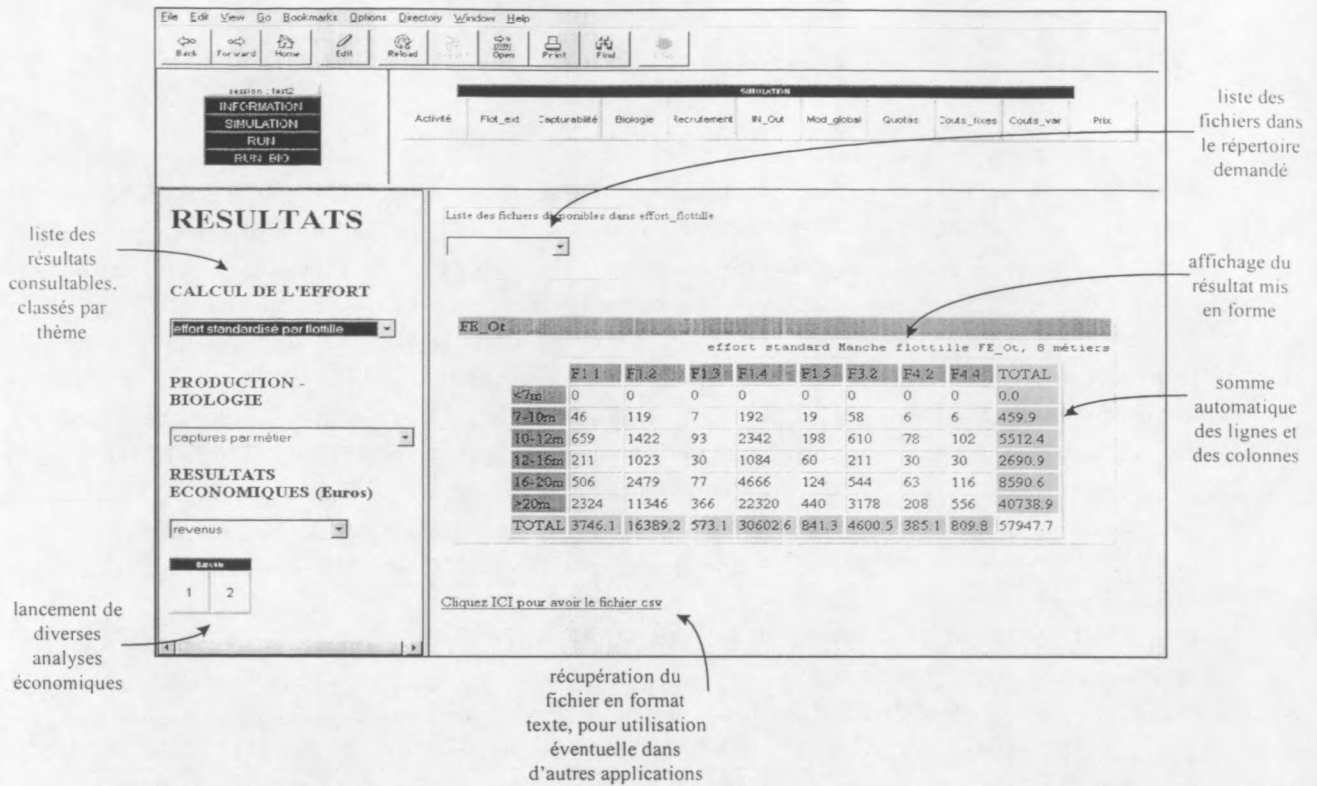


Figure 9. Affichage des résultats sous forme de tableau. Exemple : nombre annuel moyen de jours standard passés par les chalutiers français de Manche Est dans chacun des métiers qu'ils pratiquent, par classe de taille.

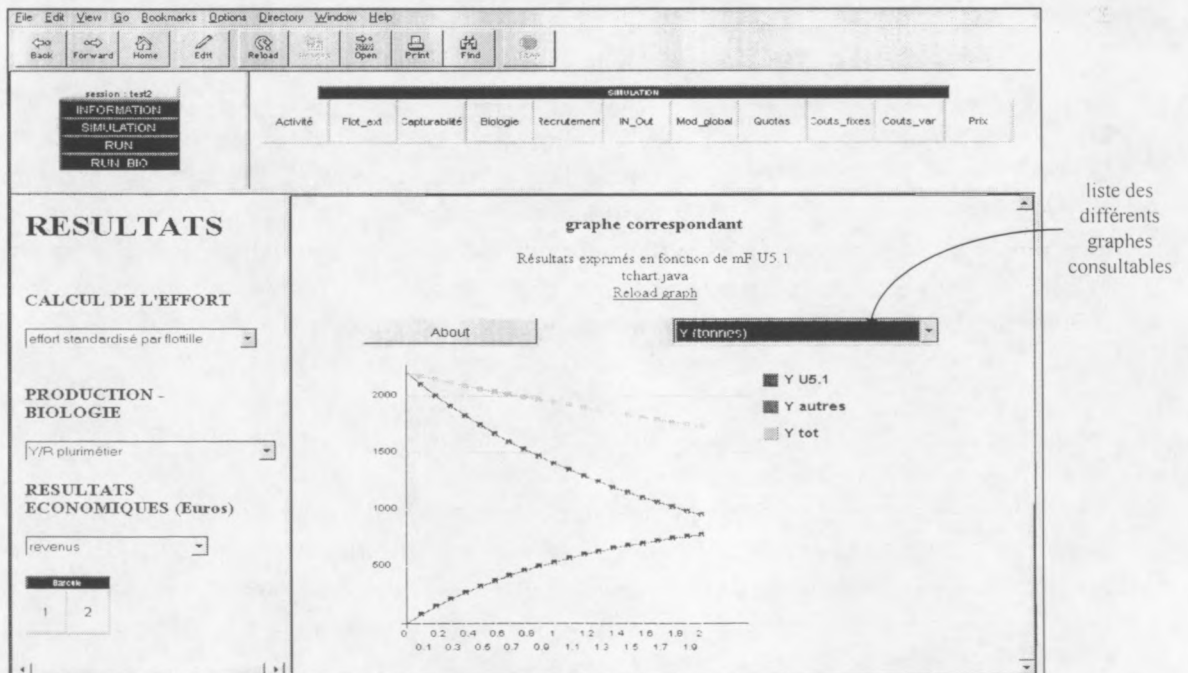


Figure 10. Affichage des résultats sous forme de graphe. Exemple. Interactions techniques sur le lieu jaune : effet de l'augmentation de l'effort du métier anglais ouest du filet fixe à gadidés sur la production de ce métier, des autres métiers exploitant le lieu jaune, et de la production totale pour ce stock.

CONCLUSION DE LA PARTIE IV

Nous avons présenté dans cette partie le modèle bioéconomique proprement dit, qui était l'objectif final du projet agréé par l'Union Européenne. La description successive des trois modules a permis de mettre en évidence **l'articulation du modèle entre ses 3 entités fondamentales** (flottille - métier - stock). Le module économique n'est cependant pas très détaillé dans le présent document, car il a été réalisé par les partenaires économiques partenaires du projet, et fait en partie l'objet d'une autre thèse en préparation (Le Gallic, en prép). BECHAMEL calcule ainsi **la production et le profit à l'équilibre correspondant à chaque configuration de la flotte**. En couvrant ainsi les relations clés entre les 3 modules du système pêche, il permet de simuler facilement divers scénarios, ce qui en fait un outil potentiellement utile pour la gestion (Gulland, 1991). On pourra par exemple analyser l'impact sur la production et les revenus de scénarios de diminution de l'effort. D'autres scénarios sont également envisageables (cf. partie V). L'exhaustivité est ainsi, à notre avis, la caractéristique la plus intéressante de BECHAMEL.

Une analyse de l'effort de pêche développé en Manche, à travers la mesure de l'effort standard imputable à chaque flottille, métier et pays a permis de mettre en évidence de manière quantitative une **forte hétérogénéité des activités de pêche**, hétérogénéité déjà décrite précédemment mais d'un point de vue essentiellement qualitatif. On retrouve ainsi une forte prédominance des métiers du chalut, bien que les bateaux pratiquant ces métiers ne soient pas majoritaires dans la pêcherie. En effet, les flottilles chalutières en Manche (hors bateaux extérieurs) ne représentent que un peu plus de 20% des navires, mais les métiers sont responsables de plus de 40% de l'effort nominal standardisé total, et débarquent également plus de 40% de la production totale. A l'inverse, les métiers des arts dormants (hormis le métier du ramassage des algues) sont pratiqués par un grand nombre de navires, souvent de petite taille, et s'avèrent moins efficaces et moins productifs que les métiers traînants, (ce qui est d'ailleurs le cas dans la plupart des pêcheries). Enfin, on a pu observer une différence dans les pratiques de pêche entre la France et le Royaume-Uni. Malgré un nombre de bateaux plus restreint, la France fournit une part plus large de l'effort et de la production (même si l'on excepte les algues) que le Royaume-Uni. Dans ces deux pays, le chalut de fond est l'engin le plus pratiqué en terme d'effort effectif. Mais en France, cette prédominance est très marquée par rapport à n'importe quel autre engin, et cela se repercute sur la production. Au Royaume-Uni au contraire, les autres formes de chalutage (chalutage à perche et chalutage pélagique) sont également largement pratiqués, et bien souvent par de gros navires venus de l'extérieur (Ecosse et Pays de Galles notamment) débarquant de très importants tonnages. Le chalut de fond est alors une activité dominante, certes, mais non prépondérante.

On peut considérer que la modèle qui vient d'être présenté atteint assez largement les objectifs énoncés dans la proposition du contrat européen. Pour quantifier l'activité, la production et la rentabilité des flottilles en Manche, et pour modéliser le fonctionnement complexe de la pêcherie (hors Iles Anglo-Normandes), il a fallu une réelle **collaboration** entre les différents instituts, disciplines et pays impliqués dans le projet. Cette collaboration, bénéfique à chaque intervenant, a conduit chacun à se situer par rapport aux autres domaines. Il a fallu également collecter et valider toutes les données disponibles. Cela a impliqué de faire le point, l'état actuel de la connaissance, en remédiant à certaines faiblesses par la même occasion (extrapolation des données de production, enquêtes économiques). De plus, l'utilisation de nouvelles techniques informatiques permet d'obtenir un outil particulièrement facile d'utilisation pour des personnes non directement impliquées dans son élaboration, ce qui est un coté non négligeable pour aider à l'utilisation des modèles bioéconomiques par les organismes de gestion (Sanderson, 1997).

L'intégration finale de ce travail au sein d'un modèle unique couvrant l'ensemble de la pêche participe ainsi à un processus **d'aller/retour entre données et connaissances**. Ainsi, **collecte et utilisation des données procèdent de la même démarche méthodologique visant à améliorer la connaissance du système étudié**. Ces deux étapes ne constituent pas des finalités disjointes et indépendantes. Bien au contraire, elles doivent être intégrées conjointement dans le processus scientifique. **Il y a en effet un continuel échange entre les données existantes et l'utilisation que l'on en fait** : d'une part les données "nourrissent" le modèle, et sont ainsi traduites en connaissances bioéconomiques sur la pêche. Le modèle est alors un cadre permettant d'extraire la connaissance sous-jacente aux données. D'autre part, l'utilisation des données via le modèle conduit à compléter, valider (ou invalider), et donc à corriger les données et, par là même, "nourrit" en retour la base de données. Séparer ces deux démarches complémentaires conduit à une mauvaise valorisation du travail fourni. Car en privilégiant la collecte par rapport à l'utilisation on perd de l'information contenue dans les données et on ne rend pas suffisamment compte de l'énergie (et bien souvent de l'argent) dépensé pour la collecte. Inversement, utiliser des données sans avoir pris part à leur collecte, et donc sans bien connaître leurs sources et leurs limites de fiabilité risque potentiellement de mener à des conclusions hâtives, voire erronées.

Un certain nombre de limites demeurent naturellement quant à la validité et à la fiabilité du modèle. Elles rejoignent celles déjà développées dans la partie précédente à propos de l'évaluation des stocks. La sensibilité du modèle à un certain nombre de paramètres est abordée dans la partie suivante, et sa fiabilité est discutée. Mais on peut d'ores et déjà dire que l'un des manques sans doute majeurs à BECHAMEL pour en faire un outil opérationnel de gestion, est l'absence d'études à court terme et de modélisation des situations de transition. L'effort est considéré comme exogène, et on ne mesure uniquement que la production équilibrée à long terme. La dynamique intrinsèque de la ressource et des flottilles n'est pas prise en compte. Ainsi, et en raison de la difficulté d'estimation d'un certain nombre de paramètres (biologiques en particulier), BECHAMEL doit, à ce stade d'élaboration, d'abord être considéré comme un **outil d'étude scientifique pluridisciplinaire**, permettant de comprendre une partie des interactions intrinsèques à la pêche de la Manche, plutôt que comme un réel outil d'aide à la gestion fonctionnel et directement utilisable dans une finalité politique.

CINQUIÈME PARTIE

ANALYSES DE SIMULATIONS :

SENSIBILITÉ, ÉTAT D'EXPLOITATION,
INTERACTIONS ET GESTION

15. INFLUENCE DE L'INCERTITUDE ET DE LA VARIABILITÉ DES PARAMÈTRES D'ENTRÉE SUR LES RÉSULTATS	206
15.1. Définition des paramètres d'entrée et des variables de sortie étudiés	207
15.1.1. Paramètres d'entrée étudiés	208
15.1.2. Variables de sortie	208
15.1.3. Les différentes analyses réalisées	210
15.2. Sensibilité du modèle liée à l'incertitude des paramètres d'entrée	210
15.2.1. Principe de l'analyse par simulation	210
15.2.2. Étude de la capturabilité	211
15.2.3. Sensibilité des outputs globaux	215
15.3. Sensibilité du modèle liée à la variabilité naturelle des paramètres biologiques	218
15.4. Conclusion	219
16. SYNTHÈSE DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT D'EXPLOITATION DES STOCKS EN MANCHE	221
16.1. Étude de la biomasse	221
16.1.1. Indices de biomasse et relation biomasse/effort total	221
16.1.2. Relation entre la biomasse et l'effort par métier. Typologie des stocks	223
16.1.3. Indices de diversité	227
16.2. Étude des captures	228
16.2.1. Diagnostic plurispécifique	228
16.2.2. Détermination du MSY	230
16.2.3. Typologie des stocks en fonction des captures	232
16.3. Bilan et conclusion	234
17. ÉTUDE DES INTERACTIONS TECHNIQUES	239
17.1. Interactions pêcheur - ressource	239
17.1.1. Espèces cibles et accessoires	239
17.1.2. Impact des différentes activités de pêche sur la biomasse exploitée	242
17.2. Interactions inter-métiers et inter-flottes	248
17.2.1. Méthode	248
17.2.2. Interactions techniques entre métiers	249
17.2.3. Interactions techniques entre flottes	252
17.3. Conclusion	257
18. ÉTUDE DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE GESTION	259
18.1. Mesures directes de régulation de l'effort de pêche.	259
18.1.1. Réduction d'un seul segment d'une flotte	260
18.1.2. Réduction du temps de pêche de tous les navires	262
18.1.3. Comparaison économique stochastique entre une variation du temps de pêche et une variation du nombre de navires	263
18.2. Mesures indirectes de limitation des captures (TAC)	266
18.2.1. Justification et principe	266
18.2.2. Conséquences de la mise en place d'un TAC sur la baudroie	267
18.2.3. A propos de deux cas d'actualité	272
18.3. Conclusion	275
CONCLUSION	276

INTRODUCTION

Le modèle BECHAMEL présenté dans la partie précédente est un outil opérationnel présentant une large gamme d'utilisations potentielles, non seulement pour les études bioéconomiques de scénarios de gestion (qui sont son objectif principal), mais également pour la conduite d'autres analyses plus exploratoires. Par son exhaustivité quantitative sur les flottilles, métiers et stocks, il présente un intérêt majeur pour l'étude de la pêche, et des nombreuses relations existant entre les différentes entités qu'il comprend. Le modèle peut s'avérer peu adapté pour l'étude de cas particuliers, à échelle plus fine que celle de l'espace Manche. **Il est en revanche beaucoup plus apte à analyser la pêche dans son ensemble, dans une démarche d'approche globale.** Mais pour extraire de l'information structurée et de la connaissance de ce modèle complexe, il est nécessaire de développer des méthodologies d'analyse claires et homogènes.

La dernière partie de ce document vise à présenter des résultats issus de diverses simulations réalisées avec le modèle BECHAMEL. Quatre voies d'investigation différentes ont été explorées, en utilisant le modèle soit dans son intégralité, soit de manière modulaire (en utilisant seulement un ou deux des trois modules de base). Ces quatre voies sont présentées successivement, chacune faisant l'objet d'un chapitre.

La première série de simulations est une **étude de sensibilité**. On mesure la sensibilité du modèle à la variation de ses paramètres d'entrée, à partir de techniques numériques de type Monte-Carlo. Cette étape est fondamentale pour connaître le comportement du modèle, et sa fiabilité, dans l'intervalle d'ajustement de ses paramètres, pour des simulations ultérieures. En particulier, on ne s'intéresse ici qu'à des simulations conduisant à des situations relativement proches de la situation actuelle. Etant donnée l'extrême incertitude sur l'estimation des paramètres en dehors de cet intervalle d'ajustement, il apparaît peu approprié de mesurer la sensibilité d'un modèle à des paramètres inconnus.

La deuxième analyse est une **synthèse diagnostic** de l'état d'exploitation des stocks en Manche, à la fois par une étude de la biomasse et par une étude de la production. A partir des résultats des méthodes d'évaluation des stocks développées dans la partie III de ce document, on développe une méthodologie d'analyse graphique basée sur la définition de deux coefficients : **un coefficient d'impact et un coefficient de sensibilité**. Ces coefficients sont ensuite repris dans une typologie des stocks de la Manche en fonction de leur état d'exploitation.

La troisième analyse est une étude des interactions techniques dans la pêche. Cette analyse est essentiellement basée sur une approche analogue à celle présentée ci-dessus, et les résultats sont présentés sous forme de typologies. On met notamment en évidence l'existence de stocks plus ou moins structurants de la pêche, de métiers plus ou moins dominants en terme d'influence sur la biomasse, et de métiers et flottilles plus ou moins structurants ou dépendants en terme d'interactions avec les autres métiers ou flottilles.

Enfin, le dernier chapitre est consacré à l'analyse et la comparaison de divers scénarios de gestion, directs et indirects. On y compare notamment des mesures de réduction d'effort et des mesures de contingentement de captures.

15. INFLUENCE DE L'INCERTITUDE ET DE LA VARIABILITÉ DES PARAMÈTRES D'ENTRÉE SUR LES RÉSULTATS

L'analyse de sensibilité au sens large vise à quantifier l'influence de variations des paramètres d'entrée sur les résultats du modèle. Elle permet notamment de statuer sur la qualité de l'identification des paramètres d'un modèle (Gentil & Black, 1981 ; Loehle 1987).

Si le modèle s'avère insensible aux variations des paramètres, alors cela signifie que les sorties du modèle sont peu liées aux paramètres d'entrée, et sa structure théorique peut être remise en cause. Inversement, si les sorties sont trop sensibles aux variations des paramètres d'entrée, alors le modèle n'est pas robuste et peut être rejeté également (Pelletier, 1991).

Il est nécessaire de faire la différence entre les **études d'incertitude** et les **études de variabilité**. Une étude de sensibilité portant sur l'incertitude des paramètres vise à mesurer **quelle est l'erreur potentielle induite dans le modèle à cause d'une mauvaise estimation des paramètres d'entrée**, et quelle aurait été la gamme de résultats obtenus si les valeurs d'entrée choisies avaient été différentes. Les études de sensibilité portant sur la variabilité mesurent l'influence, sur les variables étudiées en sortie, **de la variabilité structurelle et réelle des paramètres d'entrée, sans remettre en cause leur estimation**. Ces deux types d'études n'apportent donc les mêmes informations quant à la fiabilité et la validité du modèle.

Il existe de nombreuses manières d'étudier l'influence de un ou plusieurs paramètres sur le résultat d'un modèle. La plus simple et la plus couramment utilisée est le **calcul analytique de coefficients de sensibilité linéaires** (Tomovic & Karplus, 1963, dans Pelletier, 1991), qui traduisent l'amplification ou l'amortissement via le modèle de l'erreur du paramètre (« sensitivity analysis » en anglais). On utilise souvent le résultat exprimé en %, c'est-à-dire le % de variation de la variable étudiée en sortie pour une variation de 1% de la valeur du paramètre d'entrée. Les autres méthodes, **numériques**, se fondent sur des techniques de type **Monte-Carlo** pour simuler la variabilité ou l'incertitude des paramètres d'entrée. On étudie la **loi de distribution** de la variable de sortie en effectuant un grand nombre de simulations faisant varier le paramètre d'entrée à chaque fois selon une loi de probabilité donnée (« error analysis » en anglais). Ces deux types de méthodes ne sont pas basées sur les mêmes hypothèses. L'étude des coefficients de sensibilité est un bon outil pour **comprendre le fonctionnement du modèle**, car c'est une méthode souvent analytique. En revanche elle ne permet d'étudier que les **perturbations isolées** d'un seul paramètre à la fois, et s'avère difficile à employer et à analyser pour un trop grand nombre de paramètres. A l'inverse, les méthodes d'études par simulations numériques ne permettent pas de comprendre le fonctionnement intrinsèque du modèle, **mais seulement sa réponse en terme d'amortissement ou d'amplifications**. En revanche, elles permettent de prendre en compte la **complexité** des modèles, et l'incertitude ou la variabilité d'un grand nombre de paramètres en même temps. L'analyse qui suit est basée essentiellement sur les méthodes numériques, mais les coefficients de sensibilité au premier ordre sont également étudiés pour certains paramètres.

15.1. Définition des paramètres d'entrée et des variables de sortie étudiés.

Les études de sensibilité présentées ici ne concerne que les deux modules détaillés dans les chapitres précédents, à savoir le module d'activité et le module biologique. La sensibilité de l'estimation des paramètres économiques (prix et coûts) n'est pas étudiée ici, faisant l'objet d'autres travaux en cours ou publiés (Boncoeur & Le Gallic, 1998 ; Le Gallic, en prép ; Pérez, en prép). On utilise donc les valeurs déterministes des paramètres économiques actuellement rentrées dans le modèle. En revanche, l'influence des paramètres biologiques est testée sur les outputs aussi bien biologiques qu'économiques.

15.1.1. Paramètres d'entrée étudiés

Les paramètres d'entrée de BECHAMEL susceptibles d'être pris en compte sont de plusieurs sortes, et interviennent à des moments différents dans le calcul :

- **Les paramètres biologiques situés en amont de BECHAMEL**, et non directement impliqués en tant que tels dans le déroulement du calcul, mais servant au calcul de paramètres d'entrée directs, c'est-à-dire :
 - La mortalité par pêche totale, par stock et par âge (pour les stocks structurés en âge), issue du processus d'évaluation (cf. Partie III) ;
 - La production moyenne 1993-95, par stock et par métier (cf. Partie II, tableau 4).

Ces deux types de paramètres servent à calculer la mortalité partielle par stock, métier et âge, qui elle-même, croisée avec l'effort moyen par métier 1993-95, sert à calculer la capturabilité moyenne 1993-95 par stock, métier et âge (cf. Partie IV, figure 2).

- **Les paramètres décrivant l'effort de pêche**: nombre de bateaux par flottille et classe de taille de navire, nombre moyen annuel de jours de mer, par flottille et classe de taille de navire, matrice d'activité par flottille et métier, et puissance de pêche par métier et classe de taille de navires (cf. Partie IV, chapitre 11). Ces paramètres sont des paramètres directs du modèle potentiellement modifiables pour effectuer des simulations. Ils sont également utilisés pour calculer la capturabilité moyenne ;
- **La capturabilité moyenne annuelle** par stock et par métier (et voire par âge pour les stocks de type 1 et 2) qui, comme on vient de le rappeler, est calculée à partir de l'estimation des paramètres précédemment cités sur les années de référence ;
- **Les paramètres biologiques** pour les stocks structurés en âge : mortalité naturelle, poids moyen des captures aux âges, ogive de maturité ;
- **Le recrutement moyen** pour les stocks structurés en âge. Il est constitué soit d'un seul nombre (stocks de type 1), soit de 2 (stocks de type 2).
- **Le paramètre β^*** des stocks de type 2, décrivant le degré d'indépendance biogéographique des individus capturés en Manche par rapport à un stock extérieur (cf. Partie III, chapitre 9) ;
- **Les paramètres du modèle global** pour les stocks de type 3 (cf. Partie III, §8.2).

15.1.2. Variables de sortie

15.1.2.1. La question de la capturabilité

BECHAMEL est un modèle déterministe et statique, paramétré le plus souvent sur une année de référence (module économique), ou sur une moyenne de 3 années (module biologique). De ce fait, le seul point de référence permettant de contrôler le bon déroulement des calculs est la valeur des variables de sortie biologiques (production) et économiques (revenu, profit) pour une configuration de l'effort et un niveau biologique des ressources égaux à ceux observés pendant la ou les années de référence. Ainsi, au niveau d'effort $mf=1$ (niveau d'effort moyen observé), la production et le profit calculé sont égaux ou proches de ceux observés.

La conséquence de cette structure est **qu'il existe dans le modèle un paramètre clé permettant d'obtenir cette cohérence entre les valeurs observées et les valeurs prédites quelque soit la valeur des paramètres en amont**. Ce paramètre tampon, c'est la capturabilité par stock et métier (et âge éventuellement).

En effet, la plupart des stocks (des 3 types) ont été évalués sous hypothèse d'équilibre, par manque de séries temporelles fiables. Les paramètres de mortalités par pêche partielles (par métier) obtenus donnent donc la production moyenne 1993-95, quand ils sont utilisés dans les

fonctions de production. Et la relation entre l'effort et ces coefficients de mortalités par pêche passe par la capturabilité (cf. Partie IV, §12.1) :

$$F_{s,m,(a)} = q_{s,m,(a)} \cdot E_m$$

Avec $F_{s,m,(a)}$ la mortalité par pêche par stock s , métier m et éventuellement âge a (pour les stocks de type 1 et 2), $q_{s,m,(a)}$ la capturabilité moyenne par stock, métier et éventuellement âge, et E_m l'effort par métier. Ainsi pour les années de référence on a :

$$q_{s,m,(a)93-95} = \frac{F_{s,m,(a)93-95}}{E_{m93-95}}$$

La capturabilité n'est donc pas estimée de manière indépendante comme les autres paramètres, mais bien via l'estimation en amont des paramètres de mortalités et d'effort. C'est pourtant un paramètre d'entrée essentiel du modèle puisque c'est lui qui fait le lien entre le module d'activité et le module biologique. C'est une situation bien différente de celle qu'on trouve au niveau du lien entre le module biologique et le module économique, puisque à cet endroit c'est l'estimation du prix de vente qui permet la transition, et qu'il est pour sa part estimé de manière indépendante.

Ainsi, on peut considérer que le modèle général, c'est-à-dire l'estimation de la production par flottille ou par métier, n'est pas sensible à la manière d'estimer les paramètres de l'effort et de la mortalité par pêche, puisque l'incertitude relative à ces deux types de paramètres va être "absorbée" dans le calcul de la capturabilité moyenne. Quel que soit le choix de la mesure de l'effort initial, les mortalités par pêche ensuite calculées pour ce niveau d'effort seront celles observées pendant les années de référence, et il en est de même ensuite pour le calcul de la production (il faut quand même noter que bien que le calcul de la production, et donc du revenu, soit insensible à l'estimation de l'effort, le calcul du profit et de la rentabilité des navires y est lui logiquement sensible dans la mesure où il existe des coûts, fixes et variables, directement liés au niveau d'effort nominal).

Au vu de ceci il apparaît donc clair que la mesure de la sensibilité du modèle aux paramètres d'effort et de mortalité doit en fait se décomposer en **2 phases** : la première étape est de **mesurer la sensibilité de l'estimation de la capturabilité** à ces deux types de paramètres. La deuxième étape est ensuite de **mesurer la sensibilité du modèle général à la variabilité de cette capturabilité**.

15.1.2.2. *Autres variables de sortie*

Les autres études de sensibilité font intervenir les outputs mesurables dont on cherche à suivre l'évolution au cours des simulations. Etant donné le grand nombre de stocks, métiers et flottilles intégrés dans le modèle, les variables biologiques et économiques potentiellement intéressantes à étudier sont extrêmement nombreuses. Mais augmenter le nombre de coefficients de sensibilité ne permet pas forcément de mieux comprendre la sensibilité structurelle générale du modèle complet, au contraire. Nous avons donc choisi de nous attacher dans un premier temps à trois variables de sortie couvrant l'ensemble de la pêcherie :

- **La production totale**, tous stocks et tous pays confondus ;
- **Le revenu total** tous stocks et tous pays confondus. Afin de ne pas ajouter de l'incertitude supplémentaire non issue des paramètres d'entrée étudiés, le revenu est estimé à prix constant par pays, non dépendant de la quantité débarquée. Le revenu total n'évolue pas pour autant de la même manière que la production totale, car les prix par espèce sont différents, et que la proportion relative des différents stocks dans la production totale est susceptible de varier au cours de l'analyse.

- **Le profit total de la pêche**, c'est-à-dire le revenu total moins les coûts totaux, toutes flottilles confondues. Le profit est ici assimilé à l'excédent brut d'exploitation *EBE* (cf. Partie IV, §13.3).

Des analyses identiques mais plus précises sur un stock ou une flottille particulière seraient également réalisables si elles s'avéraient nécessaires.

15.1.3. Les différentes analyses réalisées

15.1.3.1. Etudes de l'incertitude

Les conséquences de l'incertitude relative à l'estimation des paramètres d'entrée sont calculées dans les cas suivants :

- Conséquences de l'incertitude des paramètres d'effort, sur le calcul de la capturabilité ;
- Conséquences de l'incertitude de l'estimation des mortalités partielles, sur le calcul de la capturabilité ;
- Conséquences de l'incertitude des paramètres biologiques de mortalité naturelle et poids moyen des captures aux âges, sur le calcul des 3 outputs globaux ;
- Conséquences de l'incertitude de l'estimation de β^* , sur le calcul des 3 outputs globaux ;

15.1.3.2. Etudes de la variabilité

3 grands types de paramètres sont structurellement susceptibles de varier significativement, et donc de modifier les résultats obtenus pour les 3 outputs étudiés :

- la capturabilité ;
- le recrutement des stocks de type 1 et 2 ;
- le niveau de biomasse des stocks de type 3.

15.2. Sensibilité du modèle liée à l'incertitude des paramètres d'entrée

15.2.1. Principe de l'analyse par simulation

L'étude de la sensibilité de la capturabilité, à l'incertitude liée aux paramètres d'entrée, a été conduite numériquement, par méthode de Monte-Carlo.

Les paramètres d'entrée sont fixés dans le modèle, mais leur estimation est incertaine. Chaque estimation peut être vue comme une perturbation de la vraie valeur inconnue du paramètre. Pour représenter cette perturbation aléatoire, on suppose que chaque estimateur suit une loi de distribution donnée, d'espérance égale à la valeur initialement fixée pour le paramètre. La distribution du résultat est ensuite estimée à partir de 500 simulations. Cet effectif offre un compromis entre le temps d'utilisation de l'ordinateur et la qualité de l'estimation des variances, bien que une valeur de 200 simulations soit déjà statistiquement acceptable (Pelletier, 1991 ; V. Trenkel, comm. pers.).

15.2.2. Étude de la capturabilité

La capturabilité des stocks de type 1 et 2 est estimée par stock, métier et âge à partir, comme on l'a vu, de l'effort de pêche d'une part, et des mortalités par pêche partielles moyennes sur les années de référence. On teste donc ces deux groupes de paramètres séparément.

15.2.2.1. Sensibilité aux paramètres d'effort.

Méthode

L'effort est constitué de 4 groupes de paramètres : nombre de bateaux par flottille et classe de taille de navire, nombre moyen annuel de jours de mer, par flottille et classe de taille de navire, matrice d'activité par flottille et métier, et puissance de pêche par métier et classe de taille de navires. La sensibilité est mesurée d'une part pour chaque groupe de paramètres individuellement, les autres restant constants, et d'autre part pour tous les groupes de paramètres ensemble.

On suppose que chaque estimateur suit une **loi de distribution Normale**, de moyenne égale à l'estimation du paramètre, et dont la variance correspond à un coefficient de variation fixé. Le choix d'une loi Normale est assez classique, mais d'autres lois, et notamment une loi uniforme pourraient également être envisagées. Avec un même coefficient de variation pour tous les paramètres, il est alors possible de **comparer les variabilités induites sur les sorties du modèle selon les séries de paramètres perturbés**.

Cependant, les 4 groupes de paramètres à tester représentent des entités assez différentes, nécessitant parfois des options particulières dans la programmation. Ainsi :

- Toute valeur égale à 0 dans les matrices de nombre de navires, temps de pêche et activité est laissée à 0. En effet ces valeurs signifient qu'il n'y a pas de bateau identifié dans tel ou tel segment de flottille, ou que telle flottille ne pratique pas du tout tel métier. Ceci est un critère structurel de BECHAMEL qui n'est pas remis en cause.
- On considère que le nombre total de bateaux par pays et classe de taille de navires est connu sans incertitude, grâce aux fichiers nationaux d'immatriculation des navires¹. En revanche l'incertitude porte sur l'allocation des navires à une flottille. On calcule donc d'abord un nouvel estimateur pour chaque paramètre, puis cette nouvelle valeur est pondérée par le ratio entre le nouveau nombre total de navires par pays et le nombre initial considéré comme fixe. Ainsi la flottille totale est toujours la même quelque soit la simulation.
- De la même manière, le total des pourcentages d'activité par métier recalculé à chaque simulation doit être égal à 100 pour chaque flottille.

De plus, un certain nombre de paramètres ayant une valeur faible (flottilles avec des effectifs faibles, puissances de pêche proche de 1, métier peu pratiqué par une flottille et ayant alors un coefficient d'activité faible pour cette flottille), un tirage aléatoire négatif est recommencé jusqu'à ce que l'estimateur soit positif (V. Trenkel, comm. pers.). La conséquence de ceci est que **l'estimateur risque d'être biaisé car la distribution résultante n'est pas complètement Normale** (voir tableau 1). Le choix d'une loi uniforme par exemple aurait permis d'éviter ce problème.

¹ Cependant, ces fichiers étant mis à jour une fois par an, il peut y avoir des sorties de flotte en cours d'année qui ne sont dès lors pas prises en compte.

Le coefficient de variation utilisé pour toutes les distributions des paramètres est ici fixé à 25%. Cette valeur correspond au coefficient de variation inter-bateaux observé pour le nombre moyen de jours de mer par an et par type de flottille (c'est-à-dire équipée en arts traînants ou en arts dormants), lors des enquêtes économiques (Boncoeur & Le Gallic, 1998).

Le nombre de variables de sortie (capturabilité par stock, métier et âge) est très grand (6 301 paramètres par simulation pour tous les stocks de type 1 et 2). Il n'est donc pas possible de les étudier tous. La variabilité moyenne de la capturabilité est alors mesurée, tous stocks et tous métiers confondus, par le ratio, à chaque simulation, de chaque capturabilité estimée sur sa valeur initiale :

$$r = \frac{q_{s,m,a,simu}}{q_{s,m,a,ori}}$$

A chaque simulation, chaque ratio r est calculé et classé dans un tableau de fréquence. On calcule ensuite la moyenne et l'écart-type des r , sur un total de 3 150 500 valeurs (6 301*500).

Le tableau 1 donne les valeurs de la moyenne μ , de l'écart type σ et du coefficient de variation CV en % ($CV=100*\sigma/\mu$) du ratio de capturabilité r pour chaque groupe de paramètres testé, ainsi que la forme de la distribution des fréquences.

Résultats

La sensibilité de l'estimation de la capturabilité est forte par rapport aux paramètres d'effort pris en compte simultanément. Le CV total est supérieur à 37%, c'est-à-dire 1,5 fois plus que le CV individuel des paramètres (25%). Mais cette sensibilité n'est pas la même pour tous les paramètres. Le classement des paramètres par ordre de sensibilité décroissante, est le suivant :

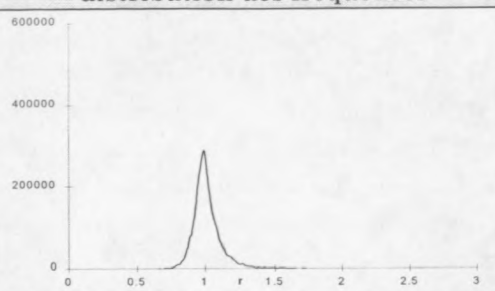
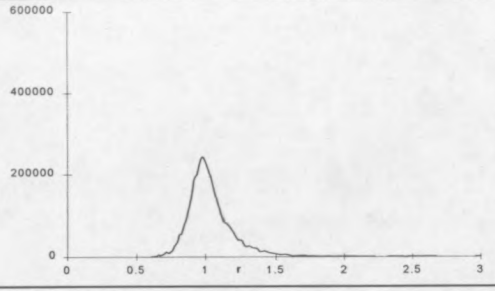
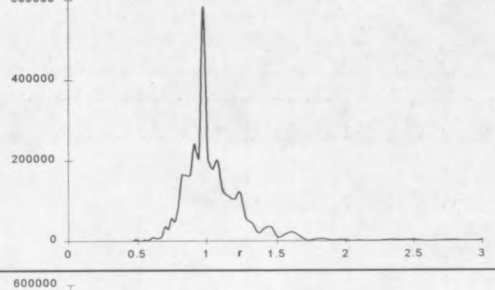
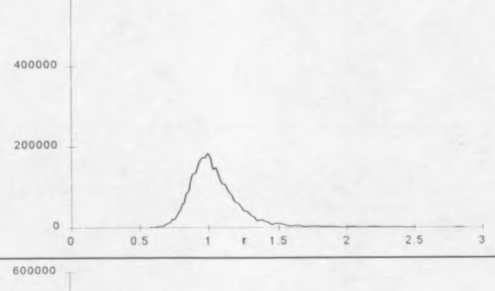
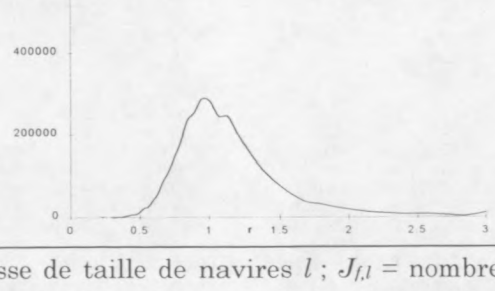
- activité,
- puissance de pêche,
- temps de pêche (nombre de jours),
- nombre de bateaux.

La sensibilité au nombre de bateaux est la plus faible en raison de la limite de variation que l'on a instauré arbitrairement en considérant le nombre total de bateaux comme connu et fixé. Sans cette limite, la sensibilité au nombre de bateaux est la même qu'au nombre de jours, puisque les deux unités jouent un rôle similaire dans le calcul. En effet, l'activité et la puissance de pêche sont des paramètres multiplicatifs au nombre total de jours de pêche par flottille, c'est-à-dire au produit nombre de jours moyen* nombre de bateaux, et donc augmenter l'un ou l'autre dans les mêmes proportions est équivalent.

C'est le **paramètre d'activité**, c'est-à-dire la répartition de l'effort nominal par flottille entre les différents métiers qui est prépondérant dans le calcul de la capturabilité. La majorité des résultats sont pourtant très centrés autour de la moyenne, puisque plus de 50% des valeurs sont comprises entre 0,9 et 1,1, mais il existe des valeurs éloignées qui augmentent significativement l'écart-type. Ceci se retrouve alors dans le calcul général avec l'ensemble des paramètres variant en même temps. 32% seulement des valeurs sont comprises entre 0,9 et 1,1, et 2,5% des valeurs sont supérieures à 2.

On ne présente ici que les résultats pour les stocks structurés en âge (stocks 1 et 2). La même analyse a été réalisée pour les stocks évalués en modèle global (stocks de type 3). L'ordre de grandeur du CV par paramètre est le même que pour les stocks structurés en âge : 9,3% pour le nombre de bateaux, 15,9% pour le temps de pêche, 20,8% pour l'activité et 17,6% pour la puissance de pêche, le CV de tous les paramètres variant en même temps étant de 36,1%.

Tableau 1. Moyenne, écart-type, coefficients de variation et distribution des fréquences des ratios de capturabilité pour les stocks de type 1 et 2, par simulation d'une distribution Normale (correspondant à un CV de 25%) pour chaque série de paramètres successivement, puis tous ensemble (dernière ligne).

Paramètres	μ	σ	CV (%)	distribution des fréquences
$N_{f,l}$	1,007	0,088	8,7	
$J_{f,l}$	1,024	0,167	16,3	
$\alpha_{f,m}$	1,026	0,220	21,4	
$Pp_{m,l}$	1,024	0,182	17,7	
tous à la fois	1,084	0,403	37,2	

$N_{f,l}$ = Nombre de bateaux par flottille f et classe de taille de navires l ; $J_{f,l}$ = nombre annuel de jours de mer par flottille et classe de taille. $\alpha_{f,m}$ = temps passé annuellement (en %) par flottille à pratiquer chaque métier ; $Pp_{m,l}$ = puissance de pêche par métier et classe de taille.

15.2.2.2. Sensibilité à l'estimation des mortalités par pêche

La deuxième composante pour le calcul de la capturabilité est l'estimation des mortalités partielles par stock, âge et métier, sur les années moyennes 1993-95. Ces mortalités sont elles-mêmes issues de l'évaluation. **L'incertitude sur les mortalités partielles tient donc à la fois de l'incertitude sur l'estimation des captures par métier et par âge et de l'incertitude sur les paramètres de l'évaluation** (mortalité terminale, mortalité naturelle, poids moyen des captures par âge...). Tester l'incertitude de tous ces paramètres, situés en amont de BECHAMEL, sur l'estimation de la capturabilité serait un travail très lourd, étant donné le nombre d'espèces à traiter. Travailler sur l'incertitude de l'estimation des captures par exemple obligerait à recalculer tous les paramètres de l'évaluation à chaque simulation, ce qui dépasse largement l'objectif poursuivi ici. Mesurer l'incertitude des paramètres de la VPA et son influence sur les résultats de l'évaluation notamment fait l'objet de la thèse de Pelletier (1991).

Nous avons donc décidé de mesurer la sensibilité de l'estimation de la capturabilité directement sur les mortalités partielles, à effort constant. On considère ainsi que cette incertitude est représentative de celle affectant tous les paramètres d'amont. L'intérêt de cette démarche est de savoir à laquelle de ses deux composantes (mortalité / effort) la capturabilité est la plus sensible.

Le tableau 2 est identique au tableau 1, mais pour le paramètre de mortalité uniquement. Une distribution Normale des erreurs, avec un CV de 25%, est ici aussi admise.

Tableau 2. Moyenne, écart-type, coefficients de variation et distribution des fréquences des ratios de capturabilité pour les stocks de type 1 et 2, par simulation d'une distribution Normale (correspondant à un CV de 25%) sur les mortalités par pêche partielles par stock, métier et âge.

Paramètres	μ	σ	CV (%)	distribution des fréquences
$F_{s,m,a}$	1,004	0,218	21,7	

Le comportement de la capturabilité par rapport à l'incertitude sur les mortalités partielles est comparable à celui par rapport à l'activité du tableau précédent. Le CV est à 21%, alors que plus de 54% des valeurs sont entre 0,9 et 1,1. L'incertitude sur cette composante est cependant moins forte que sur la composante totale de l'effort, puisqu'il faudrait un CV de 47% sur les mortalités par pêche pour obtenir le même CV que sur la composante d'effort (37,2%).

Compte tenu de ces résultats, on analysera la sensibilité du modèle (c'est-à-dire des outputs globaux) à une incertitude sur les capturabilités estimées, en retenant là aussi la valeur de 25% pour le CV. La capturabilité est néanmoins un paramètre qui présente, outre son incertitude, une variabilité structurelle liée à la variabilité de l'environnement. L'analyse de sensibilité correspondante sera donc présentée dans le paragraphe relatif à la variabilité structurelle.

15.2.3. Sensibilité des outputs globaux

15.2.3.1. Sensibilité aux paramètres biologiques

La sensibilité des outputs globaux (production totale, revenu total intérieur des flottilles de la Manche, et profit total) à l'incertitude des paramètres biologiques (mortalité naturelle et poids aux âges) est étudiée de la même manière, en admettant une distribution Normale et un CV de 25%. Seul le CV des estimations des variables d'intérêt est présenté ici (tableau 3).

Tableau 3. coefficient de variation (en %) des variables globales obtenus par simulation d'une distribution Normale correspondant à un CV de 25% pour les paramètres biologiques des stocks structurés en âge (stocks de type 1 et 2).

estimateur paramètre d'entrée	Production totale	Revenu total intérieur	EBE total
Mortalité naturelle	2,5	2,3	5,1
Poids aux âges	1,7	1,8	3,9
les 2 à la fois	2,9	2,7	6,1

A échelle globale, les variables sont peu sensibles à l'estimation des paramètres biologiques. Ceci se comprend quand on se rapporte à l'importance des stocks concernés par rapport aux variables étudiées. En effet les paramètres biologiques ci-dessus ne concernent que les stocks structurés en âge, c'est-à-dire la moitié des stocks rentrés dans le modèle. Ces stocks représentent environ 40% de la production et 55% du revenu. Ainsi les simulations ci-dessus se déroulent sous hypothèse de production des stocks de type 3 constante, ce qui "lisse" un peu le résultat. Les variations du revenu sont cependant amplifiées dans le calcul de l'EBE par les calculs qui en découlent, notamment les taxes de débarquements et surtout les salaires à la part. D'où une sensibilité plus grande.

15.2.3.2. Sensibilité à l'estimation de β^* pour les stocks In/Out.

Méthode

En raison du plus faible nombre de paramètres à étudier ici, l'étude de la sensibilité à β^* est basée sur le calcul des **coefficients de sensibilité linéaire** au premier ordre.

Le coefficient de sensibilité linéaire du premier ordre mesure l'amortissement ou l'amplification d'une variable de sortie y pour une variation ponctuelle du paramètre d'entrée x :

$$S(y/x) = \frac{\partial y}{y} \frac{x}{\partial x}$$

En première approximation, il correspond au pourcentage de variation de y qu'entraîne une variation unitaire de x . Pour de petites variations on peut en effet poser:

$$\frac{\partial y}{y} \frac{x}{\partial x} = \frac{\Delta y}{y} \frac{x}{\Delta x}$$

Dans la plupart des applications, et c'est le cas ici, ces coefficients sont calculés par **approximation numérique**, en augmentant le paramètre d'entrée d'une certaine quantité et en regardant la variation en sortie. Dans certains cas, il est également possible de calculer analytiquement ces coefficients par calcul des dérivées premières des équations reliant les paramètres, via les méthodes delta (cf. par exemple Laurec, 1986 ; Pelletier, 1991).

Etant donné la méthode d'estimation de β^* , bien souvent empirique, on préfère en donner un ordre de grandeur (de l'ordre de 1/10) plutôt qu'une valeur plus précise à 2 décimales. Il nous a donc semblé plus intéressant de mesurer l'influence d'une variation de β^* de 0,1 plutôt que de 1%. Pour chaque stock In/Out (12), on calcule donc la variation en production et en valeur de ce stock, ainsi que la valeur des 3 outputs globaux. Par ailleurs on a montré que l'estimation de la production au niveau d'effort actuel ($mf=1$) n'était logiquement pas dépendante de β^* . Quelle que soit la valeur du paramètre, les captures totales (In + Out) sont identiques et égales aux captures observées (toutes les courbes se croisent à ou autour de $mf=1$, selon que l'étude est faite en pseudo-cohorte à l'équilibre ou sur un tableau complet). En revanche, ceci n'est pas vrai pour un niveau d'effort différent de 1. Plus généralement, la pente de la courbe des captures, en fonction de l'effort, dépend elle de la valeur du paramètre β^* (notion de rendement marginal). Il en va de même pour la production en valeur et l'*EBE*, dont les valeurs marginales dépendent aussi de β^* . On calcule donc également les pentes des tangentes correspondantes, soit pour chaque variable

$$Var : \frac{dVar}{dmf}$$

Résultats

Pour chaque stock, le tableau 4 fournit plusieurs résultats : la première ligne indique la valeur de β^* actuellement rentrée dans le modèle, et la valeur des dérivées premières par rapport à mf pour la production de ce stock, la production totale, le revenu total intérieur des flottilles de Manche, et l'*EBE* total de ces flottilles. Les deux lignes suivantes sont composées de ratio de ces mêmes données calculées pour une valeur différente de β^* par rapport à la première ligne. La deuxième ligne correspond à la valeur $\beta^*-0,1$, et la troisième ligne, à la valeur $\beta^*+0,1$. On trouve donc sur ces lignes d'abord le pourcentage de variation de β^* ($=0,1/\beta^*$) (si $\beta^*=0$, ce pourcentage ne peut évidemment pas être calculé), puis le pourcentage de variation des dérivées premières de chaque output. Si les nouvelles valeurs de β^* n'existent pas ($\beta^*>1$ ou $\beta^*<0$), la ligne n'est pas remplie.

Pour la plupart des stocks de type 2, une incertitude sur la valeur de β^* n'a pas d'influence forte sur le résultat final. Pour les stocks largement extérieurs (β^* proche de 0), une variation de 0,1 se traduit par moins de 2% de variation dans la dérivée première de la production, et par presque aucun changement dans les 3 outputs globaux. La seule différence significative est obtenue pour le merlu, mais cette espèce compte pour une si petite part dans les débarquements totaux de la Manche (0,2% environ), que cette variation de la production de l'espèce ne se retrouve pas dans les valeurs globales.

Les variations sont plus importantes en revanche pour les stocks essentiellement locaux (β^* proche de 1). L'amplitude de variation la plus forte est obtenue pour la plie_7d pour la production, et pour la sole_7d pour le revenu. Mais dans tous les cas, la variation des dérivées première est inférieure à la variation de β^* .

Tableau 4. coefficients de sensibilité des dérivées premières des outputs globaux (production par espèce, production totale, revenu intérieur total et profit totale) pour une variation de β^* de 0,1. (cf texte).

Stock	β^*	β^*	dYs/dmf	dYt/dmf	dRt/dmf	$dEBE/dmf$
cardine	β^*	0	0,949	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	/	/	/	/	/
	$\beta^*+0,1$	/	-1,9%	0,0%	0,0%	0,0%
hareng_7d	β^*	0	0,979	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	/	/	/	/	/
	$\beta^*+0,1$	/	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%
maquereau	β^*	0	0,806	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	/	/	/	/	/
	$\beta^*+0,1$	/	1,7%	0,7%	-0,1%	-0,1%
merlan_7d	β^*	0	0,966	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	/	/	/	/	/
	$\beta^*+0,1$	/	-0,7%	0,0%	0,0%	0,6%
merlan_7e	β^*	0	0,985	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	/	/	/	/	/
	$\beta^*+0,1$	/	0,6%	0,0%	0,0%	-0,1%
merlu	β^*	0	0,961	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	/	/	/	/	/
	$\beta^*+0,1$	/	-16,2%	0,0%	0,1%	0,1%
morue_7d	β^*	0,5	0,933	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	-20%	3,86%	0,00%	0,00%	0,97%
	$\beta^*+0,1$	20%	0,75%	0,33%	-0,15%	-1,09%
morue_7e	β^*	0,5	0,965	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	-20%	0,52%	0,00%	0,00%	0,02%
	$\beta^*+0,1$	20%	0,00%	0,00%	0,00%	-0,04%
plie_7d	β^*	0,7	0,734	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	-14%	-0,14%	0,00%	0,00%	-0,37%
	$\beta^*+0,1$	14%	-7,77%	-0,66%	0,29%	0,67%
plie_7e	β^*	0,9	0,982	0,305	-0,687	-8,323
	$\beta^*-0,1$	-11%	0,10%	0,00%	0,00%	-0,10%
	$\beta^*+0,1$	11%	0,20%	0,00%	0,00%	0,11%
sole_7d	β^*	0,9	0,825	0,304	-0,696	-9,975
	$\beta^*-0,1$	-11%	-0,36%	0,00%	-0,14%	-2,75%
	$\beta^*+0,1$	11%	0,61%	0,00%	0,14%	3,19%
sole_7e	β^*	0,8	0,959	0,304	-0,696	-9,975
	$\beta^*-0,1$	-12,5%	-0,31%	0,00%	0,14%	0,21%
	$\beta^*+0,1$	12,5%	-0,21%	0,00%	0,00%	-0,25%

On a vu en partie III que la valeur de β^* modifie la fonction de production et de rendement par recrue, et ainsi sur le diagnostic de sur ou sous-exploitation. Les résultats obtenus ici montrent cependant que l'estimation précise de β^* n'est pas un point essentiel d'amélioration immédiate de BECHAMEL. Pour des simulations faites à un niveau d'effort peu éloigné de la situation actuelle, ce qui est bien souvent le plus probable en terme de gestion des pêches, un ordre de grandeur approximatif de β^* semble suffisant, et les informations contenues dans

l'ouvrage d'identification biogéographique des stocks de Manche (Anon., 1993a) suffisent dans un premier temps à l'estimer empiriquement.

15.3. Sensibilité du modèle liée à la variabilité naturelle des paramètres biologiques

On étudie ici la réponse du modèle à la variabilité structurelle de certains paramètres d'entrée. Ces paramètres ont été identifiés au §1 de ce chapitre. Ils sont de deux types différents :

- **capturabilité** (pour les 3 types de modèles)
- **niveau de biomasse** : recrutement (type 1 et 2) et paramètres a et b du modèle global. La référence à un niveau de biomasse indique que l'on travaille sur des courbes de production homothétiques par rapport à celles actuellement rentrées dans le modèle, sans influencer sur la forme de la courbe et la place des captures actuelles par rapport au MSY par exemple.

On compare ainsi l'influence de la variabilité de ces différents paramètres sur les outputs globaux. Comme précédemment, l'analyse est conduite en considérant que chaque paramètre suit une distribution aléatoire Normale, de moyenne égale à la valeur actuellement rentrée dans le modèle, et d'écart-type correspondant à un CV de 25%. La procédure Monte-Carlo est là encore ajustée sur 500 simulations. Les CV correspondants sont présentés tableau 5.

Afin de comparer l'influence des niveaux de biomasse selon les différents types de modèle, les conventions de calcul pour les stocks de type 3 sont les suivantes : pour un stock de type Fox ($m=1$), seul le paramètre a varie aléatoirement, b est constant. Pour un stock de type Schaefer ($m=2$), les deux paramètres a et b varient, mais du même pourcentage simultanément. En effet, pour atteindre un niveau de biomasse par exemple de 25% supérieur au niveau actuel, il faut :

- multiplier R par 25% pour les stocks structurés en âge, car $B=Re.B/R$, avec B la biomasse, Re le recrutement équilibré, et B/R la biomasse par recrue ;
- multiplier a par 25% pour les stocks de type Fox, car $U=a.Fe^{bF}$, avec U la CPUE moyenne (indice de biomasse), et F la mortalité par pêche totale ;
- multiplier a et b par 25% pour les stocks de type Schaefer, car $U=a+bF$.

Tableau 5. Coefficients de variation des outputs globaux obtenus par simulation d'une distribution Normale (correspondant à un CV de 25%) pour chaque série de paramètres successivement, puis tous en même temps.

Paramètre	Estimateur	Production totale (%)	Revenu intérieur total (%)	EBE total (%)
capturabilités type 1		0,14	0,14	0,32
capturabilités type 2		0,87	0,67	1,49
capturabilités type 3		2,46	1,22	2,75
recrut. type 1 et 2		3,38	3,55	7,86
param. a et b , type 3		6,28	3,17	6,97
tous à la fois		7,49	4,93	11

La sensibilité de la production et du revenu à la variabilité des paramètres d'entrée est en moyenne très faible. Le CV est toujours inférieur à 8%, c'est-à-dire à 1/3 du CV initial des paramètres individuels. La sensibilité la plus faible est obtenue pour les variations de

capturabilité, même pour celles des stocks de type 3 qui représentent pourtant plus de la moitié de la production. La sensibilité la plus forte est celle correspondant aux paramètres a et b de ces mêmes stocks. Les coefficients de variation du revenu intérieur évoluent de la même manière que ceux de la production totale, mais la différence des prix entre les stocks masquent les variations de leur production. Les CV sont donc toujours plus faibles, sauf pour la variabilité du recrutement car les stocks concernés par cette variabilité sont en moyenne de plus haute valeur commerciale que les stocks de type 3. La sensibilité de la mesure du profit (EBE) à la variabilité des paramètres d'entrée est toujours plus élevée que pour les deux autres variables. En effet les variations du revenu sont amplifiées dans le calcul de la marge brute par les variations induites des taxes et des salaires calculés à la part. Cependant, le coefficient de variation reste quand même faible (maximum 11%) par rapport à la variabilité initiale des paramètres.

En fait, il semble que **le grand nombre d'espèces présentes dans BECHAMEL induise une certaine stabilité du modèle, et une robustesse des résultats globaux de l'ensemble de la pêcherie aux variations individuelles de la biomasse et de la capturabilité** de chacune d'entre elles. Au cours d'une simulation, toutes les espèces varient en même temps, mais certaines vont augmenter, d'autres vont diminuer, et le résultat global varie finalement peu en sortie. On retrouve là une certaine **résilience des écosystèmes plurispécifiques exploités**, où la biomasse relative des différentes espèces varie au cours du temps et selon le niveau d'exploitation, mais où la biomasse totale reste stable (cela a notamment été observé en Mer du Nord, Anon., 1998b). La simulation ne prend donc pas en compte des changements globaux de l'écosystème. Comme dans les simulations précédentes, l'erreur sur chaque paramètre n'est pas égale au biais général.

Nous avons choisi dans ce chapitre de travailler à échelle globale, et de ne pas descendre à l'échelle du cas particulier d'une espèce donnée ou d'une flottille donnée. Bien entendu une utilisation de BECHAMEL dans cette optique là requerrait au préalable une analyse de sensibilité des résultats obtenus en sortie pour cet objet d'étude particulier. Cependant on imagine facilement que la variation de la production individuelle d'une espèce particulière est bien plus forte, quand sa capturabilité et/ou son niveau de biomasse varie, que dans les simulations présentées ici.

15.4. Conclusion

Ce chapitre a permis de **tester la réponse du modèle à un certain nombre de paramètres d'entrée**, majoritairement par des méthodes de simulations de type Monte-Carlo, et, à moindre échelle, par calcul des coefficients de sensibilité linéaire au premier ordre. Les résultats obtenus montrent d'abord que **dans leurs ensembles, les variables globales de sortie sont peu affectées par l'incertitude ou la variabilité des paramètres d'entrée**. La production, le revenu et, dans une moindre mesure, le profit total de la pêcherie semblent résiliants à une variation des niveaux d'effort, de biomasse et /ou de capturabilité. Ceci est compréhensible à la vue du grand nombre d'entités présentes dans le modèle. En effet le nombre de flottilles, métiers et stocks exploités est élevé, et donc les variations de l'une ou l'autre de ces entités affecte peu les résultats finaux.

A plus petite échelle, on remarque cependant des **différences dans l'importance relative des différents paramètres**. L'étude de la capturabilité a montré que la sensibilité la plus forte était celle liée à l'incertitude sur l'estimation des mortalités partielles d'une part, (et donc indirectement de l'estimation des captures et de l'évaluation des stocks), et d'autre part à

l'estimation de la matrice d'activité, c'est-à-dire à l'allocation de l'effort au sein de chaque flottille. La même incertitude liée aux autres paramètres d'entrée induit une variation moindre de la capturabilité. Le paramètre le moins important est la répartition des navires entre les différentes flottilles, si l'on considère que le nombre total de navires par pays et par taille est connu sans incertitude.

Les résultats globaux du modèle sont eux surtout sensibles au niveau de biomasse estimé, c'est-à-dire au recrutement (pour les stocks structurés en âge) et aux paramètres a et b du modèle global. Les paramètres biologiques de mortalité naturelle et de poids moyen aux âges viennent ensuite, à peu près au même niveau que la capturabilité des stocks de type 3. Enfin, la capturabilité des stocks de type 1 et 2 sont les paramètres les moins influents en terme de sensibilité globale. De même, l'hypothèse faite sur la plus ou moins grande indépendance des stocks par rapport aux mers adjacentes pour les stocks In/Out (type 2) a peu d'influence pour un niveau d'effort proche du niveau actuel (mais pourrait en avoir à des niveaux d'effort éloignés).

Cette étude n'est qu'une partie des analyses de sensibilité que l'on pourrait réaliser. Toutes les simulations ont été réalisées en utilisant des lois Normales, ayant pour moyenne la valeur estimée actuellement à partir de nos années de référence. On travaille donc **sous hypothèse d'une incertitude stochastique, potentiellement aussi bien positive que négative**, et c'est pourquoi on obtient de tels résultats, les espèces s'équilibrant entre elles. Nous n'avons pas, par exemple, testé l'hypothèse, pourtant réaliste, où toutes (ou presque) les captures, qui servent de base à l'estimation d'un grand nombre des paramètres, soient sous-estimées. Il faudrait pour cela réestimer à chaque simulation l'intégralité des mortalités par pêche, capturabilités, voire les puissances de pêche ou même les relations prix-quantité. **De ce point de vue, on ne peut que souligner l'idée suivante : la fiabilité de l'estimation des captures reste une question clé, incontournable pour l'amélioration de la connaissance des stocks de la Manche et des diagnostics qui en découlent. C'est d'abord sur ces données que doivent porter les efforts administratifs et scientifiques.**

Nous n'avons pas non plus cherché à estimer ici la variabilité réelle de certains paramètres. Il aurait été intéressant par exemple de mesurer les fluctuations réelles d'abondance ou du recrutement par stock. Mais le nombre de stocks sur lesquels on aurait pu mesurer cette variabilité historique des niveaux d'abondance est trop faible par rapport au total pour que ceci soit applicable. Un CV moyen et équivalent pour tous stocks est finalement aussi plausible, et permet de faire des comparaisons entre les différents paramètres.

Finalement, la définition des paramètres sensibles doit permettre de mettre en évidence ceux qu'il faut essayer d'estimer en priorité, et donc ceux sur lesquels un effort d'échantillonnage et d'étude devrait d'abord porter.

16. SYNTHÈSE DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT D'EXPLOITATION DES STOCKS EN MANCHE¹

L'évaluation des stocks, telle qu'elle a été réalisée au sein du projet Manche, et présentée dans la partie III, permet de tirer un certain nombre de conclusions sur **l'état général des stocks en Manche**. Malgré les réserves déjà émises à propos des méthodes employées, il n'en reste pas moins que ce travail, peut-être parfois sommaire, est la seule synthèse réalisée sur l'ensemble des stocks commercialement exploités dans cette région. Ainsi, en dehors de son utilisation pour l'estimation de la production attendue à l'équilibre, pour un certain niveau d'effort en tant qu'input du modèle économique, **le module biologique plurispécifique peut aussi être utilisé en tant que tel, comme outil halieutique et écologique d'étude des stocks exploités et de leur réponse à l'activité de pêche**. Un diagnostic plus précis, et sans doute plus fiable peut être obtenu sur certains stocks particuliers dans d'autres ouvrages (cf. par exemple Anon., 1997a et b, Didenko, 1998, Dunn, 1999), mais ceux-ci ne sont pas exhaustifs. Ce chapitre vise donc à faire un bilan général du niveau d'exploitation des stocks en Manche, étudié à travers le modèle bioéconomique BECHAMEL, d'abord d'un point de vue de la biomasse, puis du point de vue des captures. On propose également des typologies des stocks en fonction de différents critères.

16.1. Étude de la biomasse

16.1.1. Indices de biomasse et relation biomasse/effort total

Le multiplicateur d'effort est ici noté mf_M quand il s'applique à l'effort total, et mf_m quand il s'applique à un métier m . Il est égal à : $mf = f / f_{93-95}$.

Par définition, un indice noté S représente la somme de tous les stocks exploités (biomasse totale), et un indice noté M représente la somme de tous les métiers (effort total).

La CPUE correspondante pour un stock s et un métier m est alors :

$$U'_{s,m}(mf_M) = \frac{Y_{s,m}(mf_M)}{mf_M}$$

avec $Y_{s,m}(mf_M)$ la production équilibrée du stock s faite par le métier m au niveau d'effort mf_M , calculé d'après les fonctions de production de BECHAMEL. Ainsi, dans la situation actuelle ($mf_m=1$ pour tous les métiers), on a $U'_{s,m}(1)=Y_{s,m}(1)$.

Ainsi qu'on l'a expliqué, la méthode d'ajustement des courbes de production pour les stocks de type 3 (modèle global) ne permet pas d'identifier complètement tous les paramètres. On ne peut ainsi calculer les valeurs de la capturabilité et de la biomasse absolue. En revanche, on peut calculer des valeurs relatives, ou des indices. Afin de travailler avec une méthode homogène pour l'ensemble des stocks et de permettre des comparaisons, on définit un seul **indice de biomasse**, utilisé pour tous les stocks, même pour ceux dont on peut évaluer la biomasse réelle (stocks de type 1 et 2).

Sous hypothèse d'une capturabilité constante, la CPUE calculée à partir de l'effort total, $U'_{s,M}(mf_M)$ peut être considéré comme un indice de biomasse.

¹ Ce chapitre a fait l'objet d'une communication :

Ulrich C., Dunn M.R., Gascuel D. (1999). Analysis of the impact of fishing activities on exploited marine resources at the ecosystem scale : the case of English Channel fisheries. *ICES CM 1999/Z:05*, 18 pp.

L'indice de biomasse peut ainsi être calculé sur une gamme de variation de l'effort total de 0 à 2, 1 correspondant à la valeur de l'indice de biomasse de la période de référence 1993-95. Un indice de biomasse par groupe de stocks, ainsi qu'un indice total peut être calculé par combinaison des différents indices.

L'indice de biomasse à l'état vierge ($mf_M=0$), tous métiers confondus, est calculé, pour les stocks de type 3, directement de l'équation du modèle :

$$U'_{s,M}(0) = a^{1/m-1}$$

Pour les espèces structurées en âge, $U'_{s,M}(0)$ est approché, pour des questions de simplicité de programmation, par une valeur de mf_M proche de 0 ($mf_M=1E-6$).

Enfin, pour les stocks In/Out, la notion de "biomasse vierge" désigne en réalité la biomasse estimée en Manche (In+Out) pour un effort en Manche nul. La mortalité par pêche extérieure (F_{1b}) est considérée comme constante.

Le taux relatif de biomasse t_s est calculé comme étant le ratio entre l'indice de biomasse au niveau actuel d'effort ($mf_M=1$) et l'indice de biomasse à l'état vierge ($mf_M=0$) :

$$t_s = \frac{U'_{s,M}(1)}{U'_{s,M}(0)}$$

L'évolution des indices de biomasse équilibrée en fonction du multiplicateur d'effort est représenté figure 1, par groupe biologique de stock et pour l'ensemble des stocks. Les valeurs du taux de biomasse estimé pour chacun des stock sont reportées tableau 6.

Les résultats mettent en évidence des niveaux de biomasse différents pour les divers stocks et groupes de stocks. La biomasse totale des stocks exploités en Manche (tous stocks confondus) est égale à 1/3 de sa biomasse estimée sans exploitation. Ce résultat est à 0,29 si on fait abstraction des 6 stocks extérieurs ($\beta^*=0$: maquereau, merlan - 2 stocks -, hareng 7d, cardine et merlu). Pour ceux-ci, l'exploitation en Manche est faible par rapport à l'extérieur. Dès lors, augmenter ou diminuer l'effort dans cette zone n'a guère d'influence sur la biomasse, et le taux relatif de biomasse est proche de 1.

En moyenne, ce sont les poissons démersaux et benthiques qui sont les plus exploités, avec un taux de biomasse de 0,2. La biomasse vierge estimée serait 5 fois plus importante que la biomasse actuelle. Les stocks locaux de Manche (stocks In/Out avec β^* proche de 1) affiche un taux d'exploitation proche de la moyenne des poissons démersaux et benthiques. En dehors des stocks In/Out extérieurs, les valeurs de taux de biomasse les plus élevées sont obtenues pour la plupart des crustacés et mollusques, sauf le buccin et les principaux stocks de coquille St. Jacques, c'est-à-dire pour les stocks majoritairement évalués par méthode globale. Le choix de ce type de modélisation conduit sans doute à une vision optimiste de l'état des stocks.

Dans l'ensemble, les taux relatifs de biomasse des pélagiques sont élevés, mais ce résultat est surtout dû à la présence des stocks extérieurs (hareng_7d et maquereau), pour les raisons précédemment énoncées.

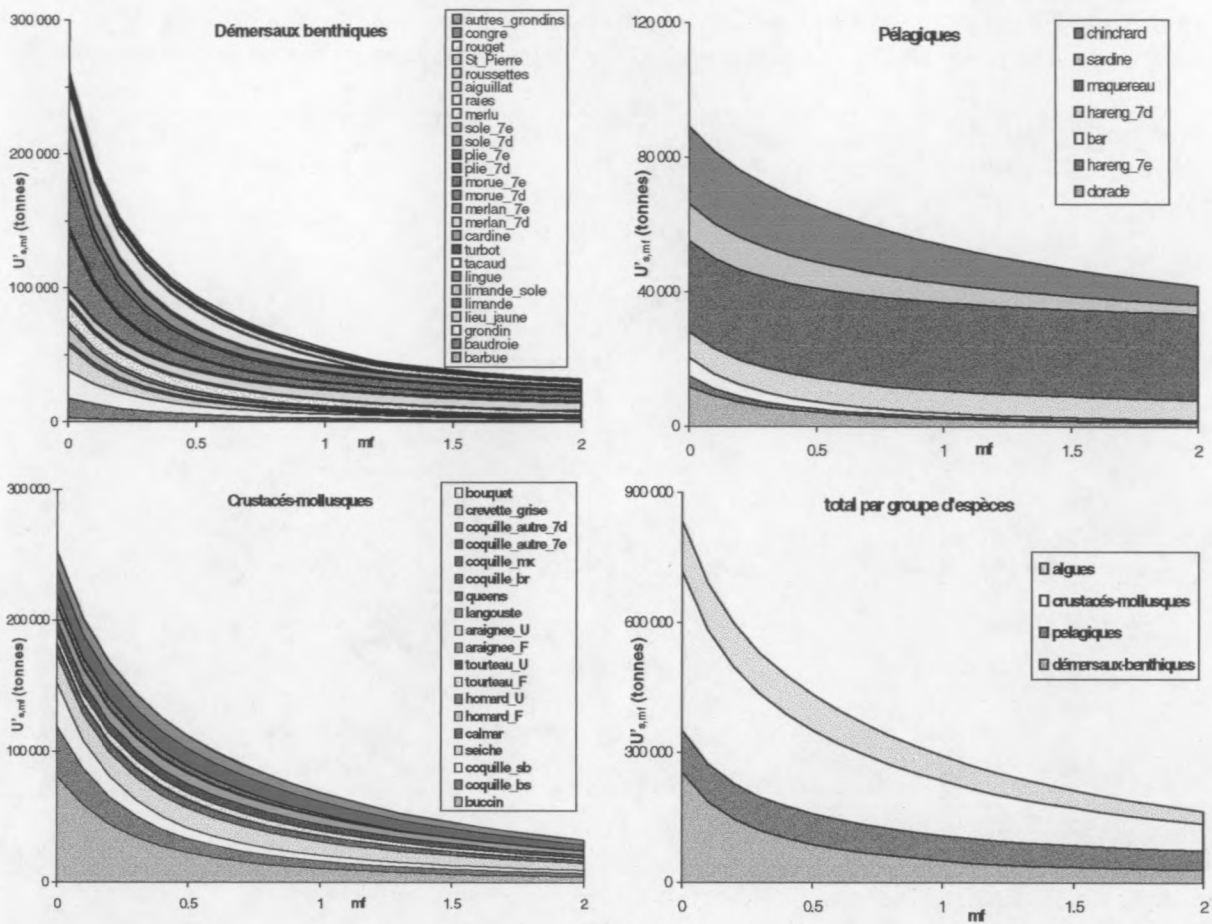


Figure 1. Indice de biomasse en fonction du multiplicateur d'effort, par groupe de stocks et tous groupes ensemble

16.1.2. Relation entre la biomasse et l'effort par métier. Typologie des stocks

16.1.2.1. Méthode

Pour étudier la réponse de la biomasse d'un stock s aux variations d'effort d'un métier m , les autres métiers étant considérés comme ayant un effort constant (et égal à sa valeur pendant les années de référence, soit $mf_{autres_métiers} = 1$), il est d'abord nécessaire de recalculer le multiplicateur d'effort total mf_M correspondant à la variation du métier m , et noté dans ce cas là $mf_M(mf_m)$. Ce coefficient est calculé directement dans BECHAMEL comme étant un ratio de mortalité par pêche :

$$mf_M(mf_m) = \frac{mf_m * F_{s,m} + F_{s,autres_métiers}}{F_{s,m} + F_{s,autres_métiers}} = \frac{mf_m q_{s,m} E_m + \sum_{i=1}^{M, i \neq m} q_{s,i} E_i}{\sum_{i=1}^M q_{s,i} E_i}$$

avec mf_m le multiplicateur d'effort du métier m , $q_{s,i}$ la capturabilité du stock s par le métier i , E_i l'effort du métier i , $F_{s,m}$ la mortalité par pêche du stock s due au métier m et $F_{s,autres_métiers}$ la mortalité par pêche du stock s due aux autres métiers. Pour les stocks de type 1 et 2, les termes de mortalité par pêche désigne en réalité la mortalité moyenne aux âges pleinement exploités.

Tableau 6. Taux relatif de biomasse (ratio entre l'indice de biomasse actuel estimé et l'indice de biomasse à l'état vierge) par groupe de stocks. Pour les stocks In/Out (notés *), la mortalité par pêche extérieure est considérée comme constante

Démersaux - benthiques		Pélagiques		Crustacés - mollusques		Algues	
lieu jaune	0,10	dorade	0,19	buccin	0,13	algues	0,50
morue_7d*	0,10	hareng_7e	0,19	coquille_sb	0,13		
plie_7e*	0,11	bar	0,20	coquille_bs	0,15		
barbue	0,12	sardine	0,50	langouste	0,16		
turbot	0,13	chinchard	0,50	queens	0,23		
baudroie	0,14	hareng_7d*	0,87	seiche	0,50		
limande_sole	0,14	maquereau*	0,97	calmar	0,50		
morue_7e*	0,14			homard_F	0,50		
plie_7d*	0,14			homard_U	0,50		
raies	0,16			tourteau_F	0,50		
grondin	0,17			tourteau_U	0,50		
sole_7d*	0,20			araignee_F	0,50		
sole_7e*	0,32			araignee_U	0,50		
lingue	0,35			coquille_br	0,50		
limande	0,36			coquille_mx	0,50		
tacaud	0,36			coquille_autre_7e	0,50		
aiguillat	0,50			coquille_autre_7d	0,50		
St_Pierre	0,50			crevette_grise	0,50		
congre	0,50			bouquet	0,50		
autres_grondins	0,50						
rouget	0,62						
roussettes	0,71						
merlan_7e*	0,88						
merlan_7d*	0,95						
cardine*	0,97						
merlu*	0,98						
Total dém.benth.	0,20	Total pélagiques	0,61	Total crust. Moll.	0,34	Total tous stocks	0,33

Par exemple pour le bar, le métier F7.2 (palangre côtière française) est responsable d'environ 15% des captures et de la mortalité. Une augmentation de 10% de l'effort de ce métier ($mf_{7.2} = 1,1$) est équivalente (en terme de mortalité), à une augmentation de 1,5% de l'effort total ($mf_M(mf_{7.2}) = 1,015$). De même, une suppression de ce métier ($mf_{7.2} = 0$) correspond à une diminution d'environ de 15% de l'effort total ($mf_M(mf_{7.2}) = 0,846$).

On recalcule ensuite l'indice de biomasse correspondant, c'est-à-dire la CPUE moyenne équilibrée du stock s totale (tous métiers confondus, d'où l'indice M), estimée pour le niveau d'effort total $mf_M(mf_m)$ calculé à partir du niveau d'effort mf_m du métier m :

$$U'_{s,M}(mf_m) = \frac{Y_{s,M}(mf_m)}{mf_M(mf_m)}$$

Le calcul de cet indice par stock et par métier est la base de toute l'analyse menée sur la réponse de la biomasse à l'effort dans des conditions d'équilibre. En fonction de ce que l'on cherche à étudier, il peut être ensuite agrégé sur l'ensemble des métiers ou sur l'ensemble des espèces (voir plus bas).

Pour chaque stock et chaque métier, on définit alors deux coefficients décrivant les interactions entre le stock et le métier :

- **le coefficient d'impact** $r_{s,m}$ traduit l'impact que le métier m a sur la biomasse du stock s . Il est déduit du ratio entre l'indice de biomasse estimé au niveau actuel d'effort (tous métiers) et l'indice de biomasse estimé si le métier m était absent, les autres métiers étant considérés comme constants. Ainsi pour chaque stock et métier:

$$r_{s,m} = 1 - \frac{U'_{s,M}(mf_m = 1)}{U'_{s,M}(mf_m = 0)}$$

Plus le métier a un impact fort sur le stock, plus la suppression de ce métier diminue l'effort et la mortalité totale, et augmente donc l'indice de biomasse, et plus $r_{s,m}$ sera proche de 1.

De la même manière le coefficient d'impact peut également être calculé pour un changement de l'effort total mf_M . Il est alors noté $r_{s,M}$ et égal à $(1-t_s)$, avec t_s le taux relatif de biomasse. (On rappelle que pour les stocks ayant une composante extérieure (stocks In/Out), la biomasse vierge signifie la biomasse estimée sans aucun effort développé en Manche, l'effort extérieur étant considéré comme constant et non nul.

- **le coefficient de sensibilité** du stock s au métier m , noté $cs_{s,m}$, représente la variation (en pourcentage) de l'indice de biomasse du stock suite à une augmentation de 1% de l'effort du métier ($cs_{s,m} > 0$):

$$cs_{s,m} = - \frac{U'_{s,M}(mf_m = 1,01) - U'_{s,M}(mf_m = 1)}{U'_{s,M}(mf_m = 1)} \cdot 100$$

Plus ce coefficient $cs_{s,m}$, est élevé, plus le stock est sensible (en terme d'abondance) à une variation de l'effort du métier m , comparativement à la situation actuelle.

Pour chaque stock on peut définir également un coefficient de sensibilité de la biomasse à un changement de l'effort total mf_M . Ce coefficient, $cs_{s,M}$ représente la variation (en %) de l'indice de biomasse d'un stock lorsque l'effort total varie de 1%.

16.1.2.2. Résultats

Les deux coefficients calculés pour une variation de l'effort total mf_M ($r_{s,M}$ et $cs_{s,M}$) sont reportés sur un graphe, afin d'identifier les groupes de stocks ayant des niveaux d'exploitation et des comportements similaires face à un changement de l'effort (figure 2).

On met ainsi en évidence 4 groupes de stocks (indiqués sur la figure 2 par les marques I à IV). La séparation des groupes est faite de manière arbitraire en fixant des seuils. La composition spécifique de chaque groupe est indiquée tableau 8. Certains stocks se situent dans les zones de transition entre les groupes (sole_7e, lingue, tcaud et limande entre les groupes II et III, roussettes et rouget entre les groupes III et IV).

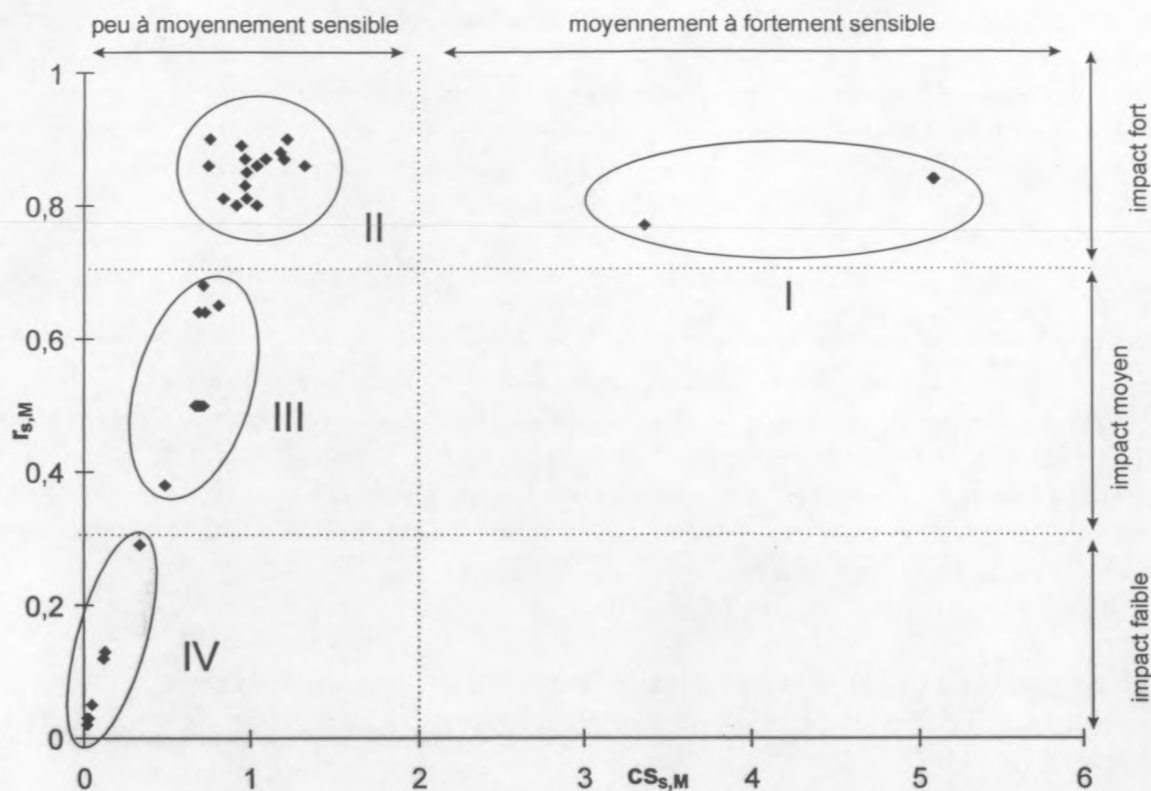


Figure 2. Typologie des stocks (en biomasse) en fonction de leur coefficient d'impact $r_{s,M}$ et de sensibilité $CS_{s,M}$.

Les groupes I et II regroupent des stocks fortement exploités en terme de biomasse. La biomasse actuelle estimée représente moins de 25% de la biomasse vierge estimée ($r_{s,M} > 0,75$). Les stocks du groupe I sont particulièrement sensibles aux variations de l'effort. On trouve ici un stock de poissons de fond (raies), un coquillage (pétoncle) et un crustacé (langouste). Le groupe II regroupe majoritairement des poissons de fond. Leur sensibilité est proche de 1.

Le groupe III réunit tous les stocks considérés comme étant pleinement exploités, essentiellement des mollusques et crustacés, et des poissons de captures accessoires. Etant proches du *MSY* dans le modèle de Fox, ils sont en conséquence peu sensibles aux variations de l'effort.

Enfin le dernier groupe (groupe IV) rassemble les stocks très peu affectés par l'effort de pêche développé en Manche. Hormis la roussette, on ne trouve dans cette classe que des stocks In/Out à forte composante extérieure ($\beta^* = 0$). La biomasse Manche du stock est sensiblement la même, quelque soit le niveau d'effort local. Les deux coefficients $r_{s,M}$, et $CS_{s,M}$, sont proches de zéro (tableau 7).

Tableau 7. Caractérisation des groupes de stocks (en biomasse)

	ratio à la biomasse vierge	sensibilité à l'effort total
I	faible	élevée
II	faible	moyenne
III	moyenne	faible
IV	élevé	nulle

Tableau 8. Valeur des coefficients $r_{s,M}$ et $cs_{s,M}$ par groupe de stocks. Les stocks sont classés par ordre de coefficient $r_{s,M}$ décroissant.

grp I (3)	$r_{s,M}$	$cs_{s,M}$	grp II (17)	$r_{s,M}$	$cs_{s,M}$	grp III (26)	$r_{s,M}$	$cs_{s,M}$	grp IV (7)	$r_{s,M}$	$cs_{s,M}$
langouste	0,84	5,1	lieu_jaune	0,9	1,22	sole_7e	0,68	0,72	roussettes	0,29	0,34
raies	0,84	5,09	morue_7d	0,9	0,76	lingue	0,65	0,81	hareng_7d	0,13	0,13
pétoncles	0,77	3,36	plie_7e	0,89	0,95	tacaud	0,64	0,73	merlan_7e	0,12	0,12
			barbue	0,88	1,18	limande	0,64	0,69	merlan_7d	0,05	0,05
			buccin	0,87	1,2	bouquet	0,5	0,72	maquereau	0,03	0,03
			turbot	0,87	1,09	coquille_mx	0,5	0,72	cardine	0,03	0,02
			coquille_sb	0,87	0,97	araignee_U	0,5	0,7	merlu	0,02	0,02
			baudroie	0,86	1,32	congre	0,5	0,7			
			limande_sole	0,86	1,04	homard_F	0,5	0,7			
			morue_7e	0,86	0,75	St_Pierre	0,5	0,7			
			plie_7d	0,86	0,75	algues	0,5	0,69			
			coquille_bs	0,85	0,98	araignee_F	0,5	0,69			
			grondin	0,83	0,97	autres_grondins	0,5	0,69			
			dorade	0,81	0,98	calmar	0,5	0,69			
			hareng_7e	0,81	0,84	chinchard	0,5	0,69			
			bar	0,8	1,04	coquille_autre_7d	0,5	0,69			
			sole_7d	0,8	0,92	coquille_autre_7e	0,5	0,69			
						coquille_br	0,5	0,69			
						sardine	0,5	0,69			
						seiche	0,5	0,69			
						tourteau_F	0,5	0,69			
						tourteau_U	0,5	0,69			
						aiguillat	0,5	0,68			
						crevette_grise	0,5	0,68			
						homard_U	0,5	0,67			
						rouget	0,38	0,49			

16.1.3. Indices de diversité

A titre indicatif, on a essayé d'analyser la diversité de l'écosystème exploité à l'aide de deux indices calculés sur les indices de biomasse par stock $U'_{s,M}(mf_M)$ comme l'avaient fait Gascuel & Ménard (1997) :

- L'indice de Shannon est utilisé dans les études écologiques comme une mesure de la biodiversité (Shannon, 1948, dans Frontier, 1983) :

$$H'(mf_M) = - \sum_{i=1}^S \left[\frac{U'_{i,M}(mf_M)}{U'_{S,M}(mf_M)} \cdot \log_2 \left(\frac{U'_{i,M}(mf_M)}{U'_{S,M}(mf_M)} \right) \right]$$

avec S le nombre total de stocks et $U'_{S,M}(mf_M) = \sum_{i=1}^S U'_{i,M}(mf_M)$. La valeur de l'indice de Shannon varie de 0 (1 seule espèce) à $\log_2 S$ (abondance égale pour toutes les espèces).

- Indice d'équitabilité R, qui est indépendant du nombre de stocks, et qui constitue une mesure de l'équidistribution des espèces (Frontier, 1983) :

$$R_{f_M} = \frac{H'(mf_M)}{H \max(mf_M)} \quad \text{où} \quad H \max = \log_2 S$$

Les deux indices sont calculés d'abord pour l'ensemble des stocks (cas 1), puis sans les 6 stocks In/Out extérieurs (figure 3) :

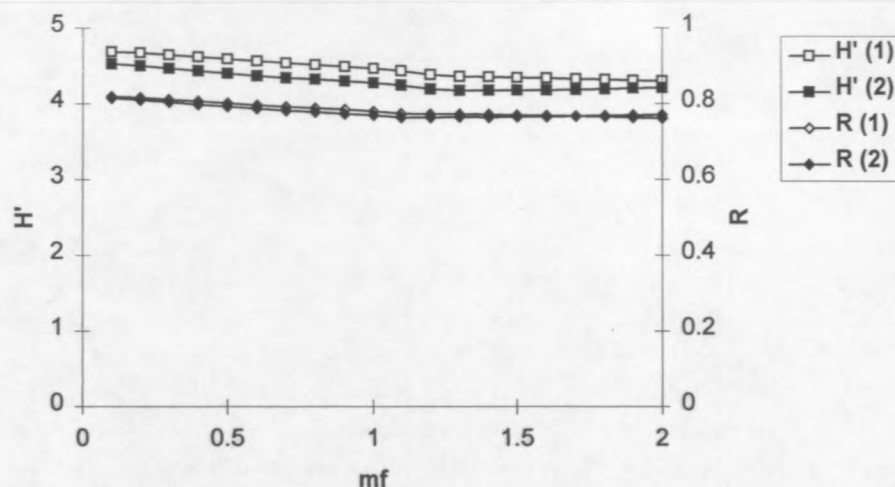


Figure 3. indices de diversité en fonction de l'effort total mf_M : Indice de Shannon (H') et indice d'équitabilité (R). Cas 1 : tous stocks ensemble. cas 2 : sans les 6 stocks In/Out extérieurs

Globalement, les indices de diversité ne sont pas significativement affectés par une augmentation ou une diminution de l'effort. Dans la gamme d'effort figurée ici (mf_M variant de 0 à 2), seuls les 3 stocks de type 'Schaefer' disparaissent du modèle, à $mf_M = 1,2$ (raies et langouste) et $mf_M = 1,3$ (pétoncles). Le nombre total de stock varie donc peu. Il en va de même pour leur abondance relative, et par suite pour les indices de diversité. Les variations inférieures à 0,5 de ces indices sont généralement considérées comme non significatives (Frontier, 1983).

16.2. Étude des captures

Une approche similaire est employée pour étudier l'évolution des captures par stock, en fonction de l'effort. Un diagnostic plurispécifique est ainsi établi. De même que l'on a étudié la position de la biomasse actuelle par rapport à la biomasse vierge, on analyse la position des captures actuelles par rapport à la production maximale équilibrée, et leur sensibilité à une augmentation de l'effort.

Dans toute la suite de ce chapitre, on raisonne sous hypothèse d'un diagramme d'exploitation constant. L'étude du MSY et du mf_{MSY} est abordée ici sous un angle **quantitatif** (quantité d'effort) et non **qualitatif** (changement du diagramme d'exploitation).

16.2.1. Diagnostic plurispécifique

Un diagnostic plurispécifique peut être calculé par combinaison des fonctions de production obtenues individuellement pour chaque stock pour différents niveaux d'effort, comme cela peut être fait dans d'autres régions (cf. par exemple Gascuel & Ménard, 1997). La production totale pour un mf_M variant de 0 à 2 est présentée figure 4, par groupe biologique d'une part, et toutes espèces confondues d'autre part.

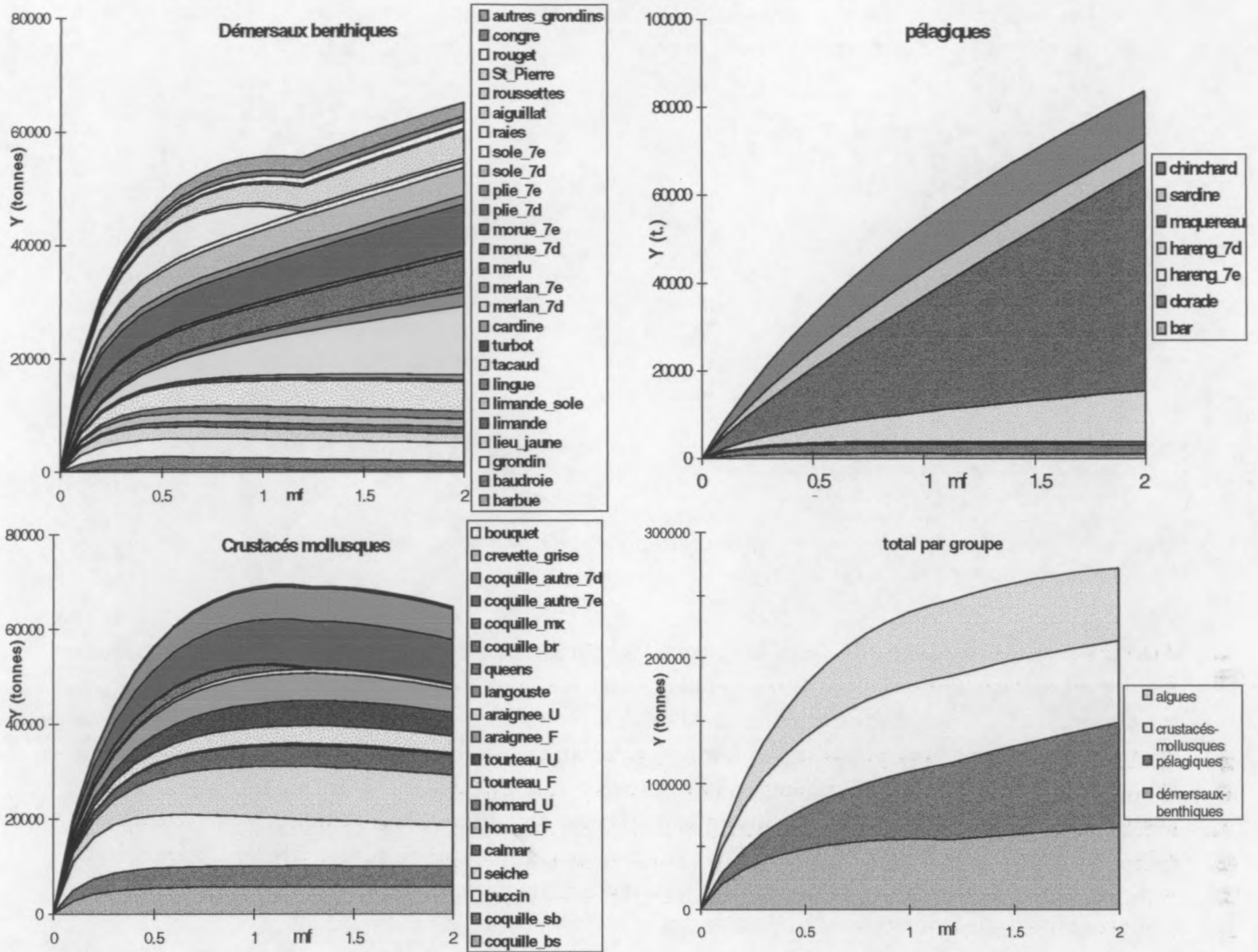


Figure 4 Fonctions de production plurispécifiques, par groupe biologique et totale.

L'évaluation plurispécifique est plutôt optimiste, car, si l'effort doublait, les captures totales augmenteraient de 20%. Ce résultat n'est pas en accord avec l'idée générale que la plupart des stocks de la Manche sont pleinement à surexploités.

Ce résultat est cependant entièrement dépendant des hypothèses faites sur le modèle utilisé pour chaque stock. De fait, cette augmentation des captures totales, probablement irréaliste est essentiellement le fait de deux stocks : le maquereau et le merlan VIIId. Ces stocks sont considérés comme étant essentiellement extérieurs (β^* proche de 0), et vastes (cf. partie III, §9.3, tableau 1). Les captures faites en Manche, bien qu'élevées par rapport aux autres stocks, sont faibles par rapport aux captures totales du stock (5,3% pour le merlan, 4,5% pour le maquereau). A l'échelle totale du stock, la mortalité par pêche imputables aux flottilles de la Manche est très faible. Dans les conditions d'homogénéité impliquées par l'analyse des cohortes, augmenter l'effort de pêche en Manche augmenterait les captures associées sans affecter le stock général. Ceci est pratiquement équivalent à un coefficient de CPUE constant quelque soit l'effort. Cette situation est également vraie pour les autres stocks extérieurs (cardine ou merlu par exemple), mais les captures faites en Manche sont très faibles par rapport à la production totale de la Manche.

A titre de comparaison, le même graphe peut être établi sans les espèces extérieures évaluées par le modèle In/Out: maquereau, merlan (2 stocks), hareng VIIId, cardine et merlu, par groupe biologique ou par modèle d'évaluation (figure 5) :

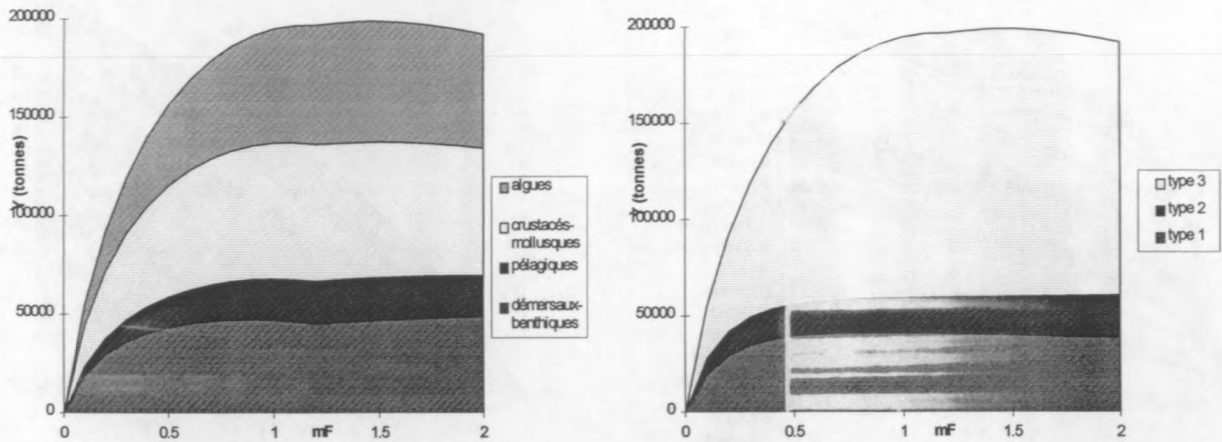


Figure 5. Fonction de production plurispécifique totale, sans les stocks externes. a) par groupe biologique, b), par modèle d'évaluation.

Ainsi, à échelle globale et sans les stocks extérieurs, la fonction de production totale est proche d'une courbe de Fox, présentant une certaine résilience de la production totale en cas d'une augmentation de l'effort. Etant donné le nombre important de stocks considérés comme étant au *MSY*, et les tonnages qu'ils représentent, la courbe de production totale suit le même comportement qu'eux. Les espèces évaluées par un modèle de Fox sont, comme attendues, peu sensibles à une augmentation de l'effort au delà de $m/f_M=1$. La réponse estimée de ces stocks à un changement de l'effort de pêche est guidée par les hypothèses faites sur la forme de la courbe et la position de la situation actuelle par rapport au *MSY*. D'importants changements dans le diagnostic sont attendus si les hypothèses de base varient.

De même, la courbe de production des démersaux benthiques s'équilibre, voire même croît très légèrement si l'effort augmente. Cela provient du fait que la décroissance générale de tous les stocks de type 1 (structurés en âge à l'échelle de la Manche) est compensée par les courbes de production asymptotique des stocks In/Out (cf. partie III §9.5). La plupart des poissons benthiques et démersaux évalués avec un modèle structuré en âge montrent une fonction de production décroissante si l'effort augmente au delà de sa situation actuelle, à part pour les espèces considérées comme sous-exploitées (tcaud et limande par exemple, Didenko, 1998).

16.2.2. Détermination du *MSY*

Pour chacun des stocks, on peut déterminer quelle est la production maximale équilibrée (MSY_s), et quel est le niveau d'effort total m_{fMSY} permettant de l'atteindre (effort de maximisation). Le tableau 9 fournit les valeurs de MSY_s , m_{fMSY} , ainsi que les ratios entre la situation actuelle ($m_{fM}=1$) et la situation à m_{fMSY} , au niveau des captures ($Y_{s,M}(m_{fM}=1) / MSY_s$) et de la CPUE ($U'_{s,M}(m_{fM}=1) / U'_{s,M}(m_{fMSY})$).

Certains des modèles utilisés présentent des courbes de production croissantes (stocks In/Out extérieurs), ou asymptotiques (coquille St Jacques de baie de Seine, certains stocks In/Out, même pour des valeurs de β^* proches de 1). On ne peut donc pas obtenir les valeurs ci-dessus pour ces stocks là. Par convention, la limite de calcul dans le programme a été fixée à $m_{fM}=500$.

Tableau 9. *MSY (tonnes) et mf_{MSY} par stock, et ratio entre la situation actuelle ($mf_M=1$) et la situation à mf_{MSY} , en production et en CPUE*

stock	MSY_s	mf_{MSY}	$Y_{s,M}(mf_{MSY})$ / MSY_s	$U'_{s,M}(mf_M=1)$ / $U'_{s,M}(mf_{MSY})$	stock	MSY_s	mf_{MSY}	$Y_{s,M}(mf_{MSY})$ / MSY_s	$U'_{s,M}(mf_M=1)$ / $U'_{s,M}(mf_{MSY})$
aiguillat	620	1,45	0,94	1,36	langouste	46	0,59	0,55	0,33
algues	61 528	1,45	0,94	1,36	lieu_jaune	2 151	0,46	0,9	0,42
araignée_F	5 793	1,45	0,94	1,36	limande	1 392	16,17	0,75	12,06
araignée_U	897	1,45	0,94	1,36	limande_sole	1 506	0,8	0,99	0,8
autres_grondins	1 938	1,45	0,94	1,36	lingue	1 394	1,49	0,96	1,44
bar	1 099	0,84	1	0,84	maquereau	460 762	71,54	0,06	4,07
barbue	404	0,62	0,95	0,59	merlan_7d	/	/	/	/
baudroie	2 232	0,55	0,9	0,49	merlan_7e	8 964	172,71	0,15	26,43
bouquet	161	1,45	0,94	1,36	merlu	/	/	/	/
buccin	11 182	0,53	0,93	0,49	morue_7d	/	/	/	/
calmar	4 410	1,45	0,94	1,36	morue_7e	3 145	50,47	0,2	10,05
cardine	/	/	/	/	pétoncles	2 209	0,65	0,71	0,46
chinchard	12 102	1,45	0,94	1,36	plie_7d	/	/	/	/
congre	1 046	1,45	0,94	1,36	plie_7e	2 278	412,65	0,61	251,02
coquille_autre_7d	6 936	1,45	0,94	1,36	raies	6 027	0,59	0,55	0,33
coquille_autre_7e	9 851	1,45	0,94	1,36	rouget	1 245	2,08	0,81	1,68
coquille_br	123	1,45	0,94	1,36	roussettes	5 145	2,91	0,66	1,93
coquille_bs	/	/	/	/	sardine	5 930	1,45	0,94	1,36
coquille_mx	133	1,45	0,94	1,36	seiche	11 213	1,45	0,94	1,36
coquille_sb	4 446	1,27	0,99	1,27	sole_7d	/	/	/	/
crevette_grise	361	1,45	0,94	1,36	sole_7e	1 671	146,54	0,56	81,65
dorade	2 226	1,06	0,99	1,06	St_Pierre	395	1,45	0,94	1,36
grondin	3 428	1,35	0,99	1,35	tacaud	5 539	17,81	0,82	14,67
hareng_7d	40 660	79,45	0,16	12,99	tourteau_F	3 844	1,45	0,94	1,36
hareng_7e	642	3,69	0,92	3,39	tourteau_U	5 259	1,45	0,94	1,36
homard_F	243	1,45	0,94	1,36	turbot	443	0,73	0,98	0,72
homard_U	236	1,45	0,94	1,36					

Les résultats dépendent bien évidemment fortement du modèle utilisé.

- **La plupart des stocks évalués en âge et à échelle locale sont actuellement à un niveau d'effort supérieur à celui maximisant les captures ($mf_{MSY} < 1$).** Font exception le tacaud et la limande (qui sont actuellement autour de 75 à 80% de leur MSY), et, à une moindre échelle, la lingue, la dorade, le hareng_7e, le grondin rouge et la coquille de St. Brieuc (mais pour ces stocks, les courbes de production sont quasiment planes autour de $mf_M=1$, et la différence entre $Y_{s,M}(mf_M=1)$ et le MSY est de l'ordre de quelques % seulement). Les mf_{MSY} les plus faibles sont obtenus pour le lieu jaune (0,46), le buccin (0,53) et la baudroie (0,55). Pour ces 3 espèces, le gain attendu en réduisant l'effort serait de l'ordre de 10%, et les rendements doubleraient. Pour l'ensemble de ces stocks de type 1, le MSY total serait atteint autour de la valeur $mf_{MSY}=0,9$, mais le gain total serait inférieur à 1%, c'est-à-dire non significatif au vu des hypothèses simplificatrices utilisées dans les modèles.
- Les stocks In/Out, comme on vient de le souligner, présentent souvent des résultats peu interprétables, car même pour des valeurs de β^* élevées (stocks majoritairement locaux), les échanges entre la Manche et l'extérieur sont suffisants (d'après le modèle), pour maintenir un rendement par recrue élevé, et donc la fonction de production est plus ou moins croissante. **Au**

delà des incertitudes de la méthode d'évaluation, ce résultat est en soi notoire. Il montre que des échanges faibles peuvent modifier très sensiblement le diagnostic.

- Les stocks de type 3 (stocks évalués par modèle global) sont pour la plupart proche du *MSY*, ce qui est logique puisque c'est à partir de cette hypothèse que les fonctions ont été paramétrées. Pour chacun des stocks de type "Fox", le *MSY* serait atteint en augmentant l'effort de 45%, mais le gain équivalent ne serait que de 6% car la courbe de Fox est très peu variable dans une certaine gamme d'effort. Dans cette situation, la CPUE équilibrée diminuerait d'1/3 environ. En revanche, le gain serait beaucoup plus important en augmentant l'effort sur les espèces considérées comme sous-exploitées en Manche (roussettes et rouget notamment). A l'inverse, et comme attendu, il serait bénéfique de diminuer l'effort sur les stocks de type "Schaefer" (pétoncles, langoustes et raies) pour augmenter significativement à la fois la production et les rendements. Pour l'ensemble de ce groupe des stocks de type 3, le *MSY* total serait atteint pour la valeur $mf_{MSY} = 1,45$, mais le gain total serait inférieur à 3%. Ce résultat est similaire à celui obtenu pour l'ensemble de la pêcherie (sans les 6 stocks In/Out extérieurs), où la situation actuelle est considérée comme étant à 98% du *MSY* global.

16.2.3. Typologie des stocks en fonction des captures

Par analogie avec la méthode de typologie utilisée pour la biomasse, on définit deux coefficients permettant de décrire l'état des captures actuelles par rapport au *MSY* et de regrouper les stocks en des ensembles ayant des caractéristiques et des comportements homogènes.

- Le coefficient d'impact $ry_{s,M}$ (noté *ry* pour rappeler qu'il s'agit bien là de production et non plus d'indice de biomasse) est défini comme étant proportionnel au gain de production potentiel du stock, soit :

$$ry_{s,M} = 1 - \frac{Y_{s,M}(mf_M = 1)}{MSY_s}$$

Ainsi, plus la production actuelle est loin de son maximum à l'équilibre, plus le gain potentiel est élevé, et plus le coefficient d'impact est élevé également.

- Le coefficient de sensibilité $csy_{s,M}$ est définie de manière simple comme étant la variation (en pourcentage) de la production équilibrée totale d'un stock pour une augmentation de 1% de l'effort total :

$$csy_{s,M} = \frac{Y_{s,M}(mf_M = 1,01) - Y_{s,M}(mf_M = 1)}{Y_{s,M}(mf_M = 1)} \cdot 100$$

Les deux coefficients sont ensuite portés sur le même graphe (figure 6). Les stocks ayant une courbe de production croissante ou asymptotique ne sont pas figurés sur le graphe, car le coefficient $ry_{s,M}$ n'a pas de réalité ou n'est pas défini. On n'a donc figuré ici que 41 stocks sur 53.

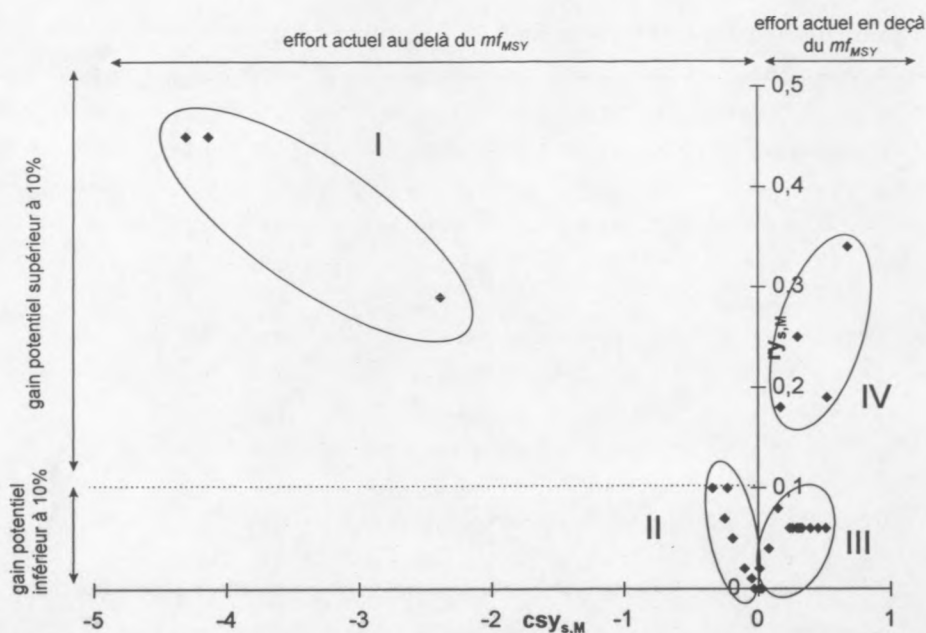


Figure 6. Typologie des stocks en fonction de leur coefficient d'impact $r_{s,M}$ et de sensibilité $cs_{s,M}$ (en production)

Comme lors de l'étude en biomasse, on peut ici identifier 4 groupes de stocks différents (tableaux 10 et 11).

Les groupes I et II ont des coefficients de sensibilité négatifs, ce qui signifie qu'une augmentation de l'effort de 1% conduit à une diminution de la production. Ces stocks sont considérés comme étant surexploités, dans la mesure où l'effort actuel est au-delà de l'effort permettant d'atteindre le *MSY*. Une réduction de l'effort permettrait un gain de plus de 10% de la production pour les stocks du groupe I, mais de moins de 10% pour ceux du groupe II.

La situation est inverse pour les groupes III et IV. Les stocks appartenant à ces groupes sont à un niveau d'effort situé en deçà de celui permettant d'atteindre la production maximale. Une augmentation de l'effort jusqu'à ce point permettrait d'augmenter la production, parfois de plus de 10% (groupe IV). Cependant, pour tous ces stocks, les coefficients de sensibilité sont faibles (inférieurs à 1), ce qui veut dire qu'une augmentation de l'effort de 1% se traduirait par une augmentation de moins de 1% de la production. Ainsi, il faudrait augmenter l'effort de manière significative pour maximiser la production, comme on l'avait indiqué tableau 9.

Tableau 10. Caractérisation des groupes de stocks (en production)

	ratio au <i>MSY</i>	sensibilité à l'effort total
I	faible	élevée
II	élevé	faible
III	élevé	faible
IV	moyen	moyenne

Tableau 11. Valeur des coefficients $ry_{s,M}$ et $csy_{s,M}$, par groupe de stocks.

groupe I (3)	$ry_{s,M}$	$csy_{s,M}$	groupe II (7)	$ry_{s,M}$	$csy_{s,M}$	groupe III (27)	$ry_{s,M}$	$csy_{s,M}$	groupe IV (4)	$ry_{s,M}$	$csy_{s,M}$
raies	0,45	-4,14	baudroie	0,1	-0,33	hareng_7e	0,08	0,15	roussettes	0,34	0,66
langouste	0,45	-4,31	lieu_jaune	0,1	-0,23	coquille_mx	0,06	0,24	limande	0,25	0,3
pétoncles	0,29	-2,39	buccin	0,07	-0,21	bouquet	0,06	0,26	rouget	0,19	0,52
			barbue	0,05	-0,19	coquille_br	0,06	0,26	tacaud	0,18	0,26
			turbot	0,02	-0,1	congre	0,06	0,29			
			limande_sole	0,01	-0,05	crevette_grise	0,06	0,29			
			bar	0,01	-0,05	algues	0,06	0,3			
						araignée_F	0,06	0,3			
						araignée_U	0,06	0,3			
						autres_grondins	0,06	0,3			
						calmar	0,06	0,3			
						chinchard	0,06	0,3			
						coquille_autre_7d	0,06	0,3			
						coquille_autre_7e	0,06	0,3			
						sardine	0,06	0,3			
						seiche	0,06	0,3			
						St_Pierre	0,06	0,3			
						tourteau_F	0,06	0,3			
						tourteau_U	0,06	0,3			
						aiguillat	0,06	0,31			
						homard_F	0,06	0,31			
						homard_U	0,06	0,31			
						lingue	0,04	0,18			
						coquille_bs	0,02	0,01			
						coquille_sb	0,01	0,02			
						dorade	0,01	0,02			
						grondin	0,01	0,02			

16.3. Bilan et conclusion

A partir des différentes études ci-dessus, on peut dresser un bilan général de l'état des stocks exploités en Manche, vu à travers le modèle bioéconomique BECHAMEL.

Le diagnostic général reste plutôt positif. Sur la totalité des stocks exploités (algues incluses), la production est pratiquement égale à son maximum estimé (98% du MSY global), et la biomasse totale actuelle représente environ 30% de la biomasse estimée à l'état vierge (sans aucun effort de pêche en Manche). On rappelle que cette notion de biomasse vierge est simplement calculée comme étant la somme des biomasses vierges monospécifiques estimées individuellement pour chacun des stocks. On ne prend pas en compte les mécanismes biologiques de prédation et de compétition qui interviennent et qui font que tous les stocks ne peuvent pas tous atteindre leur capacité de charge propre simultanément, même en l'absence d'exploitation.

Dans l'ensemble la plupart des stocks semblent donc pleinement exploités, et stables (cf. partie I, §1.3, tableau 6).

Cependant ce diagnostic général est à nuancer selon les stocks. L'étude ci-dessus a permis de déterminer, pour chaque stock inclus dans le modèle, 4 coefficients synthétiques descriptifs de la situation actuelle : le ratio de la biomasse par rapport à la biomasse vierge, le ratio de la

production par rapport au *MSY*, et la sensibilité de la biomasse et des captures à une augmentation de l'effort de 1%. Ces coefficients ont permis d'identifier 5 groupes de stocks (tableau 12):

- **Certains stocks semblent fortement exploités.** La biomasse est inférieure à 25% de la biomasse vierge, et l'effort est au delà de m_{fMSY} . Biomasse et production sont fortement et négativement sensibles à une augmentation de l'effort. A l'équilibre, une réduction d'effort serait très bénéfique pour ces stocks. On retrouve dans ce groupe des 3 stocks dits "de Schaefer", c'est-à-dire la langouste, le pétoncle et les raies, pour lesquels une réduction de l'effort serait bénéfique. Il convient cependant de rappeler que ce diagnostic découle directement du paramétrage choisi pour l'évaluation. Le modèle traduit ici un état des stocks en réalité déduit, de manière plus ou moins arbitraire et empirique, des connaissances dont on dispose sur ces espèces et leurs captures.

Ce groupe rassemble 3 stocks et représente 2% de la production pendant la période de référence (2,7% hors algues).

- **D'autres stocks sont faiblement à moyennement surexploités.** La biomasse est également inférieure à 25% de la biomasse estimée à l'état vierge, et l'effort de maximisation m_{fMSY} est atteint ou dépassé. Ces stocks sont cependant relativement peu sensibles aux variations d'effort, et la réduction d'effort nécessaire pour atteindre le *MSY* est proportionnellement bien supérieure au gain potentiel escompté (qui est inférieur ou égal à 10%). Ce sont des stocks considérés comme uniquement limités à la Manche, sans échanges avec les mers adjacentes et donc soumis au seul effort local. On trouve dans cette catégorie en majorité des poissons, surtout de fond : la baudroie, le lieu jaune, le buccin, la barbue, le turbot, la limande-sole, le grondin rouge, la dorade et le bar.

Ce groupe rassemble 9 stocks et représente 10% de la production pendant la période de référence (13,3% hors algues).

- **Quelques stocks présentent également une biomasse faible** par rapport à la biomasse vierge (<25%), **mais ont une courbe de production croissante ou asymptotique** qui, d'après les modèles utilisés (à recrutement constant), ne permet pas de fixer un *MSY* valable. Ceci concerne deux types de stocks. Premièrement, des stocks pour lesquelles la différence de poids individuel entre les âges exploités est faible, et parfois doublée d'une augmentation de la mortalité naturelle avec l'âge (comme pour la coquille St. Jacques de Baie de Seine; J. Vigneau, comm. pers.). Déterminer le meilleur compromis entre petits et gros individus, comme le fait une fonction de production structurale, n'a dès lors pas vraiment de réalité biologique (coquille St. Jacques de Baie de Seine et de St. Brieu). Deuxièmement, sont concernés des stocks considérés comme ayant une composante extérieure à la Manche (stocks In/Out). La majeure partie des captures provient du stock local ($\beta^* > 0,5$) qui apparaît lui comme étant surexploité en terme de biomasse, mais le flux d'individus provenant du stock global est suffisant pour maintenir les captures à un niveau constant. Si on considère que l'effort de pêche reste constant en dehors de la Manche, alors la Manche fonctionne comme un puits, et la production équilibrée est stable, voire légèrement croissante, quand l'effort augmente. Ceci concerne les deux stocks de morue (7e et 7d), les deux stocks de plie, et les deux stocks de sole.

Ce groupe rassemble 8 stocks et représente 10,8% de la production pendant la période de référence (14,5% hors algues).

- **Une majorité de stocks sont considérés comme étant en pleine exploitation**, voire même un peu sous exploités. La biomasse est située à environ 50% de la biomasse vierge, et les

captures sont au niveau ou un peu en deçà du *MSY*. La sensibilité de la biomasse et de la production à une augmentation de l'effort est faible (<1%). Une augmentation de l'effort pourrait augmenter la production, mais les gains escomptés sont en général très faibles par rapport à l'augmentation requise pour atteindre le *MSY*; en outre les rendements seraient fortement diminués. Le gain le plus fort pourrait être espéré pour les roussettes (30%). Des gains potentiels supérieurs à 15% à l'équilibre ne pourraient être espérés que pour le rouget, la limande et le tcaud, mais pour des niveaux d'effort peu réalistes (sauf dans l'hypothèse d'un changement de diagramme d'exploitation, qui changerait ces espèces du statut d'espèce accessoire au statut d'espèce cible pour le même effort nominal). Pour les autres, la faiblesse des gains espérés rend les résultats non significatifs au vu de l'incertitude liée au modèle. Ce groupe comprend essentiellement les stocks de mollusques et de crustacés, ainsi que certains poissons. Certains sont autochtones à la Manche, voire même à un bassin plus petit, alors que d'autres sont considérés comme appartenant à des stocks régionaux beaucoup plus larges (aiguillat, chinchard ou St. Pierre par exemple). En plus des stocks déjà cités, on trouve dans ce groupe : la sardine, le hareng 7e, le congre, la lingue, les autres grondins, le homard (2 stocks), le tourteau (2 stocks), l'araignée (2 stocks), les crevettes grise et rose, la seiche, le calmar, les autres stocks de coquille St. Jacques, et également les algues.

Ce groupe rassemble 27 stocks et représente 59,3% de la production pendant la période de référence (45,6% hors algues).

- Enfin, le dernier groupe rassemble les **stocks considérés comme étant essentiellement externes à la Manche**. Seule une faible part des captures totales est imputables aux métiers de la Manche, qui ne sont dès lors pas les principaux facteurs de variation de l'abondance, puisque la biomasse estimée varie de moins de 15% quand l'effort est nul. La sensibilité de la biomasse est donc très faible. En considérant que le stock est constamment homogène sur son aire de répartition et que l'effort extérieur n'augmente pas, une augmentation de l'effort local conduirait théoriquement à une augmentation des captures à l'équilibre. Les stocks inclus dans ce groupe sont : le maquereau, le hareng 7d, les deux stocks de merlan, la cardine et le merlu.

Ce groupe rassemble 6 stocks et représente 17,9% de la production pendant la période de référence (23,9% hors algues).

La classification ci-dessus est celle obtenue d'après BECHAMEL. Elle est donc sujette à toutes les **réserves et limites** que nous avons déjà précédemment émises à propos de la fiabilité et de la validité de nos évaluations et de nos résultats. Il s'agit d'un **diagnostic de long terme**, à l'équilibre, ne prenant pas en compte les situations de transition. Il ne prend également pas en compte les changements de diagrammes d'exploitation qui pourraient intervenir parallèlement avec les changements de niveau d'effort. Et bien évidemment, il dépend fortement du modèle choisi. Les groupes de stocks établis en terme de niveau d'exploitation correspondent presque aux groupes de stocks en terme de modèle utilisé (partie III, §10.2, tableau 6). Autrement dit, **le comportement estimé du stock face à l'effort de pêche est intimement lié au modèle d'évaluation choisi**. Ainsi, par exemple, tous les stocks de type 3 ont été modélisés avec la même méthodologie empirique, et il est donc complètement logique de les retrouver tous dans le même groupe avec les mêmes coefficients. Ceci est plutôt peu satisfaisant et peu fiable. Nous mettons en garde très vivement contre l'utilisation de tels diagnostics en terme de gestion...

Tableau 12. typologie des stocks en fonction de leur état d'exploitation

	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
	stocks "fortement surexploités"	stocks "moyennement surexploités"	stocks "asymptotiques"	stocks "pleinement exploités"	stocks "externes"
<i>r. à la biom. vierge</i>	<i>faible</i>	<i>faible</i>	<i>faible</i>	<i>moyen</i>	<i>élevé</i>
<i>ratio au MSY</i>	<i>faible</i>	<i>élevé</i>	<i>n/a</i>	<i>moyen à élevé</i>	<i>n/a</i>
<i>sens. de la biom.</i>	<i>élevée</i>	<i>moyenne</i>	<i>moyenne</i>	<i>faible</i>	<i>nulle</i>
<i>sens. des captures</i>	<i>élevée</i>	<i>faible</i>	<i>faible</i>	<i>faible à moyen</i>	<i>moyenne</i>
raies	baudroie	coquille_bs	roussettes	maquereau	
langouste	lieu jaune	coquille_sb	rouget	hareng_7d	
pétoncle	buccin	morue_7d	limande	merlan_7d	
	barbue	morue_7e	tacaud	merlan_7e	
	turbot	plie_7d	aiguillat	cardine	
	limande-sole	plie_7e	chinchard	merlu	
	grondin rouge	sole_7d	St. Pierre		
	dorade grise	sole_7e	sardine		
	bar		hareng_7e		
			congre		
			lingue		
			autres grondins		
			homard_F		
			homard_U		
			tourteau_F		
			tourteau_U		
			araignée_F		
			araignée_U		
			bouquet		
			crevette grise		
			seiche		
			calmar		
			coquille_br		
			coquille_mx		
			coq_autres_7d		
			coq_autres_7e		
			algues		

Par ailleurs, il n'est de plus guère étonnant de retrouver dans les mêmes groupes de niveau d'exploitation des stocks ayant la même importance commerciale et donc potentiellement des niveaux d'études et de connaissance comparables. L'intérêt majeur de cette synthèse n'est donc pas de comparer l'état d'un stock par rapport à un autre, ou d'un groupe à l'autre, en raison de la différence de méthodes employées. Les seules comparaisons possibles sont celles qui peuvent être faites au sein d'un groupe méthodologique homogène, et notamment parmi les 15 stocks structurés en âge et étudiés à l'échelle de la Manche. Il faut souligner que certains n'avaient jamais été évalués précédemment; pour d'autres, des évaluations anciennes n'avaient pas été réactualisées. Enfin, pour chaque stock individuellement, **la modélisation montre quelles sont les premières conclusions (et la fiabilité de ces conclusions) que l'on peut tirer de l'information historique, biologique et biogéographique actuellement existante.** Ce

travail doit contribuer à dresser le nécessaire à un **bilan quantitatif** de l'état général des stocks en Manche. Il permet également d'identifier les **stocks prioritaires**, sur lesquels devraient porter un effort scientifique important.

Sur le plan des résultats, **nos diagnostics semblent optimistes** par rapport à ce que l'on a l'habitude de voir et d'entendre à propos de l'état des stocks dans nos eaux tempérées. Ceci est sans doute imputable pour partie aux modèles utilisés. **Il n'en reste pas moins que les stocks de la Manche semblent en moyenne moins durement exploités que ceux des mers adjacentes.** Ceci peut se concevoir aisément quand on compare la structure des pêcheries mitoyennes. En Mer Celtique et en Mer du Nord, les eaux sont en moyenne plus profondes, et les espèces forcément moins nombreuses que dans une zone côtière abondamment brassée d'un point de vue hydrodynamique. Les pêcheurs ciblent donc un nombre d'espèces beaucoup plus restreint, et n'ont pas la possibilité, comme en Manche, de passer de l'une à l'autre suivant les abondances saisonnières et les prix de vente. Ainsi la pression de pêche exercée sur ces stocks est beaucoup plus forte et constante, et ils continuent à la subir même quand l'abondance est faible, car il n'y pas de substitution aisée. De plus, les zones de pêches sont éloignées, donc les seuls navires aptes à y travailler sont des navires de grande taille, puissants, et pratiquant tous le même engin. Ceci n'a rien à voir avec les petits bateaux et "petits métiers" que l'on trouve en Manche. **Enfin, on peut noter que les diagnostics de pêcheries ne prennent souvent en compte que les espèces cibles, sans égard pour le niveau d'exploitation des captures accessoires, généralement inconnu.** On retrouve ce diagnostic plutôt négatif en Manche pour la plupart des espèces cibles (les stocks de type 1, plus quelques uns du type 2 et du type 3, comme les crustacés ou la seiche par exemple). Mais ceci est ensuite compensé par le niveau d'abondance des captures accessoires, que l'on a souvent considéré comme étant moyen à bon.

17. ÉTUDE DES INTERACTIONS TECHNIQUES

Les interactions techniques sont dues à la co-occurrence d'espèces sur les lieux de pêche et à leur exploitation, en tant qu'espèces cibles ou captures accessoires, par des flottilles ayant des diagrammes d'exploitation différents, car utilisant des engins différents (Mesnil & Shepherd, 1991). Deux types majeurs d'interactions techniques existent alors : les **interactions entre le pêcheur et la ressource**, issues du fait que la capture volontaire d'une espèce entraîne la capture involontaire d'une autre espèce (Pope, 1979), et les **interactions** (compétition ou complémentarité) **entre les pêcheurs** ou entre les activités de pêche, issues du fait que les variations d'activité d'un secteur de la pêcherie vont avoir des conséquences plus ou moins fortes sur les autres secteurs (externalités).

On étudie ici successivement les deux types de relations.

17.1. Interactions pêcheur - ressource

Dans un premier temps, on analyse ici le **caractère d'espèce cible ou d'espèce accessoire des différentes ressources exploitées**. Pour **décrire et pour analyser les interactions**, on utilise ensuite la même méthode de typologie que celle proposée dans le chapitre précédent. A partir **d'indices d'impact et de sensibilité**, on classe les différentes activités de pêche en fonction de leur importance sur les différents stocks. Cette méthodologie sera également utilisée dans le paragraphe suivant, pour classer les différentes activités de pêche en fonction de leur importance sur les autres activités.

17.1.1. *Espèces cibles et accessoires*

Les métiers de la Manche capturent chacun un grand nombre de stocks différents, et inversement chaque stock est capturé par plusieurs métiers. Ceci est commun à la majorité des pêcheries côtières, où un grand nombre d'espèces différentes occupent les mêmes milieux.

Toutes les espèces ne jouent cependant pas le même rôle au sein du système halieutique, ni en terme de **définition ou d'influence sur les stratégies de pêche individuelles**, ni naturellement en terme de **résultat économique global** de la pêcherie. Pour mieux apprécier ce rôle il est utile (et usuel) de préciser le caractère de chaque espèce (ou de chaque stock) au sein de la pêcherie, en tant qu'espèce cible ou qu'espèce accessoire.

17.1.1.1. *Démarche méthodologique*

La notion d'espèce cible est une notion généralement mal définie, et dont les limites sont souvent assez qualitatives (cf. Tétard, Boon *et al.* 1995), ou empiriques (comme par exemple pour la définition des seuils d'allocation d'une marée à un métier, Dintheer *et al.*, 1995). Ici on considère qu'un stock est ciblé par un métier donné lorsqu'il participe à hauteur de plus de 10% aux débarquements de ce métier, soit en tonnage soit en valeur. Les résultats sont issus du tableau de production par métier et par stock (partie II, §6.4, tableau 4), ainsi que du tableau de prix moyen par stock et par pays (partie IV, §13.1, tableau 13). On utilise ici le prix constant et non pas le prix variable.

Chaque stock est ainsi ciblé par un plus ou moins grand nombre de métiers (tableau 13). Pour passer d'une **vision mono-métier** à une vision plus globale à l'échelle de la pêcherie, on propose ici une **classification empirique** des stocks prenant en compte le **nombre de métiers qui**

exploitent le stock et le nombre de métiers qui le ciblent (un métier est compté comme exploitant le stock dès qu'il débarque plus de 0,1% de la production totale du stock, figure 7).

Les classes sont séparées par un seuil arbitraire de 1 métier ciblant le stock pour 5 métiers l'exploitant. On obtient ainsi 3 classes (tableau 14):

- les stocks **exploités par moins de 5 métiers** au total, et qui sont donc potentiellement **générateurs de peu d'interactions**;
- les stocks **exploités par plus de 5 métiers** mais **ciblés par moins de 20% d'entre eux**, qui sont donc potentiellement **générateurs d'interactions**, mais essentiellement **en tant que prises accessoires** de multiples métiers;
- les stocks **exploités par plus de 5 métiers** et **ciblés par plus de 20% d'entre eux**, qui sont donc potentiellement **générateurs d'interactions fortes** dans la mesure où ils sont capturés souvent en tant que **cibles** par de **nombreux métiers**.

Enfin, il n'est pas équivalent qu'un stock soit ciblé en terme de tonnage ou en terme de valeur. Dans cet esprit, les classes précédentes sont subdivisées en 3 sous-classes, selon que le stock est ciblé en tonnage par un nombre de métiers supérieur, inférieur ou égal au nombre de métiers qui le ciblent en valeur. On parlera à ce sujet de "**ciblage en tonnage**" ou de "**ciblage en valeur**".

17.1.1.2. Résultats

Tableau 13. Nombre total de métiers exploitant chaque stock, et nombre de métiers pour lesquels chaque stock compte pour plus de 10% de ses débarquements, en valeur et en tonnage

stock	total métiers	Métiers ciblant		stock	total métiers	Métiers ciblant	
		valeur	production			valeur	production
aiguillat	26	1	1	langouste	11	1	0
algues	1	1	1	lieu_jaune	26	4	4
araignée_F	6	2	2	limande	18	0	0
araignée_U	7	0	2	limande_sole	15	1	1
autres_grondins	13	1	1	lingue	21	4	5
bar	28	9	7	maquereau	11	4	6
barbue	23	0	0	merlan_7d	11	1	2
baudroie	16	4	3	merlan_7e	10	0	1
bouquet	3	1	1	merlu	14	3	2
buccin	5	2	2	morue_7d	14	3	5
calmar	12	3	2	morue_7e	15	0	0
cardine	9	0	0	pétoncles	7	1	2
chinchard	10	1	2	plie_7d	15	6	7
congre	22	3	3	plie_7e	10	1	2
coquille_autre_7d	7	3	3	raies	25	2	3
coquille_autre_7e	6	2	2	rouget	13	0	0
coquille_br	5	0	0	roussettes	18	2	3
coquille_bs	2	2	2	sardine	7	1	2
coquille_mx	2	0	0	seiche	21	6	10
coquille_sb	1	1	1	sole_7d	16	8	6
crevette_grise	1	1	1	sole_7e	12	4	3
dorade	10	2	2	St_Pierre	16	0	0
grondin	8	0	1	tacaud	16	0	1
hareng_7d	8	2	2	tourteau_F	4	1	2
hareng_7e	4	0	0	tourteau_U	6	3	2
homard_F	6	1	0	turbot	25	3	0
homard_U	9	3	0				

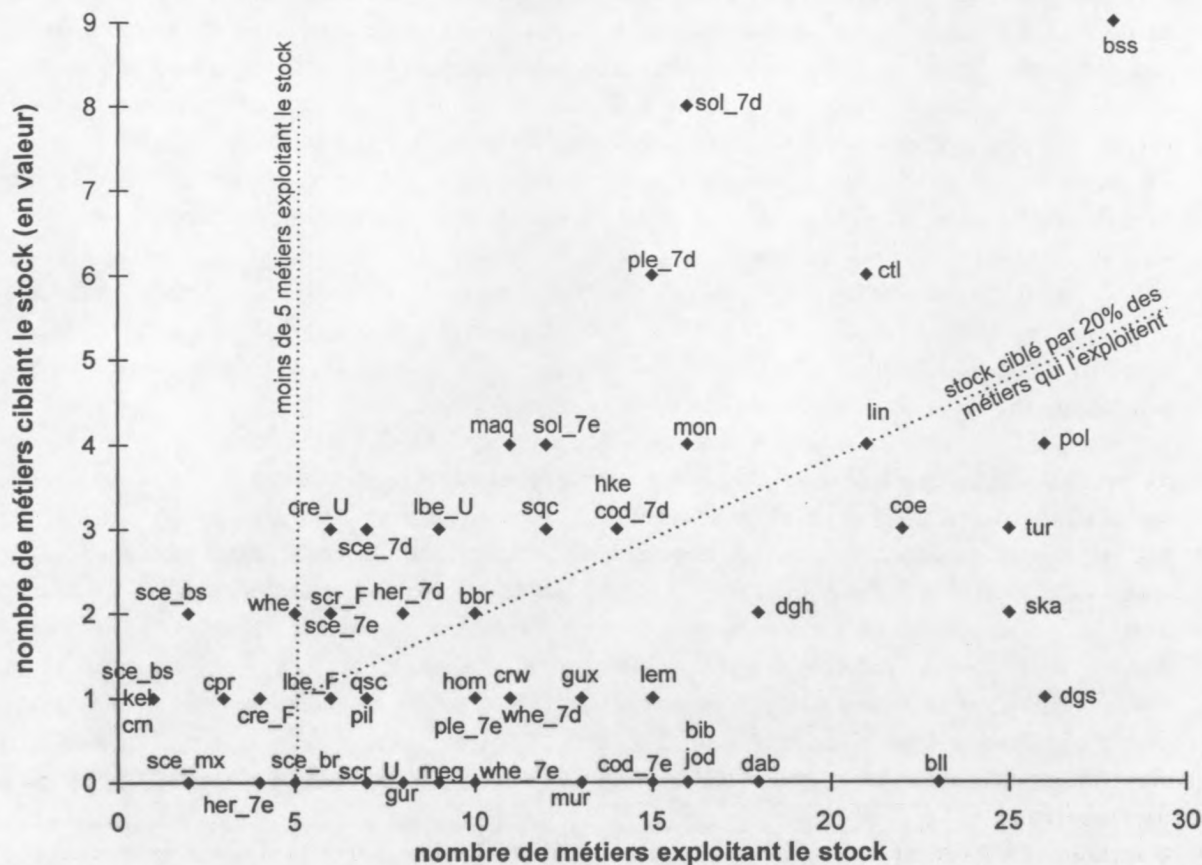


Figure 7. Rapport entre le nombre de métiers exploitant le stock et le nombre de métiers le ciblant (en valeur).

Tableau 14. Interactions stock / métier : classification empirique des stocks selon leur caractère de ressource ciblée ou accessoire (voir texte).

Stocks de pêcheries spécialisées. Peu d'interactions.	Stocks potentiellement générateurs d'interactions comme prises accessoires (ciblés par moins de 20% des métiers l'exploitant)			Stocks potentiellement générateurs d'interactions fortes, en tant qu'espèce-cible de nombreux métiers		
	ciblage en tonnage	c. en tonnage et en valeur	ciblage en valeur	ciblage en tonnage	c. en tonnage et en valeur	ciblage en valeur
algues bouquet buccin coquille_br coquille_bs coquille_mx coquille_sb crevette_grise hareng_7e tourteau_F	chinchard grondin merlan_7d merlan_7e plie_7e raies roussettes tacaud	aiguillat autres_grond. barbue cardine congre lieu_jaune limande limande_sole morue_7e rouget St_Pierre	homard_F langouste turbot	araignée_U lingue maquereau morue_7d pétoncles plie_7d sardine seiche	araignée_F coquille_7d coquille_7e dorade hareng_7d	bar baudroie calmar homard_U merlu sole_7d sole_7e tourteau_U

Sur l'ensemble de la pêcherie, chaque stock est en moyenne exploité par 11,8 métiers, et ciblé par 2 d'entre eux (1,9 en valeur, 2,1 en tonnage), soit près de 6 fois moins. Ce chiffre est parfaitement illustrateur de la complexité de cette pêcherie. Le nombre d'interactions potentielles est ainsi très élevé. La plupart des métiers tirent leurs revenus d'un grand nombre d'espèces, et rares sont celles qui tiennent une place réellement prépondérante.

- Les stocks ciblés par le plus grand nombre de métiers (en valeur) sont en premier lieu le **bar**, la **sole_7d**, la **plie_7d** et la **seiche** et, dans une moindre mesure, le maquereau, la **sole_7e**, la baudroie, la lingue et le lieu jaune.
- Inversement, **13 stocks ne sont pas ciblés** d'un point de vue global, bien qu'ils puissent être ciblés localement : l'araignée_U, la barbuie, la cardine, la coquille_Brest, la coquille_Morlaix, le grondin rouge, le hareng_7e, la limande, le merlan_7e, la morue_7e, le rouget, le St. Pierre et le tacaud. En revanche, la plupart de ces stocks sus-cités (à part les stocks de coquille et le hareng) sont capturés de manière accessoire par un grand nombre de métiers.
- **10 stocks sont exploités par au plus 5 métiers**, et représentent ainsi des secteurs assez spécialisés de la pêcherie, sans beaucoup d'interactions avec les autres. Pour ces métiers, ces stocks représentent en général la principale, voire la seule, cible, aussi bien en tonnage qu'en valeur. Seul le hareng de Manche Ouest n'est pas ciblé par les métiers qui le débarquent.
- Tous les autres stocks sont exploités par plus de 5 métiers. Parmi ces stocks, on en dénombre autant qui soient potentiellement générateurs d'interactions fortes que générateurs d'interactions en tant que prise accessoire. **Sur l'ensemble de la pêcherie**, et hormis les stocks représentant des segments spécialisés peu en interactions avec les autres, **il y a autant de stocks considérés comme cibles que de stocks considérés comme captures accessoires**.
- **9 autres stocks sont exploités par plus de 20 métiers différents**. Le bar, la seiche, et la lingue représentent une part importante du revenu des métiers, car plus de 5 métiers les ciblent. Le lieu jaune, le turbot, la barbuie, les raies, l'aiguillat et le congre sont relativement moins ciblés. On peut noter que le turbot et la barbuie sont qualitativement souvent considérés comme des espèces-cibles (Tétard, Boon *et al.*, 1995). Mais cependant, malgré leur prix de vente élevé, la production annuelle est trop faible (inférieure à 500 tonnes) pour représenter une part importante du revenu des pêcheurs. On peut remarquer également que les raies, considérées comme étant un des stocks les plus exploités et les plus sensibles de la Manche (voir chapitre précédent), est aussi un des stocks exploités par le plus grand nombre de métiers différents, surtout en tant que capture accessoire. La gestion d'un tel stock s'avère donc particulièrement difficile à mettre en oeuvre, tant par des mesures directes de réduction de l'effort que par des mesures indirectes telles que des quotas.

17.1.2. Impact des différentes activités de pêche sur la biomasse exploitée

17.1.2.1. Méthode d'étude

L'étude de l'impact des différentes activités de pêche sur la biomasse exploitée en Manche est conduite comme au chapitre précédent, en utilisant des coefficients d'impact et des coefficients de sensibilité. On cherche ainsi à établir une typologie des métiers, en fonction de l'impact qu'ils ont sur la biomasse.

Le paramètre de base utilisé dans le calcul est l'indice de biomasse par espèce, en fonction d'un multiplicateur d'effort mf . Le multiplicateur d'effort peut s'appliquer à l'effort total (mf_M) ou à un seul métier donné (mf_m), les autres métiers ayant un effort considéré comme constant. On a expliqué précédemment que l'indice de biomasse ne peut se calculer qu'à partir du multiplicateur

d'effort total, et que si seul un métier varie, il est nécessaire de recalculer d'abord le multiplicateur d'effort total correspondant au multiplicateur d'effort du métier en question. Dans ce cas là, pour différencier les notations, ce multiplicateur d'effort recalculé, et qui s'applique à tous les métiers, est noté $mf_M(mf_m)$.

L'indice de biomasse du stock s correspondant à l'effort mf_m du métier m est alors égal à :

$$U'_{s,M}(mf_m) = \frac{Y_{s,M}(mf_m)}{mf_M(mf_m)}$$

Avec $Y_{s,M}(mf_m)$ la production totale (tous métiers confondus) du stock s pour un niveau d'effort total $mf_M(mf_m)$.

Les coefficients d'impact $r_{s,m}$ et de sensibilité $cs_{s,m}$ définis pour chaque stock et chaque métier peuvent être agrégés, non plus sur les métiers pour étudier la réponse de chaque stock à la pression de pêche (comme c'était le cas dans le chapitre précédent), mais sur les stocks pour étudier l'effet de chaque métier sur la biomasse totale.

- Le coefficient d'impact de chaque métier sur la biomasse totale est ainsi mesuré par le ratio de la biomasse totale (sommée sur tous les stocks) quand le métier est présent ($mf_M = mf_m = 1$) et quand il est absent, les autres métiers étant constants ($mf_m = 0, mf_{autres_métiers} = 1$), soit :

$$r_{s,m} = 1 - \frac{U'_{s,M}(mf_m = 1)}{U'_{s,M}(mf_m = 0)}, \text{ avec } U'_{s,M}(mf_m) = \sum_{i=1}^S U'_{i,M}(mf_m), S \text{ étant le nombre total de stocks.}$$

Ainsi, plus $r_{s,m}$ est grand, plus l'impact du métier sur la biomasse est important.

- De la même manière, le coefficient de sensibilité de la biomasse totale (sommée sur tous les stocks) mesure la variation de l'indice de biomasse totale ($cs_{s,m} > 0$) quand chaque métier augmente son effort de 1%, les autres métiers restant constants ($mf_m = 1,01, mf_{autres_métiers} = 1$) :

$$cs_{s,m} = - \frac{U'_{s,M}(mf_m = 1,01) - U'_{s,M}(mf_m = 1)}{U'_{s,M}(mf_m = 1)} \cdot 100$$

La mesure de ces deux coefficients met en évidence les métiers qui ont une forte importance globale (c'est-à-dire ceux qui produisent les tonnages les plus importants), au détriment des petits métiers. Cette analyse alors est doublée d'un "zoom" sur les espèces exploitées uniquement. Ainsi, pour chaque métier on recalcule les mêmes coefficients, mais cette fois en sommant les indices de biomasse non plus sur tous les stocks, mais seulement sur les stocks exploités par le métier (en considérant arbitrairement qu'un stock est exploité par un métier si les débarquements de ce stock dans ce métier excèdent 5 tonnes par an).

Enfin, deux exemples de relations non agrégées sont présentés, l'un concernant 1 métier avec tous les stocks qu'il exploite, l'autre concernant un stock avec tous les métiers qui l'exploitent.

17.1.2.2. Analyse par métier

Analyse séparée

L'analyse portant sur la biomasse totale (figure 8a) comme celle portant sur la biomasse exploitée par métier (figure 8b) conduit à définir graphiquement 4 groupes de métiers qui jouent un rôle similaire vis-à-vis de la biomasse. La classification n'est cependant pas la même selon l'analyse considérée.

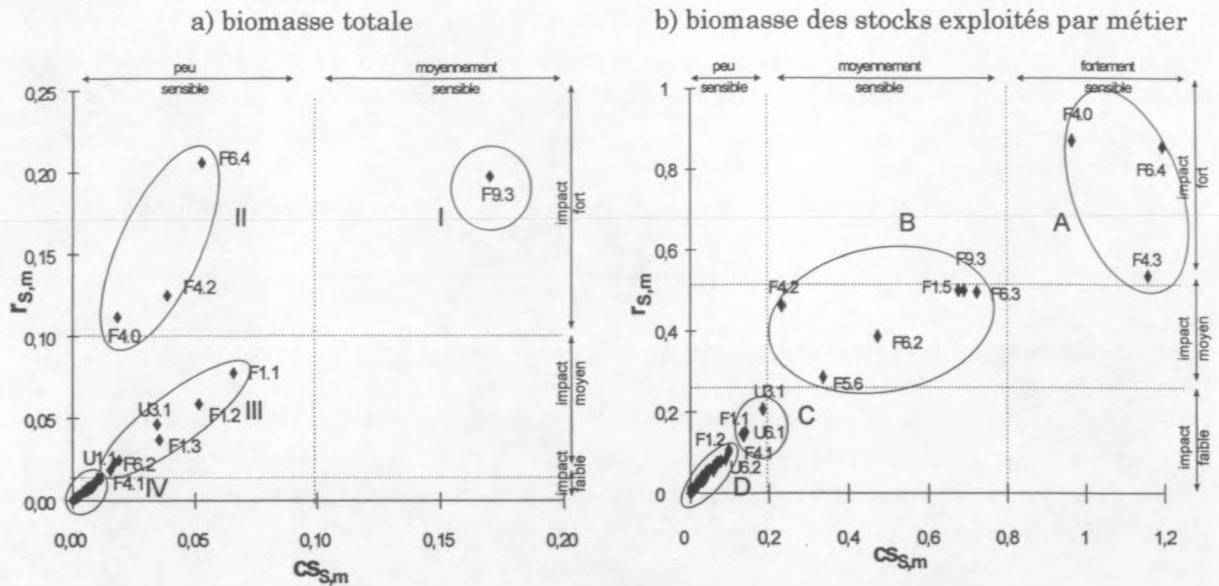


Figure 8. Impact de chaque métier sur la biomasse ($r_{s,m}$) et sensibilité de la biomasse à une augmentation de 1% de l'effort de chaque métier ($cs_{s,m}$). (a), biomasse totale; (b), biomasse des stocks exploités. Les métiers les plus remarquables sont indiqués sur la figure.

Au niveau de la réponse de la biomasse exploitée totale, peu de métiers présentent un impact réel (plus de 10% de variation de la biomasse totale si on supprimait un métier; groupes I et II figure 8a). Ces métiers sont tous des métiers monospécifiques, exploitant de manière unique ou majoritaire des stocks de biomasse et tonnages importants : ramassage des algues bien sûr (métier F9.3), mais aussi casier à buccin (F6.4) et drague à coquille St. Jacques, en Manche Est (F4.2) ou en Baie de St. Brieuc (F4.0). Supprimer ce métier équivaut presque à revenir à la biomasse vierge du stock.

La sensibilité de la biomasse totale est toujours faible (moins de 0,2% de variation si on augmentait l'effort du métier de 1%). Parmi les métiers importants, la sensibilité de la biomasse totale est forte, comparativement aux autres, uniquement vis-à-vis du métier des algues (F9.3, groupe I). En effet, les variations de biomasse de ce stock, même limitées, représentent des quantités très importantes par rapport à n'importe quelle autre espèce.

Enfin, la plupart des autres métiers (groupes III et IV), y compris les gros métiers de chalut (chalutage hauturier français F1.1 et F1.2 notamment), ont un impact moyen, voir faible ou même nul, sur la biomasse totale. En outre, cette biomasse est peu ou pas sensible à leurs variations d'effort.

En revanche, les résultats sont différents si l'on s'intéresse uniquement à la biomasse des stocks exploités par le métier en question (figure 8b). Les coefficients d'impact et de sensibilité sont beaucoup plus élevés que dans le cas précédent, ce qui est logique puisqu'on s'intéresse à moins de stocks différents à chaque fois. On met ici en évidence un certain nombre de métiers peu importants à échelle globale, mais en revanche très déterminants à plus petite échelle sur le niveau de biomasse des stocks qu'ils exploitent. Les métiers les plus importants (groupes A et B) sont là aussi des métiers monospécifiques, représentant la majorité, voire la totalité de l'effort exercée sur les stocks qu'ils exploitent, quelle que soit l'importance de ces stocks par rapport à la pêche globale. Ainsi, en plus des stocks et métiers observés dans l'étude globale, apparaissent

des stocks et des métiers d'importance secondaire (en tonnage) : drague à pétoncle (F4.3), casier à bouquet (F6.3), chalut à crevette grise (F1.5) et casier et filet à gros crustacés (F6.2 et F5.6). On retrouve dans les autres groupes les métiers ayant un impact moyen à faible sur leur stocks exploités, ainsi qu'un coefficient de sensibilité également faible. Il s'agit là de tous les métiers exploitant soit un grand nombre de stocks différents (groupe C), soit des métiers exploitant peu de stocks différents, mais pour lesquels ils représentent des métiers secondaires (groupe D). Les rendements de ces métiers-ci sont très dépendants du niveau de biomasse des quelques stocks qu'ils exploitent, mais inversement cette biomasse n'est que peu dépendante de leur niveau d'effort.

Typologie des métiers d'après leur influence sur la biomasse

Les deux typologies graphiques ci-dessus nous conduisent à classer les métiers de la Manche en plusieurs catégories. Les 4 coefficients utilisés (impact sur la biomasse totale, impact sur la biomasse des stocks exploités, sensibilité de la biomasse totale et sensibilité de la biomasse des stocks exploités) identifient des groupes de métiers jouant des rôles similaires vis-à-vis de la biomasse (tableau 15).

Tableau 15. Typologie des métiers d'après leur influence sur la biomasse exploitée en Manche (influence mesurée par les coefficients d'impact et de sensibilité; voir texte). Code métier : F=France, U=Royaume-Uni, E=Est, W=Ouest, cr.=crustacés, haut=hauturier, côt=côtier.

		Classes définies d'après l'analyse sur la biomasse totale			
		I	II	III	IV
		élevé moyenne	élevé faible	moyen faible	faible faible
Classes définies d'après l'analyse sur la biomasse des stocks exploités	-impact				
	-sensibilité				
	A	élevée élevée	F6.4 (casier buccin) F4.0 (drague St. Br.)		F4.3 (drag. pétoncles)
	B	moyen moyenne	F9.3 (algues)	F4.2 (drague E)	F6.2 (casier gros cr.) F1.5 (chalut crev.) F5.6 (filet araignée) F6.3 (casier pts. cr.)
C	moyen faible			U3.1 (pélag. W) F1.2 (chal. haut. E) F1.1 (chal. haut. W) F4.1 (drague W) F1.3 (chal. côt. W) U1.1 (chal. W)	
D	faible faible			U6.1 (casier haut.) U6.2 (casier côt.) autres métiers	

METIERS DOMINANTS PRINCIPAUX (Groupes B-I, B-II)

METIERS DOMINANTS SECONDAIRES (Groupes B-III, B-IV)

METIERS INTERMEDIAIRES (Groupes C-III, C-IV)

METIERS SECONDAIRES (Groupes D-III, D-IV)

4 groupes de métiers ont été définis :

- **Les métiers dominants principaux.** Les métiers de ce groupe jouent un rôle majeur sur la biomasse exploitée en Manche, aussi bien totale que limitée à celle des stocks propres qu'ils exploitent. Ce sont les métiers monospécifiques ciblant des stocks de biomasse et de tonnage important, mis en évidence dans l'analyse graphique précédente. La suppression ou la diminution de ces métiers conduirait à une augmentation moyenne à forte de la biomasse de la Manche (coefficients d'impact moyens à élevés).
- **Les métiers dominants secondaires.** Ces métiers ciblent des stocks à biomasse et tonnage plus faibles que dans le cas précédent. L'impact de ces métiers sur la biomasse totale est faible. En revanche, ils jouent un rôle très important sur la biomasse des stocks qu'ils exploitent. Il s'agit là encore de métiers monospécifiques majoritaires sur leurs stocks cibles.
- **Les métiers intermédiaires.** Ces métiers jouent un rôle modéré, tant sur la biomasse totale que sur la biomasse des stocks qu'ils exploitent. Les coefficients d'impact sont moyens, et les coefficients de sensibilité sont faibles. Les métiers intermédiaires sont de deux types : ce sont soit des métiers exploitant un grand nombre d'espèces et donc répartissant leur impact sur différents stocks, (métiers du chalut), soit des métiers monospécifiques, mais non dominants sur les stocks qu'ils exploitent (ces stocks sont également exploités de manière significative par d'autres métiers). Les stocks indiqués en italique (tableau 14) sont secondaires par rapport aux autres du même groupe, et le choix de les regrouper dans cette classe a été fait de manière arbitraire.
- **Les métiers secondaires.** Tous les métiers appartenant à cette classe (la plus nombreuse) jouent un rôle plus ou moins mineur sur la biomasse totale et sur la biomasse des stocks qu'ils exploitent.

Cette typologie met en évidence le rôle particulièrement important des métiers monospécifiques en terme d'influence sur la biomasse. Les métiers les plus dominants ne sont pas forcément ceux qui produisent les plus gros tonnages. Les deux métiers du chalutage hauturier français en particulier jouent un rôle modéré, et le métier du chalut pélagique anglais joue un rôle mineur. En revanche, certains métiers produisant de faibles tonnages apparaissent en réalité particulièrement dominants à l'échelle des stocks qu'ils exploitent.

17.1.2.3. Deux cas d'étude particuliers

On se propose ici d'étudier 2 exemples d'interactions techniques entre un stock et un métier. Les coefficients d'impact et de sensibilité ont été calculés comme précédemment, mais non agrégés sur les stocks ou sur les métiers.

Étude d'un métier : le chalutage côtier français Est (F1.4)

Ce métier est pratiqué le long de la bande côtière orientale par un grand nombre de navires de petite taille. Il est au premier rang en terme d'effort effectif standard développé annuellement (cf. Partie IV, §11.7, tableau 5), mais au 17^{ième} rang seulement en terme de débarquements totaux (3500 tonnes par an). Ses espèces cibles sont essentiellement les poissons plats, ainsi que quelques poissons ronds, et la seiche (Tétard, Boon *et al.*, 1995). Ses espèces accessoires sont surtout des poissons, attrapés de manière opportuniste en même temps que les poissons plats (grondin, rouget, roussettes...).

La figure 9 présente l'influence de ce métier sur la biomasse de ses espèces cibles et accessoires.

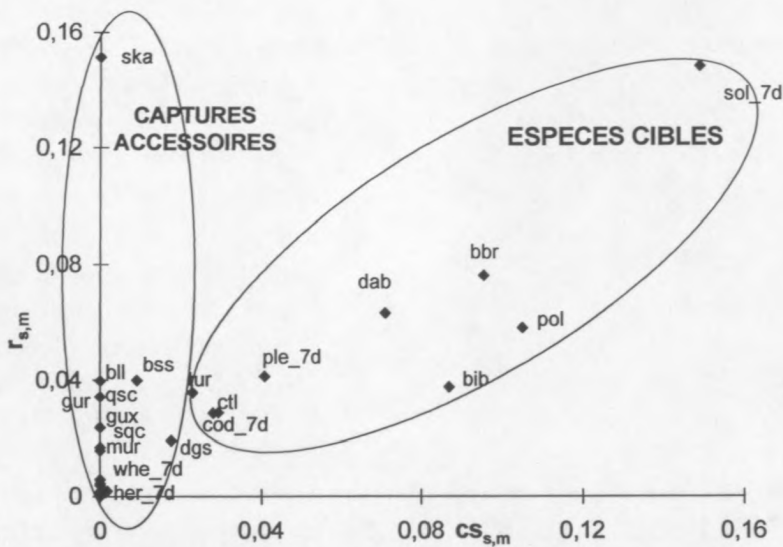


Figure 9. impact du métier F1.4 sur la biomasse des stocks qu'il exploite ($r_{s,m}$), et sensibilité de la biomasse de ces stocks à une augmentation de 1% de l'effort de ce métier ($cs_{s,m}$)

Les résultats obtenus ici sont cohérents avec la description qualitative du métier. Les espèces connues comme étant ciblées présentent un coefficient d'impact fort (le métier diminue sensiblement leur biomasse) et sont également les plus sensibles. La mortalité par pêche imputable au chalutage côtier est élevée; c'est donc sur ces stocks qu'une augmentation, même faible, de l'effort aura l'influence la plus grande. Cependant, il faut remarquer que ces coefficients de sensibilité restent faibles, car ces stocks, même ciblés par ce métier, sont également

exploités par plusieurs autres métiers, en quantités plus importantes.

Concernant les prises accessoires, l'impact du chalutage côtier français de Manche Est est logiquement faible, sauf pour les raies (pour ce stock très exploité, toute diminution d'effort, même d'un métier secondaire comme celui-ci se traduit par une forte augmentation de la biomasse). En outre, et ce résultat est peut-être moins attendu, la sensibilité des biomasses est ici quasi-nulle. Ceci signifie que la gestion de l'effort du métier considéré a peu d'influence sur l'état des stocks exploités comme prise accessoire.

Étude d'un stock : le bar

Le bar est une espèce de haute valeur commerciale en Manche. C'est l'une des plus attractives pour les flottilles extérieures, et un certain nombre de bateaux viennent de Bretagne Sud et d'Ecosse en Manche pour pêcher le bar au chalut pélagique. C'est également l'espèce majeure pour tous les métiers de la ligne (lignes à main et palangre), pour lesquels le prix de vente de ce poisson est encore plus élevé que pour les autres métiers. En effet les poissons ne sont pas abîmés par cette pratique de pêche comme ils peuvent l'être dans des chaluts (appellation "bar de ligne"). Le bar est ainsi exploité par plus de 20 métiers différents, et représente une part importante du revenu pour plus de 10 d'entre eux (cf. figure 7 et tableau 13). Le stock est considéré comme étant pleinement exploité (Pawson & Pickett, 1987, et cf. §16.3), mais le taux de captures non déclarées est vraisemblablement élevé (M. Dunn, comm. pers.).

L'influence de chaque métier est différente (figure 10). Le coefficient d'impact est directement proportionnel aux captures par métier, et reflète directement le rang des métiers dans les débarquements. La sensibilité est calculée pour chaque métier, et est liée au diagramme d'exploitation par métier (capturabilité par âge).

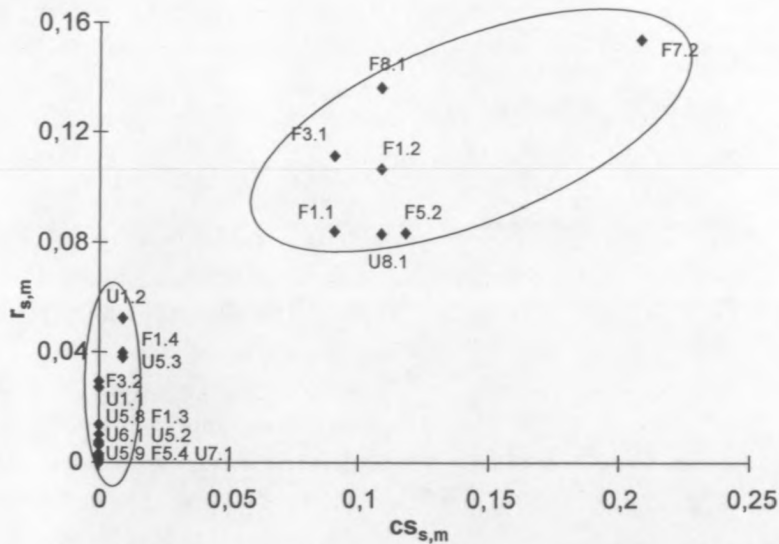


Figure 10. Impact des différents métiers sur la biomasse du bar ($r_{s,m}$), et sensibilité de cette biomasse à une augmentation de 1% de leur effort ($cs_{s,m}$).

Les métiers exploitant le bar peuvent être classés en 2 groupes. Les 7 métiers les plus importants (3 métiers du chalut, 3 métiers de la ligne et 1 métier du filet) ont un impact fort sur la biomasse ($r_{s,m} > 0,08$). Chacun d'eux compte donc pour plus de 8% dans les variations de la biomasse. Cependant, les coefficients de sensibilité, bien que plus élevés que pour les autres métiers, restent faibles. Une augmentation de 1% de l'effort d'un de ces métiers se traduira par une diminution de moins de 0,25% de la biomasse.

Ceci est cohérent avec l'étude générale faite par stock (chapitre précédent), qui a montré que le bar n'était pas une espèce très sensible.

L'autre groupe rassemble tous les autres métiers exploitant le bar de manière très secondaire. On y trouve pourtant des métiers ciblant spécifiquement le bar (U5.8 et U5.2 par exemple), mais ces métiers sont peu pratiqués, et les débarquements correspondants sont faibles. Etant donné la sensibilité globalement faible de ce stock, ces métiers ne sont pas assez importants pour avoir une influence individuelle sur l'état du stock.

17.2. Interactions inter-métiers et inter-flottes

Le deuxième type d'interactions techniques auquel on s'intéresse est celui qui intervient directement entre les activités de pêche ou entre les flottilles, et qui fait que **le résultat économique d'un segment de la pêcherie dépend de l'activité des autres segments à cause de la concurrence sur les captures**. Mesurer ces interactions est un autre moyen de déterminer quelles sont les activités les plus importantes de la pêcherie, et quelles sont celles qui sont le plus sensibles aux autres activités.

17.2.1. Méthode

A partir du même principe de calcul et de typologie que précédemment, on mesure les relations réciproques existant entre les activités, non plus en terme de biomasse, mais en terme de captures et de revenu (la même analyse pourrait être faite pour tout autre output bioéconomique). Chaque métier ou flottille est alors caractérisé par un coefficient d'impact et un coefficient de sensibilité. Les équations sont indiquées pour l'étude par métier (indice m), mais le principe de l'analyse par flottille est le même (indice f).

- Le coefficient d'impact par métier r_m représente ici la diminution (en %, $r_m > 0$) des captures et/ou du revenu de tous les autres métiers quand le métier m augmente son effort de 1% ($mf_m = 1,01$, $mf_{autres_métiers} = 1$). C'est donc une mesure de l'impact qu'un métier a sur tous les autres.
- Le coefficient de sensibilité cs_m , au contraire, représente la diminution ($cs_m > 0$) en captures et/ou en revenu du métier m , si tous les autres métiers augmentent leur effort de 1% ($mf_m = 1$, $mf_{autres_métiers} = 1,01$).

Ainsi pour chaque métier m et chaque variable de sortie étudiée Var (captures ou revenu), on a :

$$r_m = - \frac{\sum_{i=1, i \neq m}^{i=M} Var_i(mf_m = 1,01) - \sum_{i=1, i \neq m}^{i=M} Var_i(mf_m = 1)}{\sum_{i=1, i \neq m}^{i=M} Var_i(mf_m = 1)} \cdot 100$$

et

$$cs_m = - \frac{Var_m(mf_{autres_métiers} = 1,01) - Var_m(mf_{autres_métiers} = 1)}{Var_m(mf_{autres_métiers} = 1)} \cdot 100$$

avec $Var_i(mf_j)$ la valeur de la variable de sortie pour le métier i , sachant que le multiplicateur du métier j est égal à mf_j

Pour le calcul du revenu, on considère que les prix sont constants.

17.2.2. Interactions techniques entre métiers

Les coefficients d'impact et de sensibilité sont portés sur le même graphe, à la fois en terme de captures (figure 11.a) et en terme de revenu (figure 11b).

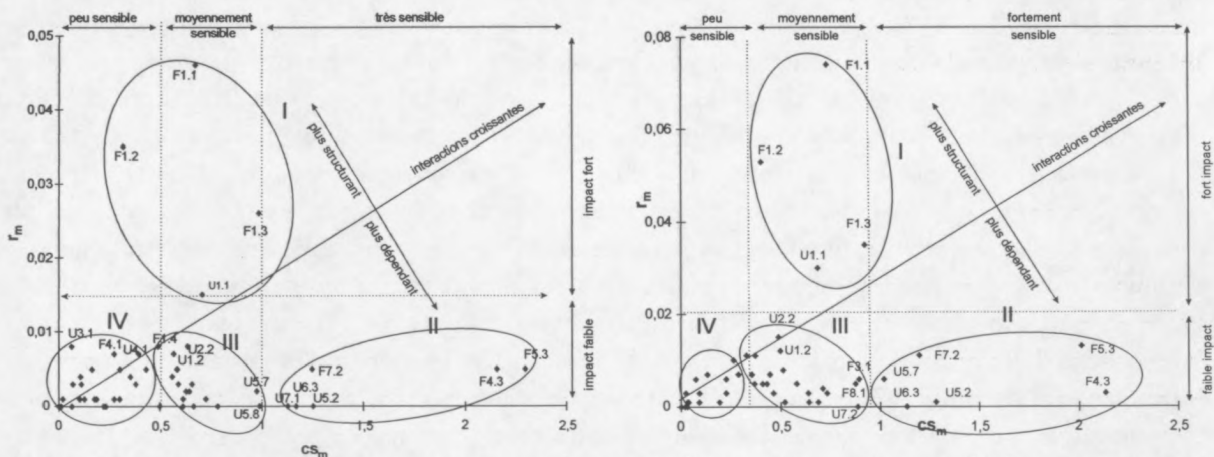


Figure 11. Interactions techniques entre métiers. Coefficient d'impact vs. coefficient de sensibilité de la production par métier, en poids (a) et en valeur (b)

Comme attendu, les coefficients de sensibilité sont beaucoup plus élevés que les coefficients d'impact. Un métier seul a un impact faible sur l'ensemble des autres métiers, ($r_m < 0,1$), mais il peut-être fortement sensible à leur augmentation. Ses captures vont diminuer si les autres métiers augmentent leur effort, d'autant plus fortement qu'il cible les mêmes espèces que d'autres. Ainsi, par exemple, le métier le plus sensible est le métier du filet à grandes mailles (F5.3), qui cible les mêmes espèces que le chalut de fond notamment.

On peut identifier 4 groupes de métiers ayant des comportements similaires face aux autres.

- Le groupe I comprend les métiers qui ont un très fort impact sur les autres métiers, leur sensibilité est moyenne. Leur suppression entraînerait un gain potentiel pouvant aller jusqu'à 10% de la valeur actuelle pour les autres métiers. On peut ainsi parler de métiers "**structurants**", au sens où leur activité a une influence significative sur les résultats des différentes composantes de la pêcherie. On retrouve là seulement des métiers du chalut de fond, et notamment ceux du chalutage français hauturier (F1.1 et F1.2).
- A l'opposé, le groupe II rassemble les métiers ayant un impact faible, mais une sensibilité forte par rapport aux autres métiers. Ces métiers peuvent être qualifiés de "**dépendants**"; leur résultat est significativement influencé par l'activité de l'ensemble de la pêcherie multi-métiers. On trouve là soit des métiers exploitant un petit nombre de stocks différents, et étant en compétition avec d'autres métiers dans leur exploitation (drague à pétoncles F4.3, casier à buccin anglais U6.3 filet à bar U5.2 par exemple), soit des métiers exploitant les mêmes espèces que les chalutiers de fond, mais en faibles quantités (métiers du filet particulièrement : filet à grande maille F5.3 par exemple).
- Le groupe III est un groupe **intermédiaire**. C'est dans ce groupe qu'on trouve le plus grand nombre de métiers, ceux ayant une sensibilité et un impact moyen.
- Les métiers du groupe IV ont peu de relations avec les autres métiers, ni activement (impact quasi-nulle) ni passivement (sensibilité faible). Ce sont des métiers essentiellement monospécifiques, soit exploitant des stocks peu sensibles en compétition avec quelques autres métiers, soit étant les seuls, ou les principaux métiers exploitant un stock particulier, et n'entrent donc pas en interaction. On parlera à leur sujet de métiers "**autonomes**", au sens où leur activité ne dépend pas de - et n'a pas d'influence sur - les autres composantes de la pêcherie. Deux sous-classes peuvent être identifiées au sein de cette classe : les "**semi-autonomes**", qui exploitent les mêmes stocks que d'autres métiers, et les "**autonomes purs**", qui n'ont aucune interaction.

On peut noter aussi que les groupes de métiers sont légèrement différents lorsque l'analyse est conduite en poids et en valeur. En définitive on propose une **typologie des interactions entre métiers**, basée sur les résultats en valeur, plus logique dans une optique bioéconomique (tableau 16). Dans la plupart des cas, le coefficient d'impact est supérieur en valeur qu'en tonnage, sauf pour les métiers exploitant des stocks de valeur marchande inférieure à 1 euro/kg (chalut pélagique, casier à buccin, pétoncles). La perte relative en valeur est donc inférieure à la perte en tonnage. Inversement, le coefficient de sensibilité est la plupart du temps plus élevé en tonnage qu'en valeur. En effet, augmenter l'effort des autres métiers va affecter significativement la composition des captures du métier. Mais cette différence est lissée dans l'estimation du revenu à cause des prix de vente différents selon les stocks, particulièrement pour les espèces de prix élevé. Cependant, la plupart des métiers restent aussi du même groupe dans les deux cas. Les seules différences apparaissent quand un métier passe du groupe II au groupe III, ou du groupe III au groupe IV à cause d'une diminution du coefficient de sensibilité de la valeur par rapport au tonnage.

Tableau 16. Typologie des métiers d'après leur degré d'interactions avec les autres composantes de la pêcherie. En gras : métiers les plus caractéristiques de chaque classe. En italique : métiers dont le positionnement dans la classe est plus arbitraire. Code métier : F=France, U=Royaume-Uni, E=Est, W=Ouest, cr.=crustacés, haut=hauturier, côt=côtier.

	I	II	III	IV	
	métiers "structurants"	métiers "dépendants"	métiers "intermédiaires"	métiers "semi-autonomes"	métiers "autonomes purs"
<i>impact sensibilité</i>	<i>élevé moyenne</i>	<i>faible élevée</i>	<i>moyen à faible moyenne</i>	<i>faible faible</i>	<i>nul nulle</i>
	F1.1 (chal. haut.W) F1.2 (chal. haut. E) F1.3 (chal. côt. W) U1.1 (chal.W)	<i>F3.1</i> (pélag. W) F4.3 (drague bivalves) F4.5 (drague pétoncle) F5.3 (filet gde mail.) F7.2 (palangre côt.) U5.2 (filet bar W) U5.7 (filet gde mail.) U6.3 (casier buccin E)	F1.4 (chal. côt E.) F2.1 (perche) F3.2 (pélag. E) <i>F4.1</i> (drague W) F5.1 (filet haut. W) F5.2 (filet ptes mail.) F5.6 (filet araignée) F6.5 (casier seiche) F7.1 (palangre haut.) <i>F8.1</i> (ligne à main) U1.2 (chal. E) U2.2 (perch. haut. W) U2.3 (perche côt W) U4.1 (drague W) U4.2 (drague E) U5.1 (filet W gadidés) U5.3 (filet bar E) U5.8 (filet dériv. Bar) <i>U6.1</i> (casier haut.) U6.2 (casier côt.) <i>U7.2</i> (palangre haut.) U8.1 (ligne à main)	F4.2 (drague E) <i>F4.4</i> (drague p. plats) F5.4 (filet sole E) F5.5 (filet morue E) F6.2 (casier gros cr.) <i>U2.1</i> (perche E) U3.1 (pélag. W) U3.2 (pélag. E) U5.4 (trémail. E sole) U5.5 (fil. Mail. E) U5.6 (filet merlu W) U5.9 (filet p. plats)	F1.5 (chal. crev.) F4.0 (drague St. Br.) F6.3 (casier pts. crust.) F6.4 (casier buccin) F9.1 (aquaculture) F9.3 (algues) U4.3 (drague huitre) U4.4 (drague bivalves) U7.1 (palangre côt.)

17.2.3. Interactions techniques entre flottilles

17.2.3.1. Typologie des flottilles

Les résultats de l'analyse par flottille sont comparables à ceux obtenus pour l'analyse par métier (figure 12 et tableau 16). 4 types de comportements majeurs existent : les flottilles "structurantes" à fort impact, les flottilles "dépendantes" à forte sensibilité, les flottilles "intermédiaires", et les flottilles plus ou moins "autonomes" qui interagissent peu avec les autres. Cependant les séparations de classes sont parfois moins évidentes que lors des analyses similaires précédentes, et certains regroupements graphiques ont été réalisés de manière parfois plus arbitraire.

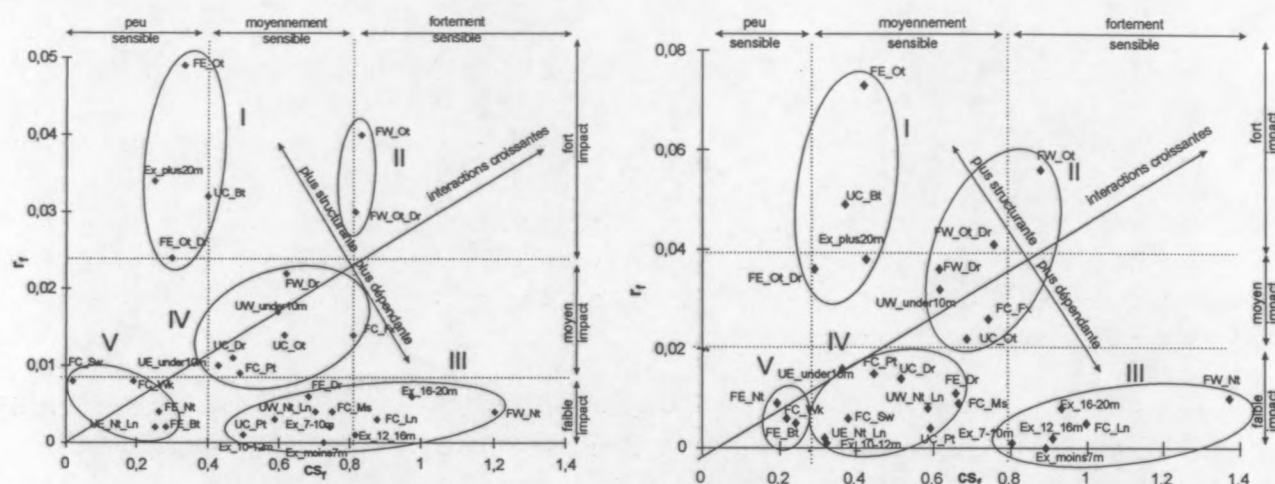


Figure 12. Interactions techniques entre flottilles. Coefficient d'impact vs. coefficient de sensibilité, en tonnage (a) et en valeur (b)

- Les flottilles du groupe I ont un **impact important** sur les autres flottilles, et ceci est encore plus marquant en valeur qu'en tonnage. Leur **sensibilité est parfois assez forte**, c'est pourquoi cette classe a été divisée en deux sous-classes dans la figure 12 (groupes I et II). Le groupe I rassemble ainsi les **flottilles structurantes** en terme d'interactions, et le groupe II, les **flottilles à la fois structurantes et dépendantes**. Ainsi les flottilles chalutières françaises, ont une sensibilité différente, à impact comparable, entre la Manche orientale (peu sensible) et la Manche occidentale (plus sensible). Ceci est d'ailleurs également vrai, bien que la différence soit moins marquée, pour leurs métiers les plus caractéristiques (le chalutage hauturier ouest F1.1 et est F1.2, figure 11). Les gros chalutiers venant de l'extérieur (flottille Ex_plus20m) occupent également une place importante, avec un fort coefficient d'impact. Bien que peu nombreux et pêchant sporadiquement en Manche, ces navires sont suffisamment puissants pour exercer une pression de pêche significative sur les stocks, et donc influencer sur la production et le revenu des autres flottilles.
- Les flottilles les plus **dépendantes** (groupe III) n'ont pas d'impact sur les autres flottilles mais sont en revanche **très sensibles** à leur augmentation. Ces flottilles sont celles qui pratiquent les métiers les plus dépendants (tableau 16). Ce qui avait été dit précédemment à propos du métier du filet à grandes mailles (F5.3) se retrouve dans la flottilles des fileyeurs de l'ouest (FW_Nt), la plus sensible à l'augmentation de l'effort des autres, et pour laquelle ce métier représente 30% de l'activité nominale. 4 parmi les 6 flottilles extérieures sont également rassemblées dans ce groupe. Chacune de ces flottilles théoriques est individuellement trop

petite pour avoir un impact sur les flottilles Manche, mais elles sont en concurrence avec ces dernières sur certains stocks et donc sont assez sensibles à leurs variations.

- Les flottilles **intermédiaires** (groupe IV) ont des **interactions modérées** avec les autres. Ce sont en général des flottilles exploitant leurs stocks de manière soit majoritaire (caseyeurs) soit secondaire mais sur des stocks peu sensibles et en compétition avec un petit nombre d'autres flottilles (dragueurs anglais par exemple)
- Enfin, les flottilles autonomes (groupe V) présentent **peu d'interactions** avec les autres. Ce sont les flottilles représentant des segments indépendants de la pêche, ou, comme certaines flottilles du groupe précédent, des flottilles exploitant des stocks peu sensibles, présentant des courbes de production asymptotiques (stocks In/Out notamment).

On remarque également une différence importante entre les résultats en production et en valeur. Hormis le fait que les coefficients d'impact sont, comme pour les métiers et pour les mêmes raisons, en moyenne plus élevés en valeur qu'en tonnage, certaines flottilles ont une sensibilité proche de 0 en tonnage, mais non en valeur (sensibilité supérieure à 0,2), comme la flottille des goémoniers (FC_Sw) notamment. Cette flottille tire 98% de sa production (en tonnage) du ramassage des algues, production pour laquelle elle n'entre en concurrence avec aucune autre flottille, d'où une sensibilité et un impact nul. En revanche, étant donné le très faible prix de vente des algues (moins de 300 FF la tonne), cette activité représente seulement 44% de son revenu, le reste provenant de l'activité de drague à la coquille St. Jacques en rade de Brest et en Bretagne Nord pour laquelle elle est en concurrence avec d'autres flottilles, d'où une sensibilité plus grande en revenu qu'en production.

Comme on l'a fait pour les métiers, on dresse un tableau typologique du comportement des flottilles les unes par rapport aux autres, basé sur les résultats en valeur (tableau 17).

Tableau 17. Typologie des flottilles d'après leur degré d'interaction avec les autres flottilles de la pêche. En gras : flottilles les plus caractéristiques de chaque classe. En italique : flottilles dont le positionnement dans la classe est plus arbitraire. code flottilles : F=France, U=Royaume-Uni; E = Est; W = Ouest ; C = Manche entière. chal = chalut de fond, fil = filet, fix = arts dormants.

	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>
	flottilles "structurantes"	flottilles "structurantes et dépendantes"	flottilles "dépendantes"	flottilles "intermédiaires"	flottilles "autonomes"
<i>impact</i>	<i>fort</i>	<i>moyen à fort</i>	<i>faible</i>	<i>faible</i>	<i>faible</i>
<i>sensibilité</i>	<i>moyenne</i>	<i>moyenne à forte</i>	<i>forte</i>	<i>moyenne</i>	<i>faible</i>
	FE_chal. UC_chal-perche EX_plus20m FE_chal_drag.	FW_chal. FW_chal_drag. FW_dragueurs UW_under10m FC_autres_fix. UC_chal.	FW_fileyeurs FC_ligneurs Ex_moins7m Ex_7-10m Ex_12-16m Ex_16-20m	FC_divers FE_dragueurs UC_caseyeurs UW_fil_ligneurs UC_dragueurs FC_caseyeurs FC_goémoniers UE_under10m UE_fil_ligneurs Ex_10-12m	FE_fileyeurs FC_bulotiers FE_chal-perche

17.2.3.2. Relations binaires entre les flottilles

Nous avons présenté ci-dessus la typologie générale des flottilles en fonction du comportement que chacune d'elle a vis-à-vis de toutes les autres. Ceci vise à situer l'importance de chaque flottille au sein de la pêcherie globale. Pour compléter cette analyse, on étudie de la même manière les relations binaires entre les flottilles, c'est-à-dire la sensibilité de chaque flottille à l'augmentation de l'effort de chacune des autres individuellement. Cette analyse s'inscrit dans une optique de gestion des pêches. On cherche ici à quantifier de manière précise les externalités induites par une mesure de gestion visant une seule flottille. Les flottilles les plus touchées par cette politique sont celles qui ont la plus grande sensibilité aux variations d'effort de la flottille concernée par la mesure.

La sensibilité d'une flottille vis-à-vis d'une autre est calculée comme précédemment par le coefficient de sensibilité, égal aux variations de la variable étudiée pour la flottille i suite à une augmentation de 1% de l'effort de la flottille j ($cs_i > 0$ si la variable diminue):

$$cs_i = -\frac{Var_i(mf_j = 1,01) - Var_i(mf_j = 1)}{Var_i(mf_j = 1)} \cdot 100$$

La variable étudiée est ici le revenu intérieur des flottilles (valeur des débarquements issus de la Manche, tableau 18).

L'augmentation de 1% de l'effort d'une flottille se traduit dans tous les cas par une augmentation de son revenu intérieur ($cs_i < 0$), et par une diminution du revenu des autres flottilles ($cs_i > 0$). L'augmentation du revenu de la flottille est relativement élevée (entre 0,6% - flottille des chalutiers-dragueurs français de Manche Est - et 1,01% - flottille des extérieurs de 7 à 10m). La diminution du revenu des autres flottilles est toujours plus faible (inférieurs à 0,4%). La diminution du revenu est supérieure à 0,2% dans seulement six cas (dont deux fois pour les caseyeurs anglais, qui sont en interaction avec les deux flottilles de moins de 10m anglaises). Elle est comprise entre 0,1 et 0,2% dans 31 cas (sur 812 combinaisons possibles), et inférieure à 0,1% pour les autres (soit 95% des cas).

La sensibilité observée la plus forte est celle des dragueurs purs français de Manche Est vis-à-vis des chalutiers-dragueurs de la même zone (0,37%), alors que réciproquement, les chalutiers-dragueurs sont peu sensibles aux dragueurs purs en Manche Est. En Manche Ouest, la situation est un peu différente pour les mêmes flottilles, puisque dragueurs purs et chalutiers-dragueurs ont des sensibilités proches l'une vis-à-vis de l'autre.. Malgré la séparation entre deux stocks (Est et Ouest) d'un certain nombre d'espèces, on observe un fort niveau d'interaction entre deux des principales flottilles de la Manche, les flottilles chalutières françaises (FW_Ot et FE_Ot). La flottille de l'Ouest est plus sensible à celle de l'Est que dans le cas contraire. En effet les stocks que ces deux flottilles exploitent en commun représentent près de 60% de la production des chalutiers Est, et plus de 80% de celle de la flottille Ouest (cf. Annexe F, production par flottille et par espèce).

En sommant les sensibilités par ligne et par colonne (ceci est effectué à titre indicatif car sommer des pourcentages calculés par rapport à des valeurs initiales différentes n'a pas de réalité mathématique), on retrouve des classements comparables à l'analyse globale conduite dans le paragraphe précédent. Les flottilles les plus sensibles à une augmentation de l'effort des autres flottilles (flottilles dépendantes) sont surtout des flottilles françaises et extérieures, et, en premier lieu, les fileyeurs français de Manche Ouest et les ligneurs-palangriers français. Inversement, les flottilles auxquelles les autres sont le plus sensibles (flottilles structurantes) sont les chalutiers français (Est et Ouest), et les chalutiers à perche anglais.

Tableau 18. Interactions techniques entre flottilles : diminution (en %) du revenu intérieur de chaque flottille (en ligne) suite à une augmentation de 1% de l'effort d'une autre flottille. Code flottille : F = France, U = Royaume-Uni, E = Est, W = Ouest, C = Manche entière. chal = chalut, fil = filet, fix = arts dormants. Voir Annexe A pour la dénomination complète des flottilles. Gris clair (diagonale): variation du revenu de chaque flottille suite à une augmentation de son propre effort (coefficient inférieur à 0 car le revenu augmente). Gris moyen : diminution comprise entre 0,1 et 0,2%. Gris sombre : diminution supérieure à 0,2%.

	FE_Ot	FW_Ot	UC_Ot	FE_Bt	UC_Bt	FE_Ot_Dr	FW_Ot_Dr	FE_Dr	FW_Dr	UC_Dr	FC_Pt	UC_Pt	FE_Nt	FW_Nt	FC_Ln
FE_chal.	-0,845	0,095	0,026	0,008	0,044	0,049	0,029	0,004	0,009	0,006	0,002	0	0,008	0,007	0,006
FW_chal.	0,224	-0,803	0,051	0,004	0,09	0,048	0,084	0,006	0,032	0,01	0,007	0	0,013	0,016	0,011
UC_chal	0,159	0,103	-0,891	0,007	0,103	0,034	0,031	0,005	0,014	0,024	0,004	0,005	0,019	0,012	0,005
FE_chal_perche	0,065	0,013	0,01	-0,841	0,036	0,05	0,008	0,005	0,003	0,004	0	0	0,014	0,005	0
UC_chal_perche	0,059	0,043	0,031	0,006	-0,919	0,037	0,033	0,005	0,022	0,025	0,001	0,001	0,01	0,005	0,001
FE_chal_drag.	0,059	0,029	0,009	0,01	0,038	-0,608	0,023	0,058	0,004	0,015	0,001	0	0,005	0,003	0,002
FW_chal_drag.	0,088	0,105	0,019	0,002	0,072	0,046	-0,769	0,007	0,211	0,033	0,011	0	0,008	0,011	0,004
FE_dragueurs	0,033	0,025	0,007	0,004	0,035	0,375	0,024	-0,937	0,015	0,015	0,013	0	0,004	0,004	0,011
FW_dragueurs	0,024	0,038	0,007	0	0,047	0,007	0,193	0,004	-0,731	0,028	0,076	0	0,008	0,021	0,004
UC_dragueurs	0,038	0,024	0,024	0,003	0,1	0,066	0,075	0,012	0,073	-0,935	0	0,001	0,005	0,003	0,001
FC_caseyeurs	0,01	0,015	0,001	0	0,005	0,002	0,018	0,003	0,138	0,001	-0,73	0	0,003	0,018	0,002
UC_caseyeurs	0,01	0,01	0,008	0	0,006	0,005	0	0	0,009	0,002	0	-0,871	0	0,005	0,009
FE_fileyeurs	0,026	0,024	0,009	0,005	0,031	0,01	0,009	0,01	0,004	0,004	0,003	0	-0,978	0,011	0,002
FW_fileyeurs	0,134	0,168	0,074	0,006	0,155	0,03	0,06	0,004	0,12	0,009	0,063	0	0,063	-0,87	0,005
FC_ligneurs	0,169	0,113	0,042	0,005	0,049	0,04	0,045	0,037	0,055	0,007	0,009	0,005	0,013	0,022	-0,914
UE_fil_ligneurs	0,057	0,039	0,022	0	0,033	0,009	0,013	0,001	0,004	0,01	0	0,002	0,004	0,006	0,003
UW_fil_ligneurs	0,084	0,068	0,038	0,008	0,045	0,017	0,014	0,005	0,014	0,005	0	0,009	0,011	0,016	0,016
FC_bulotiers	0,004	0,005	0,001	0	0,003	0,001	0,003	0	0,007	0	0,048	0,002	0	0,003	0
FC_divers	0,053	0,046	0,009	0,019	0,023	0,026	0,019	0,009	0,079	0,004	0,083	0	0,005	0,013	0,013
FC_goémoniers	0,003	0,009	0	0	0,057	0,002	0,076	0,001	0,079	0,049	0,007	0	0	0	0
FC_autres_fix.	0,06	0,056	0,02	0,003	0,041	0,016	0,029	0,006	0,092	0,006	0,125	0	0,02	0,04	0,015
UE_under10m	0,031	0,018	0,013	0,001	0,02	0,007	0,006	0,001	0,009	0,007	0,001	0,046	0,004	0,006	0,006
UW_under10m	0,078	0,054	0,048	0,003	0,058	0,016	0,026	0,003	0,021	0,018	0	0,04	0,011	0,01	0,007
Ex_moins7m	0	0	0	0	0,083	0	0,083	0	0,083	0,083	0	0	0	0	0
Ex_7-10m	0,065	0,061	0,042	0	0,116	0,056	0,128	0,004	0,12	0,071	0	0	0,014	0,026	0,024
Ex_10-12m	0,056	0,029	0,008	0,012	0,035	0,02	0,013	0	0,012	0,008	0	0	0,023	0	0
Ex_12-16m	0,165	0,12	0,029	0,003	0,053	0,035	0,04	0,006	0,036	0,012	0,003	0	0,011	0,003	0,022
Ex_16-20m	0,208	0,17	0,049	0,002	0,082	0,041	0,06	0,004	0,024	0,012	0,003	0	0,013	0,021	0,013
Ex_plus20m	0,105	0,08	0,038	0,003	0,049	0,022	0,025	0,002	0,008	0,014	0,001	0	0,006	0,005	0,005

Tableau 18 (suite). Interactions techniques entre flottilles : diminution (en %) du revenu intérieur de chaque flottille (en ligne) suite à une augmentation de 1% de l'effort d'une autre flottille. Code flottille : F = France, U = Royaume-Uni, E = Est, W = Ouest, C = Manche entière. chal = chalut, fil = filet, fix = arts dormants. Voir Annexe A pour la dénomination complète des flottilles. Gris clair (diagonale): variation du revenu de chaque flottille suite à une augmentation de son propre effort (coefficient inférieur à 0 car le revenu augmente). Gris moyen : diminution comprise entre 0,1 et 0,2%. Gris sombre : diminution supérieure à 0,2%.

	UE Nt L	UW Nt Ln	FC Wk	FC Ms	FC Sw	FC Fx	UE under10	UW under10	Ex moins7m	Ex 7-10m	Ex 10-12m	Ex 12-16m	Ex 16-20m	Ex plus20m
FE_chal.	0,001	0,008	0,001	0,006	0,001	0,013	0,01	0,025	0	0,001	0,001	0,002	0,012	0,058
FW_chal.	0,003	0,02	0,002	0,01	0,002	0,027	0,017	0,058	0	0,001	0,001	0,004	0,026	0,115
UC_chal	0,003	0,018	0,001	0,009	0,003	0,018	0,019	0,084	0	0	0,004	0,002	0,013	0,066
FE_chal_perche	0	0,004	0	0,016	0	0,005	0,005	0,008	0	0	0,002	0	0,002	0,013
UC_chal_perche	0,001	0,005	0,001	0,002	0,01	0,007	0,008	0,027	0	0,001	0,002	0,001	0,006	0,032
FE_chal_drag.	0	0,003	0	0,005	0	0,005	0,004	0,008	0	0	0,001	0,001	0,004	0,018
FW_chal_drag.	0,002	0,006	0,001	0,005	0,025	0,017	0,006	0,029	0	0,003	0,001	0,003	0,012	0,043
FE_dragueurs	0	0,005	0	0,008	0,003	0,016	0,002	0,015	0	0	0,001	0	0,002	0,015
FW_dragueurs	0	0,004	0,004	0,018	0,023	0,056	0,006	0,02	0	0,002	0	0,001	0,005	0,013
UC_dragueurs	0,001	0,003	0,001	0,004	0,039	0,005	0,011	0,033	0	0,004	0,001	0,001	0,003	0,022
FC_caseyeurs	0	0,001	0,042	0,034	0,002	0,138	0,002	0,002	0	0	0	0	0,001	0,004
UC_caseyeurs	0	0,012	0,005	0,009	0	0,009	0,27	0,28	0	0	0	0	0	0,005
FE_fileyeurs	0,001	0,003	-0,001	0,005	0	0,023	0,003	0,011	0	-0,001	0,006	0	0,003	0,013
FW_fileyeurs	0,001	0,029	0,008	0,031	0	0,12	0,009	0,103	0	0	0	0	0,026	0,094
FC_ligneurs	0,005	0,037	0,007	0,047	0,005	0,095	0,06	0,077	0	0,007	0,007	0,007	0,024	0,075
UE_fil_ligneurs	-0,999	0,009	0,003	0,003	0	0,016	0,049	0,032	0	0	0	0,002	0,008	0,028
UW_fil_ligneurs	0,007	-0,937	0,001	0,014	0	0,026	0,049	0,103	0	0	0	0,002	0,008	0,04
FC_bulotiers	0	0,001	-0,069	0,001	0,018	0,091	0,013	0,004	0	0	0	0	0	0,002
FC_divers	0	0,01	0,003	-0,912	0,012	0,12	0,017	0,028	0	0,002	0	0	0,005	0,024
FC_goémoniers	0	0,001	0,027	0,008	-0,65	0,011	0	0,015	0	0,005	0,001	0	0,001	0,002
FC_autres_fix.	0,002	0,013	0,074	0,043	0,006	-0,883	0,018	0,029	0	0,004	0,003	0,003	0,009	0,033
UE_under10m	0,011	0,012	0,006	0,005	0,001	0,014	-0,828	0,138	0	0,001	0,001	0,002	0,004	0,011
UW_under10m	0,004	0,023	0,002	0,006	0,007	0,017	0,127	-0,826	0	0,001	0,001	0,002	0,008	0,033
Ex_moins7m	0	0	0	0	0,083	0	0	0	-0,672	0	0	0	0	0,004
Ex_7-10m	0	0,024	0	0,026	0,068	0,026	0,024	0,055	0	-1,013	0	0,005	0,007	0,052
Ex_10-12m	0,001	0	0	0,011	0,006	0,023	0,014	0,012	0	0	-0,988	0,001	0	0,015
Ex_12-16m	0,003	0,005	0,003	0,022	0,008	0,04	0,051	0,066	0	0,003	0,003	-0,968	0,015	0,105
Ex_16-20m	0,001	0,015	0,002	0,011	0,003	0,03	0,017	0,048	0	0,002	0,001	0,003	-0,974	0,109
Ex_plus20m	0,009	0,006	0,001	0,004	0,001	0,011	0,009	0,023	0	0,001	0	0,002	0,012	-0,923

17.3. Conclusion

Les analyses réalisées ici permettent de **quantifier les interactions techniques**, entre les activités de pêche et la ressource d'une part, et entre les différentes activités de pêche entre elles d'autre part. Nous avons choisi de garder la même méthodologie homogène d'étude à chaque fois, excepté pour l'étude du statut des différents stocks qui fait intervenir les proportions de chaque stock dans les captures de chaque métier. Cette méthodologie, comparable à celle qui avait été utilisée précédemment pour les stocks, est basée sur une typologie graphique issue de la définition de deux coefficients : un **coefficient d'impact**, d'une activité sur la biomasse ou d'une activité sur les autres, et un **coefficient de sensibilité**, de la biomasse vis-à-vis d'une activité de pêche, ou d'une activité de pêche vis-à-vis des autres. Ces deux coefficients permettent alors de décrire les interactions actives et passives de chaque entité étudiée avec les autres, et de raisonner de manière globale, tous métiers en même temps, sans nécessiter des études particulières au cas par cas.

La typologie des stock a mis en évidence une importance des stocks au sein de la pêcherie très variable d'un stock à l'autre. Une dizaine de stocks représentent des **segments assez spécialisés** de la pêcherie, **potentiellement générateurs de peu d'interactions**. Les autres stocks sont exploités par un plus grand nombre de métiers, Parmi ceux-ci, la moitié peut être considérée comme des **prises accessoires**, et sont **potentiellement générateurs d'interactions faibles** (co-occurrence de ces stocks avec les espèces cibles de différents métiers). L'autre moitié regroupe des stocks dits "**structurants**", ciblés par un grand nombre de métiers différents et **potentiellement générateurs d'interactions fortes**. En moyenne sur l'ensemble de la pêcherie, les stocks sont exploités par près de **12 métiers**, mais ciblés seulement par **2 d'entre eux**.

Les interactions que chaque métier a avec les autres entités (biomasse ou autres métiers) ne sont pas les mêmes pour tous les métiers. Deux typologies sont proposées, regroupant les métiers qui ont des influences comparables soit sur les biomasses, soit sur les autres métiers. Dans le premier cas, ceci conduit à définir les **concepts de métiers dominants, dominants secondaires, intermédiaires ou secondaires**. Dans le second cas, on parle de **métiers structurants, dépendants, intermédiaires ou autonomes**. Les métiers qui ont le plus d'influence sur le niveau de biomasse (totale ou des seuls stocks qu'ils exploitent) ne sont pas les mêmes que ceux qui ont le plus d'influence sur les performances des autres activités. Parmi les métiers dominants ou structurants, on retrouve les métiers produisant de forts tonnages par rapport à la moyenne. Mais **les métiers les plus dominants en terme d'impact sur la biomasse sont des métiers monospécifiques**, représentant des secteurs assez particuliers de la pêcherie. A l'inverse, **les métiers structurants en terme d'interactions sont des métiers plurispécifiques**, qui sont en compétition avec un grand nombre d'autres métiers.

L'analyse des interactions entre flottilles conduit à des résultats similaires, permettant de définir des **flottilles structurantes, structurantes et dépendantes en même temps, dépendantes, intermédiaires et autonomes**. Une analyse plus précise de la sensibilité des flottilles deux à deux a mis en évidence les interactions fortes existant, pour les flottilles françaises, entre les flottilles chalutières d'une part, et entre les flottilles de dragueurs et de chalutiers-dragueurs d'autre part. Les flottilles ayant les interactions les plus fortes avec une flottille donnée seront celles qui subiront le plus d'externalités en cas de mesures de gestion appliquées à cette flottille.

Il faut cependant souligner que toute cette analyse des interactions entre métiers ou entre flottilles est sans doute **fortement biaisée par la non-prise en compte des rejets**, alors que

ce problème est fondamental dans la questions des interactions, et est parfois source de conflits. Boncoeur *et al.* (1998b) ont par exemple montré l'importance économique majeure des rejets d'araignée issus du chalutage sur les performances économiques des métiers ciblant cette espèce (filet et casier).

Dans le cadre de cette analyse, les rejets n'ont pas été pris en compte par manque de données disponibles, mais **une meilleure appréhension des interactions passe à l'avenir par une amélioration du suivi statistique des rejets.**

18. ÉTUDE DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE GESTION

L'objectif du modèle bioéconomique, tel qu'il est présenté dans le projet initialement soumis à la Commission Européenne, est de fournir un **outil d'aide à la prise de décision dans la gestion et l'aménagement des pêcheries de la Manche**. Ce modèle doit permettre, d'une part, de simuler des mesures de gestion, afin de comparer les conséquences biologiques et économiques de divers scénarios (modèle de simulation), et d'autre part, de déterminer la configuration de la flotte permettant d'atteindre un ou plusieurs objectifs donnés, tels que la conservation de la ressource, le nombre d'emplois à la mer et/ou la maximisation du profit économique (modèle d'optimisation).

Au regard des caractéristiques du modèle présentées dans ce document, on peut considérer que ces objectifs ont été assez largement atteints. En effet, on dispose avec BECHAMEL d'un **outil informatiquement opérationnel et facile d'utilisation, rassemblant les données relatives à la totalité des navires et activités de pêche présentes en Manche, et à la presque totalité des stocks exploités** (plus de 90% des débarquements totaux). Ce modèle permet d'estimer l'ensemble des variables biologiques et économiques (production, revenu, profits, salaires...) propre à chaque navire ou chaque groupe de navires. Comme on l'a montré au chapitre précédent, on peut ainsi mesurer les interactions d'un groupe sur un autre, d'une activité sur une autre, ou sur la biomasse des stocks exploités. On est donc en mesure d'estimer les conséquences d'un changement dans l'activité d'un groupe de navires, et par là même d'une mesure de gestion directe de l'effort de pêche, non seulement sur ce groupe de navires, mais également sur d'autres groupes non concernés directement par la mesure, ainsi que sur la ressource.

En revanche, il est clair que les incertitudes liées au modèle et à l'estimation des paramètres sont fortes. Ceci est essentiellement dû, comme on l'a déjà souligné, au très grand nombre et à la très grande diversité des espèces exploitées et des activités de pêche, ainsi qu'à l'hétérogénéité des données et connaissances actuellement disponibles. Par suite, il est sans doute abusif de tirer des conclusions en terme de valeur absolue. Il est plus intéressant, et sans doute plus fiable, d'utiliser BECHAMEL dans un but de **comparaison de différents scénarios**, toutes choses étant égales par ailleurs, et en s'attachant principalement aux enseignements qualitatifs de ces simulations de scénarios. Par ailleurs, ces simulations seront d'autant plus valides qu'on explore des scénarios proches de la situation actuelle, dans l'intervalle d'estimation des paramètres.

Dans ce chapitre on se propose donc de comparer divers scénarios et conséquences de mesure d'aménagement. Les mesures simulées sont de deux types différents : mesures **directes** de régulation de l'effort de pêche, et mesures **indirectes** de réduction des captures à travers l'utilisation de TAC et quotas. L'étude de l'impact des mesures directes a été initiée dans le chapitre précédent lors de l'étude des externalités et des relations binaires entre les flottilles. On l'a approfondi ici avec d'autres simulations.

18.1. Mesures directes de régulation de l'effort de pêche

Ces simulations sont menées à capturabilité constante. Ainsi, une variation de l'effort se traduit directement par une variation de la mortalité par pêche, et donc de la production et du revenu. Cela se traduit également par une variation des coûts liés à l'effort, et donc une variation du profit total. Plusieurs types de scénarios simples sont proposés : diminution du nombre de bateaux d'une flottille particulière, diminution du nombre total de jours de mer ou de navires (comme dans le cadre d'un Plan d'Orientation Pluriannuel des pêches - plan POP). Enfin, une étude statistique comparée des conséquences économiques de ces deux mesures (temps de pêche

/nombre de navires) est réalisée. De plus amples simulations de gestion seront approfondies dans le volet économique de ce programme (Le Gallic, en prép).

18.1.1. Réduction d'un seul segment d'une flottille

Pour illustrer les potentialités de BECHAMEL, on montre les effets directs de la réduction d'un segment de la flottille. A partir de la classification des flottilles issue du chapitre précédent, on a choisi comme exemple de simulation la flottille qui est le plus en interaction (flottille structurante et dépendante) avec les autres, c'est-à-dire celle qui a les plus forts coefficients à la fois d'impact et de sensibilité : la flottille des chalutiers français de Manche occidentale (FW_Ot). Cette flottille est constituée de 51 bateaux, dont 7 seulement font moins de 16 m. Bien que peu nombreuse en terme de nombre de bateaux (1,2% du total), c'est une flottille importante en Manche (4,3% de l'effort total, 4,5% de la production totale en poids, et 6,7% en valeur). Elle exploite plus de 40 stocks différents, de manière ciblée ou accessoire.

La simulation porte sur une réduction de 20% du nombre de navires de plus de 20 m de cette flottille (soit une réduction de 13% de l'effectif total de la flottille). Les effets estimés de cette réduction sont calculés pour les captures de cette flottille, les captures totales, le revenu total par flottille (tous navires), et le profit moyen individuel par navire pour cette flottille et certaines autres flottilles proches. (figure 13).

Une diminution de 20% de ce segment diminue les captures totales de la flottille entière d'environ 13,5%. Les captures de toutes les espèces diminuent, même celle des raies pour lesquelles pourtant une diminution de l'effort se traduit par une augmentation des captures toutes flottilles confondues (figure 13b). Autrement dit, la baisse de l'effort entraîne un accroissement de la biomasse et donc des rendements de raies. Cette augmentation des CPUE se traduit par une augmentation des captures pour les autres segments de la flottille (dont l'effort reste constant), mais ne compense pas la diminution de l'effort des chalutiers de plus de 20 m.

On observe également une augmentation des captures totales pour les stocks parmi les plus exploités : pétoncles, raies, baudroie, langouste.

D'un point de vue économique, le revenu total intérieur de la flottille des chalutiers Ouest (c'est-à-dire la somme, sur tous les navires de la flottille, des chiffres d'affaires réalisés sur les captures faites en Manche) décroît fortement, ce qui n'est pas étonnant au vu de la diminution importante de l'effort de pêche. Inversement, toutes les autres flottilles voient leur revenu intérieur augmenter, à l'exception des flottilles ayant peu ou pas d'interactions avec les chalutiers (bulotiers et goémoniers par exemple). Les plus fortes augmentations du revenu intérieur sont obtenues pour la flottille des fileyeurs de Manche Ouest FW_Nt et des chalutiers dragueurs FW_Ot_Dr (+ 3%), qui ciblent les mêmes espèces que les chalutiers. Ce résultat corrobore celui obtenu au chapitre précédent, où on avait vu que la flottille de fileyeurs présentait une forte sensibilité à la variation de l'effort des autres flottilles, et des chalutiers en particulier (flottille dépendante).

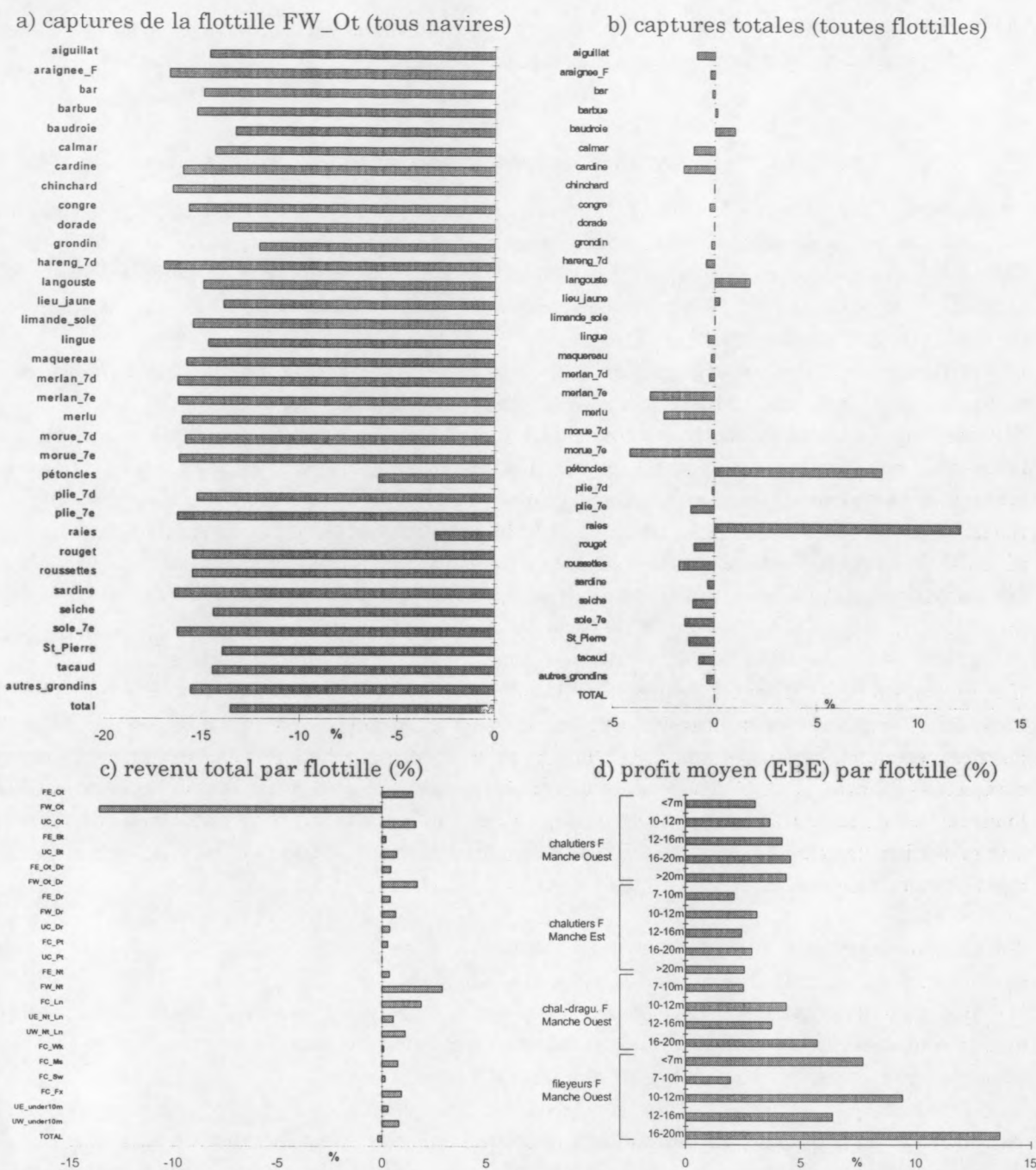


Figure 13. Conséquences d'une diminution de 20% du nombre de chalutiers de fond français de plus de 20m. Sur les captures de cette flottille (a), sur la production totale par stock (b), sur le revenu total intérieur par flottille (c) et sur le profit moyen individuel par navire pour certaines flottilles (d). Les variations sont en % par rapport à la valeur initiale.

Par ailleurs, bien que le revenu total diminue pour la flottille étudiée, le profit moyen individuel des bateaux restant dans la pêcherie augmente, pour toutes les classes de taille. Ceci est également vrai pour toutes les autres flottilles. On n'a figuré sur la figure 13d que les flottilles les plus proches de celle étudiée, soit en activité soit en espèces ciblées, mais le résultat obtenu est le même pour toutes les autres flottilles, dans des proportions variables selon l'importance des interactions. La différence de variation du profit moyen individuel entre les différentes classes de taille au sein d'une même flottille est due à la part relative du revenu extérieur, plus ou moins

importante selon la taille du navire. Si on ne prenait en compte que le revenu intérieur dans le calcul du profit, les variations seraient plus homogènes au sein d'une flottille (Ulrich *et al.*, 1999c).

18.1.2. Réduction du temps de pêche de tous les navires

La Politique Commune des Pêches (PCP) de l'Union Européenne appelle à la réduction de l'effort de pêche de certains secteurs de la flotte européenne, via l'instauration des Plans Pluriannuels d'Orientation des Pêches (plans POP). Le prochain plan est attendu pour décembre 2001. Les flottilles de la Manche sont également soumises à ces réductions d'effort, bien qu'elles ciblent peu d'espèces communautaires sous quotas.

Les réductions d'effort sont généralement exprimées en terme de nombre de bateaux, mais certains gouvernements, à l'instar du gouvernement anglais, tentent de faire valoir la possibilité d'utiliser des mesures restrictives en terme de temps de pêche individuel plutôt qu'en terme de nombre de navires (M. Dunn, comm. pers.). Cette mesure vise à limiter les sorties de flotte des navires et le chômage des marins. Dans l'esprit de ce type de restrictions, on présente ici les résultats préliminaires d'une réduction de 10% du temps de pêche de toutes les flottilles et classes de taille de navires. Cette simulation permet de mesurer les effets sur la captures des espèces et sur les performances économiques des navires.

A l'échelle générale de la pêcherie entière, cette mesure a un effet négatif à tous les niveaux (figure 14). La production totale diminue de 2,8%, le revenu intérieur de 3,5% et le profit moyen individuel de 7,4%. En revanche, cette diminution générale ne se répartie pas de la même manière selon les stocks et les flottilles. La production de tous les stocks considérés comme extérieurs (β^* proche de 0) diminue, ainsi que celle des stocks considérés comme étant au MSY dans le modèle de Fox. En revanche, comme dans la simulation précédente, la production des stocks les plus exploités augmente à l'équilibre (bar, barbue, baudroie, buccin, langouste, lieu jaune, pétoncles et raies).

Seules deux flottilles voient leurs revenus augmenter suite à cette mesure : les fileyeurs français de l'ouest (FW_Nt) et les bulotiers (FC_Wk), qui bénéficient de la diminution d'effort de pêche sur les stocks qu'ils exploitent (ces stocks sont, pour la plupart, les stocks considérés comme surexploités cités ci-dessus). Les bulotiers sont de plus peu soumis à la concurrence et sont donc presque les seuls bénéficiaires de cette remontée du stock.

En revanche, le profit moyen individuel augmente pour un certain nombre de flottilles. En plus des deux précédemment citées, les chalutiers à perche anglais (UC_Bt) et les dragueurs anglais (UC_Dr) augmentent également leur marge brute et, à moindre échelle, les ligneurs français (FC_Ln) et les chalutiers-dragueurs de l'Ouest (FW_Ot_Dr). Pour les flottilles françaises, la baisse de revenus est faible (inférieure à 5%), et est compensée par la diminution des coûts variables et des taxes et salaires. Pour les flottilles anglaises, la baisse de revenu est plus importante (entre 5 et 10%), mais les coûts de production sont élevés pour ces flottilles, et le résultat final de la diminution des deux variables est donc positif. Enfin, certaines flottilles ont des baisses de profit moyen (EBE) très importantes (supérieures à 30%), mais ce sont des flottilles avec un niveau de profit déjà très bas initialement, au début de la simulation. Toute diminution, même faible dans l'absolu, entraîne donc une variation relative importante.

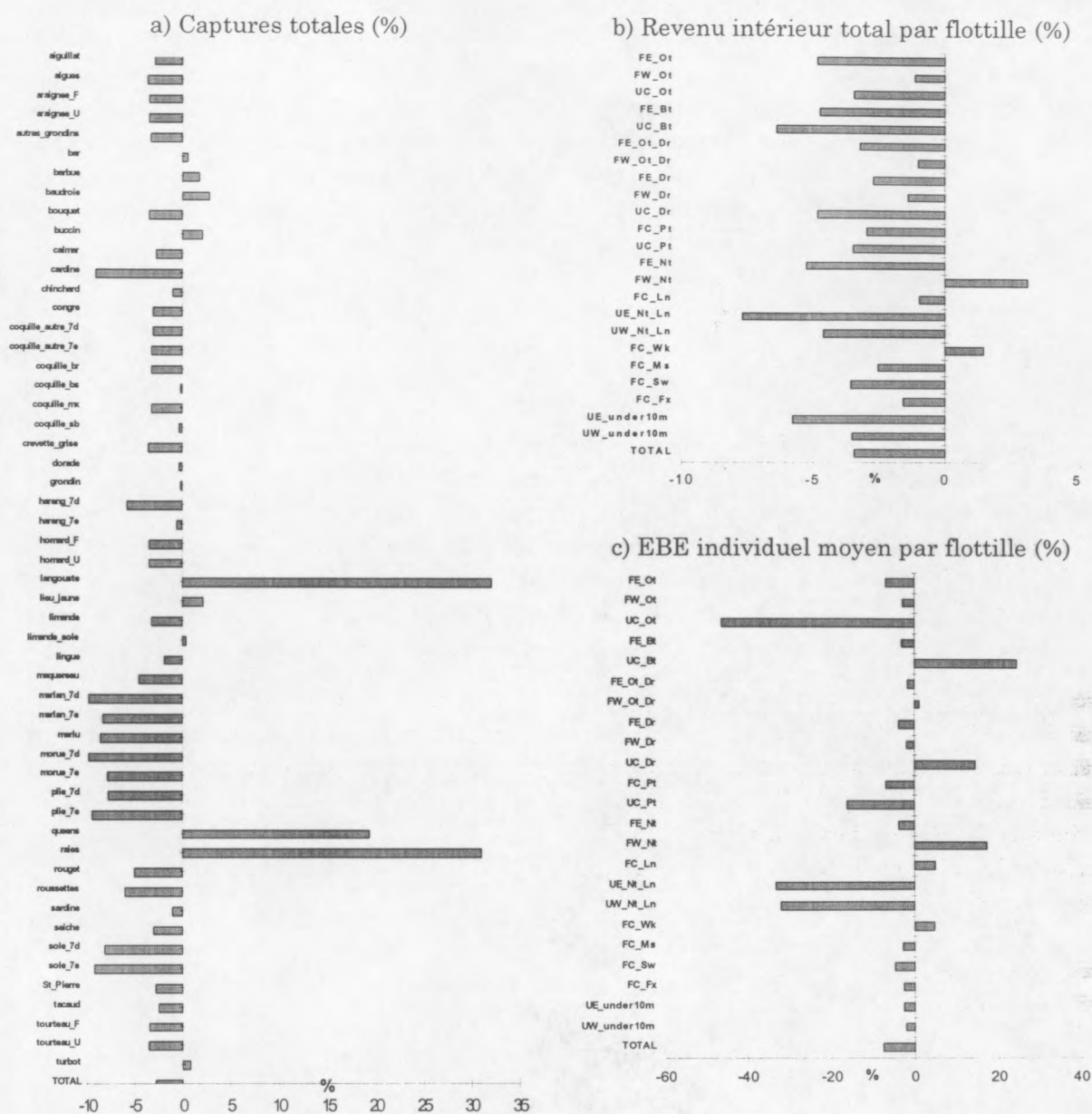


Figure 14. Conséquences d'une diminution de 10% du nombre de jours de pêche de toutes les flottilles et de toutes les classes de taille. (a) sur les captures totales (en tonnage) ; (b) sur le revenu intérieur total des flottilles (tous navires confondus) (c) sur le profit individuel moyen des navires par flottille. Le résultat est donné en % de variation par rapport à la valeur initiale

18.1.3. Comparaison économique stochastique entre une variation du temps de pêche et une variation du nombre de navires

La simulation précédente fait intervenir une diminution de l'effort de pêche par limitation du temps de pêche, plutôt que par diminution du nombre de navires. Comme on l'a vu, cette mesure est de plus en plus proposée comme une alternative aux plans de sortie de flotte instaurés par la PCP. D'un point de vue biologique, les deux mesures sont équivalentes puisque c'est le temps de pêche total (c'est-à-dire le nombre de navires x le nombre de jours de mer) qui intervient dans le

calcul de l'effort. La part relative des deux mesures n'influe donc pas sur le résultat, en terme de production.

En revanche, les conséquences économiques sont différentes. La diminution du nombre de navires diminue le nombre d'acteurs. Les coûts totaux sont moins élevés, bien que les coûts individuels fixes et variables soient les mêmes. De plus, la compétition entre les navires est moins forte, et donc les revenus individuels sont plus élevés, de même que, par suite, les coûts salariaux et les taxes. Inversement, la limitation du nombre annuel de jours de mer joue seulement sur la diminution des coûts variables.

On compare donc ici la variabilité du profit en fonction des variations d'une part du nombre de bateaux, et d'autre part de leur temps de pêche annuel. On utilise pour cela une méthode de simulation de type Monte-Carlo analogue à celle utilisée pour l'analyse de sensibilité (chapitre 15). On admet que chaque paramètre suit une loi Normale de moyenne égale à la valeur initiale des paramètres, avec le même coefficient de variation (25%), mais cette fois sans contrainte sur le nombre total de navires. Les variables de sortie étudiées sont le profit total (*EBE total*) des flottilles, et le profit moyen individuel par navire ($EBE\ moyen = EBE\ total / nombre\ total\ de\ navires$). Les résultats sont étudiés pour un total de 200 simulations (tableau 19). Chaque simulation correspond donc soit à une configuration différente de la flotte (pas le même nombre de navires dans chaque classe de taille et chaque flottille), soit à un niveau d'effort individuel variable (pas le même nombre de jours de pêche moyen par an, par flottille et classe de taille).

Changement du nombre de navires

Sur l'ensemble de la pêcherie, la marge totale réalisée par les flottilles (*EBE totale*) est assez peu sensible au nombre de navires des flottilles. 60% des simulations donnent une valeur de l'*EBE total* situé entre +5% et -5% de sa valeur initiale (égale à 65 268 kEuros). Aucune simulation ne donne un *EBE total* différant de plus de 15% de cette valeur initiale. Le CV est très faible (5,3%). Les variations de revenu liées aux variations de l'effort s'équilibrent avec les variations de coûts (fixes essentiellement). Cependant, comme le nombre de bateaux varie à chaque itération, le profit individuel moyen ne suit pas la même distribution que le profit total. Quand la configuration de la flottille change, le profit individuel varie aussi. 40% seulement des simulations se situent dans la même fourchette que précédemment par rapport à la valeur initiale (de 15,8 kEuros).

Quand le nombre de bateaux diminue, comme le profit total varie peu, le profit individuel moyen augmente, et réciproquement. Ceci est vrai dans presque toutes les simulations (dans 4% des simulations seulement, une augmentation du nombre total de navires conduit à une augmentation du profit individuel). 55% des simulations conduisent à un profit individuel inférieur au profit actuel, mais l'amplitude de variation est plus grande pour les profits supérieurs à la valeur actuelle que pour les profits inférieurs (la gamme de variation du profit individuel varie de -25% à +35% de la situation actuelle).

Tableau 19. Variation de l'EBE total et moyen pour une variation du nombre de bateaux ou du temps de pêche selon une loi Normale avec un CV de 25%

Variable	Paramètre	μ (kEuros)	σ (kEuros)	CV (%)	distribution des fréquences
EBE total	nombre de bateaux	65 275	3 457	5,3	
	temps de pêche	65 013	6 517	10	
EBE moyen	nombre de bateaux	16	1,78	11,1	
	temps de pêche	15,8	1,6	10	

diminution du nombre de jours individuel

Quand le temps de pêche des navires varie, le profit total et le profit individuel sont plus variables. Comme le nombre de bateaux ne varie pas, les deux variables sont comparables. 45% des simulations fournissent un résultat compris entre -5% et +5% de la valeur initiale, et près de 60% des résultats obtenus sont inférieurs à cette valeur (contre 55% pour le nombre de bateaux). La variation du résultat total est toujours inférieure ou égale au CV initialement fixé sur les paramètres (25%), dans toutes les simulations. Cependant, la diminution du nombre de jours total de la pêche ne conduit pas systématiquement à une augmentation du profit dû à une augmentation des captures et à une diminution des coûts variables. On n'observe ceci que dans seulement 14% des simulations.

Ainsi, ces deux types de mesures, pourtant comparables d'un point de vue biologique, n'ont pas les mêmes effets d'un point de vue économique. La diminution du temps de pêche a l'avantage de limiter les plans de sortie de flotte et le chômage conséquent, ce qui est un objectif social majeur. En revanche, malgré la diminution des coûts liées à la diminution de l'activité, le gain potentiel individuel est moins élevé et plus incertain que dans le cas d'une réduction d'effort par diminution du nombre de navires.

18.2. Mesures indirectes de limitation des captures (TAC)

18.2.1. Justification et principe

Quelques stocks sont actuellement soumis à TAC et quotas dans la Manche. Ainsi, tous ceux placés sous la réglementation européenne, et évalués par les groupes de travail du CIEM le sont. Cependant, parmi ceux-ci seules la sole et la plie sont gérées par des TAC locaux propres à la Manche. Les deux stocks de sole (sole_7e et sole_7d) ont chacun un TAC propre, alors que les deux stocks de plie, bien qu'évalués de manière séparée, sont régis par un unique quota commun aux deux zones. Tous les autres stocks communautaires sont évalués et gérés à échelle géographique beaucoup plus large, couvrant plusieurs mers et divisions CIEM. Les captures faites en Manche participent aux captures globales régionales, et ce sont elles qui sont soumises à un quota global. Ainsi par exemple la morue de Manche Ouest est gérée simultanément avec la morue de Mer Celtique, ou le merlu de Manche est regroupé avec le merlu du Golfe de Gascogne, de la Mer Celtique, de l'Ouest Ecosse et du sud de la Mer du Nord.

Hors réglementation communautaire, le TAC est très peu utilisé à échelle locale. En Manche, seule la coquille St. Jacques est gérée en partie par TAC global (en Baie de St. Brieuc) ou individuel (en Baie de Seine). Cependant c'est une mesure de gestion qui reste potentiellement utilisable pour certaines espèces (comme par exemple la praire, le buccin, ou les gros crustacés notamment ; Boncoeur *et al.*, 1998a)

Le TAC est avant tout une mesure de gestion à vocation monospécifique, mise en place d'abord sur les pêcheries industrielles qui capturent peu d'espèces différentes. On considère que lorsque le quota est atteint, les navires changent de diagramme d'exploitation et reportent leur effort sur une autre espèce, allégeant ainsi la pression de pêche sur l'espèce sous quotas. Ceci est bien évidemment une hypothèse très forte dans le cadre de pêcheries plurispécifiques. Les navires capturant plusieurs espèces différentes avec le même engin, il est peu probable qu'un dépassement de quota se traduise par une nette diminution de la pression de pêche sur l'espèce concernée, mais plutôt par un rejet massif de l'excédent (ou une vente non déclarée). Et si le taux de survie des rejets est faible ou nulle (pour les poissons par exemple), le prélèvement sur la

ressource est finalement peu diminué. Le risque est alors que cette mesure ait pour seul effet une diminution du revenu des navires, sans que les objectifs de conservation soient atteints pour autant. Les effets pervers peuvent être plus importants que les effets bénéfiques.

Un module de quota a été intégré dans BECHAMEL, basé sur cette hypothèse. Les fonctions de production calculent la production attendue pour un niveau d'effort donné. Si cette production est supérieure à un quota fixé par l'utilisateur, alors le surplus est rejeté. Le taux de rejet est le même pour tous les métiers exploitant le stock, ce qui fait que la quantité rejetée par chaque métier est proportionnelle à ses captures. Mais un calcul annexe mesure parallèlement quel serait le gain potentiel à long terme si l'effort diminuait.

Trois cas d'études sont présentés dans ce chapitre. Le premier montre les conséquences biologiques et économiques d'un quota décidé dans un but de conservation biologique d'une ressource surexploitée, la baudroie. Le deuxième exemple est l'analyse via BECHAMEL d'un cas d'actualité, qui est la mise en place récente d'un quota sur le bar, non basé sur une volonté de protection de la ressource. Enfin, le dernier cas d'application est une comparaison des conséquences de la mise en place de quotas de précaution sur un certain nombre d'espèces, par analogie avec une politique mise en place en Mer du Nord.

18.2.2. Conséquences de la mise en place d'un TAC sur la baudroie

La baudroie est une espèce importante de la Manche. Bien que sa production, autour de 2 000 tonnes en moyenne, ne représente qu'une faible part du tonnage total débarqué (elle est au 27^{ième} rang en terme de production seulement), son prix élevé (autour de 36F/kg en France) en fait une espèce assez recherchée, surtout dans la partie la plus occidentale de la Manche (quartiers maritimes de Cornwall et Morlaix essentiellement). Elle est exploitée par 16 métiers, mais 9 d'entre eux (correspondant à 13 flottilles, dont 2 extérieures) fournissent 95% de la production. La baudroie représente plus de 10% de la valeur totale débarquée pour 4 métiers (chalutage hauturier français ouest F1.1, fileyage hauturier français ouest F5.1, fileyage à grandes mailles français F5.3, et anglais U5.7).

Le stock est considéré comme surexploité, bien que les captures aient augmenté au cours de la décennie.

On se trouve donc confronté à un stock exploité par plusieurs flottilles différentes, utilisant plusieurs engins différents, et de manière ciblée ou accessoire. On étudie ici les conséquences biologiques et économiques d'un TAC de 1 500 tonnes, soit une diminution de 25% par rapport à la situation actuelle.

On raisonne ici en trois étapes, en se référant toujours à la situation actuelle A (figure 15). Dans un premier temps, lors de la mise en place du TAC, on considère que l'effort ne change pas et que l'excédent est rejeté (bien que pour une espèce de haute valeur comme la baudroie, cette hypothèse soit relativement peu réaliste). C'est la situation B. Puis on considère que l'effort des métiers exploitant cette espèce diminue également de 25% (situation C). Enfin, suite à cette diminution d'effort qui contribuerait aux objectifs de conservation de la ressource, le TAC est

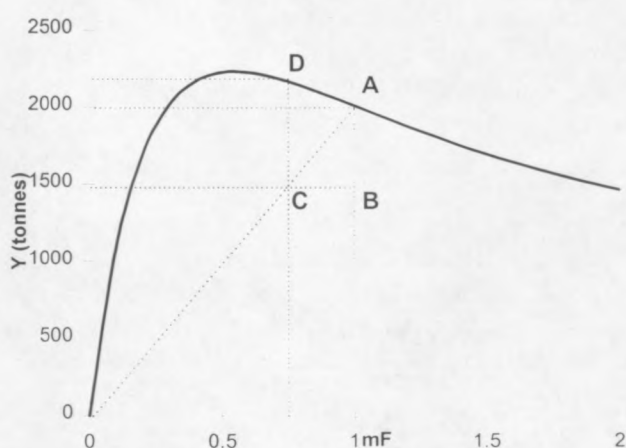


Figure 15. Différentes étapes suite à la mise en place d'un TAC sur la baudroie

levé, permettant ainsi un gain de production à long terme (situation D).

18.2.2.1. Impact du TAC sans diminution de l'effort.

Si l'effort ne change pas, on considère que l'excédent de production va être rejeté. La production de baudroie diminue donc de 25% pour tous les navires qui l'exploitent, et cela va avoir des conséquences plus ou moins importantes pour les flottilles. La figure 16 montre la diminution (en pourcentage) de la production totale (tous stocks confondus) des principaux métiers concernés, ainsi que la diminution (en pourcentage également) du revenu intérieur et du profit individuel moyen des principales flottilles correspondantes (hors flottilles extérieures).

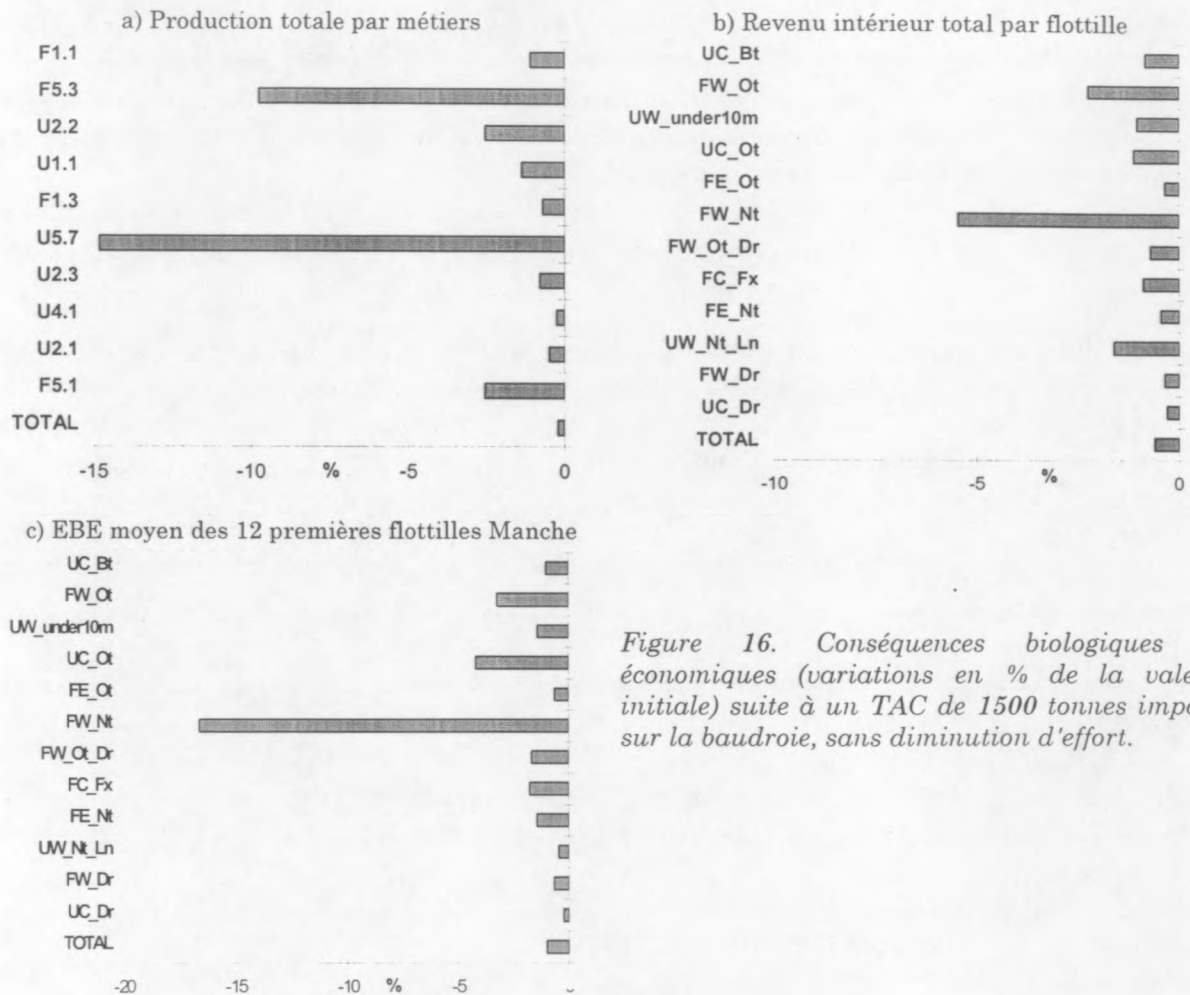


Figure 16. Conséquences biologiques et économiques (variations en % de la valeur initiale) suite à un TAC de 1500 tonnes imposé sur la baudroie, sans diminution d'effort.

On travaille ici sous hypothèse d'un quota global qui affecterait de la même manière l'ensemble des activités de pêche qui l'exploite, c'est-à-dire que le surplus de production serait proportionnel à la production de chacune d'entre elles. La diminution de la production la plus importante n'est pas observée pour le métier qui produit le plus de baudroie (chalutage hauturier ouest F1.1), mais pour les métiers pour lesquels ce stock représente la part principale des captures (filets à grande maille français - F5.3 - et anglais - U5.7).

Les conséquences sont différentes d'une flottille à l'autre, en fonction de la part relative que cette espèce occupe dans leur revenu. Un grand nombre de flottilles seraient concernées par cette réduction, aussi bien des flottilles traînantes (chalutiers et/ou dragueurs) que dormantes (fileyeurs surtout). La flottille la plus affectée serait celle des fileyeurs français ouest (FW_Nt),

pour lesquels la baudroie représente près de 12% du revenu total (intérieur plus extérieur). Le profit moyen de cette flottille, tel qu'il est calculé dans le modèle, est bas par rapport aux autres flottilles. Imposer un quota sur l'une de leur espèces cibles augmenterait encore ce déséquilibre. La variation très importante du profit moyen par rapport à la variation du revenu s'explique à cause de ce bas niveau de profit initial. En effet, la perte financière occasionnée est faible en valeur absolue (de l'ordre de 100 000 euros pour l'ensemble de la flottille), mais représente logiquement un plus fort pourcentage de l'EBE que du revenu.

18.2.2.2. Conséquences à court terme d'une diminution de l'effort consécutive au TAC

On considère maintenant que la mise en place du TAC entraîne à court terme une diminution de l'effort des métiers qui exploitent ce stock, dans la même proportion que la diminution des captures induite par le TAC, soit 25%. Pour simplifier l'analyse, on ne considère ici que les dix premiers métiers exploitant le stock. Ceci s'effectue sans report d'effort sur d'autres métiers, donc l'effort nominal des flottilles concernées diminue.

Cette diminution de l'effort se traduit, encore à court terme, par une diminution de 25% des captures des autres stocks exploités par les mêmes métiers, d'une part, et par une diminution de 25% des coûts variables liés à ces métiers pour les flottilles qui les pratiquent, d'autre part.

On mesure alors les conséquences de cette diminution d'effort sur la production et le revenu intérieur pour les dix premières flottilles exploitant ce stock (figure 17).

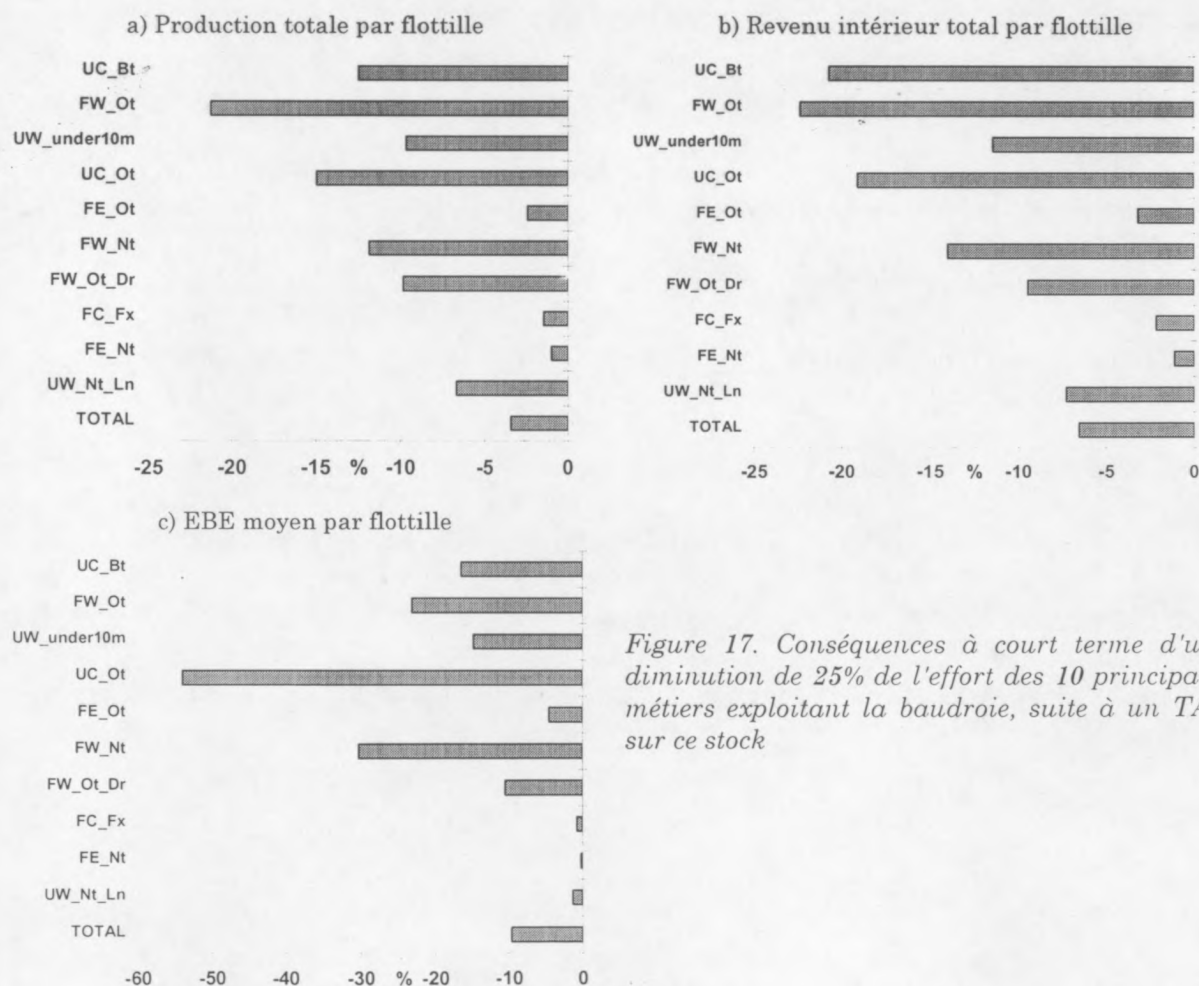


Figure 17. Conséquences à court terme d'une diminution de 25% de l'effort des 10 principaux métiers exploitant la baudroie, suite à un TAC sur ce stock

La diminution théorique de l'effort entraînée par le TAC a des répercussions importantes sur l'ensemble des flottilles exploitant la baudroie.

Les flottilles les plus affectées par cette mesure sont celles qui pratiquent de manière prépondérante un ou plusieurs des métiers concernés par cette mesure, comme les chalutiers français de Manche Ouest, qui consacrent plus de 60% de leur activité aux métiers du chalutage hauturier et côtier (F1.1 et F1.3), alors que la baudroie ne représente que 4% de leur production totale. Inversement, d'autres flottilles, comme les divers arts dormants français (FC_Fx), les fileyeurs de Manche Est (FE_Nt) ou les fileyeurs-ligneurs anglais de Manche Ouest (UW_Nt_Ln), dont le niveau de profit avait diminué lors de la mise en place du TAC (figure 16), compensent cette diminution du revenu par une diminution des coûts variables suite à la diminution de l'effort. Leur niveau de profit, dans la situation étudiée ici, est proche du taux de profit initial.

Comme précédemment à propos des fileyeurs, la très forte diminution du profit moyen des chalutiers anglais (UC_Ot) s'explique par le très bas niveau de profit initial dégagé par cette flottille, par rapport aux autres flottilles. Toute variation, même faible en valeur absolue, se traduit par une forte diminution relative.

18.2.2.3. Conséquences à long terme de la suppression du TAC

Dans l'absolu, le TAC est une mesure de gestion destinée à être temporaire. On considère maintenant que la réduction d'effort a eu lieu. Les objectifs de conservation de la ressource sont atteints, et le TAC peut être levé, impliquant potentiellement une augmentation des captures par rapport à la situation actuelle. On cherche à mesurer, grâce aux fonctions de production de BECHAMEL, le gain potentiel que l'on pourrait attendre à long terme si l'effort diminuait dans les mêmes proportions que les captures..

Gain potentiel global attendu pour la baudroie

Une diminution de 25% de l'effort appliqué à la baudroie correspond à un mf de 0,75.

A ce mf correspondrait à long terme la production estimée sur la courbe de rendement par recrue, soit 2170 tonnes.

Le gain potentiel consécutif à cette mesure serait de :

$$gain = 2170 - 2010 = 160 \text{ tonnes/an,}$$

Soit une augmentation d'environ 8% de la production et du revenu actuels issus de cette espèce. La biomasse, elle, augmenterait de 40% environ.

Selon ce même raisonnement, il faudrait mettre un quota de 1100 tonnes (soit $r=0,55$) pour pouvoir à terme diminuer l'effort et atteindre le MSY . Cela augmenterait les captures d'environ 11% par rapport à la production actuelle, et doublerait la biomasse.

Performances biologiques et économiques des flottilles

Comme précédemment, on mesure les variations de la production, du revenu intérieur et du niveau de profit des principales flottilles (figure 18).

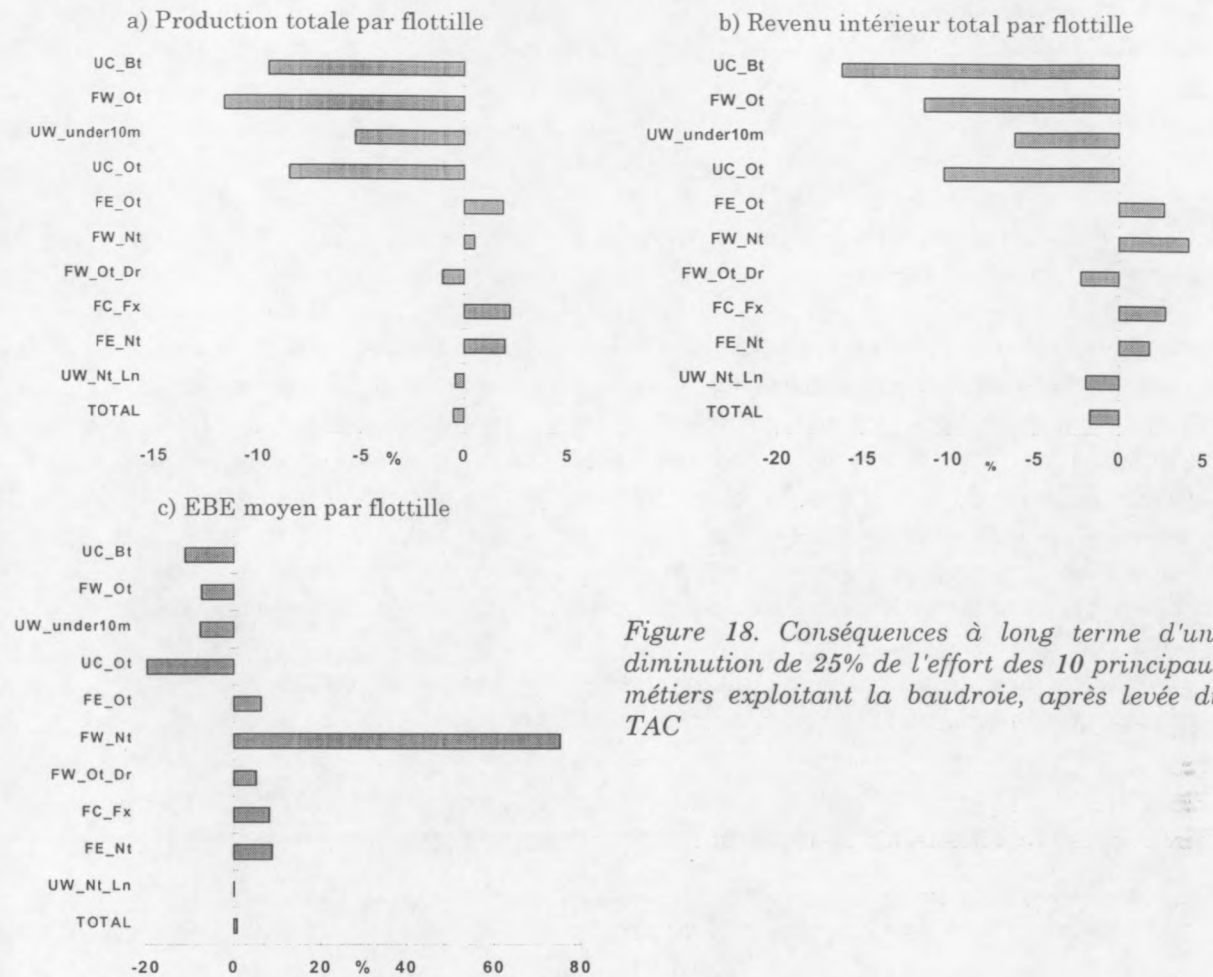


Figure 18. Conséquences à long terme d'une diminution de 25% de l'effort des 10 principaux métiers exploitant la baudroie, après levée du TAC

Les conséquences à long terme sont, là encore, très variables selon les flottilles. En fonction de l'état d'exploitation des stocks qu'elles exploitent et de la part relative des différents métiers qu'elles pratiquent, certaines flottilles tirent un bénéfice à long terme d'une telle mesure, alors que d'autres subissent un déficit de revenu et de niveau de profit par rapport à la situation actuelle. Les flottilles traînantes sont en majorité négativement affectées, sauf les chalutiers français de Manche Est qui ne subissent presque pas la diminution d'effort car les métiers qu'ils pratiquent capturent la baudroie en faible proportion, mais qui bénéficient de la diminution de l'effort des autres flottilles et de l'augmentation consécutive des rendements. Inversement, les flottilles dormantes sont en général plutôt favorisées par cette politique. On a vu précédemment que ces flottilles sont souvent des flottilles "dépendantes", (leurs performances économiques sont très liées au niveau d'effort des autres flottilles), notamment les fileyeurs de Manche Ouest. Bien que leur effort diminue aussi suite à cette mesure, l'augmentation des rendements, du fait de la diminution de l'effort des flottilles les plus structurantes, induit un résultat économique positif. Au total, la production et la rentabilité de la pêche varie peu.

18.2.2.4. Discussion - conclusion

Nous avons présenté ici une analyse théorique des différentes étapes suite à la mise en place d'un TAC sur un stock. On montre que bien qu'elle puisse induire des effets pervers de rejets, une diminution de l'effort consécutive à cette mesure pourrait avoir des effets positifs à long terme sur les performances de certaines flottilles.

Cependant cette simulation repose sur quelques hypothèses fortes et parfois peu réalistes. Bien souvent en effet, suite à l'instauration d'un TAC, l'effort effectif diminue dans des proportions moindres que ce qui est attendu, par suite notamment d'un accroissement des puissances de pêche. Ainsi par exemple en Mer du Nord, la politique des TACs et quotas ne permet que partiellement d'atteindre son objectif principal, à savoir maintenir les stocks de pêche et participer à la conservation de la ressource. Au contraire, l'effort effectif aurait tendance à augmenter (Karagiannakos, 1996).

De même, nous avons considéré que les principaux métiers et flottilles exploitant ce stock sont affectés de la même manière par cette politique, quelle que soit l'importance réelle de ce stock dans la stratégie de pêche. Or il est clair que les flottilles qui ciblent réellement ce stock seront a priori plus affectées que celles qui l'exploitent de manière accessoire ou secondaire.

La difficulté d'associer une espèce cible à un métier du chalut et de mesurer un effort "dirigé" induit une réduction globale de l'activité chalutière, alors qu'il serait plus vraisemblable d'imaginer un déplacement de l'effort sur d'autres zones de pêche et d'autres stocks. Mais le modèle ne permet pas une analyse à une échelle plus fine que celle du métier, considéré comme homogène pour toutes les flottilles. Ce problème ne se pose pas pour les métiers du filet, puisque l'identification d'un plus grand nombre de métiers différents, fortement liés à une espèce ou un groupe d'espèces cibles particulières permet d'associer de manière plus réaliste une activité de pêche avec une espèce.

En conséquence, cette analyse a plus un intérêt d'investigation théorique d'une mesure de gestion, que d'estimation des conséquences réelles d'une telle mesure de gestion.

18.2.3. A propos de deux cas d'actualité

On étudie ici, de manière plus succincte, deux cas d'actualité. Le premier traite de la mise en place récente d'un quota sur le bar, et le deuxième, de l'instauration de TAC de précaution en Manche, à l'instar de ce qui a été fait en Mer du Nord.

18.2.3.1. mise en place d'un quota sur le bar

Le bar a déjà été étudié dans le chapitre précédent, à propos des interactions techniques. On a ainsi montré que c'est une espèce très importante en Manche, de haute valeur commerciale, et exploitée par un grand nombre de métiers différents allant du petit bateau pêchant à la ligne à main (mais en grande quantité) aux gros chalutiers pélagiques venant saisonnièrement de Bretagne Sud ou accessoirement du Nord de l'Angleterre ou du Pays de Galles. Cette diversité des modes d'exploitation ainsi que son importance économique majeure en font une espèce assez "politique". Les évaluations de stock effectuées récemment et au cours de cette étude ont montré que le bar était une espèce pleinement exploitée, et relativement résiliente à des changements du niveau d'exploitation. De plus, l'abondance a augmenté au cours de la décennie, sans doute à cause d'une augmentation de la température de l'eau (M. Dunn, comm. pers.). Pourtant, il a été décidé récemment d'instaurer un quota de précaution sur cette espèce. La France a d'abord décidé de cette mesure en 1997, et le Royaume-Uni s'y est associé en 1999. Il s'agit donc là de mesures nationales et non pas européennes. Le quota est fixé dans les 2 pays à 5 tonnes par semaine et par bateau, pour les bateaux de plus de 10 mètres.

Si on applique le même raisonnement que pour la baudroie, et sur nos années de référence 1993-1995, une réduction d'effort suite à l'instauration d'un quota global ne permettrait pas d'obtenir un gain de production substantiel à long terme. Par exemple, une réduction de l'effort de 20%, correspondant à un quota initial de 800 tonnes, conduirait à une augmentation d'à peine 3 tonnes des captures, et un quota de 500 tonnes, soit une réduction de 50% de l'effort, conduirait à des

captures inférieures à celles actuelles. A l'inverse de ce qui pourrait se passer pour la baudroie, ce quota n'a pas été fixé dans une optique de conservation immédiate de la ressource.

En fait, l'une des raisons qui ont poussé à instaurer ce quota est d'abord de limiter les débarquements pour remonter les prix, qui ont récemment chuté à cause de l'augmentation des captures et des apports liés à l'aquaculture. Une autre raison est une incitation à une meilleure déclaration des captures. En effet, il est probable que le taux de captures de bar non déclarées soit élevé, et que les débarquements officiels soient largement en deçà des captures réelles. La production des "petits métiers" français a déjà été réestimée, ainsi qu'une partie de la production anglaise (cf. Partie II), mais cela semble encore en dessous de la réalité supposée (G. Pickett, M. Dunn, comm. pers.). Ainsi par exemple, si on considère que le quota de 5 tonnes par semaine a été fixé comme une limite supérieure de captures, cela signifie que les plus gros navires qui ciblent le bar, les chalutiers pélagiques, sont capables de fournir saisonnièrement de tels tonnages. Qui plus est, cette limite de 5 tonnes par semaine est considérée comme un seuil économique en dessous duquel la pêche au bar n'est plus rentable pour les chalutiers anglais travaillant en boeuf (M. Dunn, comm. pers.) Les petits métiers et le chalut de fond capturent le bar toute l'année, mais les chalutiers pélagiques ne le ciblent que pendant 8 semaines environ, en mars et avril (Guillon *et al.*, en prép.). Pendant cette période, une vingtaine de navires (des quartiers de Cherbourg, St. Briec et de Bretagne Sud principalement) ont pratiqué le chalutage pélagique Ouest (F3.1) entre 1993 et 1995. Selon cette hypothèse, la production considérée comme rentable pour ce métier aurait dû être de : 10 paires x 8 semaines x 5 tonnes par semaine, soit environ 400 tonnes par an, alors que la production officielle est inférieure à 100 tonnes. Cependant, cette différence n'est pas uniquement due à la non déclaration des captures, mais peut-être aussi à une mauvaise allocation des productions à un métier. En effet, l'essentiel de la production chalutière française a été allouée au chalut de fond plutôt qu'au pélagique pendant les années de référence, alors que le chalut de fond ne capture à priori pas ou peu de bar. Or les deux métiers sont souvent pratiqués conjointement par les mêmes navires (qui pratiquent le chalut de fond le jour et le pélagique la nuit), et chaque marée n'est allouée qu'à un seul métier. La totalité de cette production est de 400 tonnes. Les marées mixtes n'ont été vraisemblablement correctement déclarées qu'à partir de 1996, puisque en 1996 et 1997 il y a eu une véritable augmentation de l'effort et de la production des métiers pélagiques dans les données officielles.

En conclusion, il ressort de cette analyse que le quota actuellement instauré sur le bar est une mesure visant à limiter les captures pour des raisons plus politiques qu'économiques, et que dans la situation actuelle cette mesure n'est pas restrictive. Il a été instauré après 1996, suite à une augmentation importante des captures et de l'effort de pêche. Le modèle BECHAMEL, basé sur des années de référence antérieures à cette augmentation, et sur des données qui peuvent être mal déclarées et mal allouées à cette époque, n'est pas apte à simuler correctement les conséquences biologiques et économiques de la mise en place de ce quota.

18.2.3.2. *Analyse comparée des conséquences de l'instauration de TAC de précaution.*

Dans l'ensemble des eaux européennes, plus d'une centaine de stocks sont soumis à quotas. Sur ce nombre, 39 seulement sont évalués à partir de données scientifiques « suffisantes », ce sont les TACs analytiques. Les autres TACs sont calculés à partir de méthodologies souvent plus ambiguës, par manque d'information biologique ; ce sont les TACs de précaution. Cependant, les débarquements de tous les stocks soumis à quotas représentent une faible part des débarquements totaux de l'Union Européenne (17% entre 1987 et 1989, Karagiannakos, 1996).

production sur les 3 années antérieures et n'a pas été modifié depuis. Les espèces désormais sous quotas en Mer du Nord sont les suivantes : églefin, merlan, merlu, merlan bleu, langoustine, hareng, morue, cardine, baudroie, crevette, plie, lieu jaune, lieu noir, maquereau, sole, sprat, chinchard, tacaud norvégien, limande, turbot, barbue, limande-sole, raies, aiguillat et roussettes, hareng.

Selon le même raisonnement, on étudie ici les conséquences qu'aurait à court terme une mise sous TAC de précaution de certaines espèces sur la production totale en Manche (hors algues), le revenu intérieur et le profit des flottilles de Manche. La variable globale de sortie est étudiée en fonction de la valeur du quota de précaution instauré (figure 19). Cette valeur est exprimée en % de la situation actuelle. Ainsi la valeur 100 en abscisse indique que le quota de précaution est placé à 100% de la production actuelle. Les variables globales sont calculées comme précédemment, à effort constant, c'est-à-dire sous hypothèse que le dépassement de quota est rejeté, et que la répartition de cette quantité rejetée par les différents métiers se fait de manière équitable, au prorata de la production. On se place donc ici dans une situation théorique immédiate après l'instauration du TAC, avant que celui-ci n'induisse de réduction d'effort. Pour chacune des 3 variables globales, on a gardé les 20 premiers stocks, par ordre décroissant d'importance.

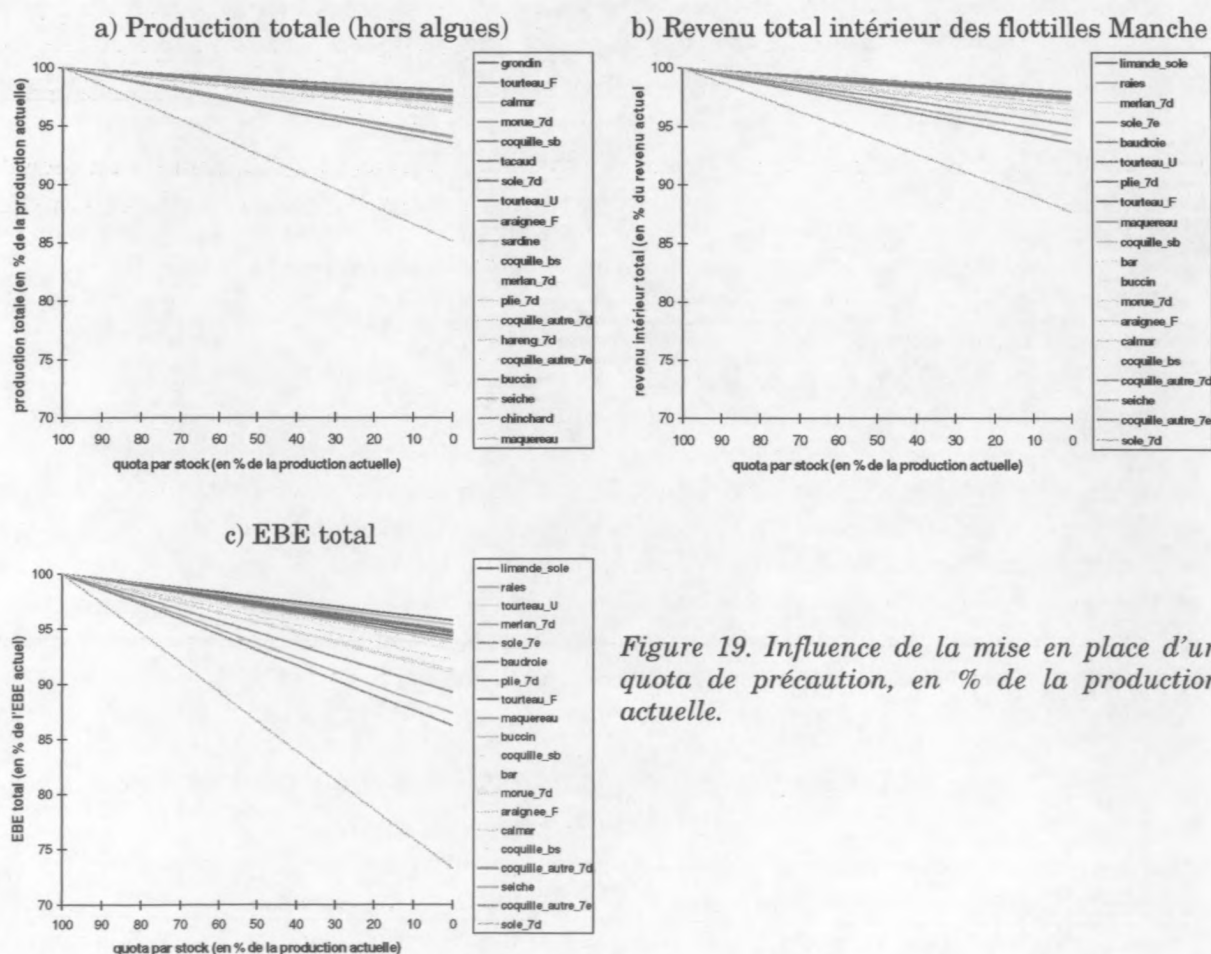


Figure 19. Influence de la mise en place d'un quota de précaution, en % de la production actuelle.

L'importance relative des différents stocks n'est pas la même pour les 3 variables étudiées. Pour la production totale, l'effet est directement proportionnel à la part de la production actuelle du stock dans la production totale. Les espèces dont la limitation des captures aurait le plus d'effet

L'importance relative des différents stocks n'est pas la même pour les 3 variables étudiées. Pour la production totale, l'effet est directement proportionnel à la part de la production actuelle du stock dans la production totale. Les espèces dont la limitation des captures aurait le plus d'effet sur la production totale sont ainsi : le maquereau, et, plus secondairement, le chinchard, la seiche, le buccin et les coquilles.

L'importance dans le revenu est proportionnelle à la valeur, c'est-à-dire à la fois à la production et au prix de vente. On retrouve donc ainsi dans les stocks majeurs aussi bien des stocks de fort tonnage mais de prix faible ou moyen (buccin, maquereau, morue) que des stocks plus rares mais plus chers (sole, araignée, bar, tourteau), qui n'apparaissent pas en terme de production. Inversement, des stocks représentant de très gros tonnages ne comptent pas dans les espèces importantes en valeur (tacaud), ou sont pêchés majoritairement par les flottilles extérieures (chinchard, hareng, sardine).

L'importance dans le profit est liée à la valeur, mais également à la part relative des différentes flottilles puisque toutes n'ont pas les mêmes taxes et les mêmes coûts salariaux par exemple. C'est pourquoi, même si on retrouve les mêmes stocks que pour le revenu, l'ordre relatif n'est pas tout à fait identique dans les 2 cas. De plus, comme on raisonne à effort et donc à coûts constants, la baisse de profit est plus importante que la baisse de revenu.

Un stock montre une importance tout à fait prédominante, et se détache des autres : la sole_7d, pour le revenu et le profit. Un quota de 50% de la production actuelle se traduirait pour cette espèce par une baisse de 6% du revenu des flottilles, et de 15% de leur profit. La coquille St. Jacques vient ensuite, bien que tous les stocks réunis soient à eux tous plus importants que la sole.

En revanche, d'autres espèces pour lesquelles un quota de précaution a été instauré en Mer du Nord (limande-sole, turbot, barbue, limande, aiguillat...) s'avèrent peu déterminantes dans les résultats de la pêche globale.

18.3. Conclusion

Les scénarios de gestion présentés ici sont des exemples illustrant quelques potentialités du modèle BECHAMEL en terme de simulations de scénarios de gestion. On montre notamment qu'une mesure de gestion appliquée à un segment particulier de la pêche (un stock, ou une flottille par exemple) aura des externalités, positives ou négatives, sur d'autres segments de la pêche non soumis à cette mesure de gestion. On compare également les résultats, exprimés à la fois en termes biologiques et en termes économiques, de différentes mesures, comme par exemple les effets d'une variation du nombre de jours par rapport à une variation du nombre de bateaux, ou la mise en place de quotas de précaution sur certains stocks.

Cependant, la complexité de la pêche étudiée rend difficile le suivi de scénarios de gestion. Le nombre d'interactions existant entre les différentes entités pose un réel problème de prévision des conséquences d'une mesure de gestion. Les mesures directes sont plus faciles à modéliser que les mesures indirectes, dont l'analyse repose sur un plus grand nombre d'hypothèses, parfois peu satisfaisantes. L'exemple de l'instauration d'un TAC sur un stock comme la baudroie, de haute valeur et exploité par un grand nombre de flottilles différentes, montre la difficulté d'une telle analyse. Par l'intermédiaire des variations d'effort qu'ils induisent, les TAC monospécifiques ont des répercussions sur beaucoup d'autres stocks exploités. Mais les variations d'effort réellement observées sont souvent moindres que celles estimées d'un point de vue théorique. Cet exemple illustre également l'importance de la définition des métiers, qui représentent l'échelle d'analyse la plus fine utilisable dans le modèle. La définition d'un nombre de métiers trop restreint n'autorise

pas la prise en compte de stratégies de pêche dirigées sur une espèce ou un groupe d'espèces, et limite la portée pratique du modèle, alors qu'un trop grand nombre de métiers en alourdit grandement sa fonctionnalité et sa paramétrisation.

Ces analyses demeurent de plus des résultats préliminaires, qui seront développés ultérieurement, et de manière plus approfondie, au cours de l'analyse économique (Le Gallic, en prép.).

CONCLUSION DE LA PARTIE V

A travers les différentes simulations détaillées ici, on a cherché à présenter certaines potentialités du modèle BECHAMEL. Chaque chapitre traitant d'un aspect bien particulier, les principaux résultats obtenus sont résumés dans les conclusions de chacun d'eux.

L'étude de sensibilité a permis de montrer que le modèle est assez peu sensible à l'incertitude et à la variabilité des différents paramètres d'entrée. Le nombre élevé de stocks et de flottilles intégrés dans le modèle induit une certaine résilience des variables de sortie à l'échelle de la pêcherie globale (production totale, revenu total, profit total) aux variations individuelles de chaque entité. Certains paramètres jouent cependant un rôle plus important que d'autres dans la valeur du résultat global, et particulièrement l'estimation des niveaux d'abondance (recrutement, pour les stocks structurés en âge, et paramètres a et b du modèle global, pour les stocks évalués par modèle global). Ce sont ces paramètres qu'il serait le plus nécessaire d'estimer précisément, et c'est surtout sur eux que devrait porter un effort scientifique accru.

On a développé une méthodologie d'analyse permettant d'identifier divers types de comportement au sein des trois groupes d'entités présentes dans le modèle (flottilles, stocks, métiers) et de définir ainsi des typologies, différentes selon le critère étudié. A partir de la mesure de deux coefficients, un coefficient actif (coefficient d'impact) et un coefficient passif (coefficient de sensibilité), on a introduit un certain nombre de concepts. Les différents stocks sont ainsi d'abord classés selon leur état d'exploitation général. Ils sont ensuite classés selon leur importance au sein de la pêcherie en terme des interactions techniques qu'ils génèrent. On met ainsi en évidence des stocks structurants, des stocks accessoires, et des stocks isolés.

La même méthodologie est ensuite appliquée aux différents métiers, en abordant successivement deux aspects. On étudie d'abord l'influence des différents métiers sur la biomasse totale d'une part, et sur la biomasse des seuls stocks qu'ils exploitent d'autre part. On identifie alors des métiers dominants principaux, dominants secondaires, intermédiaires ou secondaires. On étudie ensuite l'influence de chaque métier sur les performances des autres métiers (production et revenu). On met alors en évidence des métiers structurants, dépendants, intermédiaires ou autonomes. Des résultats identiques sont obtenus pour les flottilles.

Enfin, diverses simulations de scénarios de gestion sont conduites, permettant de comparer les effets positifs et négatifs de différentes mesures de gestion.

Par ces différentes simulations, on cherche à utiliser BECHAMEL dans un certain nombre d'analyses, plus ou moins descriptives, s'inscrivant dans notre démarche de quantification des

pêcheries de la Manche. Mais on cherche également à conceptualiser notre approche, afin de proposer des méthodes d'analyse des interactions existant au sein d'une pêcherie complexe. Il est parfois difficile de structurer l'information que l'on peut extraire d'un modèle complexe. Travailler à échelle globale, en définissant des critères de classification homogènes et discriminants, est une approche simple et efficace pour décrire les différences de comportement d'une entité à l'autre. En croisant les résultats issus des différentes analyses, on structure ainsi la pêcherie en différents groupes comparables. Cette décomposition, conduite sur des critères quantitatifs, permet d'avoir une bonne estimation, même qualitative, des conséquences générales d'un changement de l'une ou l'autre de ces entités.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La modélisation d'un système complexe faisant intervenir des facteurs de différentes natures ne peut se faire de manière satisfaisante à partir d'un point de vue unique. Les différentes interactions existant au sein de ce système doivent être abordées sous différents angles, pour mieux appréhender cette complexité. Une vision trop réductrice conduit à émettre des hypothèses simplificatrices quant à certaines parties du système qu'on ne peut étudier, pouvant mener à des conclusions incomplètes voire erronées.

Cette thèse n'a bien entendu pas pour ambition d'épuiser le vaste sujet de la pluridisciplinarité en général, et de la bioéconomie halieutique en particulier. **Nous avons au contraire cherché, à partir d'un cas d'étude présentant certaines caractéristiques représentatives de la plupart des pêcheries côtières, à identifier et représenter les principaux intérêts et les principales difficultés de l'approche pluridisciplinaire dans la modélisation d'une telle pêcherie.**

Nous avons procédé en plusieurs étapes, selon une démarche inductive : D'abord, à partir d'une étude assez générale de la pêcherie étudiée, nous avons procédé à un **état des lieux**. Nous avons ainsi mis en évidence une **grande diversité des facteurs biologiques et anthropiques du système**. Les espèces sont nombreuses, et possèdent des cycles de vie particulièrement variés. Les flottilles qui les exploitent sont également diverses, tant d'un point de vue géographique et structurel que de leur activité et des moyens qu'elles mettent en oeuvre pour l'exploitation des ressources. La bonne compréhension des différents groupes d'acteurs du système, c'est-à-dire les ressources d'une part et les flottilles d'autre part, nécessite fondamentalement une **analyse biologique et économique conjointe**.

Nous avons également mis en évidence un **très grande hétérogénéité cognitive**, car l'état des connaissances scientifiques varie énormément d'une espèce à l'autre, ou d'une flottille à l'autre. Cet état des lieux a permis de poser les bases du modèle à construire. **Les contraintes** liées à l'appréhension de cette diversité et de cette hétérogénéité **s'avèrent incontournables dès lors que l'on s'intéresse à la pêcherie toute entière et non pas à l'un de ses segments**. Mais les possibilités de modélisation du système complet sont en conséquence bornées par les possibilités de modélisation de ses **éléments limitants**, c'est-à-dire des éléments les plus mal connus, mais qu'on ne peut cependant pas écarter car ils font partie intégrante de la pêcherie (notamment certaines espèces sont peu étudiées mais participent significativement au revenu des flottilles). A ces contraintes structurelles et cognitives, s'ajoutent de plus les contraintes liées à la pluridisciplinarité.

La deuxième étape a consisté à **identifier, collecter et valider** les données nécessaires à la paramétrisation du modèle. Ce travail oblige à une réelle investigation sur l'origine des données et sur leurs biais potentiels, ainsi qu'à la mise en place de moyens méthodologiques visant à limiter ces biais. Ce travail est parfois un peu ingrat, mais il est fondamental pour la validité et la fiabilité des diagnostics ultérieurs qui pourront en être tirés.

La troisième étape est la modélisation proprement dite. A partir de l'analyse des contraintes sus-citées et des données disponibles, nous avons cherché à **identifier et à quantifier les**

principales relations existant au sein du système, et modélisables en l'état. Certaines relations n'ont ainsi pas pu être intégrées dans le modèle à cause de la difficulté de leur estimation dans l'état actuel des connaissances (interactions biologiques entre les espèces, ou processus de rejet par exemple). Cette étape a été séparée en deux phases distinctes.

L'évaluation des stocks (première phase) a d'abord permis de modéliser la production potentielle globale de chacun des stocks en fonction d'un indice synthétique de l'ensemble de l'effort de pêche (la mortalité par pêche) développé dans la pêcherie. Puis, dans la phase de **construction du modèle général** (deuxième phase), on a cherché à désagréger cette production potentielle entre les différentes flottilles et les différents métiers pratiqués, à partir d'estimations du **diagramme d'activité des flottilles et du diagramme d'exploitation des métiers**. Puis on a cherché à retraduire cette activité et cette production en termes économiques à travers une mesure de la rentabilité des flottilles.

Enfin, ce modèle, qui décompose ainsi les principales interactions biologiques et économiques existant entre les différentes entités de la pêcherie (flottilles, métiers et stocks) a pu être utilisé dans un certain nombre d'études basées sur diverses hypothèses et scénarios de simulation.

On vient de présenter ici succinctement les différentes étapes de la modélisation bioéconomique d'une pêcherie artisanale complexe et de la méthodologie de travail que nous avons suivie. Les résultats que nous avons obtenus doivent être considérés, nous l'espérons, non seulement comme une **contribution à la connaissance propre des pêcheries de la Manche**, mais également, de manière beaucoup plus globale, comme un **exemple illustratif** de "*qu'est-ce qu'on peut faire quand on ne peut rien faire*", c'est-à-dire quand le système ne permet pas d'appliquer des méthodes de modélisation usuelles ou plus perfectionnées. **La démarche utilisée est potentiellement généralisable à l'étude d'autres pêcheries présentant des caractéristiques structurelles et des contraintes analogues, c'est-à-dire la majorité des pêcheries côtières.** Les points importants développés dans la thèse sont résumés dans les conclusions intermédiaires à l'issue de chaque partie. Il ne seront pas repris ici dans le détail. Nous insisterons plutôt sur les **perspectives** qui se dégagent de ce travail, d'une part à propos du système étudié, c'est-à-dire des pêcheries de la Manche, et d'autre part, de manière plus générale, à propos de la pluridisciplinarité, de ses avantages et de ses limites.

Vers une amélioration des connaissances sur les pêcheries de la Manche

Nous avons insisté tout au long de ce document sur l'hétérogénéité de la disponibilité et de la fiabilité de la connaissance et des données en Manche. Nous avons également insisté sur les conséquences qu'une telle hétérogénéité en matière de modélisation à large échelle.

BECHAMEL, comme tout modèle, cherche à prédire ce qui pourrait se passer dans certaines circonstances, et pour un certain niveau d'information et de connaissance. Il n'est que **le reflet quantitatif de l'identification des relations intrinsèques de la pêcherie, des hypothèses de travail posées, et de l'estimation des paramètres. Il représente donc pour la période actuelle la meilleure information disponible à cette échelle**, et ne peut être meilleur que ne l'est la connaissance propre de la pêcherie.

En revanche, son architecture souple autorise des **remises à jour aisées**, dans la mesure où sa structure profonde n'est pas remise en cause. Ainsi par exemple l'actualisation de BECHAMEL avec de nouvelles données d'activité, de production, de prix ou de coûts (ou son utilisation pour une autre pêcherie avec d'autres flottilles, d'autres métiers et d'autres stocks) est simple,

techniquement et informatiquement parlant (il n'en est certes pas de même pour l'estimation des paramètres, mais ceci est un problème différent). De même, si un stock, jusqu'à présent peu étudié, et intégré dans les stocks de type 3 (c'est-à-dire ceux évalués par approche globale) faisait l'objet d'une campagne d'étude particulière, et pouvait à terme être évalué par approche analytique, il pourrait être transféré dans le groupe des stocks de type 1 (analyse structurale des stocks Manche) ou 2 (stocks In/Out) sans aucune difficulté. Mais par contre, un changement structurel majeur de BECHAMEL (intégration de fonctions dynamiques ou stochastiques par exemple) nécessiterait une refonte complète du modèle et une réestimation de tous les paramètres. Ceci ne peut être envisageable en l'état actuel de la connaissance, mais pourrait l'être ultérieurement si l'amélioration de cette connaissance le justifiait.

Ainsi, par ce **processus de va-et-vient incessant et nécessaire entre la connaissance et la modélisation, c'est-à-dire entre la collecte des données et leur utilisation**, nous avons pu mettre en évidence un certain nombre de **limites** à la connaissance actuelle, qui sont autant de perspectives futures qu'il faudrait développer. Nous allons les résumer ici brièvement.

Les hypothèses et les incertitudes les plus fortes se trouvent dans l'évaluation des stocks et dans la modélisation de la production. Aucune donnée concernant les rejets n'a pu être incluse dans l'évaluation ni dans le modèle (bien que nous ayons montré comment dans la partie V comment des quotas, et les rejets qu'ils entraînent, peuvent être modélisés). Il n'y a pas de relations biologiques de compétition et de prédation inter-spécifiques ou intra-spécifiques. Dans le modèle. Un certain nombre de fonctions de production ont été très simplifiées, à cause de **séries temporelles de données trop courtes, de données de production peu fiables, de la difficulté d'estimer un indice d'effort de pêche, et/ou par manque d'information sur la biologie des espèces.** Les fonctions de production structurées en âge sont basées sur l'hypothèse d'un recrutement constant, et aucune relation stock-recrutement n'a été intégrée. Les résultats obtenus dans la partie V, tant d'un point de vue du diagnostic sur les stocks que de l'étude des interactions techniques, sont fortement dépendants du modèle utilisé. Toutes ces limites montrent qu'une **amélioration générale des connaissances biologiques et du suivi de tous les stocks serait souhaitable.**

De plus, la collecte et la validation des données, et particulièrement des données de production (partie II), a prouvé la **nécessité absolue d'améliorer la fiabilité des statistiques officielles.**

Enfin, la volonté à terme d'intégrer des fonctions dynamiques et de modéliser les situations de transitions nécessiterait **l'appréhension de la dynamique de la ressource** (et donc de la dynamique du recrutement notamment), d'une part, **et de la dynamique de la flottille** (et donc de la dynamique de l'allocation de l'effort notamment), d'autre part. Une approche possible et relativement aisée à mettre en place serait celle utilisée pour la modélisation de la Mer Celtique (Charuau & Biseau, 1989; Laurec et al., 1991). Le recrutement est modélisé à l'aide d'un paramètre aléatoire, et s'affranchit ainsi de la paramétrisation souvent hasardeuse d'une relation stock-recrutement rarement démontrée. La dynamique de la flottille est approchée à l'aide de deux coefficients, le coefficient "*d'adhérence*", lié au conservatisme des comportements, et le coefficient de "*préférence*", lié à l'attrait économique exercé par certains métiers. Ces coefficients pourraient éventuellement être paramétrés à la suite de l'étude sur les processus d'allocation de l'effort chez les flottilles françaises, actuellement en cours (Le Gallic, en prép). Ce formalisme n'est qu'une possibilité parmi d'autres, mais d'autres auteurs (Laloë & Samba, 1990) ont convergé vers les mêmes principes généraux.

La pluridisciplinarité en halieutique

La complexification croissante des modèles développés en halieutique vise à améliorer la connaissance de la dynamique intrinsèque des pêcheries, dans un but fondamental mais également politique. Cette complexification s'inscrit dans une démarche **d'amélioration de l'efficacité de la gestion des pêches et de développement durable**. Plusieurs voies d'amélioration de la fiabilité des modèles existent. La pluridisciplinarité en est une. L'intégration de perspectives écologiques ou, comme dans le cas présent, économiques ou sociales, dans des modèles fondamentalement biologiques **conduit à prendre en compte des relations majeures entre la ressource et son environnement naturel ou anthropique jusqu'à présent trop souvent occultées**. La pluridisciplinarité permet de confronter divers points de vue sur divers sous-systèmes du système étudié et sur leurs dynamiques propres.

Mais en revanche, adopter une telle démarche oblige à **développer une méthodologie homogène commune** aux différents champs disciplinaires impliqués, et à définir un **format standard**, utilisable par tous, pour les différents paramètres d'entrée et variables de sortie du modèle. Ceci pose un certain nombre de difficultés car les concepts et méthodes usuellement employés au sein de chaque discipline sont rarement transférables directement aux autres disciplines. Ils doivent ainsi être adaptés par chacun avant d'être adoptés par tous.

Cependant, il faut émettre **deux mises en garde majeures** quant à la pluridisciplinarité. La première mise en garde rejoint celle qui peut être faite en général à propos des modèles complexes. Il est tentant de définir des modèles intégrant tout ce qui est susceptible d'intervenir, mais ceci doit se faire de manière raisonnée, en s'imposant volontairement des limites. Car un modèle trop complexe et surparamétré risque de ne plus être identifiable, ou d'être beaucoup plus exigeant en données nécessaires à l'estimation des paramètres que ce qui peut lui être fourni. *"Certains paramètres ne pourront être obtenus que par ajustement global des résultats théoriques fournis par le modèle aux observations. Cette voie est puissante mais dangereuse. Si le nombre des paramètres à estimer est élevé, il est vite facile d'obtenir une bonne concordance entre points théoriques et observés. Ceci ne prouve en rien l'adéquation du modèle et les illusions peuvent être très dangereuses."* (Laurec & Le Guen, 1981). Nous avons nous-mêmes été confrontés à ce problème, notamment pour l'estimation de la capturabilité (cf. partie V). Ceci ne signifie pas que les modèles les plus simples soient les seuls dignes d'intérêt, mais **l'interprétation des résultats issus de modèles complexes "doit s'effectuer avec prudence et réalisme"**.

La deuxième mise en garde concerne le visage un peu faussement "salvateur" qu'offre la pluridisciplinarité. L'interfaçage de plusieurs disciplines est une démarche hautement bénéfique pour la meilleure compréhension des systèmes complexes. Mais elle ne peut pas se substituer à chacune de ses disciplines pour résoudre leurs problèmes propres. Le principe des éléments limitants est encore vrai ici. **La pluridisciplinarité ne vaut que grâce à une confrontation de la meilleure connaissance possible au sein de chaque discipline**. Elle ne sera jamais meilleure que ne le sont individuellement chacune des disciplines impliquées. **Ces dernières doivent donc fondamentalement d'abord progresser dans leurs développements théoriques propres et leurs connaissances monodisciplinaires**, pour ensuite améliorer la modélisation pluridisciplinaire, et non pas le contraire. C'est le travail conjoint de spécialistes monodisciplinaires qui fait la qualité de la pluridisciplinarité, et nul ne peut (et ne doit) se targuer

d'être "spécialiste en pluridisciplinarité"! La répartition des rôles de manière bien distincte est donc absolument essentielle au bon déroulement des travaux.

Ceci est un des points majeurs du travail réalisé au cours du projet FAIR. En comparaison à ce qui a souvent été fait précédemment en matière de modélisation bioéconomique (cf. chapitre 3), nous estimons que le fait que la modélisation biologique ait été réalisée par des biologistes et que la modélisation économique ait été réalisée par des économistes est l'un des résultats les plus intéressants de ce travail.

En matière de conclusion à ce document, nous souhaiterions simplement terminer en disant que s'intégrer dans une équipe et travailler avec diverses personnes de nationalités et d'horizons différents (non seulement issus de la biologie et de l'économie, mais également de l'informatique) fut une expérience particulièrement plaisante, enrichissante et fructueuse en échanges. Nous avons souvent, en aparté, défini "notre" pluridisciplinarité de la manière suivante, qui résume à peu près la bien la situation : "*La pluridisciplinarité, c'est quand un économiste découvre qu'une lotte, c'est la même chose qu'une baudroie, et quand un biologiste découvre que la marge brute, c'est la même chose que l'excédent brut d'exploitation.*" (Ulrich & Le Gallic, comm. pers.).

BIBLIOGRAPHIE

- Abbes R., 1991. *Atlas des pêches françaises dans les mers européennes*. IFREMER, Editions Ouest-France. 99 pp.
- Abdesselem F., 1992. *Analyse multimétier de la pêche du lieu jaune (Pollachius pollachius L.) en Manche Ouest*. Mémoire ISPA. 102 pp.
- Allen P.M., McGlade J.M., 1986. Dynamics of discovery and exploitation : the case of the Scotian Shelf groudfish fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sc.*, **43**, , 1187-1200.
- Anonyme, 1993a. Identification biogéographique des principaux stocks exploités en Manche ; relation avec ceux des régions voisines. *IFREMER, Rapports internes RI-DRV/93.028.*, 256 pp.
- Anonyme, 1993b. Report on the FAO/DANIDA/CMFRI/FSI workshop on the bio-economics of the demersal fisheries off the northeast coast of India. Visakhapatnam, 8-19 February 1993. *Denmark Funds in Trust FI :GCP/INT/392/DEN Report on Activity*, **40**, 104 pp.
- Anonyme, 1997a. Report of the working group on the assessment of southern shelf demersal stocks. *ICES CM 1997/Assess :5*.
- Anonyme, 1997b. Report of the working group on the assessment of demersal stocks in the North Sea and Skagerrak. *ICES CM 1997/Assess :6*
- Anonyme, 1998a. *Bilan des ports de pêche 1997*. Hors-série Le Marin, 48 pp.
- Anonyme, 1998b. Report of the study group on shellfish and other stocks. *ICES. ACFM 98*.
- Anonyme, 1999. Validation de modèles traitant de processus complexes. Compte-rendu de la journée organisée par l'unité USARQ, 1er juin 1999, INRA, Rennes.
- Attwood C.G., Bennett B.A., 1995. Modelling the effect of marine reserves on the recreational shore-fishery of the south-western cape, South Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, **51**, 1247-1257.
- Bakun A., Beyer J., Pauly D., Pope J.G., Sharp G.D., 1982. Ocean Sciences in Relation to Living Resources. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**(7), 1059-1070.
- Bath M.G., Huffaker R.G., 1991. Private property rights and forest preservation in Karnataka West Ghats, India. *American Journal of Agricultural Economics*, **73**(2), 375-387.
- Bennett D.B., Brown C.G., 1983. Crab (*Cancer pagurus*) migrations in the English Channel. *J. Mar. Biol. Ass. UK* **63**, 371-398
- Berthou P., Morizur Y., Latrouite D., Jezequel M., Lespagnol P., Danel P., 1996. Cadre physique et aspects halieutiques. In : *Description des pêcheries du Golfe Normand Breton. Analyse du problème de l'aménagement*. Programme AMURE, IFREMER/UBO-CEDEM, Brest. Rapp. de lère année.
- Berthou P., Talidec C., Jézéquel M., Lespagnol P., 1997. *La flotte de pêche commerciale bretonne. Description des métiers et des flottilles*. IFREMER Brest et Lorient, 53 pp.
- Beverton R.J.H., Holt S.J., 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fish. Invest. Lond. Ser. 2.*, **19**, 533 p.

- Bhattacharya C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. *Biometrics*, **23**, 115-135.
- Biseau A., 1998. Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery and its impact on stock assessments. *ICES J. Mar. Sci.*, **11**(3), 119-136.
- Biseau A., Gondeaux E., 1988. Apport des méthodes d'ordination en typologie des flottilles. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **44**, 286-296.
- Bjørndal T., Conrad J.M., 1987. The dynamic of an open access fishery. *Can. J. of Econ.*, **20**(1), 74-85.
- Blöschl G., Sivapalan M., 1995. Scale issues in hydrological modelling : a review. *Hydrol. Proc.*, **9**, 251-290.
- Bodilis G., 1995. *Stratégie de pêche et dynamiques économiques des flottilles industrielles de Bretagne-sud*. Rapport DAA Laboratoire Halieutique, ENSA Rennes, 55 p + annexes.
- Boncoeur J., Berthou P., Prat J.-L., Latrouite D., Le Gallic B., Fifas S., Curtil O., 1998a. Fisheries conflicts and fisheries management in the Normand-Breton gulf (ICES VIIe). *Xth annual conference of the EAFE (European Association of Fisheries Economists), The Hague, April 1-4 1998*, 18 pp.
- Boncoeur J., Fifas S., Le Gallic B., 1998b. Modélisation bioéconomique des interactions dans une pêcherie complexe : le cas des rejets estivaux d'araignée de mer (*Maja squinado*) par le chalutage côtier dans le golfe Normand-Breton (CIEM VIIe). *Conférence de l'AFSE (Association Française de Sciences Economiques) sur l'Économie de l'Environnement des Ressources Naturelles, Toulouse, 11-12 mai 1998*, 19 pp.
- Boncoeur J., Le Gallic B., 1998. *Enquête économique sur la pêche professionnelle française en Manche*. Rapport provisoire contrat FAIR 96-1993, 91 pp.
- Boncoeur J., Le Gallic B., Pascoe S., 1998c. On economic performance measures for small boats derived from fishers surveys. Is small more profitable? *Proceedings of the 9th biennial conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade. Eide A. And Vassal T. (eds)*. The Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø, **1**, 464-471.
- Boncoeur J., Mesnil B., 1997. Surexploitation des stocks et conflits dans le secteur des pêches. Une discussion du "triangle des paradigmes" d'Anthony Charles dans le contexte européen. *Actes du Troisième Halieumétrique, Montpellier du 1^{er} au 3 juillet 1997*, 8 pp.
- Boncoeur J., Prat J.-L., Le Gallic B., Curtil O., 1997. Etude économique et juridique des activités de pêche professionnelle dans le Golfe normand-breton. *IFREMER, Rapp. d'exécution, contrat 97-2-511042 DRV*, 98 pp.
- Buhler D.D, King R.P, Swinton S.M., 1997. Field evaluation of a bioeconomic model for weed management in soybean (*Glycine max*). *Weed Science*, **45**(1), 158-165.
- Burton M.P., 1992. The demand for wet fish in Great Britain. *Marine Resource Economics*, **7**(1), 57-66.
- Campbell H.F., Hand A.J., Smith A.D.M., 1993. A bioeconomic model for the management of orange roughy stocks. *Marine Resource Economics*, **8**(2), 155-172.
- CEE, 1987. Assessment of technical interactions in mixed fisheries. *International Information on Fisheries*, **15**, 75 pp.
- Charles A.T., 1992. Fishery conflicts. A unified framework. *Marine Policy*, 379-393.

- Charles A.T., Reed W. J., 1985. A bioeconomic analysis of sequential fisheries : competition, coexistence and optimal harvest allocation between inshore and offshore fleets. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 952-962.
- Charuau A., Biseau A., 1989. Étude d'une gestion optimale des pêcheries de langoustine et de poissons démersaux en Mer Celtique. Tomes 1,2,3. *Rapport interne IFREMER/DRV-89 009, 010 et 011, RH/Lorient*.
- Cheng H.T, Townsend R.E., 1993. Potential impact of seasonal closures in the US lobster fishery. *Marine Resource Economics*, **8**(2), 101-119.
- Christensen S., Vestergaard N., 1993. A bioeconomic analysis of the greenland shrimp fishery in the Davis Strait. *Marine Resource Economics*, **8**(4), 345-365.
- Clark C.W., 1976. *Mathematical bioeconomics : the optimal management of renewable resources*. New-York - Wiley.
- Clark C.W., 1985. *Bioeconomic modelling and fisheries management*. John Wiley & Sons, Inc., 291 pp.
- Clark C.W., Kirkwood G.P., 1979. Bioeconomic model of the Gulf of Carpentaria prawn fishery. *J. of Fish. Res. Board. of Can.*, **36**, 1304-1312.
- Clarke R.P, Yoshimoto S.S, Pooley S.G, 1992. A bioeconomic analysis of the North-western Hawaiian Islands lobster fishery. *Marine Resource Economics*, **7**, 115-140.
- Collins P., 1995. *Regional price determination for major shellfish and crustacean species in the English Channel Fishery*. MSc Fisheries Economics Dissertation, University of Portsmouth.
- Cooper J.C., 1993. A bioeconomic model for estimating the optimal level of deer and tag sales. *Environmental and Resource Economics*, **3**(6), 356-379.
- Coppola G., 1995. A production function for fisheries : an analytical approach. *4th Bioeconomic Modelling Workshop, Edinburgh, 24-27 october*.
- Coppola G., Pascoe S., 1998. A surplus production model with a non-linear catch-effort equation. *Marine Resource Economics*, **13**(1), 37-50.
- Cury P., Anneville O., 1997. Fisheries as diminishing assets : marine diversity threatened by anecdotes. *Actes du Troisième Forum Halieumétrique de l'AFH, Montpellier du 1^{er} au 3 juillet 1997*, 18 pp.
- Cury P., Roy C., 1989. Optimal environmental window and pelagic fish recruitment success in upwelling areas. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **46**(4), 670-680.
- Darby C.D., Flatman S., 1994. Virtual population analysis : version 3.1 (Windows/DOS) user guide. *MAFF Information Technology Series No. 1. DFR Lowestoft*.
- Davidse W.P., Boude J.P., Daurès F., Le Floch P., Oakeshott E., Duran M., Jensen C.L., Smit M.H., Tall C., Wijik M.O.V., 1997. Return on Capital in the European Fishery Industry. *The Hague Agriculture Economics Research Institute (LEI-DLO) Onderzoekverslag 158*, 125 pp.
- Delpéch J.P., Emonnet R., Reynal L., Buffe-Lidove M.J., 1989. Chaîne de traitement des statistiques de pêche maritime. *Rapports internes RI-DRV/89.001*. Volume 1 : texte et figures, 113 pp.
- Desmarchelier M., 1986. *Contribution à l'étude de la biologie des populations de tacauds, *Trisopterus luscus* (L. 1758), en Manche orientale et dans le sud de la Mer du Nord*. Thèse de 3^{ème} cycle : Biol. Physiol. Anim : Lille. **1318**, 172 pp.

- Diaby S., 1996. Economic impact analysis of the Ivoirian sardinella fishery. *Marine Resource Economics*, 11(1), 31-42.
- Didenko A., 1998. *Evaluation des stocks de tacaud (Trisopterus luscus, L.) et de limande (Limanda limanda, L.) en Manche*. Mémoire DEA, ENSA Rennes, 33 pp.
- Die D.J., Watson R.A., 1992. A per-recruit simulation model for evaluating spatial closures in an Australian penaeid fishery. *Aquat. Living Resour*, 5, 145-153.
- Dintheer C., 1997. *BAHAMAS: Base Halieutique pour une Manche Stratifiée. Quelques références bibliographiques à propos des espèces retenues*. IFREMER, Document de travail n° F3, 297 pp..
- Dintheer C., Lemoine M., Latrouite D., Berthou P., Delpech J.P., Morizur Y., Tetard A., 1995a. Les grands métiers de la Manche. Réflexions et propositions pour la conservation de la ressource et la gestion des pêcheries. *La Pêche Maritime*, 1388, 181-195.
- Dintheer C., Smith M.T., De Clerck R., Coppin F., 1995b. *Base de données internationales en vue de l'évaluation biologique et économique des stocks de la Manche. BAHAMAS : Base Halieutique pour une Manche Stratifiée*. IFREMER, MAFF-DFR, RVZ, Rapport final du projet BIOECO 93.018, 164 pp.
- Dorel D., 1986. Poissons de l'Atlantique Nord-Est. Relations taille-poids. *Rapport IFREMER, DRV.86.001/RH/Nantes*, 185 pp.
- Dunn M.R., 1999. *Exploitation of selected non-quota species in the English Channel*. PhD Thesis, University of Portsmouth.
- Dunn M.R., Rogers S.I., Morizur Y., Tetard A., Aublet B., Le Niliot P., Miossec D., 1996. *Biological sampling of non-quota species*. MAFF, IFREMER, Final report for EC Study Contract C934CO18, 85 pp.
- Dupouy H., 1997. Atelier international d'estimation de l'âge des baudroies européennes. *Lorient 25 au 28 Juin 1991 et 9 au 11 Juillet 1997*, Document IFREMER Lorient.
- Eide A., Flateen O., 1992. Bioeconomic multispecies modelling of the Barents Sea Fisheries. *Proceedings of the sixth conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade*, 183-196.
- Erzini K., Gonçalves J.M.S., Bentes L., Lino P.G., Ribeiro J., 1998. Species and size selectivity in a red sea bream longline metier in the algarve southern Portugal. *Aquat. Living Ressour.*, 11(1), 1-11.
- Fahrig L., 1993. Effect of fish movement and fleet spatial behavior on management of fish substocks. *Natural Resources Modelling*, 7, 37-56.
- Ferraris J., Le Fur J., 1995. Méthodes d'analyse et de représentation d'un système d'exploitation ; synergies et redondances. In : Gascuel D., Durand J.L. et Fonteneau A. (Eds). *Les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources et des systèmes halieutiques*. Actes du Premier Forum Halieumétrique, Rennes, 29 juin au 1er juillet 1993. Editions ORSTOM, *Collection Colloques et Séminaires*, 347-374.
- Ferraris J., Samba A., 1992. Variabilité de la pêche artisanale sénégalaise et statistique exploratoire. *Seminfor 5. ORSTOM, septembre 1991, Montpellier*, 169-190.
- Fifas S., 1991. *Analyse et modélisation des paramètres d'exploitation du stock de coquilles St Jacques (Pecten maximus, L.) en baie de St-Brieuc (Manche ouest, France)*. Thèse Océano. Biol., UBO Brest, 422 pp.

- Fonteneau A., Gascuel D., Pallares Soubrier P., 1998. Vingt cinq ans d'évaluation des ressources thonières dans l'Atlantique : quelques réflexions méthodologiques. *Symposium ICCAT sur les Thonidés, Les Açores, juin 1996*, 523-562.
- Fournier D.A., Beachham T.D., Riddell B.E., Busack C.A., 1984. Estimating stock composition in mixed stock fisheries using morphometric, meristic and electrophoretic characteristics. *Can. J. Fish. Aqu. Sci.*, **41**, 400-408.
- Fox W.W.J., 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **99**, 80-88.
- Fox W.W.J., 1975. Fitting the generalized stock-production model by least square and equilibrium approximation. *Fish. Bull. U.S.*, **73**, 23-37.
- Frontier S., 1983. L'échantillonnage de la diversité spécifique. In : *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. S. Frontier (Ed.). Masson, Paris, 416-436.
- Frost H., Rodgers P., Valatin G., Lantz F., Lewy P., Vestergaard N., 1993. *A bioeconomic model of the North Sea multispecies multiple gears fishery*. Esbjerg : South Jutland University Press.
- Fry F.E.J., 1949. Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics*, **5**, 27-67
- Garcia de Leon F., 1992. *Approche multimétiers de la gestion de la lingue franche Molva molva en Manche ouest*. Mémoire DEA, Université de Bretagne Occidentale, 29 pp.
- Garcia S., Van Zalinge N.P., 1982. Shrimp fishing in Kuwait. Methodology for joint analysis of the artisanal and industrial fisheries. App. 13, in : Assessment of the shrimp stocks of the west coast of the Gulf between Iran and the Arabian Peninsula. *Rome, FAO, FI : DP/RAB/80/015*, 119-142.
- Gascuel D., 1995. Efforts et puissance de pêche : redéfinition des concepts et exemple d'application. In : *Gascuel D., Durand J.L. et Fonteneau A. (Eds). Les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources et des systèmes halieutiques*. Actes du Premier Forum Halieumétrique, Rennes, 29 juin au 1er juillet 1993. Editions ORSTOM, *Collection Colloques et Séminaires*, 159-182.
- Gascuel D., Fontenelle G., Maguer C., Biseau A., 1998. Consistency of stock assessment and evaluation of fisheries management for European fish stocks, 1983-1995. *Fishery Stock Assessment Models, Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-98-01*, 917-931.
- Gascuel D., Ménard F., 1997. Assessment of a multispecies fishery in Senegal, using production models and diversity indices. *Aquat. Living Resour.*, **10**, 281-288.
- Gavaris S., 1988. An adaptative framework for the estimation of population size. *Res. Doc. Can. Atl. Fish. Scient. Adv. Comm.(CAFSAC)*. **88/29**, 12 pp.
- Gentil S., Blake G., 1981. Validation of complex ecosystems models. *Ecol. Modelling*, **14**, 21-38.
- Gordon H.S., 1954. The economic theory of a common-property resource : the fishery. *J. Polit. Econ.*, **62**, 124-142.
- Grainger R.J.R., Garcia S.M., 1996. Chronicles of marine fishery landings (1950-1994) trend analysis and fisheries potential. *FAO Fisheries Technical Paper, Rome*, **359**, 51 pp.
- Grant W.E., Griffin W.L., 1979. A bioeconomic model of the Gulf of Mexico shrimp fishery. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **108**, 1-13.
- Grant W.E., Isakson K.G., Griffin W.L., 1981. A general bioeconomic simulation model for annual-crop fisheries. *Ecol. Modelling*, **13**, 195-219.

- Gribble N., Dredge M., 1994. Mixed-species yield-per-recruit simulation of the effect of seasonal closure on a central quennsland coastal prawn trawling grounds. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **51**, 998-1011.
- Gulland J.A., 1965. Estimation of mortality rates. Annex to Arctic Fisheries working group report. *ICES CM3:1*.
- Gulland J.A., 1969. Manuel des méthodes d'évaluation des stocks d'animaux aquatiques. FAO Rome, *Manuel des Sciences Halieutiques*, **2**, 160 pp.
- Gulland J.A., 1991. Under what conditons will multispecies models lead to better fisheries management ? *ICES, Mar. Sci. Symp.*, **193**, 348-352.
- Hannesson R. , 1983. Bioeconomic production function in fisheries : theoretical and empirical analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **40**(7), 968-982.
- Hanson J.M., 1995. Separation of catches of two Atlantic cod stocks in an otter trawl fishery by application of the EM algorithm. *N. Am. J. of Fish. Man.*, **15**, 277-289.
- Helser T.E., Thunberg E.M., Mayo R.K., 1996. An age-structured bioeconomic simulation of U.S. silver hake fisheries. *N. Am. J. of Fish. Man.*, **16**(4), 783-794.
- Hilborn R., 1990. Determination of fish movement patterns from tag recoveries using maximum likelihood estimators. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **47**, 635-643.
- Hilborn R., Walters C.J., 1992. *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty*. Chapman and Hall, New York, London, 570 pp.
- Houghton R.G., 1977. The fishing power of trawlers in the western English Channel between 1965 and 1968. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **37**(2), 130-136.
- Hu D., Ready R., Pagoulatòs A., 1997. Dynamic optimal management of wind-erosive rangelands. *American Journal of Agricultural Economics*, **79**(2), 327-340.
- Ioannides C., Whitmarsh D., 1987. Price formation in fisheries. *Marine Policy*. **11**(2) 143-145.
- Israel G., 1996. *La mathématisation du réel. Essai sur la modélisation mathématique*. Editions du seuil, Paris. 366 pp.
- Jaffry A., 1995. *Determinants of fishing powers of UK otter trawlers operating in the English Channel*. MSc Fisheries Economics Dissertation, University of Portsmouth, UK.
- Jones R., 1961. The assessment of the long term effects of changes in gear selectivity and fishing effort. *Mar. Res. Scotl.*, **2**, 19 pp.
- Kaiser M.J., Edwards D.B., Armstrong P.J., Radford K., Lough N.E.L., Flatt R.P., Jones H.D., 1998. Changes in megafaunal benthic communities in different habitats after trawling disturbance. *ICES J. Mar. Sci.*, **55**(3), 353-362.
- Karagiannakos A., 1996. Total Allowable Catch (TAC) and quota management system in the European Union. *Marine Policy*. **20**(3), 235-248.
- King R., 1993. Bioeconomic models of crop production systems : design, development and use. *Review of Agricultural Economics*, **15**(2), 389-401.
- Laloë F., 1988. Un modèle global avec quantité de biomasse inaccessible liée aux conditions environnementales. Application aux données de la pêche ivoiro-ghanéenne de *Sardinella aurita*. *Aquat. Living Resour.*, **1**, 289-298.

- Laloë F., Samba A., 1990. La pêche artisanale au Sénégal : ressource et stratégie de pêche. Editions ORSTOM, *Collection Études et Thèses*, 395 pp.
- Lanoy J., 1989. *Typologie de la flottille de Manche Orientale pour les années 1985 et 1987 par des méthodes d'analyse des données*. Mémoire DAA, ENSA Rennes, 66 pp.
- Large P.A., 1992. Use of a multiplicative model to estimate relative abundance from commercial CPUE data. *ICES J. Mar. Sci.*, **49**(3), 253-261.
- Latrouite D., 1989. *Le tourteau et son exploitation par les flottilles de Bretagne Nord, 1984-1988*. Extrait du rapport pour le contrat de plan Etat-Région 1984-1988 : Aménagement des pêcheries côtières en Bretagne Nord.
- Latrouite D., Le Foll, D., 1989. Données sur les migrations des crabes tourteau *Cancer pagurus* et araignées de mer *Maja squinado*. *Oceanis*, **15**(2), 133-142.
- Latrouite D., Noël P., 1997. *Les crabiers du quartier de Morlaix. Flottille, activité et production de 1985 à 1995 au travers de l'analyse des livres de bord européens*. IFREMER, Document du laboratoire côtier de Brest, 20 pp.
- Laurans M., 1998. *Modélisation de la production globale sur une pêcherie diversifiée, sensibilité aux unités d'effort de pêche. L'exemple de la Manche Orientale*. Mémoire de DAA Halieutique, ENSAR, 35 pp.
- Laurec A., Biseau A., Charuau A., 1989. Modélisation des interactions techniques. *ICES MSM Symp./A.3*, 35 pp.
- Laurec A., Biseau A., Charuau A., 1991. Modelling technical interactions. *ICES Mar. Sci. Symp*, **193**, 225-236.
- Laurec A., Le Guen J.C., 1981. Dynamique des populations marines exploitées. Tome I : concepts et modèles. *CNEXO, Rapports Scientifiques et Techniques*, **45**, 118 pp.
- Laurec A., Santarelli-Chaurand L., 1986. *Analyse rectifiée des pseudo-cohortes : Analyse des cohortes à partir d'une année de structure démographique des captures ; correction des variations d'effort et/ou de recrutement*. IFREMER, Rapport interne, Ronéo, 19 pp.
- Le Foll D., 1993. Biologie et exploitation de l'araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche Ouest. *IFREMER RI/DRV/RH/93.030*, Brest, 517 pp .
- Le Gallic B., 1996. *Conflits d'usage et régulation d'accès à la pêche : le cas du Golfe Normano-Breton*. Mémoire de DEA Économie et Politique Maritime, ENSA Rennes, 125 pp.
- Le Gallic B., Ulrich C., 1999. BECHAMEL (BioEconomic Channel ModEL) : a bioeconomic simulation model for the fisheries of the English Channel. . *XIth annual conference of the EAFE, Dublin, April 7 to 10, 1999*, 21 pp.
- Le Pape O., Vigneau J., 1998. Influence des caractéristiques des navires et de leur polyvalence sur la capacité de pêche dans la Baie de Seine et le Cotentin : intérêts pour la gestion des activités halieutiques. *Rapports Internes IFREMER, RI/DRV/RH/RST/98/09*, 35 pp.
- Lee C., 1980. Models in Planning. *Urban and Regional Planning Series volume 4*. Great Britain: Pergamon Press.
- Legay J.-M., 1997. *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*. INRA Editions, Colloque Sciences en questions, 111 pp.
- Lemoine M., Giret M., 1991. *Les pêches artisanales de la Manche Orientale. Flottilles et ressources halieutiques*. Editions IFREMER, 119 pp.

- Loehle C., 1997. Errors of construction, evaluation, and inference : a classification of sources of errors in ecological models. *Ecol. Modelling*, **36**, 297-314.
- Mardle S., Pascoe S., 1997. A review of applications to fisheries using multi-objective programming techniques. *CEMARE Res. Pap.* **117**, Université de Portsmouth.
- Maury O., 1998. *Modélisation spatiale en halieutique. Approche par simulateur sous SIG. Application à la modélisation hiérarchique de la population de thons albacore (Thunnus albacares) de l'Atlantique tropical*. Thèse de Doctorat Halieutique, ENSA Rennes, 353 pp.
- Maury O., Gascuel D., Pelletier D., 1997. Estimating fish numbers, fishing mortality and migration rates between different spatial zones : the spatial VPA methodology. *ICES CM 1997/CC:09*, 7 pp.
- Mellon C., Charuau A., Tetard A., 1994. Etat des principaux stocks de poissons démersaux et de langoustine exploités par la France en 1992 dans le Nord-Est Atlantique. *IFREMER, RI DRV 94.25*, 76 pp.
- Menz K.M, Grist P., 1996. Increasing rubber planting density to shade Imperata : a bioeconomic modelling approach. *Agroforestry Systems*, **34**(3), 291-303.
- Mesnil B., 1980. Théorie et pratique de l'analyse de cohortes. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit*, **44**(2), 119-155.
- Mesnil B., 1988. Logiciels pour l'évaluation des stocks de poissons. ANACO : logiciel d'analyse des données de capture par classe d'âge sur IBM PC et compatibles. *FAO, Doc.Tech. Pêches*, **101**(suppl.3), 78 pp.
- Mesnil B., Shepherd J.G., 1990. A hybrid age- and length-structured model for assessing regulatory measures in multiple-species, multiple-fleet fisheries. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **47**(2), 115-132.
- Meuriot E., Cochet Y., Fifas S., Foucher E., Gates J., 1987. Licences de pêche et gestion d'une pêcherie : analyse bioéconomique de la gestion de la pêche à la coquille Saint-Jacques en baie de Saint-Brieuc. Brest, *IFREMER, Rapports économiques et juridiques n°4*.
- Meurou C., 1992. *L'identification biogéographique des stocks halieutiques exploités en Manche*. Mémoire ISPA, 50 pp.
- Millischer L., Gascuel D., 1998. Individual-based modelling of fishing tactics *ICES CM 1998/J:14*.
- Millischer L., Gascuel D., Biseau A., 1999. Estimation of the fishing power : a study of the dynamics and fishing strategies of Brittany's industrial fleets. *Aquat. Living Resour.*, **12**(2), 89-103.
- Morin J., Vigneau J., 1995. Eastern Channel scallop-stock management. *8th International Pectinid Workshop. Cherbourg, may 22-29, 1991. IFREMER, Actes de colloques*, **17**, 35-40.
- Morizur Y., Berthou P., Latrouite D., Veron G., 1992. *Les pêches artisanales de la Manche occidentale. Flottes et ressources halieutiques*. Editions IFREMER, 175 pp.
- Morizur Y., Pouvreau S., Guenolé A., 1996. *Les rejets dans la pêche artisanale française de Manche Occidentale*. Editions IFREMER, 127 pp.
- Mtimet M., 1993. *Analyse de la pêcherie de Baudroie blanche (Lophius piscatorus, L.) en Manche Ouest. Etude préliminaire des ressources associées : le Turbot (Psetta maxima, L.) et la Barbu (Scophthalmus rhombus, L.)*. Mémoire ISPA, 215 pp.

- Murawski S.A., Finn J.T., 1985. Optimal effort allocation among competing mixed-species fisheries, subject to mortality constraints. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **43**(1), 90-100.
- Oriade C.A., 1996. A bioeconomic analysis of site specific management for weed control. *Review of Agricultural Economics*, **18**(4), 523-535.
- Oriade C.A., Dillon C.R., 1997. Developments in biophysical and bioeconomic simulation of agricultural systems : a review. *Agricultural Economics*, **17**(1), 45-58.
- Palma C., Sousa P., Ramos J., Martinho T., Martins R., Pestana G., Barros P., Afonso-Dias M., 1999. Multivariate analysis of the Portuguese artisanal fishery : trip types and fishing effort. *ICES CM 1999/R:16 (Poster)*.
- Pascoe S., 1995. Modelling the UK demersal trawl component of the English Channel. *4th EAFE Bio-economic modelling workshop, Edinburgh*, 31-44.
- Pascoe S., 1997. A preliminary bioeconomic model of the UK component of the fisheries of the English Channel. *Research Paper P112*. CEMARE, Portsmouth.
- Pascoe S., Battaglene T., Campbell D., 1992. Fisheries modelling : the usefulness of bioeconomic models under biological uncertainty : a case study of the Australian southern shark fishery. *Vith IIFET international conference, Paris, 6-9 juillet 1992*, 8 pp.
- Pascoe S., Dann T., Reid C., 1994. Bioeconomic modelling of Australian prawn fisheries. In : *Indo-Pacific Fishery Commission (Ed.). 7th session of the Standing Committee of Resources Research and Development. FAO Fisheries Report No. 449 supplement FIPL/R499*. Rome, FAO, 11-24.
- Pascoe S., Dunn M., Ulrich C., 1998. Biological and bioeconomic modelling in fisheries : a review. *CEMARE Miscellaneous Paper M43*, CEMARE, University of Portsmouth, UK, 63 pp.
- Pascoe S., Robinson C., 1996. Measuring changes in technical efficiency over time using catch and stock information. *Fisheries Research*, **28**(3), 305-319.
- Pascoe S., Robinson C., 1997. *Bioeconomic modelling of the fisheries of the English Channel*. Draft Final report, MAFF project 0308.
- Pawson M.G., Pickett G.D., 1987. The bass and management of its fishery in England and Wales. *Lab. Leaflet*, MAFF Direct. Fish. Res., Lowestoft, **59**, 37 pp.
- Pearl R., 1925. *The biology of population growth*. Alfred A. Knopf ed. New York, 260 pp.
- Pella J.J., Robertson T.L., 1979. Assessment of composition of stock mixtures. *Fish. Bull.*, **77**, 387-398.
- Pella J.J., Tomlinson P.K., 1969. A generalized stock production model. *Bull. IATTC*, **13**, 419-496.
- Pelletier D., 1991. *Les sources d'incertitude en gestion des pêcheries. Evaluation et propagation dans les modèles*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 291 pp.
- Pelletier D., Magal P., 1996. Dynamics of a migratory population under different fishing effort allocation schemes in time and space. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **53**, 1186-1199.
- Peronnet I., 1991. Applying fishing strategies typology to sampling discards of commercial species : theory and applying to the mixed fisheries of the Celtic Sea and the Bay of Biscay. *ICES CM 1991/D:29*.
- Pikitch E.K., 1987. Use of a mixed-species yield-per-recruit model to explore the consequences of various management policies for the Oregon flatfish fishery. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **44**(Suppl.2), 349-359.

- Pingree R.D., 1980. Physical oceanography of the Celtic Sea and English Channel. In : *Banner F.T., Collins M.B., Massie K.S. (Eds). The North-west European shelf Seas : the sea bed and the sea in motion. Physical and Chemical Oceanography, and Physical Resources. Elsevier Oceanography Series, Tome 11*, 415-465.
- Placenti V., Rizzo G., Spagnolo M., 1992. A bioeconomic model for the optimisation of a multi-species, multi-gear fishery : the Italian case. *Marine Resource Economics*, 7(4), 275-295.
- Pope J.G., 1972. An investigation of the accuracy of virtual population analysis. *ICNAF Research bulletin*, 65-74.
- Pope J. G., 1979. Stock assessment in multispecies fisheries with special reference to the trawl fishery in the Gulf of Thailand. *CSC/DEV/79/19*, 106 pp.
- Pope J.G., 1991. The ICES Multispecies Assessment Working Group : evolution, insight, and future problems. *ICES Marine Science Symposia*, 193, 22-33.
- Prager M.H., 1994. A suite of extensions to a non-equilibrium surplus production model. *Fish. Bull.*, 92, 374-389.
- Punt A.E., Butterworth D.S., Martin J., 1995. The effects of errors in the placement of the boundary between the west and south coast hake *Merluccius spp.* stocks on the performance of the current hake management procedure. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 15, 83-98.
- Quéro J.C., Vayne J.J., 1997. *Les poissons de mer des pêches françaises. Identification, inventaire et répartition de 209 espèces*. Delachaux et Niestlé, Lausanne-Paris, 304 pp.
- Quéro J.C., Vayne J.J., 1998. *Les fruits de la mer et plantes marines des pêches françaises*. Delachaux et Niestlé, Lausanne-Paris, 256 pp.
- Quinn T.J.II, Deriso R.B., Neal P.R., 1990. Migratory catch-age analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47, 2315-2327.
- Rae B.B., 1965. *The lemon Sole*. Fishing News Books, London, 106 pp.
- Resosudarmo B.P., 1995. The construction of a bioeconomic model of the Indonesian flying fish fishery. *Marine Resource Economics*, 10(4), 357-372.
- Riou P., 1999. *Dynamique des nourriceries côtières et estuariennes de sole (Solea solea) et de plie (Pleuronecles platessa) en Manche est. Importance écologique de l'estuaire de Seine*. Thèse de Doctorat, IFREMER Port-en-Bessin.
- Rochet M.J., Durand J.L., 1995. Dynamique à moyen terme des flottilles artisanales du Mor-Braz. In : *Questions sur la dynamique de l'exploitation halieutique ; Laloë F., Rey H. et Durand J.L. (éd. Sc.) ; table ronde Orstom/Ifremer, Montpellier, 6-8 septembre 1993*. Edition ORSTOM, Collection Colloques et Séminaires, 331-352.
- Ruth M., Hannon B., 1997. *Modeling dynamic economic systems*. Springer, 339 pp.
- Sanderson T., 1997. What fisheries managers hope to see in bioeconomic models. *VIIIth EAFE Bioeconomic Modelling Workshop, University of Portsmouth, 17-18 december 1997*, 5 pp.
- Santarelli Chaurand L., 1985. *Les pêcheries de buccin (Buccinum undatum L. : Gasteropoda) du Golfe Normand-Breton. Eléments de gestion de la ressource*. Thèse de Doctorat Sci. Aix Marseille II, 194 pp.
- Santarelli L., Gros Ph., 1986. Modélisation bioéconomique de la pêcherie de buccin (*Buccinum undatum L. gasteropoda*) du port de Granville (Manche ouest). Eléments de gestion de la ressource. *Revue des Travaux de l'ISTPM*, 48(1-2), 23-32.

- Scheafer M. B., 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of the commercial marine fisheries. *Bull. Inter-Am. Trop. Tuna Comm.*, **1**, 25-56.
- Schnute J., 1977. Improved estimates from the Scheafer production model : theoretical considerations. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **34**, 583-603.
- Schwartz R.L., Christiansen T., 1998. *Introduction à Perl, 2ème édition*. Editions O'Reilly, Paris, 303 pp.
- Selgeby J.H., 1982. Decline of lake herring (*Coregonus artedii*) in Lake Superior : an analysis of the Wisconsin herring fishery, 1936-1978. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**, 554-563.
- Shannon C. E., 1948. A mathematical theory for communications. *Bell. Syst. Techn. J.*, **27**, 379-423 et 623-656.
- Shepherd J.G., Garrod D.J., 1981. Modelling the response of a fishing fleet to changing circumstances, using cautious non-linear optimisation. *J. Cons. Int. Explor. Mer*, **39**(3), 231-238.
- Skonhoft A., Solstad J.T., 1996. Wildlife management, illegal hunting and conflicts : a bioeconomic analysis. *Environment and Development Economics*, **1**(2), 165-181.
- Soletchnik, 1983. Gestion de la dorade grise, éléments de biologie. *Oceanis*, **9**(1), 23-32.
- Somers I., Wang Y., 1997. A simulation model for evaluating seasonal closures in Australia's multispecies northern prawn fishery. *N. Am. J. of Fish. Man.*, **17**(1), 114-130.
- Sparre P., Willmann R., 1992. BEAM 4 - A bio-economic model for the simulation of space structured multi-species and multi-fleet fisheries. *Proceedings of the sixth conference of the International Institute of Fisheries Economics and Trade*, 293-304.
- Standiford R.B., Howitt R.E., 1992. Solving empirical bioeconomic models : a rangeland management application. *American Journal of Agricultural Economics*, **74**(2), 421-433.
- Taquet M., Gaertner J.C., Bertrand J., 1997. Typologie de la flottille de pêche chalutière du port de Sète par une méthode de segmentation. *Aquat. Living Resour.*, **10**, 137-148.
- Tassel M., 1988. *Biologie halieutique de la limande (Limanda limanda, L. 1758) en Manche orientale et Mer du Nord*. Thèse de Doctorat : Sci, Lille, **221**, 237 pp.
- Tétard A., Boon M. et al, 1995. *Catalogue international des activités des flottilles de la Manche, approche des interactions techniques*. IFREMER Brest, 337 pp.
- Thompson W.F., Bell F.H., 1934. Biological statistics of the Pacific halibut fishery. 2 : Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of gear. *Rep. Int. Fish. (Pacific Halibut) Comm.*, **8**, 49 pp.
- Tomovic R., Karplus, 1963. *Sensitivity analysis of dynamic systems*. MacGrax-Hill, New York, NY, 394 pp.
- Tsoa E., Shrank W.E., Roy N., 1985. Generalizing fisheries models : an extension of the Scheafer analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **42**, 44-50.
- Ulrich C., Dunn M.R. Gascuel D., 1999a. Analysis of the impact of fishing activities on exploited marine resources. *ICES CM1999/Z:05*, 19 pp.
- Ulrich C., Dunn M.R., Le Gallic B., Gascuel D., (soumis). A multispecies multifleet bioeconomic simulation model of the English Channel fisheries and their technical interactions : Model structure, and applications in common typologies of commercial stocks and fishing activities. *ICES, J. of Mar. Sci. (soumis)*.

- Ulrich C., Gascuel D., Bellail R., 1999b. Estimation de l'importance des stocks locaux en Manche, et conséquences pour la gestion : application du modèle In/Out à 7 espèces. *Actes du Quatrième Forum Halieumétrique de l'AFH, Rennes du 29 juin au 1^{er} juillet 1999*, 12 pp.
- Ulrich C., Gascuel D., Maury O., 1998. A proposal for stock assessment and management in mixed stock fisheries : the In/Out model. Application to the western English Channel cod. *ICES CM 1998/AA :11*, 11 pp.
- Ulrich C., Guitton J., 1999. The use of the Internet for scientific modelling purposes : interest, implementation and example of application. *Computers in Higher Economics Education review* **13**(2) 15-18
- Ulrich C., Le Gallic B., Dunn M.R., 1999c. Bioeconomic modelling of English Channel fisheries and their technical interactions : presentation of the simulation model BECHAMEL (BioEconomic CHAnnel ModEL). *ICES CM1999/S:04*, 21 pp.
- Verhulst E.F., 1844. *Mém. Acad. Roy., Bruxelles*, **18**, p. 1.
- Waldman J.R., Fabrizio M.C., 1994. Problems of stock definition in estimating relative contributions of atlantic striped bass to the coastal fishery. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **123**(5), 776-778.
- Walter G.G., 1978. A surplus yield model incorporating recruitment and applied to a stock Atlantic Mackerel *Scomber Scombrus*. *J. Fish. Res. Board Can.*, **35**(2), 229-234.
- Walters C.J., Hall N., Chubb C., 1993. Spatial model for the population dynamics and exploitation of the Western Australian rock lobster *Panulirus cygnus*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **50**, 1650-1662.
- Walters C.J., Hilborn R., 1976. Adaptive control of fishing systems. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **33**, 145-159.
- Willmann R., Garcia S.M., 1986. Modèle bio-économique pour l'analyse des pêcheries de crevettes tropicales séquentielles artisanales et industrielles (exemple de la pêche crevettière au Surinam). *FAO, Doc. Tech. Pêches*, **270**, 47 pp..
- Ye Y., Beddington J., 1996. Modelling interactions between inshore and offshore fisheries : the case of the East China Sea hairtail (*Trichirus haumela*) fishery. *Fish. Res.*, **27**, 153-177.

PUBLICATIONS - COMMUNICATIONS

Le Gallic B., Ulrich C., 1999. BECHAMEL (BioEconomic Channel ModEL) : a bioeconomic simulation model for the fisheries of the English Channel. . *XIth annual conference of the EAFE, Dublin, April 7 to 10, 1999*, 21 pp.

Pascoe S., Dunn M., Ulrich C., 1998. Biological and bioeconomic modelling in fisheries : a review. *CEMARE Miscellaneous Paper M43*, CEMARE, University of Portsmouth, UK, 63 pp.

Ulrich C., Dunn M.R., Gascuel D., 1999a. Analysis of the impact of fishing activities on exploited marine resources. *ICES CM1999/Z:05*, 19 pp.

Ulrich C., Dunn M.R., Le Gallic B., Gascuel D., (soumis). A multispecies multifleet bioeconomic simulation model of the English Channel fisheries and their technical interactions : Model structure, and applications in common typologies of commercial stocks and fishing activities. *ICES, J. of Mar. Sci. (soumis)*.

Ulrich C., Gascuel D., Bellail R., 1999b. Estimation de l'importance des stocks locaux en Manche, et conséquences pour la gestion : application du modèle In/Out à 7 espèces. *Actes du Quatrième Forum Halieumétrique de l'AFH, Rennes du 29 juin au 1^{er} juillet 1999*, 12 pp.

Ulrich C., Gascuel D., Maury O., 1998. A proposal for stock assessment and management in mixed stock fisheries : the In/Out model. Application to the western English Channel cod. *ICES CM 1998/AA :11*, 11 pp.

Ulrich C., Guitton J., 1999. The use of the Internet for scientific modelling purposes : interest, implementation and example of application. *Computers in Higher Economics Education review* 13(2) 15-18

Ulrich C., Le Gallic B., Dunn M.R., 1999c. Bioeconomic modelling of English Channel fisheries and their technical interactions : presentation of the simulation model BECHAMEL (BioEconomic CHannel ModEL). *ICES CM1999/S:04*, 21 pp. (*Prix jeune chercheur, ICES 1999*)

ANNEXES

ANNEXE A. DÉNOMINATION DES CODES UTILISÉS

LISTE DES CODES FLOTTILLES

flottille	pays	zone	nom français	nom anglais
FE_Ot	France	Est	Chalutiers de fond	Otter trawlers
FW_Ot	France	Ouest	Chalutiers de fond	Otter trawlers
FE_Bt	France	Est	Chalutiers à perche	Beam trawlers
FE_Ot_Dr	France	Est	Chalutiers-dragueurs	Trawlers-dredgers
FW_Ot_Dr	France	Ouest	Chalutiers-dragueurs	Trawlers-dredgers
FE_Dr	France	Est	Dragueurs purs	Dredgers
FW_Dr	France	Ouest	Dragueurs purs	Dredgers
FC_Pt	France	Manche	Caseyeurs	Potters
FE_Nt	France	Est	Fileyeurs	Netters
FW_Nt	France	Ouest	Fileyeurs	Netters
FC_Ln	France	Manche	Ligneurs-palangriers	Liners-longliners
FC_Wk	France	Manche	Bulotiers	Whelkers
FC_Sw	France	Manche	Goémoniers	Seaweeders
FC_Fx	France	Manche	Polyvalents dormants	others fixed gears
FC_Ms	France	Manche	Divers	Miscellaneous

UC_Ot	Royaume-Uni	Manche	Chalutiers de fond	Otter trawlers
UC_Bt	Royaume-Uni	Manche	Chalutiers à perche	Beam trawlers
UC_Dr	Royaume-Uni	Manche	Dragueurs purs	Dredgers
UC_Pt	Royaume-Uni	Manche	Caseyeurs	Potters
UE_Nt_Ln	Royaume-Uni	Est	Fileyeurs-ligneurs	Netters-liners
UW_Nt_Ln	Royaume-Uni	Ouest	Fileyeurs-ligneurs	Netters-liners
UE_under10m	Royaume-Uni	Est	Moins de 10 m	Under 10 meters
UW_under10m	Royaume-Uni	Ouest	Moins de 10 m	Under 10 meters

Ex_moins7m	Tous	Manche	extérieurs moins de 7m	external under 7m
Ex_7-10m	Tous	Manche	extérieurs 7-10m	external 7-10m
Ex_10-12m	Tous	Manche	extérieurs 10-12m	external 10-12m
Ex_12-16m	Tous	Manche	extérieurs 12-16m	external 12-16m
Ex_16-20m	Tous	Manche	extérieurs 16-20m	external 16-20m
Ex_plus20m	Tous	Manche	extérieurs plus de 20m	external plus de 20m

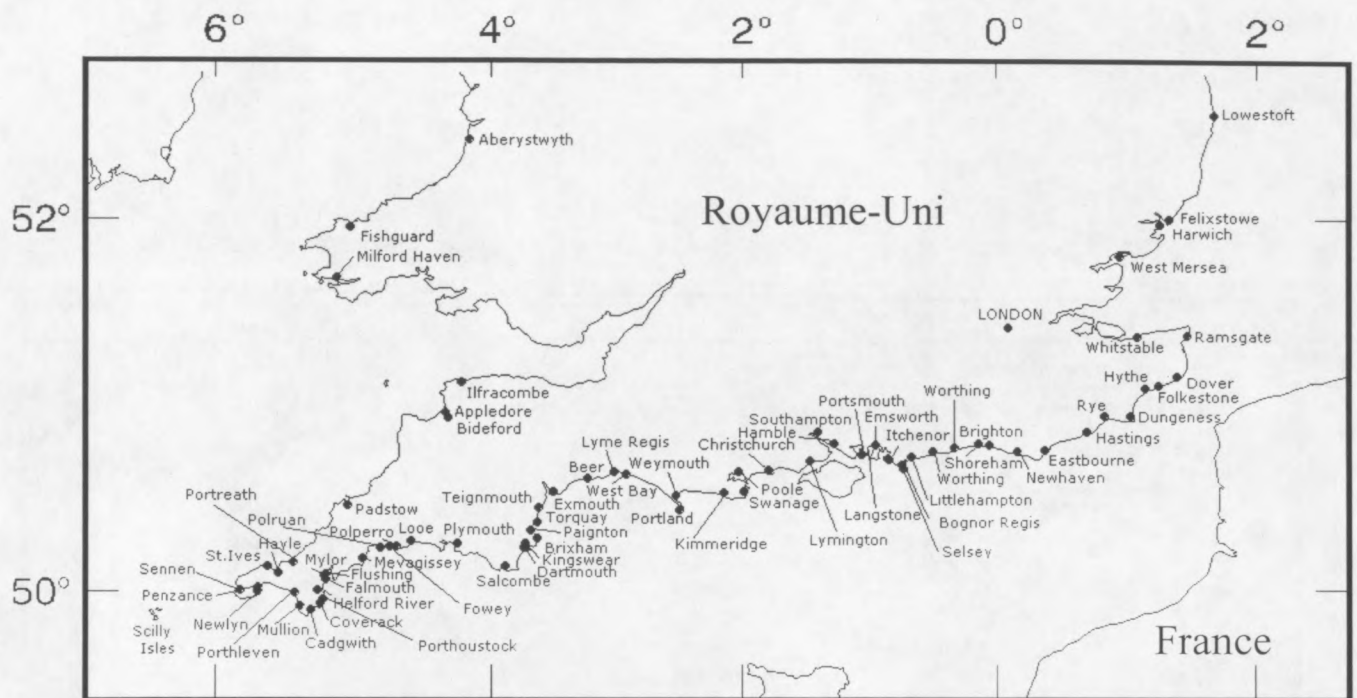
Annexe A. LISTE DES CODES MÉTIERS

code	Pays	zone	dénomination
F1.1	France	Ouest	chalut de fond hauturier
F1.2	France	Est	chalut de fond hauturier
F1.3	France	Ouest	chalut de fond côtier
F1.4	France	Est	chalut de fond côtier
F1.5	France	Est	chalut à crevette grise
F2.1	France	Manche	chalut à perche hauturier
F3.1	France	Ouest	chalut pélagique
F3.2	France	Est	chalut pélagique
F4.0	France	Baie de St Brieuc	drague à coquille St.Jacques
F4.1	France	Ouest	drague à coquille St.Jacques
F4.2	France	Est	drague à coquille St.Jacques
F4.3	France	Ouest	drague à bivalves
F4.4	France	Est	drague à poissons plats
F4.5	France	Est	drague à moules
F5.1	France	Ouest	filets fixes du large
F5.2	France	Ouest	filets fixes à petites mailles
F5.3	France	Manche	filets fixes à grandes mailles
F5.4	France	Est	filets fixes côtiers à sole
F5.5	France	Est	filets fixes côtiers à morue
F5.6	France	Ouest	filets fixes à araignée
F6.2	France	Manche	casiers à gros crustacés
F6.3	France	Manche	casiers à petits crustacés
F6.4	France	Manche	casiers à buccin
F6.5	France	Manche	casiers à seiche
F7.1	France	Manche	palangre hauturière
F7.2	France	Manche	palangre côtière
F8.1	France	Manche	ligne à main
F9.1	France	Manche	aquaculture
F9.3	France	Ouest	exploitation des algues
U1.1	Royaume-Uni	Ouest	chalut de fond
U1.2	Royaume-Uni	Est	chalut de fond
U2.1	Royaume-Uni	Est	chalut à perche hauturier
U2.2	Royaume-Uni	Ouest	chalut à perche hauturier
U2.3	Royaume-Uni	Ouest	chalut à perche côtier
U3.1	Royaume-Uni	Ouest	chalut pélagique
U3.2	Royaume-Uni	Est	chalut pélagique
U4.1	Royaume-Uni	Ouest	drague à coquille St.Jacques
U4.2	Royaume-Uni	Est	drague à coquille St.Jacques
U4.3	Royaume-Uni	Est	drague à huîtres
U4.4	Royaume-Uni	Est	drague à bivalves
U5.1	Royaume-Uni	Ouest	filets fixes à gadidés
U5.2	Royaume-Uni	Ouest	filets fixes à bar
U5.3	Royaume-Uni	Est	filets fixes à bar
U5.4	Royaume-Uni	Est	filets fixes trémails à sole
U5.5	Royaume-Uni	Est	filets maillants à cabillaud
U5.6	Royaume-Uni	Ouest	filets fixes à merlu
U5.7	Royaume-Uni	Manche	filets fixes à grand maillage
U5.8	Royaume-Uni	Manche	filets dérivants à bar
U5.9	Royaume-Uni	Est	filets maillants à poissons plats
U6.1	Royaume-Uni	Manche	caseyage hauturier
U6.2	Royaume-Uni	Manche	caseyage côtier
U6.3	Royaume-Uni	Manche	casiers à buccin
U7.1	Royaume-Uni	Est	palangre
U7.2	Royaume-Uni	Ouest	palangre
U8.1	Royaume-Uni	Manche	ligne à main
F.others	France	Manche	production non allouée
U.others	Royaume-Uni	Manche	production non allouée
B.others	Belgique	Manche	production non allouée

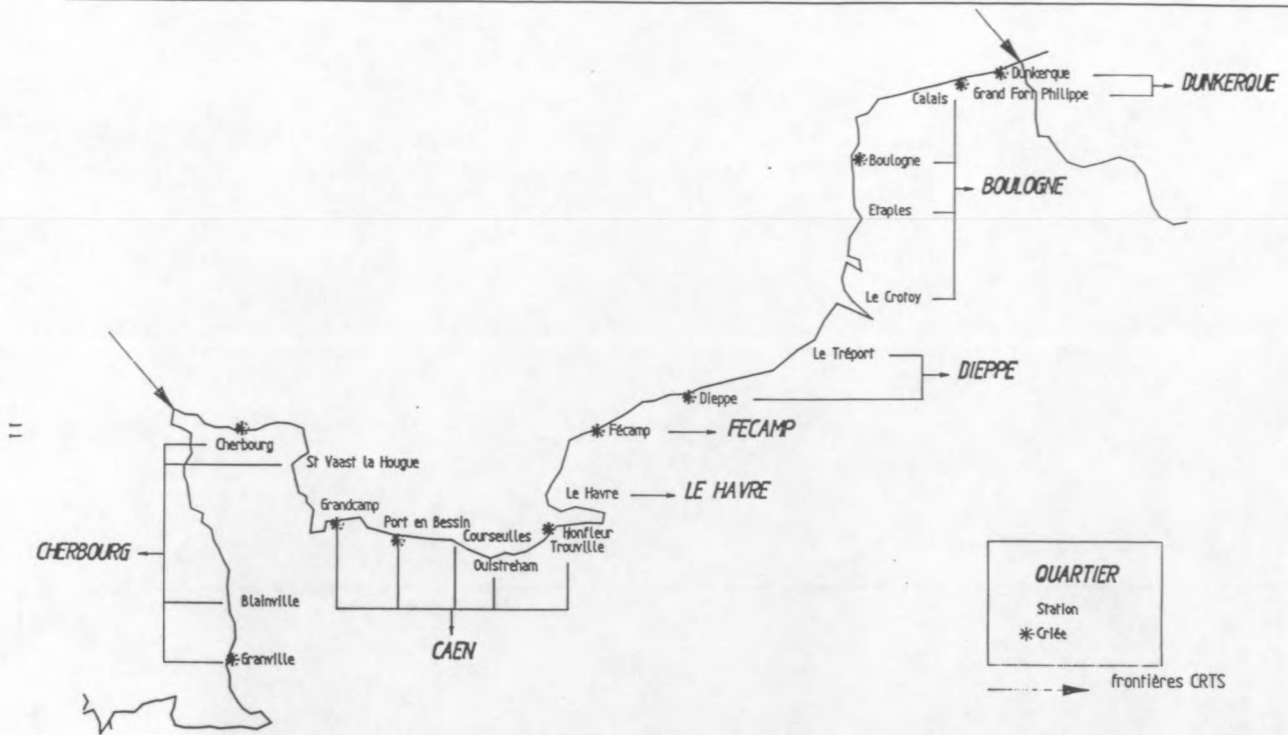
Annexe A. LISTE DES CODES ESPÈCES

nom français	nom scientifique	nom anglais	nom flamand	Stock	code
aiguillat	<i>Squalus acanthias</i>	Spurdog	Doornhaai	Manche	DGS
algues	<i>Laminaria spp.</i>	Seaweed	Fingertang	VIIe	KEL
araignee_F	<i>Maja squinado</i>	Spider crab	Spinkrab	France	SCR
araignee_U	<i>Maja squinado</i>	Spider crab	Spinkrab	Royaume-Uni	SCR
autres_grondins	<i>Triglidae spp.</i>	other gurnards	Poon	Manche	GUX
bar	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bass	Zeebaars	Manche	BSS
barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>	Brill	Griet	Manche	BLL
baudroie	<i>Lophuis piscatorius</i>	Monkfish	Starrtvis	Manche	MON
bouquet	<i>Palaemon serratus</i>	Pink shrimp	Steurgarnaal	Manche	CPR
buccin	<i>Buccinum undatum</i>	Whelk	Wulk	Golfe Normand-Breton	WHE
calmar	<i>Loligo spp.</i>	Squid	Inktvis	Manche	SQC
cardine	<i>Lepidorhombus whiffiagoni</i>	Megrim	Schartong	Manche	MEG
chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	Scad	Horsmakreel	Manche	HOM
congre	<i>Conger conger</i>	Conger eel	Kongeraal	Manche	COE
coquille_autre_7d	<i>Pecten maximus</i>	Scallop	St Jacobschelp	autres VIIId	SCE
coquille_autre_7e	<i>Pecten maximus</i>	Scallop	St Jacobschelp	autres VIIe	SCE
coquille_br	<i>Pecten maximus</i>	Scallop	St Jacobschelp	Rade de Brest	SCE
coquille_bs	<i>Pecten maximus</i>	Scallop	St Jacobschelp	Baie de Seine	SCE
coquille_mx	<i>Pecten maximus</i>	Scallop	St Jacobschelp	Baie de Morlaix	SCE
coquille_sb	<i>Pecten maximus</i>	Scallop	St Jacobschelp	Baie de St Brieuc	SCE
crevette_grise	<i>Crangon crangon</i>	Brown shrimp	Garnaal	Manche	CRN
dorade	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	black bream	Zeekarpel	Manche	BBR
grondin	<i>Aspitrigla cuculus</i>	Red gurnard	Poon	Manche	GUR
hareng_7d	<i>Clupea harengus</i>	Herring	Haring	VIIId	HER
hareng_7e	<i>Clupea harengus</i>	Herring	Haring	VIIe	HER
homard_F	<i>Homarus gammarus</i>	Lobster	Kreeft	France	LBE
homard_U	<i>Homarus gammarus</i>	Lobster	Kreeft	Royaume-Uni	LBE
langouste	<i>Palinurus elephas</i>	Crawfish	Langoeste	Manche	CRW
lieu_jaune	<i>Pollachius pollachius</i>	Pollack	Vlaswijting	Manche	POL
limande	<i>Limanda limanda</i>	Dab	Schar	Manche	DAB
limande_sole	<i>Microstomus kitt</i>	Lemon sole	Tongschar	Manche	LEM
lingue	<i>Molva molva</i>	Ling	Leng	Manche	LIN
maquereau	<i>Scomber scombrus</i>	Mackerel	Makreel	Manche	MAC
merlan_7d	<i>Merlangius merlangus</i>	Whiting	Wijting	VIIId	WHG
merlan_7e	<i>Merlangius merlangus</i>	Whiting	Wijting	VIIe	WHG
merlu	<i>Merluccius merluccius</i>	Hake	Heek	Manche	HKE
morue_7d	<i>Gadus morhua</i>	Cod	Kabeljauw	VIIId	COD
morue_7e	<i>Gadus morhua</i>	Cod	Kabeljauw	VIIe	COD
plie_7d	<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Schol	VIIId	PLE
plie_7e	<i>Pleuronectes platessa</i>	Plaice	Schol	VIIe	PLE
queens	<i>Chlamys spp.</i>	Queens	Mantelschelp	Manche	QSC
raies	<i>Raja spp.</i>	Skates	Rog	Manche	SKA
rouget	<i>Mullus surmuletus</i>	Red mullet	Koningsvis	Manche	MUR
roussettes	<i>Scyliorhinus, Squalus...</i>	Dogfishes	Hondshaai	Manche	DGH
sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	Pilchard	Sardien	Manche	PIL
seiche	<i>Sepia officinalis</i>	Cuttlefish	Zeekat	Manche	CTL
sole_7d	<i>Solea solea</i>	Sole	Tong	VIIId	SOL
sole_7e	<i>Solea solea</i>	Sole	Tong	VIIe	SOL
St_Pierre	<i>Zeus faber</i>	John dory	Zonnevis	Manche	JOD
tacaud	<i>Trisopterus luscus</i>	Bib / Pout	Steenbolck	Manche	BIB
tourteau_F	<i>Cancer pagurus</i>	Edible crab	Noordzeekrab	France	CRE
tourteau_U	<i>Cancer pagurus</i>	Edible crab	Noordzeekrab	Royaume-Uni	CRE
turbot	<i>Scophthalmus maximus</i>	Turbot	Tarbot	Manche	TUR

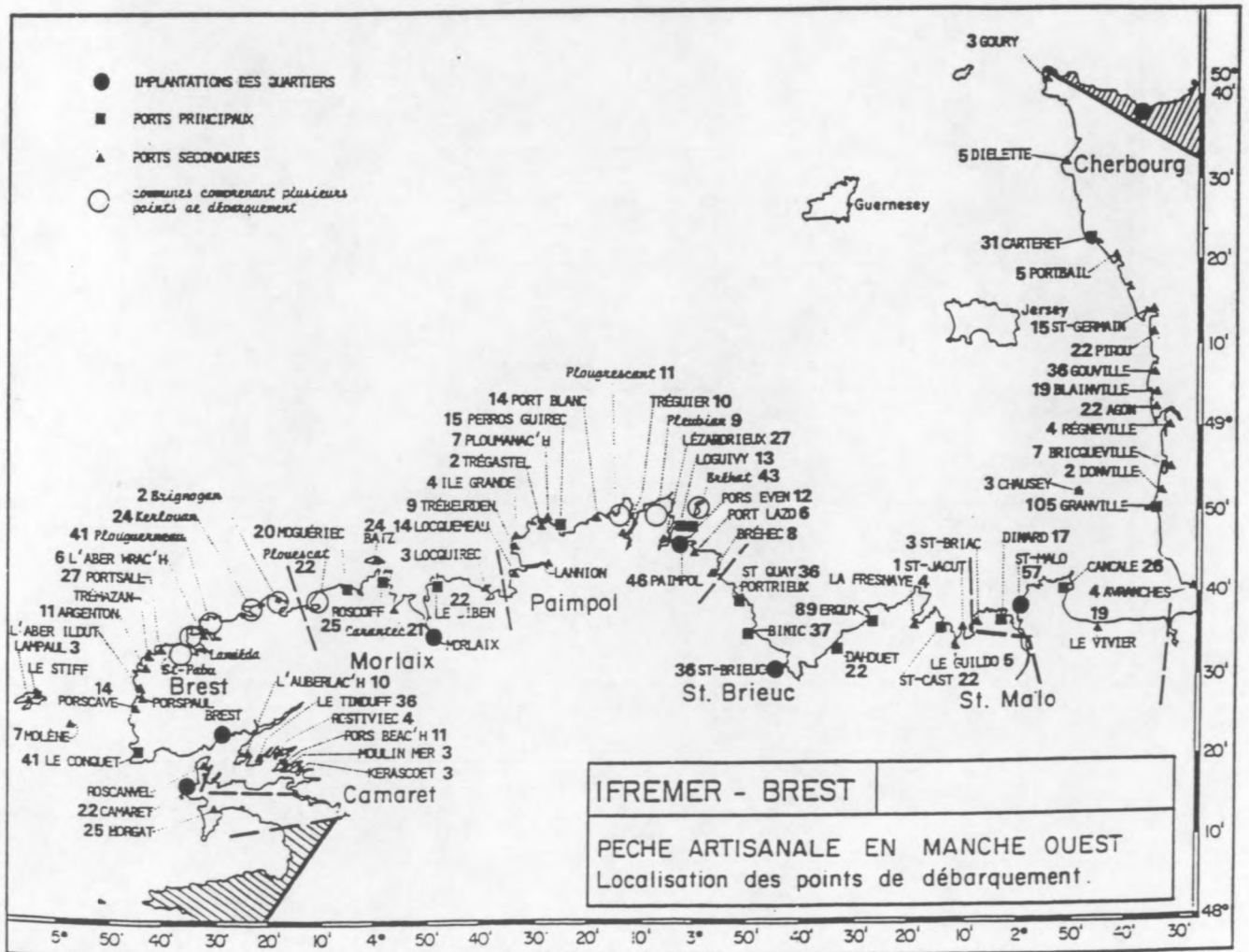
**ANNEXE B. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE QUELQUES
PORTS ET ZONES CITÉS DANS LE TEXTE**



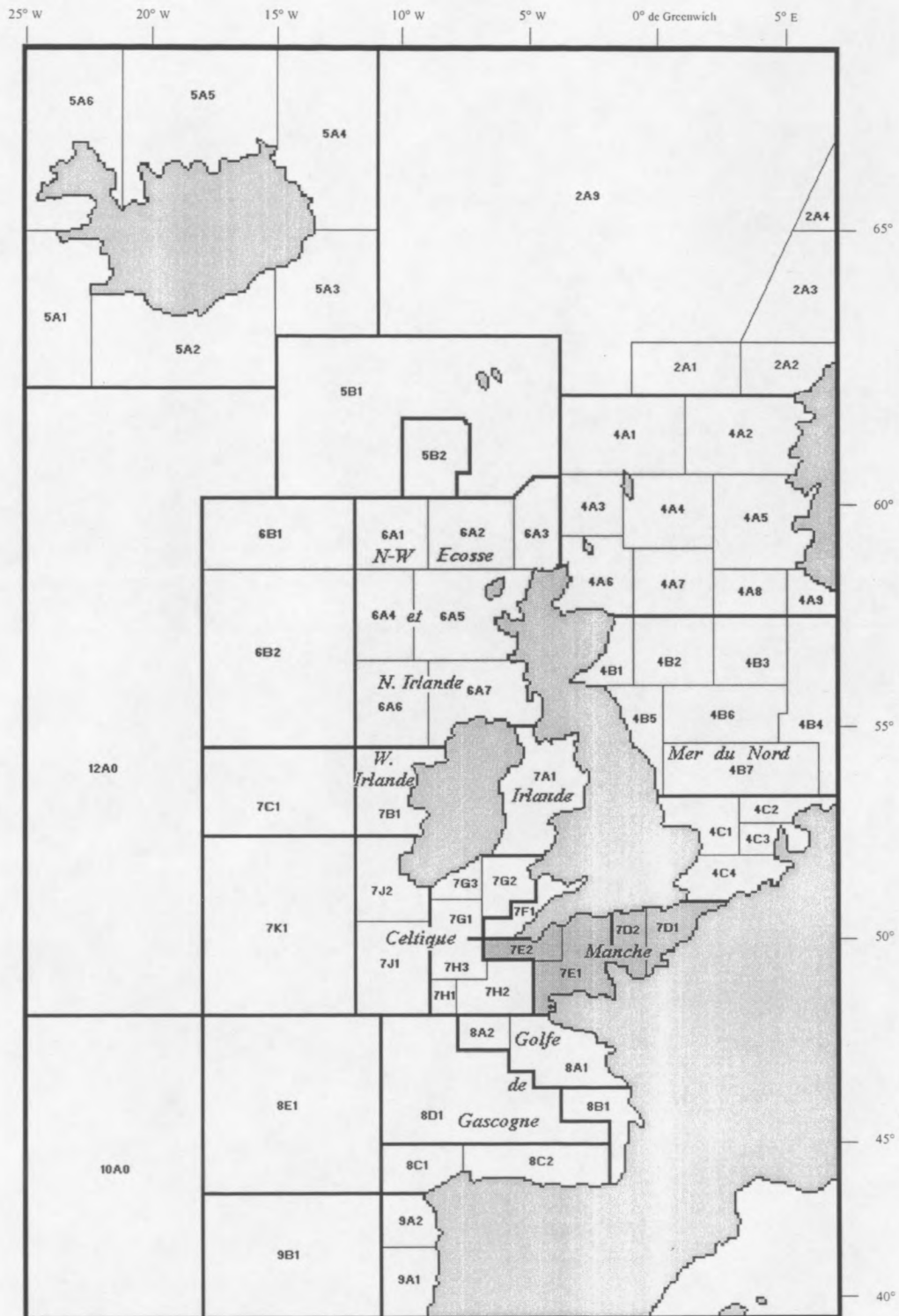
Localisation des points de débarquement anglais



Localisation des stations et criées en Manche orientale (Delpech *et al.*, 1989)



Annexe B. Localisation géographique de quelques ports et zones cités dans le texte



Zones et divisions CIEM – Atlantique Nord-Est et Mer du Nord.

TABLEAUX DE REPORT D'EFFORT

Les tableaux de report d'effort mesure le degré d'interaction entre les différents métiers. Pour chaque métier, on calcule le pourcentage de temps passé, par les navires qui pratiquent ce métier, à pratiquer les autres métiers. Ces tableaux ne sont pas des matrices. Ils doivent être lus par ligne seulement, chaque ligne totalisant 100%. Un navire peut cependant être comptabilisé dans plusieurs lignes.

Le tableau pour les métiers anglais est issu de M. Dunn¹. Il a été calculé sur une base journalière. Le tableau pour les métiers français est issu de la table 18 de BAHAMAS, et est calculé sur la base du mois*bateaux.

On a exclu ici les navires qui "disparaissent" de la base, c'est-à-dire les navires présents dans la base lors d'un mois donné, et qui n'apparaissent pas le mois suivant.

La colonne "autres" rassemble tous les métiers indéterminés, les métiers extérieurs et les marées mixtes (celles pendant lesquelles plusieurs engins sont utilisés).

Les valeurs supérieures à 10% ont été grisées, reflétant ainsi les activités de pêche dominantes.

¹ Dunn M., 1999. Activity of the UK fishing fleet in the English Channel during 1994-95. In : Bioeconomic Modelling of the Fisheries of the English Channel. Consolidated progress report for the period 1 december 1997 to 1 december 1998.

Métier	No. Métiers	Max. %	U1.2	U2.1	U3.2	U4.2	U4.2*	U4.3	U5.3	U5.4	U5.5	U5.9	U7.1	U1.1	U2.2	U2.3	U3.1	U4.1	U4.1*	U5.1	U5.2	U5.6	U7.2	U3.3	U5.7	U5.8	U6.1	U6.2	U6.3	U8.1	Other		
East																																	
U1.2 (OtterE)	17	5	67.3	9.9	0.3	3.1	0.2	0.5	0.7	0.8	0.7	4.0	0.1	4.9	0.3	2.0		0.8								0.1		0.1	3.1		0.1	1.2	
U2.1 (BeamE)	9	23	11.3	24.6		3.2	0.2							3.8	20.7	23.5	1.2	10.3	0.9													0.2	
U3.2 (MidE)	5	28	53.4		11.4	4.1					2.5			0.1			28.3															0.2	
U4.2 (ScallopE)	8	31	33.1	8.8	0.1	16.8	0.7							0.1	3.1	4.9		30.6	1.4													0.4	
U4.2* (DredgeE)	8	39	17.0	6.5		14.2	4.0							0.3	3.5	10.5		39.2	3.8													1.1	
U4.3 (Oyster dge)	4	47	16.7					28.7																				47.0		1.8	5.8		
U5.3 (Net bassE)	10	26	29.7						15.6	2.7	5.3	26.5	0.4												0.2	6.2		2.1		2.6	8.8		
U5.4 (Trammel net)	9	23	28.8						5.8	11.9	3.4	23.0													0.2	5.0		13.1		0.2	8.6		
U5.5 (Net E gad)	9	34	24.0						4.9	8.1	7.2	34.0													0.9	4.1		10.7		0.1	5.9		
U5.9 (Net flatE)	10	35	26.4		0.8				7.1	7.5	4.9	35.0													0.2	3.4	0.5	7.9		0.1	6.2		
U7.1 (LonglineE)	5	23	50.5						15.4				7.5										0.3								22.6	3.5	
West																																	
U1.1 (OtterW)	14	82	2.2	1.4		0.1		0.1						81.8	0.7	2.1	2.2	3.8		1.2		0.1	0.1		0.1			1.7		0.8	1.4		
U2.2 (Beam offW)	9	38	0.4	14.9		0.9	0.1							2.9	37.6	26.1	1.5	14.0	1.2														0.3
U2.3 (Beam insW)	9	29	2.6	22.1		1.8	0.2							7.7	21.6	28.5	1.3	12.8	1.2														0.2
U3.1 (MidW)	9	44		0.9	3.5									38.2	3.4	1.8	43.8	6.4	0.1					0.1							0.5	1.3	
U4.1 (ScallopW)	10	49	0.3	5.5		4.9	0.4							13.3	9.0	9.6	4.2	48.9	1.8	0.5												1.5	
U4.1* (DredgeW)	9	47		5.4		5.2	0.6							4.3	10.9	13.7	6.0	47.2	5.8													0.8	
U5.1 (NetW gad)	10	40												9.2				1.5		39.8	0.3	5.6	2.2		13.3			2.5		13.6	12.1		
U5.2 (Net bassW)	6	27												27.2						18.0	11.9				3.9					21.9	17.1		
U5.6 (Net hake)	6	58												0.5						57.6		27.6	3.0		7.4						4.0		
U7.2 (LonglineW)	9	33											0.1	2.4						33.3		2.6	14.6		14.6			4.0		21.0	7.5		
East and West																																	
U3.3 (Purse)	2	90															10.0								90.0								
U5.7 (Tangle net)	13	27	6.8						0.1	0.7	0.8	1.9		1.8						27.2	0.2	1.1	1.8		24.6			13.3		3.9	15.7		
U5.8 (Drift bass)	10	33							11.8	3.8	2.8	6.0	0.1	13.3												13.3		33.3		4.4	11.2		
U6.1 (Pot off)	5	73	0.8									0.1															73.0	20.9		0.2	4.8		
U6.2 (Pot ins)	13	68	7.1					1.5	0.2	0.3	0.3	2.3		2.7						1.4		0.1		1.7		8.7	68.1		1.3	4.2			
U6.3 (Pot whelk)	2	88																											11.6		88.4		
U8.1 (Handline)	15	44	2.4					1.2	1.8	0.1		0.1	0.3	12.5						10.1	0.4		1.0		3.8	0.1	1.8	14.7		44.1	5.5		

Métiers anglais

Métier	F1.1	F1.2	F1.3	F1.4	F1.5	F2.1	F3.1	F3.2	F4.1	F4.2	F4.3	F4.4	F4.5	F5.1	F5.2	F5.3	F5.4	F5.5	F5.6	F6.1	F6.2	F6.3	F6.4	F6.5	F7.1	F7.2	F8.1	F9.3	autres
F1.1 (chal. haut. W)	72.9	2.6	4.1	0.2			0.4	0.1	5.7	0.2	0.4			0.0	0.3	0.0			0.0					1.0	0.1				11.6
F1.2 (chal. haut. E)	1.7	77.2	0.2	4.4	0.0	0.3		2.2		3.1		0.9					0.8	0.3				0.0				0.0			8.7
F1.3 (chal. côt. W)	9.4	0.3	64.6	0.8			0.3		9.2	0.5	2.7			0.1	1.6	1.8				0.5	0.1		0.1	1.0	0.1	0.5	0.3		6.4
F1.4 (chal. côt. E.)	0.7	11.2	0.1	67.4	0.7	0.3		1.7		8.6	0.1	2.0	0.2				2.2	0.7								0.2			3.9
F1.5 (chal. crev.)		17.9			78.6					3.6																			0.0
F2.1 (perche)	0.2	1.4		1.6		50.8		0.2		0.5		31.0					6.0									0.2			4.9
F3.1 (pélag. W)	4.4	0.5	4.9	0.5			67.8	0.5	1.1						7.7					1.6						4.4	1.6		4.9
F3.2 (pélag. E)	0.4	21.1		7.5		0.9	0.9	49.1		2.2		1.3																	16.7
F4.1 (drague W)	0.5		3.1				0.1		84.0	0.3	3.3			0.4	0.6	0.2	0.0		0.1		0.1		0.1	3.4		0.8	0.1	0.1	2.6
F4.2 (drague E)	0.2	4.5	2.2	6.3		0.4	0.1	0.1	1.0	79.9	0.4	1.9			0.1		0.7	0.1							0.1	0.1		0.1	2.0
F4.3 (drague bivalves)	1.0		3.4				0.1		19.4	0.3	69.9			0.3	0.6	0.3					0.2			0.5		0.6		0.1	3.3
F4.4 (drague p. plats)	0.1	3.2		1.9		6.2		0.8		2.9		80.5																	2.6
F4.5 (drague pétoncle)										40.0			60.0																0.0
F5.1 (filet haut. W)	1.6													30.5	18.0	22.7			3.9	0.8					1.6	3.9			17.2
F5.2 (filet ptes mail.)	0.3		2.1			0.2	1.0		10.7		0.6			1.6	66.1	1.8			0.3	0.3	0.2			0.8	0.1	3.9	1.5	0.1	8.2
F5.3 (filet gde mail.)	1.6		5.7			0.2			3.3		0.7			2.8	4.6	62.8	1.3	0.3	0.3	0.5	1.0			0.2	0.5	1.0	0.2		13.1
F5.4 (filet sole E)		1.0		1.0		0.1	0.0		0.3		0.6				0.1	80.0	8.4							0.7	0.0	0.2	0.0		7.5
F5.5 (filet morue E)		0.6		1.0		0.2					0.2				0.4	36.1	54.6					0.4	0.2		0.2		0.2		6.0
F5.6 (filet araignée)	1.1									3.3				3.3	1.1	5.5		1.1	57.1	6.6	2.2			1.1		1.1	3.3		13.2
F6.2 (casier gros cr.)	0.5		0.9						1.2		0.2			0.2	0.7	1.2			0.2	73.0	7.5				0.5	1.2			12.7
F6.3 (casier pts. crust.)			1.1						0.4						1.4	1.4	0.4		1.1	9.6	57.1	0.4	0.4	0.7	0.4	3.2			22.7
F6.4 (casier buccin)				2.9													8.6									8.6			17.1
F6.5 (casier seiche)			0.2						0.6										0.2	0.2			96.5	0.4		0.6			1.5
F7.1 (palangre haut.)	6.2		16.0						6.0						5.8	2.7	2.0				0.7	0.7		49.0	0.2	1.1	0.4		9.1
F7.2 (palangre côt.)	1.1	0.4	0.4			0.8			0.8					1.5	0.4	0.4	1.1	0.4	0.4						80.8	7.5	1.1		3.0
F8.1 (ligne à main)	0.1	0.2	0.9				0.6		4.4		1.2			0.9	5.2	1.5	0.4	0.2	0.5	0.7	1.2	0.4	0.1		2.2	67.9	4.4		6.9
F9.1 (aquaculture)	1.1		0.4		0.7		0.7		0.4					0.4	6.0		0.4					0.4			1.4	14.5	67.1		6.7
F9.3 (algues)									6.4		0.3				0.3													90.2	2.6

Métiers français

ANNEXE D.

CLÉS D'ALLOCATION DES MÉTIERS FRANÇAIS UTILISÉES DANS BAHAMAS

V ----> Valeur des espèces considérées par rapport à l'ensemble de la marée

P----> Poids des espèces considérées par rapport à l'ensemble de la marée

Secteurs inclus dans le VIIe :

7E, 25E5, 26E5, 26E6, 26E7, 26E8, 27E7, 27E8, 28E7, 28E8, 27E5, 27E6, 28E3, 28E4, 28E5, 28E6, 29E5, 29E6, 29E7

Secteurs inclus dans le VIId :

7D, 30F1, 29F1, 29F0, 28F1, 28F0, 28E9, 28E8, 27F0, 27E9, 27E8, 30F0, 30E9, 29F1, 29F0, 29E9, 29E8

Secteurs larges :

30F1, 30F0, 30E9, 29F1, 29F0, 29E9, 29E8, 28E9, 28E8, 27E5, 27E6, 28E4, 28E3, 28E5, 28E6, 29E5, 29E6, 29E7, 28E7 et classe de longueur >2 et durée de marée >1 jour

Secteurs côtiers : classe de longueur de bateaux <=2 ou durée de marée <1 jour et 30F1, 29F1, 29F0, 28F1, 28F0, 28E9, 28E8, 27F0, 27E9, 27E8, 25E5, 26E5, 26E6, 26E7, 26E8, 27E7, 27E8, 28E7

Libellé métier	Code	Engin	Secteur	Espèce cible
chalutage hauturier W	F1.1	Chalut	VIIe+large	Toute composition
chalutage hauturier W	F1.1	Inconnu	VIIe+large	V(seiche+encornet)>50%
chalutage hauturier W	F1.1	Inconnu	VIIe	V(grondins+raies+baudroie+sole +encornet+petite rousette +aiguillat)>50% et class_long>3
chalutage hauturier E	F1.2	Chalut	VIId+large	V(vanneau)>50%
chalutage côtier W	F1.3	Chalut	VIIe+cote	Toute composition
chalutage côtier W	F1.3	Inconnu	VIIe	V(pétoncle)>60%
chalutage côtier W	F1.3	Inconnu	VIIe	V(seiche+encornet)>50%
chalutage côtier W	F1.3	Inconnu	VIIe	V(grondins+raies+baudroie+sole +encornet+petite rousette +aiguillat)>50% et class_long<3
chalutage côtier E	F1.4	Chalut	VIId+cote	V(vanneau)>50%
chalutage côtier E	F1.4	Chalut	VIId	V(anguille)>50%
chalutage de la crevette grise	F1.5	Chalut à perche	VIIe	V(crevettes)>50%
chalutage de la crevette grise	F1.5	Chalut à perche	VIIe	V(crevettes)>50%
chalutage à perche hauturier	F2.1	Chalut à perche	VIId+large	V(plie+sole+limande sole+ limande+ cardine+ turbot+ barbue)>75% et P(morue +merlu+lieu jaune+ tacaud+ merlan +lingue franche)>5%
chalutage à perche côtier plats	F2.c	Chalut à perche	VIId+cote	V(plie+sole+limande sole +limande +cardine +turbot +barbue)>75% et P(morue+merlu+lieu jaune+ tacaud+ merlan+lingue franche)>5%
chalutage à perche côtier indéterminé	F2.i	Chalut à perche	VIIe+cote	V(plie+sole+limande sole+ limande+ cardine+ turbot+ barbue)>75% et P(morue+merlu+lieu jaune+ tacaud+ merlan+lingue franche)>5%
chalutage pélagique W	F3.1	Chalut pélagique	VIIe	Toute composition
chalutage pélagique W	F3.1	Inconnu	VIIe	V(hareng+chinchard+sardine+bar+griset+sprat)>70% et P(vers raies)<10%
chalutage pélagique E	F3.2	Chalut pélagique	VIId	P(hareng)>60%
chalutage pélagique E	F3.2	Chalut pélagique	VIId	P(maquereau)>60%
chalutage pélagique E	F3.2	Chalut pélagique	VIId	Autres
chalutage pélagique industriel E	F3.3	Chalut pélagique	VIId	P(hareng+chinchard+sardine+maquereau)>60%
drague à coquille SJ W	F4.1	Drague	VIIe	V(coquille Saint Jacques)>80%
drague à coquille SJ W	F4.1	Inconnu	VIIe	V(coquille Saint Jacques)>90%
drague à coquille SJ E	F4.2	Drague	VIId	V(coquille Saint Jacques)>60%
drague à bivalves	F4.3	Drague	VIIe	V(petits bivalves sauf huitres et moules)>70%

Annexe D. Clés d'allocation des métiers français utilisées dans BAHAMAS

drague à bivalves	F4.3	Drague	VIIId	P(huitres)>60%
drague à bivalves	F4.3	Drague	VIIId	P(praire+amande)>60%
drague à bivalves	F4.3	Inconnu	VIIe	V(petits bivalves sauf huitres et moules)>80%
drague à poissons plats E	F4.4	Drague	VIIId	V(plie+sole+limande+limande sole+turbot+barbue)>75%
drague à moule E	F4.5	Drague	VIIId	P(moules)>60%
drague à autres coquillages	F4.c	Drague	VIIe	Autres
drague à autres coquillages	F4.d	Drague	VIIId	Autres
filets fixes du large W	F5.1	Filets	VIIe	V(merlu)>30%
filets fixes du large W	F5.1	Filets	VIIe	V(lingue)>10%
filets fixes du large W	F5.1	Inconnu	VIIe	V(Lieu jaune+lingue franche+merlu+aiguillat)>90%
filets fixes du large W	F5.1	Inconnu	VIIe	V(merlu)>50%
filets fixes à ptes mailles W	F5.2	Filets	VIIe	V(sole+bar+lieu jaune+rouget barbet+maquereau+seiche+mulet)>35%
filets fixes à ptes mailles W	F5.2	Inconnu	VIIe	V(Lieu jaune+bar+mulet)>60%
filets fixes à ptes mailles W	F5.2	Inconnu	VIIe	V(sole)>60%
filets fixes à gdes mailles	F5.3	Filets	VIIe	V(baudroie+turbot+barbue+langouste +raies)>70%
filets fixes à gdes mailles	F5.3	Inconnu	VIIe	V(baudroie+turbot+barbue+div raies+div homard)>70%
filets fixes à gdes mailles	F5.3	Filets	VIIId	P(div raies+div squales+aiguillat)>50
filets fixes à gdes mailles	F5.3	Filets	VIIId	V(plie++sole+limande+limande sole+cardine+turbo+barbue)>50% et P(div raies)>30%
filets fixes côtiers à sole E	F5.4	Filets	VIIId	V(plie++sole+limande+limande sole+cardine+turbo+barbue)>50% et P(div raies)<30%
filets fixes côtiers à morue E	F5.5	Filets	VIIId	V(morue+merlu+lieu jeune+tacaud+lingue franche +merlan)>50%
filets fixes à araignée	F5.6	Filets	VIIe	V(Araignée)>70%
filets fixes à araignée	F5.6	Inconnu	VIIe	V(Araignée)>80%
filets fixes à araignée	F5.6	Filets	VIIId	V(araignée)>50%
filets indéterminés E	F5.d	Filets	VIIId	P(hareng)>75%
filets indéterminés E	F5.d	Filets	VIIId	V(bar)>50%
filets indéterminés E	F5.d	Filets	VIIId	Autres
filets indéterminés W	F5.e	Filets	VIIe	Autres
caseyage hauturier	F6.1	Casier	VIIe+large	V(Homard+Tourteau)>50%
caseyage hauturier	F6.1	Inconnu	VIIe+large	V(Homard+Tourteau)>60%
caseyage hauturier	F6.1	Casier	VIIId+large	V(tourteau)>50%
caseyage côtier	F6.2	Casier	VIIe+cote	V(Homard+Tourteau)>50%
caseyage côtier	F6.2	Inconnu	VIIe+cote	V(Homard+Tourteau)>60%
caseyage côtier	F6.2	Casier	VIIId	V(homard)>75%
caseyage côtier	F6.2	Casier	VIIId+cote	V(tourteau)>50%
caseyage côtier	F6.2	Casier	VIIId	V(araignée)>50%
caseyage à petits crustacés	F6.3	Casier	VIIe	V(bouquet+crabe vert+étrille)>50%
caseyage à petits crustacés	F6.3	Inconnu	VIIe	V(bouquet+crabe vert+étrille)>50%
caseyage à petits crustacés	F6.3	Casier	VIIId	V(bouquet)>75%
caseyage à petits crustacés	F6.3	Casier	VIIId	P(crabe vert)>50%
caseyage à petits crustacés	F6.3	Casier	VIIId+cote	P(étrille)>50%
casiers à buccin	F6.4	Casier	VIIe	V(buccin)>50%
casiers à buccin	F6.4	Inconnu	VIIe	V(buccin)>60%
casiers à buccin	F6.4	Casier	VIIId	V(buccin)>75%
casiers à seiche	F6.5	Casier	VIIe	V(seiche)>80%
casiers à seiche	F6.5	inconnu	VIIe	V(seiche)>90%
caseyage côtier indéterminé	F6.i	Casier	VIIId	Autres
caseyage hauturier indéterminé	F6.o	Casier	VIIe	Autres
caseyage hauturier indéterminé	F6.h	Casier	VIIId	Autres
caseyage indéterminé	F6.c	Casier	VIIId	Autres
palangre hauturière	F7.1	Palangre	VIIId+large	Toute composition
palangre hauturière	F7.1	Inconnu	VIIe+large	V(div raies+div squales+Lingue franche+aiguillat)>70%
palangre côtière	F7.1	Palangre	VIIId+large	P(congre)>20%
palangre côtière	F7.2	Palangre	VIIId+cote	Toute composition
palangre côtière	F7.2	Inconnu	VIIe+cote	V(div raies+congre+bar+maquereau)>60%
palangre côtière	F7.2	Palangre	VIIId+cote	V(bar)>50%
palangre côtière	F7.2	Palangre	VIIId+cote	P(congre)>20%
ligne à main	F8.1	Ligne de traine	VIIe+VIIId	Toute composition
ligne à main	F8.1	Inconnu	VIIe	V(maquereau)>80%
exploitation des algues W	F9.3	Scoubidou	VIIe	Toute composition
exploitation des algues W	F9.3	Inconnu	VIIe	V(algues)>90%
métier indéterminé W	F0.e	*	VIIe	*
F divers	F0.i	*	*	*
F chalut+drague W	F9:8	Inconnu	VIIe	V(coquille Saint Jacques)>60%

Annexe D. Clés d'allocation des métiers français utilisées dans BAHAMAS

F palangre-casier	F5:2	052	VIIed	Toute composition
F filet-palangre	F5:3	053	VIIed	Toute composition
F drague-casier	F8:2	082	VIIed	Toute composition
F drague-ligne	F8:3	083	VIIed	Toute composition
F drague-filet	F8:5	085	VIIed	Toute composition
F chalut-casier	F9:2	092	VIIed	Toute composition
F Chalut-palangre	F9:3	093	VIIed	Toute composition
F Chalut-filet	F9:5	095	VIIed	Toute composition
F Chalut-drague	F9:8	098	VIIed	Toute composition
chalutage hauturier hors-7ED	E1.2	Chalut	Hors	Toute composition
chalutage pélagique industriel hors Manche	E3.3	Chalut pélagique	Hors	P(hareng+chinchard+maquereau+sardine+sprat)>60%
chalutage pélagique hors Manche	E3.2	Chalut pélagique	Hors	P(hareng)>60%
chalutage pélagique hors Manche	E3.2	Chalut pélagique	Hors	P(maquereau)>60%
chalutage pélagique hors Manche	E3.2	Chalut pélagique	Hors	Autres
filets fixes côtiers à sole hors Manche	E5.4	Filets	Hors	V(plie+merlan+limandes+cardine+turbot)>50% et P(raies)<30%
filets fixes côtiers à cabillaud hors Manche	E5.5	Filets	Hors	V(merlue+morue+lieu+tacaud+merlan+lingue)>50
filets indéterminés hors Manche	E5.d	Filets	Hors	P(hareng)>75%
filets indéterminés hors Manche	E5.d	Filets	Hors	V(bar)>50%
filets indéterminés hors Manche	E5.d	Filets	Hors	Autres
caseyage hauturier hors 7ed	E6.1	Casier	Hors	V(tourteau)>50%
palangre hauturière hors 7ed	E7.1	Palangre	Hors	Toute composition
exploitation des algues ou hors Manche	E9.3	Scoubidou	Hors	Toute composition

PARAMÈTRES D'ENTRÉE DE BECHAMEL

- I. paramètres biologiques par âge et par stock
- II. Recrutement moyen 1993-95, stocks de type 1 et 2
- III. Mortalité par pêche totale, moyenne 1993-95, stocks de type 1
- IV. Mortalité par pêche totale, moyenne 1993-95, stocks de type 2
- V. Captures par stock, métier et âge (kg), moyenne 1993-95

I. PARAMÈTRES BIOLOGIQUES PAR AGE ET PAR STOCK

M = mortalité naturelle; CW = poids des captures aux âges

BAR			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,1	0	0
2	0,1	0	0
3	0,1	0,404	0,03
4	0,1	0,5	0,23
5	0,1	0,652	0,43
6	0,1	0,801	0,57
7	0,1	0,995	0,9
8	0,1	1,158	1
9	0,1	1,342	1
10	0,1	1,521	1
11	0,1	1,698	1
12	0,1	2,128	1
13	0,1	2,18	1
14	0,1	2,261	1
15+	0,1	3,03	1

BARBUE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,1	0,242	0,051
2	0,1	0,659	0,574
3	0,1	1,123	0,809
4	0,1	1,666	0,945
5	0,1	2,089	1
6	0,1	2,369	1
7	0,1	2,734	1
8	0,1	2,688	1
9	0,1	2,993	1
10	0,1	2,968	1
11	0,1	3,036	1
12	0,1	3,048	1
13+	0,1	3,099	1

BAUDROIE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,15	0,175	0
2	0,15	0,351	0
3	0,15	0,677	0,02
4	0,15	1,229	0,24
5	0,15	2,044	0,8
6	0,15	3,305	0,97
7	0,15	4,355	1
8	0,15	5,788	1
9	0,15	6,99	1
10+	0,15	11,153	1

BUCCIN			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,0008	0
2	0,2	0,0036	0
3	0,2	0,0085	0,25
4	0,2	0,0151	0,5
5	0,2	0,0228	1
6	0,2	0,031	1
7	0,2	0,0394	1
8	0,2	0,0475	1
9	0,2	0,0552	1
10+	0,2	0,0623	1

CARDINE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,055	0
2	0,2	0,109	0,53
3	0,2	0,158	0,81
4	0,2	0,224	1
5	0,2	0,368	1
6	0,2	0,499	1
7	0,2	0,62	1
8	0,2	0,746	1
9+	0,2	0,977	1

GRONDIN ROUGE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,15	0,162	0
2	0,15	0,199	0,2
3	0,15	0,238	0,5
4	0,15	0,28	0,8
5	0,15	0,323	1
6	0,15	0,368	1
7	0,15	0,415	1
8	0,15	0,462	1
9	0,15	0,51	1
10	0,15	0,558	1
11	0,15	0,606	1
12	0,15	0,655	1
13	0,15	0,702	1
14	0,15	0,75	1
15	0,15	0,797	1
16+	0,15	0,843	1

COQUILLE_SB			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,022	1
2	0,2	0,086	1
3	0,2	0,139	1
4	0,2	0,171	1
5+	0,2	0,206	1

HARENG_7D			
Age	M	CW (kg)	Maturité
0	0,2	0,016	0
1	0,2	0,032	0
2	0,2	0,101	0,65
3	0,2	0,144	0,94
4	0,2	0,191	1
5	0,2	0,225	1
6	0,2	0,227	1
7	0,2	0,226	1
8	0,2	0,222	1
9+	0,2	0,297	1

COQUILLE_BS			
Age	M	CW (kg)	Maturité
2	0,1	0,203	1
3	0,1	0,242	1
4	0,15	0,267	1
5	0,15	0,292	1
6+	0,3	0,31	1

I. PARAMÈTRES BIOLOGIQUES (SUITE)

HARENG_7E			
Age	M	CW (kg)	Maturité
0	0,2	0,008	0
1	0,2	0,046	0
2	0,2	0,127	0,65
3	0,2	0,157	0,94
4	0,2	0,189	1
5	0,2	0,206	1
6	0,2	0,238	1
7+	0,2	0,249	1

LIEU_JAUNE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,07	0
2	0,2	0,309	0
3	0,2	1,085	0
4	0,2	1,845	0
5	0,2	2,591	1
6	0,2	3,872	1
7	0,2	5,294	1
8	0,2	5,474	1
9	0,2	5,636	1
10	0,2	6,203	1
11+	0,2	7,744	1

LIMANDE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,45	0,042	0,2
2	0,45	0,115	0,5
3	0,45	0,162	0,75
4	0,45	0,213	1
5+	0,45	0,265	1

LIMANDE SOLE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,1	0,084	0
2	0,1	0,153	0
3	0,1	0,232	0,3
4	0,1	0,313	0,65
5	0,1	0,391	0,87
6	0,1	0,463	0,975
7	0,1	0,527	1
8	0,1	0,582	1
9	0,1	0,63	1
10	0,1	0,671	1
11	0,1	0,705	1
12	0,1	0,733	1
13	0,1	0,756	1
14	0,1	0,776	1
15	0,1	0,791	1
16+	0,1	0,804	1

LINGUE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,338	0
2	0,2	0,521	0
3	0,2	0,784	0
4	0,2	1,258	0,5
5	0,2	1,792	1
6	0,2	3,267	1
7	0,2	4,483	1
8+	0,2	6,656	1

MAQUEREAU			
Age	M	CW (kg)	Maturité
0	0,15	0,047	0
1	0,15	0,113	0,14
2	0,15	0,192	0,65
3	0,15	0,264	0,91
4	0,15	0,311	0,97
5	0,15	0,356	0,97
6	0,15	0,402	0,99
7	0,15	0,429	1
8	0,15	0,461	1
9	0,15	0,47	1
10	0,15	0,491	1
11	0,15	0,513	1
12+	0,15	0,552	1

DORADE			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,15	0,075	0
2	0,15	0,159	0,2
3	0,15	0,262	0,8
4	0,15	0,373	0,85
5	0,15	0,484	1
6	0,15	0,59	1
7	0,15	0,687	1
8	0,15	0,774	1
9	0,15	0,851	1
10	0,15	0,917	1
11	0,15	0,974	1
12	0,15	1,022	1
13	0,15	1,062	1
14	0,15	1,096	1
15+	0,15	1,125	1

MERLAN_7E			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,2	0
2	0,2	0,299	1
3	0,2	0,407	1
4	0,2	0,601	1
5	0,2	0,902	1
6+	0,2	1,023	1

MERLAN_7D			
Age	M	CW (kg)	Maturité
0	2,55	0,01	0
1	0,95	0,09	0,11
2	0,45	0,17	0,92
3	0,35	0,24	1
4	0,3	0,3	1
5	0,25	0,34	1
6	0,25	0,36	1
7	0,2	0,38	1
8+	0,2	0,44	1

MERLU			
Age	M	CW (kg)	Maturité
0	0,2	0,023	0
1	0,2	0,065	0
2	0,2	0,154	0
3	0,2	0,341	0,2
4	0,2	0,576	0,6
5	0,2	0,877	0,9
6	0,2	1,195	1
7	0,2	1,669	1
8	0,2	2,101	1
9	0,2	3,595	1
10+	0,2	3,764	1

I. PARAMÈTRES BIOLOGIQUES (SUITE)

MORUE_7D			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,8	0,691	0,01
2	0,35	1,076	0,05
3	0,25	2,292	0,23
4	0,2	4,303	0,62
5	0,2	6,638	0,86
6	0,2	8,381	1
7+	0,2	10,661	1

MORUE_7E			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,2	0,883	0
2	0,2	2,118	0,05
3	0,2	4,606	1
4	0,2	7,614	1
5	0,2	9,673	1
6	0,2	11,686	1
7+	0,2	14,235	1

PLIE_7D			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,12	0,227	0
2	0,12	0,271	0,15
3	0,12	0,312	0,53
4	0,12	0,393	0,96
5	0,12	0,486	1
6	0,12	0,618	1
7	0,12	0,68	1
8	0,12	0,851	1
9	0,12	1,018	1
10+	0,12	1,247	1

PLIE_7E			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,12	0,219	0
2	0,12	0,283	0,15
3	0,12	0,353	0,53
4	0,12	0,428	0,96
5	0,12	0,509	1
6	0,12	0,596	1
7	0,12	0,689	1
8	0,12	0,787	1
9+	0,12	1,048	1

SOLE_7D			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,1	0,12	0
2	0,1	0,161	0
3	0,1	0,188	1
4	0,1	0,238	1
5	0,1	0,293	1
6	0,1	0,354	1
7	0,1	0,421	1
8	0,1	0,475	1
9	0,1	0,492	1
10+	0,1	0,609	1

SOLE_7E			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,1	0,106	0
2	0,1	0,169	0
3	0,1	0,23	1
4	0,1	0,287	1
5	0,1	0,34	1
6	0,1	0,39	1
7	0,1	0,436	1
8	0,1	0,479	1
9	0,1	0,519	1
10+	0,1	0,621	1

TACAUD			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,48	0,077	0
2	0,48	0,213	1
3	0,48	0,35	1
4	0,48	0,46	1
5+	0,48	0,538	1

TURBOT			
Age	M	CW (kg)	Maturité
1	0,1	0,319	0,167
2	0,1	0,905	0,568
3	0,1	1,729	0,826
4	0,1	2,562	0,943
5	0,1	3,009	1
6	0,1	3,871	1
7	0,1	4,725	1
8	0,1	4,781	1
9	0,1	5,071	1
10	0,1	5,44	1
11	0,1	5,661	1
12	0,1	5,712	1
13	0,1	5,833	1
14	0,1	5,94	1
15+	0,1	5,996	1

II. RECRUTEMENT MOYEN 1993-95

Stocks de type 1 : R1 = Recrutement Manche

Stocks de type 2 (In/Out) : R1 = Recrutement du stock global; R2 = recrutement du stock local

	R1	R2
bar	2 345 093	
barbue	400 304	
baudroie	1 800 000	
buccin	1 340 000 000	
cardine	225 744 313	0
coquille_bs	28 428 340	
coquille_sb	53 241 694	
dorade	10 292 439	
grondin rouge	21 306 301	
hareng_7d	756 743 798	0
hareng_7e	8 176 430	
lieu jaune	2 186 311	
limande	22 130 000	
limande-sole	6 591 809	
ligue	1 521 661	
maquereau	4 338 235 795	0
merlan_7d	29 912 125 116	0
merlan_7e	42 687 364	0
merlu	309 891 026	0
morue_7d	262 870 963	3 936 515
morue_7e	3 489 803	175 055
plie_7d	587 733 800	17 667 769
plie_7e	5 850 879	4 562 438
sole_7d	132 979 386	24 188 624
sole_7e	6 909 715	3 941 488
tacaud	47 800 000	
turbot	244 415	

III. MORTALITÉ PAR PÊCHE TOTALE, MOYENNE 1993-95, STOCKS DE TYPE 1

Âge	bar	barbue	baudroie	buccin	coquille_bs	coquille_sb	dorade	grondin
1	0	0,076	0,0004	0,0179		0	0,006	0,1155
2	0	0,295	0,0387	0,0689	1,188	0,099	0,079	0,424
3	0,007	0,288	0,2452	0,2587	0,941	0,862	0,202	0,4425
4	0,068	0,256	0,2559	0,4514	1,035	1,567	0,252	0,357
5	0,6	0,286	0,3309	0,5552	1,397	0,9	0,526	0,5453
6	0,439	0,378	0,3592	0,7172	0,713		0,71	0,702
7	0,173	0,45	0,3685	0,9859			0,279	0,614
8	0,046	0,516	0,3181	1,0625			0,094	0,439
9	0,048	0,311	0,3	1			0,072	0,443
10	0,166	0,344	0,2647	0,21			0,219	0,732
11	0,289	0,329					0,249	0,414
12	0,312	0,114					0,104	0,332
13	0,202	0,4					0,379	0,198
14	0,2						0,449	0,091
15	0,146						0,4	0,36
16								0,098

Âge	hareng_7e	lieu jaune	limande	limande-sole	lingue	tacaud	turbot
1	0,008	0	0,009	0,001	0	0,0088	0,001
2	0,167	0,1424	0,311	0,028	0	0,3854	0,082
3	0,894	0,178	0,525	0,221	0,0594	0,8504	0,243
4	0,18	0,538	0,607	0,501	0,0976	0,8	0,364
5	0,177	1,199	0,6	0,368	0,1644	0,4	0,392
6	0,436	1,267		0,428	0,304		0,259
7	0,8	0,4361		0,313	0,4		0,474
8		0,778		0,233	0,18		0,436
9		1,081		0,299			0,347
10		0,9		0,324			0,163
11		0,291		0,316			0,293
12				0,344			0,166
13				0,26			0,429
14				0,211			0,186
15				0,192			0,4
16				0,4			

IV. MORTALITÉ PAR PÊCHE TOTALE, MOYENNE 1993-95, STOCKS DE TYPE 2

CARDINE				HARENG_7D				MAQUEREAU			
Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2
1	0.000	0.003	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0	0.000	0.006	0.000
2	0.000	0.056	0.000	1	0.002	0.014	0.000	1	0.009	0.025	0.000
3	0.001	0.199	0.000	2	0.059	0.401	0.000	2	0.018	0.071	0.000
4	0.004	0.482	0.000	3	0.156	1.058	0.000	3	0.013	0.143	0.000
5	0.007	0.608	0.000	4	0.137	0.923	0.000	4	0.008	0.171	0.000
6	0.012	0.523	0.000	5	0.067	0.450	0.000	5	0.002	0.202	0.000
7	0.020	0.547	0.000	6	0.066	0.446	0.000	6	0.002	0.208	0.000
8	0.023	0.778	0.000	7	0.078	0.531	0.000	7	0.001	0.295	0.000
9+	0.032	0.769	0.000	8	0.205	1.387	0.000	8	0.002	0.278	0.000
				9+	0.205	1.387	0.000	9	0.000	0.335	0.000
								10	0.005	0.322	0.000
								11	0.000	0.320	0.000
								12+	0.001	0.319	0.000

MERLAN_7D				MERLAN_7E				MERLU			
Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2
0	0.003	0.057	0.000	1	0.002	0.015	0.000	0	0.000	0.094	0.000
1	0.011	0.186	0.000	2	0.028	0.207	0.000	1	0.000	0.265	0.000
2	0.024	0.427	0.000	3	0.072	0.533	0.000	2	0.001	0.289	0.000
3	0.041	0.724	0.000	4	0.085	0.636	0.000	3	0.003	0.315	0.000
4	0.047	0.820	0.000	5	0.080	0.618	0.000	4	0.003	0.268	0.000
5	0.052	0.894	0.000	6+	0.081	0.617	0.000	5	0.001	0.285	0.000
6	0.061	1.059	0.000					6	0.001	0.297	0.000
7	0.058	1.047	0.000					7	0.002	0.514	0.000
8+	0.059	1.047	0.000					8	0.003	0.527	0.000
								9	0.011	0.767	0.000
								10+	0.022	0.756	0.000

MORUE_7D				MORUE_7E				PLIE_7D			
Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2
1	0.001	0.061	0.052	1	0.024	0.131	0.337	1	0.001	0.007	0.068
2	0.009	0.747	0.662	2	0.029	0.670	0.848	2	0.005	0.146	0.391
3	0.013	1.085	0.985	3	0.030	1.062	1.179	3	0.006	0.409	0.569
4	0.013	1.040	0.955	4	0.019	0.842	1.037	4	0.006	0.604	0.623
5	0.011	0.921	0.868	5	0.023	0.679	0.493	5	0.004	0.660	0.472
6	0.011	0.899	0.866	6	0.034	0.599	0.493	6	0.003	0.645	0.334
7+	0.011	0.899	0.866	7+	0.061	0.572	0.493	7	0.005	0.701	0.354
								8	0.006	0.593	0.415
								9	0.006	0.475	0.397
								10+	0.005	0.475	0.397

PLIE_7E				SOLE_7D				SOLE_7E			
Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2	Âge	F1a	F1b	F2
1	0.001	0.021	0.030	1	0.000	0.004	0.006	1	0.000	0.000	0.000
2	0.013	0.205	0.192	2	0.002	0.147	0.105	2	0.004	0.047	0.045
3	0.042	0.364	0.676	3	0.010	0.424	0.291	3	0.019	0.188	0.180
4	0.050	0.418	0.797	4	0.015	0.615	0.354	4	0.034	0.273	0.220
5	0.037	0.350	0.653	5	0.017	0.720	0.307	5	0.039	0.265	0.221
6	0.043	0.468	0.567	6	0.009	0.645	0.249	6	0.030	0.237	0.156
7	0.038	0.368	0.479	7	0.007	0.591	0.258	7	0.034	0.219	0.180
8	0.061	0.420	0.469	8	0.007	0.449	0.216	8	0.029	0.171	0.138
9+	0.061	0.420	0.469	9	0.012	0.500	0.226	9	0.034	0.202	0.167
				10+	0.019	0.493	0.226	10+	0.046	0.189	0.167

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG

BAR, 39 métiers

Age	F7.2	F8.1	F1.2	F5.2	F3.1	U8.1	F1.1	U1.2	F1.4	U5.3	F3.2	U1.1	U5.8	F1.3
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	23	43	28	126	2	29	1	153	19	28	13	11	5	7
4	1 960	5 873	3 719	10 261	401	3 938	201	12 242	2 833	4 281	1 594	1 552	762	709
5	28 205	56 459	34 987	85 767	8 110	30 889	3 778	42 483	26 663	28 616	14 186	13 074	5 396	5 245
6	41 791	33 438	23 230	13 984	10 770	17 661	4 642	6 768	11 898	5 469	6 471	5 749	1 791	2 536
7	17 704	10 399	8 597	847	5 484	6 079	2 607	1 196	1 565	1 133	1 737	1 682	551	732
8	4 248	2 353	2 131	198	1 902	1 994	975	259	214	269	403	412	187	162
9	4 179	2 242	2 118	42	2 470	1 328	1 312	186	158	261	408	411	241	134
10	11 990	5 588	5 699	0	11 197	4 087	5 124	725	433	818	1 181	1 232	1 185	478
11	13 350	7 015	7 314	0	17 091	6 241	11 392	829	643	1 156	1 494	1 648	1 457	495
12	9 718	7 577	7 295	0	14 615	5 012	12 793	578	937	1 103	1 458	1 282	1 127	340
13	3 936	3 934	3 599	0	6 157	2 483	6 361	152	534	592	700	618	415	99
14	3 503	2 779	2 417	0	4 407	1 857	5 306	176	369	471	464	480	286	88
15	9 392	12 301	10 122	0	12 716	6 905	14 580	838	1 795	2 709	1 885	1 800	761	135

Age	U6.1	U5.9	U5.2	F5.4	U2.1	U7.1	F5.5	U2.3	U5.4	U5.1	U5.5	F7.1	U2.2	F2.1
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	5	4	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	0
4	598	544	206	232	237	142	93	185	236	178	164	86	147	46
5	3 826	3 481	1 794	2 245	1 517	945	902	1 182	1 575	1 142	1 049	828	944	445
6	1 261	1 147	919	1 377	500	402	554	390	301	376	346	490	311	273
7	383	348	304	463	152	144	186	118	62	114	105	152	94	92
8	100	91	114	114	40	40	46	31	15	30	27	35	25	23
9	107	98	157	116	43	44	47	33	14	32	29	33	26	23
10	385	350	800	341	153	205	137	119	45	115	106	82	95	68
11	504	459	979	454	200	283	183	156	64	150	138	103	124	90
12	410	373	742	442	163	240	178	127	61	122	112	111	101	88
13	180	164	266	212	71	104	85	56	33	54	49	58	44	42
14	136	124	183	146	54	81	59	42	26	41	37	41	34	29
15	505	460	405	578	200	438	232	156	149	151	139	180	125	115

Age	U3.2	F5.3	F5.1	U3.1	U6.2	F4.4	F4.2	U7.2	U5.7	F6.2	U4.1	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4
4	72	33	26	54	34	13	12	19	9	4	6	262	466
5	463	322	255	343	215	130	117	122	55	34	37	2 532	2 980
6	152	198	156	113	71	80	71	40	18	21	12	1 553	982
7	46	66	53	34	21	27	24	12	5	7	4	522	298
8	12	16	13	9	6	7	6	3	1	2	1	129	78
9	13	17	13	10	6	7	6	3	2	2	1	131	84
10	47	49	39	35	22	20	18	12	5	5	4	385	300
11	61	65	52	45	28	26	24	16	7	7	5	512	393
12	50	63	50	37	23	26	23	13	6	7	4	498	320
13	22	30	24	16	10	12	11	6	3	3	2	240	140
14	16	21	17	12	8	8	8	4	2	2	1	165	106
15	61	83	66	45	28	33	30	16	7	9	5	652	394

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

BARBUE, 32 métiers

Age	U2.1	U2.2	U2.3	F1.1	F4.4	F1.2	U1.1	F1.3	F5.3	F5.4	F4.2	F1.4	F2.1	U1.2
1	1 961	527	627	84	186	435	362	762	8	118	96	82	361	601
2	11 584	6 403	6 369	2 078	1 722	3 715	3 681	4 781	222	1 089	880	752	2 857	3 140
3	9 367	8 715	7 707	4 155	2 742	4 348	4 455	4 000	1 046	1 735	1 402	1 199	2 675	2 019
4	6 593	7 449	6 265	5 445	3 903	3 709	3 621	2 495	2 464	2 470	1 995	1 706	1 586	1 105
5	5 733	7 040	5 503	5 332	4 473	3 660	3 181	2 353	3 084	2 831	2 288	1 955	1 123	829
6	4 746	5 927	4 640	5 757	5 327	3 440	2 682	2 105	3 946	3 371	2 724	2 328	1 057	576
7	3 912	4 623	3 512	4 560	4 722	2 903	2 030	1 709	3 576	2 988	2 415	2 064	684	379
8	2 413	2 901	2 157	2 955	3 020	1 849	1 247	1 100	2 293	1 911	1 544	1 320	404	220
9	885	1 233	815	1 012	1 255	752	471	540	959	793	642	548	150	86
10	761	697	562	954	899	540	325	235	692	568	459	393	70	38
11	482	626	429	519	464	357	248	225	336	294	237	203	48	49
12	84	125	80	102	162	82	46	65	128	103	83	71	21	8
13	352	430	352	335	223	208	204	114	146	141	114	97	64	52

Age	U5.9	F5.2	U5.4	F3.2	U4.2	U5.7	F3.1	U5.5	F5.5	F7.2	F5.1	F4.1	U5.3	U8.1
1	213	26	39	20	27	24	8	14	6	6	3	3	4	4
2	1 257	218	307	170	214	187	70	110	51	48	24	23	29	29
3	1 016	280	333	219	233	203	90	120	66	61	30	29	32	31
4	715	308	270	240	189	164	99	97	72	67	33	32	26	25
5	622	323	247	252	172	150	103	89	76	71	35	34	23	23
6	515	349	210	272	147	128	112	76	82	76	38	36	20	20
7	424	293	171	229	120	104	94	62	69	64	32	30	16	16
8	262	187	107	146	75	65	60	38	44	41	20	20	10	10
9	96	77	41	60	29	25	25	15	18	17	8	8	4	4
10	83	53	31	41	22	19	17	11	12	12	6	5	3	3
11	52	32	22	25	15	13	10	8	7	7	3	3	2	2
12	9	9	4	7	3	2	3	1	2	2	1	1	0	0
13	38	17	15	14	11	9	6	5	4	4	2	2	1	1

Age	U5.1	U6.2	U5.2	F_others	U_others
1	3	3	3	30	76
2	25	25	22	253	604
3	28	27	24	325	656
4	22	22	19	357	531
5	20	20	18	375	485
6	17	17	15	405	414
7	14	14	12	340	337
8	9	9	8	218	210
9	3	3	3	90	81
10	3	3	2	61	62
11	2	2	2	37	42
12	0	0	0	11	8
13	1	1	1	20	30

Annexe E. Paramètres d'entrée de BECHAMEL

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

BAUDROIE, 32 métiers

Age	F1.1	F5.3	U2.2	U1.1	F1.3	U5.7	U2.3	U4.1	U2.1	F5.1	U1.2	U5.1	F1.2	U4.2
1	0	0	0	6	117	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1 018	0	707	1 970	6 269	8 373	43	140	135	111	74	46	33	15
3	39 480	0	14 913	18 821	14 029	76 139	709	2 113	2 035	1 869	1 120	685	499	227
4	72 868	0	39 229	29 074	29 682	20 942	4 191	4 942	4 761	3 908	2 620	1 603	1 166	531
5	125 523	152	51 025	58 825	20 941	0	12 098	7 324	7 056	5 791	3 883	2 376	1 728	786
6	120 154	1 148	57 293	58 558	25 831	11 263	12 900	7 940	7 650	6 277	4 210	2 576	1 873	852
7	112 745	6 269	35 183	32 968	29 552	14 842	8 320	5 042	4 857	3 987	2 673	1 636	1 189	541
8	75 840	28 084	25 404	21 719	7 000	0	7 966	3 833	3 692	3 032	2 032	1 243	904	411
9	18 551	60 026	17 301	9 807	8 452	0	5 313	2 748	2 647	2 173	1 457	891	648	295
10+	66 876	199 855	20 319	28 386	16 481	0	2 978	4 932	4 751	3 899	2 615	1 600	1 164	530

Age	F5.2	U6.2	F6.2	U8.1	U5.6	F3.1	F1.4	F4.2	U7.2	U5.2	F3.2	F5.6	F4.1	U5.9
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	14	14	10	8	6	6	3	3	3	2	2	1	1	1
3	205	205	149	122	88	85	52	42	39	36	31	20	13	12
4	480	480	347	286	205	199	122	99	92	83	73	46	30	27
5	712	711	515	424	304	294	180	147	136	123	108	68	45	40
6	771	771	558	460	330	319	196	160	148	133	117	74	49	43
7	490	490	354	292	210	203	124	101	94	85	75	47	31	27
8	372	372	269	222	159	154	94	77	71	64	57	36	24	21
9	267	267	193	159	114	110	68	55	51	46	41	26	17	15
10+	479	479	347	286	205	198	121	99	92	83	73	46	30	27

Age	F2.1	F7.2	U5.4	U3.1	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	1
2	1	0	0	0	10	130
3	8	7	5	4	154	1 953
4	19	16	11	9	360	4 567
5	29	24	16	13	534	6 767
6	31	26	18	15	579	7 336
7	20	17	11	9	368	4 659
8	15	13	8	7	280	3 541
9	11	9	6	5	200	2 539
10+	19	16	11	9	360	4 557

Annexe E. Paramètres d'entrée de BECHAMEL

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

BUCCIN, 22 métiers

Age	F6.4	U6.1	U6.3	U6.2	U5.9	U1.2	U5.4	F1.3	U5.3	F4.3	F6.2	U5.5
1	16 597	119	108	21	20	15	5	3	2	2	2	2
2	226 077	1 598	1 493	291	275	203	72	40	31	30	30	22
3	1 400 898	9 901	9 251	1 800	1 706	1 256	445	249	190	184	183	134
4	2 514 741	17 771	16 610	3 231	3 063	2 254	798	446	341	330	329	241
5	2 325 546	16 435	15 359	2 988	2 832	2 084	738	413	315	306	304	223
6	1 789 909	12 650	11 822	2 300	2 180	1 604	568	318	243	235	234	172
7	1 118 265	7 902	7 385	1 437	1 362	1 002	355	198	152	147	146	107
8	490 425	3 040	2 842	553	524	386	137	76	58	57	56	41
9	136 573	967	901	176	167	123	43	24	19	18	18	13
10+	40 970	291	271	53	50	37	13	7	6	5	5	4

Age	U2.1	U4.1	F1.1	F6.3	F1.2	F6.5	F5.4	F4.2	U1.1	F1.4	F_others	U_others
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	100	187
2	19	19	15	9	5	4	4	3	3	2	1 371	2 582
3	118	117	95	57	31	27	25	18	16	10	8 497	15 996
4	212	210	170	103	56	49	44	32	29	18	15 253	28 713
5	196	194	157	95	51	46	41	29	27	17	14 105	26 553
6	151	149	121	73	40	35	31	22	21	13	10 856	20 437
7	94	93	76	46	25	22	20	14	13	8	6 782	12 769
8	36	36	29	18	10	8	8	5	5	3	2 610	4 914
9	12	11	9	6	3	3	2	2	2	1	829	1 562
10+	3	3	3	2	1	1	1	1	0	0	248	468

CARDINE, 13 métiers

Age	U2.2	U1.1	F1.1	U2.1	F1.3	U2.3	U4.1	U6.2	U5.1	U1.2	F3.1	U5.6	U5.7	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1 339	92	70	35	29	9	8	6	4	2	2	1	0	1	21
3	7 051	3 685	2 774	183	166	47	44	31	24	14	9	7	3	5	120
4	25 083	15 493	11 664	650	600	169	158	114	85	51	34	25	10	18	432
5	36 923	27 732	20 879	957	901	248	237	171	128	76	52	37	15	27	649
6	40 334	27 148	20 438	1 045	973	271	256	184	138	82	56	40	16	29	701
7	39 946	25 534	19 223	1 035	958	269	253	182	136	81	55	39	16	29	690
8	27 351	12 749	9 598	709	639	184	168	121	91	54	37	26	11	19	460
9	34 474	9 922	7 469	893	783	231	206	148	111	66	45	32	13	24	563

COQUILLE ST JACQUES

Age	F4.2	U4.2	F_others	U_others
2	2 969 760	81 890	17 410	940
3	1 701 220	46 600	9 910	830
4	717 810	19 680	4 180	230
5	215 410	5 900	1 250	70
6+	19 410	530	110	10

COQUILLE St BRIEUC, 1 métier

Age	F4.0	F_others	U_others
1	28	0	0
2	240 963	604	144
3	2 153 106	5 396	1 284
4	1 610 571	4 086	961
5+	494 082	1 238	295

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

DORADE, 27 métiers

Age	F1.1	F3.1	F1.2	U1.2	F3.2	F1.3	F1.4	F7.2	F8.1	F5.2	F2.1	U1.1	U2.2	U6.1	U5.9
1	0	3 556	236	66	131	188	155	8	7	6	2	2	1	1	1
2	5 537	61 088	12 908	3 315	7 345	4 266	3 497	436	390	295	115	95	80	63	43
3	55 650	119 274	52 840	22 355	32 674	11 060	9 065	1 777	1 587	1 202	470	392	332	260	176
4	122 200	63 601	68 833	47 382	43 599	12 777	10 473	2 158	1 928	1 460	571	475	402	315	213
5	213 722	64 507	108 747	89 595	64 058	29 451	24 140	3 095	2 764	2 093	819	670	567	444	300
6	144 031	52 323	84 244	73 619	45 910	33 681	27 608	2 280	2 037	1 542	603	483	409	320	216
7	31 802	10 287	19 753	18 887	10 596	9 393	7 700	524	468	354	139	109	92	72	49
8	5 661	3 908	4 603	4 790	2 573	4 407	3 613	136	122	92	36	24	20	16	11
9	4 101	2 170	3 203	3 525	1 766	2 724	2 232	92	82	62	24	16	14	11	7
10	13 552	3 774	7 428	8 227	4 244	5 973	4 896	220	196	149	58	39	33	26	17
11	8 054	4 979	6 054	6 018	3 858	5 631	4 616	203	182	138	54	33	28	22	15
12	2 598	1 629	1 808	1 813	1 212	1 817	1 489	64	57	43	17	10	8	7	4
13	9 467	8 567	3 043	1 757	2 158	4 255	3 487	131	117	89	35	17	14	11	8
14	4 398	3 473	2 873	3 317	1 833	3 686	3 021	99	88	67	26	15	13	10	7
15	3 229	2 414	1 110	998	822	1 731	1 419	47	42	32	13	6	5	4	3

Age	U2.1	U2.3	F4.4	U5.3	F5.4	F5.1	F5.3	U6.2	U5.4	U8.1	U5.1	U5.7	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4
2	23	17	14	14	9	6	5	5	4	3	2	2	699	244
3	94	69	58	59	37	23	22	21	16	12	9	8	2 848	1 007
4	114	84	71	71	45	28	27	26	20	15	11	10	3 459	1 219
5	161	119	101	101	65	40	39	36	28	21	16	14	4 961	1 720
6	116	85	75	73	48	30	28	26	20	15	11	10	3 655	1 240
7	26	19	17	16	11	7	7	6	5	3	3	2	840	280
8	6	4	4	4	3	2	2	1	1	1	1	0	219	61
9	4	3	3	2	2	1	1	1	1	1	0	0	147	42
10	9	7	7	6	5	3	3	2	2	1	1	1	352	100
11	8	6	7	5	4	3	3	2	1	1	1	1	326	84
12	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	103	25
13	4	3	4	3	3	2	2	1	1	1	0	0	211	43
14	4	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	158	40
15	1	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	76	16

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

GRONDIN ROUGE, 18 métiers

Age	F1.1	F1.2	F1.3	F1.4	U1.1	F3.2	F3.1	U2.2	F5.2	F5.3
1	151 245	122 269	24 945	17 955	17 269	4 752	2 865	1 178	408	339
2	524 383	303 421	110 094	42 426	21 713	13 689	8 251	4 511	1 176	976
3	386 782	184 900	89 513	26 674	10 388	9 554	5 759	3 630	821	681
4	219 132	91 835	50 868	14 348	4 741	5 417	3 265	2 278	465	386
5	216 501	86 180	49 637	14 596	3 696	5 585	3 367	2 332	480	398
6	146 436	58 205	36 667	10 050	2 379	3 851	2 321	1 475	331	275
7	64 586	23 307	17 701	4 360	843	1 767	1 065	654	152	126
8	26 624	8 451	7 260	1 698	289	752	453	243	65	54
9	16 697	4 688	4 920	982	181	472	285	141	41	34
10	15 617	3 562	3 980	811	108	456	275	111	39	33
11	5 164	661	1 036	172	23	143	86	22	12	10
12	2 083	549	847	125	9	66	40	17	6	5
13	894	331	216	64	10	25	15	12	2	2
14	457	19	60	15	4	13	8	0	1	1
15	1 403	43	127	19	0	43	26	0	4	3
16	1 390	4	0	28	0	37	23	0	3	3

Age	F2.1	F7.2	F5.4	F4.4	F5.1	F5.5	F8.1	F4.2	F_others	U_others
1	258	206	150	83	46	10	7	5	1 009	5 217
2	742	594	431	238	133	28	19	15	2 905	13 232
3	518	414	301	166	93	19	13	10	2 028	8 975
4	294	235	170	94	53	11	7	6	1 150	4 718
5	303	242	176	97	54	11	8	6	1 185	4 034
6	209	167	121	67	38	8	5	4	817	2 420
7	96	77	56	31	17	4	2	2	375	856
8	41	33	24	13	7	2	1	1	160	299
9	26	20	15	8	5	1	1	1	100	153
10	25	20	14	8	4	1	1	0	97	104
11	8	6	5	2	1	0	0	0	30	16
12	4	3	2	1	1	0	0	0	14	11
13	1	1	1	0	0	0	0	0	5	12
14	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0
15	2	2	1	1	0	0	0	0	9	1
16	2	2	1	1	0	0	0	0	8	1

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

HARENG 7D, 17 métiers

Age	F3.2	U3.2	F1.2	F1.4	U1.2	F5.5	U5.9	U5.5	U5.4	F2.1
0	275	261	24	6	2	1	1	1	0	0
1	17 575	16 675	1 530	408	91	81	68	37	12	5
2	1 036 601	983 511	90 257	24 077	5 348	4 763	4 018	2 180	698	298
3	1 472 984	1 397 544	128 253	34 214	7 599	6 768	5 709	3 097	992	423
4	440 358	417 805	38 342	10 228	2 272	2 023	1 707	926	297	127
5	90 105	85 491	7 845	2 093	465	414	349	189	61	26
6	44 154	41 893	3 844	1 026	228	203	171	93	30	13
7	24 566	23 308	2 139	571	127	113	95	52	17	7
8	19 051	18 075	1 659	442	98	88	74	40	13	5
9	5 097	4 836	444	118	26	23	20	11	3	1

Age	F4.4	U5.3	U2.1	F5.4	F1.1	F4.2	U5.8	F_others	U_others
0	0	0	0	0	0	0	0	9	0
1	5	2	2	2	1	1	1	586	15
2	287	115	107	105	74	62	39	34 535	885
3	408	164	152	150	106	88	55	49 073	1 258
4	122	49	45	45	32	26	16	14 671	376
5	25	10	9	9	6	5	3	3 002	77
6	12	5	5	4	3	3	2	1 471	38
7	7	3	3	2	2	1	1	819	21
8	5	2	2	2	1	1	1	635	16
9	1	1	1	1	0	0	0	170	4

HARENG 7E, 4 métiers

Age	U3.1	U1.1	F3.1	F1.3	F_others	U_others
0	0	0	0	0	0	0
1	2 098	50	15	9	7	38
2	91 368	2 169	641	391	320	1 638
3	304 682	7 234	2 137	1 305	1 069	5 463
4	33 762	801	237	145	118	605
5	24 908	591	175	107	87	447
6	43 226	1 026	303	185	152	775
7	37 383	888	262	160	131	670

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

LIEU JAUNE, 38 métiers

Age	U5.1	F1.1	F1.2	F1.3	F5.2	F5.1	F1.4	U1.2	F8.1	U1.1	F7.2	U8.1	U5.7	U2.2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	50 650	0	14	80	7 893	7 871	7	7	6	6	3	2	2	1
3	79 534	38 661	12 471	10 755	12 396	12 359	6 050	5 612	5 117	4 451	2 793	2 061	1 373	1 321
4	148 448	164 349	52 105	41 131	23 136	23 068	25 278	23 448	21 381	18 600	11 670	8 614	5 739	5 519
5	176 956	187 276	58 169	41 530	27 579	27 498	28 219	26 177	23 869	20 765	13 028	9 616	6 407	6 162
6	75 421	72 196	21 085	7 552	11 756	11 721	10 228	9 489	8 652	7 527	4 722	3 486	2 322	2 233
7	3 475	16 098	4 789	0	542	540	2 323	2 155	1 965	1 709	1 073	792	527	507
8	768	14 373	4 480	0	119	120	2 173	2 016	1 838	1 599	1 003	741	494	474
9	0	7 047	2 196	0	0	0	1 065	988	901	784	492	363	242	233
10	0	1 236	703	0	0	0	342	317	288	250	157	116	77	74
11+	0	0	401	0	0	0	194	180	164	143	90	66	44	42

Age	F5.5	F3.2	F3.1	U5.9	F5.3	U2.1	U2.3	U5.5	U5.6	F7.1	U5.2	U5.3	U6.2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	1 246	959	902	614	467	508	345	244	231	225	200	157	92
4	5 204	4 003	3 771	2 567	1 888	2 121	1 442	1 019	966	939	837	655	383
5	5 810	4 469	4 211	2 867	1 888	2 369	1 610	1 137	1 078	1 048	934	731	427
6	2 106	1 619	1 526	1 038	891	858	583	412	391	380	339	265	155
7	478	369	347	236	592	195	132	94	89	86	77	60	35
8	448	345	325	221	735	183	124	88	83	81	72	56	33
9	219	170	160	108	360	89	61	43	41	40	35	28	16
10	71	53	51	35	386	29	19	14	13	13	11	9	5
11+	41	32	29	20	406	16	11	8	7	7	6	5	3

Age	F5.4	F6.2	U5.4	U7.2	U5.8	U6.1	F2.1	U4.1	U3.2	U3.1	F4.1	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
3	91	88	70	70	45	43	29	16	8	8	7	1 092	1 244
4	380	367	292	291	190	181	119	67	35	33	28	4 563	5 196
5	424	410	326	325	212	202	133	75	39	37	31	5 094	5 801
6	154	148	118	118	77	73	48	27	14	13	11	1 847	2 103
7	35	34	27	27	17	17	11	6	3	3	3	419	477
8	33	32	25	25	16	16	10	6	3	3	2	392	447
9	16	15	12	12	8	8	5	3	1	1	1	192	219
10	5	5	4	4	3	2	2	1	0	0	0	62	70
11+	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	35	40

LIMANDE, 24 métiers

Age	F1.2	F4.4	F1.4	F5.4	U1.1	U1.2	F3.2	U2.3	F2.1	U2.2	U2.1	F1.1	U5.9
1	1 753	306	343	265	196	120	73	54	49	44	38	28	25
2	94 297	18 136	18 090	15 873	10 629	7 112	3 955	2 918	2 648	2 364	2 035	1 535	1 338
3	177 230	34 522	33 443	30 876	19 990	13 539	7 474	5 488	5 005	4 445	3 827	2 902	2 517
4	178 309	35 674	33 225	32 240	20 154	13 991	7 545	5 534	5 052	4 482	3 858	2 929	2 537
5+	68 140	14 810	11 735	14 673	7 761	5 808	2 979	2 131	1 995	1 726	1 486	1 157	977

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

LIMANDE, 24 métiers(suite)

Age	F5.5	F4.2	U5.5	U5.4	F3.3	F3.1	U4.1	F5.2	U5.3	F5.3	F1.5	F_others	U_others
1	19	18	7	6	4	1	1	0	0	0	0	24	5
2	1 028	960	382	351	240	46	29	26	20	17	11	1 321	279
3	1 942	1 814	718	660	453	88	54	50	37	32	22	2 496	524
4	1 961	1 832	724	665	458	89	54	50	37	32	22	2 519	528
5+	774	723	279	256	181	35	21	20	14	13	9	995	203

LIMANDE-SOLE, 27 métiers

Age	U1.1	F1.2	F1.1	U2.2	U1.2	F5.4	F4.4	U2.3	U2.1	F2.1	F3.2	F1.3	F1.4	U4.1	U5.9
1	0	268	0	0	0	61	57	0	0	15	10	10	10	0	0
2	5 284	9 232	1 455	690	467	2 058	1 915	263	330	487	365	167	349	52	21
3	86 763	54 708	17 935	12 939	8 220	11 550	10 767	5 952	5 810	2 562	2 197	1 404	1 924	917	361
4	144 873	128 915	32 061	21 831	13 726	27 999	26 104	9 587	9 702	6 470	5 160	3 033	4 725	1 531	603
5	115 377	31 849	21 034	18 719	11 315	6 353	5 980	8 479	7 998	1 395	1 398	1 471	1 067	1 262	497
6	96 600	27 055	17 529	15 626	9 514	5 356	5 029	7 482	6 725	1 141	1 171	1 257	889	1 061	418
7	54 218	8 937	9 615	9 330	5 521	1 725	1 639	4 709	3 903	387	444	584	295	616	243
8	33 895	812	6 275	6 219	3 573	84	100	3 263	2 525	29	116	374	21	398	157
9	32 491	1 076	5 907	6 006	3 422	130	145	3 040	2 419	38	119	424	29	382	150
10	24 751	673	4 566	4 702	2 637	80	86	2 343	1 864	21	87	505	17	294	116
11	16 013	249	3 653	3 209	1 748	29	32	1 579	1 236	8	62	575	6	195	77
12	11 862	99	2 692	2 480	1 332	8	11	1 291	942	4	43	165	3	149	59
13	6 058	23	1 539	1 233	665	2	2	595	470	1	24	284	1	74	29
14	3 731	24	816	768	414	2	2	386	293	1	13	26	1	46	18
15	2 650	0	575	463	275	0	0	261	195	0	9	23	0	31	12
16	3 685	0	938	727	398	0	0	392	281	0	14	41	0	44	17

Age	F4.2	U5.1	F5.5	U5.4	F3.1	U4.2	U5.5	U5.3	F5.2	U5.7	U6.2	U8.1	F_others	U_others
1	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	0
2	58	7	24	5	23	4	3	1	5	1	1	0	93	33
3	352	120	147	94	138	69	49	19	28	18	12	7	557	584
4	826	201	346	157	324	115	81	32	65	30	20	12	1 309	975
5	224	166	94	129	88	95	67	26	18	25	17	10	355	804
6	188	139	79	109	74	80	56	22	15	21	14	8	297	676
7	71	81	30	63	28	46	33	13	6	12	8	5	113	392
8	19	52	8	41	7	30	21	8	1	8	5	3	30	254
9	19	50	8	39	7	29	20	8	2	7	5	3	30	243
10	14	39	6	30	5	22	16	6	1	6	4	2	22	187
11	10	26	4	20	4	15	10	4	1	4	3	1	16	124
12	7	20	3	15	3	11	8	3	1	3	2	1	11	95
13	4	10	2	8	2	6	4	2	0	1	1	1	6	47
14	2	6	1	5	1	3	2	1	0	1	1	0	3	29
15	1	4	1	3	1	2	2	1	0	1	0	0	2	19
16	2	6	1	5	1	3	2	1	0	1	1	0	4	28

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

LINGUE, 32 métiers

Age	F1.1	U5.1	F7.1	F7.2	F5.1	F1.3	U1.1	U2.2	F1.2	U7.2	U8.1	U5.7	F5.3	U2.1	F5.2	U2.3	U5.6
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	18 483	10 733	393	192	0	2 551	2 254	1 951	958	874	753	511	1	272	0	236	233
4	31 744	20 014	4 260	2 091	2 964	4 755	4 203	3 638	1 786	1 630	1 404	953	89	507	22	441	435
5	45 521	31 928	14 041	6 893	9 656	7 587	6 704	5 804	2 850	2 600	2 239	1 520	445	809	141	703	693
6	76 960	63 223	50 003	24 548	27 972	15 024	13 275	11 493	5 643	5 148	4 434	3 009	2 321	1 602	1 134	1 392	1 373
7	72 602	63 538	60 472	29 687	28 027	15 099	13 342	11 551	5 671	5 173	4 456	3 024	3 481	1 610	2 080	1 399	1 379
8+	111 427	86 623	60 606	29 753	22 587	20 584	18 189	15 747	7 732	7 053	6 075	4 123	6 591	2 195	3 363	1 907	1 881

Age	F3.1	U1.2	F1.4	F5.5	F3.2	F6.2	U6.2	U5.5	U4.1	U5.9	U5.2	F8.1	F5.4	U4.2	U5.4	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	229	124	113	93	70	20	18	16	12	10	9	4	4	4	3	244	605
4	426	232	210	173	130	37	33	30	22	18	16	8	8	7	5	455	1 128
5	680	370	335	276	207	59	53	48	35	29	26	13	12	11	8	726	1 799
6	1 346	733	663	546	409	117	105	95	69	58	51	26	24	21	16	1 437	3 563
7	1 352	736	666	549	412	117	105	95	69	59	51	26	24	21	16	1 444	3 580
8+	1 844	1 004	908	748	561	160	143	130	94	80	70	36	33	29	22	1 969	4 881

MAQUEREAU, 39 métiers

Age	U3.1	F3.2	F1.2	U3.2	U8.1	F1.4	F1.1	F8.1	F3.1	U1.1	U1.2	F1.3	F2.1	F5.2
0	5 072	1 004	945	766	0	100	77	0	39	12	9	7	7	6
1	1 835 804	363 534	342 154	277 430	51 358	36 237	28 171	7 472	14 165	4 405	3 122	2 560	2 499	2 115
2	5 040 112	998 066	939 366	761 671	211 923	99 803	77 589	30 848	38 887	12 200	8 572	7 050	6 884	5 824
3	3 792 930	751 092	706 919	573 194	182 467	75 209	58 469	26 557	29 265	9 215	6 450	5 313	5 187	4 389
4	1 934 075	382 995	360 469	292 281	205 832	38 853	30 205	29 959	14 922	4 866	3 290	2 745	2 680	2 267
5	390 055	77 240	72 698	58 946	123 773	8 202	6 377	18 014	3 010	1 104	663	579	566	479
6	358 242	70 941	66 769	54 138	52 202	7 259	5 643	7 593	2 764	922	609	513	501	424
7	111 629	22 105	20 805	16 869	50 316	2 414	1 876	7 321	862	338	190	171	166	141
8	154 859	30 667	28 862	23 402	27 035	3 158	2 455	3 938	1 195	405	263	223	218	184
9	7 771	1 539	1 449	1 174	18 703	236	183	2 726	61	46	13	17	16	14
10	162 374	32 155	30 263	24 539	12 340	3 240	2 519	1 797	1 254	401	276	229	223	189
11	0	0	0	0	1 074	5	4	151	0	1	0	0	0	0
12	21 617	4 280	4 029	3 267	8 093	460	358	1 181	168	63	37	32	32	27

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

MAQUEREAU, 39 métiers (suite)

Age	U5.9	U5.1	U6.2	F7.2	F4.4	U6.4	F5.4	F5.3	F5.5	U5.3	U5.7	U4.1	U2.1	U5.5
0	3	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1 252	593	370	372	321	191	167	114	90	88	84	79	57	55
2	3 408	1 642	1 024	1 023	883	528	461	313	248	244	232	218	157	152
3	2 619	1 240	774	771	665	399	347	236	187	184	176	165	118	115
4	1 383	655	409	398	344	211	179	122	96	97	93	87	61	61
5	314	149	93	84	73	48	38	26	20	22	21	20	14	14
6	262	124	77	74	64	40	34	23	18	18	18	16	12	11
7	96	45	28	25	21	15	11	8	6	7	6	6	4	4
8	115	55	34	32	28	18	15	10	8	8	8	7	5	5
9	13	6	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
10	114	54	34	33	29	17	15	10	8	8	8	7	5	5
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	18	8	5	5	4	3	2	1	1	1	1	1	1	1

Age	U5.2	U5.8	F5.1	U7.2	U2.3	F4.2	U6.1	U5.6	F7.1	U2.2	F_others	U_others
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87	1 096
1	53	39	33	28	25	24	11	10	8	7	31 528	396 855
2	148	108	91	78	70	65	30	27	21	19	86 833	1 089 666
3	112	81	69	59	53	49	23	21	16	14	65 435	820 066
4	59	43	36	31	28	25	12	11	8	8	33 804	418 356
5	13	10	7	7	6	5	3	2	2	2	7 136	84 512
6	11	8	7	6	5	5	2	2	2	1	6 316	77 514
7	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	2 100	24 211
8	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	2 748	33 515
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	205	1 711
10	5	4	3	3	2	2	1	1	1	1	2 819	35 114
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	400	4 686

MERLAN 7D, 23 métiers

Age	F1.2	F3.2	U1.2	F1.4	F5.5	U2.1	F2.1	U5.5	F1.1	U5.9	F5.4
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	308 884	25 466	18 937	16 422	7 644	2 020	1 264	1 099	866	729	551
2	678 104	55 907	41 573	36 053	16 782	4 434	2 777	2 414	1 902	1 601	1 209
3	1 129 445	93 119	69 244	60 049	27 952	7 386	4 626	4 020	3 167	2 666	2 014
4	1 110 713	91 575	68 096	59 054	27 488	7 263	4 548	3 953	3 115	2 622	1 980
5	553 455	45 630	33 931	29 425	13 697	3 619	2 266	1 970	1 552	1 307	987
6	360 996	29 763	22 132	19 193	8 934	2 361	1 479	1 285	1 012	852	644
7	158 119	13 036	9 694	8 407	3 913	1 034	648	563	444	373	282
8+	46 468	3 832	2 849	2 472	1 149	304	190	166	131	110	83

Age	U5.4	F4.4	U5.3	F3.1	U3.2	U6.8	U8.1	U5.7	F_others	U_others
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	238	233	215	130	37	29	21	9	4 910	207
2	522	512	472	286	80	63	45	19	10 780	453
3	869	853	787	477	134	104	75	32	17 955	755
4	855	839	774	469	132	103	74	31	17 657	743
5	426	418	386	234	66	51	37	16	8 798	370
6	278	273	252	152	43	33	24	10	5 739	241
7	122	119	110	67	19	15	11	4	2 514	106
8+	36	35	32	20	5	4	3	1	569	24

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

MERLAN 7E, 23 métiers

Age	U1.1	F1.1	F1.3	U2.2	U2.3	U5.1	F3.1	U8.1	F5.2	U3.1	U5.6	U7.2
1	13 351	11 245	636	624	392	315	151	128	69	43	11	10
2	260 862	219 709	12 423	12 193	7 665	6 164	2 956	2 494	1 346	846	225	193
3	448 218	377 507	21 344	20 951	13 170	10 591	5 080	4 286	2 314	1 453	386	332
4	233 809	196 923	11 134	10 929	6 870	5 525	2 650	2 236	1 207	758	201	173
5	56 798	47 837	2 705	2 655	1 669	1 342	643	543	293	184	49	42
6+	25 927	21 837	1 234	1 212	762	613	293	248	135	84	22	19

Age	F5.1	U4.1	F7.2	U5.2	U5.7	U5.8	F5.3	U6.2	F8.1	F_others	U_others
1	8	5	4	3	2	2	2	2	1	19	69
2	155	99	70	58	58	38	36	31	17	377	1 351
3	266	171	120	100	100	65	62	53	29	648	2 322
4	139	89	63	52	52	34	32	28	15	338	1 211
5	34	22	15	13	13	8	8	7	4	82	294
6+	15	10	7	6	6	4	4	3	2	23	81

MERLU, 20 métiers

Age	F1.1	U5.1	U5.6	U1.1	F5.1	F1.3	U2.2	F3.1	U1.2	U2.3	F5.2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	4 470	4	3	1 932	1 606	446	322	47	9	7	20
3	36 544	45	37	15 792	13 130	3 649	3 856	386	80	68	169
4	37 484	170	137	16 199	13 468	3 741	2 677	396	75	63	173
5	16 756	451	363	7 241	6 020	1 672	943	183	38	32	80
6	5 006	849	683	2 163	1 800	500	401	67	24	21	29
7	10 612	6 601	5 314	4 587	3 813	1 060	742	227	133	113	99
8	6 431	9 528	7 670	2 779	2 310	642	578	235	175	149	103
9	13 671	25 230	20 311	5 908	4 911	1 365	1 235	587	458	389	256
10	8 482	39 208	31 564	3 665	3 046	847	942	778	686	584	340

Age	U2.1	F5.3	U7.2	U5.7	F1.2	U5.2	U5.4	F3.2	U8.1	F_others	U_others
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5	13	4	2	5	1	0	1	0	14	6
3	51	111	34	21	40	5	5	12	3	113	59
4	47	113	31	20	41	5	4	12	3	116	55
5	24	52	16	10	19	2	2	5	1	54	28
6	15	19	10	7	7	2	1	2	1	20	18
7	84	65	56	36	24	8	8	7	5	67	98
8	111	67	74	47	25	11	10	7	7	69	130
9	289	168	192	123	61	28	26	18	17	172	338
10	433	223	288	184	81	42	39	23	26	228	507

MORUE 7D, 21 métiers

Age	F1.2	F5.5	U5.5	F5.4	U1.2	F1.4	U5.9	F3.2	U2.1	F2.1	U5.4	F1.1	U5.3	F4.4	F7.1
1	292 444	171 880	39 443	43 547	41 352	25 076	15 413	13 360	8 093	7 195	4 828	2 011	1 261	754	460
2	524 126	308 048	96 185	78 046	57 007	44 943	27 624	23 944	14 505	12 893	8 653	3 603	2 259	1 352	824
3	109 063	64 101	24 088	16 241	9 215	9 352	5 748	4 983	3 018	2 683	1 801	750	470	281	171
4	79 864	46 939	15 069	11 892	7 773	6 848	4 209	3 649	2 210	1 964	1 319	549	344	206	126
5	5 379	3 161	1 134	801	511	461	284	246	149	132	89	37	23	14	8
6	6 792	3 991	1 432	1 011	646	582	358	310	188	167	112	47	29	18	11
7+	10 913	6 415	3 973	1 625	0	936	575	499	302	268	180	75	47	28	17

MORUE 7D, 21 métiers(suite)

Age	U7.1	U5.7	U6.1	F8.1	F5.3	U3.2	U6.2	F3.1	F4.2	U8.1	F7.2	F1.3	F_thers	U_thers
1	199	190	142	117	104	88	87	71	41	31	28	16	2 372	1 441
2	357	340	255	210	187	158	155	126	74	56	51	28	4 250	2 583
3	74	71	53	44	39	33	32	26	15	12	11	6	884	537
4	54	52	39	32	28	24	24	19	11	8	8	4	648	394
5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	0	44	26
6	5	4	3	3	2	2	2	2	1	1	1	0	55	34
7+	7	7	5	4	4	3	3	3	2	1	1	1	88	54

MORUE 7E, 21 métiers

Age	F1.1	U1.1	U5.1	U2.2	F1.3	U2.3	U5.7	U8.1	F5.1	U5.6	F5.3	F7.2
1	71 239	32 267	5 259	6 132	3 144	2 014	1 716	775	270	581	359	249
2	274 688	94 223	45 900	27 053	12 123	7 764	6 616	3 179	2 355	2 238	1 469	1 023
3	53 565	7 458	20 514	5 030	2 363	1 514	1 290	706	1 053	434	326	227
4	37 856	4 264	18 168	1 736	1 671	1 070	912	526	932	306	243	170
5	11 242	1 855	4 392	801	497	318	271	149	225	91	69	48
6	3 504	998	1 252	36	155	99	84	46	65	28	21	15
7+	2 496	1 633	0	0	111	71	60	26	0	20	12	8

Age	U7.2	F5.2	U5.2	F3.1	U6.2	U4.1	F7.1	F4.1	F6.2	F_thers	U_thers
1	256	213	147	105	104	85	66	10	7	100	1 365
2	985	874	604	430	428	348	272	40	30	410	5 598
3	191	194	134	95	95	77	60	9	7	91	1 243
4	135	145	100	71	71	58	45	7	5	68	927
5	40	41	28	20	20	16	13	2	1	19	262
6	12	13	9	6	6	5	4	1	0	6	80
7+	9	7	5	3	3	3	2	0	0	3	45

PLIE 7D, 27 métiers

Age	F1.2	F4.4	U2.1	U1.2	F5.4	F1.4	F2.1	U5.9	F4.2	U5.4	F3.2	F1.1	F5.5	U5.5	U4.2
1	26 538	30 905	9 051	10 621	3 711	19 633	9 419	1 282	3 563	1 657	860	697	313	493	489
2	321 579	91 303	115 071	126 576	52 204	47 458	27 439	19 278	38 666	6 497	10 394	8 424	3 779	1 344	1 333
3	330 438	79 606	136 608	124 568	77 924	33 665	24 810	29 979	29 232	7 111	10 899	8 834	3 963	1 099	1 090
4	176 305	92 963	87 619	63 705	62 427	39 094	29 485	21 681	12 052	8 666	6 378	5 170	2 319	1 286	1 276
5	65 699	42 472	39 119	22 677	34 503	15 973	13 443	10 568	3 711	4 021	2 763	2 240	1 005	565	561
6	30 066	29 553	19 432	10 077	18 950	10 625	8 326	5 542	1 485	2 814	1 373	1 113	499	382	379
7	19 576	24 321	14 079	6 333	15 726	8 364	6 610	4 260	958	2 230	1 031	836	375	310	308
8	20 500	25 507	15 575	6 455	18 941	10 480	7 648	4 938	999	2 589	1 177	954	428	349	346
9	15 500	31 059	12 313	4 747	16 369	10 960	7 234	4 127	756	2 957	973	788	354	394	391
10+	39 000	66 567	31 045	11 878	42 228	24 312	15 255	10 612	1 917	6 988	2 492	2 020	906	858	852

Age	U5.3	U8.1	U6.1	F7.1	F5.3	F3.1	U5.7	F6.5	F1.3	U6.2	F7.2	F1.5	F_thers	U_thers	B_thers
1	176	86	70	16	14	11	29	4	4	11	3	2	170	762	0
2	481	234	192	188	170	128	79	51	44	30	32	24	2 057	2 078	78 030
3	393	191	157	197	178	134	64	53	46	24	33	25	2 157	1 699	236 101
4	460	224	184	115	104	78	75	31	27	28	20	15	1 262	1 989	304 654
5	202	98	81	50	45	34	33	13	12	12	8	6	547	874	130 556
6	137	67	55	25	22	17	22	7	6	8	4	3	272	591	63 530
7	111	54	44	19	17	13	18	5	4	7	3	2	204	480	68 295
8	125	61	50	21	19	14	20	6	5	8	4	3	233	539	58 208
9	141	69	56	18	16	12	23	5	4	9	3	2	192	610	36 512
10+	307	150	123	45	41	31	50	12	10	19	8	6	493	1 327	62 392

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)**PLIE 7E, 27 métiers**

Age	U2.3	U2.2	U1.1	F1.1	F1.3	U4.1	F5.2	F2.1	F3.1	F7.2	F4.1
1	3 101	2 390	3 345	1 035	646	191	99	46	26	12	9
2	35 667	38 258	38 079	14 137	8 832	2 617	1 355	628	350	162	120
3	57 110	60 497	54 505	22 342	13 956	4 135	2 142	992	553	256	189
4	86 032	88 195	75 462	32 905	20 555	6 090	3 155	1 461	815	378	279
5	41 998	36 376	28 432	14 498	9 057	2 684	1 390	644	359	166	123
6	35 782	31 744	23 842	12 501	7 809	2 314	1 199	555	309	144	106
7	11 596	8 265	5 832	3 591	2 242	665	344	159	89	41	30
8	24 829	17 159	12 703	7 580	4 736	1 403	727	337	188	87	64
9+	84 714	56 462	40 147	25 361	15 843	4 694	2 431	1 126	628	291	215

Age	F5.3	U5.7	U5.1	U6.2	U8.1	U5.2	F6.2	U3.1	F6.5	F_thers	U_thers
1	9	6	6	5	5	3	2	1	0	40	101
2	118	81	81	74	67	36	25	15	6	542	1 375
3	186	128	128	117	106	57	40	24	9	857	2 174
4	274	188	188	172	156	83	59	36	14	1 262	3 202
5	121	83	83	76	69	37	26	16	6	556	1 411
6	104	72	71	65	59	32	22	14	5	479	1 216
7	30	21	21	19	17	9	6	4	1	138	349
8	63	43	43	40	36	19	13	8	3	291	737
9+	211	145	145	133	120	64	45	28	10	972	2 468

SOLE 7D, 28 métiers

Age	F5.4	F1.4	F4.4	U2.1	F1.2	U5.9	U1.2	U5.4	F2.1	F4.2	U4.2	F5.5	F3.2	U5.5
1	16 039	7 810	8 409	1 102	4 690	399	0	0	1 138	120	33	118	118	12
2	398 189	174 862	115 294	18 344	85 590	8 014	269	553	14 568	4 820	1 525	1 312	1 305	282
3	499 012	211 371	113 799	27 804	73 460	13 927	6 557	1 826	14 062	8 930	2 875	1 503	1 494	489
4	369 822	190 148	82 186	49 201	47 580	36 567	3 434	15 658	9 354	11 330	3 676	1 160	1 154	1 285
5	171 872	101 151	39 028	57 744	21 080	26 297	18 039	11 921	6 257	7 200	2 206	678	675	923
6	56 269	43 833	15 422	69 125	7 710	18 789	22 703	15 473	2 323	4 150	1 306	265	264	659
7	22 735	17 541	6 069	14 785	2 990	6 778	7 031	6 333	964	2 010	647	108	108	238
8	21 844	17 198	6 118	55 354	3 020	20 034	32 666	8 436	869	2 430	790	105	104	703
9	11 085	9 603	3 354	14 053	1 570	1 974	1 731	1 056	395	1 250	417	52	52	68
10+	33 133	26 483	9 599	43 495	4 710	13 586	14 068	7 950	1 248	4 250	1 394	158	158	477

Age	F1.1	U5.3	F5.3	U6.1	U8.1	U5.8	U5.7	F1.5	U6.2	F5.2	F7.1	F_thers	U_thers	B_thers
1	109	8	21	2	1	1	1	4	0	3	2	34	22	0
2	1 203	172	229	42	25	19	15	44	8	28	18	373	509	67 848
3	1 377	299	262	73	43	33	25	51	15	32	20	427	883	145 442
4	1 064	786	202	192	112	86	67	39	38	25	16	330	2 320	166 750
5	622	565	118	138	81	62	48	23	27	14	9	193	1 665	118 342
6	243	404	46	99	58	44	34	9	20	6	4	75	1 190	61 794
7	99	146	19	36	21	16	12	4	7	2	1	31	431	30 609
8	96	430	18	105	61	47	36	4	21	2	1	30	1 269	14 679
9	48	42	9	10	6	5	4	2	2	1	1	15	123	13 094
10+	145	292	28	71	42	32	25	5	14	3	2	45	861	31 422

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

SOLE 7E, 19 métiers

Age	U2.2	U2.3	F1.3	F1.1	U4.1	U1.1	F5.2	F2.1	F4.1	U5.1	F7.2
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3 388	4 573	2 063	1 073	985	763	615	45	41	20	16
3	19 378	20 830	10 569	5 497	5 047	3 907	3 153	230	209	103	84
4	46 774	39 683	23 060	11 992	11 013	8 444	6 878	502	455	224	183
5	43 242	36 449	21 266	11 058	10 155	7 795	6 342	463	420	207	169
6	42 238	36 223	20 914	10 876	9 988	7 663	6 238	455	413	204	166
7	21 532	17 288	10 384	5 400	4 959	3 751	3 097	226	205	101	82
8	13 242	10 514	6 366	3 311	3 040	2 357	1 899	139	126	62	51
9	11 058	8 514	5 262	2 736	2 513	2 003	1 570	115	104	51	42
10	42 616	30 963	19 903	10 351	9 505	7 963	5 937	433	393	194	158

Age	F3.1	F5.3	U5.7	U8.1	U5.2	F5.1	F6.2	F6.5	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	14	9	8	8	6	3	3	2	203	313
3	73	46	42	40	31	16	14	11	1 041	1 603
4	159	101	91	87	67	35	30	25	2 271	3 497
5	146	93	84	80	62	32	27	23	2 094	3 224
6	144	91	83	79	61	32	27	22	2 060	3 172
7	71	45	41	39	30	16	13	11	1 023	1 575
8	44	28	25	24	19	10	8	7	627	965
9	36	23	21	20	15	8	7	6	518	798
10	137	87	79	75	58	30	26	21	1 960	3 017

TACAUD, 37 métiers

Age	F1.2	F1.1	F1.4	U1.1	F1.3	U2.2	U2.3	F3.2	U1.2	U2.1	F5.5	F3.1	F5.4
1	8008	8743	2088	1202	1320	887	869	589	463	399	182	162	148
2	525928	549252	114778	75411	77469	55651	54525	36578	29028	25054	11312	10024	9195
3	740822	685229	100414	95127	81309	70201	68781	41719	36617	31604	12902	11433	10487
4	257963	225410	30233	31823	25365	23484	23010	12500	12250	10573	3865	3425	3142
5+	84401	73969	9735	10415	8283	7686	7530	4153	4009	3460	1284	1138	1044

Age	U4.1	U5.1	F2.1	F5.2	U5.9	U5.5	U8.1	F7.2	F4.4	F7.1	F5.1	F5.3	U4.2
1	100	84	59	33	30	20	20	17	15	14	10	9	8
2	6254	5263	3682	2050	1854	1282	1225	1048	961	877	616	559	489
3	7889	6639	4200	2338	2338	1617	1545	1195	1096	1001	702	638	617
4	2639	2221	1258	701	782	541	517	358	328	300	210	191	206
5+	864	727	418	233	256	177	169	119	109	100	70	64	68

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

TACAUD, 37 métiers(suite)

Age	F4.2	U5.4	U5.6	U5.7	F4.1	U5.3	F8.1	U5.2	U3.1	U7.2	U6.2	F_others	U_others
1	6	4	4	4	2	2	1	1	1	0	0	105	45
2	342	281	246	229	129	117	87	60	34	31	22	6525	2802
3	390	354	310	289	147	147	100	76	42	39	27	7443	3534
4	117	118	104	97	44	49	30	25	14	13	9	2230	1182
5+	39	39	34	32	15	16	10	8	5	4	3	741	387

TURBOT, 36 métiers

Age	F5.4	F4.4	U2.2	F5.3	U2.3	U2.1	F1.2	F4.2	F1.1	F2.1	U4.1	F1.4	U1.1
1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	5	0	0	2
2	1 249	933	1 813	654	1 058	872	624	416	442	645	391	730	547
3	7 332	5 478	8 725	4 051	4 634	3 712	3 385	2 446	2 323	2 434	2 062	3 646	2 395
4	13 317	9 948	11 958	8 351	6 106	5 860	4 857	4 441	4 445	3 713	3 163	3 457	3 156
5	11 173	8 346	8 618	6 974	4 379	4 593	4 315	3 726	3 509	3 020	2 715	1 798	2 263
6	6 677	4 988	4 107	4 233	2 133	2 544	2 500	2 227	2 035	1 741	1 572	845	1 102
7	9 836	7 348	5 209	6 145	3 001	3 233	3 857	3 280	3 417	2 567	1 979	1 168	1 551
8	5 422	4 050	2 475	3 522	1 602	1 735	1 884	1 808	1 587	1 392	1 099	633	828
9	2 926	2 186	662	1 962	810	381	824	976	1 368	807	525	838	418
10	1 136	849	331	749	242	276	395	379	190	274	189	0	125
11	1 450	1 084	305	926	363	132	508	484	648	396	242	313	188
12	538	403	75	430	186	70	0	180	343	157	83	315	96
13	1 192	890	296	925	250	399	162	397	46	265	139	0	129
14	280	209	39	224	97	36	0	93	179	82	44	163	50
15	486	363	122	265	95	33	270	162	163	127	84	0	49

V. CAPTURES PAR STOCK, MÉTIER ET ÂGE, MOYENNE 1993-95, EN KG (suite)

TURBOT, 36 métiers(suite)

Age	U5.7	F1.3	U1.2	U5.9	F5.2	U4.2	F3.2	U5.4	F5.5	U5.5	U5.1	F4.1	F5.1
1	2	20	26	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	426	951	1 229	172	94	98	58	61	36	46	30	21	20
3	1 731	2 233	2 166	670	358	380	220	239	136	180	117	80	74
4	2 292	1 966	1 214	888	553	503	340	316	210	238	156	124	115
5	1 699	1 220	752	677	450	384	277	241	171	181	119	101	94
6	848	547	275	349	260	198	160	124	99	94	61	58	54
7	1 088	570	173	444	383	252	236	158	145	119	78	86	80
8	560	256	150	235	208	133	128	84	79	63	41	47	43
9	194	153	23	85	121	48	75	30	46	23	15	27	25
10	83	13	25	37	41	21	25	13	16	10	6	9	9
11	86	53	0	37	59	21	36	13	22	10	7	13	12
12	32	53	0	14	24	8	15	5	9	4	2	5	5
13	82	14	26	35	41	20	25	13	16	9	6	9	8
14	17	28	0	7	12	4	8	3	5	2	1	3	3
15	29	0	0	13	19	7	12	4	7	3	2	4	4

Age	F7.2	F3.1	U8.1	F6.2	U6.2	U5.3	F7.1	F4.3	U7.2	U5.6	F_others	U_others
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5
2	18	12	16	8	10	9	5	5	4	3	89	726
3	67	47	63	29	38	34	20	19	17	11	337	2 822
4	103	73	83	44	50	45	31	30	23	14	520	3 741
5	84	59	64	36	38	34	26	24	17	11	423	2 853
6	48	34	33	21	20	18	15	14	9	6	244	1 472
7	71	51	42	31	25	22	22	21	11	7	360	1 871
8	39	28	22	17	13	12	12	11	6	4	196	989
9	23	16	8	10	5	4	7	7	2	1	114	358
10	8	5	3	3	2	2	2	2	1	1	39	154
11	11	8	4	5	2	2	3	3	1	1	56	158
12	4	3	1	2	1	1	1	1	0	0	23	59
13	8	5	3	3	2	2	2	2	1	1	38	149
14	2	2	1	1	0	0	1	1	0	0	12	30

PRODUCTION PAR FLOTTILLE ET STOCK (tonnes)

code	FE_Ot	FW_Ot	UC_Ot	FE_Bt	UC_Bt	FE_Ot_Dr	FW_Ot_Dr	FE_Dr	FW_Dr	UC_Dr
aiguillat	86,0	97,0	11,6	0,3	11,2	12,5	26,9	55,4	7,7	4,0
algues							0,1	0,0	0,2	
araignée_F	6,0	214,5		0,1		6,8	397,0	21,6	1 876,2	
araignée_U			3,0		2,4					3,2
autres grond.	1 059,9	124,8	71,0	14,4	141,9	218,7	21,9	0,1	0,5	12,7
bar	163,1	70,7	31,0	1,8	35,7	37,3	18,9	4,6	70,6	12,3
barbue	41,5	23,0	13,8	21,4	143,1	33,9	11,6	3,0	3,6	5,9
baudroie	130,5	339,7	137,9	0,1	391,9	8,4	84,8	6,3	48,5	31,7
bouquet	0,0	0,0		0,1		0,0			23,5	
buccin	0,4	0,9	2,2		4,7	0,2	1,4	0,0	1,1	1,9
calmar	1 317,0	817,7	336,9	6,9	148,9	224,2	124,7	0,1	0,8	36,5
cardine	17,2	42,9	62,7		224,3	0,2	2,7			5,4
chinchard	552,5	60,0	359,4	3,5	1 821,4	109,4	10,8	0,1	0,4	424,5
congre	48,4	51,3	11,7	0,3	16,1	8,6	33,8	119,6	78,5	1,1
coq_autres_7d	112,6	0,2	1,5	28,4	479,9	4 043,3	132,1	605,8	8,6	306,0
coq_autres_7e	0,4	5,1	6,6		1 695,0	0,5	1 816,9	38,7	1 905,7	1 529,3
coquille_br						0,0	39,5	0,9	41,9	
coquille_mx	110,5			30,4	88,5	4 467,1	137,3	669,5		60,6
coquille_bs	0,0	0,2			0,0	0,0	43,6	0,9	45,7	
coquille_sb							1 953,0		2 467,3	
crevette grise	35,4	0,0		262,5		16,2				
dorade grise	696,2	483,1	67,7	4,1	112,9	117,2	71,5	0,3	5,1	47,0
grondin rouge	1 195,8	960,0	31,5	6,9	19,8	207,7	212,3	0,2	1,8	2,4
hareng_7d	3 076,1	158,5	3,7	3,3	6,4	258,4		0,6		2,6
hareng_7e	0,1	2,2	29,9		148,0	0,1	1,3			34,4
homard_F	0,5	1,4		0,0		0,1	0,8	1,8	34,7	
homard_U			5,0		2,4					1,3
langouste	0,1	0,7	1,5		0,5	0,0	0,6	0,3	2,6	0,1
lieu jaune	284,2	266,9	45,0	2,2	57,3	55,0	59,2	2,8	30,5	13,9
limande	524,5	13,1	39,7	77,2	59,1	147,5	0,9	4,7	0,0	9,0
limande-sole	265,7	66,3	348,3	38,8	265,5	65,8	5,7	2,6	0,0	39,2
lingue	91,7	185,2	30,4	0,2	67,2	7,5	40,8	80,2	28,2	3,0
maquereau	4 758,4	310,9	594,0	16,6	3 657,9	687,8	10,9		12,3	842,5
merlan_7d	4 428,0	94,7	68,1	27,4	142,4	899,9		5,1		48,1
merlan_7e	106,6	268,1	345,5		88,2	1,2	17,3	0,0	0,7	26,5
merlu	26,4	68,2	31,2		17,5	0,5	7,4	0,0	0,3	2,6
morue_7d	1 688,7	36,6	41,6	15,6	119,6	392,8	0,0	55,7	0,1	29,4
morue_7e	65,2	161,2	50,3		43,8	0,6	8,4	0,2	0,9	4,0
pétoncle	1 681,1	47,5	142,6	521,9	936,0	756,4	4,0	38,6	0,2	105,0
plie_7d	28,6	95,9	167,2	0,3	771,8	8,1	48,2	0,1	3,6	23,7
plie_7e	40,9	353,2	1,0	0,4	4,5	41,6	693,8	0,0	306,5	0,2
raies	737,2	628,2	170,9	6,2	257,8	153,7	239,8	24,6	71,0	32,6
rouget	557,6	114,0	25,0	4,3	42,1	120,0	16,8	0,1	1,4	5,2
roussettes	1 046,2	544,1	23,0	8,9	17,8	229,0	204,9	145,7	48,6	7,5
sardine	76,4	345,8	161,7	0,4	1 029,7	13,9	1,8	0,0	2,3	236,4
seiche	2 140,8	2 065,9	316,1	47,9	1 565,7	596,1	1 124,2	17,5	171,0	77,2
sole_7d	721,5	5,3	38,0	264,6	578,0	415,2	1,5	65,4	0,1	34,5
sole_7e	16,9	81,4	26,4	0,2	542,0	7,4	76,1	0,1	9,0	29,7
St. Pierre	48,9	88,1	59,1	0,1	29,1	5,3	20,0	0,0	0,2	4,8
tacaud	1 865,1	793,8	128,5	13,8	431,1	368,0	103,8	3,3	2,1	29,9
tourteau_F	2,9	4,3		0,2		0,9	3,1	28,3	558,3	
tourteau_U			39,1		22,1					25,0
turbot	40,4	13,0	8,2	35,2	105,1	46,8	5,3	6,2	7,4	8,5
total	29 893,9	10 105,3	4 089,4	1 466,7	16 346,2	14 791,6	7 837,3	2 010,6	7 879,6	4 161,1

ANNEXE F. Production par flottille et stock (tonnes)

code	FC_Pt	UC_Pt	FE_Nt	FW_Nt	FC_Ln	UE_Nt_Ln	UW_Nt_Ln	FC_Wk	FC_Ms	FC_Sw
aiguillat	0,8	0,2	0,5	2,7	57,8	2,6	25,4	0,7	27,7	0,0
algues	0,1		0,0		0,0			0,0	0,0	57 655,1
araignée_F	1 411,8		10,9	366,7	0,3		0,1	75,2	162,0	23,3
araignée_U		131,0				2,2	19,1			
autres grond.	0,0	0,3	1,6	0,6	0,1	2,1	5,2	0,0	0,7	0,1
bar	3,9	2,0	7,9	23,5	69,6	6,5	21,2	1,5	67,8	3,0
barbue	0,0	0,0	19,4	6,9	0,1	0,7	1,4	0,0	1,9	0,4
baudroie	1,5	0,2	58,9	116,8	0,0	3,9	58,1	3,3	16,2	4,5
bouquet	17,2	0,3		0,0					59,7	8,5
buccin	336,9	17,6	0,2	0,0		1,1	0,7	8 701,3	0,2	166,7
calmar	0,0	0,0	1,0	0,7	0,3	3,6	27,5	0,0	1,0	0,1
cardine		0,1				0,0	5,8			
chinchard	0,0		0,7	0,4	0,1	163,8	6,4	0,0	0,7	0,1
congre	8,1	0,5	1,0	7,1	160,8	1,5	27,1	4,0	69,2	0,1
coq_autres_7d			0,0	0,0		0,3	0,0		26,6	4,8
coq_autres_7e	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6		0,0	1 061,1
coquille_br	0,0		0,0	0,0	0,3		0,1	0,0	0,3	23,2
coquille_mx									28,6	
coquille_bs										25,4
coquille_sb										
crevette grise								0,0	26,0	
dorade grise	0,3	0,4	0,2	1,7	4,9	12,9	1,4	0,1	5,1	0,2
grondin rouge	0,0		1,9	2,2	0,4		2,6	0,1	1,7	0,2
hareng_7d			12,2		0,2	319,0			0,9	
hareng_7e							0,6			
homard_F	117,2		0,8	1,8	0,1			6,1	9,1	0,1
homard_U		29,8				0,7	5,5			
langouste	0,3	0,1	3,1	5,3		0,0	0,2	0,0	0,8	0,2
lieu jaune	1,5	0,2	15,5	67,5	25,8	21,5	244,7	9,1	35,6	2,4
limande			81,4	0,1	0,1	2,2	2,5		2,6	0,0
limande-sole		0,0	46,9	0,0	0,0	3,1	28,3		1,2	0,0
lingue	2,7	0,0	4,6	58,2	91,6	9,6	134,5	10,5	43,7	0,4
maquereau				3,0	39,1	240,8	18,7		40,8	0,4
merlan_7d			104,8		1,7	14,3			5,6	
merlan_7e	0,0		0,0	1,0	0,0	0,6	36,3	0,1	0,6	0,1
merlu			0,1	29,2		2,7	103,7	5,2	0,3	0,0
morue_7d	0,0	0,1	1 123,4	0,1	16,9	24,8	0,3		46,1	0,0
morue_7e	0,0	0,0	0,4	3,5	0,4	3,1	47,1	0,5	0,5	0,1
pétoncle	0,0	0,3	383,9	0,2	0,6	34,9	0,1	0,0	12,1	0,0
plie_7d	0,2	0,0	0,2	3,2	0,3	0,1	14,6	0,0	2,5	0,6
plie_7e	0,1			0,1			0,1	0,5	0,2	44,5
raies	4,6	0,8	44,1	68,9	40,2	6,5	24,0	1,7	27,8	3,6
rouget	0,0	0,0	0,4	1,5	0,0	1,0	1,7	0,0	1,4	0,2
roussettes	4,9		336,7	15,1	154,3	2,1	2,4	3,3	85,9	1,0
sardine	0,0			2,5	0,1	3,0	0,4		2,3	0,3
seiche	216,1	0,5	246,2	48,7	13,2	14,8	21,5	96,6	37,5	3,3
sole_7d		0,2	1 174,7	0,3	0,1	17,3	0,1		32,6	0,0
sole_7e	0,2		0,1	8,7	0,2	0,1	2,9	0,1	7,3	1,7
St. Pierre	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,1	5,6	0,0	0,1	0,0
tacaud	0,1	0,0	44,5	2,5	1,9	4,6	16,4	0,2	4,4	0,2
tourteau_F	1 864,7		19,6	44,0	0,0			97,5	144,6	1,5
tourteau_U		805,9				10,4	97,8			
turbot	0,1	0,0	62,0	14,3	0,2	0,7	3,8	0,1	4,1	0,8
total	3 993,2	990,8	3 809,9	909,5	681,8	938,9	1 016,2	9 018,0	1 045,8	59 038,0

ANNEXE F. Production par flottille et stock (tonnes)

code	FC_Fx	UE_und.10m	UW_und.10	Ex_moins7m	Ex_7-10m	Ex_10-12m	Ex_12-16m	Ex_16-20m	Ex_plus20m
aiguillat	11,4	19,0	29,0	0,1	0,7	0,3	0,7	12,3	56,1
algues	0,1				309,3	0,0			
araignée_F	850,6			0,0	0,3	0,4	0,3	2,8	3,2
araignée_U		325,6	336,6			0,0	0,0	0,1	0,0
autres grond.	1,0	9,7	41,6	0,0	0,2	1,5	2,6	14,0	67,4
bar	127,3	121,2	73,5	0,5	7,2	2,4	13,3	20,5	61,6
barbue	6,5	9,3	9,9	0,0	0,2	1,5	0,9	2,9	15,3
baudroie	70,6	6,1	195,2	0,0	1,1	2,8	5,2	45,9	201,1
bouquet	41,1	0,6	0,3					0,0	0,0
buccin	805,7	124,4	25,5		0,0	0,0	0,0	0,2	0,3
calmar	1,1	19,0	225,4	0,0	0,8	2,3	6,1	101,5	504,5
cardine		0,3	43,3	0,0	0,0	0,2	2,6	6,0	28,8
chinchard	0,8	7,5	46,5	0,1	0,5	0,7	6,9	12,0	5 716,2
congre	109,2	18,8	89,2	0,6	5,8	1,6	2,7	7,4	28,5
coq._autres_7d		1,1	0,0	0,0	2,0	0,5	0,0	0,1	1,4
coq._autres_7e	0,1	0,2	457,5	6,5	110,4	25,0	11,0	10,4	31,3
coquille_br	0,5			0,1	2,4	0,6	0,0	0,0	0,0
coquille_mx					1,6				
coquille_bs				0,2	2,7	0,6	0,0	0,0	0,0
coquille_sb									
crev. grise									
dorade grise	9,1	48,4	1,4	0,6	3,9	0,7	43,2	97,2	361,4
grondin rouge	3,0		21,2	0,1	1,2	1,2	6,5	115,9	571,1
hareng_7d	1,0	23,3				0,4	3,3	0,2	2 671,9
hareng_7e			4,6	0,0	0,0	0,0	0,5	0,7	355,7
homard_F	52,5				0,0	0,0	0,0	0,2	0,7
homard_U		78,0	92,1			0,0	0,0	0,1	0,0
langouste	3,5	0,4	1,9		0,0	0,1	0,0	0,1	0,2
lieu jaune	74,6	62,9	316,3	0,2	3,1	1,4	3,6	46,1	162,6
limande	7,8	17,8	20,4		0,1	4,4	0,9	1,2	12,1
limande-sole	4,6	14,5	226,1	0,0	0,1	3,9	3,7	11,4	47,0
lingue	56,8	23,1	194,3	0,3	2,2	0,9	2,7	34,8	114,5
maquereau	38,0	400,6	514,2	0,2	2,8	8,2	37,2	27,6	10 743,5
merlan_7d	9,1	82,0		0,0	0,0	5,6	4,7	3,8	8,1
merlan_7e	1,3	3,6	244,9	0,0	0,3	1,1	3,7	37,5	182,4
merlu	10,2	4,4	62,5	0,0	0,1	0,1	0,8	15,4	44,9
morue_7d	99,0	519,1	0,8	0,0	0,3	23,3	1,8	2,5	12,4
morue_7e	2,2	6,3	88,0	0,0	0,2	0,2	1,0	21,3	109,1
pétoncle	36,9	317,9	1,3	0,0	0,6	26,4	2,2	8,7	95,9
plie_7d	5,3	0,5	118,1	0,0	0,4	1,2	6,5	12,8	52,7
plie_7e	0,3		0,7	0,0	3,5	1,9	5,7	27,6	22,8
raies	97,0	43,2	128,1	0,3	4,2	4,0	7,5	75,3	335,3
rouget	2,4	4,0	13,6	0,0	0,2	0,8	1,3	13,4	68,7
roussettes	98,2	14,4	11,8	0,5	4,2	7,3	6,2	65,3	289,3
sardine	4,1	0,4	1,5	1,5	7,7	0,1	100,5	134,4	2 899,2
seiche	141,7	127,6	188,0	0,3	3,4	9,6	25,7	229,5	956,5
sole_7d	113,1	324,4	1,0		1,6	59,6	0,4	1,9	31,4
sole_7e	14,0	0,3	27,7	0,0	0,8	0,8	4,6	9,3	28,6
St. Pierre	0,4	0,3	40,8	0,0	0,1	0,2	0,9	11,1	52,7
tacaud	7,4	25,2	85,9	0,1	1,0	3,9	8,3	98,4	497,0
tourteau_F	842,2			0,0	0,3	0,7	0,1	0,8	1,7
tourteau_U		1 970,4	1 925,8			0,1	0,4	0,4	0,2
turbot	15,0	7,3	13,4	0,0	0,3	3,2	0,8	1,8	13,4
total	3 776,3	4 782,7	5 919,8	12,4	487,6	212,0	337,1	1 342,9	27 458,6

ANNEXE G. MÉMENTO SUR LES PROGRAMMES INFORMATIQUES DE BECHAMEL

Localisation des fichiers :

données initiales :
/home/httpd/html/projet/MODELE/donnees_ori
programmes de calcul (fichiers .pl) :
/home/httpd/cgi-bin
résultats et simulation :
/home/httpd/html/projet/MODELE/simulation

initialisation des capturabilités pour les espèces de type 1 et 2 (en cas de changement de données initiales : travailler sous une session, puis rebasculer ensuite sur donnees_ori)

programmes : F_prod_par_metier_simu.pl
F_prod_inout_simu.pl
q_par_metier_simu.pl
q_inout_simu.pl

programme F_prod_par_metier_simu.pl

but : calcule les mortalités par pêche par métier pour les espèces de type 1, en fonction de la production par métier et de la mortalité totale (inputs 1993-1995)

entrée : session

F_tot
captures_moy

calcul : recherche des espèces de type 1
calcul de F partiel par âge et par métier au prorata des captures (y compris métiers autres)

sortie : exploitation_moy (1 fichier par espèce)

F_autres_metiers(1 fichier par espèce)

programme F_prod_inout_simu.pl

but : calcule les mortalités par pêche par métier pour les espèces de type 2, en fonction de la production par métier et de la mortalité totale (inputs 1993-1995)

entrée : session

inout_F1a et _F2
captures_moy

calcul : recherche des espèces de type 2
calcul de F partiel par âge et par métier au prorata descaptures (y compris métiers autres)

sortie : expl_1a et _2 (1 fichier par espèce)

expl_1a_autres et _2_autres (1 fichier par espèce)

programme q_par_metier_simu.pl

but : calcule les capturabilités moyennes par métier pour les espèces de type 1 en fonction des F par métier et de l'effort moyen 1993-1995

entrée : session

effort_metier
exploitation_moy

calcul : pour chaque espèce, âge et métier, $q=(F/E)*10^6$

sortie : capturabilite (1 fichier par espèce)

programme q_inout_simu.pl

but : calcule les capturabilités moyennes par métier pour les espèces de type 2

en fonction des F par métier et de l'effort moyen 1993-1995

entrée : session

effort_metier
expl_1a et _2

calcul : pour chaque espèce, composante, âge et métier, $q=(F/E)*10^6$

sortie : q1a et q2 (1 fichier par espèce)

Entrée dans Bechamel :

<http://hal11.roazhon.inra.fr/projet/MODELE/>

click sur **entrée** : ouvre une nouvelle fenêtre

</home/httpd/html/projet/MODELE/session.html>

rentrer un nom de session en un mot et appuyer sur **entrée**

programme creer_session.pl

but : *créer un sous-répertoire du nom de la session dans tous les répertoires de calcul (sous répertoires de /simulation) si le nom de session n'a pas déjà été utilisé, et les remplir avec une copie des données initiales, ou reprendre les anciens fichiers du nom de la session dans le cas contraire

NB : dans la suite du texte, à chaque fois qu'on parle d'un répertoire de calcul dans une simulation, on sous-entend en fait le sous-répertoire portant le nom de la session. Par exemple le répertoire "recrutement" est en fait le répertoire :

</home/httpd/html/projet/MODELE/simulation/recrutement/session/>

* créer l'interface de simulation, divisée en 3 frames : info, inputs et resultat.

frame info : tmp/session/nom_session.html

boutons de la frame info :

* nom de la session

* information : renvoie dans la frame inputs
</MODELE/info.html>

* simulation : lance dans la frame inputs
inputs.pl
* run : lance dans la frame resultat
frame_calcul.pl
* run_bio : lance dans la frame resultat
frame_calcul_bio.pl

frame inputs : affichage selon la commande lancée depuis la frame info

fichier d'attente : tmp/session/menu.html

* *commande information* : 5 boutons :

ESPECES : liste des espèces.

/MODELE/nom_esp.html

METIERS : liste des métiers.

/MODELE/nom_met.html

FLOTTILLES : liste des flottilles

/MODELE/nom_fleet2.html

STRUCTURE : structure du modèle

/MODELE/modele1.html

Prod 93-95: production moyenne par métier

* *commande simulation* : affichage des inputs qu'on veut pouvoir modifier pour une simulation.

programme de modification :

modif_matrice.pl

répertoires modifiables : activité

capturabilité

biologie

recrutement

modèle_global

quotas

couts_fixes

couts_var

prix

simulation sur la

méthode In/Out : choix_inout.pl

frame résultat : va recevoir tous les résultats de calcul.

fichier d'attente : /MODELE/attente.html

programme modif_matrice.pl

but : affiche dans la frame résultat la liste des fichiers modifiables (tous les fichiers existant dans le répertoire demandé), permet le choix d'un fichier, et enregistre ou annule les modifications éventuelles faites sur ce fichier et sur les autres fichiers du même répertoire.

entrée : répertoire

session

pas de programmes complémentaires appelés

programme choix_inout.pl

but : permet de modifier le paramètre alpha d'un stock évalué par la méthode In/Out, puis recalcule les mortalités par pêche, capturabilités et recrutements pour chaque composante en fonction de la nouvelle valeur de alpha. Les nouvelles valeurs sont écrites à la place des anciennes.

entrée : session

in_out_alpha

calcul : lectures des captures aux âges : /donnees_ori/IN_OUT/Ca

si le stock appartient à Ca : In/Out sur tableau complet

I_O.pl

sinon : In/Out en pseudo-cohorte à l'équilibre

I_O_eql.pl

sortie : in_out_Fmoy (1 fichier par espèce)

programmes complémentaires I_O.pl et I_O_eql.pl

entrée : session

espèce

alpha

biologie

/donnees_ori/IN_OUT/C*

calcul : * calcul des captures par stock en fonction de alpha et des captures par zone

* méthode In/Out avec résolution

numérique par la méthode de Newton

* boucle jusqu'à stabilisation :

dernière année=moyenne des 3 dernières années (sur tableau complet)

dernier âge=moyenne des 2 derniers âges

* calcul des mortalités par zone (F1a et F1b) au prorata des captures par zone

* calcul du recrutement moyen par

moyenne géométrique (sur tableau complet)

* programmes complémentaires appelés :

F_prod_inout_alpha.pl

q_inout_alpha.pl

sortie : in_out_Fmoy (1 fichier par espèce)

in_out_matrice_F* (1 fichier par espèce)

in_out_matrice_N* (1 fichier par espèce)

recrutement (1 fichier par espèce)

programme F_prod_inout_alpha.pl

but : calcul des mortalités par pêche par métier pour les espèces IN/OUT en fonction des mortalités F1a et F2 simulées par changement de alpha, et de la production par métier 1993-1995.

entrée : session

espèce

in_out_Fmoy

donnees_ori/captures_moy

calcul : lecture des productions moyennes par métier et par âge (y compris colonnes_others)

calcul de F1a et F2 par métier au prorata des captures

sortie : F1b (1 fichier par espèce)

in_out_expl_1a et _2 (1 fichier par espèce)

in_out_expl_1a_autres et _2_autres (1 fichier par espèce)

programme q_inout_alpha.pl

but : calcul des capturabilités moyennes par métier pour les espèces IN/OUT en fonction des F par métier simulés avec un changement de alpha et d'effort moyen (inputs 1993-1995)

entrée : session
 espèce
 /donnees_ori/effort_metier
 in_out_expl_1a et _2
calcul : lecture de l'effort et de la mortalité par pêche
 calcul de la capturabilité pour chaque composante ($q=(F/E)*10^6$)
sortie : q1a et q2 (1 fichier par espèce)

retour au calcul général du modèle

programme frame_calcul.pl

but : lancer le calcul et afficher le sommaire des résultats dans la frame résultat
entrée : session
calcul : lance le programme calcul.pl
 séparation de la frame résultat en deux frames : choix et résultats
frame choix : /tmp/session/choix_matrice.html
 affiche le sommaire des outputs visibles, pour l'activité, la production, la biologie et l'économie

programme d'affichage : affichage_mat.pl
 répertoires affichables :

- eff_flot_ns
- effort_flottille
- effort_metier
- F_par_metier
- prod_metier
- prod_flottille
- prod_met_ns
- prod_metier
- prod_esp
- cpue_metier
- couts_fixes
- revenu
- couts_var_calcules

autres programmes d'affichage :

- Y_SSB_PR.pl
- courbes_biol.pl
- Y_inout.pl
- Y_inout_plmt.pl
- modele_global.pl
- modele_global_plmt.pl
- quota.pl

frame résultats : va recevoir tous les résultats de calcul.

fichier d'attente : tmp/session/attente.html

programme calcul.pl

but : lance tous les programmes de calculs successivement

entrée: session

calcul : effort_flottille_simu.pl
 effort_flot_ns_simu.pl
 effort_metier_simu.pl
 effort_met_ns_simu.pl
 F_par_metier_simu.pl

- F_par_metier_inout.pl
- prod_par_metier_simu.pl
- prod_par_metier_inout.pl
- prod_met_modele_global.pl
- prod_met_tot.pl
- prod_met_ns_simu.pl
- prod_par_espece_simu.pl
- cpue_metier_simu.pl
- prod_flottille_simu.pl
- prod_pays.pl
- calc_prix.pl
- revenu.pl
- profits.pl
- numerus_closus.pl
- bilan.pl

programme effort_flottille_simu.pl

but : calcule l'effort standard par flottille (y compris flottilles extérieures et métiers extérieurs)

entrée : session
 activité
 activ_ext

calcul lecture des fichiers nbr_btx, puissance_de_pêche, tmps_pêche et activité
 multiplication des paramètres par métier, flottille et classe de taille

sortie : effort_flottille (1 fichier par flottille)
 effort_flottille_ext (1 fichier par flottille)

programme effort_flot_ns_simu.pl

but : calcule l'effort non standardisé par flottille (y compris flottilles extérieures et métiers extérieurs)

entrée : session
 activité
 activ_ext

calcul : lecture des fichiers nbr_btx, tmps_pêche et activité
 multiplication des paramètres par métier, flottille et classe de taille

sortie : eff_flot_ns (1 fichier par flottille)
 eff_flot_ns_ext (1 fichier par flottille)
 metiers_exterieurs (1 fichier par flottille)

programme effort_metier_simu.pl

but : somme par métier les efforts standards de chaque flottille (y compris flottilles extérieures et métiers extérieurs)

entrée : session
 effort_flottille
 effort_flottille_ext
 activite

calcul : lecture des fichiers standard par flottille omme par métier

sortie : effort_metier (fichier effort)

programme effort_met_ns_simu.pl

but : somme par métier les efforts non standardisés de chaque flottille par classe de

taille (y compris flottilles extérieures) en enlevant les métiers extérieurs.

entrée : session
 eff_flot_ns
 eff_flot_ns_ext
 activite

calcul : lecture des fichiers non standardisés par flottille

somme par métier

sortie : effort_metier (fichier effort_ns)

programme F_par_metier_simu.pl

but : calcule les mortalités par pêche par métier pour les espèces de type 1 en fonction de la capturabilité par âge et de l'effort simulé

entrée : session
 effort_metier
 capturabilite

calcul : lecture des fichiers effort et capturabilité par espèce

calcul de F par âge : $F=q*E/10^6$

sortie : F_par_metier (1 fichier par espèce)

programme F_par_metier_inout.pl

but : calcule les mortalités par pêche par métier pour les espèces de type 2 (In/Out) en fonction de la capturabilité par âge et de l'effort simulé

entrée : session
 effort_metier
 q1a et q2

calcul : lecture des fichiers effort et capturabilité par espèce

calcul de F par âge pour les deux

composantes 1a et 2: $F=q*E/10^6$

sortie : F1a et F2 (1 fichier par espèce)

programme prod_par_metier_simu.pl

but : calcule la production par métier (plus autres métiers) pour les espèces de type 1, en fonction des F par âge, du recrutement et des quotas éventuels (en tonnes)

entrée : session
 F_par_metier
 F_autres_metiers
 biologie
 recrutement
 effort_metier
 quotas

calcul : calcul de la mortalité par pêche totale estimation des captures âge par âge avec équation de survie et de captures

comparaison de la production totale avec

un quota éventuel

en cas de dépassement, rejets au prorata des captures de chaque métier

sortie : prod_metier (fichiers production + prod_LT_autres)

F_tot (1 fichier par espèce)

simu_quotas (fichier ratio_quota_prod)

programme prod_par_metier_inout.pl

but : calcule la production par métier (plus autres métiers) pour les espèces de type 2, en fonction des F par âge, du recrutement et des quotas éventuels (en tonnes)

entrée : session
 in_out_Fmoy
 F1a et F2
 in_out_expl_1a_autres et _2_autres
 biologie
 recrutement
 effort_metier
 quotas

calcul : estimation des captures de chaque composante âge par âge avec équation in/out

somme des productions de chaque composante

comparaison de la production totale avec un quota éventuel

en cas de dépassement, rejets au prorata des captures de chaque métier

sortie : prod_metier (fichiers production + prod_LT_autres)

simu_quotas (fichier ratio_quota_prod)

programme prod_met_modele_global.pl

but : calcule la production par métier (plus autres métiers) pour les espèces de type 3 par modèle global en fonction de abm, capturabilités et quotas éventuels (tonnes)

entrée : session
 modele_global
 effort_metier
 quotas

calcul : calcul de la mortalité totale (en considérant que effort autres métiers=1

calcul de B et Y en fonction des coefficients abm

comparaison de la production totale avec un quota éventuel

en cas de dépassement, rejets au prorata des captures de chaque métier

sortie : prod_metier (fichiers production + prod_LT_autres)

simu_quotas (fichier ratio_quota_prod)

programme prod_met_tot.pl

but : calcule la production totale par métier

entrée : session
 prod_metier

calcul : somme de la production sur toutes les espèces

sortie : prod_metier (fichier prod_met_tot)

programme prod_met_ns_simu.pl

but : calcule la production (tonnes) par métier et classe de taille

entrée : session
 prod_metier
 effort_metier

activite
calcul lecture des données de production et d'effort standardisé et non, par métier
 calcul de la production par classe de taille au prorata du ratio effort non standardisé*puissance de pêche/effort standardisé

sortie : prod_met_ns (1 fichier par espèce)

programme prod_par_espece_simu.pl

but : calcule la production par espèce en fonction de la production par métier (tonnes)

entrée : session

prod_métier

calcul pour chaque espèce, somme sur les métiers plus autres métiers

sortie : prod_esp (fichier production)

programme cpue_métier_simu.pl

but : calcule les cpue par métier et par espèce pour une unité standard d'effort (kg/jour)

entrée : session

prod_métier

effort_métier

calcul pour chaque espèce et chaque métier, U=Y/E

sortie : cpue_métier (fichier cpue)

programme prod_flottille_simu.pl

but : calcule la production par flottille et classe de taille en fonction de l'effort standard par classe de taille et CPUE par métier (tonnes)

entrée : session

cpue_métier

effort_flottille

calcul pour chaque espèce, classe de taille et flottille, calcul de la production par métier pratiqué, et somme sur tous les métiers

sortie : prod_flottille (1 fichier par flottille)

programme prod_pays.pl

but : calcule les productions par pays et par espèce en fonction des productions par métiers et autres métiers

entrée : session

prod_métier

calcul : lecture production et prod_LT_autres somme par pays en fonction de la première lettre du métier

sortie : prod_métier (fichier prod_pays)

programmes économiques,

cf Le Gallic (en prép.)

autres programmes d'affichage

programme Y_SSB_PR.pl

but : affiche Y, SSB et valeurs par recrue pour les espèces de type 1, effort total

entrée : session

F_par_métier

tmp

calcul : recherche des espèces de type 1
 création du tableau de résultats

programme complémentaire : yssbpr.pl

sortie : résultats pour chaque valeur du multiplicateur d'effort

analyse de sensibilité (mf=1,01)

graphe

programme courbes_biol.pl

but : mesure l'effet du changement de l'effort d'un métier pour les espèces de type 1, les autres métiers étant constants

entrée : session

F_par_métier

tmp

calcul : recherche des espèces de type 1
 création du tableau de résultats

programme complémentaire :

ypr_multimetier.pl

sortie : résultats pour chaque valeur du multiplicateur d'effort

analyse de sensibilité (mf=1,01)

graphe

programme Y_inout.pl

but : affiche Y,U pour les espèces de type 2, effort total

entrée : session

F1a

tmp

in_out_alpha

calcul : recherche des espèces de type 2
 création du tableau de résultats

programme complémentaire : inout_y.pl

sortie : résultats pour chaque valeur du multiplicateur d'effort

analyse de sensibilité (mf=1,01)

graphe

programme Y_inout_plmt.pl

but : mesure l'effet du changement de l'effort d'un métier pour les espèces de type 2, les autres métiers étant constants

entrée : session

F1a

tmp

in_out_alpha

calcul : recherche des espèces de type 2
 création du tableau de résultats

programme complémentaire :

inout_y_plmt.pl

sortie : résultats pour chaque valeur du multiplicateur d'effort

analyse de sensibilité (mf=1,01)
 graphe

programme modele_global.pl

but : affiche Y, U, S pour les espèces de type 3, effort total

entrée : session
 modele_global
 tmp

calcul : recherche des espèces de type 3
 création du tableau de résultats
 programme complémentaire : modglob.pl

sortie : résultats pour chaque valeur du multiplicateur d'effort

analyse de sensibilité (mf=1,01)
 graphe

programme modele_global_plmt.pl

but : mesure l'effet du changement de l'effort d'un métier pour les espèces de type 2, les autres métiers étant constants

entrée : session
 modele_global
 tmp

calcul : recherche des espèces de type 3
 création du tableau de résultats
 programme complémentaire

modglob_multimetier.pl

sortie : résultats pour chaque valeur du multiplicateur d'effort

analyse de sensibilité (mf=1,01)
 graphe

programme quota.pl

but : mesure l'effet à long terme d'un quota

entrée : session
 simu_quotas
 quotas
 tmp
 F_par_metier
 Fla
 modele_global

calcul : choix des espèces pour lesquelles le quota est inférieur à la production estimée (dans simu_quota)

recherche de quel type est l'espèce choisie (1,2 ou 3)

ratio quota/production appliqué comme multiplicateur d'effort

programmes complémentaires selon le type d'espèce : yssbpr.pl
 inout_y.pl
 modglob.pl

sortie : comparaison entre la production à niveau actuel et la production après réduction d'effort suite à un quota

 autres calculs biologiques

programme frame_calcul_bio.pl

but : idem que frame_calcul mais avec des sorties différentes

entrée : session

calcul : lance le programme calcul_bio.pl (m^{ême} que calcul.pl mais sans programmes économiques)

séparation de la frame résultat en deux frames : choix et résultats

frame choix : /tmp/session/choix_matrice.html comme dans frame_calcul.pl mais sans les résultats économiques et avec analyses de sensibilité en plus

analyses de sensibilité :

sensiesp.pl (par espèce)

sensimet.pl (par métier)

sensicapt.pl (matrice espèce/métier)

interactions_metiers.pl (impact d'un métier sur les autres)

interact_metiers_reciproque.pl

(sensibilité d'un métier aux autres)

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GÉNÉRALE	7
PREMIÈRE PARTIE : CONTEXTE HALIEUTIQUE ET SCIENTIFIQUE	13
INTRODUCTION	16
1. DESCRIPTIF DES PÊCHERIES DE LA MANCHE	16
1.1. La Manche, bassin halieutique ouvert	17
1.1.1. <i>Caractérisation hydroclimatique du milieu naturel</i>	17
1.1.2. <i>Découpage géographique et administratif</i>	18
1.2. Ports et points de débarquement	19
1.2.1. <i>Dispersion des points de débarquement</i>	19
1.2.2. <i>Classement des quartiers et districts maritimes</i>	20
1.2.3. <i>Importance des ports de la Manche dans l'activité halieutique française</i>	21
1.3. Espèces et niveaux de production	23
1.3.1. <i>Les espèces présentes en Manche</i>	23
1.3.2. <i>Captures totales</i>	23
1.3.3. <i>Captures officielles par pays</i>	25
1.3.4. <i>Place des espèces débarquées en Manche dans les débarquements français</i>	27
1.3.5. <i>Tendances inter-annuelles</i>	28
1.3.6. <i>Espèces et stocks</i>	28
1.3.7. <i>Évaluation des stocks et aspects réglementaires</i>	31
1.4. Navires et activités de pêche	32
1.4.1. <i>Caractéristiques techniques des navires</i>	32
1.4.2. <i>Notions de métiers et d'interactions techniques</i>	33
1.4.3. <i>Principales activités de pêche et interactions techniques en Manche</i>	35
1.4.4. <i>Flottes et stratégies d'exploitation</i>	39
1.5. Conclusion	42
2. ÉTUDES ANTÉRIEURES RÉALISÉES EN MANCHE	43
2.1. Biologie des espèces et évaluation des stocks	43
2.1.1. <i>Études biologiques monospécifiques</i>	43
2.1.2. <i>Étude biogéographique des stocks</i>	44
2.1.3. <i>Évaluation des stocks</i>	46
2.2. Facteurs de production et activités de pêche	46
2.2.1. <i>Flottes et navires</i>	46
2.2.2. <i>Activités de pêche et métiers</i>	47
2.3. Production, captures et marchés	47
2.3.1. <i>Étude des rejets</i>	47
2.3.2. <i>Élaboration d'une base de données de production commune</i>	49
2.3.3. <i>Étude des marchés</i>	49
2.4. Modélisation bioéconomique	50
2.5. Conclusion	51
3. LES MODÈLES BIOÉCONOMIQUES DES PÊCHERIES	52
3.1. Place des modèles en halieutique	52
3.1.1. <i>Qu'est-ce qu'un modèle ?</i>	52
3.1.2. <i>modélisation bioéconomique des ressources naturelles</i>	53
3.2. Objectifs et structure des modèles bioéconomiques des pêcheries	53
3.2.1. <i>Objectifs</i>	53
3.2.2. <i>Structure</i>	54

3.3. Différentes classifications des modèles bioéconomiques	55
3.3.1. Modèles dynamiques et modèles statiques	56
3.3.2. Modèles de simulation et modèles d'optimisation	57
3.3.3. Modèles mono et plurispécifiques	58
3.4. Applicabilité et limites des modèles bioéconomiques	59
3.4.1. Applicabilité	59
3.4.2. Limites	60
3.5. Conclusion	61
4. BILAN : CONTRAINTES ET STRUCTURE DE BASE DU MODÈLE BIOÉCONOMIQUE DE LA MANCHE	62
4.1. Exhaustivité des stocks et activités	62
4.2. Complexité et hétérogénéité	63
4.3. interactions techniques	64
4.4. flottilles extérieures, métiers extérieurs, stocks extérieurs	64
4.5. Echelle spatio-temporelle	65
4.6. Articulation biologie - économie	66
4.7. Conclusion	68
CONCLUSION	68
DEUXIÈME PARTIE : COLLECTE ET VALIDATION DES DONNÉES	69
INTRODUCTION	72
5. INVENTAIRE DES DONNÉES DISPONIBLES ET CHOIX DES ANNÉES DE RÉFÉRENCE	72
5.1. Données biologiques	72
5.1.1. Données françaises	73
5.1.2. Données anglaises	75
5.1.3. Données belges	75
5.2. De la marée au métier	75
5.2.1. Allocation par métier des données de production	76
5.2.2. Allocation par métier des données d'effort	76
5.2.3. Différences entre les 2 sources de données	77
5.3. Données économiques	77
5.3.1. Données de prix	77
5.3.2. Données de coût	78
5.4. Choix des années de référence	78
6. VALIDITÉ DES DONNÉES DE BASE ET EXTRAPOLATION	80
6.1. Sources d'incertitude sur la validité des données	80
6.1.1. Données de production	80
6.1.2. Données de prix	81
6.1.3. Données des coûts	81
6.2. Une méthode d'extrapolation des données françaises de production (Laurans, 1998)	81
6.2.1. Méthode	82
6.2.2. Résultats	84
6.2.3. Mise en oeuvre	84
6.3. Extrapolation empirique	85

6.4. Bilan : production moyenne 1993-1995 utilisée dans le modèle	87
6.4.1. Validité et méthode d'extrapolation des métiers français	87
6.4.2. Production moyenne 1993-1995 par métier et par stock	88
6.4.3. Conclusion sur la fiabilité des données de production	93
7. LA BASE DE DONNÉES BAHAMAS	94
7.1. Présentation	94
7.2. Structure informatique	94
7.3. Description des tables	95
7.4. Incorporation des données dans BAHAMAS	96
7.5. Interrogation de la base	97
CONCLUSION	98
TROISIÈME PARTIE : MÉTHODES D'ÉVALUATION DES STOCKS DE LA MANCHE	101
INTRODUCTION	104
8. RAPPELS SUR LES MODÈLES UTILISÉS EN DYNAMIQUE DES POPULATIONS HALIEUTIQUES	105
8.1. Méthodes structurales	106
8.1.1. Principe de l'analyse des cohortes	106
8.1.2. Méthodes de stabilisation et de calibration de la VPA sur tableau complet	107
8.1.3. Analyse de pseudo-cohorte isolée et analyse rectifiée des pseudo-cohortes.	109
8.1.4. Estimation des courbes de production	110
8.2. Méthodes globales	111
8.2.1. Différents types de modèles	112
8.2.2. Ajustement d'un modèle global	114
8.2.3. Méthode empirique d'estimation de la courbe de production à l'équilibre	115
8.3. Discussion : choix et validité des modèles utilisés	117
9. UNE MÉTHODE D'ÉVALUATION DES STOCKS LOCAUX : LE MODÈLE IN / OUT	119
9.1. Formalisation du modèle In/Out	120
9.1.1. Séparation des captures	120
9.1.2. Évaluation des 2 stocks.	121
9.1.3. Fonctions de production	122
9.2. Détermination de β	123
9.3. Application de la méthode aux stocks de la Manche	124
9.4. Résultats détaillés de la méthode appliquée à la sole de Manche Est	125
9.4.1. Évaluation	125
9.4.2. Estimation de β	129
9.5. Application aux autres stocks	130
9.6. Interprétation et discussion	133
9.6.1. Analyse et validité des résultats obtenus	133
9.6.2. Intérêt et contraintes de la méthode	134
9.7. Conclusion	135

10. APPLICATION DES MÉTHODES D'ÉVALUATION AUX STOCKS DE LA MANCHE	136
10.1. Estimation des captures aux âges : données d'échantillonnage disponibles et estimation du diagramme d'exploitation par métier	136
10.1.1. Cas où les captures totales sont disponibles	138
10.1.2. Cas où les captures totales ne sont pas disponibles	139
10.2. Modèle d'évaluation utilisé pour chaque stock	141
10.3. Paramètres biologiques et paramètres des modèles d'évaluation	142
 CONCLUSION	 146

QUATRIÈME PARTIE : CONSTRUCTION DE BECHAMEL (BIO-ECONOMIC CHANNEL MODEL). ANALYSE DU MODULE D'ACTIVITÉ ET DU MODULE DE PRODUCTION	147
--	------------

INTRODUCTION	150
--------------	-----

11. MODÉLISATION DE L'ACTIVITÉ DE PÊCHE	151
--	------------

11.1. Principe et architecture d'un modèle par flottille et par métier, notion de diagramme d'activité	151
11.2. Données utilisées	153
11.3. Choix des classes de taille	153
11.4. Définition des métiers	154
11.4.1. Métiers Manche	154
11.4.2. Métiers extérieurs	154
11.5. Estimation des puissances de pêche	155
11.5.1. Choix de la classe de taille standard	155
11.5.2. Puissance de pêche par métier et classe de taille	155
11.6. Définition des flottilles	156
11.6.1. Flottilles Manche	156
11.6.2. Flottilles extérieures	159
11.7. Résultats	160
11.7.1. Paramètres utilisés dans le modèle	160
11.7.2. Analyse par flottille	165
11.7.3. Analyse par métier	167

12. LE MODULE BIOLOGIQUE : MODÉLISATION DE LA PRODUCTION	169
---	------------

12.1. Méthode d'estimation de la production simulée	169
12.1.1. Principe du calcul de la production par métier	169
12.1.2. Méthode d'estimation des coefficients de capturabilité	170
12.1.3. Cas des métiers agrégés	172
12.1.4. Production par flottille	172
12.2. Résultats : retour sur la production par métier et flottille, comparaison entre production simulée et observée	174
12.2.1. Production par métier	174
12.2.2. CPUE par métier et par stock	175
12.2.3. Production par flottille	177
12.2.4. Production par pays	179
12.3. Récapitulatif : quelques chiffres clés du module d'activité et du module de production de BECHAMEL	180

13. LIAISON AVEC LE MODULE ÉCONOMIQUE	183
13.1. De la production au revenu	183
13.1.1. Le modèle de prix	183
13.1.2. Estimation du revenu	184
13.2. Le modèle de coûts	186
13.3. Indicateurs de performance économique	187
14. ARCHITECTURE DU MODÈLE DE SIMULATION BECHAMEL	188
14.1. Récapitulatif des paramètres d'entrée et du déroulement chronologique des calculs	188
14.1.1. Module d'activité	188
14.1.2. Module de production	189
14.1.3. Module économique	190
14.1.4. Bilan et gamme des simulations possibles	191
14.2. Structure informatique	193
14.2.1. Choix informatiques de modélisation	193
14.2.2. Structure informatique de BECHAMEL	196
CONCLUSION	200

CINQUIÈME PARTIE : ANALYSES DE SIMULATIONS : SENSIBILITÉ, ÉTAT D'EXPLOITATION, INTERACTIONS ET GESTION	203
---	------------

INTRODUCTION	206
15. INFLUENCE DE L'INCERTITUDE ET DE LA VARIABILITÉ DES PARAMÈTRES D'ENTRÉE SUR LES RÉSULTATS	206
15.1. Définition des paramètres d'entrée et des variables de sortie étudiés	207
15.1.1. Paramètres d'entrée étudiés	208
15.1.2. Variables de sortie	208
15.1.3. Les différentes analyses réalisées	210
15.2. Sensibilité du modèle liée à l'incertitude des paramètres d'entrée	210
15.2.1. Principe de l'analyse par simulation	210
15.2.2. Étude de la capturabilité	210
15.2.3. Sensibilité des outputs globaux	215
15.3. Sensibilité du modèle liée à la variabilité naturelle des paramètres biologiques	218
15.4. Conclusion	219
16. SYNTHÈSE DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT D'EXPLOITATION DES STOCKS EN MANCHE	221
16.1. Étude de la biomasse	221
16.1.1. Indices de biomasse et relation biomasse/effort total	221
16.1.2. Relation entre la biomasse et l'effort par métier. Typologie des stocks	223
16.1.3. Indices de diversité	227
16.2. Étude des captures	228
16.2.1. Diagnostic plurispécifique	228
16.2.2. Détermination du MSY	230
16.2.3. Typologie des stocks en fonction des captures	232
16.3. Bilan et conclusion	234

17. ÉTUDE DES INTERACTIONS TECHNIQUES	239
17.1. Interactions pêcheur - ressource	239
17.1.1. <i>Espèces cibles et accessoires</i>	239
17.1.2. <i>Impact des différentes activités de pêche sur la biomasse exploitée</i>	242
17.2. Interactions inter-métiers et inter-flottes	248
17.2.1. <i>Méthode</i>	248
17.2.2. <i>Interactions techniques entre métiers</i>	249
17.2.3. <i>Interactions techniques entre flottes</i>	252
17.3. Conclusion	257
18. ÉTUDE DE DIFFÉRENTS SCÉNARIOS DE GESTION	259
18.1. Mesures directes de régulation de l'effort de pêche.	259
18.1.1. <i>Réduction d'un seul segment d'une flotte</i>	260
18.1.2. <i>Réduction du temps de pêche de tous les navires</i>	262
18.1.3. <i>Comparaison économique stochastique entre une variation du temps de pêche et une variation du nombre de navires</i>	263
18.2. Mesures indirectes de limitation des captures (TAC)	266
18.2.1. <i>Justification et principe</i>	266
18.2.2. <i>Conséquences de la mise en place d'un TAC sur la baudroie</i>	267
18.2.3. <i>A propos de deux cas d'actualité</i>	272
18.3. Conclusion	275
CONCLUSION	276
CONCLUSION GÉNÉRALE	279
BIBLIOGRAPHIE	285
Publications - communications	297
ANNEXES	299
Annexe A : dénomination des codes utilisés	301
Annexe B : localisation géographique de quelques ports et zones cités dans le texte	307
Annexe C : Tableaux de report d'effort	311
Annexe D : Clés d'allocation des métiers français utilisées dans BAHAMAS	315
Annexe E : Paramètres d'entrée de BECHAMEL	319
Annexe F : Production par flotte et stock	333
Annexe G : Mémento sur les programmes informatiques de BECHAMEL	337

ABSTRACT

Fisheries management is mainly based on exploited population dynamics modelling. Integrating ecological, economic or social perspectives in biological models leads to take into account major relationships between resources and their natural or human environment, whereas these relationships were too often kept aside before. This study, realised within an European program (program FAIR CT-96-1993 dealing with "bioeconomic modelling of the fisheries of the English Channel"), aims to model, biologically and economically, the various interactions existing within this coastal fishery.

I. The first part presents **the fishery, and the general scientific background** of the study, pointing out the difficulties to model such a complex fishery. Main characteristics are the **diversity** of exploited resources and fishing activities, and the **heterogeneity** of the current level of knowledge. Consequently, no global quantitative approach has been developed before, at the whole fishery scale. Main structural and cognitive constraints to the modelling process are pointed out, supported by a bibliographical synthesis on bioeconomic modelling in fisheries science.

II. The second part is devoted to the **data collection and validation**. Main basic data, either existing previously in various countries databases or collected during the project, are described. Data validity limits, and the methods developed to counterpart this problem, are discussed. Finally, the international database used during the program is presented. It gathers data relative to 29 fleets, practising 55 métiers during the 1993-95 reference period.

III. The third part is a methodological development on **Channel stocks assessment**, aiming to estimate the production functions to be included in the general bioeconomic model. An homogeneous framework must be developed to integrate all the complexity, and particularly the entities on which the scientific knowledge is the weakest. After general notions on usual assessment methods (structural analysis and surplus production models), a structural assessment method, called the In/Out method, is presented. It focuses on the local stocks problematic, and the problem of fitting assessment and management spatial scales. These various methods are then applied to the 53 Channel stocks included in the bioeconomic model.

IV. The fourth part deals with the **modelling stage**. The three modules (activity, production, economics) of the general model **BECHAMEL (Bio-Economic CHannel Model)** are presented. They are organised around three different entities : **the fleet, the métier and the stock**. The model Internet interface, providing a very easy-to-use remote access, is also described.

V. The fifth and last part provides various simulation analyses, to illustrate the potentialities of the model. The **sensitivity** of results to uncertainty and variability of some inputs is studied through numerical methods (Monte-Carlo). Given the large number of entities, the general model seems to be little sensitive to their individual variations. Then a **synthesis on the Channel stocks exploitation level**, based on the methods developed in the third part, is conducted. It leads to relatively optimistic diagnostics. A method is proposed to **quantify the technical interactions** in the fishery, both between resources and métiers, and within métiers and fleets. Finally, **various management scenarios** are simulated and compared. They include both direct measures (fishing effort limitations) and indirect ones (quotas).

Key words : population dynamic; English Channel; métiers ; small-scale fisheries ; modelling : plurispecific ; multifleet ; multimétier ; technical interactions ; bioeconomic ; local stocks ; management ; Monte-Carlo ; sensitivity analysis.

RÉSUMÉ

La gestion des pêches s'appuie aujourd'hui essentiellement sur la modélisation de la dynamique des populations exploitées. L'intégration de perspectives écologiques, économiques ou sociales, dans des modèles fondamentalement biologiques, conduit à prendre en compte des relations majeures entre la ressource et son environnement naturel ou anthropique jusqu'à présent trop souvent occultées. Cette thèse, conduite dans le cadre d'un programme européen (programme FAIR CT-96-1993) portant sur la "modélisation bioéconomique des pêcheries de la Manche", s'attache à modéliser, dans une optique à la fois biologique et économique, les différentes interactions existant au sein de cette pêcherie côtière relativement complexe.

I. La première partie est une présentation du **contexte halieutique et scientifique** dans lequel ce travail s'est déroulé, en insistant sur les difficultés de modélisation liées au système complexe que l'on cherche à étudier. On met en évidence une grande **diversité** des ressources exploitées et des activités de pêche, une forte **hétérogénéité** de l'information disponible et, par suite, une absence d'approche quantitative globale à l'échelle de la pêcherie entière. En s'appuyant sur une synthèse bibliographique sur la modélisation bioéconomique dans le domaine des pêches, on montre ensuite quelles ainsi sont les contraintes structurelles et cognitives à la modélisation de cette pêcherie complexe.

II. La deuxième partie présente l'étape de **collecte et de validation des données** nécessaires à la modélisation. Les principales données de base existant dans les différents pays ou collectées au cours du programme sont décrites. On aborde ensuite le problème de la limite de validité de ces données de base, et les méthodes développées pour y pallier. Enfin, la base internationale de données, utilisée au cours du programme, est présentée; elle couvre, sur la période 1993-95, les données relatives à 29 flottilles, pratiquant 55 métiers.

III. La troisième partie est une partie méthodologique sur **l'évaluation des stocks de la Manche**, nécessaire à l'estimation de fonctions de production intégrées dans le modèle bioéconomique général. Les contraintes explicitées en première partie conduisent à développer un cadre de travail homogène, permettant d'intégrer cette complexité, et notamment les éléments les plus mal connus du système. Après quelques rappels sur les méthodes usuellement employées en dynamique des populations halieutiques (analyse structurale et analyse globale), on présente une méthode d'évaluation analytique développée au cours du programme sur la problématique des stocks locaux et des problèmes posés par l'inadéquation d'échelle spatiale entre évaluation et gestion : la méthode In/Out. Enfin, ces différentes méthodes sont appliquées aux 53 stocks de la Manche pris en compte dans le modèle.

IV. La quatrième partie aborde la **phase de modélisation** proprement dite. Les trois modules (activité, production et résultat économique) constitutifs du modèle général **BECHAMEL (Bio-Economic CHannel ModEL)** sont présentés successivement, ainsi que leur articulation autour de 3 entités : **la flottille, le métier, et le stock**. On décrit également l'interface du modèle sur un support Internet qui en assure une utilisation distante conviviale.

V. La cinquième et dernière partie de cette thèse présente différentes analyses de simulations, pour illustrer les potentialités du modèle et de ses applications. La **sensibilité du modèle** à l'incertitude et à la variabilité de certains paramètres d'entrée est étudiée par des méthodes numériques de type Monte-Carlo. En raison du grand nombre d'entités intégrées dans le modèle, celui-ci est assez peu sensible aux variations individuelles de chacune d'elle. Puis une synthèse diagnostic de **l'état d'exploitation des stocks**, dressée à partir des développements méthodologiques de la troisième partie, conduit à un résultat relativement optimiste quant à l'état général des ressources en Manche. On propose ensuite une **méthode de quantification des interactions techniques**, tant entre les différentes activités de pêche et la ressource, qu'entre les activités de pêche entre elles. Enfin, on simule **différents scénarios de gestion** et on compare leurs résultats, à partir de mesures de régulation directes (limitation de l'effort) ou indirectes (quotas).

Mots clés : dynamique des populations ; Manche ; métier; pêcheries artisanales ; modélisation ; plurispécifique ; multi-flottilles ; multi-métiers ; interactions techniques ; bioéconomie ; stocks locaux ; gestion ; Monte-Carlo ; analyse de sensibilité.