

THESE

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II
(Faculté des Sciences de LUMINY)

Spécialité : OCEANOGRAPHIE

présentée par
Domingo FLORES-HERNANDEZ

**LES PECHERIES DE CONGRE (Conger conger L.)
DANS LE MOR BRAZ, BRETAGNE SUD.
(Eléments de la biologie et de gestion de la ressource)**

Soutenue le 3 Juillet 1990
devant le jury composé de :

Mr F. BLANC	Président
Mr M. AMANIEU	Rapporteur
Mr H. FARRUGIO	"
Mr J. BERTRAND	Examineur
Mr J. LE CAMPION	"
Mr J.L. DURAND	"



UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II

THESE

pour l'obtention du grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II
(Faculté des Sciences de LUMINY)

Spécialité : OCEANOGRAPHIE

présentée par
Domingo FLORES-HERNANDEZ

**LES PECHERIES DE CONGRE (Conger conger L.)
DANS LE MOR BRAZ, BRETAGNE SUD.
(Eléments de la biologie et de gestion de la ressource)**

Soutenue le 3 Juillet 1990
devant le jury composé de :

Mr F. BLANC	Président
Mr M. AMANIEU	Rapporteur
Mr H. FARRUGIO	"
Mr J. BERTRAND	Examineur
Mr J. LE CAMPION	"
Mr J.L. DURAND	"

AVANT - PROPOS

Je tiens à remercier très sincèrement ici tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce travail.

Monsieur le Professeur **F. BLANC**, Directeur du Centre d'Océanologie de Marseille, a bien voulu être mon directeur de thèse et a accepté de présider ce jury.

Messieurs **J.P. MINET** et **A. CHARUAU**, respectivement responsables de la Station IFREMER de Lorient et de son laboratoire "Ressources halieutiques" m'ont accueilli et ont veillé au bon déroulement de cette étude. Ils m'ont grandement facilité la tâche en résolvant de nombreux problèmes matériels ou administratifs.

Monsieur **J.L. DURAND** de l'IFREMER de Lorient a proposé ce sujet d'étude et m'a fait bénéficier de ces connaissances dans le domaine halieutique. Il a également accepté de corriger ce travail et de participer à ce jury.

Monsieur le Professeur **M. AMANIEU** de l'Université des Sciences et Techniques de Montpellier et Monsieur **H. FARRUGIO** de l'IFREMER Sète, m'ont fait l'honneur de juger ce travail et d'en être les rapporteurs au sein de ce jury.

Je suis très reconnaissant à Messieurs **J. LE CAMPION** et **J. BERTRAND** pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à cette thèse en acceptant de la juger.

Mes remerciements vont aussi à tous les membres du laboratoire "Ressources Halieutiques" de l'IFREMER Lorient et en particulier à Monsieur **J.J. RIVOALEN**. L'aide qu'ils m'ont apportée tout au long de cette étude a été précieuse. Je garderai longtemps un excellent souvenir de l'accueil reçu au sein de cette équipe.

Il m'est également agréable d'associer à ces remerciements Monsieur **M. BERTIGNAC**, Mesdemoiselles **S. GIRARD** et **E. GONDEAUX** qui, travaillant également sur les problèmes halieutiques du Mor Braz, m'ont souvent apporté leur aide.

Mademoiselle **C. TANGUY** a participé aux prélèvements de terrain et à la saisie informatique des données. Je lui en suis très reconnaissant.

Je veux enfin remercier Monsieur **P. DOARE**, patron du TRISKELL, pour l'accueil à bord de son navire lors des opérations de marquages, mais aussi tous les mareyeurs, personnels de criée et des Affaires Maritimes du Mor braz. Sans leur patience et leur compréhension, aucune mensuration, aucun prélèvement n'aurait pu être fait.

En dernier lieu, il faut souligner que ce travail a pu être réalisé grâce à une bourse accordée par le gouvernement mexicain (CONACYT), une participation financière du Centre d'Etudes et de Formation des Ingénieurs (CEFI) et de l'Association Quadripartite pour l'Aménagement Hydrobiologique de la Baie de Quiberon Vilaine.

RESUME

Lors d'une désoxygénation des eaux de fond de la Baie de Vilaine en 1982, une mortalité importante de congres (*Conger conger* L.) a mis en évidence, dans le MOR BRAZ, notre méconnaissance de la biologie et de l'exploitation de cette espèce. Il a alors été décidé dans le cadre de la Commission Quadripartite pour l'Aménagement de la Baie de Quiberon Vilaine de mener cette étude dont les principaux objectifs sont une approche des deux thèmes évoqués ci-dessus.

La détermination de l'âge par la lecture des otolithes s'avère fiable. L'analyse des répartitions en taille de certaines classes d'âges (5 à 11 ans) a permis de mettre en évidence deux populations de taille moyenne différente à l'intérieur de chaque classe d'âge. Ces deux groupes ont été séparés par la méthode de HASSELBLAD et interprétés comme l'expression d'une différence de croissance entre sexe. Le sex-ratio a également été estimé. Il indique que la proportion des femelles dans les captures est beaucoup plus importante que celles des mâles, ce qui suppose une différence de distribution des deux sexes, avec des femelles plus côtières.

Aux cours des années récentes, la progression des captures de congre, par les navires français, et en particulier par ceux de Bretagne Sud, a été sensible. 3 métiers principaux interviennent dans l'exploitation de l'espèce (palangre, casier et chalut). Cependant avec près de 80% en nombre la palangre est de loin prépondérante. L'estimation de la structure démographique des captures et des vecteurs de mortalité par âge montrent que les âges 7 à 12 ans supportent l'essentiel de l'exploitation. Les résultats de la modélisation de la pêcherie à l'aide du modèle de THOMPSON et BELL sont très sensibles au choix de la mortalité naturelle. On peut cependant, avancer que le niveau maximum d'exploitation n'est pas atteint, comme le confirme une série d'indices annuels d'abondance, fournie par la désaisonnalisation des captures journalières de palangriers.



SUMMARY

When an important oxygen deficit occurred in the bottom waters of the Vilaine bay during 1982 summer, a great mortality rate of conger eels pointed the failures of our knowledge about the biology and of the ways of exploitation of this stock. This study tries to improve our data about these two topics.

Counting of the otoliths rings is relevant for age determination. The length frequencies inside age groups 5 to 11, show two groups with different mean sizes. These two populations are understood as a growth difference between sexes. Females reach 2 metres, but males only 1. The catches sex-ratio point out that the female ratio is more important than the male one. This means changes into distribution area by sexes, with females in shallow waters.

The increase of the Conger eel catches by French fishing vessels and specially by ships of southern Brittany, is important. Three gears are involved in the exploitation of this stock (lines, trawls and pots). But line is the most important with 80 percent in numbers. The age composition of the catches and the exploitation pattern show that ages 7 to 12 take charge of the greatest part of fishing effort. The yield per recruit results change hardly with the choise of natural mortality rate. But, maximum sustainable yield seems not to be attained, as showed by yearly standardized measures of relative abundance based on daily catches of liners.



SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE 1- Eléments de la biologie du congre	5
I- BIOLOGIE	7
II- DETERMINATION DE L'AGE ET ANALYSE DE LA CROISSANCE	12
2.1- Matériel et méthodes	12
2.2- Résultats et discussion	16
2.3- Estimation de la relation taille-poids	26
III-CONCLUSION	26
CHAPITRE 2- Description de la pêcherie de congre dans le MOR BRAZ	29
I- SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUE HYDROLOGIQUE DU SECTEUR	31
1.1- Situation géographique	31
1.2- Courantologie	31
1.3- Sédimentologie	33
II- LA PECHE DANS LE MOR BRAZ	35
2.1- La pêche dans le MOR BRAZ (Caractéristiques générales)	35
2.2- Les flottilles du secteur et leurs activités	35

2.3- Analyse des métiers dont la pratique permet des captures de congre	37
2.3.1- La palangre ou bao à congre	40
2.3.2- Le chalutage de fond	40
2.3.3- Le caseyage	47
2.4- La commercialisation	47
III- CONCLUSION	47
CHAPITRE 3- La production de congre et l'analyse des captures par unité d'effort	49
I- EVOLUTION DES APPORTS DE CONGRE	50
II- ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE CONGRE PAR METIER DANS LE MOR BRAZ EN 1985	50
2.1- Méthode d'évaluation	51
2.2- Résultats et discussion	56
2.2.1- Le métier de palangre	56
2.2.2- Le caseyage à grands crustacés	60
2.2.3- Le chalutage	60
2.2.4- Les métiers divers	60
2.3- Conclusion	60
III- ANALYSE DES PRISES PAR UNITES D'EFFORT (PUE) DE LA PALANGRE A CONGRE	66
3.1- Méthode	66
3.2- Application du modèle aux données de PUE issues de la pratique de la palangre à congre dans le MOR BRAZ	68
3.2.1- Les puissances de pêche	68
3.2.2- Facteur caractéristique d'une strate spatio-temporelle	68
3.2.3- Indice d'abondance annuel	68
IV- CONCLUSION	70
CHAPITRE 4- Modélisation de la phase exploitée	71
I- PRESENTATION DU MODELE UTILISE	72
1.1- Les principes	72
1.2- Equations de base	72

II- STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DES CAPTURES	75
2.1- Estimation de l'effectif total débarqué dans le MOR BRAZ en 1985	76
2.2- Estimation de la proportion (p_j) d'individus appartenant à la classe d'âge j	77
2.3- Résultats et discussion	79
III- COEFFICIENT DE MORTALITE NATURELLE	79
IV- ESTIMATION DES VECTEURS DE MORTALITE PAR PECHE	84
4.1- Analyse rectifiée d'une pseudo-cohorte	84
4.2- Estimation de l'effort de pêche	86
4.3- Choix de la mortalité à l'age terminal	88
4.4- Résultats	88
4.4.1- Le cas des femelles	88
4.4.2- Le cas des mâles	92
V- VARIATIONS DE BIOMASSE DU STOCK DE CONGRE	92
5.1- Stock de congre femelle	92
5.1.1- Rendements, pue, biomasse de géniteurs à l'équilibre	92
5.1.2- Simulations à court et moyen terme	100
5.2- Stock de congre mâle	103
5.3- Conclusions	103
CHAPITRE 5- Sensibilité des résultats, optimisation des procédures d'échantillonnage	105
I- INTRODUCTION	106
II- ETUDES DE SENSIBILITE	107
2.1- Principes	107
2.2- Calcul des coefficients de sensibilité des mortalités par pêche aux âges	108
2.2.1- Sensibilité du coefficient de mortalité par pêche vis à vis du choix du F terminal	109
2.2.2- Sensibilité du coefficient de mortalité naturelle vis à vis du choix de la mortalité naturelle	115
2.3- Conclusion	119

III- OPTIMISATION DE LA STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE DES CAPTURES	123
3.1- Principes	123
3.2- Résultats et discussion	125
CONCLUSION GENERALE	127
BIBLIOGRAPHE	133
ANNEXES	139



LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1	: Conger conger L.	6
Figure 2	: Aire de répartition du congre.	8
Figure 3	: Cycle de vie du congre.	11
Figure 4	: Cycle de vie et migrations à différentes phases de développement en fonction de la profondeur.	13
Tableau 1	: Comparaison de l'âge moyen déterminé pour une classe de longueur à partir de l'analyse des otolithes et des vertèbres pour les femelles de congre échantillonnées. La différence moyenne est égale à 1,37 ans.	15
Figure 5-1	: Vertèbre de congre de 118 cm et 8 ans (a) puis de 147 cm et 11 ans (b).	17
Figure 5-2	: Coupes d'otolithes d'individus de 143 cm et 13 ans (c) et de 146 cm et 13 ans (d).	18
Figure 6-1	: Résultats de la détermination de l'âge du congre par la lecture des vertèbres.	19
Figure 6-2	: Résultats de la détermination de l'âge du congre par la lecture des otolithes.	20
Tableau 2	: Résultats de la détermination de l'âge.	21
Tableau 3	: Sex-ratio calculé à partir des résultats issus des analyses par la méthode de HASSELBLAD.	23
Tableau 4	: Sex-ratio en fonction de la longueur, calculé à partir des résultats issus des analyses par la méthode de HASSELBLAD.	23
Figure 7	: Résultats de la détermination de l'âge du congre par lectures d'otolithes. Un découpage des groupes a été réalisé pour les âges 6 à 11.	24
Figure 8	: Courbes obtenues. 1- cas des mâles, 2- cas des femelles.	25

Tableau 5	: Estimations des paramètres du modèle de croissance de VON BERTALANFFY, avec les intervalles de confiance à 95% entre parenthèses.	22
Figure 9	: Relation taille poids éviscéré.	27
Figure 10	: Présentation générale du MOR BRAZ (Source BERTIGNAC, 1987).	30
Figure 11	: Diagramme de température de la baie de Vilaine (De l'île DUMET au CROISIC, mois d'Août). On observe une thermocline avec un gradient de 2° (Source L'ANGLOIS, 1963).	32
Figure 12	: Carte sédimentologique du MOR BRAZ (Source VANNEY, 1965).	32
Figure 13	: Stations et limites de quartiers maritimes (D'après GIRARD, 1986).	34
Tableau 6	: Métiers pratiqués par les navires du MOR BRAZ (D'après DURAND, 1986).	36
Tableau 7	: Classification par type de navires du MOR BRAZ (D'après DURAND et GONDEAUX, 1988).	38
Figure 14	: Schémas de montage d'une palangre à congre.	39
Figure 15	: Palangrier du CROISIC, équipé d'un vire-ligne.	41
Figure 16	: Zones de pêche des métiers de palangre dans le MOR BRAZ.	42
Figure 17	: Zones de pêche pour le chalutage de pêche côtière.	43
Figure 18	: Zones d'exploitation des navires pratiquant le chalutage de petite pêche et de petite pêche côtière (D'après GIRARD, 1986).	45
Figure 19	: Zones de pêche des navires utilisant des casiers dans le MOR BRAZ (d'après GIRARD, 1986).	46
Figure 20	: Evolution des tonnages débarqués et du prix moyen par kilogramme de congre débarqués dans le MOR BRAZ.	49
Figure 21	: Structure des fichiers archives du système "Statistiques de pêche".	52
Figure 22	: Constitution du fichier permettant les tests de compatibilité. Pour le chalutage, ne sont indiquées que les espèces soumises à seuil.	54

Tableau 8	Estimation de la production de congre par strate métier x zone dans le MOR BRAZ pour 1985. (%) Les pourcentages sont entre parenthèses.	55
Figure 23	: Evolution mensuelle des captures réalisées à la palangre (1985)	57
Figure 24	: Evolution mensuelle des captures réalisées au casier (1985).	57
Tableau 9	: Production issue de l'utilisation de la palangre à congre.	58
Tableau 10	: Production issue du caseyage à grands crustacés.	59
Figure 25	: Evolution mensuelle de la production du chalutage de pêche côtière.	61
Figure 26	: Evolution mensuelle des captures du chalutage de petite pêche côtière.	61
Tableau 11	: Production de congre issue du chalutage de pêche côtière.	62
Tableau 12	: Production du chalutage de petite pêche côtière.	63
Figure 27	: Le chalutage de petite pêche : Evolution mensuelle des apports.	64
Tableau 13	: Production issue du chalutage de petite pêche.	65
Tableau 14	: Evolution des puissances de pêche en fonction de la longueur des navires.	67
Tableau 15	: Evolution de la puissance de pêche des navires en fonction de la taille de l'équipage.	67
Tableau 16	: Evolution des puissances de pêche au cours du temps.	67
Figure 28	: Variations du facteur caractéristique des strates mensuelles.	69
Figure 29	: Variations de l'indice annuel d'abondance	69
Tableau 17	: Estimation des effectifs de congre débarqués dans le MOR BRAZ en 1985. nd : non disponible.	78
Tableau 18	: Nombre de poissons mesurés par classe de taille et par métier.	80
Tableau 19	: Effectif de poissons d'âge i observés par classe de taille j.	80
Tableau 20	: Estimation de l'effectif total débarqué par classe d'âge et par métier pratiqué par les navires du MOR BRAZ (1985).	81
Figure 30	: Composition en âge des captures de congre par métier.	82

Tableau 21	: Composition en âge des congres mâles débarqués dans le MOR BRAZ.	83
Tableau 22	: Composition en âge des congre femelles débarqués dans le MOR BRAZ.	83
Tableau 23	: Variations des efforts par métier exprimés en mois d'activité de l'ensemble des navires.	85
Figure 31	: Variations interannuelles de l'effort de pêche de chaque métier.	85
Figure 32	: Vecteurs de mortalité par pêche par âge pour divers Ft et deux valeurs de la mortalité naturelle ($M=0.1$ et $M=0.2$).	87
Figure 33	: Mortalités par pêche par métier pour deux valeurs de la mortalité naturelle (cas des femelles).	89
Tableau 24	: Vecteurs de mortalité par pêche par métier.	90
Tableau 25	: Mortalité par pêche en fonction de l'âge pour le stock de congre mâle ($M=0.1$).	91
Figure 34	: Mortalité par pêche des mâles de congre ($M=0.1$).	91
Tableau 26	: Poids aux âges par sexe retenus pour les calculs de rendement par recrue.	93
Figure 35	: Evolution des rendements par recrue (Congre femelle) pour deux hypothèses de mortalité naturelle.	94
Figure 36	: Prise par unité d'effort (Congre femelle) pour deux valeurs de la mortalité naturelle.	96
Figure 37	: Evolution des biomasses fécondes du stock de congre femelle.	97
Figure 38	: Evolution des gains ou des pertes de rendement par recrue total par application de multiplicateurs de mortalités de chacun des métiers.	98
Tableau 27	: Simulation des variations du multiplicateur de mortalité (mF) pour reproduire les captures observées sur les années récentes (Prod).	99
Figure 39	: Prédiction de la production du stock de congre femelle sous diverses hypothèses d'augmentation de l'âge de première capture. La figure représente également sous le label "Sit. act." l'évolution des productions en maintenant pendant 15 ans la situation de 1985.	101

Figure 40	: Evolution du rendement par recrue pour une mortalité de 0.1 (Congre mâle).	102
Tableau 28	: Coefficients de sensibilité vis à vis de la mortalité par pêche à l'âge terminal (F_t).	110
Figure 41	: Intervalles de variations des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur du F terminal ($M=0.1$).	112
Figure 42	: Intervalles de variations des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur du F terminal ($M=0.2$).	113
Figure 43	: Fonction Gain perte ($\Phi(mF)$) pour deux hypothèses de mortalité naturelle.	114
Tableau 29	: Valeurs de la fonction Φ .	115
Tableau 30	: Coefficients de sensibilité vis à vis de la mortalité naturelle.	116
Figure 44	: Intervalles de variations des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur de la mortalité naturelle ($M=0.1$).	118
Tableau 31	: Valeurs de la fonction Φ .	119
Figure 45	: Intervalles de variations des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur de la mortalité naturelle ($M=0.2$).	120
Figure 46	: Comparaison des valeurs de F pour deux hypothèses de mortalité naturelle et les bornes supérieures et inférieures correspondantes, issues des calculs de sensibilité.	121
Figure 47	: Fonction Gain perte ($\Phi(mF)$) pour les deux valeurs de mortalité naturelle testées.	122
Tableau 32	: Tailles d'échantillons pour diverses valeurs du coefficient de variation de la moyenne de F des âges compris entre 7 et 12 ans.	125
Tableau 33	: Coefficients de variations des proportions aux âges.	126



INTRODUCTION GENERALE

L'étude présentée ici concerne le Congre (*Conger conger* L. 1758). Lorsque le sujet fut proposé, en 1983, à la demande des inscrits maritimes des quartiers d'AURAY et de SAINT NAZAIRE, il s'agissait principalement de répondre aux inquiétudes des professionnels devant les mortalités massives subies par l'espèce lors de la désoxygénation des eaux de fond de la baie de Vilaine en Août 1982. Les questions posées alors peuvent être résumées sous la forme:

- L'accident survenu peut-il mettre en cause durablement les rendements de la flottille de pêche fréquentant habituellement le secteur affecté ?
- Quelle part de responsabilité portent les professionnels sur une éventuelle diminution des rendements de l'espèce, face aux mortalités d'ordre naturel ou induites par des bouleversements écologiques ou hydrologiques du milieu ?

Les réponses claires à ces deux interrogations devaient donc constituer l'ossature de ce document. Cependant, on se heurta vite à des difficultés que, d'une part, l'on qualifiera de biologiques et méthodologiques, et qui sont, d'autre part, inhérentes au contexte professionnel de l'exploitation.

--oOo--

D'un point de vue biologique, le congre est une espèce dont le cycle vital est complexe et dont la description la plus commune n'est pas admise par tous les auteurs. Les particularités les plus remarquables du processus de développement de l'espèce sont d'une part, une reproduction unique après migration et maturation sur des zones dont la délimitation dans l'Atlantique Nord Est reste floue, et d'autre part, un retour vers des zones de stabulation plus côtières sous forme de larves leptocéphales dont la métamorphose en juvéniles de congre est, sans doute, tardive. Enfin le déterminisme de tels phénomènes est toujours incertain.

Il ne pouvait être question compte tenu des moyens mis à notre disposition de prétendre lever le doute sur toutes les interrogations qui persistent. Cependant, il était nécessaire d'inclure dans notre problématique, une amélioration des connaissances des paramètres biologiques sensu stricto de l'espèce (croissance, etc...). Mais également d'un point de vue méthodologique de prévoir les répercussions de ces particularités sur l'application des modèles de dynamique des populations exploitées susceptibles d'être utilisés pour restituer la part de l'exploitation sur l'évolution de la biomasse de congre disponible.

--oOo--

Le second type de difficulté est inhérent à la dimension écologique des interrogations soulevées. Il nous incombe, dans ce contexte, d'extraire de la panoplie des modèles auxquels nous avons fait référence dans le paragraphe précédent, les outils permettant de répondre aux préoccupations de cette nature et pour lesquelles ils ne sont pas à priori définis. Les principales inadéquations résident dans les différences d'échelle; les raisonnements de la dynamique des populations s'attachent à décrire les variations d'une population (ou stock) qui n'est souvent que pour partie affectée par des modifications brutales de la qualité du milieu.

--oOo--

Même, dans une volonté d'approche simplifiée, où seule la pêche est prise en compte de façon explicite, on se heurte à l'urgence des réponses souhaitées et la durée nécessaire à la collecte des données permettant d'utiliser les modèles prédictifs les plus performants. Cet antagonisme est plus durement ressenti lorsque l'on s'adresse aux professionnels de la pêche artisanale, pour lesquels la vitesse de modification des stratégies de pêche est parfois incompatible avec les délais requis par la démarche scientifique la plus rigoureuse. Cette thèse affichera donc une volonté d'utiliser des outils, sans doute simplifiés, mais dont l'utilisation permet de conclure sans qu'il soit nécessaire de disposer d'une série chronologique longue, tout en conservant une fiabilité suffisante. L'approche n'est pas nouvelle et les travaux récents de LAUREC et SANTARELLI, BERTIGNAC et MOGUEDET, sur le buccin, le bar ou la lingue bleue, constituent des ouvrages de référence.

De façon complémentaire, l'analyse de la sensibilité des résultats obtenus aux hypothèses sur lesquelles reposent nos conclusions, tiendra donc une place importante dans ce document et fera l'objet d'un chapitre particulier. Les méthodes de calcul de propagation des erreurs commises dans l'estimation des paramètres nécessaires au modèle de description des variations de biomasse d'une espèce soumise à exploitation sont de conception et d'utilisation récentes. Leur application et les conclusions susceptibles d'en être retirées constituent un test supplémentaire de leurs performances.

Nous compléterons cet aspect par des techniques d'optimisation des procédures d'échantillonnage que supposent l'acquisition des données requises. La détermination des tailles minimales d'échantillons nécessaires à l'obtention d'une précision donnée, qu'il s'agisse de navires ou de poissons est un corollaire de la volonté précédemment affichée. Ceci sous-entend une définition de stratégies rigoureuses de collecte d'information, dont tous les aspects doivent être pris en compte.

--oOo--

Le milieu professionnel auquel on s'adresse constitue, enfin, en lui même, une entité dont les caractéristiques particulières ne peuvent être sans conséquences sur la problématique retenue. L'accident hydrologique, dont nous faisons état dans les premiers paragraphes de cette introduction, fut révélateur de l'importance des flottilles concernées par le congrès. On prit conscience alors, que les captures de congrès des navires de pêche de Bretagne Sud étaient en progression, et que cette progression bien que moins sensible affectait d'une façon plus générale la façade Atlantique et l'ensemble du littoral français.

La diversité des navires qui débarquent des quantités non négligeables de congre est grande. Malheureusement les moyens dont nous disposions ne permirent pas la mise en place d'une analyse exhaustive. Dès lors, nous avons dû privilégier l'étude détaillée d'un secteur de taille réduite: le MOR BRAZ. Les conséquences d'un tel choix ne doivent pas être éludées. Dans un tel contexte, nos conclusions ne peuvent être étendues à la population de congre de l'Atlantique Nord Est. Nous espérons simplement pouvoir décrire des tendances fortes, suffisamment robustes. Ce choix présente en contrepartie quelques avantages. L'espace, auquel nous avons consacré nos travaux, peut être appréhendé dans son ensemble.

La flottille qui l'occupe est composée de façon exclusive de navires de pêche artisanale. Il n'existe pas de définition de ce type d'activité. Nous retiendrons pour l'individualiser la notion de mise en oeuvre d'un savoir faire et d'un capital individuel (1). Ce secteur d'activité présente des caractéristiques particulières qui détermineront notre démarche. On peut ainsi relever:

- Une forte dispersion des unités de pêche tout le long du littoral
- Une grande hétérogénéité des pratiques de pêche, des types de navire et des engins utilisés.
- Une polyvalence marquée des navires, aptes à remplir plusieurs fonctions, séquentiellement ou simultanément.
- De grandes capacités de flexibilité des navires comprises comme une aptitude des entreprises de pêche à évoluer en fonction des contraintes économiques auxquelles elles sont soumises.

Ces spécificités rendent l'analyse complexe. Nous avons cependant pu bénéficier des résultats du programme IFREMER d'analyse du MOR BRAZ, présenté devant la Commission Quadripartite pour l'Aménagement Halieutique et Hydrobiologique de la Baie de Quiberon-Vilaine. Ce programme dont les objectifs recouvraient une analyse de la flottille et la définition d'une procédure d'estimation de la production des navires de petite pêche, put être largement complémentaire de nos travaux.

Il nous a été, en revanche, impossible d'inclure la pêche sportive pour laquelle quelques éléments sont disponibles dans les archives des directions régionales des Affaires Maritimes, mais leur consultation et l'extraction de données pertinentes se sont avérées difficiles.

--oOo--

(1) Trois critères font souvent référence:

- *Propriété du capital par le patron (propriétaire embarqué).*
- *Mode de rémunération à la part.*
- *Dimension réduite des unités de pêche.*

CHAPITRE 1

ELEMENTS DE BIOLOGIE DU CONGRE

I - Biologie

- Nomenclature et systématique
- Description
- Distribution
- Alimentation
- Migration - Reproduction
- Intégration du cycle de vie

II - Détermination de l'âge et analyse de la croissance

- 2.1 - Matériel et méthodes
- 2.2 - Résultats et discussion
- 2.3 - Estimation de la relation taille-poids

III - Conclusion



Figure 1 : Conger conger L.

Ce chapitre rassemble les connaissances biologiques de l'espèce, mais également les résultats de notre travail concernant la détermination de l'âge et l'analyse de la croissance (linéaire et pondérale).

I-BIOLOGIE

Nomenclature et systématique

Nom de l'espèce : *Conger conger* ((ARTEDI, 1739) ; (LINNAEUS, 1758))

Ordre : Anguilliformes

Sous-ordre : Anguilloïdes

Famille : Congridae

Genre : *Conger*

Espèce : *conger*

Description

Le congre est un animal serpentiforme (Fig. 1). Son corps est légèrement déprimé dans la partie antérieure et comprimé au-delà de l'anus. Le museau est proéminent; il présente deux gros plis en forme de lèvres et porte des narines antérieures qui s'ouvrent à l'extrémité d'un tube court. Les narines postérieures quant à elles sont deux pores situés près de l'oeil.

Les maxillaires sont munis d'une rangée externe de dents incisiformes et d'une rangée interne de dents caniniformes. Les ouvertures branchiales sont sous-latérales. La ligne latérale compte entre 44 et 47 pores préanaux, 6 pré-pectorales et 1 supratemporal. Le congre possède entre 148 et 153 vertèbres dont 53 à 57 abdominales.

Le dos est généralement foncé, les pores de la ligne latérale sont marqués de blanc. Les nageoires anale et dorsale sont ourlées de noir. Par contre, les individus acquièrent une coloration très sombre lors de la maturité sexuelle (CAU et MANCONI, 1983).

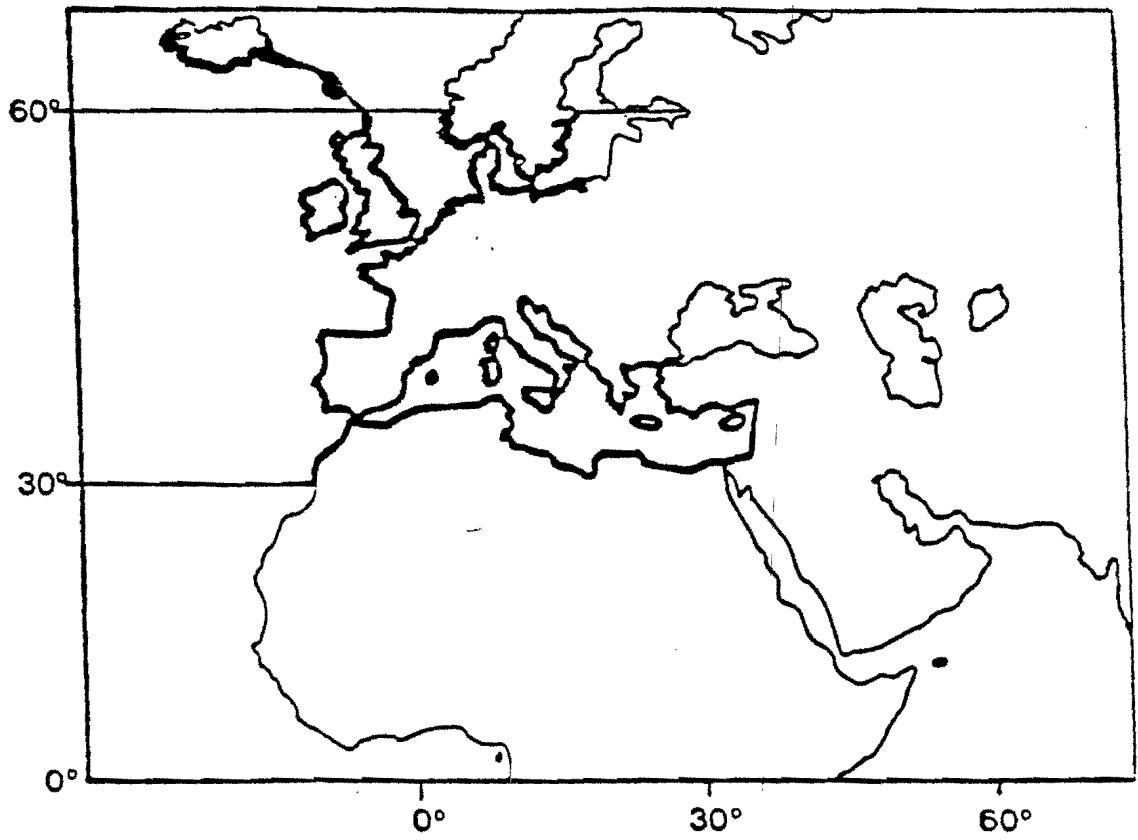


Figure 2 : Aire de répartition du congre.

Distribution

Cette espèce a une aire de distribution géographique vaste. On la retrouve dans l'Atlantique Nord-Est, depuis l'Islande et la Norvège jusqu'au Sénégal, mais aussi en Méditerranée et à l'Ouest de la Mer Noire (Fig. 2). Cependant des différences de répartition selon le stade de développement ont été mises en évidence par plusieurs auteurs.

Le congre se nourrit principalement pendant la nuit, mais peut maintenir cette activité pendant le jour. C'est une espèce carnivore vorace. L'alimentation du congre a été analysée par MACPHERSON (1981), MORI (1981) et CAU et MANCONI (1984). Ils trouvent les mêmes groupes trophiques, qu'ils ont classés en 3 catégories selon le coefficient alimentaire (Q),

$$Q = C_n \times C_p,$$

si C_n est le pourcentage numérique des groupes taxonomiques et C_p est le pourcentage en poids.

Les trois catégories établies sont:

- proies préférentielles,
- proies secondaires
- et proies accidentelles.

CAU et MANCONI ont mis en évidence des variations dans l'alimentation selon la profondeur en Méditerranée. En zone néritique, les poissons et un groupe composé par des crustacés, des mollusques et des polychètes sont respectivement les proies préférentielles et accidentelles. Dans la zone épimésobathyale, un groupe constitué par des poissons et des crustacés suivis par des mollusques et par des polychètes sont les proies préférentielles, secondaires et accidentelles.

Enfin ces deux auteurs signalent un certain cannibalisme sur la zone néritique; ainsi qu'une augmentation de l'indice de vacuité jusqu'à une valeur de 100% sur la zone épimésobathyale. Ils expliquent ce phénomène par une augmentation du nombre d'individus matures lesquels ont cessé de s'alimenter. Le même phénomène a été observé chez d'autres Anguilliformes, notamment l'anguille *A. anguilla* (D'ANCONA, 1960) et *Nemichthys scolopaceus* (CAU, 1981).

Migration-Reproduction

L'identification d'une migration de reproduction unique dans la vie de l'espèce, suivie de son décès, est admise par de nombreux auteurs. Après la maturation, les animaux gagnent des zones de grandes profondeurs. Ainsi, CAU et MANCONI rapportent des captures d'animaux ayant déjà participé à la reproduction dans une zone située au Sud-Est de la Sardaigne sur des fonds de plus de 600 mètres.

D'autres secteurs de reproduction ont été signalés par SCHMIDT (1911); citons les Mers Ionienne et Tyrrhénienne, et l'ensemble de la Méditerranée Orientale, ou le large de Gibraltar pour l'Atlantique. SCHMIDT signale enfin que la ponte doit se dérouler pendant le printemps et l'automne.

Après ponte, fécondation et éclosion, les oeufs bathypélagiques émis libèrent des larves leptocephales. LEGENDRE (1934) signale la présence de ces larves sur une vaste zone, tant au large que près des côtes. Les phases ultérieures de développement restent obscures, qu'il s'agisse de la métamorphose ou des processus de colonisation de zones côtières.

Bien que SCHMIDT (1911), BERTIN et ARAMBOURG (1958) indiquent que les juvéniles et les adultes cohabitent sur les mêmes fonds, CAU et MANCONI (1983) mentionnent des répartitions différentielles selon une phase d'alimentation (dite sédentaire) et une phase de reproduction. Ainsi, les individus matures en fin de phase trophique cessent de s'alimenter et gagnent les aires de reproduction.

Les zones d'alimentation sont en Méditerranée, distinctes, profondes pour les mâles (≈ 400 m), plus côtières pour les femelles. Durant cette phase sédentaire, la biologie de l'espèce est mieux connue. L'animal colonise des fonds rocheux en bordure de zones de substrat plus meuble.

D'importantes lacunes subsistent dans notre connaissance des processus de maturation et de déterminisme de la migration de reproduction. Seuls quelques exemples sont cités dans la littérature. HERMES (1881) a décrit la morphologie externe des gonades d'un individu mâle. Cet exemplaire capturé au voisinage du Havre a été maintenu en aquarium jusqu'à la maturité. Celle-ci intervint à 74 cm et précéda de peu la mort de l'animal. Un autre cas concerne l'examen d'une femelle mature dont le corps a éclaté à cause de l'extraordinaire développement des gonades. En effet les organes génitaux représentaient environ 36% du poids total de l'animal (10 kg). HERMES a estimé le nombre d'oeufs à environ 3 300 000. D'une manière plus générale, la fécondité semble comprise entre 3 et 8 millions d'oeufs par femelle.

Pour notre part, nous avons pu observer 100 femelles d'une taille comprise entre 60 et 180 cm, et aucune d'entre elles n'était mature. En revanche, le fort développement des gonades et le stade ovocyte primaire des oeufs laissaient supposer un début de maturation. En outre, nous avons recueilli le témoignage de pêcheurs qui affirment n'avoir jamais capturé de congres matures. Nous ne disposons donc pas d'éléments permettant de préciser la taille ou l'âge de maturation ou de début de migration.

Enfin, l'hypothèse de reproduction unique reste la plus difficile à confirmer. Elle s'appuie sur l'observation d'animaux au squelette décalcifié après reproduction. Ce fait n'apparaît pas comme une preuve suffisante; en effet ce phénomène est fréquent chez d'autres vertébrés mais ne paraît pas léthal.

L'autre support de cette théorie est l'éventuelle équivalence avec l'anguille (théorie de TUCKER, 1959). Dans le cas de cette espèce, la théorie s'appuie sur l'atrophie du tube digestif observée chez certains individus. Là encore cette preuve n'est pas suffisante; en effet comme le soulignent DEELDER (1960) et D'ANCONA (1960), cette atrophie peut être réversible.

Enfin, certains auteurs dont UBISCH (1924) constatent que l'ordre des Anguilliformes compte parmi ses membres des espèces qui passent toute leur vie dans les profondeurs de la zone bathyale, qu'il s'agisse d'organismes pélagiques ou benthiques. Ils considèrent donc que les profondeurs correspondent à l'habitat premier de ce type d'espèce et que la colonisation des zones côtières pour le congre, voire dulçaquicoles pour l'anguille, est un acquit de l'évolution.

Quelques études confirment cette théorie. CARLISLE et DENTON (1959), ont observé que la rétine des anguilles argentées devenait dorée comme les yeux des poissons des profondeurs. Chez le congre, SHAPLEY et GORDON (1980) signalent que la structure des yeux comporte plusieurs couches de photorécepteurs; en outre, ils ont décelé une concentration de chryopsine exceptionnellement forte. Or ces phénomènes sont caractéristiques des poissons abyssaux.

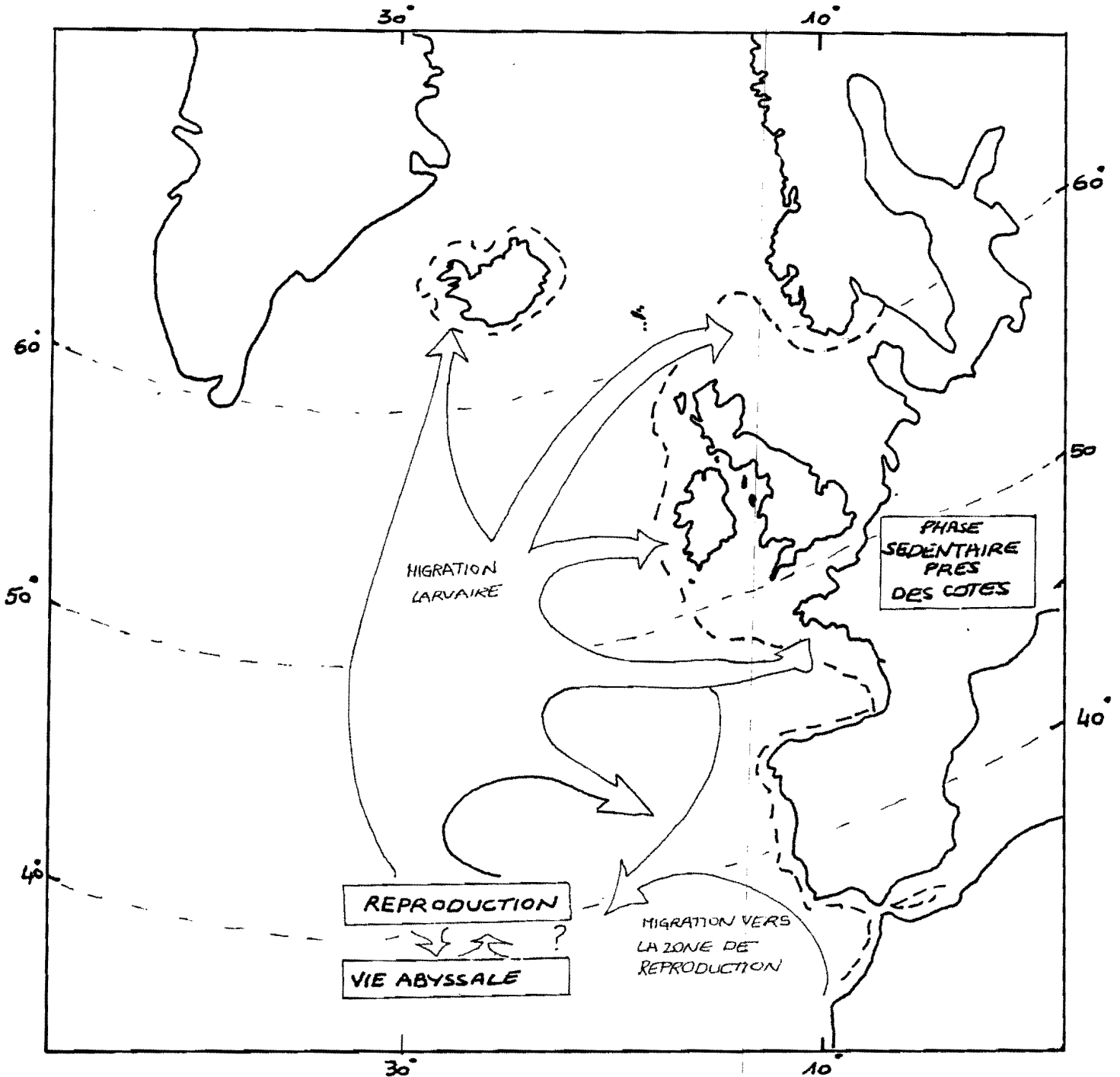


Figure 3 : Cycle de vie du Congre.

Intégration du cycle de vie

Grâce à l'ensemble des éléments présentés ci-dessus, il est possible de proposer une description du cycle vital du congre en quatre grandes étapes. Les larves leptocéphales issues de la reproduction effectuent une première migration vers les côtes où aura lieu la métamorphose. Ensuite, dans une seconde phase, le congre se maintient sur cette aire d'alimentation et poursuit sa croissance et sa maturation. Puis à partir d'un stade restant à définir, le congre entame une nouvelle migration vers les zones abyssales de reproduction. Ce retour à la vie profonde peut être considéré comme une ultime étape du cycle de vie de l'espèce (Figs. 3 et 4). Sa durée est difficile à déterminer; en effet, on ne connaît pas les délais nécessaires à l'acquisition de la maturité sexuelle et il n'est pas établi que les animaux ne survivent pas à leur première reproduction.

II - DETERMINATION DE L'AGE ET ANALYSE DE LA CROISSANCE

Aucune donnée sur la détermination de l'âge ou de description de la croissance du congre n'a pu être recensée dans la littérature. Compte tenu de leur importance pour l'analyse de cette ressource, ces deux objectifs furent pour nous, prioritaires. Le présent paragraphe constitue une présentation des résultats obtenus dans ce domaine.

2.1 Matériel et méthodes

Les individus analysés proviennent des captures commerciales des palangriers et des chalutiers de fond basés dans le Mor Braz. Ils constituent un échantillon aléatoire simple de l'ensemble des débarquements réalisés entre juin 1985 et avril 1987. Sur chaque animal, après mensuration au cm inférieur, des otolithes et/ou des vertèbres ont été prélevés, malheureusement sans détermination du sexe, les individus étant vidés.

La préparation, préalable à la lecture de l'âge, des pièces prélevées a consisté pour les otolithes en une inclusion dans de la résine et un découpage en lames fines (1 mm d'épaisseur environ), selon la technique décrite par SOUPLET et DUFOUR (1983), et à un nettoyage dans de l'eau de Javel (plus rinçage), pour ôter les restes de chair, dans le cas des vertèbres. Puis, quelle que soit la nature des pièces prélevées, la détermination de l'âge a été réalisée par la lecture d'annuli sous un projecteur de profil et une loupe binoculaire.

Le modèle de VON BERTALANFFY (1938) a été choisi pour décrire la croissance linéaire du congre en fonction du temps. Bien que ROFF (1980) signale que d'un point de vue statistique, la croissance puisse être ajustée plus aisément par un autre modèle, nous avons retenu le premier du fait de son usage courant en halieutique depuis son utilisation par BEVERTON et HOLT (1957), et donc de sa large diffusion dans la littérature ce qui favorise des comparaisons aisées avec d'autres populations ou espèces de secteurs différents lorsque les données sont disponibles.

Pour l'estimation des paramètres du modèle, nous avons utilisé le maximum de vraisemblance comme estimateur, car ses estimations sont conséquentes (les paramètres convergent vers leurs valeurs vraies) avec la plus faible variance possible. La théorie de cette approche se trouve dans KIMURA (1980).

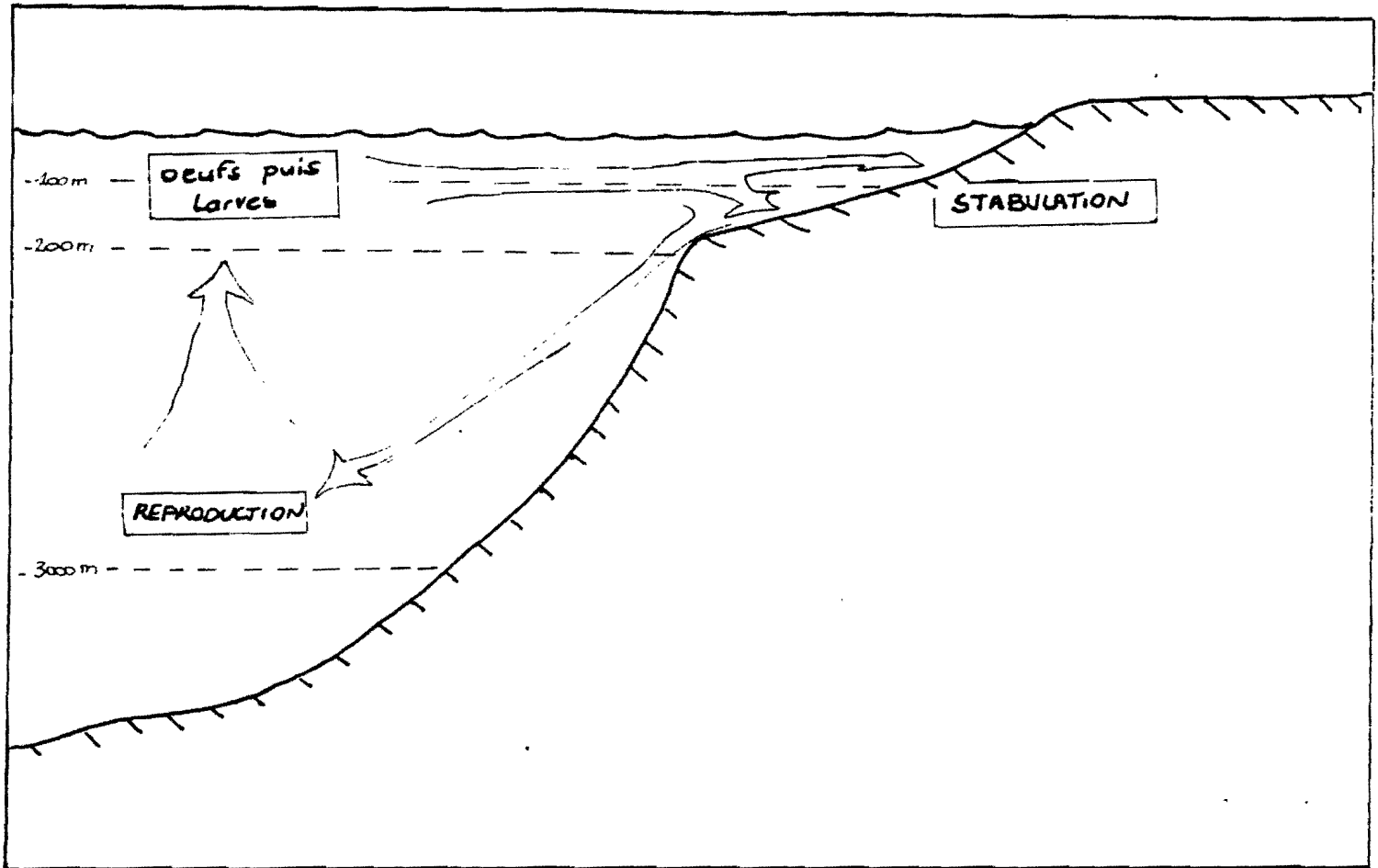


Figure 4 : Cycle de vie du congre et migrations à différentes phases de développement en fonction de la profondeur.

L'expression mathématique à estimer est:

$$E(l_t) = L_\infty (1 - \exp(-K(t_i - t_0)))$$

Soit, $l_t = f(t_i) + \epsilon_{ij}$,

où, l_{ij} est la longueur du j-ème individu d'âge t_i ; L_∞ est la longueur asymptotique; K est le taux avec lequel L_∞ est atteint; t_0 est l'âge théorique quand la longueur est nulle; ϵ_{ij} sont N variables aléatoires indépendantes de moyenne nulle et de variance σ^2 . Selon le critère d'optimalité des moindres carrés, nous avons l'expression:

$$S(L_\infty, K, t_0) = \sum_i \sum_j (l_{ij} - f(L_\infty, K, t_0, t_i))^2,$$

La fonction de vraisemblance est alors exprimée par:

$$l_{mv}(L_\infty, K, t_0, \sigma^2) = (2\pi \sigma^2)^{-N/2} \exp(-S(L_\infty, K, t_0)/2\sigma^2),$$

où N est le nombre d'observations.

Dans ces termes, pour une valeur donnée de σ^2 , la minimisation de $S(L_\infty, K, t_0)$ correspond à la maximisation de la fonction de vraisemblance.

L'estimation de σ^2 doit donc répondre à la condition nécessaire d'extremum:

$$\delta \text{Log} l_{mv}(L_\infty, K, t_0, \sigma^2) / \delta \sigma^2 = 0$$

Soit,

$$(-N/2 \sigma^2 + S(L_\infty, K, t_0)/2\sigma^2)^2 = 0.$$

Et,

$$\sigma^2 = S(L_\infty, K, t_0)/N.$$

Ainsi, l'estimation du maximum de vraisemblance est réduite à celle des moindres carrés. Cependant, différentes pondérations peuvent être affectées aux moindres carrés selon la variance des résidus, nous avons alors:

- Si la variance de l_{ij} est constante:

$$(a) S(L_\infty, K, t_0) = \sum_{ij} (l_{ij} - f(t_i))^2,$$

ou ce qui est équivalent:

$$(b) S(L_\infty, K, t_0) = \sum n_i (l_{ij} - f(t_i))^2,$$

(n_i est alors le nombre d'individus d'âge t_i).

- Si la variance des longueurs moyennes l_i est constante:

$$(c) S(L_\infty, K, t_0) = \sum (l_i - f(t_i))^2,$$

- Si la variance des l_{ij} varie avec l'âge et si à l'âge t_i , elle vaut s_i^2 :

$$(d) S(L_\infty, K, t_0) = \sum (n_i/s_i^2 (l_i - f(t_i)))^2.$$

OTOLITHES				VERTEBRES			
Long (cm)	Age moyen (ans)	Ecart Type	Nombre d'observ.	Age Moyen (ans)	Ecart Type	Nombre d'observ.	Différ. vertèb. otolit. (ans)
45	3.0	0.00	1	-	-	-	-
50	3.0	0.00	1	-	-	-	-
75	5.0	0.00	2	3.0	-	1	-2.0
80	4.5	0.50	2	-	-	-	-
85	5.5	0.39	11	4.0	-	3	-1.5
90	6.0	0.38	7	4.5	0.32	5	-1.5
95	7.5	0.37	25	6.5	9.00	8	-1.0
100	8.5	0.42	20	7.5	9.06	5	-1.0
105	7.5	0.42	20	8.0	6.06	7	0.5
110	8.5	0.34	30	8.0	0.54	16	-0.5
115	8.5	0.33	33	7.5	0.45	17	-1.0
120	9.0	0.30	28	8.8	0.59	18	-0.2
125	10.0	0.31	26	9.0	0.36	19	-1.0
130	10.5	0.35	28	9.0	0.65	12	-1.5
135	10.7	0.42	26	9.5	0.32	16	-1.2
140	12.5	0.49	25	10.5	0.39	11	-2.0
145	13.0	0.42	26	11.7	0.57	9	-1.3
150	13.7	0.51	18	11.7	0.70	6	-2.0
155	13.5	0.61	16	12.3	0.78	11	-1.2
160	15.5	0.53	21	13.0	0.46	12	-2.5
165	16.0	0.65	11	13.0	0.88	6	-3.0
170	16.0	0.56	8	14.0	1.08	4	-2.0
175	16.5	0.50	2	15.0	0.00	1	-1.5
180	18.0	1.00	2	-	-	-	-
185	17.5	0.50	2	-	-	-	-
190	-	-	-	16.0	-	1	-

Tableau 1 : Comparaison de l'âge moyen déterminé pour une classe de longueur à partir de l'analyse des otolithes et des vertèbres pour les "femelles" de congre échantillonnées. La différence moyenne par classe de taille est égale à 1,37 an.

KENDALL et STUART (1973) et BARD (1974) montrent que l'estimation de la matrice V des variances-covariances correspond à celle de la matrice inverse du hessien. Si l'on note θ le vecteur colonne des paramètres L_{∞} , K et t_0 , l'estimation de V est donnée par:

$$V \approx \sigma^2 [\sum w_i (df_i/d\theta) (df_i/d\theta)']^{-1},$$

sachant que w_i représente la pondération induite par les hypothèses sur les variances (Cf. précédemment) et que les symboles (') et (-1) désignent respectivement la transposition et l'inversion de matrices.

La minimisation de la fonction des moindres carrés a été réalisée à l'aide d'un algorithme dans lequel la direction de descente est celle de plus forte pente (FLETCHER et POWELL, 1963), corrigée à chaque itération par une matrice d'une suite récurrente qui converge vers l'inverse du hessien (FLETCHER, 1980), programmé par Ph. GROS (IFREMER, Brest).

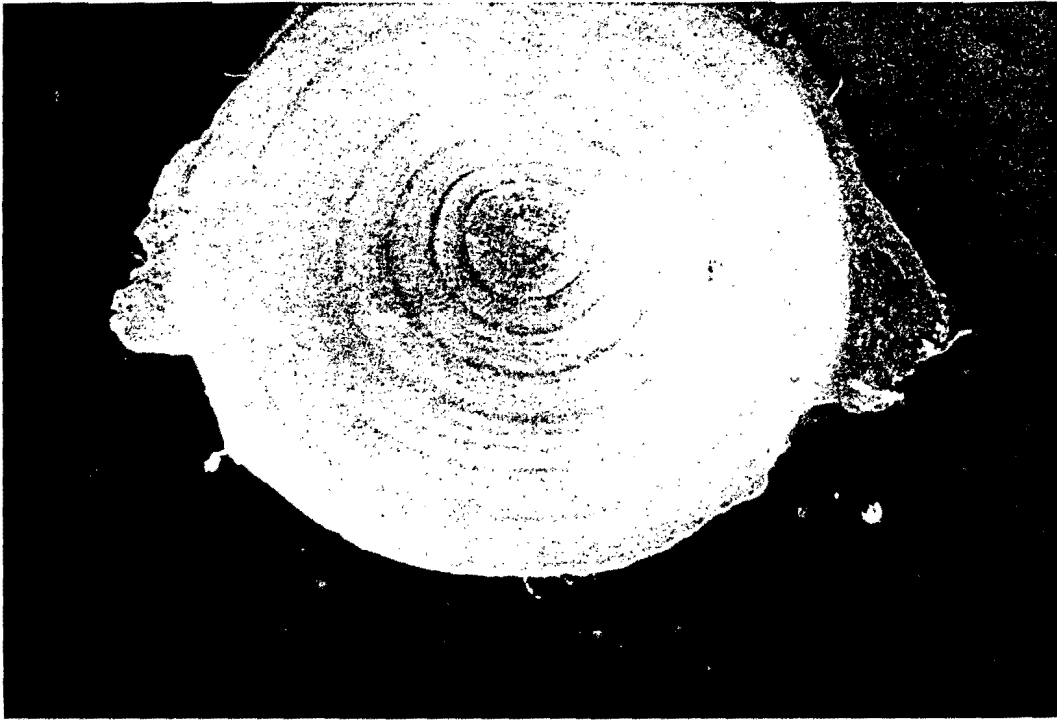
Dans notre cas, vu les différences de variance des l_i (Tab. 1), nous avons été amenés à utiliser le critère (c). Des intervalles de confiance à 95% ont été attachés à chaque paramètre $p_i \pm tv$, ($i=1$ à 3), où p_i représente le paramètre i , v est un des termes diagonaux de la matrice V et t est la valeur critique de la distribution de Student à $k-3$ d.d.l. pour $\alpha = 0.025$. Pour chaque paramètre, les intervalles de confiance sont calculés avec les deux paramètres restants fixés à l'optimum.

2.2 Résultats et discussion

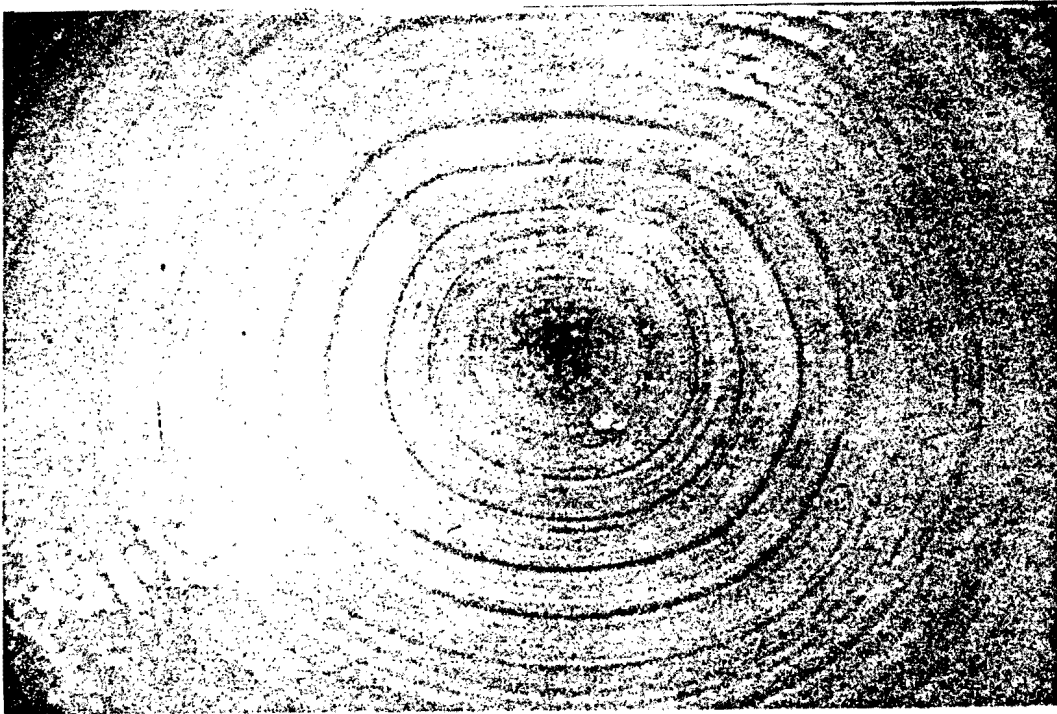
Les figures 5.1 et 5.2 présentent les images obtenues sous projecteur de profil des vertèbres et des coupes fines d'otolithes. Elles montrent l'alternance de stries sombres et claires interprétée comme séquence annuelle de croissance. Dans le cas des vertèbres, en lumière directe, des zones claires sont assimilées aux périodes estivales de croissance. En revanche, sous lumière transmise, les zones claires des otolithes correspondent aux zones hyalines des ralentissements hivernaux.

L'ensemble des résultats de la détermination de l'âge obtenu grâce aux deux techniques est regroupé en figures 6.1 et 6.2. La comparaison de l'âge moyen observé par classe de 5 cm (Tab. 1), révèle une sous-estimation systématique de l'âge obtenu par la lecture des vertèbres. Cette différence est en moyenne d'1,37 an à une longueur donnée, mais peut atteindre 3 ans pour les plus grandes classes de taille, dans le cas des femelles. Les comparaisons des déterminations d'âge des mâles n'ont pas été réalisées du fait du faible nombre d'observations disponibles. L'interprétation de cet écart est difficile, l'épaisseur relativement importante de vertèbres contribue sans doute à rendre délicate l'observation des derniers anneaux. Dans ces conditions, les résultats issus de la préparation des otolithes seront considérés comme meilleurs. Néanmoins, il faut rester conscient du fait que toute lecture de pièces dures reste une opération dont les résultats prêtent souvent à caution.

Les histogrammes de fréquences de taille des longueurs observées pour un âge donné, montrent l'existence de deux groupes relativement isolés, pour des âges compris entre 6 et 11 ans, et ce quelle que soit la technique utilisée, bien que leur identification soit plus aisée dans le cas des otolithes, compte tenu de l'abondance supérieure des observations (Figs. 6.1 et 6.2).

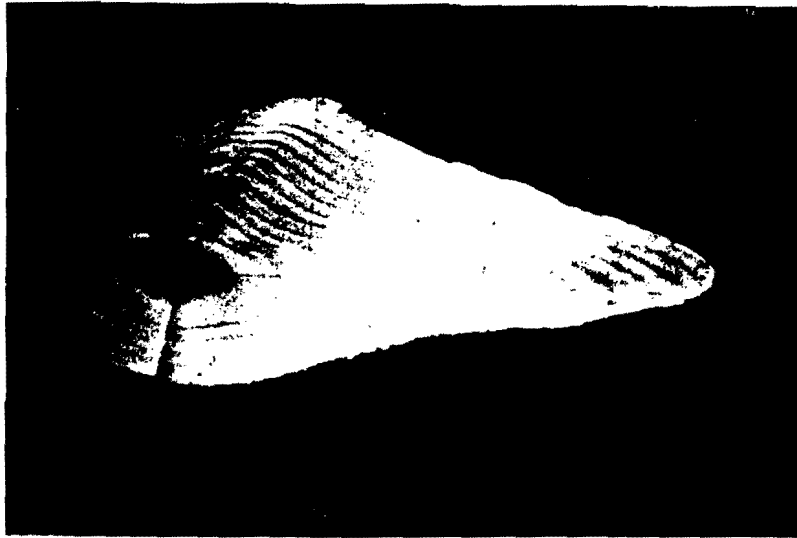


(a)

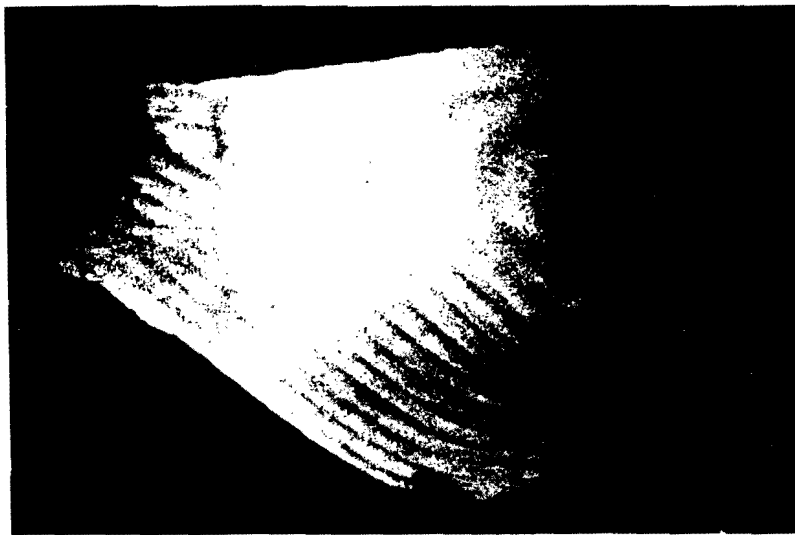


(b)

Figure 5-1 : Vertèbres de congre de 118 cm et 8 ans (a) puis de 147 cm et 11 ans (b).



(c)



(d)

Figure 5-2 : Coupes d'otolithes d'individus de 143 cm et 13 ans (c), et de 146 cm et 13 ans (d).

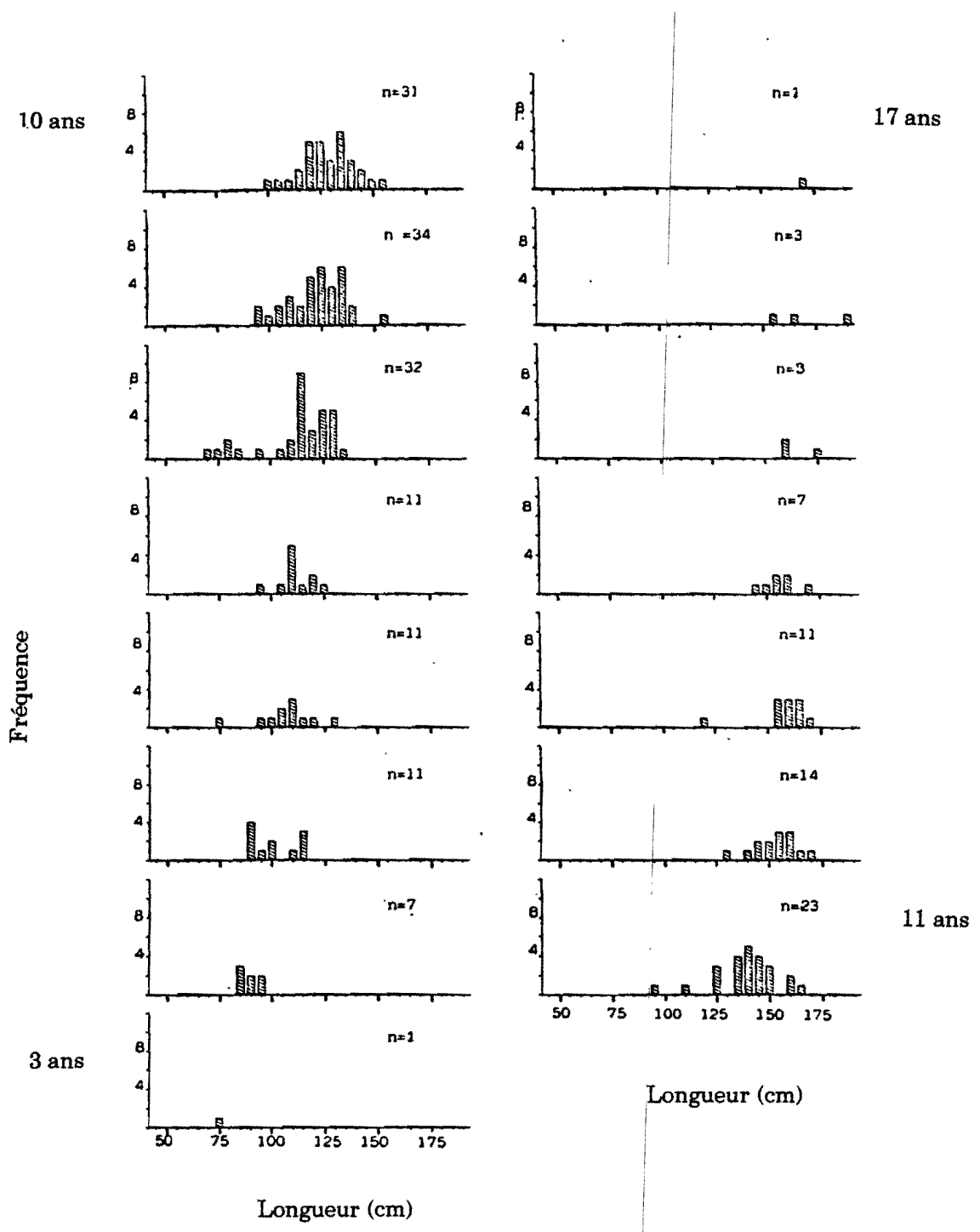


Figure 6-1 : Distributions absolues des longueurs observées par classe d'âge par lecture des vertèbres.

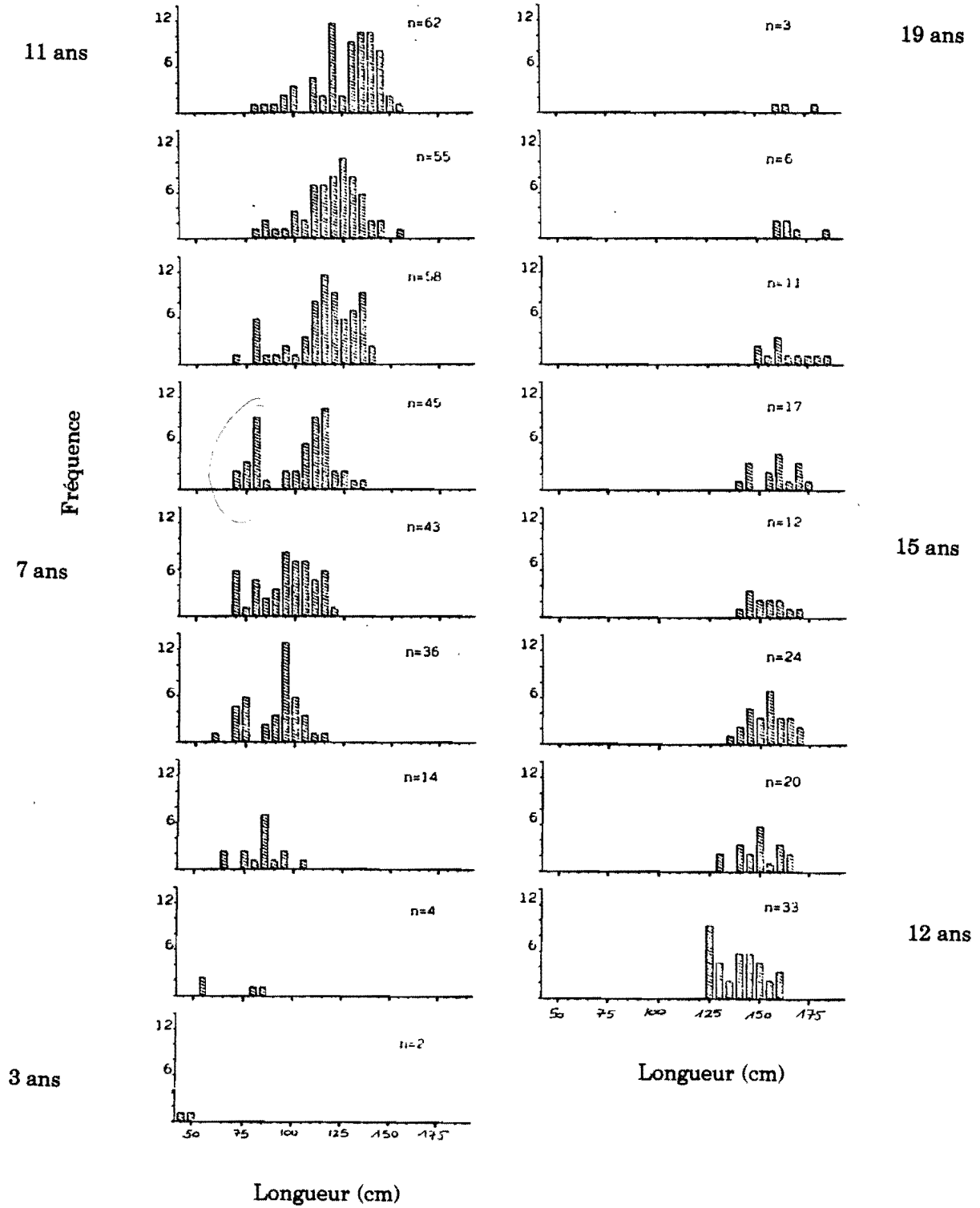


Figure 6-2 : Distributions absolues des longueurs observées par classe d'âge par lecture des otolithes.

Age (ans)	FEMELLES			MALES		
	Longueur moyenne (cm)	Ecart-Type (cm)	N	Longueur moyenne (cm)	Ecart-Type (cm)	N
3	47.5	2.50	2	48.5	2.50	2
4	82.5	2.50	2	54.5	0.50	2
5	86.5*	3.00*	13*	64.5	0.50	2
6	99.6*	1.36*	26*	74.1*	1.50*	10*
7	104.2*	1.65*	34*	77.1*	1.68*	10*
8	114.2*	1.57*	33*	80.3*	1.14*	14*
9	122.6*	1.58*	52*	83.2*	2.00*	8*
10	124.3*	1.81*	51*	87.3*	2.14*	3*
11	133.7*	1.78*	56*	95.4*	2.96*	7*
12	139.5	2.13	33			
13	149.2	2.84	18			
14	152.5	2.50	24			
15	155.3	3.12	12			
16	158.3	3.31	15			
17	164.5	3.69	11			
18	170.0	4.41	6			
19	168.3	6.01	3			

Tableau 2 : Résultats de la détermination de l'âge du congre.

(*) Données issus du découpage des distributions des fréquences par la méthode de HASSELBLAD.

Une séparation des deux groupes a été possible par la méthode de HASSELBLAD (1966) (1). Les résultats sont indiqués dans le tableau 2 et sur la figure 7. Dans tous les cas, les critères $(\mu_1 - \mu_2) > 2\sigma$ et $(\mu_1 - \mu_2) \geq \min(\sigma_1, \sigma_2)$ établis respectivement par HASSELBLAD dans le même ouvrage et par BEHBOODIAN (1970) ont été respectés.

On peut donc conclure à la présence dans l'échantillon de deux groupes présentant des vitesses de croissance différentes. Compte tenu de la fréquence d'un tel phénomène chez les vertébrés et en particulier chez les poissons, l'existence de ces deux entités sera considérée comme l'expression d'un dimorphisme sexuel marqué. Compte tenu des informations disponibles dans la littérature (BAUCHOT et SALDANHA, 1986), le groupe dont la taille moyenne à un âge donné est supérieure, représente les femelles et le second donc les mâles.

La technique de HASSELBLAD permet l'estimation des proportions relatives de chacun des deux groupes et donc l'estimation du sex-ratio ($\frac{\text{♀}}{\text{♀} + \text{♂}}$)% par âge. Les résultats (Tab. 3) indiquent un faible taux de présence des mâles dans les captures mais surtout l'absence de mâles d'un âge supérieur à 11 ans, alors que pour les femelles, l'âge maximum rencontré est de 19 ans.

Le sex-ratio par classe de taille (Tab. 4) semble indiquer que dans les captures, les mâles ne dépassent pas 100 cm, alors que les femelles peuvent atteindre 2 m. L'interprétation de ces résultats est difficile; on peut néanmoins évoquer pour les expliquer, une vitesse de croissance différente selon les sexes, une différenciation sexuelle plus précoce chez les femelles, mais également une maturation et donc une migration anticipée des mâles vers la zone de fraie, voire des différences de longévité des sexes.

Bien que nos connaissances de la biologie des anguilliformes présentent encore de grandes lacunes, ces conclusions sont à rapprocher des travaux de CAU et MANCONI (1983 et 1984) et des résultats concernant l'anguille (*A. anguilla*). Les deux auteurs précédemment cités indiquent qu'en Méditerranée, les congres mâles sont totalement absents du plateau continental. Cette affirmation contredit nos observations puisque ces derniers apparaissent dans le Mor Braz, bien qu'en très faibles quantités, à moins de 30 m de profondeur.

En revanche, le dimorphisme sexuel observé coïncide parfaitement avec les conclusions de ces auteurs; en effet, ils indiquent une taille maximale de 2 m pour les femelles et de 1 m pour les mâles. Enfin les différences significatives de croissance par sexe de l'anguille (longueur maximale, 50 cm pour les mâles et 100 cm pour les femelles) confirment également les hypothèses émises.

L'utilisation de la technique de HASSELBLAD permet l'ajustement de courbes de croissance différentes selon les sexes. Les données utilisées sont reprises dans le tableau 2 et l'emploi de l'algorithme de calcul présenté précédemment permet d'obtenir les résultats suivants (Tab. 5).

	FEMELLES		MALES	
L_{∞}	228.8	(163.7; 283.9)	94.8	(82.5; 107.2)
K	0.068	(0.030; 0.109)	0.270	(0.117; 0.423)
t_0	-2.4	(-4.7; -0.17)	0.787	(-0.518; 2.092)

Tableau 5: Estimations des paramètres du modèle de croissance de VON BERTALANFFY, avec intervalles de confiance à 95% entre parenthèses.

(1) La mise en oeuvre de la méthode de HASSELBLAD a été réalisée à l'aide du programme NORMSEP (ABRAMSON, 1971) adapté au micro-ordinateur par M. BOER (IFREMER, Nantes).

AGE (ans)	EFFECTIF		SEX-RATIO (%)
	Femelles	Mâles	
5	13	2	86.7
6	26	10	72.2
7	34	10	77.3
8	33	14	70.2
9	52	8	86.7
10	51	3	94.4
11	56	7	88.9
12	33*		100.0

Tableau 3 : Sex-ratio calculé à partir des résultats issus des analyses par la méthode de HASSELBLAD.

(*) données non normalisées.

LONG. (cm)	EFFECTIF		SEX-RATIO (%)
	Femelles	Mâles	
75	1	13	7.1
80	4	12	25.0
85	8	8	50.0
90	10	4	71.4
95	18	2	90.0
100	23	1	95.8
105	24		100.0

Tableau 4 : Sex-ratio en fonction de la longueur, calculé à partir des résultats issus des analyses par la méthode de HASSELBLAD.

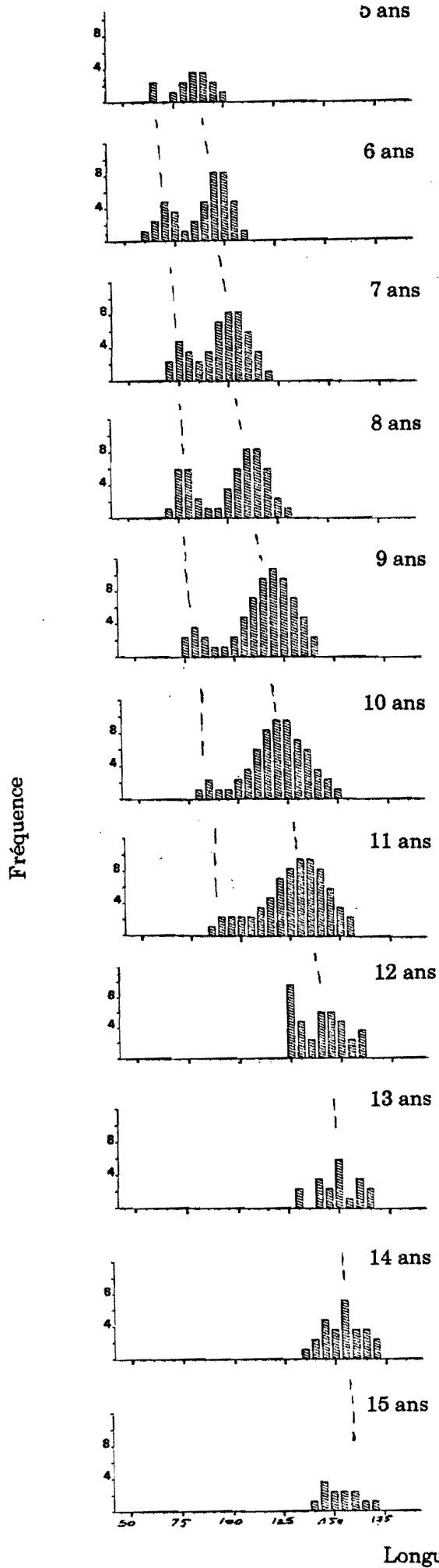


Figure 7 : Distribution théorique des fréquences de longueur par classe d'âge après séparations de populations normales par la méthode de Hasselblad (âges compris entre 5 et 15 ans).

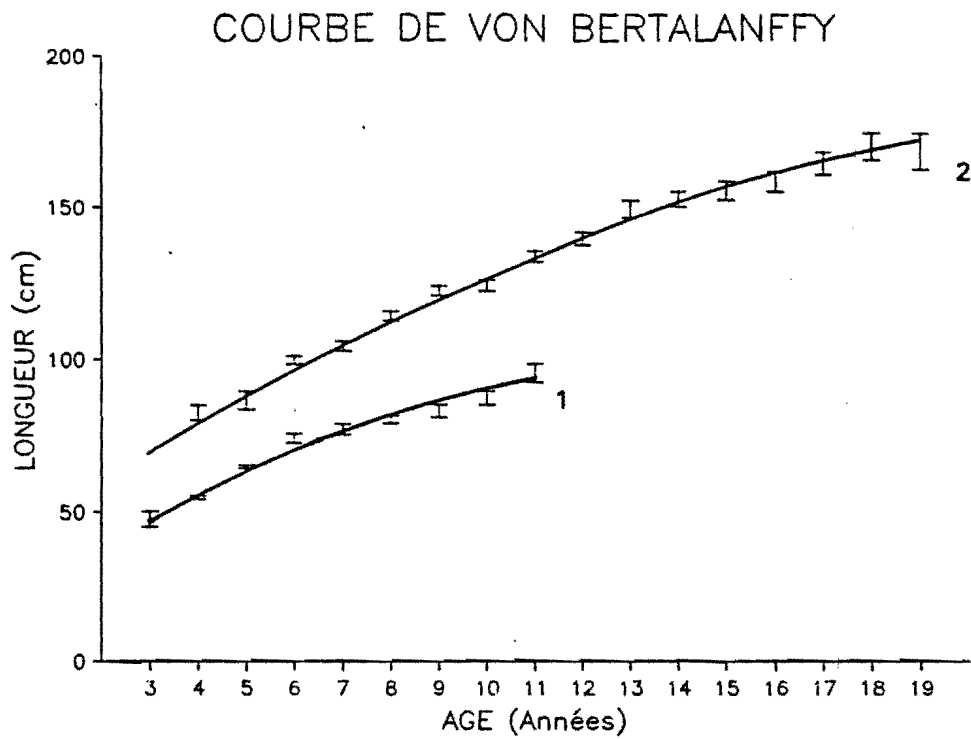


Figure 8 : Courbes obtenues :

- 1- cas des mâles.
- 2- cas des femelles.

Les I représentent l'intervalle de dispersion des données observées.

Les courbes obtenues et l'écart type des valeurs observées par âge sont représentées en figure 8. Il est néanmoins nécessaire de souligner que l'absence de données fiables concernant les longueurs moyennes des animaux des premiers groupes d'âge induit vraisemblablement une mauvaise estimation du paramètre t_0 . Ceci est particulièrement sensible pour l'ajustement des données obtenues sur les femelles. La technique de rétrocalculs permettant à posteriori la détermination de valeurs pour les premiers anneaux n'a pas été utilisée car les estimations qu'elle fournit, ne répondent pas aux hypothèses d'indépendance requises par le modèle.

2.3 Estimation de la relation taille-poids

Nous avons utilisé dans ce cadre la courbe d'allométrie $P=aL^b$, où le poids de l'animal P est exprimé comme une fonction de la longueur L . La valeur de la constante a dépend de phénomènes tels que l'état d'engraissement des individus, du degré de maturation gonadique et du taux de vacuité. Elle peut même être caractéristique d'une population, constituant ainsi un moyen de les comparer.

Les constantes a et b ont été calculées par régression de Y en X au sens des moindres carrés linéaires après transformation logarithmique des variables (DAGET, 1979). Les congres sont débarqués éviscérés, nous n'avons donc obtenu qu'une estimation de la relation liant le poids vide et la longueur (Fig. 9) :

$$P = 4 (10^{-7}) L^{3.34}$$

$$r = 0.98$$

$$n = 289$$

Cette équation est à rapprocher de celle fournie par DOREL (1986), qui relie cette fois la relation entre le poids plein et la longueur de l'animal et qui s'exprime par la relation :

$$P = 2.2(10^{-4}) L^{3.51}$$

$$r = 0.997$$

$$n = 128$$

III- CONCLUSION

L'ensemble de ce chapitre a permis une révision des connaissances acquises sur la biologie de l'espèce. Celle-ci indique que certains points tels que le déroulement des phases migratoires et sédentaires ou les relations liant reproduction et mortalité restent mal connues et méritent sans doute des études plus approfondies.

En revanche, les résultats de nos travaux apportent un éclairage nouveau sur la détermination de l'âge et de la croissance du congre. Outre la quantification de ces deux aspects, plusieurs faits ont été remarqués et doivent être rappelés ici:

- Selon la technique de préparation utilisée, les résultats divergent. La détermination de l'âge à partir de l'observation d'otolithes nous a paru la plus fiable.

Taille (cm)	Poids moyen (Kg)	Nombre d'individus
50	0.189	1
60	0.348	1
70	0.582	1
80	0.909	4
90	1.347	16
100	1.915	36
110	2.632	70
120	3.520	48
130	4.599	24
140	5.890	43
150	7.417	21
160	9.201	16
170	11.266	3
180	13.635	4
190	16.334	2
200	19.387	1
		291

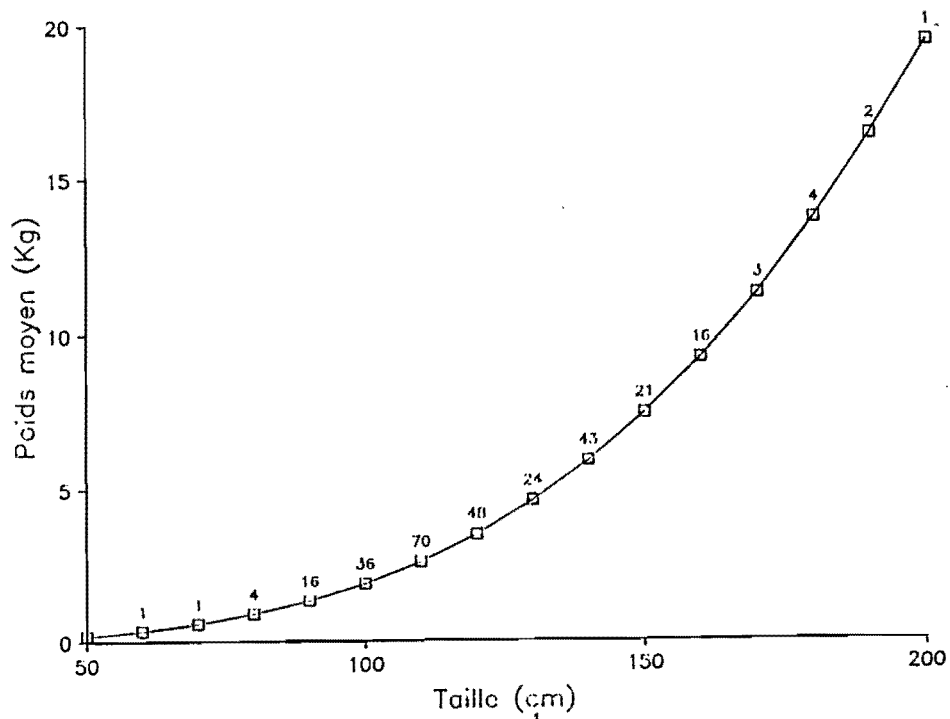


Figure 9 : Relation taille poids éviscéré

- A l'intérieur de certaines classes d'âge, les histogrammes de fréquence des longueurs observées permettent l'isolement de deux groupes bien différenciés. La séparation de ces deux groupes ainsi que l'estimation de leurs caractéristiques propres (proportion, longueur moyenne et écart type) a été réalisée par la méthode de HASSELBLAD. La présence de ces deux groupes a été interprétée comme l'expression d'une différence de croissance entre les deux sexes. Ainsi les mâles dont les longueurs moyennes par âge sont les plus fiables, ne dépasseraient pas 1 m alors que les femelles atteindraient plus de 2 m.

Enfin les sex-ratio calculés par âge ou par classe de longueur permettent de supposer l'existence, pour cette espèce, de processus de maturation et/ou de migration de reproduction distincts selon les sexes.

CHAPITRE 2

DESCRIPTION DE LA PECHERIE DE CONGRE DANS LE MOR BRAZ

I - Situation géographique et caractéristiques hydrologiques du secteur

1.1 - Situation géographique

1.2 - Courantologie

1.3 - Sédimentologie

II - La pêche dans le Mor braz

2.1 - La pêche dans le Mor braz (caractéristiques générales)

2.2 - Les flottilles du secteur et leurs activités

2.3 - Analyse des métiers dont la pratique permet des captures de congre

2.4 - La commercialisation

III - Conclusion

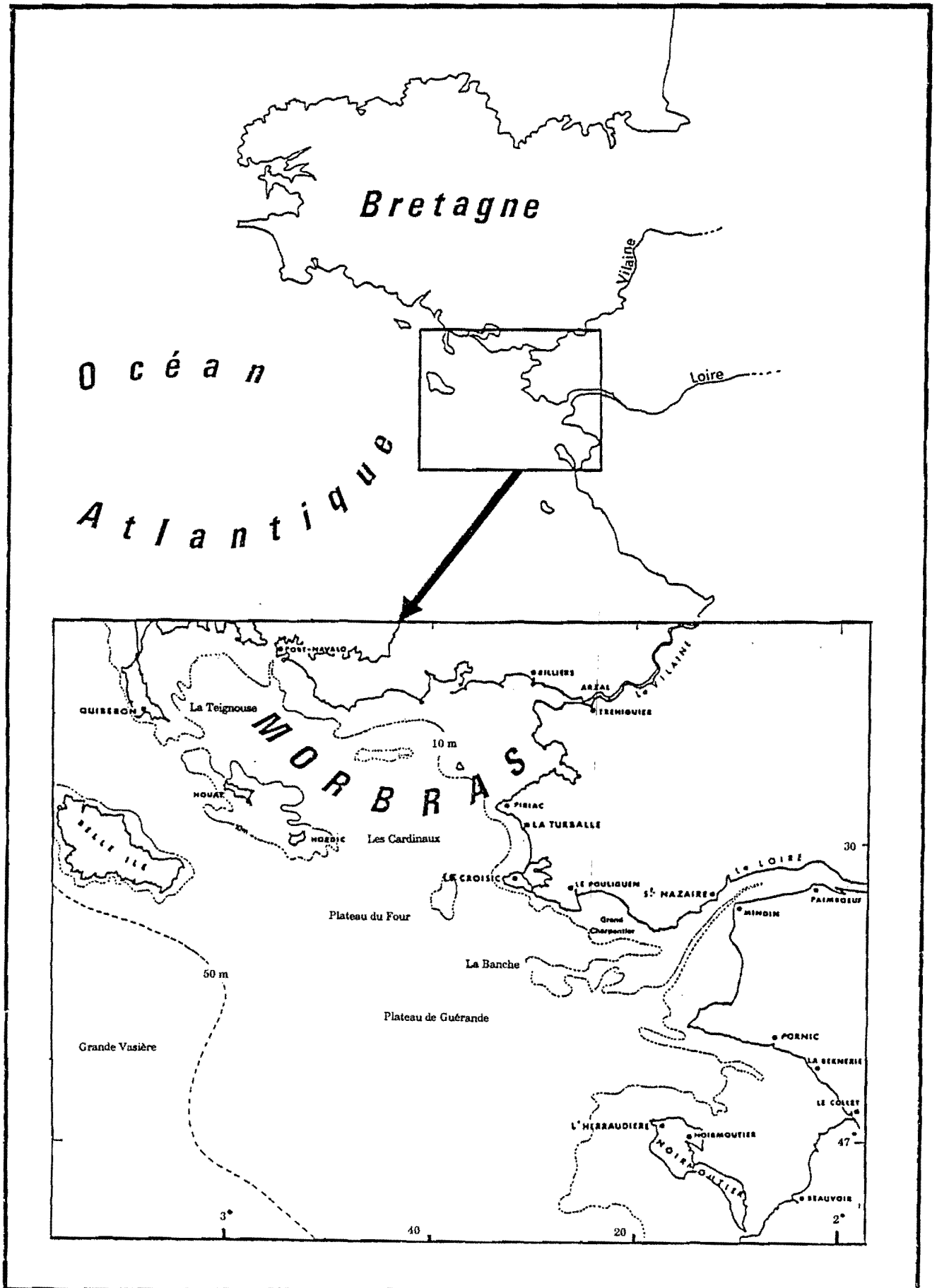


Figure 10 : Présentation générale du MOR BRAZ (Source BERTIGNAC, 1987).

I- SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES DU SECTEUR

1.1 Situation géographique

Le secteur d'étude se situe dans le sud de la Bretagne (Fig. 10). Nous le considérerons comme composé de 2 unités:

- une zone littorale s'étendant de la presqu'île de Quiberon à la pointe du Croisic, à laquelle nous associerons les zones voisines de Belle Ile, du banc de Guérande ou de la Banche. Cet ensemble constitue l'entité généralement identifiée par l'appellation "MOR BRAZ".
- le secteur plus hauturier constitué par les fonds meubles de la Grande Vasière (que fréquentent régulièrement les plus grosses unités armées).

Le Mor Braz, sensu stricto, est le siège d'une série de phénomènes climato-hydrologiques ayant des conséquences importantes pour les activités de pêche ou d'ostréiculture; nous lui consacrerons donc l'essentiel de ce paragraphe. Le Mor Braz est relativement isolé de l'Atlantique par le seuil sous-marin prolongeant la presqu'île de Quiberon sur lequel reposent les îles de Houat et Hoëdic (VANNEY, 1964). Les profondeurs sont relativement faibles et ne dépassent pas les 20 m. La communication avec l'extérieur se fait par les passes de la Teignouse et du Croisic, mais surtout, par l'ouverture balisée par les phares des Cardinaux et du Four, dont la profondeur atteint plus de 30 m.

Un bassin versant de 12 000 km² dont 10 417 km² reviennent à la Vilaine et 721 km² au Golfe du Morbihan et à la rivière d'Auray, est associé au Mor Braz. La Vilaine se caractérise par un régime très variable, selon la saison, avec un étiage de l'ordre de 10 m³/s et des crues dépassant 1 200 m³/s. Son cours (225 km) traverse une zone dont les développements agricole et urbain sont importants. Ces deux activités engendrent des rejets de matières organiques qui sont ainsi véhiculées vers le Mor Braz (les apports ont été estimés à 0.20 g/m³/j).

Enfin, il faut signaler que la construction en 1970 du barrage d'Arzal à 8 km de l'embouchure de la rivière, a considérablement modifié les conditions de circulation et donc de sédimentation de la zone estuarienne.

1.2 Courantologie

Le secteur du Mor Braz s'individualise par une circulation autonome différente de la circulation générale, compte tenu du caractère particulier de la configuration du littoral. Pourtant, le secteur reste influencé par les courants de marée alternatifs Nord-Sud, d'amplitude faible (inférieur à 1 m/s, mais aussi par un courant de dérive de secteur Oust qui peut provoquer des intrusions en zone littorale, d'eaux océaniques froides (VANNEY, 1965; LANGLOIS, 1983).

Les courants de marée (de surface) sont généralement giratoires sur la droite. Dans les courreaux de Belle Ile, ils portent vers le Nord-Ouest à basse mer, ou vers l'Est-Sud-Est à pleine mer. En Baie de Quiberon, les courants sont faibles, sauf au milieu de la baie où ils sont probablement renforcés par le flux et le reflux d'eau que produit le Golfe du Morbihan.

Dans le Golfe du Morbihan, les volumes d'eau considérables introduits au cours de la marée, induisent des courants violents qui portent de façon générale dans la direction des chenaux. En baie de Vilaine, le courant est alternatif et relativement faible, mais aussi fortement influencé par le vent et par les crues.

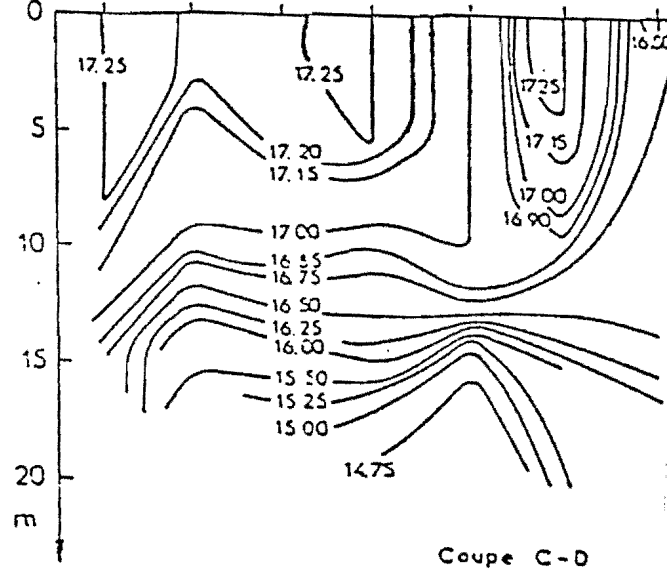
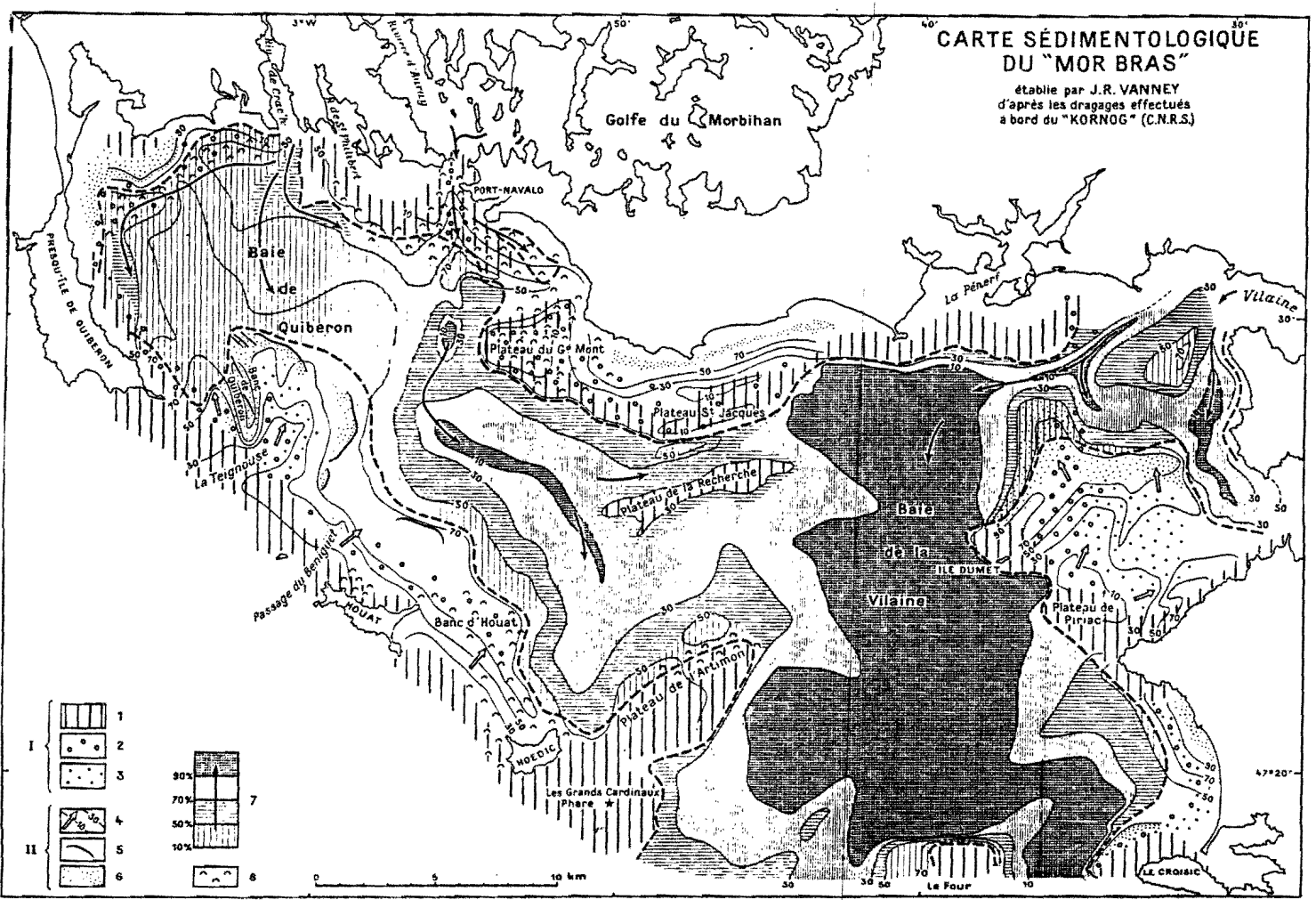


Figure 11 : Diagramme de température de la baie de Vilaine (De l'île DUMET au CROISIC, mois d'Août). On observe une thermocline avec un gradient de 2° (Source L'ANGLOIS, 1963).



I. Substratum géologique: 1= fonds rocheux; 2= galets et cailloutis; 3= gravelle. II. Apports sédimentaires: 4= indice arénique (%) et direction de l'apport; 5= rides; 6= sables fins à fort triage ($S_o < 1.6$); 7= indice pélitique (%) et direction de l'apport ; 8= maërl et fonds coralligènes.

Figure 12 : Carte sédimentologique du MOR BRAZ (Source VANNEY, 1965).

DE NADAILLAC et LE BRETON (1985) ont observé des vitesses des courants de marée comprises entre 10 et 70 cm/s et indiquent, qu'en régime de Sud-Ouest; l'eau de surface rentre dans la baie par le chenal proche de la Pointe de Castelli et quitte l'estuaire par le plateau de la Recherche. Par vent d'Ouest, le régime est inversé. En cas de stratification, la circulation de fond est opposée à celle de surface.

Ils précisent également que les temps de résidence des eaux sont compris entre 2 et 6 jours. Ils signalent enfin que les vents perturbent le cycle d'intensité des courants, résultat de l'alternance vives eaux/mortes eaux. Ceci confirme les résultats de GUERIN et PINOT (1977) sur la corrélation des vents et des courants résiduels dans le secteur de Quiberon à Noirmoutier. L'évolution saisonnière des conditions hydrologiques du secteur peut être résumée comme suit.

L'hiver est une période de bilan thermique négatif à l'interface air-mer, donc dominé par l'influence prépondérante sur la structure thermique des eaux douces plus froides que les eaux océaniques. La zone littorale du plateau continental de Sud Bretagne est alors la plus froide du Golfe de Gascogne (LE CANN, 1982).

Le printemps est une période de réchauffement, le développement de la thermocline saisonnière est amorcé. Les marées de vives-eaux induisent en certaines zones de faibles profondeurs un mélange vertical suffisant pour contrecarrer le développement de la stratification thermique.

En été, le réchauffement amorcé au printemps se généralise. La thermocline tend à s'enfoncer en même temps que s'accroissent les différences de température surface-fond. LANGLOIS (1983) retrouve ce phénomène en baie de Vilaine, près de l'île Dumet, et également plus au sud jusqu'en rade du Croisic (Fig. 11).

L'automne est une période de refroidissement généralisé; apparaissent à nouveau les inversions de température entre la surface et le fond dues à l'advection en surface des eaux douces, issues de la Loire, plus froides que les eaux océaniques. Plus au large, la thermocline persiste.

1.3 Sédimentologie

VANNEY (1965) distingue deux aires sédimentaires dans le Mor Braz: le pourtour rocheux et la zone interne du secteur.

Principalement autour de la baie de Quiberon, le pourtour rocheux est couvert de galets et de cailloux anguleux pléistocènes en voies de fossilisation par des sables surtout organiques (coquilles et algues calcaires).

Dans la partie interne du Mor Braz, la faiblesse des courants de marée permet le dépôt de particules plus fines, constituant des sables fins et des pélites de la taille des silts. La teneur de la vase en matière organique est intermédiaire entre celle du plateau continental et celle des marais maritimes (Fig. 12).

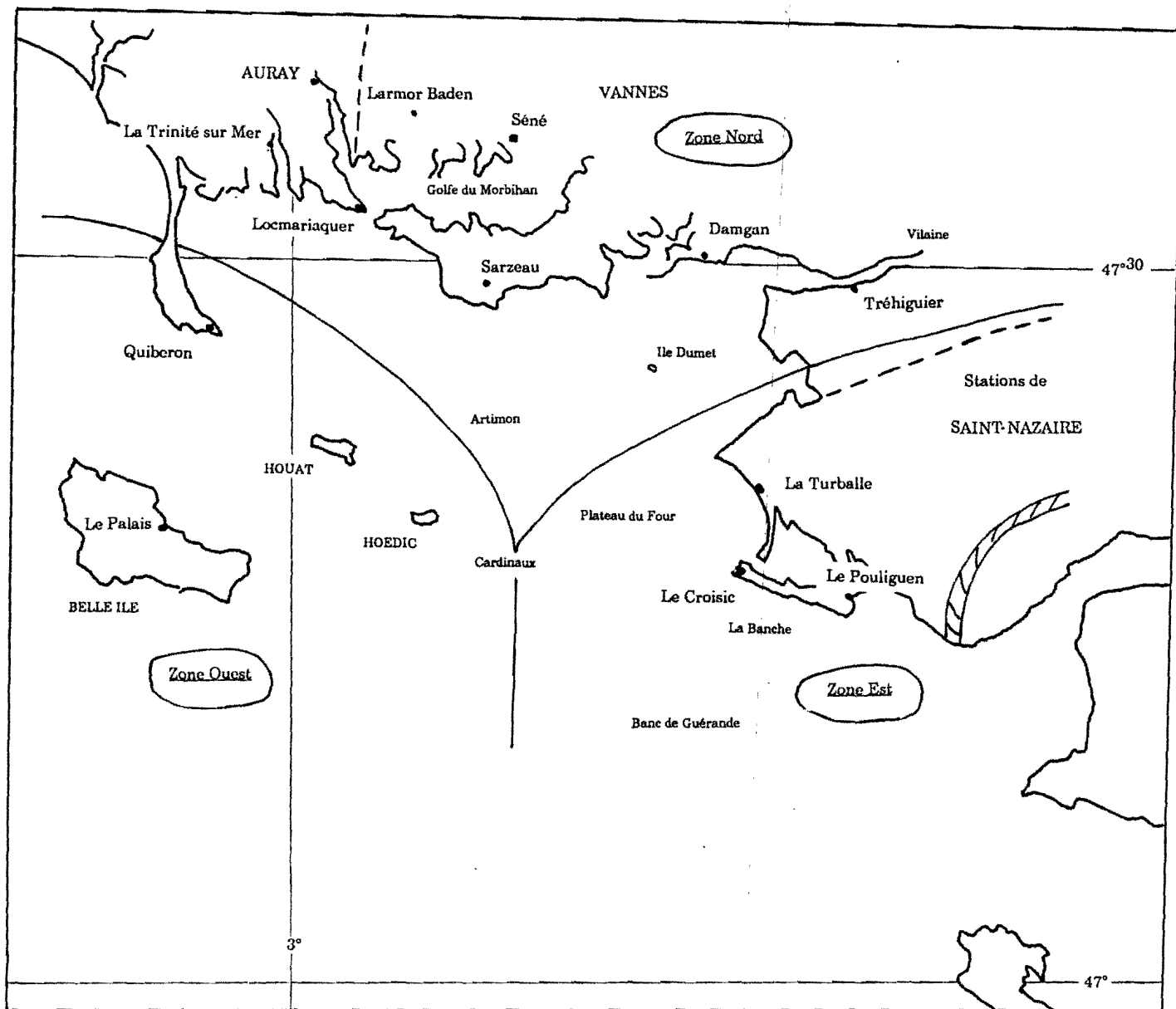


Figure 13 : Stations et limites de quartiers maritimes (D'après GIRARD, 1986).

II- LA PECHE AU CONGRE DANS LE MOR BRAZ

Dans ce paragraphe, nous situons la pêche du congre dans le cadre des pêches du Mor Braz. Après une présentation du contexte général, nous insisterons sur les "métiers", les secteurs et les saisons d'exploitation des flottilles qui capturent le congre. Enfin, nous traiterons quelques aspects de la commercialisation de cette espèce.

2.1 La pêche dans le Mor Braz (caractéristiques générales)

L'analyse de la pêche du congre fait partie d'un programme d'étude plus vaste, concernant d'autres stocks exploités par les navires du Mor Braz (bar, étrille, etc.) mais comprenant également l'analyse des flottilles du secteur.

Les navires qui y sont armés sont gérés par le Service des Affaires Maritimes des quartiers d'Auray, Vannes et Saint-Nazaire. Soulignons que pour le quartier de Saint-Nazaire, ce travail n'intègre que les stations de la Turballe, du Croisic et du Pouliguen (Fig. 13). Administrativement, ces navires ont été classés d'une part comme artisans car le patron est embarqué et la rétribution des équipages se fait à la part. D'autre part, selon la durée des marées, soit en petite pêche (moins de 24 heures), soit en pêche côtière (24 à 72 heures).

2.2 Les flottilles du secteur et leurs activités

Grâce aux travaux réalisés depuis 1983 par différents auteurs (GIRARD, 1986; GONDEAUX, 1986 et DURAND, 1986), nous disposons d'une bonne connaissance du secteur et des navires qui l'exploitent. Celle-ci peut être résumée en trois points principaux.

On observe un haut degré de polyvalence des navires. Ce terme indique la pratique de plusieurs métiers de façon simultanée ou consécutive au cours de l'année. La notion de métier est utilisée ici pour désigner l'utilisation d'un engin de pêche spécialisé dans la capture d'une espèce ou d'un groupe d'espèces. Rappelons que cette polyvalence est également un caractère distinctif des navires de pêche aux petits métiers dans le Golfe du Lion (FARRUGIO et LE CORRE, 1983). Dix-huit métiers permettant la capture de dix-sept espèces-cibles ont été individualisés dans le Mor Braz. Une liste complète de ces métiers est présentée dans le tableau 6.

GIRARD et GONDEAUX signalent trois zones géographiques où certains métiers se sont développés plus que d'autres (Fig. 13). Ils admettent ainsi:

- une zone Ouest comprenant les stations de Quiberon et de Belle Ile où le caseyage des gros crustacés et la pêche à la palangre sont les activités de plus grande importance.
- une zone Nord qui inclut les ports situés entre Locmariaquer et La Vilaine. Les techniques les plus développées sont le caseyage de l'étrille (*Macropipus puber*) et le chalutage de la sole (*Solea vulgaris*) et de la crevette grise (*Crangon crangon*). En revanche, la palangre n'y est pratiquement pas représentée. En dehors de la pêche, la conchyliculture constitue également pour cette zone une activité importante.
- une zone Est enfin où les art trainants (chalutage de fond et pélagique) caractérisent les stations dont Le Croisic et La Turballe sont des entités représentatives.

METIERS
Chalut de fond
Chalut pélagique
Filet tournant (type bolinche)
Palangre de fond (à congres)
Palangre flottante (à bars)
Palangre divers
Ligne de traîne
Casier à grands crustacés
Casier à étrilles
Casier à crevettes roses
Casier à seiches
Filet droit
Trémil
Carrelet
Drague à coquillages
Tamis à civelles
Bosselle
Pêche à pied

Tableau 6 : Métiers pratiqués par les navires du Mor Braz (D'après DURAND, 1986).

Ces auteurs donnent une classification des flottilles comparables. Le tableau 7, montre les classes ou "types" de navires qu'ils ont identifiés pour l'année 1985. Ils ont été mis en évidence par GONDEAUX à l'aide des analyses en composantes principales et des groupements de variables contenant le nombre de mois de pratique d'un métier donné par navire (1). Chaque type s'individualise donc par la prédominance d'un métier dans le calendrier de pêche des navires.

Pour notre part, dans le cadre de cette étude, nous étudierons les captures de congre selon une dimension plus limitée que celle du "type", mais correspondant mieux à nos objectifs tels qu'ils ont été décrits dans l'introduction: le métier.

2.3 Analyse des métiers dont la pratique permet des captures de congre

Nous nous limiterons ici à la présentation des métiers pour lesquels des captures de congre sont relativement importantes. BOITARD (1984) remarque que la production de congre dans le Mor Braz est le résultat de l'activité de plusieurs métiers selon deux modalités:

- soit comme "espèce-cible", à la palangre à congre
- soit comme "captures accessoires", au chalut de fond et aux casiers à grands crustacés.

Avant de décrire chaque métier, il est nécessaire de préciser que l'appellation "chalutage de fond" regroupe trois activités dont le point commun est l'outil de travail, mais dont les caractéristiques sont très diverses. nous distinguerons ainsi (DURAND, 1986):

- le chalutage de fond de pêche côtière
- le chalutage de fond de petite pêche côtière
- le chalutage de fond de petite pêche

En revanche, parmi les activités de caseyage: caseyage à crevettes (*Palemon serratus*), à seiches (*Sepia officinalis*), à étrilles (*Macropipus puber*) ou à grands crustacés, nous ne retiendrons que le caseyage à grands crustacés, tourteaux (*Cancer pagurus*), araignées (*Maja squinado*) pour lesquels les captures de congre sont relativement importantes.

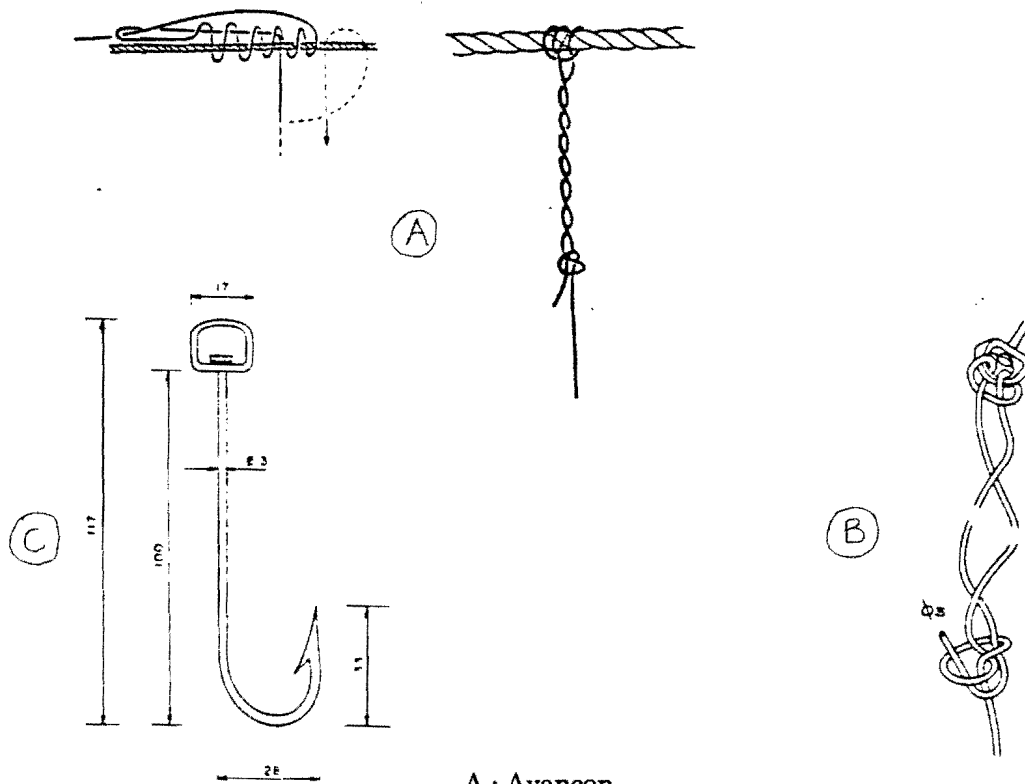
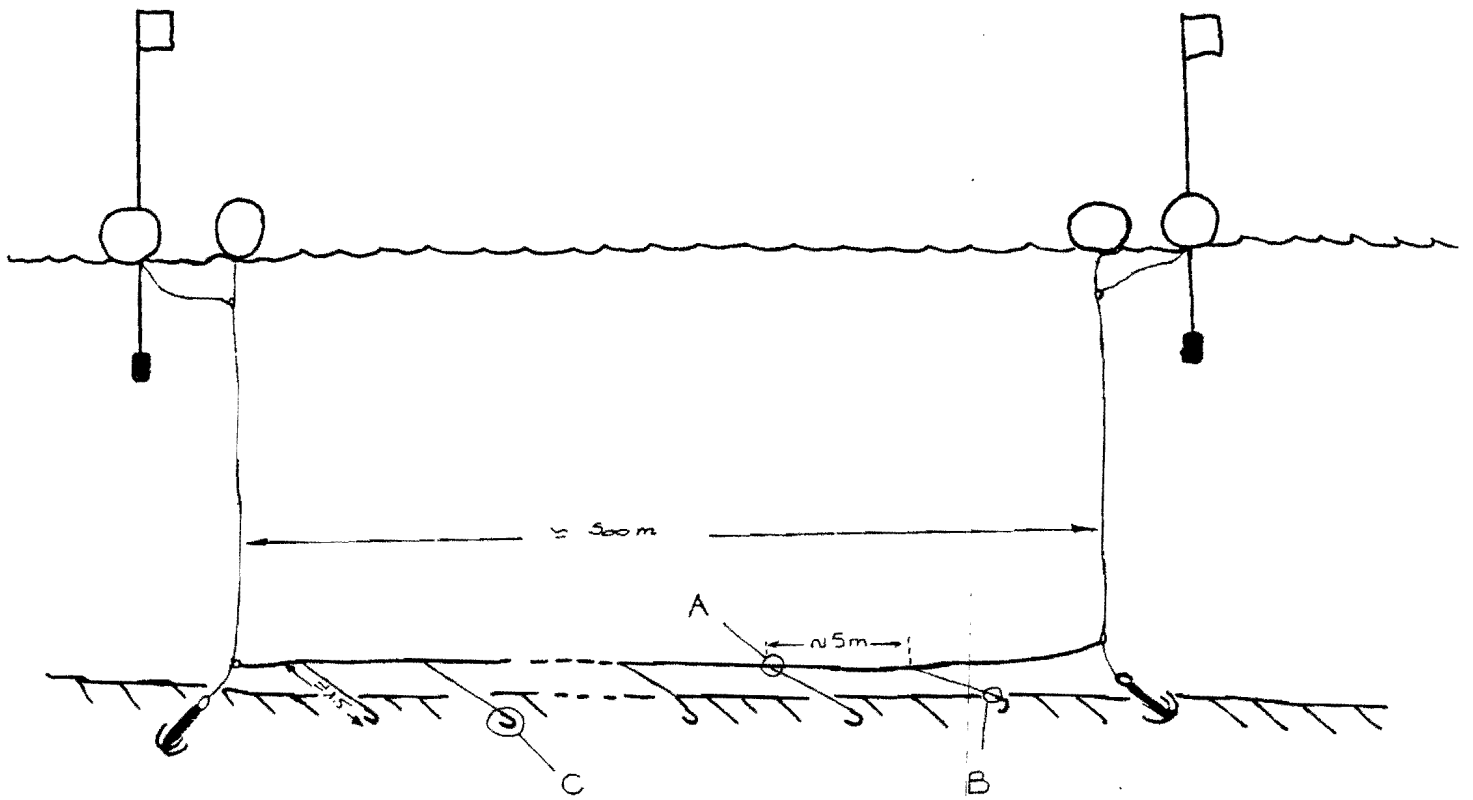
Enfin, il faut citer la palangre à congre qui, comme l'indique son appellation, est un engin spécialisé dans la capture de cette espèce. A ce titre, ce métier est, dans le Mor Braz, le plus important pour l'exploitation du congre.

La pratique de l'ensemble de ces activités peut expliquer la quasi totalité des captures de congre du secteur. Nous analyserons donc, pour chaque métier défini ci-dessus, les caractéristiques (longueur, puissance, etc.,) des navires qui les pratiquent et divers aspects de leurs techniques de pêche (saisons, secteurs, engins, etc.,).

(1) Les informations nécessaires pour déterminer le nombre de navires ayant pratiqué un métier durant un mois donné ont été obtenues par des enquêtes auprès du Service de Affaires Maritimes, des comités locaux, de criées, voire par des entretiens directs avec des pêcheurs.

TYPE DE NAVIRES
Chalutiers de fond à poisson et langoustine (pêche côtière)
Chalutiers de fond à poisson (petite pêche côtière)
Chalutiers de fond à poisson (petite pêche)
Chalutiers pélagiques
Bolincheurs
Caseyeurs
Palangriers
Polyvalents
Temporaires

Tableau 7 : Classification par type de navires du Mor Braz (d'après DURAND, GONDEAUX, 1988).



A : Avançon

B : Montage de l'hameçon sur l'avançon

C : Hameçon

Figure 14 : Schémas de montage d'une palangre à congre.

2.3.1. La palangre ou bao à congre

2.3.1.1. Caractéristiques techniques des navires

En général, les navires utilisant le bao à congre (le terme bao est un mot d'origine bretonne utilisé pour désigner la palangre) ont, en 1985 des dimensions moyennes faibles: longueur, 8,3 m; jauge, 5,4 Tx; puissance, 90 CV; et un âge de 10 ans. Quant à la taille de l'équipage, elle varie entre 1 et 2 hommes, voire exceptionnellement de plus de 2 hommes. L'âge moyen des patrons est de 38 ans.

Le nombre de navires concernés est passé de 45 à 42 de 1983 à 1985. Cette diminution peut s'expliquer par une reconversion des navires vers l'exploitation du bar (*Dicentrarchus labrax*) compte tenu des revenus supérieurs qu'elle est susceptible de procurer.

2.3.1.2. L'engin et son utilisation

La palangre à congre a été décrite par DINTHEER (1977). Il s'agit d'une ligne principale servant de support à environ 100 avançons de 1,5m. Ces avançons sont espacés approximativement de 5m et terminés par des hameçons de taille 4 ou 5. L'ensemble est tendu entre deux orins balisés par une bouée et calés sur le fond par un grappin (Fig. 14).

Le nombre d'hameçons utilisés par marée varie en fonction de la taille de l'équipage, entre 400 et 500 pour un homme et de 700 à 800 pour deux hommes. Les palangres sont boîtées à la main; l'appât le plus couramment utilisé est la sardine fraîche. Cependant quand elle fait défaut, on la remplace par de la sardine congelée, de la seiche, du tacaud ou bien du maquereau.

Cette pêche est généralement pratiquée pendant la nuit. Les palangres sont "mouillées" (à la main) le soir et elles sont relevées le lendemain matin. Le virage des baos s'effectue soit à la main, soit au moyen d'un "vire-ligne" hydraulique quand le navire en est équipé (Fig. 15). La durée moyenne d'une marée est d'environ 10 heures (GIRARD, 1986).

La pêche est pratiquement monospécifique du fait de la taille des hameçons des appâts utilisés mais aussi de la stratégie de pêche qui sélectionne le congre en réduisant les captures accessoires. Cependant parmi celles-ci, on retrouve parfois de faibles quantités de bar (*Dicentrarchus labrax*), de roussette (*Scyliorhinus canicula*), de tacaud (*Trisopterus luscus*) ou bien de julienne (*Molva molva*).

2.3.1.3. Les secteurs et les périodes de pêche

Des 41 navires recensés dans le Mor Braz en 1985, 25, 1, et 15 sont basés respectivement dans les zones Ouest, Nord et Est (Fig. 13). La palangre à congre est pratiquée sur des fonds rocheux ou sablo-rocheux proches des ports d'attache des navires. Dans la zone Ouest, ceux-ci pêchent aux alentours de la presqu'île de Quiberon, des îles de Houat, Hoëdic et Belle Ile, ainsi que sur les plateaux de l'Artimon et des Cardinaux. En zone Est, les zones de pêche correspondent aux environs de l'île Dumet et des plateaux du Four, de la Banche et de Guérande (Fig. 16).

La période de pêche s'étend principalement de l'hiver au printemps. Très peu de navires poursuivent cette activité tout au long de l'année.

2.3.2. Le chalutage de fond

Comme indiqué précédemment, nous retrouvons les trois métiers dont l'utilisation d'un chalut de fond est le point commun. Les navires exerçant ces trois activités ont des caractéristiques techniques, des espèces cibles et des zones de pêche très différentes.



Figure 15 : Palangrier du CROISIC, équipé d'un vire-ligne.

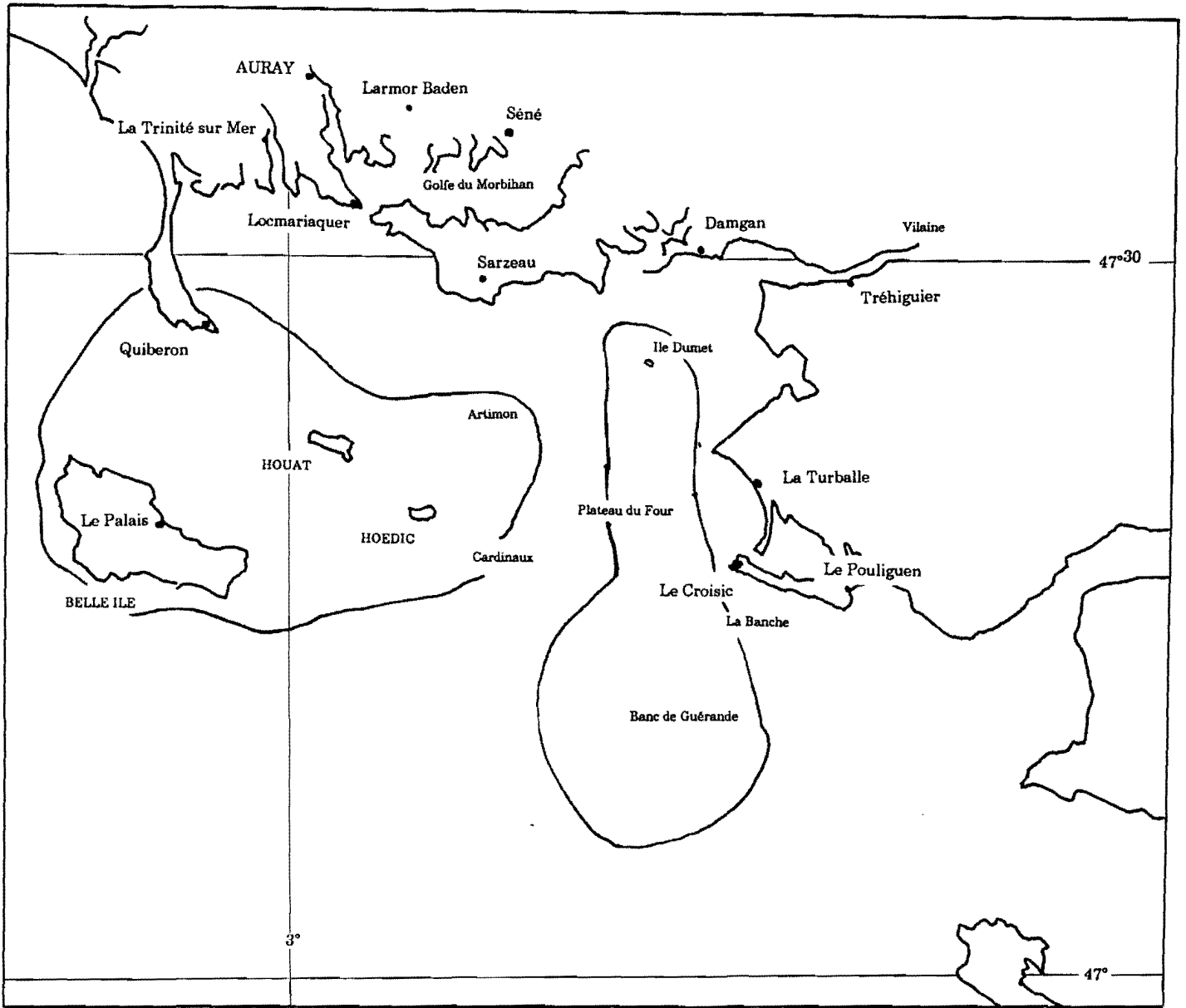
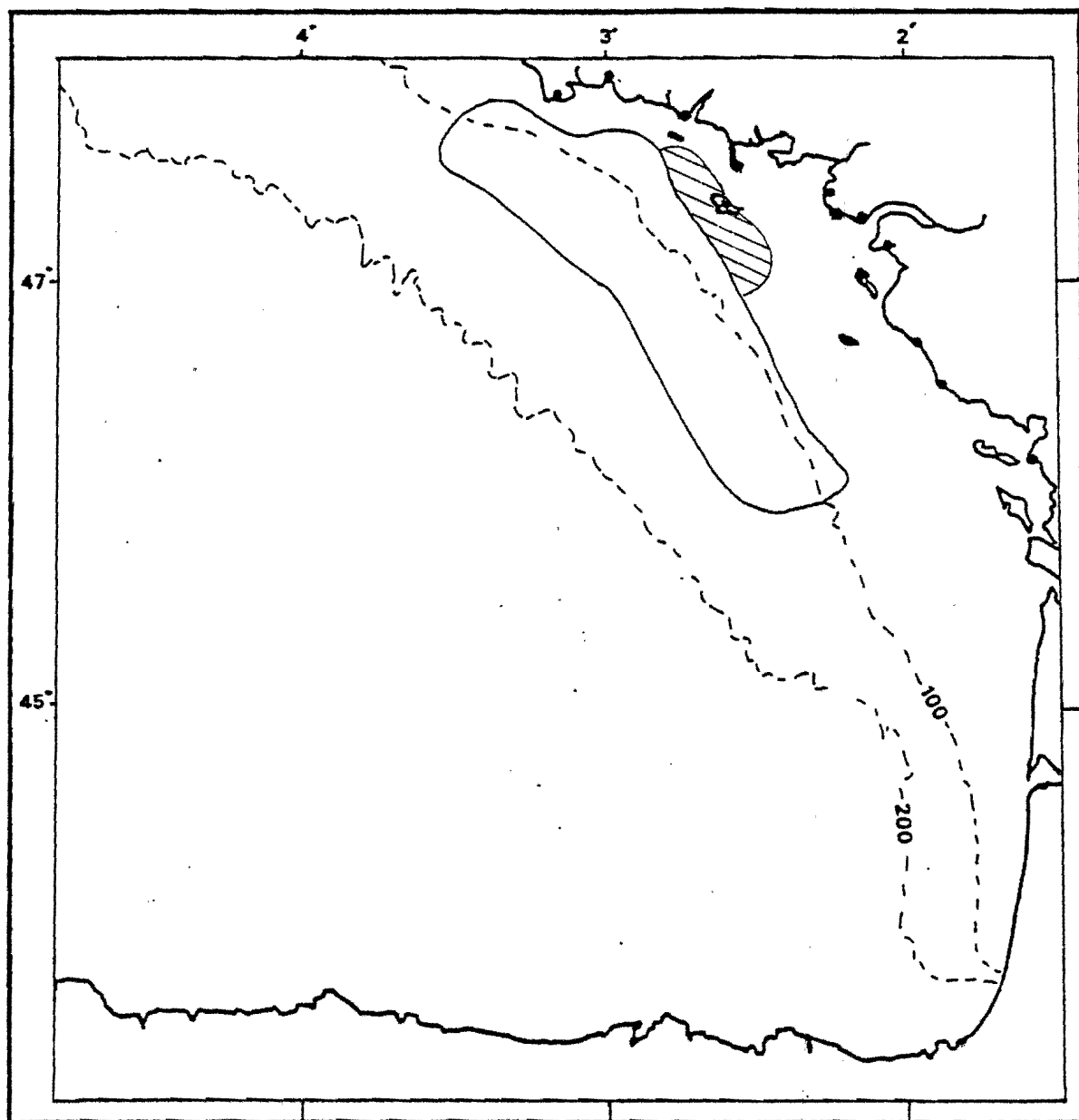


Figure 16 : Zones de pêche des navires utilisant des palangres à congre dans le MOR BRAZ.





-  Zone à langoustines et poissons.
-  Zone à poissons.

Figure 17 : Zones de pêche pour le chalutage de pêche côtière.

2.3.2.1. Le chalutage de fond de pêche côtière

Dans le Mor Braz, les navires pratiquant ce métier correspondent aux unités de plus grandes dimensions. Leurs caractéristiques techniques moyennes sont: longueur 17,70; jauge 26,2 Tx; puissance 267 CV. Leur âge moyen est de 10 ans. Des navires recensés en 1985, 15 et 21 sont basés respectivement dans les zones Ouest et Est. Cette composante n'est pas présente dans la zone nord.

Les secteurs de pêche se situent au large de Belle Ile sur la zone connue comme la Vasière; la proximité des zones de pêche explique les dimensions plus faibles des navires de la zone Est (Fig. 17). Il est possible de distinguer dans l'activité de ces navires deux phases:

- une période estivale (de mai à septembre), pendant laquelle ils recherchent principalement la langoustine,
- suivie d'une période hivernale pendant laquelle les poissons démersaux (merlu, *Merluccius merluccius*) ou benthiques comme les lottes (*Lophius piscatorius* et *L. budegassa*) constituent l'essentiel des captures.

2.3.2.2. Le chalutage de fond de petite pêche côtière

Ce métier est exercé par des navires dont les dimensions moyennes sont inférieures à celles des navires précédents (longueur 11 m, jauge 13,5 Tx, puissance 170 CV, âge 8 ans); ils sont donc contraints de travailler dans des zones plus proches.

En 1985, nous avons recensé 37 navires dont 3 appartiennent à la zone Nord et 33 à la zone Est. Cette composante est très peu représentée dans la zone Ouest où 1 seul navire a été observé. Ceci est expliqué par la proximité des zones de pêche de la langoustine à l'Ouest de Belle Ile qui permet aux navires d'y accéder sans posséder de dimensions plus importantes.

Les espèces exploitées par ces unités sont principalement des poissons démersaux comme le merlan (*Merlangus merlangus*), le merluchon (*Merluccius merluccius*); et benthiques comme la sole (*Solea vulgaris*), dans le secteur des Cardinaux à l'est de Belle Ile (Fig. 18).

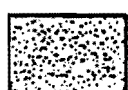
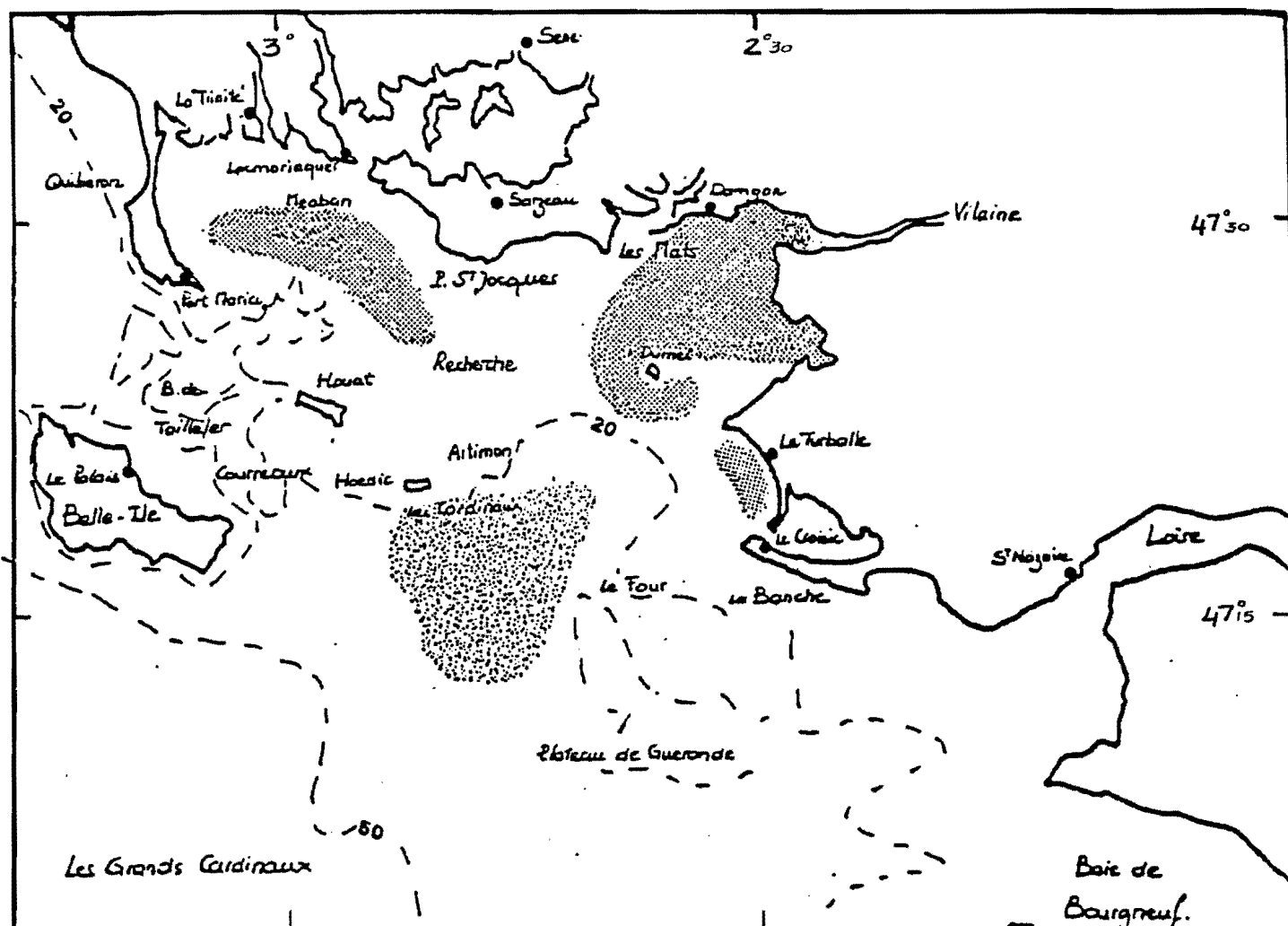
La saison de pêche s'étend tout au long de l'année, néanmoins, une partie des navires abandonne cette pratique pour participer à la pêche de la coquille Saint-Jacques, d'octobre à février.

2.3.2.3. Le chalutage de fond de petite pêche

Parmi les trois activités de chalutage de fond, celui dit de petite pêche rassemble les navires aux dimensions les plus faibles; leurs caractéristiques moyennes sont: longueur, 8,9 m; jauge, 6,4 Tx; puissance, 84 CV; âge, 13 ans. Cette composante est très hétérogène et on peut distinguer 2 groupes aux comportements différents:

- d'une part, 13 navires basés en zone Ouest
- d'autre part, 86 navires basés dans le reste du Mor Braz dont 44 et 36 appartiennent aux zones Nord et Est respectivement.

Les navires de la zone Ouest recherchent des poissons tout au long de l'année dans la baie de Quiberon (Fig. 18). En revanche, les bateaux des deux autres zones exploitent toute l'année la sole (*S. vulgaris*) ou la crevette grise (*Crangon crangon*) dans les secteurs abrités à l'intérieur de la baie de Vilaine. Il est à noter qu'une proportion importante des navires abandonne cette pêche pour participer à celle de la civelle (larves de l'anguille) pendant l'hiver ou à celle de la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*).



Extension du petit chalutage côtier.



Extension du chalutage petite pêche.

Figure 18 : Zones d'exploitation des navires pratiquant le chalutage de petite pêche et de petite pêche côtière (D'après GIRARD, 1986).

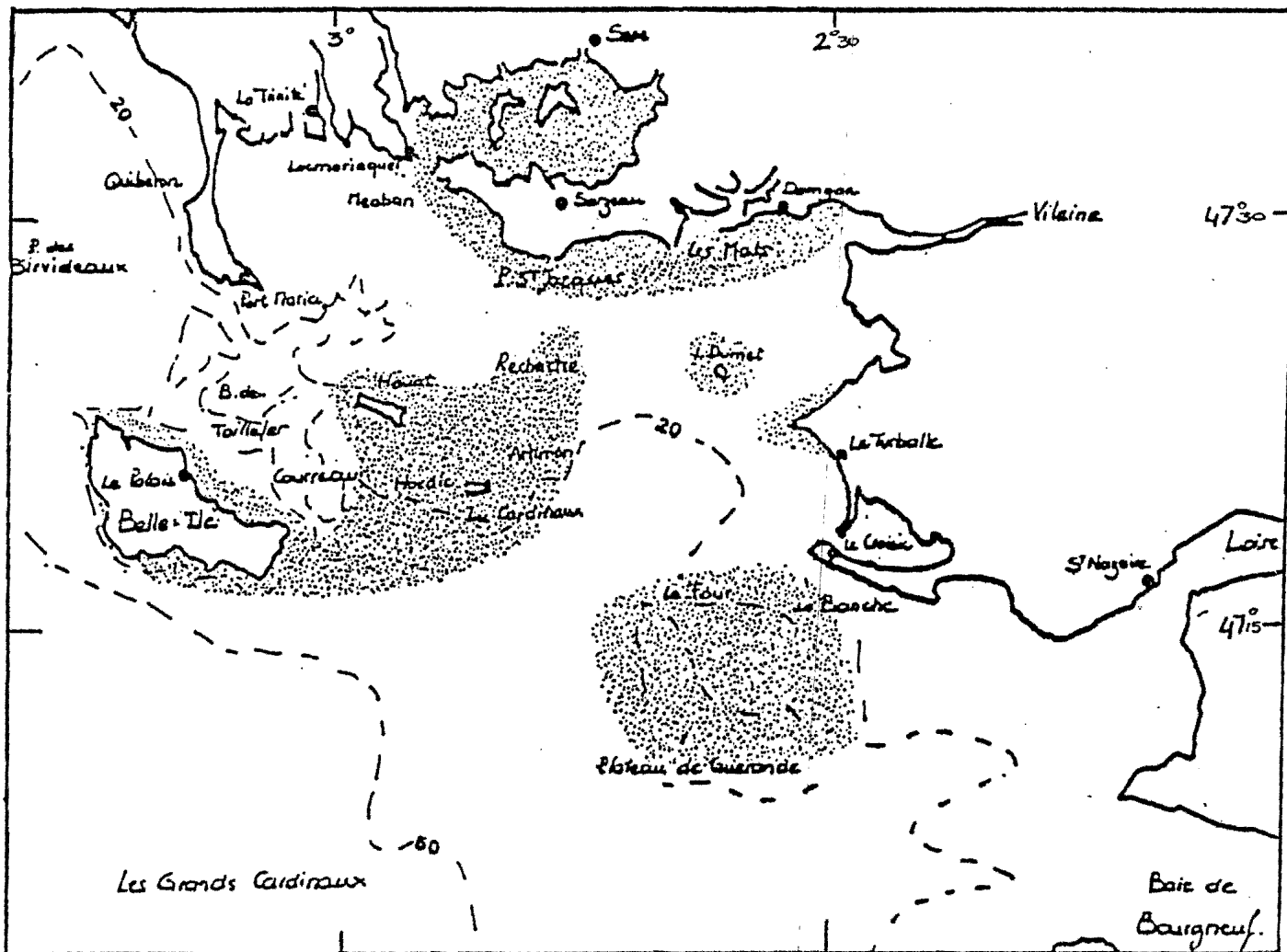


Figure 19 : Zones de pêche des navires utilisant des casiers dans le MOR BRAZ (d'après GIRARD, 1986).

2.3.3. Le caseyage

Comme indiqué précédemment, seul le caseyage à grands crustacés (tourteaux, *Cancer pagurus* et araignée, *Maja squinado*), réalise des captures accessoires de congre relativement importantes. Ce métier a été pratiqué en 1985 par 73 navires dont 53 et 20 sont repartis respectivement dans les zones Est et Ouest. Les dimensions moyennes des navires effectuant cette pêche sont les suivantes: longueur, 8,7 m; jauge, 7,1 Tx; puissance, 87 CV et âge, 12 ans.

Les zones de pêche sont constituées par les accores des zones rocheuses du four, de la Banche et du plateau de Guérande pour les navires de la zone Est. En revanche, les pêcheurs de la zone Ouest mouillent leurs casiers aux environs des Iles du Ponant (Belle Ile, Houat, Hoëdic). Voir figure 19. Cette activité s'exerce essentiellement l'été, les patrons adoptant traditionnellement des casiers à crevettes roses (*P. serratus*) pendant l'hiver.

2.4. Commercialisation

Dans le Mor Braz, la commercialisation de la pêche peut suivre différents circuits dépendant de l'espèce et de la saison. Pour les espèces fines (ex. les daurades, le bar, etc.) et pendant la période estivale, ces espèces peuvent être commercialisées soit en vente directe aux consommateurs (public, touristes et restaurateurs) ou aux mareyeurs, soit en criée. Pour les débarquements de congre, il est nécessaire de différencier les métiers et les zones.

En zone Ouest, les débarquements du chalutage de fond de pêche côtière et ceux provenant de la palangre à congre, sont écoulés pratiquement en totalité à la criée de Quiberon. L'ensemble des autres activités utilisent d'autres circuits. En zone Est, comme précédemment, la criée (soit de la Turballe, soit du Croisic) absorbe l'essentiel des débarquements effectués à la palangre à congre, au chalutage de petite pêche côtière ou de pêche côtière ainsi que du caseyage. En revanche, l'ensemble des débarquements de la zone nord, ceux du chalutage de petite pêche des zones Est et Ouest, ainsi que le caseyage de la zone Ouest sont commercialisés soit par le biais des mareyeurs, soit par des circuits de vente directe.

Il sera nécessaire de conserver cette dichotomie lors des essais de quantification de la production, préalable indispensable à une évaluation quantitative d'une ressource halieutique.

III- CONCLUSION

Outre une présentation du secteur, ce chapitre nous a permis d'une part d'appréhender les traits généraux de la pêche dans le Mor Braz. Ainsi, nous avons relevé un fort degré de polyvalence des navires, représentée par l'utilisation de plusieurs métiers. Cette polyvalence est synonyme d'une grande multiplicité des relations métier-espèces-zones de pêche, faisant du Mor Braz un secteur à grande complexité. Une certaine spécialisation des ports par métiers a été également mise en évidence. On distingue trois zones géographiques (Ouest, Nord et Est).

D'autre part, ce chapitre nous a permis de présenter les différents métiers intervenant dans les captures de congre selon deux modalités de pêche:

- comme espèce-cible, le congre est capturé à la palangre à congre,
- lors de captures accessoires, au chalut de fond (de pêche côtière, de petite pêche côtière et de petite pêche), mais aussi aux casiers aux grands crustacés.

Enfin, une stagnation, voire une légère diminution du nombre de navires pratiquant la palangre à congre entre 1983 et 1985 a été observée.

CHAPITRE 3

LA PRODUCTION DE CONGRE ET L'ANALYSE DES CAPTURES PAR UNITE D'EFFORT

I- Evolution des apports de congre

II - Estimation de la production de congre par métier dans le Mor Braz en 1985

2.1 - Méthode d'évaluation

2.2 - Résultats et discussion

2.2.1 - Le métier de palangre

2.2.2 - Le caseyage à grands crustacés

2.2.3 - Le chalutage

2.2.4 - Les métiers divers

2.3 - Conclusion

III - Analyse des variations des prises par unité d'effort (PUE) de la palangre à congre

3.1 - Méthode

3.2 - Application du modèle aux données de PUE issues de la pratique de la palangre à congre dans le Mor Braz

3.2.1 - Puissances de pêche

3.2.2 - Facteur caractéristique des strates spatio-temporelles

3.2.3 - Indices annuels d'abondance

IV - Conclusion

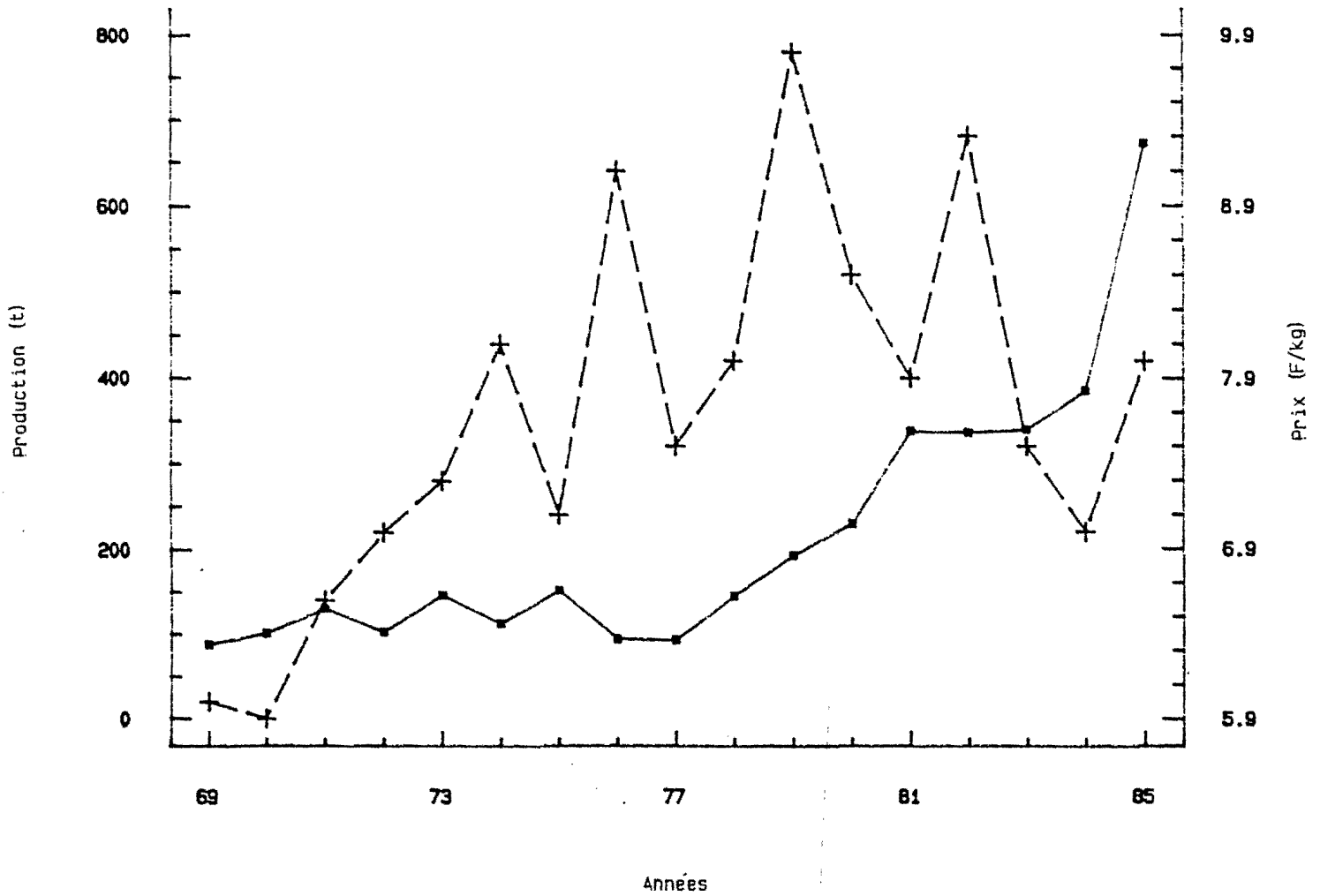


Figure 20 : Evolution des tonnages débarqués et du prix moyen par kilogramme de congr débarqués dans le MOR BRAZ.

Ce chapitre consacré à la production du congre nous permettra de développer trois aspects importants de l'exploitation de cette espèce. Une première partie consacrée à la présentation des séries statistiques officielles disponibles en poids débarqué et en prix par kilogramme complètera la description du contexte de notre étude ébauchée au chapitre 2.

Puis dans un second paragraphe, nous tenterons une estimation des débarquements de congre de chacun des métiers identifiés précédemment et ce, dans un double but. D'une part, ces estimations serviront de support à une modélisation ultérieure des interactions existants entre les diverses composantes de la flottille. D'autre part, et cela fera l'objet du troisième et dernier paragraphe, nous tenterons de valoriser les séries de rendements journaliers, données intermédiaires des calculs de productions totales, dans le but d'en extraire d'éventuelles fluctuations inter-annuelles de l'abondance de cette espèce et ainsi de fournir un premier diagnostic sur l'évolution de la biomasse disponible.

I- EVOLUTION DES APPORTS DE CONGRE

Au niveau national, le congre occupait en 1985, une place modeste dans l'ensemble des pêches françaises avec seulement 5 103 tonnes pour une valeur d'environ 39 millions de francs.

L'analyse des séries statistiques disponibles auprès de l'administration des Affaires Maritimes montre que pour le Mor Braz (quartiers maritimes d'Auray, Vannes, Saint Nazaire), la production de congre a atteint la même année 671 tonnes, soit une valeur débarquée de 5,5 millions de francs. L'évolution de la production de 1969 à 1985 (Fig. 20), met en évidence 2 phases. La première période (1969-1978) est caractérisée par des variations irrégulières de la production autour d'une valeur moyenne d'environ 120 tonnes, sans tendance marquée. En revanche, durant la seconde période (1979-1985), on observe une modification radicale; en effet depuis 1979, la progression des débarquements est importante, ceux-ci sont passés de 192 à 672 tonnes, soit une augmentation de près de 350%. Cette augmentation est surtout sensible dans les quartiers maritimes de Saint-Nazaire et d'Auray.

L'évolution du prix moyen par kilogramme a également connu deux phases pendant lesquelles les variations sont opposées. Ainsi dans l'intervalle 1969-1978, les valeurs sont en légère augmentation et passent de 6 à 8 F/kg, soit une augmentation de 33%. En revanche, la seconde période (1979-1985) révèle une évolution contraire, et une diminution de 9,8 à 8 F/kg soit -18,4% (Fig. 20).

Ces variations sont difficiles à interpréter, pourtant, on peut évoquer la diminution de la taille des captures observée par BOITARD (1984), comme une des causes de la baisse du prix de l'espèce dans les années récentes.

Nous pouvons conclure que dans le secteur côtier du Mor Braz, la production de congre progresse rapidement en dépit d'une certaine stagnation, voire d'un repli du prix par kilogramme. Bien que les quantités restent relativement faibles, la pêche du congre peut représenter localement une activité économiquement intéressante comme le montrent ses taux de progression.

II- ESTIMATION DE LA PRODUCTION DE CONGRE PAR METIER DANS LE MOR BRAZ EN 1985

Toute tentative d'évaluation et /ou de gestion d'un stock passe nécessairement par la détermination des captures. Mais, dans le cas d'une exploitation mettant en oeuvre des navires pratiquant des activités diverses, il semble intéressant pour estimer le poids relatif de chacune des composantes de quantifier les apports par métier, tels qu'ils ont pu être définis dans le chapitre précédent.

Pourtant dans un système aussi complexe que le Mor Braz, à l'intérieur duquel le navires effectuent des changements incessants d'activités, il a fallu mettre au point une méthode adaptée qui sera testée, compte tenu des données disponibles sur l'année 1985.

2.1 Méthode d'évaluation

Lors de la présentation des circuits de commercialisation, nous avons indiqué que la quasi-totalité des débarquements de congre était vendue en criée, c'est donc l'utilisation des données disponibles auprès de ces structures de vente qui a été privilégiée; ce, au détriment d'enquêtes directes auprès des pêcheurs, compte tenu de la difficulté de leurs réalisations dans un domaine aussi étendu et divers.

Au terme d'une étude pilote menée sur l'année 1983 (FLORES-HERNANDEZ, 1985), il apparait qu'un certain nombre de critères de stratification doit être retenu. Le premier sera le métier et parmi les 18 métiers pratiqués par l'ensemble des navires, 5 activités de pêche capables d'expliquer la quasi-totalité des débarquements de congre ont été conservés. Il s'agit, comme indiqué précédemment, de:

- la palangre à congre
- le caseyage à grands crustacés
- le chalutage de fond de pêche côtière, souvent présenté de façon abrégée par les lettres "CHPC"
- le chalutage de fond de petite pêche côtière ou "CHPPC" et enfin
- le chalutage de fond de petite pêche ou "CHPP".

D'autres engins sont susceptibles de capturer le congre comme les filets par exemple; l'ensemble de leurs contributions sera regroupé dans le terme "divers".

Puis, pour intégrer les possibles variations des rendements et des efforts de pêche selon la période de l'année ou selon la zone de pêche, il a été nécessaire de fixer des strates spatio-temporelles représentés par le mois et par la zone de pêche. Les zones de pêche retenues sont celles mises en évidence par GONDEAUX, 1986: zones Ouest, Nord et Est (Fig. 13). Les données disponibles (1) auprès du comité local des pêches d'Auray, organisme gestionnaire de la criée de Quiberon, permettent une estimation des quantités totales débarquées par les navires des stations de Quiberon et de Belle Ile et donc de la zone Ouest, quel que soit le métier pratiqué pour l'année 1985.

En revanche, pour les zones Nord et Est, seules les données concernant les ventes réalisées à la Turballe ont pu être recueillies. Elles seront considérées comme un échantillon des ventes de l'ensemble des navires des deux zones. Les quantités totales débarquées seront alors obtenues par multiplication du nombre total de navires pratiquant un métier un mois donné par la capture moyenne mensuelle par bateau issue de l'échantillon.

Pourtant, la mise en oeuvre opérationnelle de la méthode présentée ci-dessous s'est heurtée à des difficultés matérielles importantes. Les informations auxquelles nous avons pu avoir accès auprès des deux criées précédemment citées constituent un volume de données considérable. Leur archivage et la mise au point du système d'exploitation pertinent fait l'objet, dans le cadre du programme Mor Braz d'un travail approfondi devant aboutir à la soutenance d'une thèse sur le sujet (GONDEAUX, 1988).

(1) Grâce à un recueil manuel des bordereaux journaliers de vente.

Figure 21 : Structure des fichiers archives du système "Statistiques de pêche".

TALON		CORPS															
0	a 0 0 0 0 0 0 0 0	An	Mois	Partie (00)	Code port	Code National	pays - IIIe										
1	a Jour (Mois)	Numero	Numero	Nom du navire			Quartier	Station	Tonnage	Puissance	Op	Type	Sous-type	Longueur	constr.	Annee	
		souf	0	Sortie		Retour		Duree									
		boeuf	1	Engln	Mallage	Dimonson	MM	JJ	HH	MM	JJ	HH	maroe	Poids total(1/10 kg)	Prfx total(F)		
				(0 0)		Nb Nav.		0 0		Nombre Maroes		0 0		Duree Moyenne			
2	a Jour (Mois)	Numero boeuf	Numero Veau	Nom Veau			Caracteristiques du veau										
		1		Idem niveau 1			0 0										
3	a Jour (Mois)	Numero	Code CIEM	Rect.Stat.	Engln	Mallage	Dimension	Utilisation	H.peche	Autant de niveaux 3 que de secteur+engln.							
				(0 0 0 0 0 0 0)		(0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0)		0 0 0 0 0									
4	a Jour (Mois)	Numero	Espece	force Estimation													
5	a Jour (Mois)	Numero	Espece	V1	V2	...	Vn	Autant de Vn que de niveaux 3. Autant de niveaux 5 que d'especes estimees.									
6	a Jour (Mois)	Numero	Espece	Cat. Comm.	Cat. CEE	E	P	Q	T	Quartier Marit.	Poids(1/10 kg)	Prix (F)	Corr.1	Corr.2	n Incompatibilites		
				(0 0)										(0 0 ... 0)			

Nota: les informations entre parentheses portees en dessous de la ligne de niveau correspondent aux modifications d'adaptation des fichiers ZA au cas de la flottille du Mor-Braz.

Pourtant, compte tenu des besoins spécifiques de nos travaux, nous avons contribué à l'analyse et présentons ici brièvement la démarche poursuivie. Par souci d'homogénéité, la structure d'archivage informatique retenue est héritée de celle utilisée par le système national des statistiques de pêche et dont un descriptif est fourni en figure 21.

Cette structure a le principal mérite de permettre d'associer aux chiffres de vente récoltés auprès des criées les caractéristiques des navires les ayant réalisés. Est ainsi constitué, chaque mois (2), un fichier contenant dans les niveaux 1 et 3 (3), une description de l'ensemble des navires en activité et du métier qu'ils sont censés avoir pratiqué pendant cette période. En pêche artisanale, la tenue d'un livre de bord n'est pas obligatoire; les informations n'ont donc pu être acquises que par enquêtes. Ces dernières assurent une connaissance exhaustive de l'engin utilisé chaque mois par tous les patrons de la zone. Il faut néanmoins souligner que, faute de temps, nous n'avons pu interroger chaque patron. La connaissance de la flottille que peuvent détenir quelques professionnels d'une station maritime nous a paru suffisante.

Puis le cas échéant, lorsque des données issues d'une criée sont disponibles, des niveaux 6 supplémentaires sont réservés dans le fichier, au recueil des débarquements par espèce, du mois considéré. Il s'agit là d'une voie originale de constitution de bases de statistiques de pêche pour lesquelles jusqu'alors n'étaient enregistrés que les navires dont la production est connue.

Compte tenu de l'hétérogénéité des sources d'information, un test de la compatibilité de l'engin apparaissant dans les niveaux 3 et les espèces présentes dans les ventes, s'imposait. Pour rendre cette vérification automatique, la première étape fut la constitution d'un fichier contenant pour chaque engin une liste des espèces susceptibles d'être capturées, soit comme "cible", soit comme "accessoire". Dans ce dernier cas, il faut ensuite veiller à ce que les captures, sur la période considérée, ne dépassent pas un certain seuil à partir duquel l'espèce ne peut plus être considérée comme accessoire. Cette liste, ainsi que les seuils des espèces dites "accessoires", sont présentés en figure 22.

L'identification des débarquements douteux et leur stockage dans des fichiers intermédiaires pour correction nécessita la mise au point de programmes spécifiques écrits en FORTRAN 77 sous système d'exploitation GCOS et dont des listings sont disponibles en annexe 1. Il apparaît un décalage manifeste entre les résultats de l'enquête et les débarquements effectivement réalisés par les professionnels, le pourcentage d'incompatibilité pouvant atteindre 30% certains mois.

Dans la zone Ouest pour laquelle l'ensemble du congré mis à terre est vendu par l'intermédiaire de la criée, les corrections auxquelles il faut procéder ne posent pas de problème particulier. En revanche, il n'en est pas de même pour les navires des zones Est et Nord auxquels on affectera des productions moyennes mensuelles calculées à partir de quelques navires de la Turballe; en effet, dans ce contexte, l'information concernant les navires ne vendant pas à la criée ne peut plus être considérée comme sûre.

Dans ce cas particulier, il apparaît plus prudent d'utiliser les quelques navires "connus" pour le calcul de deux estimations. Ils fourniront d'une part, un mois donné et pour le métier considéré, le pourcentage de navires effectivement actifs parmi ceux qui étaient supposés l'être, puis dans un second temps, la production moyenne par navire. La multiplication de ces deux termes par l'effectif total des navires paraît le meilleur reflet de l'activité réelle des navires.

(2) Base de temps retenue pour l'archivage des données de petite pêche.

(3) Identifiés par le premier caractère de l'enregistrement.

Engin	Espèce	Seuil	Engin	Espèce	Seuil	Engin	Espèce	Seuil	Engin	Espèce	Seuil
111	5601 Moule	0	310	3999 Divers	0	512	3121 Sole	0	931	3309 Bar	30
pêche à pied	5603 Palourde	0				tremail	3309 Bar		934		
200	4701 Pouce pied	0	321	3202 Merlu	0		3358 Vieille	0	Chalut de	3502 Hareng	100
Ceuillette			Palangre de	3211 Merlan	0		3399 Divers	0	fond (1)	3504 Sardine	100
			fond	3302 Congre	0		4301 Homard	0		3807 Aiguillat	100
				3399 Divers			4303 Langouste	0		4310 homard	10
							4399 Divers	0			
215 balais	4501 Crevette	0	322	3211 Merlan	0				932		
	rose		Palangre	3213 Lieu jaune	0	612	2299 Civelles	0	942	3213 lieu jaune	40
220	3213 Lieu jaune	0	flottante	3216 lacaud	0	lamis			Chalut		
ligne	3216 lacaud	0		3309 Bar	0				pélagique (1)		
	3309 Bar	0		3348 Dorade rose	0	622	3417 Atherine	0			
	3348 Dorade rose	0		3999 Divers	0	Carrelet	3999 Divers	0			
	3358 Vieille	0									
	3999 Divers	0									
241 Casier	4501 Crevette	0	611	2401 Alose	0	724	3415 Mulet	0			
crevette	rose		filet droit	2501 Lamproie	0	Bolinche	3417 Atherine	0			
				3121 Sole	0		3502 Hareng	0			
				3302 Merlu	0		3504 Sardine	0			
				3213 Lieu jaune	0		3599 Divers	0			
				3309 Bar	0		3999 Divers	0			
				3341 Houget	0						
242 Casier	4201 Tourteau	0		3358 Vieille	0						
crabe	4204 Araignée	0		3376 Baudroie	0	814					
	4208 Etrille	0		3401 Orphie	0	815	3114 Flet	0			
	4299 Divers	0		3415 Mulet	0	Drague	3115 Plie	0			
	4301 Homard	0		3417 Prêtre	0		3121 Sole	0			
				3813 Raie	0		3999 Divers	0			
				3814 Raie	0		3399 Divers	0			
244 Casier	5701 Seiche	0		3815 Raie	0		5401 Moule	0			
seiche				3821 Raie	0		5603 Palourde	0			
				3892 Divers raie	0		5604 coque	0			
				3999 Divers	0		5605 Vernis	0			
246 Bosselle	2201 Anguille	0		4204 Araignée	0		5699 Divers	0			
310 Ligne de	3213 Lieu jaune	0									
traîne	3309 Bar	0									
	3348 Dorade rose	0									
	3705 Maquereau	0									

Figure 22 : Constitution du fichier permettant les tests de compatibilité. Pour le chalutage, ne sont indiquées que les espèces soumises à seuil.

Zone	Bao Congre	Caseyage à gros crustacés	Chalut pêche côtière	Chalut pte pêche côtière	Chalut petite pêche	Divers	Total
OUEST	171 567	41 113	3 522	-	386	12 365	228 953 (33)
NORD	31 156	-	-	1 140	8 232	6 433	46 961 (7)
EST	341 528	20 559	9 874	27 492	4 818	20 515	424 786 (60)
TOTAL	544 251 (78)	61 672 (9)	13 396 (2)	28 632 (4)	13 436 (2)	39 313 (5)	700 700

Tableau 8 : Estimation de la production de congre par strate métier x zone dans le Mor Braz pour 1985.

(%) Les pourcentages sont entre parenthèses.

La production P dans chacune des strates métier-zone-mois est donnée par:

$$P = N \times t \times (1/n) \sum_i p_i = N \times t \times p_m$$

si,

N est le nombre total de navires de la strate,

t est le taux de navires effectivement en activité parmi ceux vendant en criée,

n est l'effectif des navires ayant vendu en criée le mois considéré,

p_i est la production du navire i,

p_m est la production moyenne des navires ayant vendu en criée le mois considéré.

Le calcul de la variance d'une telle estimation paraît difficile. En effet d'une part, en toute rigueur, l'échantillon utilisé ne respecte pas la condition de tirage aléatoire de chacune de ses unités. De plus, le double rôle qui lui est dévolu complique encore un éventuel calcul de variance du fait de la dépendance des deux estimations auxquelles il sert de support. Faute de temps, nous n'avons pas pu développer cet aspect; il sera de toute façon largement repris par GONDEAUX (1988).

Pour notre part, nous nous efforcerons d'apprécier, par des calculs de sensibilités, dans un chapitre ultérieur, l'impact à posteriori d'incertitudes dans la connaissance des captures sur la validité des résultats finaux ou sur l'interprétation que nous aurons pu fournir de l'état de ce stock.

2.2. Résultats et discussion

Successivement pour chacune des strates, tous les termes de l'équation développée ci-dessus, feront l'objet d'une présentation aussi synthétique que possible. Rappelons simplement en préambule que l'ensemble des estimations concerne l'année 1985. Dans les tableaux récapitulatifs, une colonne ne sera réservée aux taux de navires effectivement en activité parmi ceux vendant en criée (t) que lorsqu'une extrapolation à des navires autres est nécessaire. Le résultat du produit de t et de N, effectif total des navires recensés, est arrondi à l'unité. Tous les calculs ont été réalisés grâce à un programme écrit par GONDEAUX, IFREMER Nantes.

La production totale, tous métiers et toutes zones pour l'année 1985 a été estimée à 700 tonnes. Les estimations de production par métier révèlent de fortes différences entre strates (Tab. 8).

La production relative des navires utilisant des palangres (78%) apparaît d'emblée prépondérante par rapport au caseyage (9%) ou au chalutage de petite pêche(2%) et ce, pour les trois zones. De même, on constate l'importance de la zone Est qui représente à elle seule 60% des débarquements totaux.

2.2.1. Le métier de palangre

Dans ce cas, (Tab. 9 et Fig. 23), on remarquera que seuls 6 bateaux vendent à la criée de la Turballe parmi les 20 recensés en zone Est. Leur assiduité un mois donné permet le calcul de t et donc d'une production totale. En revanche, en zone Ouest, la production est dans son intégralité vendue en criée de Quiberon. L'analyse des strates mensuelles indique le caractère saisonnier de la pêche à la palangre, l'activité étant maximale aux mois de mars et avril dans les zones Ouest et Nord et pendant la période s'étendant du mois de février au mois de mai pour la zone Est. Cette activité constitue, de fait, pour un grand nombre de navires, une activité complémentaire de la palangre à bar dont la pratique débute avec le réchauffement des eaux du mois de mai.

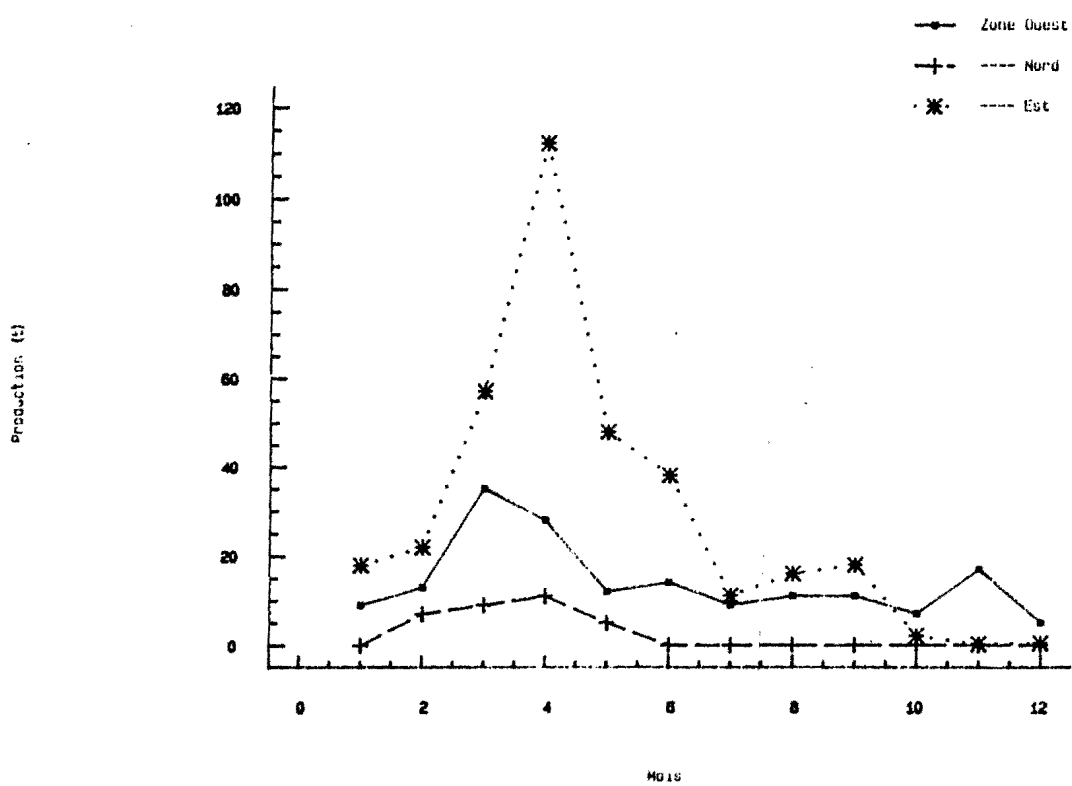


Figure 23 : Evolution mensuelle des captures réalisées à la palangre (1985).

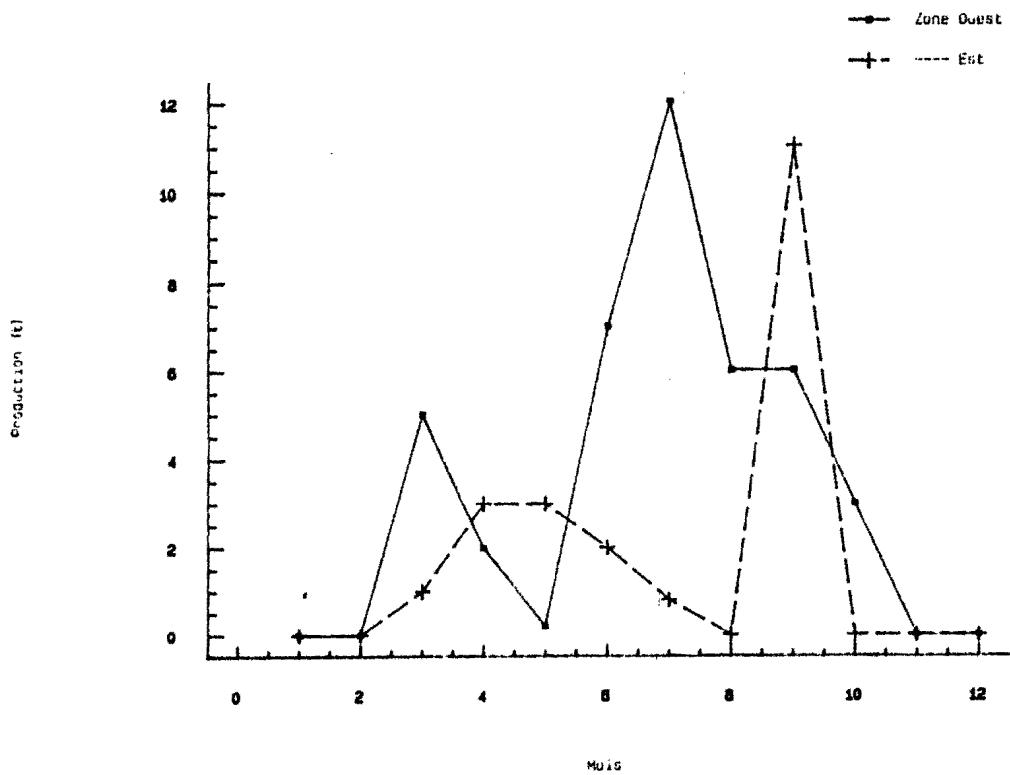


Figure 24 : Evolution mensuelle des captures réalisées au casier (1985).

	MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Zone OUEST	N	11	16	20	21	16	13	12	11	11	15	16	9	
	n	11	16	20	21	16	13	12	11	11	15	16	9	
	P ₃	800	835	1 766	1 347	742	1 069	778	992	971	455	1 065	581	
	P	8 800	1 368	35 320	28 287	11 872	13 897	9 336	10 912	10 681	6 825	17 040	5 229	171 567
Zone NORD	N	-	3	3	2	2	-	-	-	-	-	-	-	
	n													
	P ₃													
	P	-	6 696	8 562	11 128	4 770	-	-	-	-	-	-	-	31 156
Zone EST	N													20
	P ₃	2 525	2 232	2 854	5 564	2 385	1 912	539	1 613	1 378	589	82	132	
	t	0,33	0,5	1	1	1	1	1	0,5	0,66	0,17	0,17	0,17	
	n	2	3	6	6	6	6	6	3	4	1	1	1	6
P	17 675	22 320	57 080	111 280	47 700	38 240	10 780	16 130	17 914	1 767	246	396	341 528	
TOTAL		26 475	42 384	100 962	150 695	64 342	52 137	20 116	27 042	28 595	8 592	17 286	5 625	544 251

Tableau 9 : Production issue de l'utilisation de palangre à congé.

	MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Zone OUEST	N	11	12	32	33	37	40	39	38	37	35	31	20	
	n	-	-	3	5	5	4	3	6	4	6	2	3	
	P ₃	-	-	149	69	7	178	304	147	161	94	-	-	
	P	-	-	4 768	2 277	259	7 120	11 856	5 586	5 957	3 290	-	-	41 113
Zone EST	N	-	-	16	17	16	17	17	17	16	-	-	-	
	n	-	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	
	P ₃	-	-	78	160	172	95	48	-	713	-	-	-	
	P	-	-	1 248	2 720	2 752	1 615	816	-	11 408	-	-	-	20 559
	TOTAL	-	-	6 016	4 997	3 011	8 735	12 672	5 586	17 365	3 290	-	-	61 672

Tableau 10 : Production issue du caseyage à grands crustacés.

2.2.2. Le caseyage à grands crustacés

L'estimation des captures issues du caseyage est plus problématique. On constate à la lecture du tableau 10, que pour partie, le congre capturé ne passe pas en criée; il est directement utilisé par l'équipage des navires comme appât pour la journée de pêche suivante. On peut également craindre que les productions moyennes par navires soient légèrement surestimées; en effet, l'espèce ne fait l'objet d'un étalage sous criée que lorsque les prises atteignent des volumes suffisants et elles ne sont alors pas utilisées comme appât. Nous les avons néanmoins conservées faute d'autres indications. Là encore, une analyse de la sensibilité des résultats acquis doit permettre de juger de leur validité. Il faut néanmoins garder à l'esprit que les productions liées au caseyage sont faibles devant celles de la palangre à congre.

Leurs variations mensuelles (Fig. 24) ne montrent pas de tendance définie et confirment ainsi le caractère accessoire de l'espèce pour l'engin utilisé. L'absence de captures des mois de novembre à février, s'explique par la reconversion quasi totale des navires vers le casier à crevettes roses.

2.2.3. Le chalutage

Les débarquements liés à l'activité de chalutage de pêche côtière en zone Ouest sont stables tout au long de l'année (Tab. 11 et Fig. 25). La désaffectation d'une partie des navires pour ce type de chalutage pendant les mois hivernaux s'explique par l'ouverture pendant cette période d'un gisement de coquilles Saint-Jacques exploité à la drague. Les rendements apparaissent supérieurs en début et fin d'année. Ceci s'explique sans doute, de la part des navires, par une recherche plus systématique du poisson pendant ces périodes, alors que l'été, l'exploitation est plus centrée sur la langoustine.

La production de congre au chalutage de petite pêche côtière n'est significative qu'en zone Est et paraît plus importante en hiver et au printemps; enfin les quantités issues du chalutage de petite pêche restent faibles quelque soit le mois ou la zone considérés (Tab. 12 et 13; Figs. 26 et 27).

2.2.4. Les métiers divers

Les productions issues de ce type d'activité ne fera pas l'objet d'une présentation détaillée, bien que la production réalisée représente 6% des débarquements totaux. En zone Nord, les 12 tonnes débarquées résultent de l'activité de petits navires très polyvalents utilisant principalement des filets. En zone Ouest, en revanche, les 21 tonnes produites sont dues à 2 navires de 13 mètres spécialisés dans l'utilisation du filet.

2.3. Conclusion

On peut estimer que l'essai de quantification des quantités débarquées par les navires de petite pêche est positif. L'utilisation de données concentrées (criées) permet d'obtenir pour chaque métier une image des débarquements à partir de quelques navires. C'est une étape préalable indispensable permettant un bilan des données disponibles à moindre coût et qui peut dans certain cas éviter d'avoir recours à des stratégies d'échantillonnage coûteuses.

On peut regretter néanmoins que les données de la criée du Croisic n'aient pu être disponibles sur support informatique; elles auraient contribué dans certains cas à une meilleure connaissance des débarquements. Nous restons néanmoins conscients du biais de nos estimations compte tenu du caractère non aléatoire de la constitution de l'échantillon. Ceci reste un problème important qu'il convient d'approfondir et en tout état de cause, les chiffres fournis ne doivent être considérés que comme des ordres de grandeurs.

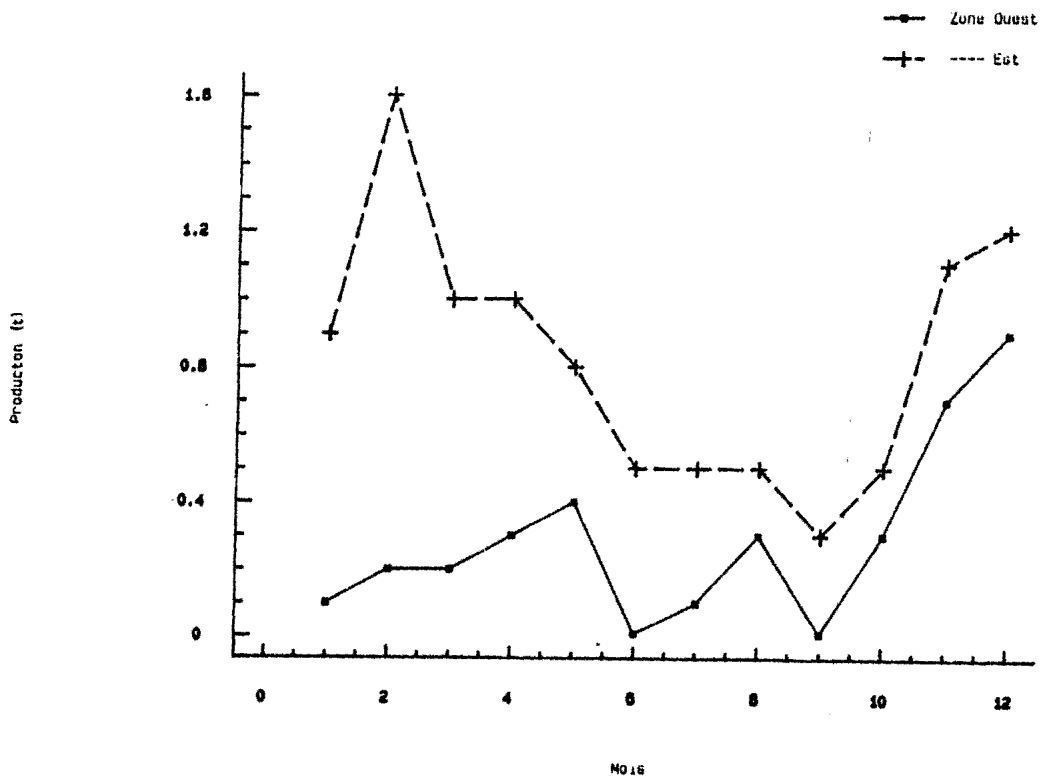


Figure 25 : Evolution mensuelle de la production du chalutage de pêche côtière.

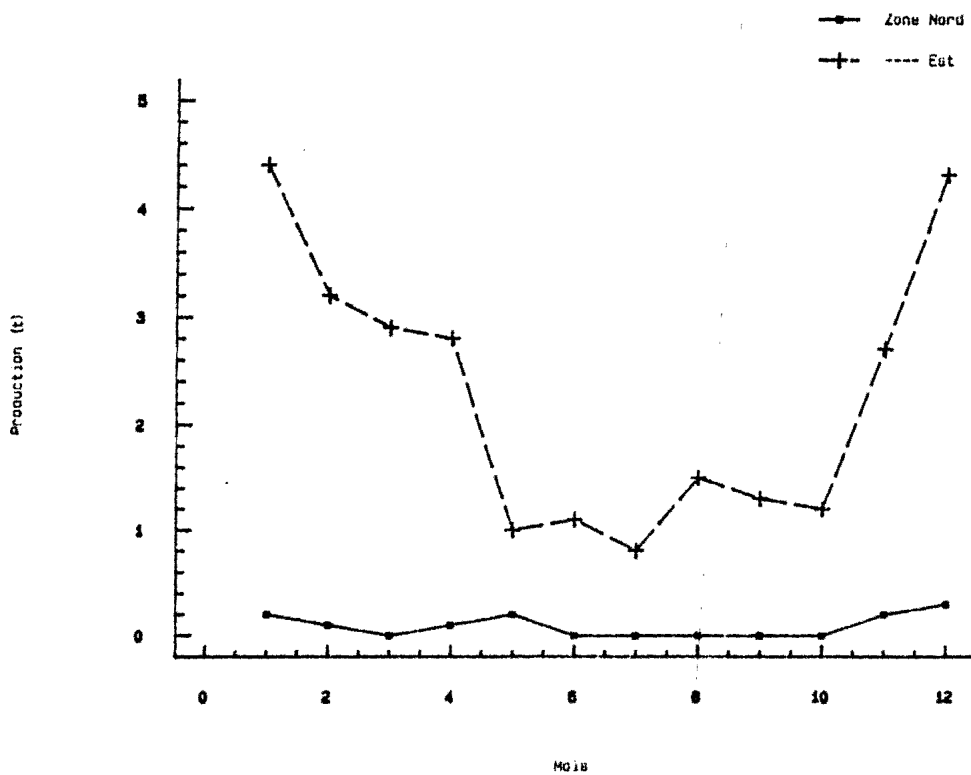


Figure 26 : Evolution mensuelle des captures du chalutage de petite pêche côtière.

	MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Zone OUEST	N	2	2	3	6	10	4	4	9	4	8	9	11	
	P _m	55	99	59	49	38	24	29	29	18	32	77	79	
	P	110	198	177	294	380	96	116	261	72	256	693	869	3 522
	n	2	2	3	6	10	4	4	9	4	8	9	11	
Zone EST	N	16	16	17	20	20	20	19	19	19	15	14	15	
	P _m													
	P	880	1 584	1 003	980	760	480	551	551	342	480	1 078	1 185	9 874
n														
TOTAL		990	1 782	1 180	1 274	1 140	576	667	812	414	736	1 771	2 054	13 386

Tableau 11 Production de congre issue du chalutage de pêche côtière
Mor Braz 1985.

	MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Zone NORD	N													5
	n	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
	P _m	42	12	5	18	39	6	-	9	1	6	34	58	
	P	210	60	25	90	195	30	-	45	5	30	170	290	1 140
	t	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Zone EST	N													32
	n	24	25	25	25	25	23	23	23	24	25	25	25	26
	P _E	153	108	97	95	35	42	32	54	45	41	86	159	
	P	4 437	3 240	2 910	2 850	1 050	1 134	864	1 458	1 305	1 271	2 666	4 293	27 492
	t	0,92	0,96	0,96	0,96	0,96	0,88	0,88	0,88	0,92	0,96	0,96	0,96	
TOTAL		4 647	3 300	2 935	2 940	1 245	1 164	864	1 503	1 310	1 301	2 836	4 583	28 632

Tableau 12 : Production du chalutage de petite pêche côtière.

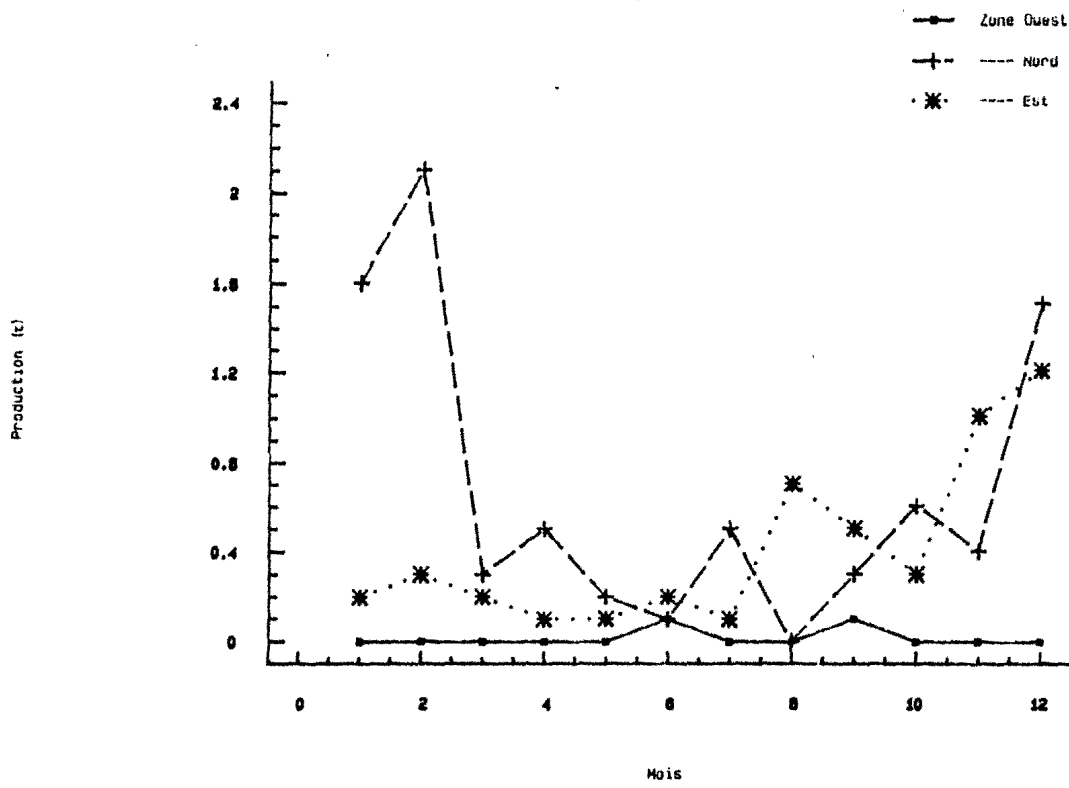


Figure 27 : Le chalutage de petite pêche : Evolution mensuelle des apports.

	MOIS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
Zone OUEST	N	1	4	4	4	4	2	3	3	3	4	4	3	386
	n	1	-	-	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
	P ₃	-	-	-	-	-	49	9	-	48	15	9	7	
	P	-	-	-	-	-	98	27	-	144	60	36	21	
Zone NORD	N													48
	n	3	4	4	6	6	6	6	6	6	4	3	3	6
	t	0,5	0,67	0,67	1	1	1	1	1	1	0,67	0,5	0,5	
	P _E	67	67	10	11	4	3	10	1	6	19	17	61	
	P	1 608	2 144	320	528	192	144	480	48	288	608	408	1 464	8 232
Zone EST	N													24
	n	2	2	2	5	5	4	5	6	6	6	6	5	7
	p	30	36	30	4	7	12	4	32	24	16	47	72	
	P	210	252	210	68	119	168	68	672	504	336	987	1 224	4 818
	TOTAL	1 819	2 396	530	596	311	410	575	720	936	1 004	1 431	2 709	13 436

Tableau 13 : Production issue du chalutage de petite pêche.

III- ANALYSE DES PRISES PAR UNITE D'EFFORT (P U E) DE LA PALANGRE A CONGRE

Grâce à la coopération des services administratifs de la criée de la Turballe, nous avons pu disposer de janvier, 1981 à décembre de 1985, d'une série ininterrompue de ventes journalières de l'ensemble des navires ayant choisi ce point de vente pour commercialiser leurs captures.

Il paraissait tentant d'interpréter les variations de ces ventes journalières sur de longues périodes comme révélateur de l'évolution de la biomasse de congre disponible.

3.1. Méthode

D'une manière générale, on définit, pour un intervalle de temps t , une prise par unité d'effort (PUE), $\Delta Y/\Delta E$, comme le rapport entre la capture réalisée et l'effort de pêche (ΔE), appliqué au stock. Cet effort de pêche est une notion délicate, il correspond à une quantification de l'activité des navires. La PUE, ainsi fixée, est liée à l'abondance N de la biomasse disponible par la relation:

- $\Delta Y/\Delta E = q N/A$, dans laquelle q représente la capturabilité ou probabilité d'apparition des animaux dans les captures et A la surface de la zone considérée.

Pour un mois donné, si l'effort faute d'éléments complémentaires disponibles est quantifié par le nombre de ventes des navires, la capture moyenne par vente apparaît comme une première estimation d'une PUE. La liaison entre cette PUE et l'abondance n'est sans doute pas simple. En généralisant l'approche de ROBSON (1966) et LAUREC et LEGALL (1975), on peut considérer en première approximation que la capturabilité se décompose de fait en 2 facteurs (LAUREC et FONTENEAU, 1979):

- une puissance de pêche d'un engin ou d'un groupe de navires, intégrant une éventuelle hétérogénéité de la flottille.
- un facteur de capturabilité sensu stricto lié à l'existence de strates spatio-temporelles dans les modalités d'exploitation de la zone de pêche, en supposant que cette structure soit reproductible d'une année sur l'autre.

En conservant les notations de ces deux derniers auteurs, le modèle est alors décrit par l'expression:

$$C_{ijk} = R_i P_j Q_k \epsilon_{ijk}, \text{ dans laquelle:}$$

- C_{ijk} est la PUE du navire j dans la strate spatio-temporelle k pour l'année i ,
- R_i , le facteur caractéristique de l'année i (ou indice d'abondance annuelle), $i \in (1, NA)$.

P_j , le facteur caractéristique du navire j ou puissance de pêche, $j \in (1, NG)$,

Q_k , le facteur de capturabilité affecté à la strate spatio-temporelle k , $k \in (1, NS)$.

ϵ_{ijk} représente le résidu inexplicé. Les résidus sont supposés être des variables distribuées normalement de moyenne nulle et de même variance.

longueur des navires (m)	7.00	7.50-8.50	9.00
Puissances de pêche moyennes	0.81	0.95	1.40

Tableau 14: Evolution des puissances de pêche en fonction de la longueur des navires.

Taille de l'équipage (nbre d'hommes)	1	2	3	4
Puissances de pêche moyennes	0.90	1.17	1.11	1.94

Tableau 15: Evolution de la puissance de pêche des navires en fonction de la taille de l'équipage.

Période d'armement des navires	1981	1983	1985
Puissances de pêche individuelles	0.47 0.51 0.67	0.53 0.79 0.66 1.34	1.92 0.63 1.42 2.33 1.45 0.61 1.73 1.15 1.11 0.87 1.23
Puissances moyennes	0.55	0.83	1.31

Tableau 16: Evolution des puissances de pêche au cours du temps

Après transformation logarithmique, la détermination des composantes du modèle s'obtient par un ajustement selon les moindres carrés pondérés de :

$$\sum_{i=1,NA} \sum_{j=1,NG} \sum_{k=1,NS} [W_{ijk} [\text{Log } C_{ijk} - (\text{Log } R_i + \text{Log } P_j + \text{Log } Q_k)]^2]$$

- Les P_j sont des puissances de pêche relatives définies sachant que leur moyenne géométrique est égale à 1, donc telles que $\sum_{j=1,NG} \text{Log } (P_j) = 0$.
- Les Q_k sont également des capturabilités relatives telles que $\sum_{k=1,NS} \text{Log } (Q_k) = 0$.

Le terme W_{ijk} permet d'inclure des pondérations; il est nul lorsque C_{ijk} n'est pas disponible et croît avec la confiance accordée à la valeur de C_{ijk} . Dans le exemple traité, les W_{ijk} sont les efforts de pêche, ce qui permet d'accorder un poids plus important aux captures les plus fiables. Cette pondération peut introduire un biais mais elle peut, en revanche, diminuer la variance des estimations. D'autres pondérations auraient pu être retenues. On peut, par exemple, dans un cadre probabiliste, rechercher des poids qui soient inversement proportionnels à la variance des ϵ_{ijk} .

3.2. Application du modèle aux données des PUE issues de la pratique de la palangre à congé dans le Mor Braz

Parmi l'ensemble des données disponibles, nous avons privilégié l'analyse des PUE des navires utilisant des palangres dans la zone Est. Ce choix s'explique aisément par l'importance de cette composante dans l'exploitation de l'espèce, tant au niveau du secteur que du type de navire. Mais il se justifie également par la disponibilité sur support informatique des informations requises.

Rappelons que l'échantillon analysé est donc constitué par les prises par unité d'effort de 37 navires sur un ensemble de 5 années à l'intérieur desquelles on définit 12 strates mensuelles. Les calculs ont été réalisés grâce à un programme écrit en FORTRAN 77 par LAUREC et PERODOU (1) et disponible sous système d'exploitation GCOS.

3.2.1. Les puissances de pêche

L'ensemble des résultats de l'analyse des PUE indique l'existence d'une forte diversité des puissances de pêche des navires dont les valeurs sont comprises entre 0,31 et 3,39. Cette hétérogénéité des puissances de pêche reflète le degré de dissemblance des moyens de pêche mis en oeuvre.

En effet les relations entre les puissances de pêche calculées et les principales caractéristiques techniques des navires sont évidentes, qu'il s'agisse de la longueur de l'unité ou de la taille de son équipage (Tab. 14 et 15). Cette dernière caractéristique semble prépondérante, elle détermine en effet, pour une grande part, le nombre d'hameçons mis à l'eau. Enfin, l'évaluation des puissances de pêche des navires armés une seule année laisse supposer une augmentation progressive de celles-ci au cours du temps (Tab. 16).

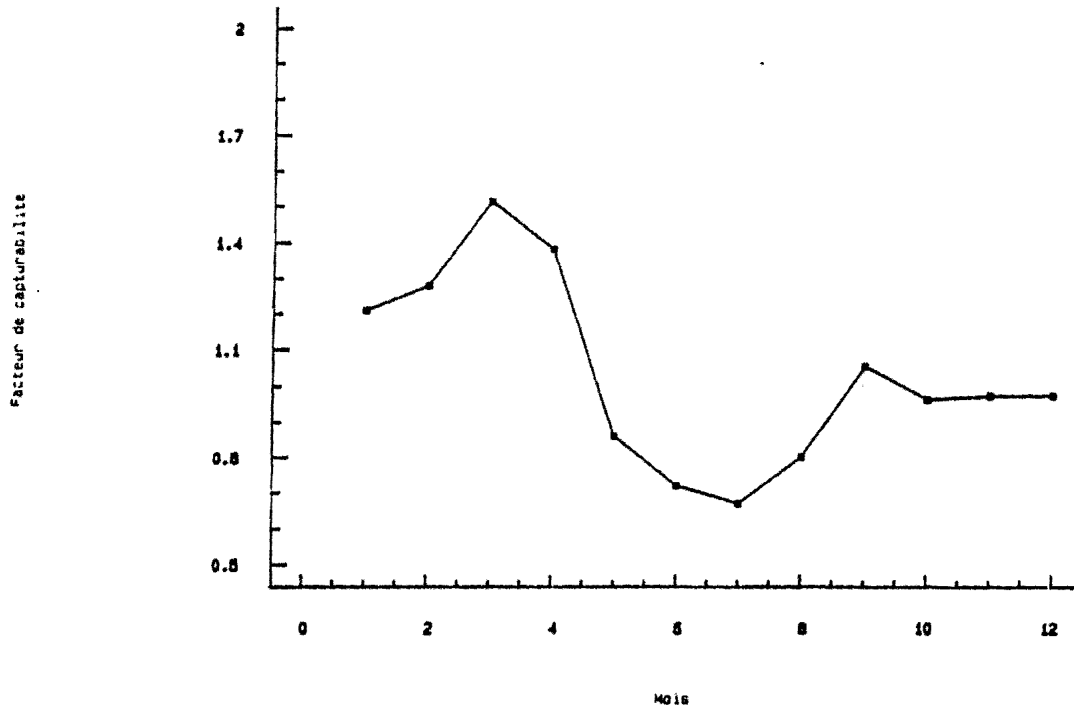


Figure 28 : Variations du facteur caractéristique des strates mensuelles.

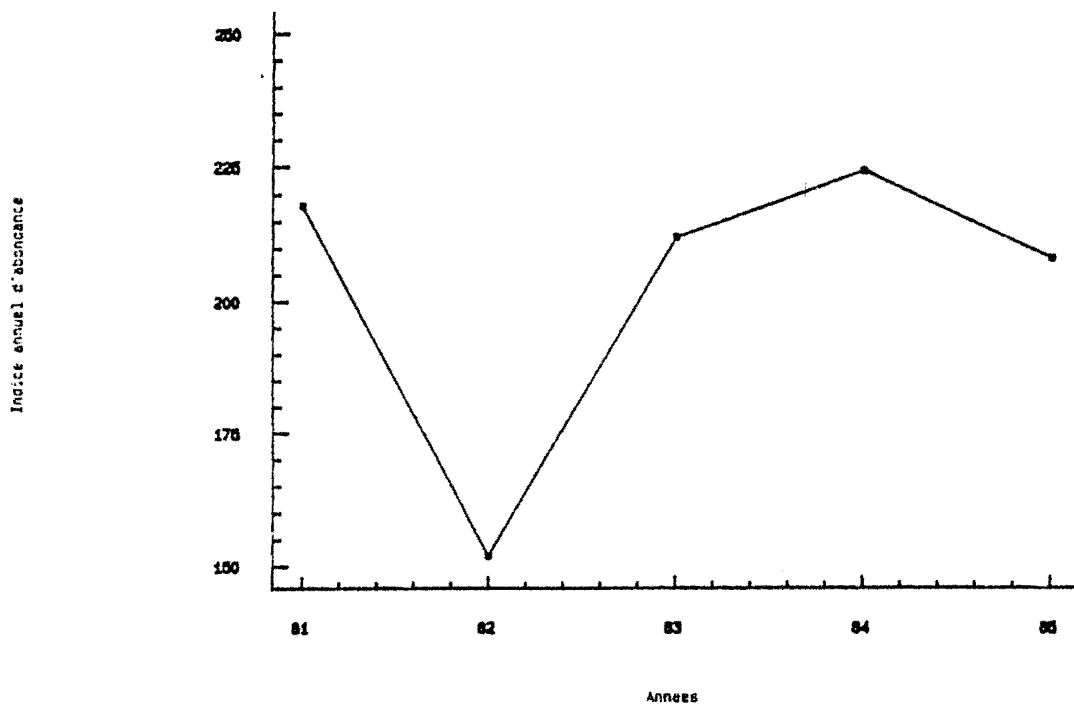


Figure 29 : Variations de l'indice annuel d'abondance.

3.2.2. Facteur caractéristique d'une strate spatio-temporelle

Les Q_k , estimations des facteurs par strate mensuelle, semblent suivre un schéma de variation saisonnière. Ainsi, les valeurs de Q_k sont en progression de janvier à mars puis diminuent et se stabilisent de juillet à novembre (Fig. 28).

L'interprétation de ces variations reste difficile. Les périodes d'indices maximaux coïncident avec la phase d'activité maximale des navires en hiver et au printemps, le reste de l'année étant en général consacré à la pratique de la palangre à bar (BERTIGNAC, 1987).

Toutefois, ces variations inter-mensuelles s'expliquent peut-être également par des différences d'abondance relative de l'espèce sur les lieux de pêche. En effet des calculs sans pondération par l'effort de pêche fournissent les mêmes tendances dans l'évolution du facteur caractéristique d'une strate.

3.2.3. Indice annuel d'abondance

Enfin, quant au troisième et dernier facteur analysé R_i qui représente le facteur caractéristique annuel, les estimations obtenues se révèlent très stables au cours de la période concernée, sauf pour l'année 1982 où une diminution importante a été observée (Fig. 29).

Il est curieux de constater que c'est au cours de l'année 1982 que survint également une forte désoxygénation de la baie de Vilaine (secteur de pêche privilégié des palangriers de La Turballe). Pourtant le calendrier de pêche, généralement adopté par les patrons qui concentrent l'essentiel des captures en début d'année, permet d'exclure tout rôle de l'accident hydrologique dans la baisse de l'indice d'abondance de 1982. Celui-là intervint en effet dans le courant du mois d'août.

Bien que les résultats issus des calculs avec ou sans pondération par l'effort de pêche ne soit pas sensiblement différents, l'explication la plus plausible de la baisse observée en 1982 reste une désaffection des patrons pour ce type d'activité. La remontée des indices des années ultérieures laisse supposer que la pratique de la palangre à congre a connu ensuite un regain d'intérêt.

IV- CONCLUSIONS.

La majeure partie des débarquements de congre provient de la palangre qui représente dans le secteur côtier du Mor Braz, 80% des apports en poids totaux. Bien qu'au niveau national, cette activité occupe une place modeste, localement elle peut constituer un métier complémentaire de la pratique de la palangre à bar.

L'analyse des PUE permet une meilleure appréhension de la dynamique des flottilles en activité. On confirme en effet, le caractère saisonnier de l'exploitation, la très forte hétérogénéité des moyens de capture mis en oeuvre par les différents navires selon l'intérêt que les patrons portent à la pratique de cette activité. Enfin, on peut conclure qu'après une période de relative désaffection, la palangre à congre connaît un regain d'intérêt. Cette reprise d'activité paraît s'accompagner d'une forte augmentation du nombre d'hameçons mis à l'eau. Dans ce contexte, la relative stabilité de l'indice d'abondance annuel, compte tenu de l'unité d'effort retenue au cours de l'analyse (4), peut éventuellement masquer une baisse de l'abondance relative de l'espèce.

(4) Une venue peut être raisonnablement assimilée à une marée; en effet les caractéristiques des navires limitent leurs sorties à des durées inférieures à 24 heures.

CHAPITRE 4

MODELISATION DE LA PHASE EXPLOITEE

I- Présentation du modèle utilisé

- 1.1 Les principes
- 1.2 Equations de base

II- Estimation de la structure démographique

- 2.1 Estimation de l'effectif total débarqué dans le Mor Braz en 1985
- 2.2 Estimation de la proportion d'individus appartenant à la classe d'âge i
- 2.3 Résultats et discussion

III- Coefficient de mortalité naturelle

IV- Estimation du vecteur de mortalité par pêche

- 4.1 Analyse rectifiée d'une pseudo-cohorte
- 4.2 Estimation de l'effort de pêche
- 4.3 Choix de la mortalité à l'âge terminal
- 4.4 Résultats

V- Variations de biomasse du stock de congre. Rendements par recrue

- 5.1 Stock de congre femelle
- 5.2 Stock de congre mâle
- 5.3 Conclusions

I- PRESENTATION DU MODELE UTILISE

1.1 Les principes

La description de l'évolution de la biomasse d'un stock exploité par un modèle structural ou analytique suppose la division de la vie des individus en deux phases:

- le "pré-recrutement" ou période comprise entre la ponte et l'entrée des animaux dans la pêcherie ,
- la phase recrutée qui décrit la vie des individus depuis leur entrée dans l'exploitation jusqu'à leur sortie par mort ou réforme.

Les phénomènes liés à la reproduction et aux conditions de survie des premiers stades larvaires sont, pour la plupart des stocks et en particulier pour le congre, mal connus (Cf chapitre premier); la phase recrutée est mieux appréhendée et par conséquent pour partie modélisée.

Nous ne décrivons pas dans le détail des modèles dont la présentation est désormais classique. Nous indiquerons simplement les grands principes et le cas échéant les conditions particulières de la modélisation des variations de la biomasse de congre. L'approche la plus simple considère qu'un stock est constitué de plusieurs cohortes, chacune correspondant à l'ensemble des poissons nés une même année. On suppose que quatre phénomènes sont susceptibles de modifier la biomasse d'une cohorte.

Deux d'entre eux contribuent à l'augmentation de cette biomasse: la croissance et le recrutement. Les seconds, en revanche, expliquent sa diminution: la mortalité naturelle et la mortalité par pêche. Sous réserve d'une quantification de ces quatre aspects, d'une stabilité au cours du temps du recrutement, de la mortalité naturelle et des conditions de l'exploitation (1), on dispose d'outils susceptibles de fournir un calcul des productions ou rendements attendus d'une cohorte pour un vecteur de mortalité par pêche donné et donc pour un taux d'exploitation choisi.

Sous les mêmes hypothèses que celles décrites précédemment les rendements attendus d'un stock, une année donnée, correspondent exactement à la production attendue d'une cohorte. Compte tenu des difficultés pour prévoir le recrutement, on se limite à estimer un rendement par recrue, appellation la plus souvent utilisée. Dans l'éventail des choix possibles, nous avons retenu un modèle à temps discret dans lequel on découpe les plages de variations du temps en intervalles d'une année. A l'intérieur de chaque intervalle le poids des animaux sera considéré comme stable sur la période. Ceci correspond au modèle de THOMPSON et BELL (1943).

1.2 Equations de base

Dans le ième intervalle de temps (t_i, t_{i+1}), le nombre de survivants à l'instant t est donné par:

$$N(t) = N_i e^{-Z_1(t-t_i)}$$

(1) Conditions souvent résumées sous le terme de "conditions d'équilibre au sens structural".

si:

$N(t)$ = effectif de la cohorte à l'instant t

N_i = effectif de la cohorte au début de l'intervalle i

$Z_i = M_i + F_i$

M_i = mortalité naturelle pour la classe i

F_i = mortalité par pêche pour la classe i

Les captures en nombre sont calculées par intervalles. Soit C_i , le nombre d'individus capturés sur le i ème intervalle:

$$C_i = \frac{F_i}{F_i + M_i} (N_i - N_{i+1})$$

La capture tout au long de la vie d'une cohorte est:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i$$

A l'équilibre (Cf précédemment), C représente aussi les captures annuelles sur l'ensemble des cohortes qui constituent le stock chaque année. Les captures en poids, sous réserve d'un poids (W_i) constant au cours du i ème intervalle de temps sont notées Y_i selon :

$$\frac{dY_i}{dt} = F_i W_i N(t)$$

qui donne en intégrant dans l'intervalle de temps t_i, t_{i+1} et en remplaçant $N(t)$ par $N_i e^{-Z_i(t-t_i)}$:

$$Y_i = F_i W_i N_i \int_{t_i}^{t_{i+1}} e^{-Z_i(t-t_i)} dt$$

soit:

$$Y_i = \frac{F_i W_i N_i}{Z_i} (1 - e^{-Z_i})$$

Les captures pondérales totales s'écrivent alors:

$$Y = \sum_{i=1}^n Y_i$$

Dans le cas d'une flottille constituée de plusieurs métiers, les vecteurs de mortalités par pêche par métier sont calculés proportionnellement à la capture de chacune des entités selon la formule:

$$F_{m,i} = (C_{m,i}/C_i) * F_i$$

si $C_{m,i}$ sont les captures des animaux d'âge i , pour le métier m .

Enfin la somme des contributions de chaque âge i et de chaque métier m constitue les captures totales sous la forme :

$$Y = \sum_{i=1}^n \sum_{m=1}^{NM} Y_{m,i}$$

Le modèle exponentiel de RICKER associée à chaque régime d'exploitation, un vecteur de mortalité par pêche. Il est donc possible de mesurer l'impact d'éventuelles modifications de la stratégie de pêche ou de mesures de gestion, par rapport à la situation actuelle ou de référence.

Soit $(F_{m,i})_{i=1,n}$ le vecteur de mortalité par pêche correspondant au régime de référence du métier m , on peut envisager de réduire globalement ce vecteur sans que le diagramme d'exploitation en soit affecté. Si mF_m est le multiplicateur de mortalité appliqué au régime de référence du métier m , le nouveau vecteur de mortalité par pêche correspondant est $(mF_m \cdot F_{m,i})_{i=1,n}$.

Il devient donc possible de prédire la production attendue d'un stock pour un recrutement donné, voire par recrue, sous diverses hypothèses de multiplication des vecteurs de mortalités par pêche. Les critères permettant de choisir le multiplicateur d'effort optimal peuvent varier selon l'objectif recherché:

- qu'il s'agisse de la maximisation du niveau global ou par métier de la production, en poids,
- l'augmentation des performances individuelles des navires (PUE) approchées par le rapport entre le rendement calculé et le dit multiplicateur de mortalité,
- ou la minimisation des sources de conflits dans une pêcherie multi-métiers.

Enfin, un indicateur supplémentaire peut être calculé, par l'adjonction de fécondité relative par âge. Il s'agit des proportions de géniteurs à l'équilibre par rapport au stock vierge non soumis à exploitation (multiplicateur de mortalité nul). Cet indicateur est rustique, mais il peut fournir une bonne appréciation de l'état d'un stock, en suivant l'idée simple selon laquelle, avec un effectif de géniteurs réduit, le renouvellement du stock risque d'être compromis.

Deux approches sont envisageables:

- on peut faire des prévisions en situations d'équilibre. Sont alors calculés la production Y ou le rendement par recrue Y/R correspondant à plusieurs scénarios probables de changements de vecteurs de mortalité par pêche par métier,
- l'espèce étudiée ayant une longévité importante, le délai de réponse du stock en situation d'équilibre, après modification d'un régime d'exploitation est assez long (proche d'une vingtaine d'années). Il est donc intéressant d'utiliser des techniques de simulation qui à recrutement constant donnent des diagnostics à court et moyen termes. Les calculs sont alors effectués année après année, à partir de l'année de référence.

La première partie de ce chapitre sera consacrée à l'estimation des paramètres nécessaires à l'application du modèle qu'il s'agisse des mortalités naturelles ou par pêche ou des effectifs aux âges (y compris le recrutement).

II- STRUCTURE DEMOGRAPHIQUE DES CAPTURES

Les embarquements effectués sur des navires professionnels nous a permis de confirmer que, dans le cas du congré, les rejets sont limités. L'analyse de la composition en âge des captures se limite donc à l'estimation de celle des débarquements. L'acquisition d'un tel type de données suppose la mise en oeuvre d'une stratégie d'échantillonnage adaptée aux caractéristiques biologiques de l'espèce (variations de l'abondance et de la composition des captures) et au contexte de l'exploitation (variation de régime et/ou du diagramme d'exploitation). La définition des modalités de l'échantillonnage reprend les schémas désormais classiques de ce type d'analyse. Compte tenu de l'impact sur les compositions en âge, de la nature très différente des engins mis en oeuvre, une stratification par métier s'impose d'emblée.

Le nombre de poissons par classe d'age s'obtient par multiplication de l'effectif total débarqué par la proportion d'animaux de chaque âge dans les captures. L'estimation de chacune de ces deux variables fera l'objet d'un protocole d'échantillonnage distinct.

2.1 Estimation de l'effectif total débarqué dans le Mor Braz en 1985

A l'intérieur de chaque strate métier, l'estimation de l'effectif total des congres débarqués dans le Mor braz en 1985, repose sur le calcul du nombre moyen de poissons par kilo. Celui-ci sera ensuite multiplié par la production totale en poids. Ce nombre moyen de poissons par kilo s'obtient par le rapport des nombres de poissons et du poids débarqué pour un échantillon aléatoire simple constitué par une partie des marées effectuées par la flottille. La marée constitue dans ce cas, la seule unité d'échantillonnage accessible. En effet, compte tenu de la taille des navires et donc du volume des débarquements, le poisson n'est pas trié en catégories commerciales. Le tri s'effectue après la vente, directement par les mareyeurs.

L'estimation du rapport s'obtient par:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^h n_i}{\sum_{i=1}^h y_i}$$

$$\text{et } \text{var}(R) = \frac{1}{h(h-1)y^2} \sum_{i=1}^h (n_i - Ry_i)^2$$

dans lesquelles :

- h = nombre de marées échantillonnées
- n_i = nombre de poissons débarqués au cours de la marée i
- y_i = poids débarqué au cours de la marée i
- y = poids moyen débarqué par marée

Si Y est le poids total débarqué, l'effectif total et sa variance s'obtiennent facilement par:

$$N = Y.R$$

$$\text{var}(N) = Y^2 \cdot \text{var}(R)$$

Il convient de rappeler que l'estimateur rapport est biaisé mais que ce biais est négligeable dès que la taille de l'échantillon devient importante. De plus, P, le poids débarqué par les navires, est considéré sans erreur.

2.2 Estimation de la proportion (p_i) d'individus appartenant à la classe d'âge i .

La démarche adoptée ici est empruntée à KIMURA (1977). La méthode consiste en un double échantillonnage de la population des poissons débarqués. On procède, lors d'une première étape au tirage de N_1 poissons qui sont mesurés. Puis à l'intérieur de chaque classe de taille (j) représentée et dont n_j poissons ont été mesurés, on détermine l'âge i de n_{ij} poissons par sous échantillonnage (le nombre de poissons de chaque âge s'écrira m_{ij}).

L'estimation de p_i s'obtient par cumul sur l'ensemble des classes de taille j , du produit de la proportion d'animaux de taille j (l_j) par la proportion q_{ij} d'animaux de l'âge i pour la classe de taille j .

$$p_i = \sum_{j=1}^{n_1} l_j \cdot q_{ij}$$

sachant que $l_j = \frac{n_j}{N_1}$ et $q_{ij} = \frac{m_{ij}}{n_j^*}$

et que n_1 est le nombre de classe d'âge.
Dans ce contexte la variance d'un produit de proportion s'écrit:

$$\begin{aligned} \text{var}(p_i) = & \sum_{j=1}^{n_1} \frac{l_j(1-l_j)}{N_1} \cdot \frac{q_{ij}(1-q_{ij})}{n_j^*} \\ & + \frac{l_j^2 q_{ij}(1-q_{ij})}{n_j^*} + \frac{l_j q_{ij}^2}{N_1} - \frac{p_i^2}{N_1} \end{aligned}$$

Remarquons néanmoins que les équations supposent un tirage aléatoire simple des poissons et donc une équiprobabilité d'apparition de chacun d'eux dans l'échantillon, condition qui est loin d'être respectée du fait de la structure des débarquements regroupés par navires et par marées. L'estimation des effectifs par âge s'obtient par :

$$N_i = N \cdot p_i \text{ et } \text{var } N_i = N^2 \cdot \text{var}(p_i) + p_i^2 \cdot \text{var } N + \text{var } N \cdot \text{var } p_i$$

Métier	Effectif	Cv (%)	h
Palangre	109513	3.1	37
Casier	15298	2.9	61
Chalut de fond	11755	8.8	23
Chalut PC	2885	nd	-
Chalut PPC	6461	nd	-
Chalut PP	2409	nd	-
Divers	8294	nd	-
Total	144860	-	-

Tableau 17: Estimation des effectifs de congre débarqués dans le Mor Braz en 1985.

nd = non disponible

2.3 Résultats et discussion

Compte tenu des contraintes que nous avons rencontrées lors des opérations de terrain, nous disposons d'un échantillon de marées correspondant à des pêches au casier d'une part, et à la palangre d'autre part. En revanche, pour l'ensemble des chalutiers de fond, l'échantillon sera conjoint. La répartition en nombre pour chacun des trois types de chalut identifiés a été effectuée au prorata des captures. De même, les proportions observées p_j par classe de taille j ne sont disponibles que de façon globale pour le métier de chalut de fond et les proportions q_{ij} de poissons à l'âge i à l'intérieur de chaque classe de taille j seront communes à l'ensemble des types d'exploitation. Enfin, pour la catégorie "métiers divers", faute d'éléments plus pertinents, une composition en âge moyenne a été appliquée. S'il est évident que de tels regroupements, où l'utilisation d'une clé taille-âge unique peut conduire à une estimation biaisée du nombre de poissons débarqués par classe d'âge, il faut admettre que l'importance des captures par la palangre peut rendre négligeable les erreurs commises sur celles effectuées par les autres métiers.

L'application de la méthode décrite précédemment permet l'estimation des effectifs totaux débarqués par métier, grâce à un programme écrit en FORTRAN 77 et dont le listing constitue l'annexe 2. Les résultats fixent à environ 150 000 animaux les débarquements de congère du Mor Braz en 1985 (Tableau 17). Ces résultats confirment le rôle essentiel de la palangre dont l'utilisation assure 76% des captures en nombre. Les coefficients de variations sont très faibles et inférieurs à 5%.

Les données utilisées pour le calcul de la proportion p_i d'animaux de l'âge i sont rassemblées dans les tableaux 18 et 19. Les effectifs calculés sont en revanche présentés dans le tableau 20 et la figure 30. Il faut retenir que la contribution des âges 7 à 12 est essentielle car elle assure 64% des captures. Les coefficients de variation (Tableau 20) peuvent être importants, mais ne concernent alors que les classes d'âge peu représentées (moins de 2% des captures). Dans les gammes d'âge les plus fréquentes, ils sont de l'ordre de 20%, pour un effort d'échantillonnage important (4000 et 387 poissons respectivement mesurés et âgés).

L'application des sex-ratio déterminés dans les chapitres précédents permet d'obtenir les compositions en âge par sexe (tableaux 21 et 22). Les résultats mettent en évidence la part très faible (13%) pris par les mâles dans les captures.

III- COEFFICIENT DE MORTALITE NATURELLE

Aucune détermination de ce facteur, antérieure à notre travail n'est disponible dans la littérature. Nous avons donc été contraint d'utiliser la méthode empirique de PAULY (1980) qui propose une estimation de M par la formule suivante :

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L_{\infty} + 0.6543 \log K + 0.4634 T,$$

dans laquelle L_{∞} et K sont les paramètres de croissance du modèle de VON BERTALLANFFY et T la température moyenne annuelle de l'eau de mer de la zone considérée. On obtient ainsi un coefficient de mortalité naturelle de 0.10 pour les femelles et de 0.34 pour les mâles. Ces valeurs constituent une base de travail, nous avons ainsi retenu dans la suite de ce document, pour les femelles la valeur de 0.1 proposée par l'équation, mais nous avons également testé la valeur de 0.2. Pour les mâles, outre la valeur de 0.34, nous testerons également la valeur de 0.1.

Taille	Effectif mesuré		
	Palangre	Casier	Chalutage de fond
75	2	1	
80	5	2	
85	5	13	
90	20	32	4
95	37	61	14
100	67	146	13
105	154	210	14
110	222	213	19
115	225	213	16
120	222	210	12
125	227	215	8
130	222	210	9
135	173	164	5
140	123	116	3
145	104	45	2
150	74	23	8
155	41		2
160	34		2
165	14		-
170	9		2
175	9		
180	7		
185	1		
Total	1 997	1 874	133

Tableau 18 : Nombre de poissons mesurés par classe de taille et par métier.

Age Taille (cm)																	Total
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
80	1	1															2
85	1	6	2	2													11
90		1	3	3													7
95		2	11	7	2	2	1										25
100		0	5	6	2	1	3	3									20
105		1	3	6	5	3	2	0									20
110			1	4	8	7	6	4									30
115			1	5	9	10	6	2									33
120				1	2	8	7	10									28
125					2	5	9	2	8								26
130					1	6	7	8	4	2							28
135					1	8	5	9	2	0	1						26
140						2	2	9	5	3	2	1	1				25
145							2	7	5	2	4	3	3				26
150							0	2	4	5	3	2	0	2			18
155							1	1	2	1	6	2	2	1			16
160									3	3	3	2	4	3	2	1	21
165										2	3	3	1	1	2	1	11
170											2	1	3	1	1	0	8
175													1	1	0	0	2
180														1	0	1	2
185														1	1	0	2
Total	2	11	26	34	32	52	51	57	33	18	24	12	15	11	6	3	387

Tableau 19 : Effectif de poissons d'âge i observé par classe de taille j.

Age	Palangre		Casier		Divers
	N	Cv (%)	N	Cv (%)	N
4	38	110.0	9	87.1	17
5	772	58.3	186	50.5	124
6	4114	24.4	995	21.9	431
7	8463	18.6	1653	17.3	755
8	11977	16.7	1915	16.6	920
9	20330	12.8	3036	12.8	1501
10	19678	13.0	2932	13.1	1450
11	19738	12.2	2863	12.2	1450
12	10308	17.1	1316	18.4	730
13	3834	25.1	393	31.1	265
14	3944	21.7	-	-	249
15	1991	30.6	-	-	124
16	2089	27.8	-	-	133
17	1472	31.9	-	-	91
18	411	43.5	-	-	27
19	354	56.7	-	-	27
Total	109513		15298		8294

Tableau 20: Estimation de l'effectif total débarqué par classe d'âge et par métier pratiqué par les navires du Mor-Braz (1985).

Age	Chalut PC	Chalut PPC	Chalut PP	Chalut fond	Cv (%)	Total
4	59	132	49	240	72.1	304
5	269	603	225	1097	31.3	2179
6	473	1058	395	1926	22.1	7466
7	552	1236	461	2249	19.9	13120
8	300	671	250	1221	22.6	16033
9	333	746	278	1357	19.9	26224
10	327	732	273	1332	20.5	25392
11	304	680	254	1238	21.1	25289
12	109	245	91	445	28.7	12799
13	49	110	41	200	40.1	4692
14	44	100	37	181	41.5	4374
15	24	54	20	98	50.7	2213
16	23	52	19	94	53.6	2316
17	13	28	10	51	66.8	1614
18	4	9	4	17	108.8	455
19	2	5	2	9	139.1	390
Total	2885	6461	2409	11755	-	144860

Tableau 20 bis: Estimation de l'effectif total débarqué (Suite).

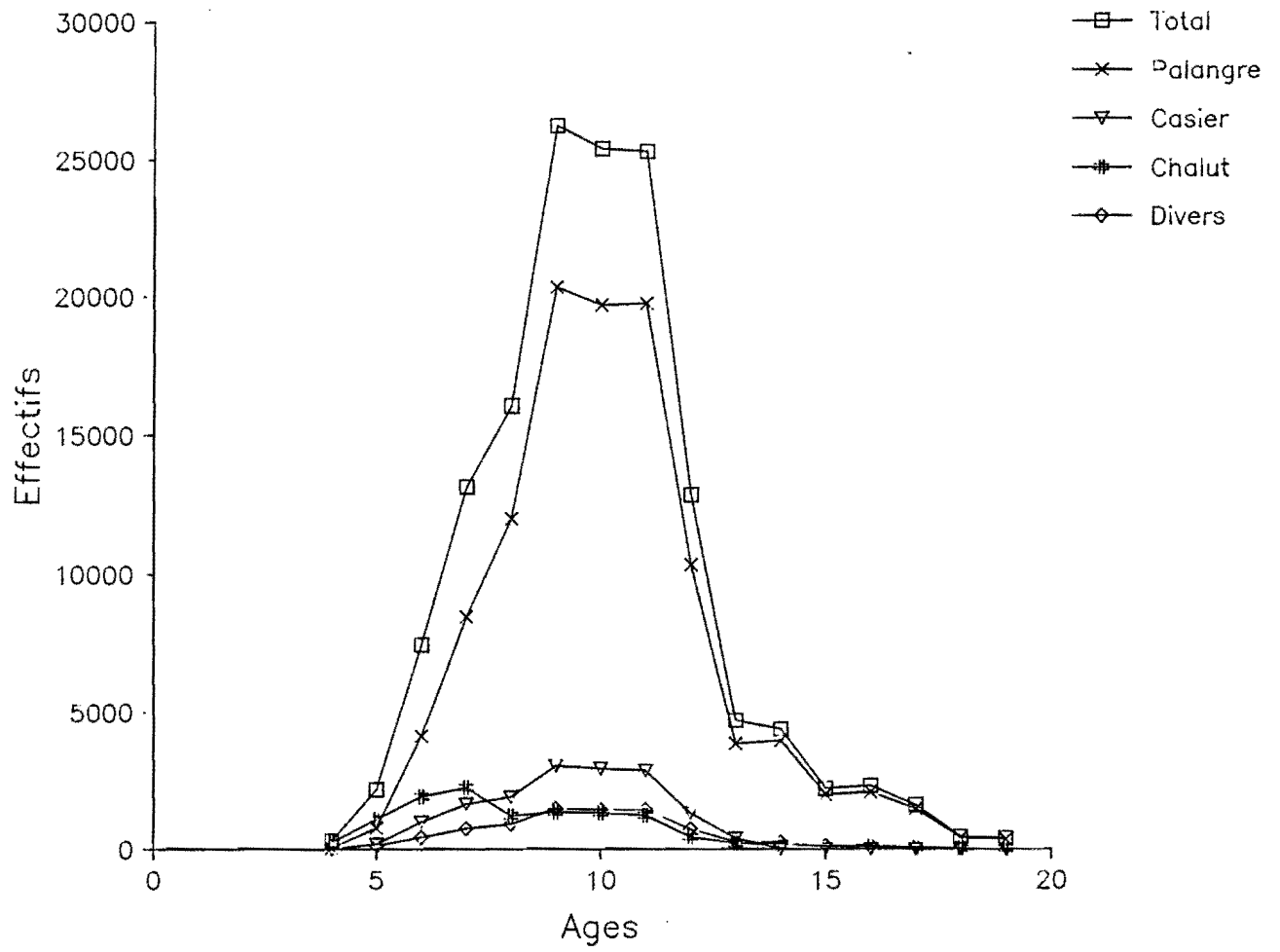


Figure 30: Composition en âge des captures de congre par métier.

Classe d'âge	Palangre	Casier	Chalut PC	Chalut PPC	Chalut PP	Divers	Total
4	38	9	59	132	49	17	304
5	103	25	36	80	30	16	290
6	1 144	277	131	294	110	120	2 076
7	1 921	375	125	211	105	171	2 908
8	3 569	571	89	200	74	274	4 777
9	2 704	404	44	99	37	200	3 488
10	1 102	164	18	41	15	81	1 421
11	2 191	496	34	75	28	161	2 985
Total	12 772	2 321	536	1 132	448	1 040	18 249

Tableau 21 : Composition en âge des congres mâles débarqués dans le Mor Bras.

Classe d'âge	Palangre	Casier	Chalut PC	Chalut PPC	Chalut PP	Divers	Total
5	669	161	233	523	195	108	1 889
6	2 970	718	342	764	285	311	5 300
7	6 542	1 278	427	1 025	356	584	10 212
8	8 408	1 344	211	471	176	646	11 256
9	17 626	2 632	289	647	241	1 301	22 736
10	18 576	2 768	309	691	258	1 369	23 971
11	17 547	2 367	270	605	226	1 289	22 304
12	10 308	1 316	109	245	91	730	12 799
13	3 834	393	49	110	41	265	4 692
14	3 944	-	44	100	37	249	4 374
15	1 991	-	24	54	20	124	2 213
16	2 089	-	23	52	19	133	2 316
17	1 472	-	13	28	10	91	1 614
18	411	-	4	9	4	27	455
19	354	-	2	5	2	27	390
	96 741	12 977	2 349	5 329	1 961	7 254	126611

Tableau 22 : Composition en âge des congres femelles débarqués dans le Mor Braz.

* En l'absence d'information fiable, les animaux de 4 ans ont été affectés à la composition en âge des mâles.

IV- ESTIMATIONS DES VECTEURS DE MORTALITE PAR PECHE

4.1 Analyse rectifiée d'une pseudo-cohorte

Sous réserve d'une connaissance de la composition en âge des captures réalisées sur une cohorte et d'une estimation de la mortalité naturelle (Cf paragraphes précédents), on obtient une estimation des paramètres considérés.

Le suivi inter-annuel des prises issues de l'exploitation d'une cohorte est rarement disponible, il suppose des séries chronologiques longues. En assimilant le nombre de poissons capturés par âge, une année donnée, aux effectifs des captures réalisées sur une cohorte on obtient une quantification préliminaire des coefficients de mortalité par pêche. Ceci suppose évidemment, pendant un nombre d'années égal au nombre de classes d'âge présentes dans les captures, une constance du recrutement (effectifs des poissons entrant dans la pêcherie) et des mortalités par pêche.

Ces deux conditions sont contraignantes, car peu réalistes. L'apport d'information complémentaire permet pour partie de s'en affranchir. Ainsi, par l'utilisation de données d'effort de pêche éventuellement disponibles pour la période pour laquelle doivent s'appliquer les conditions d'équilibre, on substitue à l'hypothèse de constance des mortalités aux âges celle d'une capturabilité aux âges constante d'une année sur l'autre, selon la démarche proposée par LAUREC et SANTARELLI (1986).

C'est l'approche qui a été retenue dans le cas du congre. La nature des données disponibles (composition en âge pour l'année 1985) et les modifications inter-annuelles de l'effort de pêche induites par les variations des stratégies de pêche adoptées par les patrons rendent l'hypothèse de l'invariance des mortalités difficilement acceptable. La généralisation de la technique à une exploitation regroupant plusieurs métiers, s'obtient par le calcul de la contribution de chacune des composantes à la mortalité par pêche totale au prorata de leurs captures (BERTIGNAC et MOGUEDET, 1987).

Ainsi la détermination des effectifs présents dans la population à chaque âge, des mortalités par pêche puis des capturabilités associées, l'effort étant connu, découlent de la résolution en séquence selon les âges croissants de quatre types d'équations:

$$N_{a,x} = R \cdot e^{-\left(\sum_{k=1}^{a-1} \left(\sum_{j=1}^J q_{k,j} \cdot E_{I-(a-k),j} \right) + (a-1) \cdot M \right)}$$

$$C_a = N_{a,x} \cdot \frac{F_{a,x}}{F_{a,x} + M} \cdot (1 - e^{-(F_{a,x} + M)})$$

Année	Palangre	Casier	Chalut PC	Ch PPC	Chalut PP	Divers
1985	225	478	241	475	588	340
1984	275	584	256	456	545	340
1983	388	537	271	437	598	340
1982	275	571	287	418	635	340
1981	225	684	382	418	681	340
1980	188	638	318	418	681	340
1979	38	679	333	418	681	340
1978	38	785	348	418	681	340
1977	38	738	363	418	681	340
1976	38	772	378	418	681	340
1975	38	772	393	418	681	340
1974	38	772	488	418	681	340
1973	38	772	423	418	681	340

Tableau 23: Variations des efforts par métiers exprimés en mois d'activité de l'ensemble des navires.

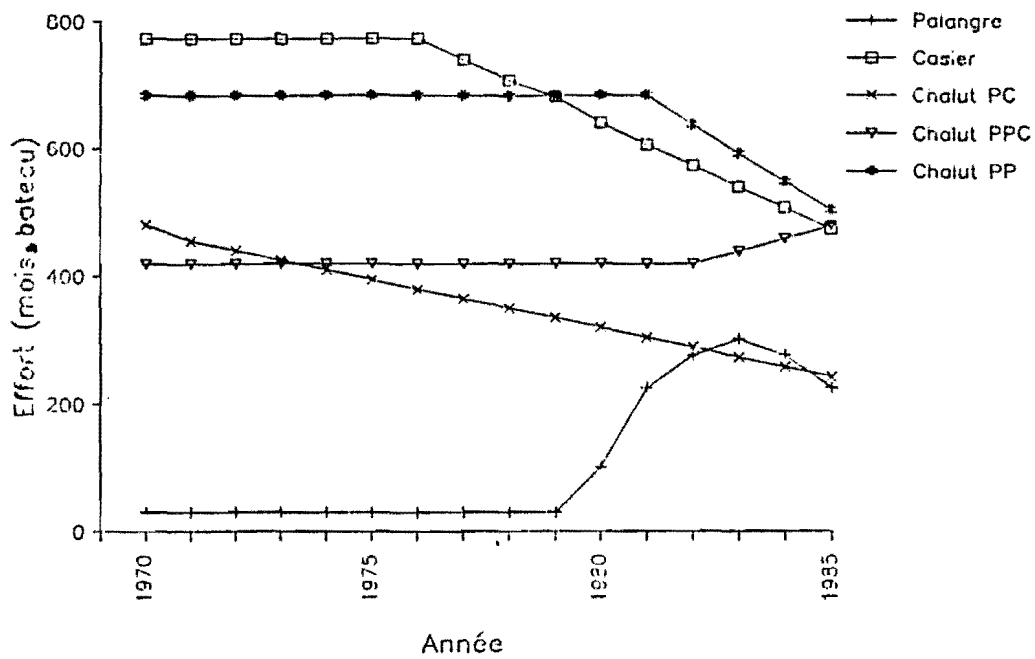


Figure 31: Variations interannuelles de l'effort de pêche de chaque métier.

$$F_{a,i,j} = F_{a,i} \cdot \frac{C_{a,j}}{C_a}$$

$$q_{a,j} = \frac{F_{a,i,j}}{E_{i,j}}$$

La première mortalité par pêche s'obtient par la résolution itérative de l'équation suivante:

$$C_1 = R \cdot \frac{F_{1,i}}{(F_{1,i} + M)} \cdot (1 - e^{-(F_{1,i} + M)})$$

Dans l'ensemble des formules:

- a est l'indice des âges
- j l'indice des métiers
- C_a la capture à l'âge a
- E_I l'effort de l'année pour laquelle on dispose de la composition en âge des captures
- $F_{a,j}$ correspond au taux instantané de mortalité par pêche de l'âge a et du métier j
- $q_{a,j}$ est la capturabilité pour le métier j et l'âge i
- M_a est le taux instantané de mortalité naturelle
- N_a correspond à l'effectif de chaque classe d'âge dans la population et R la valeur du recrutement soit l'effectif à l'entrée dans la pêcherie.

4.2 Estimation de l'effort de pêche

Compte tenu de la longévité de l'espèce et du nombre de classes d'âge présentes dans les captures, il est nécessaire de disposer de données d'effort de 1970 à 1985. En pêche artisanale côtière, une telle série chronologique n'est évidemment pas disponible. Cependant, la méthode ne requiert qu'une estimation relative de cet effort, car seules les variations ont un impact sur la détermination des mortalités, puis des capturabilités. Par l'interview de professionnels, et par les enquêtes sur les flottilles réalisées de façon exhaustive en 1983 et 1985 sur le Mor braz, il a été possible de bâtir une projection de l'évolution possible de l'effort de pêche déployé (Figure 31 et tableau 23).

La projection proposée table sur une stabilité du nombre de navires pratiquant le chalutage de petite pêche jusqu'en 1981 puis sur son déclin. Nous supposons en revanche pour les deux autres catégories de navires utilisant des arts traînants, d'une part une stabilité des chalutiers de petite pêche côtière puis leur essor à partir de 1982; d'autre part, la décroissance du nombre de chalutiers de petite pêche est continue sur la période. Dans le domaine des arts dormants, nous admettons que la palangre n'a connu un développement important que depuis 1979, et que le casier n'est en forte diminution que depuis 1979.

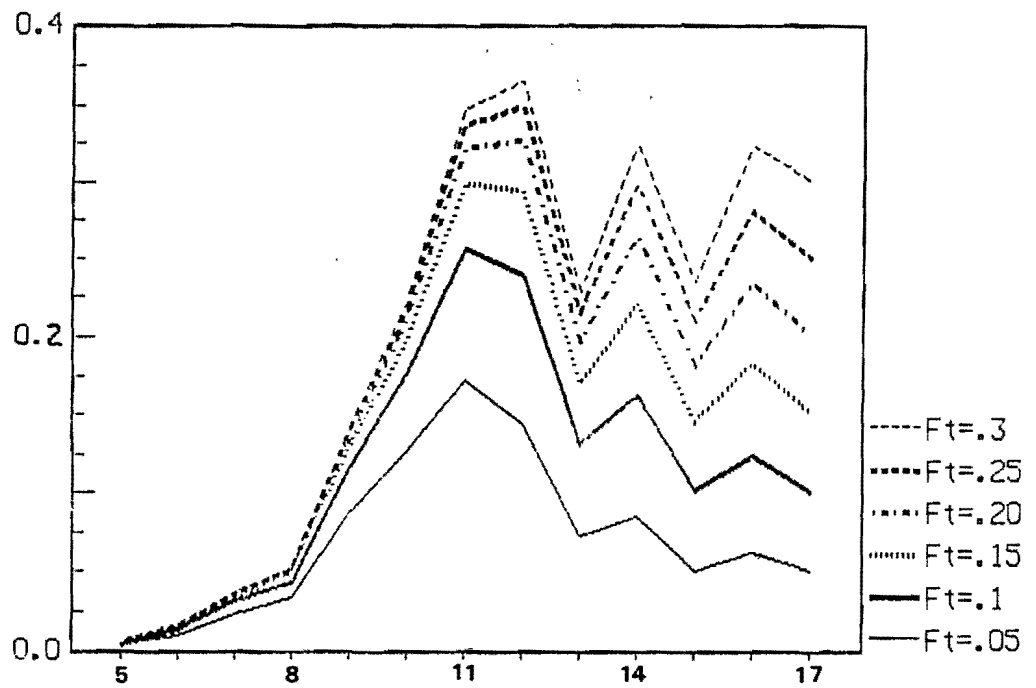
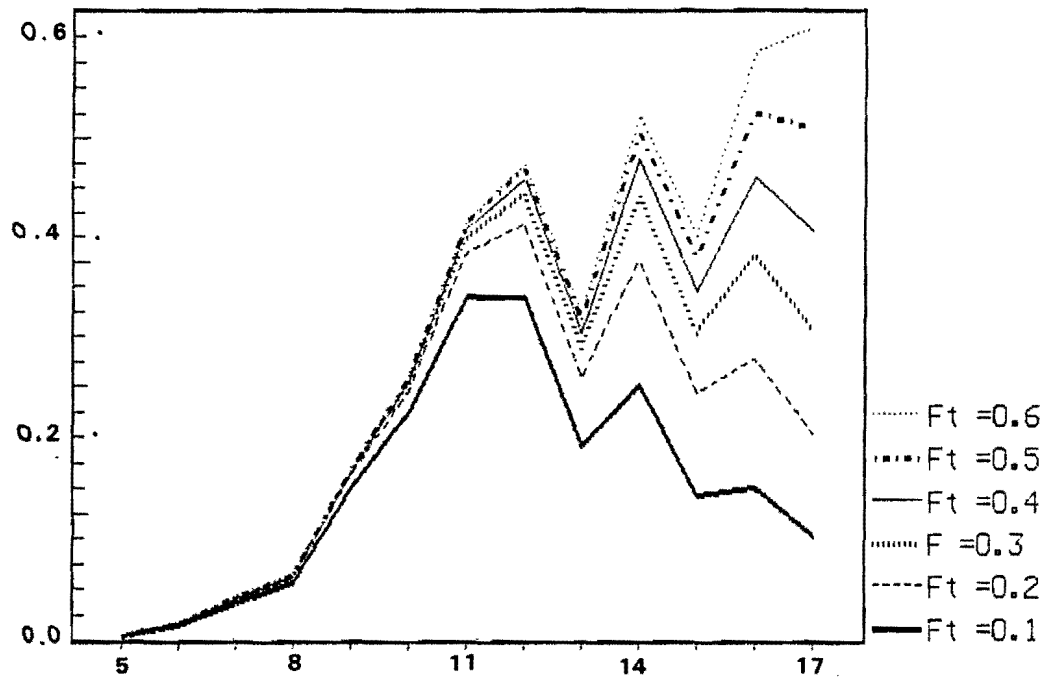


Figure 32: Vecteurs de mortalités par pêche par âge pour divers Ft et deux valeurs de la mortalité naturelle ($M=0.1$ et $M=0.2$).

4.3 Choix de la mortalité à l'âge terminal.

Le nombre d'inconnus du système d'analyse d'une pseudo-cohorte est supérieur d'une unité à celui du nombre d'équations. Sa résolution suppose donc de fixer une inconnue à priori afin d'obtenir une solution analytique.

Il est désormais classique de fixer la mortalité par pêche à l'âge terminal (F_t) comme connue chaque valeur testée fournissant donc une solution. La détermination préalable du F_t peut paraître problématique. Il n'en est rien, grâce à la propriété fondamentale de l'analyse de cohortes : la convergence. Cette notion exprime le fait que les mortalités par pêche aux premiers âges convergent vers des valeurs voisines et que l'erreur commise dans le choix du F_t s'amenuise au fil des âges décroissants dès lors que la somme des coefficients instantanés de mortalité par pêche atteint une valeur-seuil. On admet en général que lorsque ce cumul dépasse 3, voire 2, les erreurs induites sont bien en deçà des incertitudes couramment admises en dynamique des populations.

Enfin nous privilégions une valeur de F_t qui permettent d'obtenir des vecteurs de capturabilité compatibles avec nos connaissances sur le comportement de l'espèce face à l'engin. Ainsi pour la palangre, nous rechercherons un F_t qui induit des vecteurs de mortalités dont les composantes sont d'abord croissantes puis fortement décroissantes. On peut en effet supposer que la taille des hameçons des palangres et la faible résistance du fil de nylon utilisé ne permettent pas la capture d'individus de trop grande taille.

4.4 Résultats

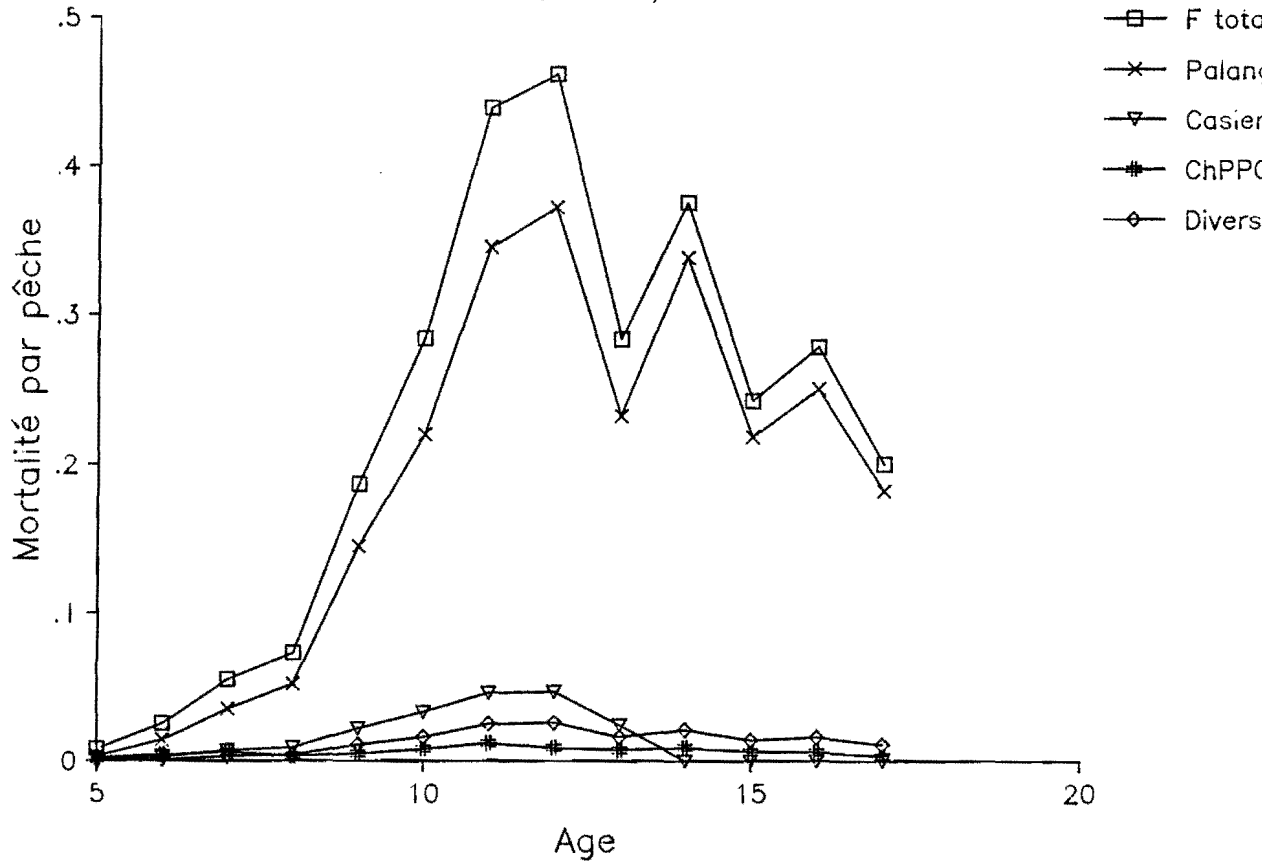
Nous limiterons à ce bref exposé, la présentation de la méthode. On trouvera dans MOGUEDET (1989) tous les détails nécessaires à son utilisation. Rappelons également ici que le logiciel dont nous avons pu disposer a été programmé en FORTRAN par cet auteur, mais les nombreuses modifications que nous avons pu lui apporter le rendent d'une utilisation beaucoup plus aisée et surtout compatible avec les programmes de calcul des rendements par recrue.

4.4.1 Le cas des femelles

La figure 32 montre les vecteurs de mortalité obtenus sur les âges compris entre 5 et 17 ans, pour une gamme de F terminaux comprise entre 0.1 et 0.6, dans le cas d'une mortalité naturelle M de 0.1 et pour une gamme comprise entre 0.05 et 0.3 lorsque la mortalité naturelle est fixée à 0.2. Compte tenu des remarques émises précédemment, nous choisirons respectivement un F_t de 0.2 et 0.1. dans le premier cas, le cumul des valeurs obtenues par âge proche de 3 semble indiquer que cette valeur, un peu arbitraire, n'a pas de fortes conséquences sur les mortalités aux premiers âges. Dans le second cas, un cumul de 1.49 ne permet pas d'assurer une convergence satisfaisante, les mortalités par pêche des premiers âges sont donc sans doute affectées par le F_t . La figure 33 et le tableau 24 résument les vecteurs de mortalité retenus pour les différents métiers. On retrouve bien évidemment l'influence prépondérante de la palangre.

Congre femelle

$M=0.1, Ft=0.2$



$M=0.2, Ft=0.1$

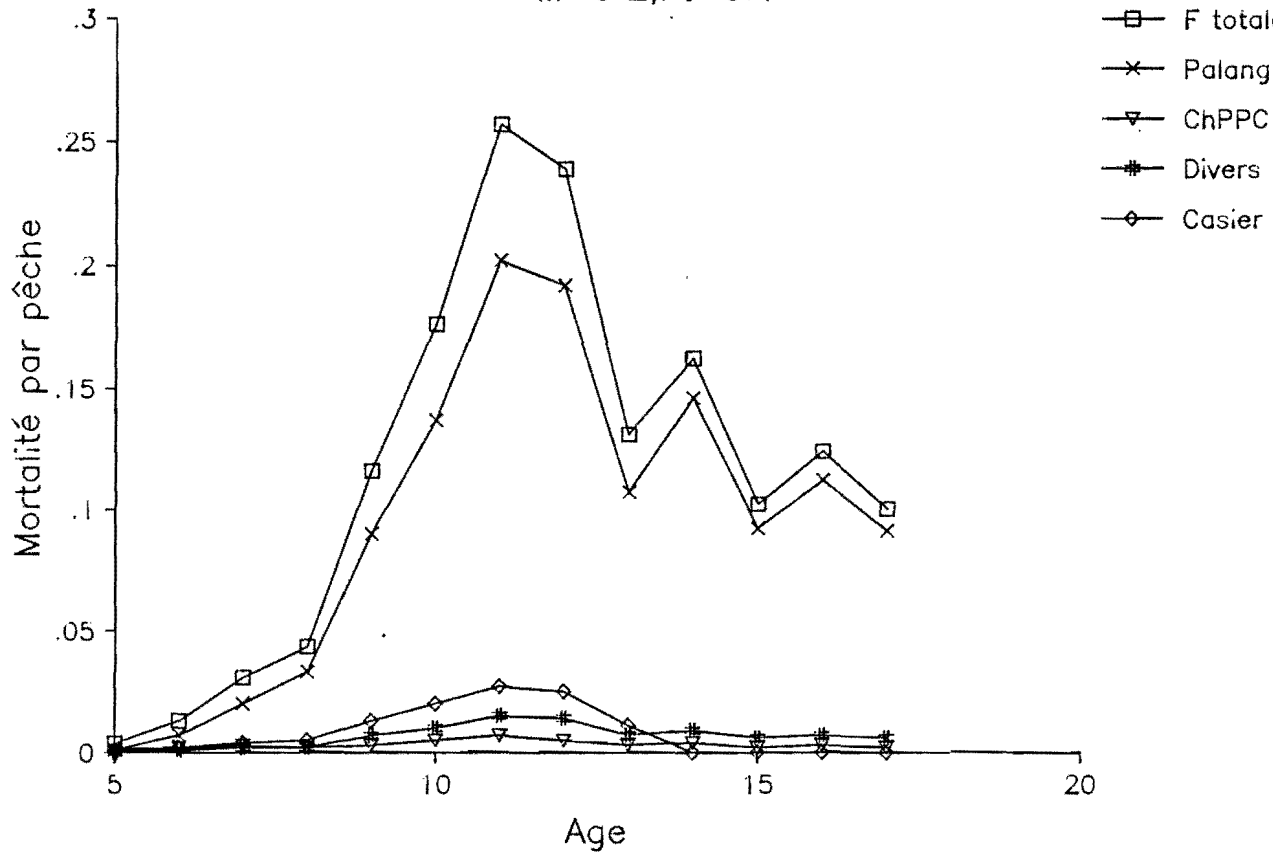


Figure 33: Mortalités par pêche par métier pour deux valeurs de la mortalité naturelle (Cas des femelles).

Métier Age	Pal	Cas	ChPC	ChPPC	ChPP	Divers	Total
5	.003	.001	.001	.002	.001	.000	.008
6	.014	.003	.002	.004	.001	.001	.025
7	.035	.007	.002	.006	.002	.003	.055
8	.055	.009	.001	.003	.001	.004	.073
9	.145	.022	.002	.005	.002	.011	.187
10	.220	.033	.004	.008	.003	.016	.284
11	.345	.046	.005	.012	.005	.025	.439
12	.372	.047	.004	.009	.003	.026	.462
13	.232	.024	.003	.007	.002	.016	.283
14	.338	.000	.004	.009	.003	.021	.374
15	.218	.000	.003	.006	.002	.014	.242
16	.250	.000	.003	.006	.002	.016	.278
17	.183	.000	.002	.003	.001	.011	.200

M= 0.1

Métier Age	Pal	Cas	ChPC	ChPPC	ChPP	Divers	Total
5	.001	.000	.000	.001	.000	.000	.004
6	.007	.002	.001	.002	.001	.001	.013
7	.020	.004	.001	.003	.001	.002	.031
8	.033	.005	.001	.002	.001	.002	.043
9	.090	.013	.001	.003	.001	.007	.116
10	.137	.020	.002	.005	.002	.010	.177
11	.202	.027	.003	.007	.003	.015	.257
12	.192	.025	.002	.005	.002	.014	.239
13	.107	.011	.001	.003	.001	.007	.130
14	.146	.000	.002	.004	.001	.009	.162
15	.092	.000	.001	.002	.001	.006	.102
16	.112	.000	.001	.003	.001	.007	.124
17	.091	.000	.001	.002	.001	.060	.100

M= 0.2

Tableau 24: Vecteurs de mortalité par pêche par métier

Age	Mortalité
4	.001
5	.001
6	.011
7	.018
8	.033
9	.028
10	.013
11	.03

Tableau 25: Mortalité par pêche en fonction de l'age pour le stock male de congre ($M=0.1$).

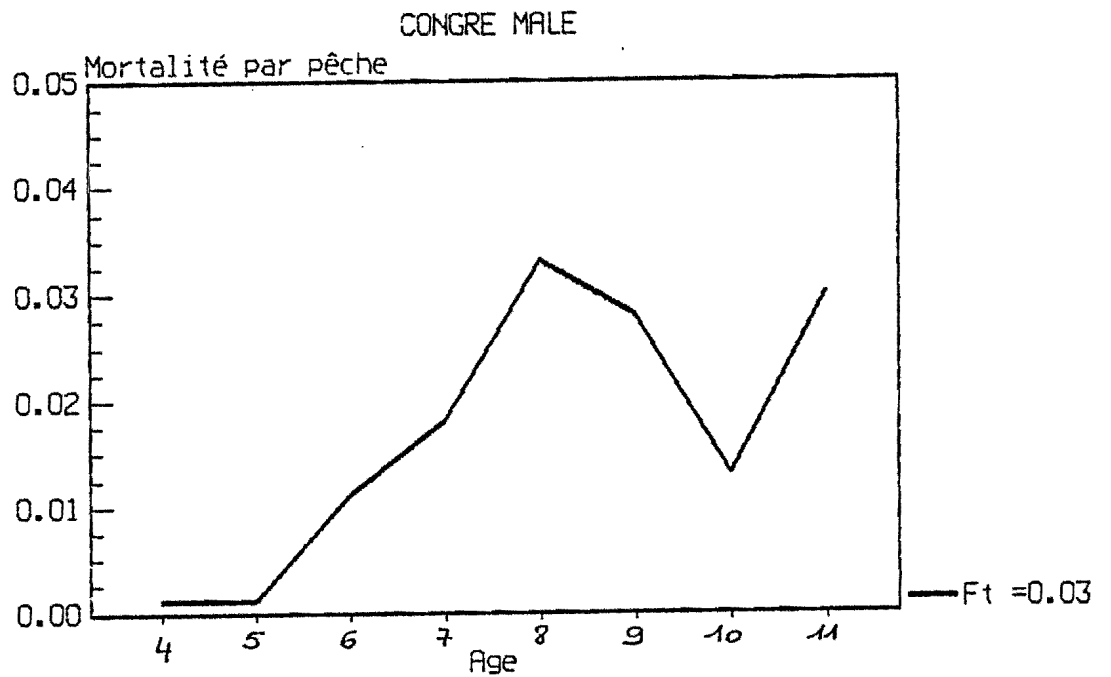


Figure 34: mortalité par pêche des males de congre ($M=0.1$)

4.4.2 Le cas des males

L'ajustement des vecteurs de mortalité pour les males n'est pas immédiat. En effet pour des âges compris entre 4 et 11 ans, les valeurs obtenues montrent une grande dépendance vis à vis du F terminal. Dans un tel contexte, nous retiendrons un vecteur de mortalité qui permet d'obtenir pour l'âge 5 un nombre d'animaux voisin de celui obtenu pour les femelles (LAUREC, Comm. pers.). Nous présenterons les valeurs obtenues pour une mortalité naturelle de 0.1. dans le tableau 25, et la figure 34. Les résultats par métier ne seront pas explicités compte tenu des valeurs très faibles prises par les mortalités par pêche.

V- VARIATIONS DE BIOMASSE DU STOCK DE CONGRE.

La chaîne de programmes utilisée pour les calculs de rendements par recrue, les simulations à l'équilibre ou à moyen terme, a été mise au point par B. MESNIL (IFREMER Nantes). Les versions retenues ici portent les noms de MULTYP et PRED69, elles permettent l'analyse multi-métiers sur base annuelle que nous nous proposons d'effectuer. Cependant, nous leur avons fait subir quelques modifications. Ces dernières facilitent le chaînage des différents programmes par sauvegarde de leurs résultats dans des fichiers textes dont la structure est compatible avec les formats de lecture de données du programme suivant. Nous leur avons également adjoint un graphisme instantané, (par GRAPH IN THE BOX d'ABSsoft International), des rendements par recrue, des équivalents PUE et des biomasses fécondes (Cf paragraphes précédents).

Le calcul des rendements par recrue suppose une détermination de la croissance, résumée dans le modèle choisi par un poids moyen aux divers âges. Le tableau 26 présente les poids moyens retenus pour chaque sexe. Ils sont issus de l'utilisation de la relation taille - poids plein et des tailles moyennes aux âges présentées dans le chapitre premier.

5.1 Stock de congre femelle.

5.1.1 Rendements, PUE, biomasse de géniteurs à l'équilibre.

Les prévisions d'évolution du rendement sont menées selon deux procédures:

- une analyse globale tous métiers confondus,
- une analyse par métier dans laquelle on affecte successivement à chaque métier une série de multiplicateurs de mortalité, les autres étant alors laissés à leur niveau de 1985.

Nous avons choisi arbitrairement une gamme de multiplicateurs de mortalité dont les valeurs sont comprises entre 0 et 3.

- L'approche globale.

Selon les deux valeurs de M testées (0.1 et 0.2), le modèle prévoit à l'équilibre, si l'on maintient les niveaux de mortalité et donc d'effort de pêche de 1985, (dans l'hypothèse où les capturabilités aux âges demeurent constantes), un rendement par recrue de respectivement 2.994 et 1.289 kg, soit une production équilibrée de 757 ou 730 tonnes de poids vif. L'application d'un coefficient de conversion de 1.1 permet de calculer une production à l'équilibre de 687 ou 664 tonnes, valeurs légèrement supérieure ou inférieure à la production observée en 1985: 701 tonnes de poids total éviscéré, 681 tonnes de femelles éviscérées (97% des captures).

Ages	Mâles	Femelles
4	0.274	-
5	0.494	1.384
6	0.884	2.272
7	0.924	2.662
8	1.066	3.671
9	1.208	4.710
10	1.430	4.943
11	1.952	6.385
12	-	7.411
13	-	9.383
14	-	10.132
15	-	10.800
16	-	11.550
17	-	13.218

Tableau 26: Poids aux âges par sexe retenus pour les calculs de rendements par recrue.

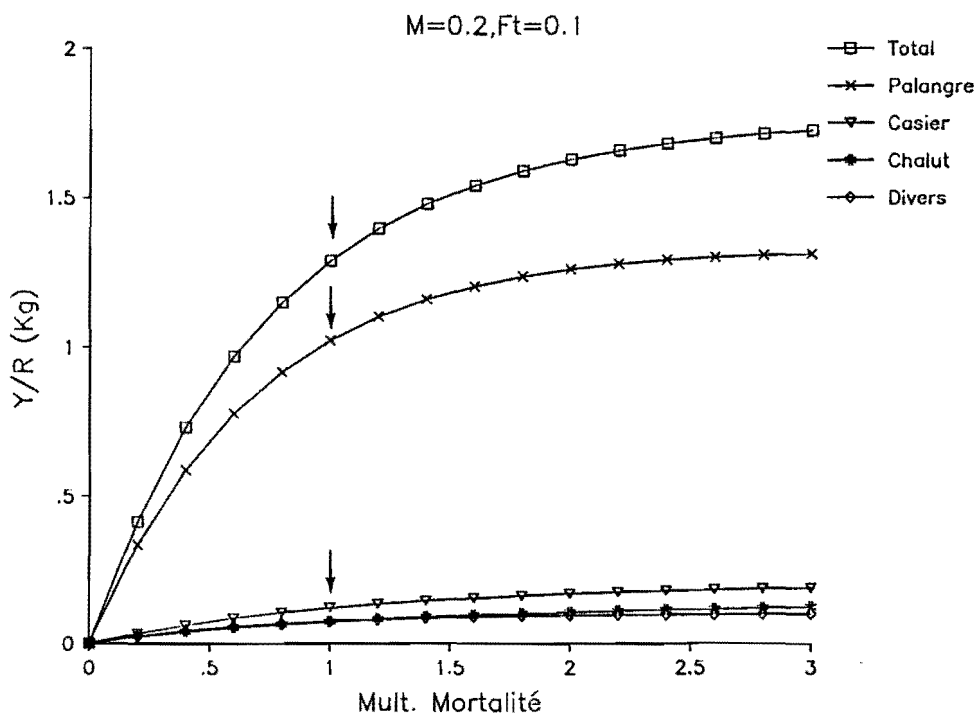
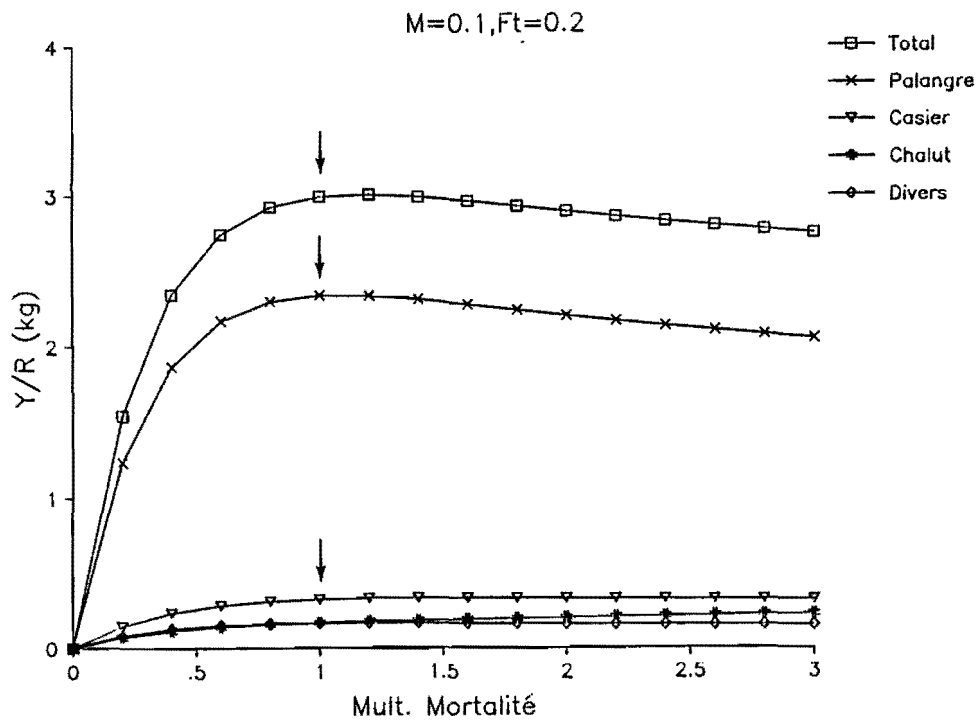


Figure 35 : Evolution des rendements par recue (Congre femelle) pour deux hypothèses de mortalité naturelle.

Le rendement maximum susceptible d'être atteint est explicite pour une mortalité naturelle de 0.1 et paraît fixé à 3.007 kg pour un multiplicateur de mortalité de 1.2 (production équilibrée de 760 tonnes de poids vif, soit 691 tonnes de poids éviscéré). En revanche, il suppose un multiplicateur de mortalité supérieur à 3 dans le cas d'une mortalité naturelle de 0.2 (Figure 35).

Ces résultats concrétisent l'importance de la détermination du coefficient de mortalité naturelle. Il requiert dans le cas du congre une importance particulière compte tenu des caractéristiques biologiques de l'espèce. En effet seul ce paramètre intègre une possible émigration des animaux matures vers les grandes profondeurs pour la reproduction (chapitre premier). Le mécanisme de la maturation des animaux reste obscur; cependant, on peut penser comme pour l'anguille, que celle ci est déterminée par la taille de l'individu et par les conditions environnementales rencontrées par l'animal lors de sa croissance. La maturation et la migration qui lui est associée peut concerner une gamme étendue d'âges .

Dans ce contexte, la valeur de 0.1 constante pour tous les âges paraît sous évaluée, elle suppose en effet que le pourcentage d'animaux d'un âge donné disparaissant par mortalité naturelle ou quittant l'aire de stabulation ne dépasse pas 9.5 %. Il aurait donc été intéressant de simuler des taux de mortalité naturelle variables selon l'âge et pouvant atteindre 100 % pour le groupe d'âge le plus élevé, reproduisant ainsi le départ des individus. Malheureusement, une telle simulation se prête peu aux résultats présentés précédemment. En effet, une forte augmentation des mortalités naturelles se traduit par une diminution relative des mortalités par pêche, avec pour conséquence un diagnostic optimiste sur l'état de la ressource, comme le montre de façon claire les multiplicateurs de mortalité susceptibles d'être atteints pour des mortalités naturelles de 0.1 et 0.2.

L'analyse des PUE à l'équilibre peut fournir un élément de réponse. La figure 36 montre l'évolution de ces PUE pour M égal à 0.1 ou 0.2. L'augmentation de la mortalité naturelle se traduit sur cet indicateur par une diminution de la vitesse de décroissance. Si une hypothèse de mortalité naturelle forte est retenue, la PUE affiche une stabilité remarquable pour l'ensemble des multiplicateurs. Une telle situation peut être rapprochée de la constance des indices d'abondance inter-annuels présentés au chapitre 3 et obtenus par les prises par unités d'effort des navires professionnels du quartier maritime de Saint-Nazaire.

L'évolution des biomasses fécondes ne sera présentée que pour mémoire (Figure 37). Les taux de fécondité de chaque âge ont été fixés à 9.5 %. Ils sont censés représenter le taux de migration et correspondent à 0.1 de mortalité naturelle.

Après une telle présentation, il est difficile de conclure. Nous admettrons que seul, un choix de mortalité naturelle élevée fournit une description probable de l'état du stock de congre. Ceci rend les rendements des navires peu sensibles à l'effort de pêche et à la mortalité par pêche qu'il induit. Cet effort paraît donc pouvoir être augmenté sans risque. Dans la suite de ce document, les deux hypothèses de mortalité naturelle seront conservées. En effet, une valeur de 0.1 correspond à la situation la plus défavorable pour le stock, le maximum de production pondérale étant presque atteint. La valeur de 0.2 illustre, quant à elle, une valeur minimale de l'augmentation souhaitable et nous permettra de préciser les tendances les plus probables.

- Effet d'une variation du multiplicateur de mortalité pour chaque métier.

Pour les deux hypothèses de mortalité naturelle M, seule la palangre joue un rôle notable dans l'évolution du rendement par recrue global de la pêcherie (Figure 38). L'augmentation de la mortalité par pêche des métiers annexes n'a que de très faibles conséquences sur la productivité du stock de femelles et les variations restent comprises entre - 10 et +10%.

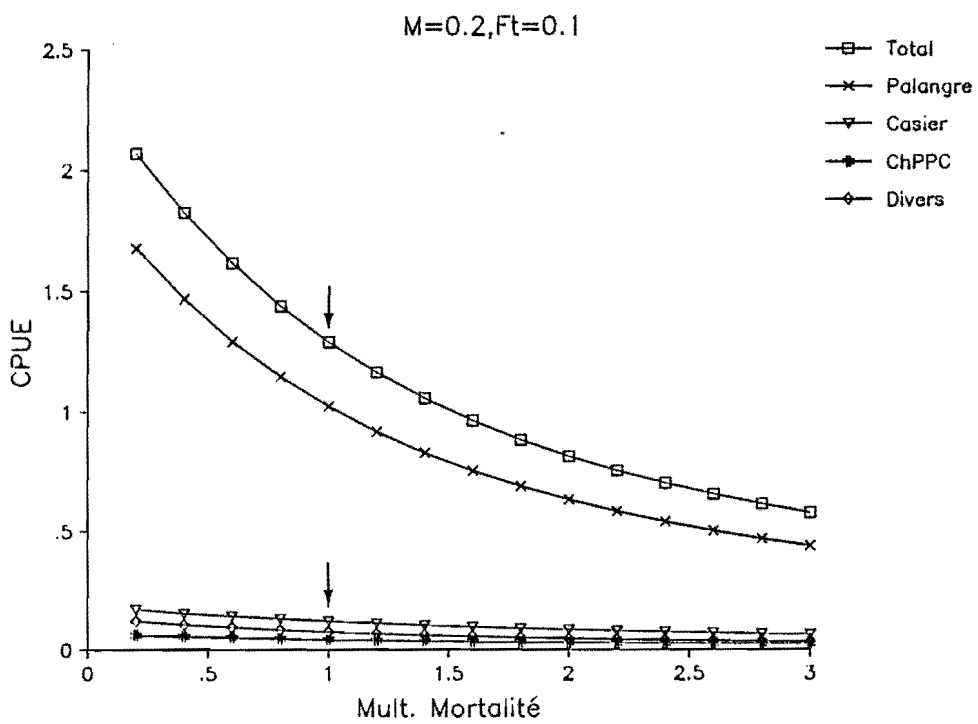
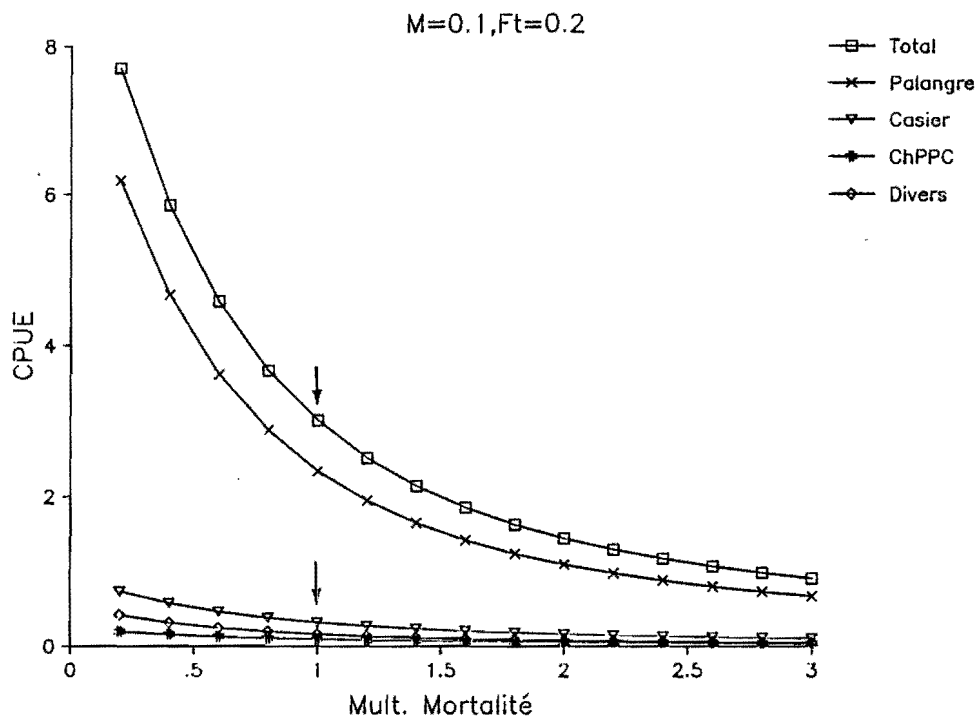


Figure 36 : Prise par unité d'effort (Congre femelle) pour deux valeurs de mortalité naturelle.

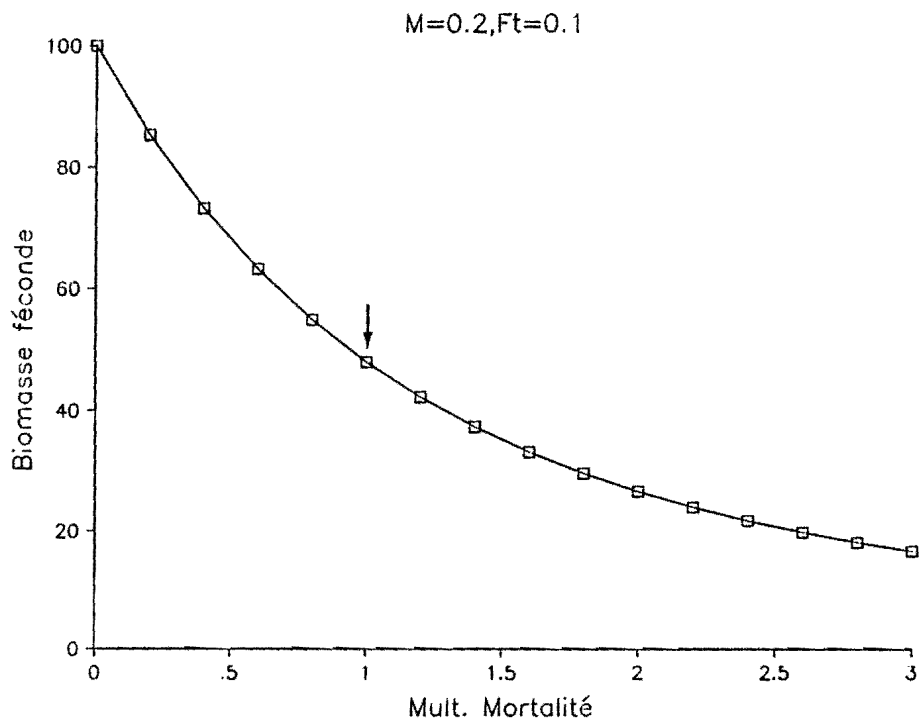
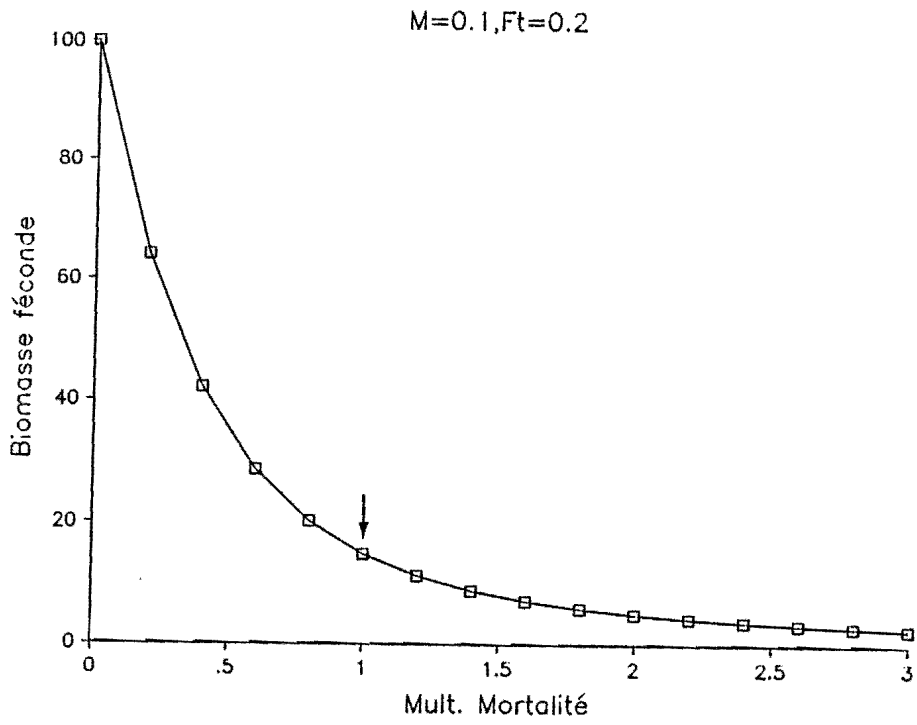


Figure 37 : Evolution des biomasses fécondes du stock de Congre femelle.

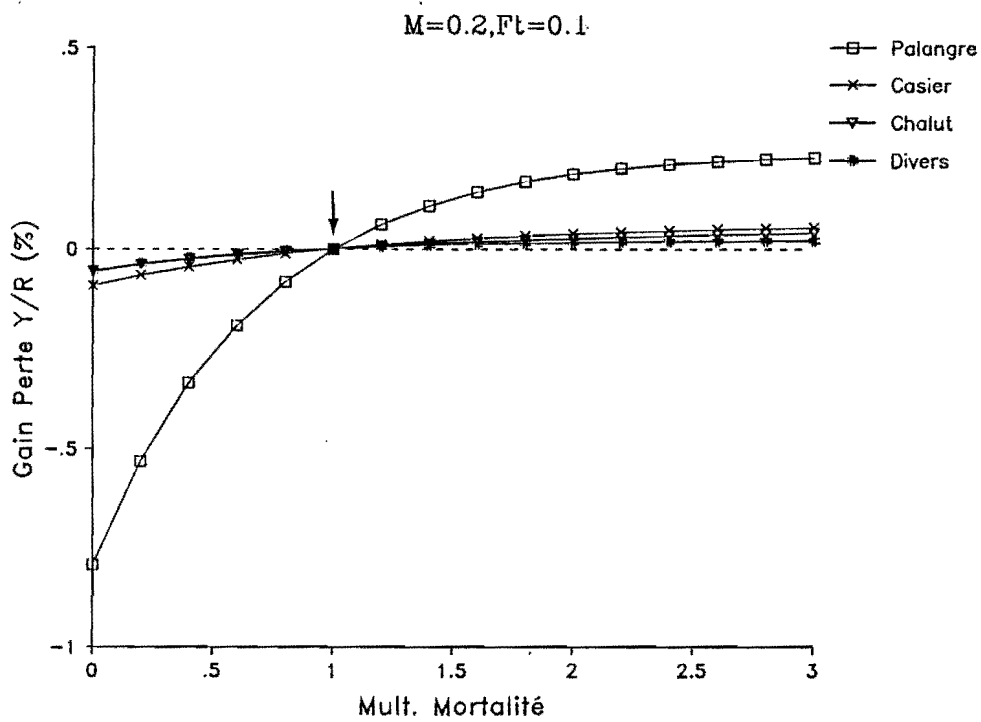
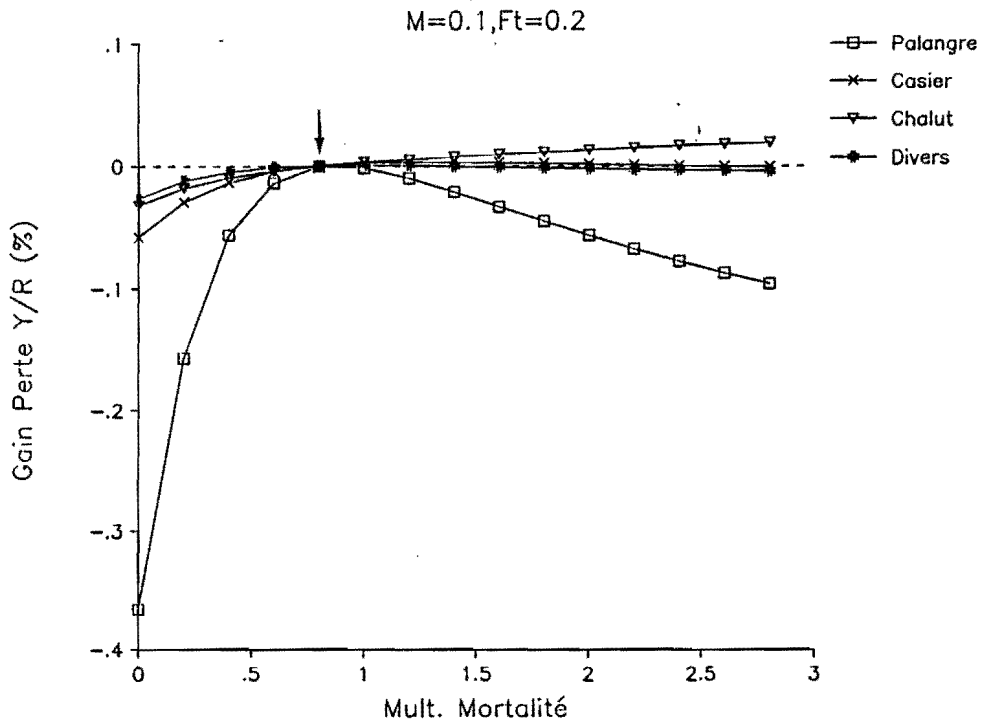


Figure 38 : Evolution des gains (ou des pertes) du rendement par recrue total par application de multiplicateurs de mortalité à chacun des métiers.

Années	Puis. de pêche	Effort (nb mois)	Prod. (t)	P*E	mF	Prod. préd.(t)
1981	<i>0.55</i>	<i>225</i>				
1983	<i>0.83</i>	<i>388</i>				
1985	<i>1.31</i>	<i>225</i>	<i>770</i>	<i>295</i>	<i>1</i>	710
1986	<i>1.65</i>	<i>184</i>	<i>793</i>	304	1.03	720
1987	2.00	121	<i>633</i>	242	0.8	620
1988	2.30	95	<i>572</i>	218	0.9	590
1989	2.30	76		175	0.8	520

Tableau 27 :Simulation des variations du multiplicateur de mortalité (mF) pour reproduire les captures observées sur les années récentes (Prod).

L'hypothèse retenue pour l'évolution des puissances de pêche peut paraître exagérée (passage de 0.55 en 1981 à 2.30 en 1989). Un choix plus modéré n'inverse cependant pas les tendances mises en évidence. La diminution du nombre de mois (Effort) que les navires consacrent à la palangre est simplement moins importante.

Les valeurs en italique sont disponibles, celles dont le caractère est gras sont calculées ou prédites.

Les productions sont extraites des états PM2 des Affaires Maritimes.

Les productions prédites (Prod. préd.) sont les valeurs calculées pour une mortalité naturelle de 0.2.

5.1.2 Simulation à court et moyen terme.

Dans un premier temps, nous comparerons les résultats obtenus par modélisation aux débarquements effectifs des années 1986, 1987 et 1988 dans le Mor Braz, désormais disponibles. La diminution sensible des captures observées semble d'avantage imputable à une désaffection des professionnels pour cette espèce, qui ont dû momentanément préférer exploiter le bar, espèce de forte valeur marchande. Il est, en effet, difficile de modéliser une telle diminution des captures par une augmentation de la mortalité par pêche et ce pour les deux valeurs de mortalité naturelle retenues. L'augmentation des puissances de pêche des navires spécialisés dont nous avons fait état dans le chapitre 3 laisse supposer que le niveau de l'effort de pêche consacré au congre a dû décroître dans de fortes proportions (Tableau 27).

Cependant, il convient de relativiser cette conclusion et de l'utiliser avec précaution. La diminution des débarquements peut être due à une chute accidentelle du recrutement, qu'il nous est impossible de mettre en évidence, l'ensemble de nos simulations ayant été réalisées à recrutement constant et égal à la valeur calculé en 1985.

Enfin, et pour conclure dans ce domaine, on peut tenter par modélisation de quantifier l'évolution des débarquements si l'on augmente la taille de l'hameçon. La technique retenue est fruste, et consiste simplement à annuler la mortalité par pêche des premiers groupes d'âge. Cette procédure pose deux types de problèmes que nous n'avons pu approfondir dans des délais raisonnables. D'une part, nous ne disposons pas de données de sélectivité d'un hameçon et il est donc impossible d'indiquer à quelle taille d'hameçon correspondent les diverses simulations opérées. D'autre part, la courbe de sélectivité d'un hameçon doit pouvoir être assimilée à une parabole. Une augmentation de la taille de l'hameçon diminue la mortalité induite dans les premiers âges mais s'accompagne d'un transfert des mortalités par pêche vers des âges supérieurs. Ce transfert n'est évidemment pas pris en compte par la méthode.

Trois séries de simulations ont été effectuées. Nous avons ainsi successivement testé un âge de première capture de 6, 8 et 10 ans (Figure 39). Les résultats obtenus doivent être comparés à l'évolution de la production en maintenant le multiplicateur de mortalité à 1 (lignes désignées par le label "Sit.act", abréviation peu explicite de "Maintien de la situation actuelle"). Les variations de production observées restent limitées et ne dépassent pas quelques dizaines de tonnes. Les résultats sont différents selon le choix de la mortalité naturelle. Ce fait exprime simplement que toute mesure de gestion n'est efficace que si la part de mortalité due à la pêche est importante par rapport à la mortalité totale que subit l'espèce à chaque âge. On observe ainsi que :

- Pour $M= 0.1$, des gains sont possibles. Ils peuvent atteindre une trentaine de tonnes si l'on fixe à 10 ans l'âge de première capture.
- En revanche, pour $M= 0.2$, les pertes consécutives à l'augmentation de l'âge à la première capture, sous les trois hypothèses, ne sont pas compensées dans les délais choisis pour la simulation (15 ans).
- L'augmentation de la production calculée, lorsque l'on maintient un recrutement et un niveau de mortalité constants et respectivement égaux aux valeurs de 1985, peut surprendre. Cette augmentation limite les gains potentiels des mesures proposées. Selon MESNIL (Comm. pers.), il peut s'agir d'un artefact de calcul dû à une accumulation de biomasse dans le groupe d'âge terminal.
- Les valeurs de prédiction obtenues après un nombre d'années égal au nombre de groupes d'âges (13) doivent être considérées comme les valeurs de production équilibrée. En effet, à cette date, tous les groupes d'âges ont subi l'effet du changement de régime d'exploitation.

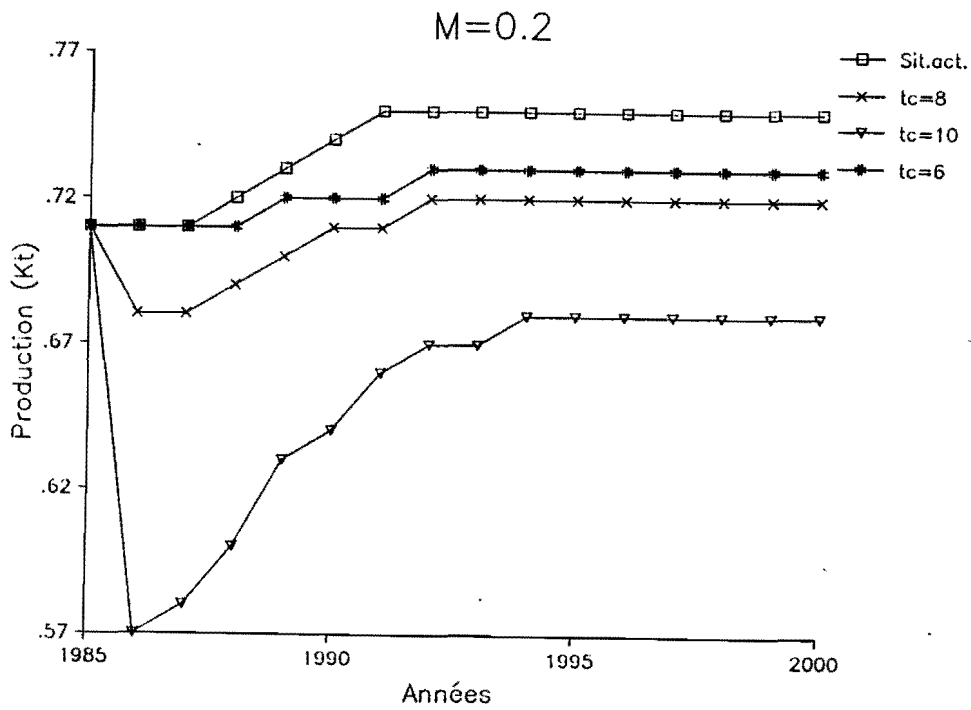
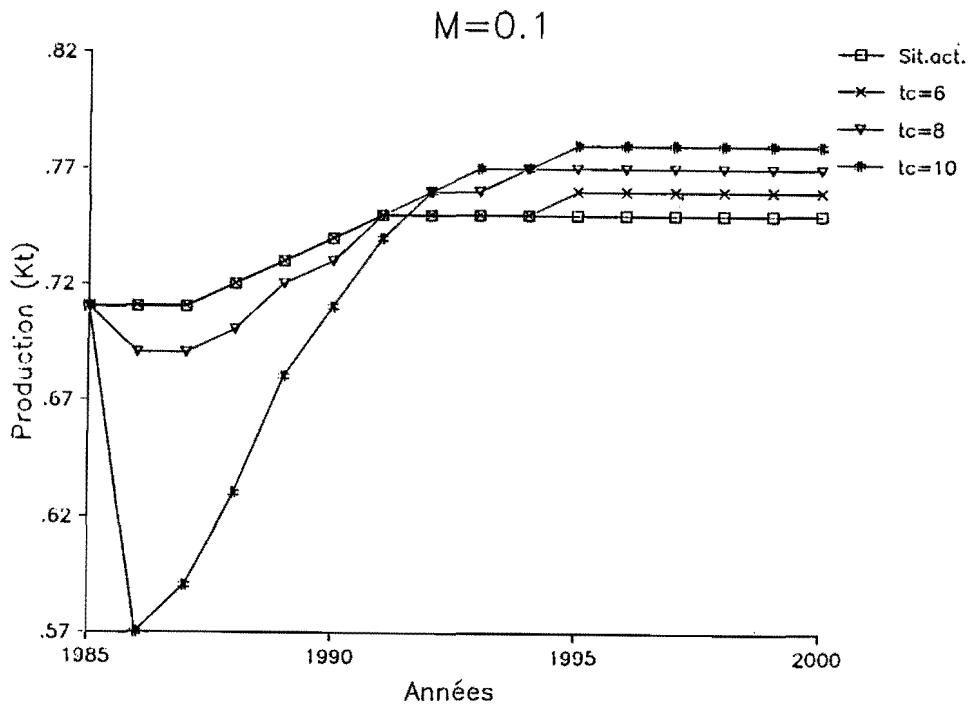


Figure 39 :Prédiction de la production du stock de Congre femelle sous diverses hypothèses d'augmentation de l'âge de première capture. La figure représente également sous le label "Sit.act." l'évolution des productions en maintenant pendant 15 ans la situation de 1985.

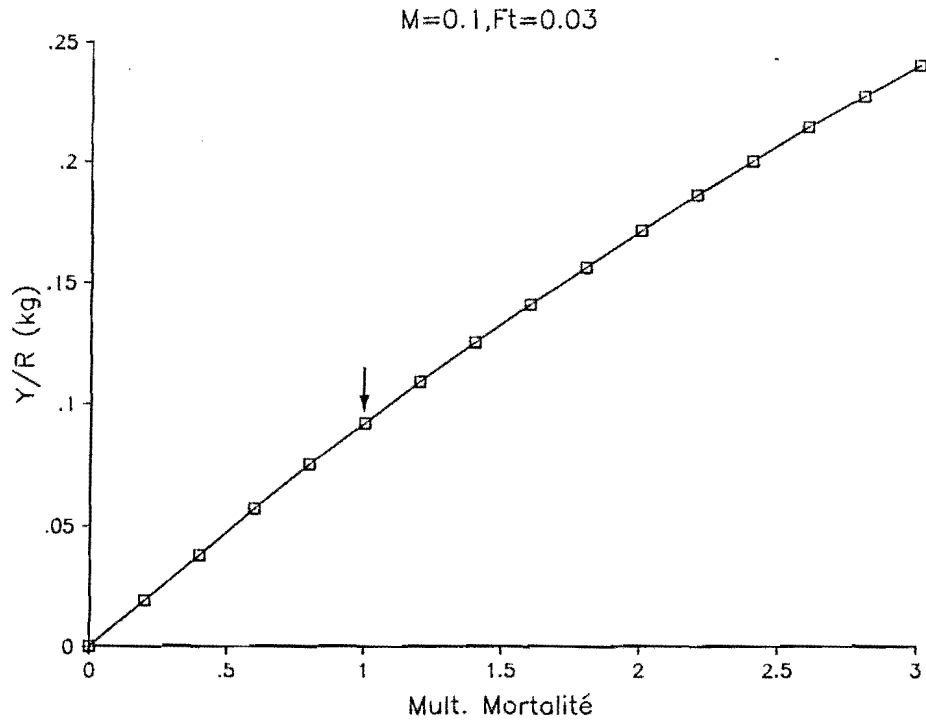


Figure 40 :Evolution du rendement par recrue pour une mortalité naturelle de 0.1 (Congre mâle).

Il ne faut cependant pas omettre que, si une augmentation de l'âge et donc de la taille des congres débarqués doit avoir sans conteste des conséquences positives sur la production totale, les gains concernant la biomasse féconde paraissent moins tangibles dans l'hypothèse d'une seule reproduction durant la vie de l'animal et lorsque l'âge de première reproduction reste incertain.

5.2 Stock de congre mâle.

Le développement concernant cette seconde composante du stock sera beaucoup plus limité. Comme l'indiquent les conclusions du chapitre premier, les mâles ne constituent qu'une faible part des débarquements. De fait, pour un vecteur de mortalité naturelle de 0.1, les rendements que peut permettre l'exploitation de cette composante du stock sont beaucoup plus faibles et le multiplicateur de mortalité qui maximise le rendement par recrue est largement supérieur à 3 (Figure 40). La production équilibrée correspondant à un niveau de mortalité de 1985 est de 22 tonnes de poids vif, soit 20 tonnes de poids éviscéré (0.097 kg, 237 000 recrues).

Selon CAU et MANCONI (1984), ceci résulte d'une différence importante d'accessibilité entre les deux sexes, la zone de stabulation des mâles se situant sur des sondes beaucoup plus importantes, et donc hors des périmètres d'activité des palangriers de petite pêche. Toute simulation d'une éventuelle évolution de cette composante ou de test d'un vecteur de mortalité naturelle plus élevé, comme le laisse supposer l'équation de PAULY, ne présente donc qu'un intérêt limité.

5.3 Conclusions

En préliminaire, il est nécessaire de rappeler que les lignes qui vont suivre ne doivent être considérées que comme des indications. Les incertitudes concernant le cycle biologique de l'espèce persistent. Elles constituent un frein important à la portée de nos conclusions. Ainsi, les développements concernant le Mor Braz peuvent sans doute être difficilement étendus à l'aire de répartition de ce stock qui couvre, à priori, l'ensemble de l'Atlantique Nord Est. En effet la structure des captures ne peut être comparée entre les diverses régions, même sur le littoral français où l'espèce n'est parfois quasiment pas exploitée. Enfin, il faut rappeler que nos données n'intègrent pas la pêche sportive, alors que l'espèce constitue la cible majeure de tous les concours de pêche du littoral français.

De plus, pour l'application stricte des modèles mathématiques retenus, l'ensemble de nos résultats est conditionné par le respect d'hypothèses contraignantes:

- Indétermination du coefficient instantané de mortalité naturelle.
- Recrutements et capturabilités aux âges supposés constants sur la période d'analyse.

Seules, les variations du multiplicateur de mortalité de la palangre ont un effet significatif sur l'évolution du rendement par recrue à l'équilibre. Le contenu de ce paragraphe concernera donc principalement cette composante essentielle de la flottille exploitant le congre, les autres métiers n'apparaissant que de façon auxiliaire. Enfin, en terme d'amélioration des conditions de l'exploitation, nos remarques se limiteront aux possibilités d'évolution du stock de femelle. Les mâles, compte tenu de leur faible accessibilité, n'interviennent que de façon réduite dans les captures, et de fait leur biomasse ne semble pas affectée.

Un diagnostic fiable est difficile. Si l'on retient un coefficient de mortalité naturelle de 0.1 relativement compatible avec les caractéristiques biométriques de l'espèce (forte taille, croissance rapide, etc.), le niveau maximum d'exploitation du congré paraît atteint. Dans le cas où le stock de bar manifesterait des premiers signes de diminution des rendements, on peut donc craindre, de la part des palangriers, un regain d'intérêt pour le congré. Une telle augmentation de l'effort de pêche, si elle devait se produire peut conduire à une diminution des captures totales de l'espèce et parallèlement à une diminution des rendements unitaires des navires.

Si, en revanche, on retient un taux de mortalité naturelle dont la valeur de 0.2 constitue une borne inférieure, le taux actuel d'exploitation ne correspond pas à une production pondérale maximale. Selon ce scénario, un report d'effort à partir des navires utilisant la palangre à bar, devrait pouvoir s'effectuer sans difficulté. Le rendement unitaire par navire ne devrait même connaître qu'une diminution limitée.

Cette seconde hypothèse permet de tenir compte d'une partie du cycle biologique de l'espèce, en intégrant dans le coefficient de mortalité naturelle un taux de migration de reproduction des animaux vers les grandes profondeurs. Cependant, les conclusions auxquelles elle permet d'aboutir paraissent en contradiction avec le sentiment souvent exprimé par les professionnels. Ces derniers font, en effet, état, sur les années récentes, d'une forte diminution de leurs rendements et de la taille des captures. Ce constat n'a pu être vérifié, il nous a été en effet impossible de poursuivre l'échantillonnage des captures sur une série chronologique.

Pour confirmer cette seconde analyse, nous disposons des indices d'abondance calculés au chapitre 3, qui, d'une part, n'indiquent pas de diminution sensible de la biomasse du stock durant la courte période sur laquelle ils sont accessibles, et d'autre part, montrent que la PUE paraît plus déterminée par la stratégie d'exploitation des professionnels et par l'augmentation des puissances de pêche que par un facteur limitant d'ordre biologique. On peut également citer le témoignage de quelques pêcheurs pour lesquels le congré constitue une espèce dont les rendements sont sûrs, car constants et donc prévisibles. Les résultats économiques sont évidemment inférieurs à ceux que permet l'utilisation de la palangre à bar. En contre partie, ils sont moins sujets aux brusques variations que provoquent les modifications de la capturabilité du bar et qui supposent une adaptation parfois difficile des techniques de pêche (changement d'appât selon les années, modification du montage de la palangre, etc...).

Cette différence d'interprétation rend difficile le test de scénarios alarmistes de modifications des stratégies de pêche. Les simulations sur le court terme, pour reproduire les résultats de la pêcherie par modélisation paraissent confirmer la baisse de l'utilisation de cette technique de pêche. Cette tendance avait d'ailleurs été pressenti lors de la présentation, au cours de ce chapitre, de l'évolution du nombre de mois que les bateaux consacrent à la palangre à congré.

Les différentes simulations proposant une augmentation de la taille de l'hameçon sont décevantes. L'effet n'est sensible que si la mortalité par pêche représente une part importante de la mortalité totale, et les gains de production que l'on peut espérer augmentent de façon inverse à la valeur que l'on retient pour le vecteur de mortalité naturelle. En tout état de cause, cette mesure ne paraît devoir être prise dans l'immédiat. Il est, au préalable, nécessaire d'approfondir ses répercussions sur le nombre d'animaux participant à la reproduction, dont une possible augmentation est le principal intérêt d'une mesure technique de ce type.

CHAPITRE 5

SENSIBILITE DES RESULTATS OPTIMISATION DES PROCEDURES D'ECHANTILLONNAGE

I- Introduction.

II- Etudes de sensibilité.

2.1 Principes.

2.2 Calcul des coefficients de sensibilités des mortalités par pêche aux âges.

2.3 Conclusion.

III- Optimisation des procédures d'échantillonnage.

3.1 Principes.

3.2 Résultats et discussion.

I- INTRODUCTION

Ce chapitre sera consacré à une réflexion et donc à une critique des principaux résultats obtenus et des procédures utilisées pour les calculer. Cette critique sera étayée par l'utilisation de deux grandes catégories de techniques :

- Les méthodes d'optimisation des stratégies d'échantillonnage mises en place pour la collecte de l'information nécessaire aux calculs,
- Le calcul de la sensibilité des principales conclusions aux erreurs d'estimation des paramètres inclus dans les modèles utilisés au cours de ce document.

Leur présentation conjointe permet une validation de nos conclusions, mais aussi d'aboutir à une vision d'ensemble plus pertinente de l'ensemble des travaux qui viennent d'être exposés. Il nous sera ainsi possible d'évaluer le risque de retenir un diagnostic inverse de l'état réel de ce stock, mais aussi d'appréhender, au moins pour partie, une quantification des coûts d'obtention d'un résultat par l'optimisation des stratégies d'échantillonnage.

Nous avons dû limiter nos investigations aux calculs des mortalités par pêche aux âges. Cette grandeur sera ainsi retenue comme fonction objectif d'une optimisation de l'échantillonnage des captures. Le calcul des coefficients de sensibilité qui les concerne sera également explicité ; l'effet d'une indétermination sur les paramètres nécessaires aux calculs ultérieurs (rendements par recrue ou fonction de gain perte) sera simplement simulé à partir des valeurs de mortalités par pêche obtenues.

II- ETUDES DE SENSIBILITE.

2.1 Principes.

Ce paragraphe fait référence aux travaux de MASKOWSKI (1982) et LAUREC (1986). La méthode de calcul des sensibilités repose sur les développements limités (application des méthodes Delta). Si l'on considère une fonction Φ de N paramètres $(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n, \dots, \theta_N)$, il s'agit d'évaluer les variations $\Delta\Phi$ induites par les modifications $\Delta\theta_n$ du paramètre θ_n .

En pratique, ce sont des coefficients relatifs qui sont utilisés. On étudie alors les variations :

$$\frac{\Delta\phi}{\phi(\theta^{\circ n})}$$

résultant des écarts relatifs :

$$\frac{\Delta\theta_n}{\theta_n}$$

Si on se limite, au cas simple de coefficients relatifs de sensibilité d'ordre 1, ces coefficients s'expriment sous la forme:

$$\frac{\Delta\phi}{\phi(\theta^{\circ n})} = \alpha_n \cdot \frac{\Delta\theta_n}{\theta_n}$$

$$\alpha_n = \frac{\theta_n}{\phi(\theta^{\circ 1} \dots \theta^{\circ n})} \cdot \frac{\partial \phi(\theta^{\circ 1} \dots \theta^{\circ n})}{\partial \theta_n}$$

Les dérivées partielles $\delta\Phi(\theta_n)/\delta(\theta_n)$ se calculent pour une variable, les autres sont alors considérées comme constantes. Lorsque les incertitudes entre variables sont liées, l'interprétation des coefficients de sensibilité issus des dérivées partielles est difficile (LAUREC, 1986). Nous limiterons notre présentation à l'analyse des variations du coefficient de mortalité par pêche aux âges, issu de l'analyse rectifiée de pseudo-cohorte.

Les coefficients d'ordre 2 ont, cependant, été calculés. Leur impact ne peut être considéré comme négligeable dès lors que l'ampleur de l'indétermination des paramètres θ_n devient importante. L'approximation qui en résulte sera testée par une estimation du pourcentage de variation induite par le second terme du développement limité par rapport à la variation totale de la fonction Φ .

2.2 Calcul des coefficients de sensibilité des mortalités par pêche aux âges.

Nous avons exposé, en détail, lors du chapitre précédent, les techniques qui permettent de calculer les mortalités par pêche. Il est nécessaire de disposer:

- d'une série d'effort de pêche sur une période équivalente au nombre de groupes d'âge pris en compte dans l'analyse.
- d'une estimation du nombre d'individus capturés à chaque âge,
- d'une valeur de la mortalité naturelle,
- d'une valeur du F terminal.

L'estimation ou la détermination préalable de ces cinq paramètres est évidemment sujette à caution. Les incertitudes sont d'ordre statistique dans le cas du nombre de poissons débarqués par âge ou liées au choix, parfois empirique, des autres paramètres. Nous limiterons notre présentation aux deux derniers facteurs (mortalité naturelle, F terminal).

Nous n'exposerons ici qu'un minimum de formules mathématiques. Pour un développement complet, on peut se référer aux travaux de LAUREC (1986), LAUREC et SANTARELLI (1986), ou MOGUEDET (1987). La version la plus évoluée du programme de calcul des mortalités par pêche d'une analyse rectifiée de pseudo-cohorte (SIMUCOME6), effectuée, en option, les calculs.

Dans ce cas précis, Il est possible d'accéder aux coefficients de sensibilité des capturabilités puisque l'effort de pêche est déterminé. Cependant nous présenterons, dans les formules, les coefficients concernant les mortalités par pêche, qui nous paraissent plus explicites et dont les valeurs permettent les simulations de rendement par recrue. La relation entre ces deux grandeurs s'écrit sous la forme, si I est l'indice de l'année de référence 1985 :

$$F_a = q_a/E_I$$

Leurs variations sont donc équivalentes, pour les calculs concernant la sensibilité vis à vis du F terminal et de la mortalité naturelle. En effet, E ne dépend ni de Ft, ni de M, donc :

$$dF_a/dM = dq_a/dM$$

$$dF_a/dF_t = dq_a/dF_t$$

Nous nous limiterons au cas du stock de congre femelle et à une analyse globale tous métiers confondus, compte tenu de la part prépondérante de ce sexe et du métier de palangre dans les captures.

2.2.1 Sensibilité du coefficient de mortalité par pêche vis à vis du choix du F terminal

Le coefficient de sensibilité relatif vis à vis du F terminal (α_{F_t}) est tel que, si a est l'indice des âges :

$$\Delta(F_a)/F_a = \alpha_M \Delta F_t/F_t$$

Il est, selon le paragraphe précédent calculé directement à partir de:

$\delta(F_a)/\delta F_t$, sachant que :

$$\frac{d F_a}{d F_t} = \frac{d \bar{F}_a}{d R} \cdot \frac{1}{\frac{d F_t}{d R}}$$

dF_a/dR s'obtient grâce au rapport de dF_a/dN_a et dN_a/dR , dont les formules sont les suivantes :

$$\frac{d \bar{F}_a}{d N_a} = \frac{1}{N_a} \left[\frac{1}{F_a} - \frac{1}{F_a + M} + \frac{1}{(e^{(F_a + M)} - 1)} \right]$$

$$\frac{d N_a}{d R} = N_a \cdot \frac{1}{R} \cdot \left[- \left(\sum_{k=1}^{a-1} \frac{d F_k}{d R} \right) \right]$$

Les formules de cette section reprennent les notations des chapitres précédents, R est ainsi le recrutement, N l'effectif dans la population, M le coefficient instantané de mortalité naturelle et F le coefficient de mortalité par pêche.

	M=0.1	M=0.2
Age	α_{Ft}	α_{Ft}
5	.11	.31
6	.11	.31
7	.12	.31
8	.12	.32
9	.14	.35
10	.17	.39
11	.24	.47
12	.34	.57
13	.44	.66
14	.54	.73
15	.66	.81
16	.81	.80
17	1	1

Tableau 28 : Coefficients de sensibilité vis à vis de la mortalité par pêche à l'âge terminal (Ft).

Enfin, dF_t/dR correspond à dF_a/dN_a avec a dernier âge capturé (Cf équation précédente). Les valeurs du coefficient de sensibilité vis à vis du F terminal constituent le tableau 28. Nous avons testé l'effet d'une indétermination de 100% sur la mortalité à l'âge terminal. Ce choix nous apparaît, dans le cadre de la dynamique de population, comme réaliste. En effet, les essais de diverses valeurs de F_t présentés au chapitre 4 recouvraient des intervalles d'une telle importance. Les valeurs extrêmes de la mortalité par pêche s'écrivent alors:

$$F_{\text{asup}} = F_a (1 + 100 \alpha_{F_t})$$

$$F_{\text{ainf}} = F_a (1 - 100 \alpha_{F_t})$$

Compte tenu de la valeur retenue, le test d'une éventuelle sous-évaluation des variations induites par l'abandon du terme de deuxième ordre du développement limité s'impose. L'utilisation d'un module de calcul fourni par R. CHEVALIER (IFREMER Nantes) confirme la validité de l'approximation dans le cas de la mortalité à l'âge terminal. Le pourcentage d'intervention de ce second terme augmente lorsque l'âge diminue, mais reste compris dans l'intervalle 3-20%.

Les figures 41 et 42 illustrent, pour chaque âge, les bornes calculées selon les règles précédentes pour chacune des valeurs de M retenues. Ces deux figures sont l'expression du phénomène de convergence. Comme indiqué précédemment grâce au calcul de la somme des mortalités par pêche aux âges, la convergence des valeurs calculées, quel que soit le choix de la mortalité à l'âge terminal, est respectée pour une valeur de la mortalité naturelle de 0.1. En effet, à partir de l'âge 9, pour une indétermination de 100% sur le F terminal, l'écart sur l'estimation de F est inférieure à 24 %. En revanche, pour une valeur de mortalité naturelle de 0.2, le choix du F terminal influe de façon plus sensible sur les mortalités par pêche aux premiers âges et le pourcentage de variations reste compris entre 30 et 40%.

De ce fait, pour $M=0.1$, l'effet sur les rendements par recrue atteint une valeur proche de 40%, pour les multiplicateurs de mortalité modérés, puis l'écart devient ensuite faible. Il demeure plus élevé pour $M=0.2$, car peut atteindre 50%. La pertinence du diagnostic émis peut être évaluée par l'analyse des "Fonctions Gain-Perte" associées aux valeurs testées (Figure 43). Ces dernières traduisent l'effet, en pourcentage, d'une variation du multiplicateur de mortalité (mF) en terme de gain ou perte par rapport au multiplicateur de référence (soit 1). On calcule ainsi une fonction $\Phi(mF)$ sous la forme:

$$\Phi(mF) = 100 * ((Y(mF)/Y_1) - 1)$$

Deux points de la courbe ont retenu notre attention. Il s'agit des points correspondant aux multiplicateurs de mortalité de 1.2 et 0.8, soit des variations de mortalité de 20%. Ils constituent un choix empirique.

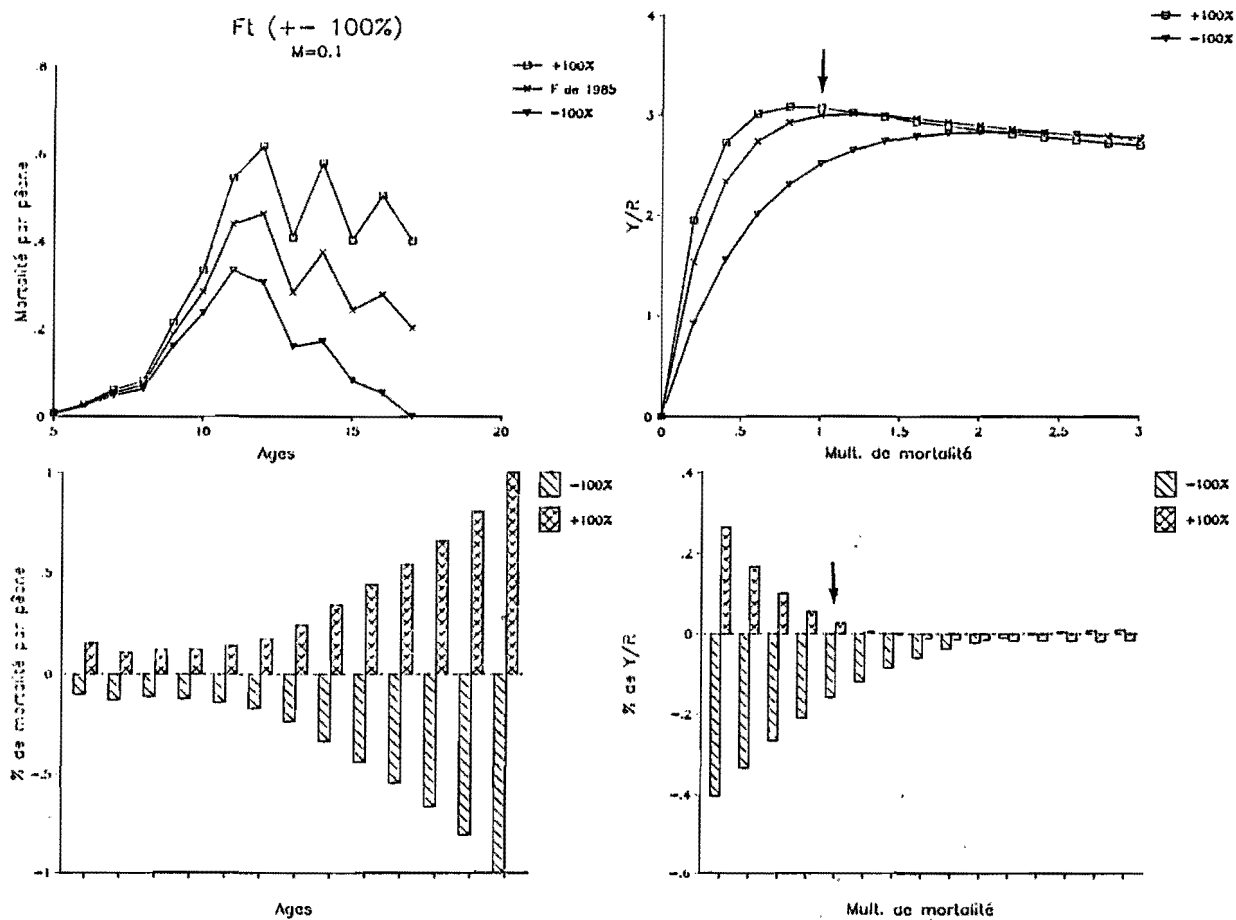


Figure 41 : Intervalles de variation des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur du F terminal ($M=0.1$).

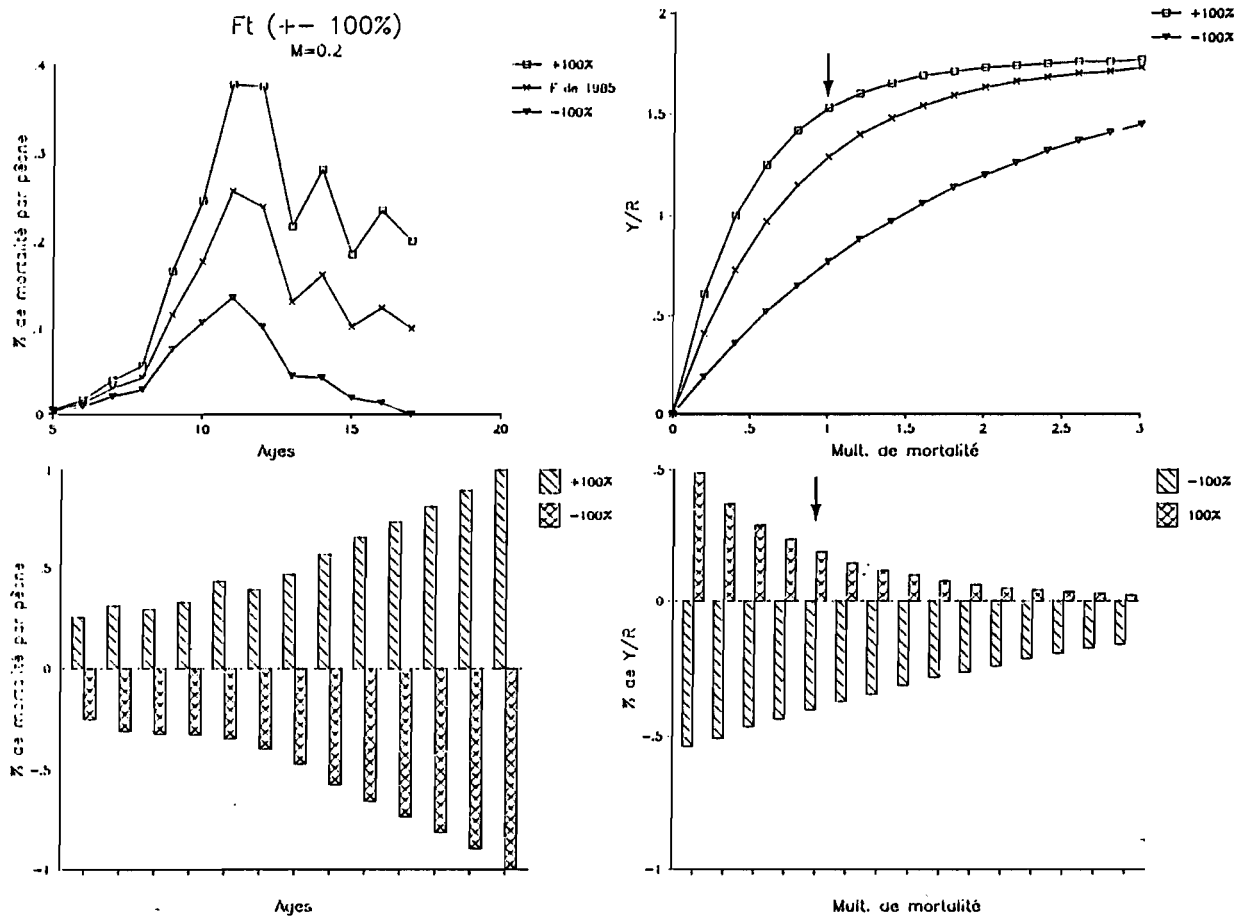


Figure 42 : Intervalles de variation des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur du F terminal ($M=0.2$).

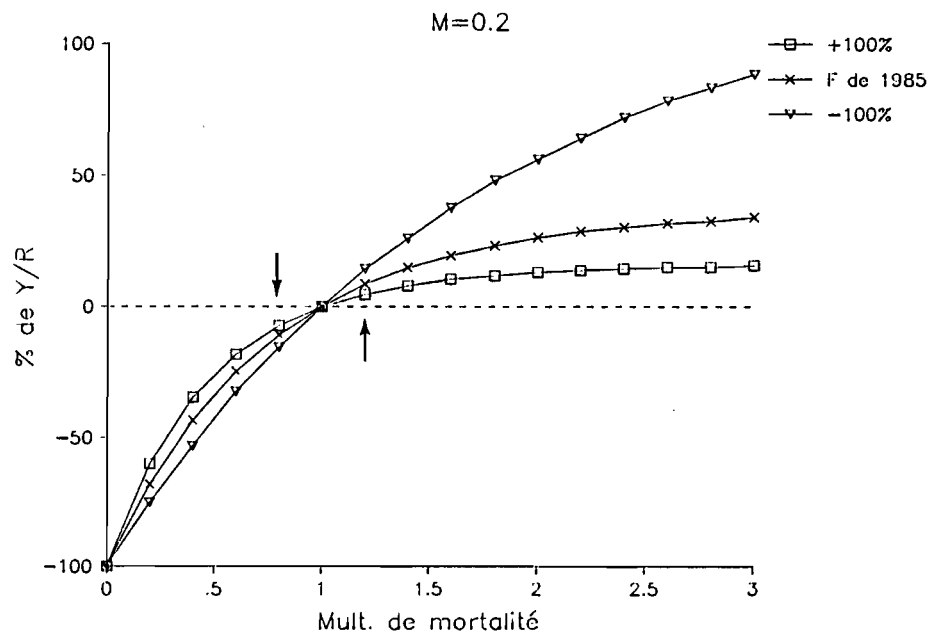
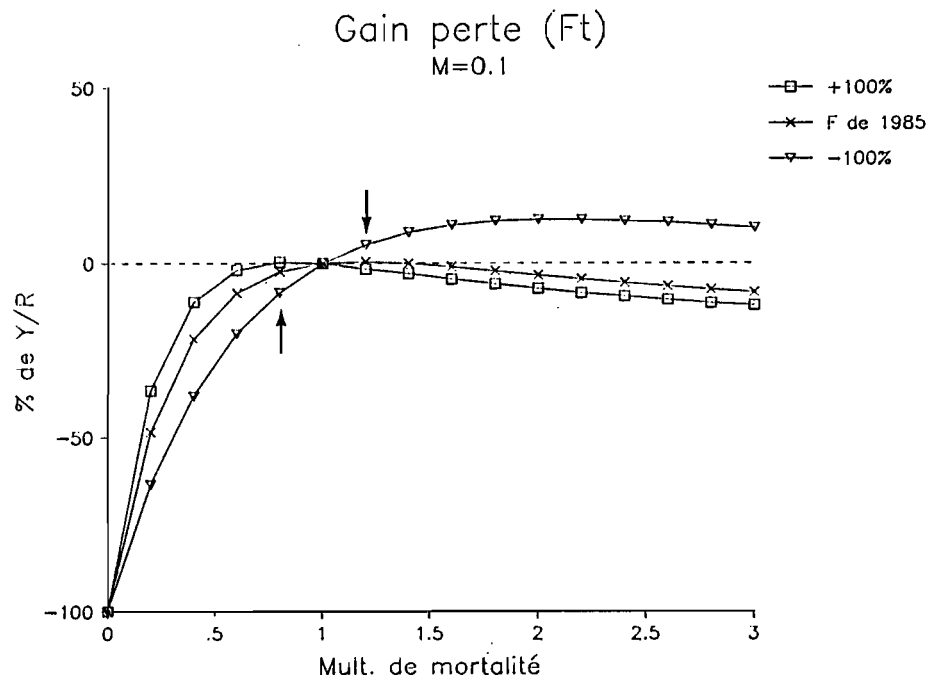


Figure 43 : Fonction Gain perte ($\Phi(mF)$) pour les deux hypothèses de mortalité naturelle.

Les valeurs de la fonction Φ pour chacune des valeurs testées constituent le tableau 29 :

Ft	M=0.1		M=0.2	
mF	1.2	0.8	1.2	0.8
+100%	-1.63	+0.33	4.58	-7.19
Ft de 1985	+0.43	-2.33	8.53	-10.85
-100%	+5.16	-8.33	14.28	-15.58

Tableau 29 : Valeurs de la Fonction Φ .

On observe, à la lecture de ce tableau, que la variation envisagée du multiplicateur de mortalité induit une inversion du diagnostic pour une mortalité naturelle de 0.1. Cependant les gains ou les pertes autour de la valeur de référence restent limités (moins de 8%). En revanche, dans le cas de l'application d'une valeur de mortalité naturelle de 0.2, les différentes valeurs testées n'induisent pas d'inversion du diagnostic, mais l'erreur commise, sur les gains pour $mF=1.2$, ou les pertes potentielles pour $mF=0.8$, est importante.

2.2.2 Sensibilité du coefficient de mortalité par pêche vis à vis du choix de la mortalité naturelle.

Le coefficient de sensibilité relatif vis à vis de la mortalité naturelle (α_M) est tel que, si a est l'indice des âges :

$$\Delta(F_a)/q_a = \alpha_M \Delta M/M$$

Il est, selon le paragraphe précédent calculé directement à partir de:

$$\delta(F_a)/\delta M, \text{ pour un } F \text{ terminal fixé (Ft),}$$

soit:

$$\frac{dF_a}{dM} = \frac{dF_a^*}{dM} + \frac{dF_a}{dR} - \frac{\frac{dF_t}{dM}}{\frac{dF_t}{dR}}$$

	M=0.1	M=0.2
Age	α_M	α_M
5	-.63	-1.60
6	-.54	-1.40
7	-.46	-1.22
8	-.38	-1.60
9	-.33	-.93
10	-.29	-.84
11	-.28	-.79
12	-.29	-.74
13	-.27	-.65
14	-.22	-.51
15	-.16	-.36
16	-.09	-.19
17	0	0

Tableau 30 : coefficients de sensibilité relatifs vis à vis de la mortalité naturelle.

$(dF_a/dM)^*$ est la dérivée de F_a à R (recrutement) constant, soit :

$$\frac{dF_a^*}{dM} = \frac{B_a}{H_a}$$

sachant que:

$$H_a = \frac{1}{F_a} = \frac{1}{F_a + M} + \frac{F_a + M}{e^{(F_a + M)} - 1}$$

et,

$$B_a = \frac{1}{F_a} - H_a$$

dF_a/dR et dF_t/dR se calculent selon les formules présentées au paragraphe précédent. Quant au rapport dF_t/dM , il ne constitue qu'un cas particulier de l'équation :

$$\frac{dF_a}{dM} = \frac{1}{H_a} \cdot \left[B_a + \left[\sum_{k=1}^{a-1} \frac{dF_k}{dM} \right] - 1 \right]$$

Les coefficients de sensibilité relatifs, α_M , dans le cas des mortalités par pêche du stock de congre sont rassemblés dans le tableau 30, et ce, pour les deux valeurs de la mortalité naturelle que nous avons retenues. Les coefficients pour le groupe d'âge 17 sont nuls, il s'agit de calculs de sensibilité à F_t constant. Leurs augmentations selon les âges décroissants exprime simplement le fait qu'une erreur sur la mortalité naturelle se propage selon les classes d'âge, comme le laissait d'ailleurs supposer la forme récurrente de la formule. Enfin, ils sont d'autant plus importants que la mortalité naturelle est forte.

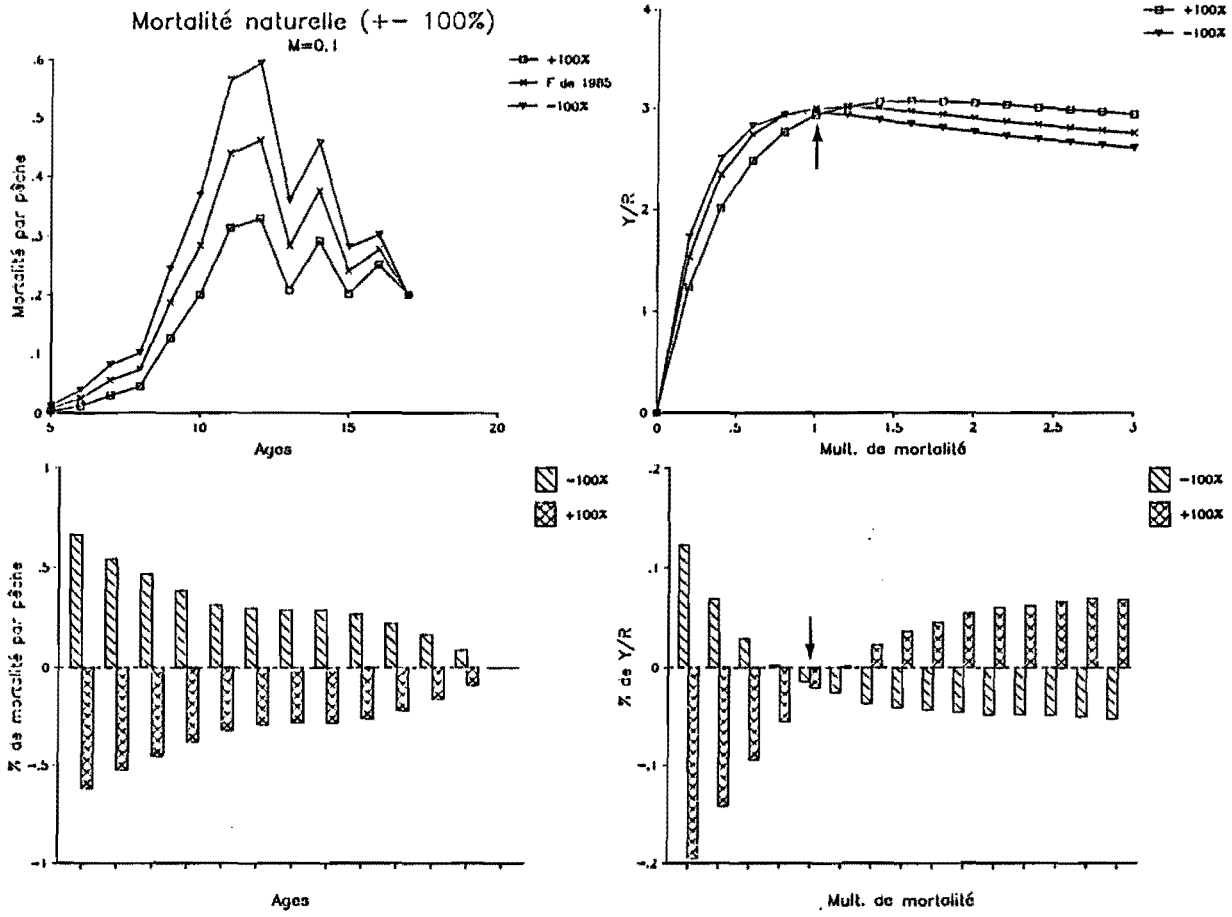


Figure 44 : Intervalles de variation des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur de la mortalité naturelle ($M=0.1$).

Nous avons testé l'effet d'une indétermination de 100% sur la mortalité naturelle. Les bornes de variations de la mortalité par pêche s'écrivent alors:

$$F_{\text{asup}} = F_a (1 + 100 \alpha_M)$$

$$F_{\text{ainf}} = F_a (1 - 100 \alpha_M)$$

L'écart de mortalité par pêche est limité à 63% pour le premier groupe d'âge et atteint un minimum à 9% pour le groupe d'âge 16, dans le cas d'une mortalité naturelle de $M=0.1$ (Figure 44). En revanche, cet écart est beaucoup plus important pour une mortalité de 0.2 (Figure 45). La différence est notable avec les tests de deux valeurs de mortalité naturelle (Cf paragraphe précédent et figure 46). Le calcul à F_t constant rend les valeurs proches pour les groupes d'âge jeunes, puis différentes pour les groupes plus âgés.

Le calcul du terme de second ordre du développement limité ne valide pas de façon aussi évidente que précédemment, l'approximation que suppose les résultats du paragraphe ci dessus et notamment pour une valeur de la mortalité naturelle de 0.2. Dans ce cas, pour les groupes d'âge les plus jeunes la part prise par le terme de second ordre ne peut être négligé.

Les différences de rendement par recrue, pour les deux bornes de l'intervalle de F que nous venons de calculer (Figure 44 et 45) sont beaucoup plus limitées de l'ordre de 10% pour une mortalité naturelle de 0.1 et inférieures à 50% pour une valeur de 0.2. D'un façon comparable au paragraphe consacré au F terminal, le tableau 31 présente les valeurs de la fonction Φ de gain perte pour 20% de variations du multiplicateur de mortalité (voir également figure 47) :

M	M=0.1		M=0.2	
mF	1.2	0.8	1.2	0.8
+100%	+2.73	-5.80	14.75	-16.39
F de 1985	+0.43	-2.33	8.53	-10.85
-100%	-0.68	-0.68	4.46	-7.01

Tableau 31 : Valeurs de la Fonction Φ .

On constate, pour $M=0.1$ et seulement dans le cas d' une augmentation de la mortalité par pêche, qu' il existe un risque d'inversion du résultat escompté. Dans l'ensemble des autres cas, le diagnostic émis ne peut être remis en cause, mais les erreurs commises dans les gains ou pertes potentiels sont importantes.

2.3 Conclusion

Il ressort de l'ensemble des calculs un sentiment de robustesse. En effet les possibilités de fournir un diagnostic inverse de l'état réel du stock sont réduites. Elles ne se produisent que pour une valeur de mortalité naturelle de 0.1, voire uniquement lorsque l'on se place dans une hypothèse d'augmentation de la mortalité par pêche.

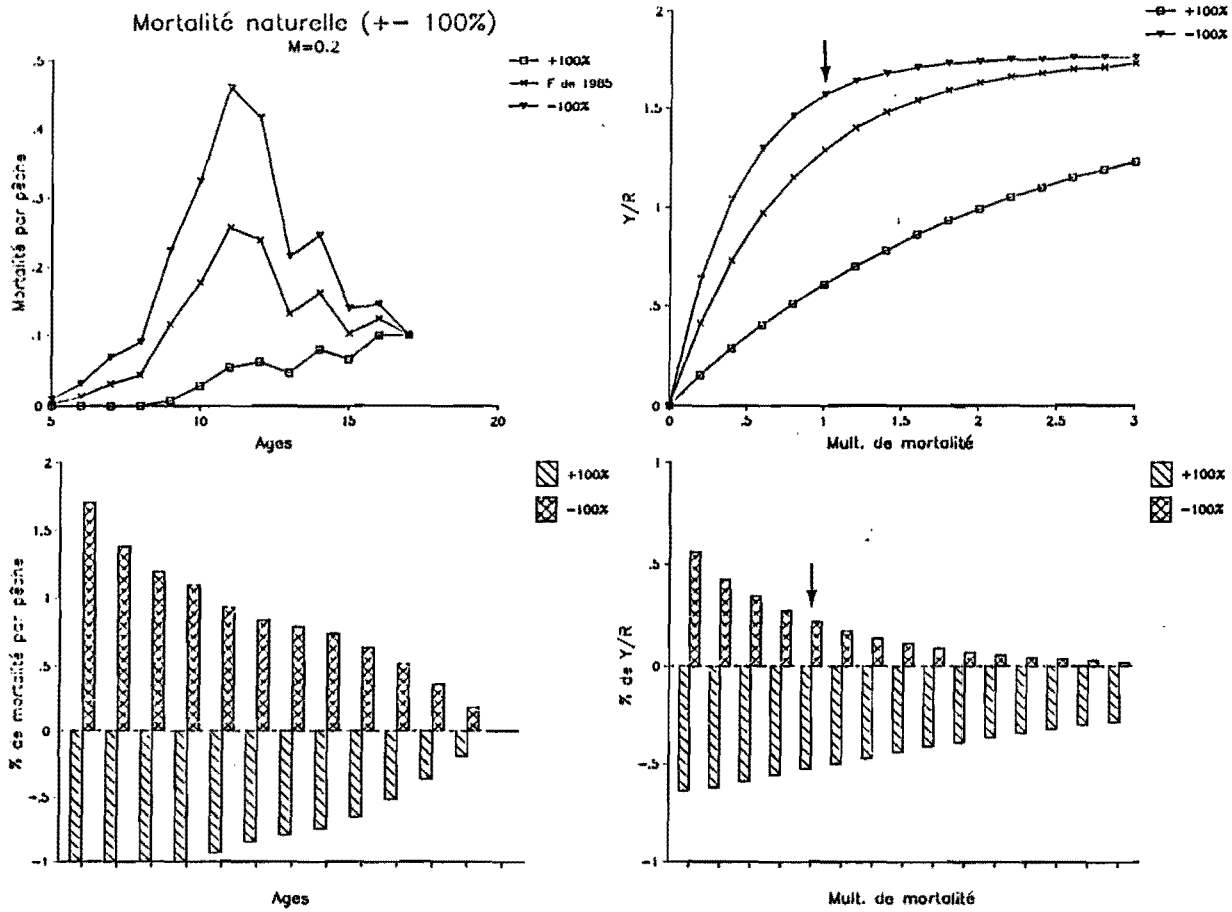


Figure 45 : Intervalles de variation des mortalités par pêche et des rendements par recrue pour une indétermination de 100% sur la valeur de la mortalité naturelle (M=0.2).

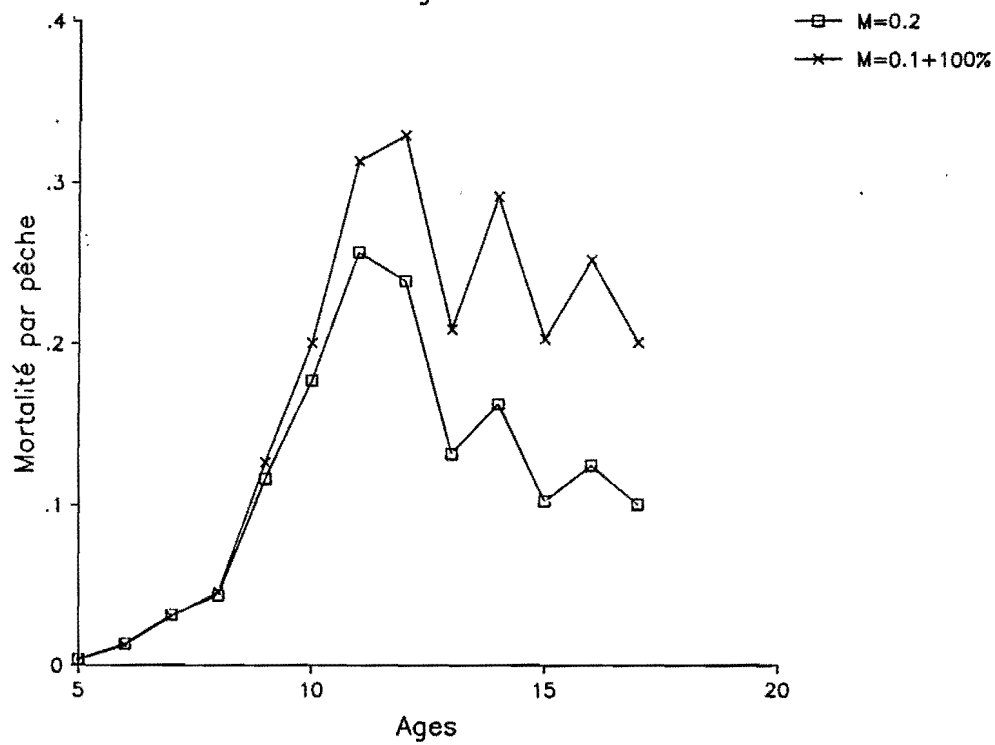
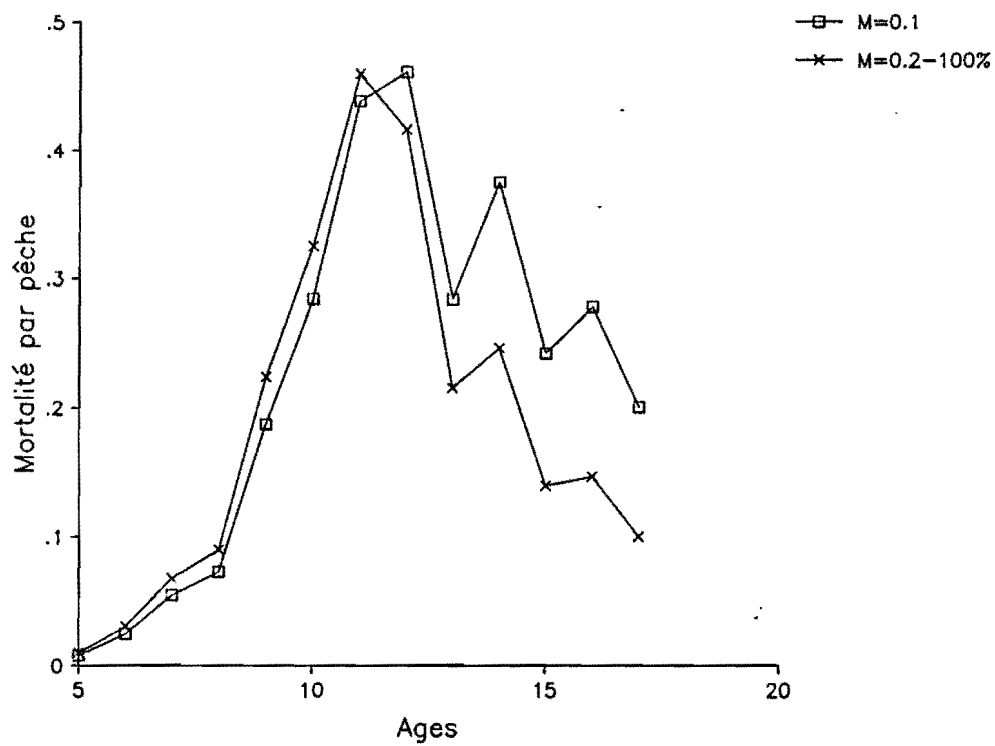


Figure 46 : Comparaison des valeurs de F pour deux hypothèses de mortalité naturelle et les bornes supérieures et inférieures correspondantes, issues des calculs de sensibilité.

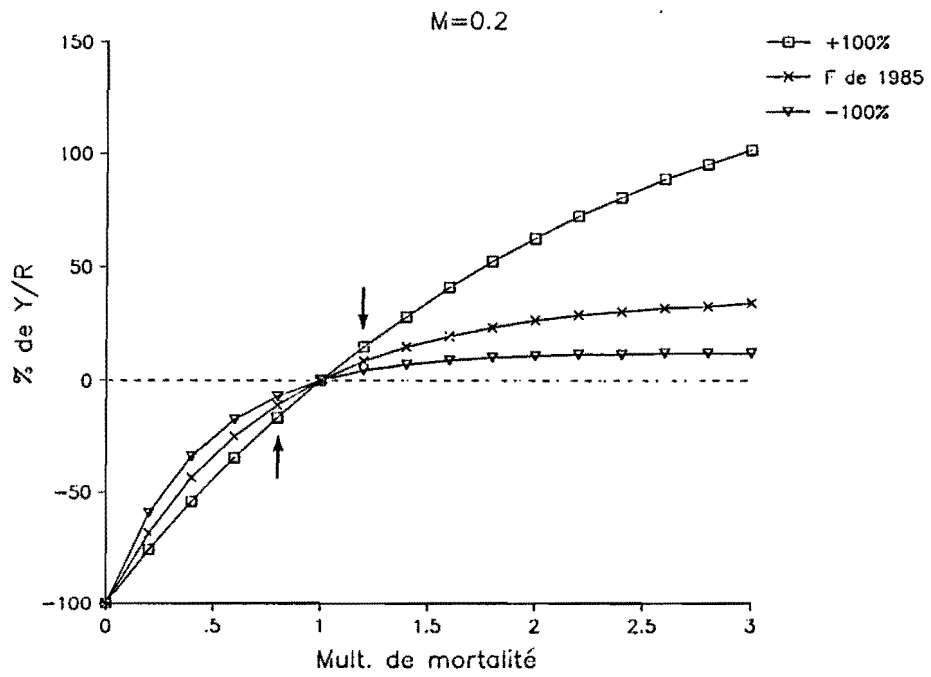
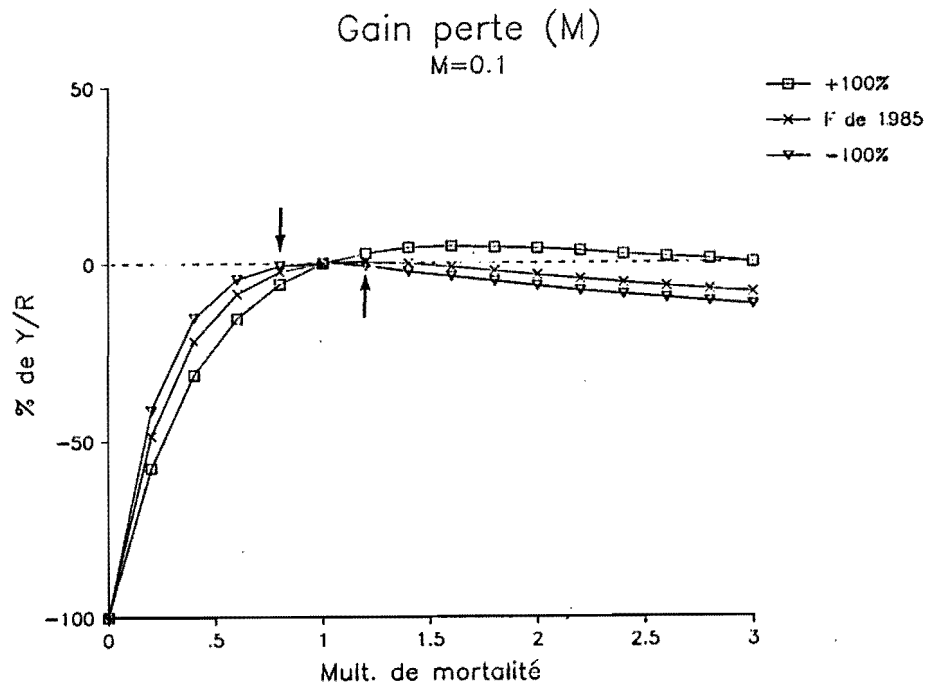


Figure 47 : Fonctions gain perte ($\Phi(mF)$) pour les deux valeurs de la mortalité naturelle testées.

L'ensemble des remarques que nous avons présenté dans le chapitre précédent laisse supposer une situation diamétralement opposée :

- un contexte de réduction de la mortalité par pêche,
- une mortalité naturelle apparente forte, liée au départ des animaux matures vers les zones profondes inaccessibles aux navires ou aux engins utilisés classiquement pour la capture de cette espèce.

III- OPTIMISATION DE LA STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE DES CAPTURES.

3.1 Principes

Comme explicité largement dans le chapitre précédent, l'analyse d'un stock par les méthodes de dynamique des populations repose, en grande partie, sur une composition démographique des captures. Nous rappellerons brièvement que la détermination du nombre d'individus capturés par groupe d'âge s'obtient par la détermination d'un effectif total débarqué et d'une estimation de la proportion de chaque âge.

L'estimation de ces deux grandeurs fait l'objet d'une stratégie d'échantillonnage indépendante. Ainsi pour la détermination du nombre total de poissons débarqués, il suffit de dénombrer les animaux capturés pour un certain nombre d'opérations de pêche, en général des marées, qui constituent ainsi un échantillon.

La détermination de la proportion par âge, en revanche est obtenue grâce à un double échantillonnage d'une quantité limitée d'animaux parmi l'ensemble des poissons débarqués. On s'intéresse ainsi successivement à deux caractéristiques:

- leur taille,
- puis, pour quelques poissons par classe de taille, leur âge.

Les mesures d'un échantillon de poissons et les prélèvements des pièces dures permettant une lecture de l'âge s'effectuent lors de tournées sous la criée.

L'optimisation présentée ici sera limitée à la seconde stratégie d'échantillonnage. Ce choix se justifie par la disponibilité des logiciels existants, mais également par la faiblesse des coefficients de variations obtenus lors du calcul de l'effectif total de congé débarqué. Ainsi le coefficient de variation du nombre total de congés débarqués par les navires utilisant la palangre s'élève à 3.1% (Cf chapitre 4). Il s'agira donc, pour une précision donnée, de déterminer une répartition optimale des nombres de tournées qu'il sera nécessaire d'effectuer et du ratio : nombre de poissons âgés / nombre de poissons mesurés compte tenu des coûts relatifs de chacune de ces trois opérations.

Ce paragraphe s'inspire largement des travaux de CHEVALIER et MESNIL (1987). Ces auteurs ont délibérément choisi de dépasser la classique optimisation de la proportion d'animaux d'un âge donné pour aborder la détermination de la taille de l'échantillon nécessaire pour l'obtention d'une précision préalablement fixée sur les produits de l'analyse de cohorte et plus particulièrement sur les deux résultats principaux de l'application de cette technique, le recrutement ou les coefficients de mortalité par pêche. S'offre ainsi à l'utilisateur du logiciel programmé par ces auteurs, le choix d'une fonction objectif. Nous avons dans le cadre de cette étude retenu l'obtention d'une précision donnée sur la moyenne des coefficients de mortalité par pêche pour les âges qui constituent l'essentiel des captures.

Il ne peut être question de rappeler ici les formules mathématiques que suppose l'exécution des calculs, on renvoie ici les lecteurs à la publication citée plus haut, en effet notre intervention, dans ce domaine, ne constitue qu'une illustration de la méthode proposée. L'optimisation concerne un échantillonnage à plusieurs niveaux dont on se propose de minimiser le coût pour une précision fixée. La variance paraît donc composé de trois termes

- Le premier sera qualifié d'*inter tournée*. Il représente le poids d'une sélection d'un nombre réduit de jours de débarquement sous criée.
- les deux suivants respectivement liés à la *taille* puis à l'*âge* sont dépendants de la taille de l'échantillon de mesurage puis de détermination de l'âge.

La détermination des variances attachées à chacun de ces niveaux s'effectue de façon originale. L'estimation de la variance entre jours de débarquements s'effectue en générant, de façon aléatoire, une série de répartitions en taille dont la moyenne est la répartition observée. Les variances des niveaux suivants sont attachées à la détermination d'une proportion et seront donc calculées très classiquement selon les formules de la loi binomiale. Parmi l'ensemble des options proposées par le logiciel, nous avons retenu une estimation des proportions P par âge selon un estimateur rapport, ainsi si T_i est l'effectif total débarqué un jour donné :

$$P_R = \frac{\sum T_i * P_i}{\sum T_i}$$

Cet estimateur, est biaisé ainsi que sa variance. Cependant, le biais devient vite faible dès que q, nombre d'interventions sous criée est important. Les variances des mortalités par pêche sont calculées selon la méthode proposée par POPE (1972). Elles peuvent être résumées, en conservant les mêmes notations que lors des paragraphes précédents, par :

$$\text{Var}(F_a) = CV^2(N_a) + CV^2(N_{a+1}) - 2 \exp(M) * CV^2(N_{a+1}) * (N_{a+1}/N_a)$$

Cette équation suppose que la variance des N_a s'obtient par, si E est le taux d'exploitation terminal:

$$\text{Var}(N_a) = \text{Var}(C_a)/E^2 \text{ pour l'âge terminal } k \text{ et,}$$

$$\text{Var}(N_a) = \text{Var}(C_k)/E^2 * \exp 2(k-a)M + \sum_{k-j-1} \text{Var}(C_{j+1}) * \exp (2i+1)M \text{ pour } j \neq k.$$

Le nombre de pièces dures échantillonnées pour l'âge est proportionnel à l'effectif des poissons mesurés (allocation proportionnelle). Dans ces conditions, les variances des proportions d'animaux d'un âge donné peuvent s'inspirer des travaux de KIMURA (1977).

La fonction de coût retenue est une relation linéaire des coûts relatifs d'intervention sous criée et de mesurage d'un individu ou de la détermination de son âge. On obtient ainsi, pour le coût total C_t , une relation du type :

$$C_t = qc_0 + n_1c_1 + n_2c_2$$

si q , n_1 , n_2 sont les tailles d'échantillon des unités primaires et des poissons mesurés puis âgés et c_0 , c_1 et c_2 leurs coûts relatifs.

3.2 Résultats et discussion.

Les calculs présentés ici correspondent aux compositions en taille et âge de congré tous sexes confondus et à l'exploitation de ce stock par la palangre. Les données utilisées ont été présentées dans les tableaux 18 et 19 lors du chapitre 4. Elles ne sont pas stratifiées par catégories commerciales, car l'espèce n'est pas triée au débarquement. Les proportions aux âges sont déterminées sur une base annuelle. le nombre d'interventions sous criée est donc important. Ceci nous permet de considérer le biais de l'estimateur rapport comme négligeable. Nous avons choisi, pour l'analyse de cohorte, une mortalité naturelle de 0.1 et une initialisation des calculs avec un F terminal de 0.17.

La fonction de coût intègre les paramètres relatifs suivants :

- le déplacement sur le lieu de l'échantillonnage est fixé à 90 unités,
- dans ce contexte, le mesurage d'un individu équivaut à 0.1 unité,
- le prélèvement, la préparation de l'otolithe et la détermination de l'âge est alors fixé à 5 unités.

Le taux de précision retenu concernera la moyenne des mortalités par pêche pour les âges qui constituent l'essentiel des captures, soit des âges compris entre 7 et 12 ans et 75% des débarquements.

Le choix d'une précision pour la moyenne des F des âges 7 à 12 ans est délicat. Nous avons préféré un test de diverses valeurs du coefficient de variation (entre 5 et 20%). Les résultats obtenus constituent le tableau 32.

CV(%)	5	10	15	20
q	35	12	6	3
n1	1856	659	318	184
n2	835	297	143	83
coût relatif	7484	2659	1282	743

Tableau 32 : Tailles d'échantillons pour diverses valeurs du coefficient de variation de la moyenne des F des âges compris entre 7 et 12 ans.

La diminution observée des intervalles de confiance des estimations lors de l'application successive des modèles nécessaires à l'élaboration d'un diagnostic sur l'état d'un stock (calcul de F, analyse des rendements par recrue ou calcul de la fonction de gain perte) laissent supposer qu'une précision extrême des vecteurs de mortalité par pêche n'est pas impérative (Cf paragraphe sensibilité ou travaux de LAUREC, 1986).

Les résultats du tableau 32 montrent que si l'on retient un coefficient de variation (CV) de 10% comme une précision suffisante, 12 opérations sous criée sont nécessaires et qu'un coût minimal est obtenu par la mensuration de 659 poissons pour 297 poissons âgés, soit environ un poisson âgé pour 2 mesurés (rapport lambda, n_2/n_1 de 0.45).

Le logiciel permet également une reproduction du plan d'échantillonnage retenu à titre pilote, par un choix possible des effectifs n_1 et n_2 . On constate alors que les 37 opérations sous criée, les 1978 poissons mesurés et les 387 poissons âgés fournissent un CV de 7% voisin des 10% que nous nous sommes imposés. En revanche un lambda de 0.20 a pour conséquence une forte augmentation du coût relatif (5463) et un nombre de poissons mesurés double.

Ce chiffre de 7% est à rapprocher des valeurs présentées lors des calculs de variance des proportions aux âges. Ces dernières étaient, alors, les suivantes (Tableau 33) :

Ages	CV (%)
7	18.6
8	16.7
9	12.8
10	13.0
11	12.2
12	17.1

Tableau 33 : Coefficients de variations des proportions aux âges.

La série rappelée ci dessus ne peut être directement comparée à la valeur de 7% affichée plus haut. D'une part, les CV du tableau 33 incluent la variance du nombre total de poissons débarqués et la précision des mortalités par pêche s'effectue sur une moyenne. Cependant, ces deux résultats méritaient d'être juxtaposés, en effet ils paraissent indiquer que lors de l'utilisation successive des techniques de la dynamique des populations exploitées, la propagation des variances n'induit pas d'explosion des coefficients de variations des estimations.

L'effort d'échantillonnage que l'on doit consacrer à l'espèce a donc été, dans le cas du MOR BRAZ, sur-évalué. Ce résultat est satisfaisant, car nos convictions premières étaient inverses. Les chiffres issus de l'application de la méthode proposée par CHEVALIER et MESNIL doivent, cependant, être utilisés avec précaution. En effet, une réduction forte du nombre d'interventions sous criée peut rendre le biais de l'estimateur rapport non négligeable.

CONCLUSION GENERALE

L'analyse d'un stock, quel qu'il soit, recouvre toujours une problématique complexe. Les techniques utilisées sont désormais classiques, et leurs résultats ont pu dans de nombreux cas, apporter des réponses pertinentes. Nous ne citerons pas ici, toutes les espèces pour lesquelles une évaluation a permis un maintien des capacités de production du stock considéré. Cependant, une quantification rigoureuse de l'impact de l'exploitation par les navires de pêche professionnels suppose des hypothèses rigoureuses et souvent contraignantes avec comme conséquence une utilisation raisonnée des conclusions obtenues.

L'application au congrès de la panoplie des techniques existantes était une nécessité dans le contexte que nous avons décrit dans l'introduction :

sensibilisation accrue de la profession aux risques de surexploitation et prise de conscience forte des conséquences des pollutions répétées du milieu littoral.

Il est vite apparu que l'espèce présentait des caractéristiques peu propices à une application de procédures conçues pour d'autres stocks. Un rappel de toutes les difficultés rencontrées serait fastidieux, d'autant qu'un tel catalogue peut laisser supposer que toutes nos conclusions ne reposent pas sur des bases suffisamment fiables. Dans cette optique, deux préoccupations structureront notre conclusion :

- le souci d'établir un bilan des apports de chaque chapitre pour un appréciation de l'état de ce stock,
- le fait que cette thèse puisse être un outil utile lorsque un halieute souhaite aborder une espèce dont les caractéristiques biologiques ou les modalités de l'exploitation sont a priori défavorables à l'application sensu stricto des modèles classiques.

--oOo--

BILAN

La différence de nature des interlocuteurs auxquels ce travail s'adresse est une difficulté. En effet, les professionnels peuvent être déçus par la timidité des conclusions que suppose toute rigueur scientifique et les scientifiques peuvent trouver que, dans cette thèse, les écarts aux hypothèses requises pour l'application des modèles de dynamique des populations sont tels que toute prise de décision est osée.

Il est, cependant, nécessaire de trancher. Le lecteur aura pu être surpris par la brièveté des conclusions intermédiaires auxquelles nous sommes parvenues. Ce mode de présentation nous a été imposé par la volonté de resituer tous les résultats intermédiaires dans le champ d'application auquel ils se rapportent sans vouloir extraire de quelques résultats obtenus des généralités dont nous sommes trop conscients des limites.

Au terme de cette étude, les deux questions soulevées dans l'introduction paraissent se fondre dans une question beaucoup plus large dans laquelle ces deux interrogations apparaissent liées à des épiphénomènes, qui n'affectent pas de façon importante un stock dont la dynamique ne peut s'évaluer qu'au niveau de son aire de répartition, qui couvre la majeure partie de l'Atlantique Nord Est. Dans ce contexte, la présentation d'un bilan ne peut se limiter aux conclusions du modèle de rendement par recrue, mais il est nécessaire de faire appel à tous les éléments extérieurs qui permettent de conclure et de nous conforter dans l'opinion exprimé ci dessous.

L'espèce ne subit des taux d'exploitation élevés que ponctuellement et notamment dans le MOR BRAZ, mais on peut penser que le niveau maximum d'exploitation n'est pas atteint.

Le premier résultat dont on peut faire état est la série d'indices annuels d'abondance, extraite des prises par unité d'effort des palangriers de la Turballe. Cette série ne permet pas de mettre en évidence une diminution de la biomasse disponible et ce, malgré la désoxygénation de la Baie de Vilaine en 1982.

De façon complémentaire, les quelques opérations de marquages que nous avons pu réaliser montrent qu'il est difficile d'épuiser un secteur rocheux par des pêches successives à la palangre, malgré un remplacement des engins de pêche très précis grâce à l'utilisation d'un système de positionnement TORAN avec traceur (1).

(1) Cette opération de type "marquages-recaptures au point fixe" n'a pas pu faire l'objet d'un paragraphe, compte tenu de la faiblesse des recaptures : 1 animal sur 280 poissons marqués.

Le comportement territorial de l'espèce, en zone littorale, a deux conséquences. Le facteur limitant de l'abondance de l'espèce dans un secteur donné peut être le nombre d'abris disponibles et on peut supposer l'existence d'un stock de congres mobiles dont les animaux sont prêts à profiter de tout abandon d'une anfractuosité de rocher. Ce point de vue concorde avec les dires de nombre de pêcheurs qui distinguent les congres blancs, considérés comme mobiles, des congres noirs dont la couleur est l'expression du comportement territorial.

Cependant, sans remettre en cause notre conclusion sur l'état actuel satisfaisant du stock de congre, l'argument présenté appelle deux commentaires. D'une part, on suppose une mortalité par marquage négligeable et, d'autre part, on révèle l'intérêt limité des CPUE extraites des données de la palangre à congre, qui ne peuvent déceler une diminution de l'abondance de ce stock mobile.

-o-

Les caractéristiques biologiques de l'espèce doivent également être considérées. En terme de biomasse féconde, le fait que l'animal ne se reproduise qu'une fois au cours de sa vie ne constitue sans doute pas un avantage. En revanche, l'accessibilité réduite des mâles aux techniques de pêche couramment utilisées pour cette espèce, peut préserver ce stock.

-o-

L'emploi des modèles structuraux n'est déterminante que par l'utilisation des modèles de simulation. En effet, les simulations de l'effort de pêche subi par le congre laissent supposer que les variations des captures ou des CPUE observées s'expliquent, pour une grande part, par les modifications de stratégie des professionnels. Ces variations sont importantes, rappelons, en effet, que la production de congre du Mor Braz a connu une forte progression de 1979 à 1985 (350%), mais que sur les années récentes la tendance est inverse. L'évolution de la pratique de la palangre à congre s'explique, sans aucun doute, par le fait que celle-ci constitue une activité complémentaire de la palangre à bar dont le développement est récent et dont le niveau de rentabilité actuel est relativement élevé.

Les conclusions du modèle de rendement par recrue, pour le stock de femelles, ne sont pas décisives. Elles ne font état d'un niveau de sous-exploitation et de façon robuste que si nous supposons, a priori, une mortalité naturelle forte, et en tout état de cause au moins égale à 0.2. La mortalité par pêche ne constitue pas, alors, le déterminant principal du niveau d'abondance de ce stock. De plus, dans cette hypothèse, la forte augmentation des puissances de pêche dont nous avons pu faire état, ne constitue pas un danger réel. En effet, même en cas de report massif de l'effort de pêche actuellement dirigé vers le bar, les diminutions des PUE par navires restent limitées.

Une valeur de mortalité naturelle forte pour le stock de femelles peut paraître contradictoire. En effet, il est difficile de concevoir que les congres femelles subissent un taux de prédation élevé, composante classique de la mortalité naturelle, compte tenu de leur taille imposante. Cependant, la migration des animaux vers les zones profondes peut induire une mortalité apparente forte. Une amélioration de nos connaissances biologiques de l'espèce, notamment pour ce qui concerne les déterminismes de la maturité sexuelle et de la migration, serait souhaitable.

-o-

Enfin rappelons que les conditions de l'exploitation observées dans le MOR BRAZ ne sont pas reproductibles sur l'ensemble de l'aire de répartition du stock. Ainsi, sur le littoral français de la Manche l'espèce ne fait pas l'objet d'une exploitation soutenue. Les informations pour d'autres zones ne sont pas disponibles. Une comparaison des compositions en taille ou âge de secteurs différents aurait été déterminante pour valider le diagnostic que nous avançons.

-o-

Les lignes précédentes qui proposent un diagnostic de sous-exploitation relatif du stock de congre femelle qui subit l'exploitation des navires du MOR BRAZ, ne supposent cependant pas qu'il est possible sans contrainte d'augmenter fortement le taux d'exploitation de cette espèce. En effet, malgré notre volonté de conclure, il est évident que de nombreuses incertitudes subsistent.

Les captures accessoires des caseyeurs ou chalutiers paraissent pour l'instant sans conséquences majeures pour les captures des palangriers. Il est en revanche impossible de se prononcer sur les gains potentiels résultant d'une augmentation de la taille de l'hameçon, en effet les outils mathématiques d'analyse de la sélectivité d'une palangre ne sont pas disponibles. De plus, seule la connaissance du pourcentage d'individus atteignant la maturité par classe de taille peut nous permettre de conclure, surtout lorsque cette maturation correspond à la mort de l'animal. Si cette maturité est tardive, l'exploitation ne concerne que des animaux immatures et le stock ne pourra donc supporter durablement un taux d'exploitation élevé. Si en revanche, la maturation intervient relativement tôt, une mortalité par pêche forte est souhaitable, pour limiter l'effet sur le niveau de production du stock de la mortalité suivant la migration de la reproduction.

Enfin, un suivi des CPUE des navires artisans serait souhaitable. En effet, compte tenu de la polyvalence extrême de la flottille de pêche artisanale, deux scénarios d'augmentation importante de l'effort de pêche ne sont pas à exclure. Cette augmentation peut être la conséquence d'un transfert vers cette espèce de l'effort actuellement dirigé vers le bar, ou d'une généralisation de l'utilisation de palangres de type espagnol beaucoup plus polyvalentes que les engins français actuels. Ces palangres permettent de capturer bars, congres et gadidés grâce à l'utilisation à des niveaux différents d'hameçons adaptés à la taille de chacune de ces catégories d'espèces.

--oOo--

L'ANALYSE TECHNIQUE D'UN STOCK DONT L'EXPLOITATION EST LITTORALE :

L'étude présentée ici confirme les capacités d'analyse d'un stock dont l'exploitation se situe dans le domaine littoral. Elle apporte, en effet, quelques réponses aux problèmes spécifiques que pose, dans ce secteur, l'acquisition des conditions requises pour l'analyse d'un stock, soit la disponibilité, de données, d'outils d'analyse adaptés et de paramètres biologiques.

Données

L'utilisation des données agrégées au niveau des criées s'avère, pour le congrès, un choix judicieux. Celles-ci permettent, dans des conditions satisfaisantes, le calcul d'une production totale, compte tenu du choix préférentiel de ce mode de commercialisation par les professionnels. Elles assurent également une partition des apports par composante de la flottille et mettent à disposition un nombre très important de CPUE individuelles. Cependant, leur utilisation suppose la gestion et la manipulation de fichiers importants, la mise en place de traitements et de validations difficiles, mais dont ce travail présente une ébauche d'automatisation (Annexe 1). Malheureusement, la base de données que nous avons constituée ne sera pas maintenue en routine. Un transfert vers les autorités compétentes des procédures testées ici serait souhaitable. Pourtant, il ne se fera pas sans délais.

-o-

Outils d'analyse

Dans le domaine de la pêche artisanale, l'utilisation des différents outils mathématiques disponibles montrent que l'analyse des CPUE par désaisonnalisation constitue une voie qui doit être privilégiée. Bien que leur interprétation soit délicate, les indices calculés permettent d'aborder, les variations d'abondance de stocks soumis à de fortes fluctuations de leur environnement, l'évolution des puissances de pêche des navires dont on ne peut se passer dans le cas d'une polyvalence extrême de la flottille, voire dans quelques cas favorables la compréhension des modifications de stratégie des patrons pêcheurs.

Les modèles plus sophistiqués de la dynamique des populations supposent, en revanche, des bases biologiques suffisantes, mais également que la zone d'étude puisse recouvrir, dans sa majeure partie l'aire de répartition. Ces deux conditions élémentaires ne sont pas remplies pour le congrès, il était donc prévisible que ces modèles n'apportent de contribution décisive. De plus, leur capacité de modélisation des interactions techniques entre les composantes de la flottille qu'il avait été possible d'identifier par les métiers n'a pu, dans le cas du congrès être exploitée. Cependant le rôle prépondérant de la palangre reste un résultat qu'il était difficile de prédire a priori. Rappelons que près de 80% de l'effectif total débarqué revient à cet engin.

Nos conclusions dépendent fortement de l'indétermination du coefficient de mortalité naturelle. Ce schéma est classique pour l'ensemble des stocks mais prend ici une dimension particulière compte tenu du cycle de reproduction de l'espèce. Il est, enfin, remarquable de constater que, dans le domaine de la prise de décision, les calculs de sensibilité ne sont d'aucun recours. Ils permettent, sans plus, de nous conforter dans le choix d'une option.

-o-

Paramètres biologiques

Cette étude confirme la faiblesse de nos connaissances biologiques sur les espèces dont une phase du développement se situe en milieu littoral. Comme nous l'indiquions dans le paragraphe précédent, dans le cas du congrès, les lacunes sont flagrantes. Nos travaux n'ont pu être exhaustifs. Cependant, nos résultats concernant la croissance et la détermination de l'âge méritent d'être soulignés. Il apparaît ainsi que la détermination de l'âge par lecture et interprétation des stries de croissance (annuli), à partir d'otolithes préparés par la technique des coupes fines s'avère fiable.

De plus, l'analyse des histogrammes de fréquence de taille par classe d'âge ont permis de déceler deux groupes par l'application de la méthode de HASSELBLAD. Ces deux groupes ont été interprétés comme l'expression d'une différence de croissance entre les deux sexes, pour lesquels il a ainsi été possible de calculer sex ratios et courbes de croissance selon l'équation de VON BERTALANFFY. Les mâles présenteraient les longueurs moyennes aux âges les plus faibles et ne dépasseraient pas 1 mètre alors que les femelles atteindraient 2 mètres. Ces résultats confirment les travaux de CAU et MANCONI sur le stock de congre de Méditerranée. Ils généralisent le mode de croissance des anguilliformes, en étant semblables aux conclusions obtenues sur l'anguille, avec une différence marquée de croissance entre sexe.

Il paraît désormais primordial d'aborder les problèmes de maturité sexuelle. La détermination de la taille ou de l'âge auquel l'animal devient mature constitue sans aucun doute la clé de nos affirmations sur une mortalité naturelle apparente liée à la migration des individus matures vers des zones de frai plus profondes.

-o-

Enfin, ce travail révèle par les réponses proposées, les capacités d'intervention de la recherche, mais aussi ses limites lorsque un problème conjoncturel est posé par ses principaux interlocuteurs (Administration, profession). Il contribue enfin à une meilleure efficacité de l'utilisation des moyens disponibles. L'illustration de ce concept est à rechercher dans deux paragraphes. Le premier concerne la détermination de la structure démographique des captures et donc le calcul de variance des nombres de poissons par âge. Le calcul différentiel des variances associées à l'effectif total de poissons débarqués et à la proportion de chaque âge dans les captures montre que, dans le cas d'une espèce non triée comme le congre, il convient, lors de la mise en place de l'échantillonnage, de privilégier la taille de l'échantillon de détermination de l'âge. Le second paragraphe évoqué présente l'optimisation de la stratégie d'échantillonnage des captures et les résultats obtenus permettent de conclure à une sur-évaluation des moyens mis en oeuvre.

-o-

Cette thèse a eu pour ambition de contribuer à l'estimation des paramètres nécessaires aux prises de décisions. Elle ne constitue cependant qu'une étape préliminaire. En effet, nos connaissances biologiques restent limitées pour conclure de façon certaine. Le diagnostic relativement optimiste que nous proposons ne doit pas occulter la nécessité :

- d'un suivi de l'exploitation du congre,
- d'une investigation plus poussée des caractéristiques biologiques de l'espèce.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABRAMSON, N.J., (1971). Computer programs for fish stock assesement. FAO Fish. Tech. Pap., 101, 154 p.
- BARD, Y., (1974). Non linear parameter estimation. Academic Pres, New York, San Francisco, London, 341 p.
- BEHBOUDIAN, J., (1970). On the modes of a mixture of two normal distribution. Technometrics, 12: 131-139.
- BERTALANFFY, L. Von, (1938). A quantitative theory of organic growth (inquires on growth laws II). Hum. Biol., 10 : 181-213.
- BERTIGNAC, M., (1987). L'exploitation du bar (*Dicentrarchus labrax*) dans le Mor Bras (Bretagne Sud). Thèse Docteur Ingénieur en Sciences Agronomiques. Option halieutique. ENSA Rennes, 235 p.
- BERTIGNAC, M., et Ph., MOGUEDET, (1987). Estimation des coefficients de mortalité et de l'abondance des recrues à partir de l'analyse d'une pseudocohorte dans le cas d'une exploitation par différents métiers. CIEM/CM 1987/D : 8, 12 p. (mimeo).
- BERTIN, L., et C., ARAMBOURG. (1958). Agnates et poissons in Traité de Zoologie. Vol. 13. Anon. Ed. Paris.
- BEVERTON, S.H., and S.J. HOLT (1956). A review of methods for estimating mortality rates in fish populations with special reference to source of bias in catch sampling. Cons. Int. Explor. Mer, Rapp. et P.V., 140 : 67-83.
- BEVERTON, S.H., and S.J. HOLT (1957). On the dynamics of exploited fish populations. Fish. Invest., Ser. 2, Vol. 19, 533 p.
- BOITARD, J.F. (1984). Etude de la pêche de bars et de congres. Rapport de l'Association halieutique du Mor Bras, 20 p. + 11 annexes.
- CARLISLE, D.B., and E.J., DENTON (1959). On the metamorphosis of the visual pigments of *Anguilla anguilla* (L.). J. Mar. Biol. Ass. U.K. 38 : 97.

- CAU, A. (1981). Contributo alla conoscenza di *Nemichthys scolopaceus* (Rich.) (*Osteichthyes Anguilliformes*). *Boll. Zool. Suppl.*, **48** : 33.
- CAU, A., and P., MANCONI (1983). Sex-ratio and spatial displacement in *Conger conger*. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, **28** : 93-96
- CAU, A., and P., MANCONI (1984). Relation of feeding, reproductive cycle and bathymetric distribution in *Conger conger*. *Mar. Biol.*, **89** : 147-151.
- CHEVALIER, R., et B. MESNIL (1986). Echantillonnage en criée pour l'estimation des structures démographiques. Rapport IFREMER, DRV-86.6/RH NANTES, 35 p.
- DAGET, J. (1979). Les modèles mathématiques en écologie. Masson Ed., 172 p.
- D'ANCONA, V. (1960). The life-cycle of the atlantic eel. *Symp. Zool. Soc. London*, **1** : 61-75.
- DEELDER, C.L. (1960). The Atlantic eel problem. *Nature*, **185**, (4713) : 589-91.
- DE NADAILLAC, G., et M., BRETON (1985). Les courants en baie de Vilaine. Présentation des mesures et interprétation. Rapport IFREMER. DERO - 85.8/EL, 73 p.
- DINTHEER, C. (1977). La pêche professionnelle de Quiberon à la Vilaine. Mémoire, D.A.A. halieutique, ENSA Rennes, 50 p.
- DOREL, D. (1986). Poissons de l'Atlantique Nord-Est. Relations taille-poids. Rapport IFREMER. DRV-86.001/RH. NANTES, 185 p.
- DURAND, J.L. (1986). La flottille et les engins de pêche artisanale dans le Mor Braz. Rapport IFREMER, DRV-86.5/RH/LORIENT, 14 p.
- DURAND, J.L., et GONDEAUX E. (1988) Evolution des comportements de pêche dans un quartier maritime du MOR BRAZ - *Aquatic Living Resources* (à paraître).
- DURAND, J.L., et GONDEAUX, E. (1988). Analyse d'une pêcherie de type artisanal (Bretagne, France) : Intégration d'éléments d'écologie de la ressource. *Aquatic Living Resources* (à paraître).
- FARRUGIO, H., et G., LE CORRE (1983). Stratégie d'échantillonnage des pêches aux petits métiers en Méditerranée. Rapport convention CEE. XIV-B.1 83/2/n°9 P2, 120 p.
- FLETCHER, R. (1980). Practical methods of optimization. Vol.1, Unconstrained optimization. John Wiley and Sons. Ed., 120 p.
- FLETCHER, R., and M.D., POWELL (1963). Rapidly convergent descent method for minimization. *J. Computer*, **6** : 163-168.

- FLORES HERNANDEZ, D. (1985). Les pêcheries du congre (*Conger conger* L.) dans le Mor Bras. Rapport préliminaire. Convention d'étude IFREMER Association quadripartite pour l'aménagement halieutique de la baie de Quiberon-Vilaine, N° 4-85, 13 p.
- FLORES HERNANDEZ, D. (1987). Les pêcheries du congre (*Conger conger* L.) dans le Mor Bras. Rapport final. Convention d'étude de la baie de Quiberon-Vilaine, N° 4-85, 16 p.
- FRY, F.E.J. (1949). Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics*, 5 : 27-67.
- GIRARD, S. (1986). Analyse économique d'une pêcherie artisanale. Le cas du Mor Braz. Thèse de Docteur Ingénieur, ENSA Rennes, 207 p.
- GONDEAUX, E. (1986). Analyse typologique de la flottille du Mor Braz. Rapport préliminaire. Convention d'étude IFREMER Association quadripartite pour l'aménagement halieutique de la baie de Quiberon-Vilaine, N° 86-1, 18 p.
- GONDEAUX, E. (1988). Méthode d'évaluation de la production dans le Mor Braz. Utilisation des données concentrées au niveau des criées. Convention d'étude IFREMER - Association quadripartite pour l'aménagement halieutique de la baie de Quiberon-Vilaine, N° 86-1, 52 p.
- GONDEAUX, E. (1988). Elaboration d'une stratégie d'analyse des activités halieutiques des flottilles artisanales côtières. Approche méthodologique appliquée au cas du Mor Braz. Thèse de l'université d'Aix Marseille II spécialité océanographie, 287 p.
- GUERIN, O., et J.P., PINOL (1977). La diffusion des eaux de la Loire dans le Golfe de Gascogne et les risques de pollution littorale d'après les satellites artificiels. *Rev. Int. d'Océanogr. Méd.*, 47 : 69-72.
- GULLAND, J.A. (1965). Estimation of mortality rates. Annex to the report of the arctic fisheries working group. Hambourg, jan., 1965. *Cons. int. Explor. Mer*, CM 1965/3 : 9 p.
- HASSELBLAD, V. (1966) Estimation of parameters for a mixture of normal distributions. *Technometrics*; 8 : 431-444.
- HERMES, O. (1881). On the nature male sexual organs of the conger-eel (*Conger vulgaris*) with same observations on the male of the common-eel (*Anguilla vulgaris* F.). *Bull. U.S.F.C.*, 81-9. Vol.1 : 126-130.
- JONES, R. (1961). The assessment of the long term effects of changes in year selectivity and fishing effort. *Mar. Res. Scotl.*, 2 : 19 p.
- JONES, R. (1981). The use of length composition data in fish stock assessment (with notes on VPA and cohort analysis), *FAO. FISH. Circ.*, 734: 60 p.
- KENDALL, N.G., and A., STUART (1973). The advanced theory of statistics. Vol. 2, inference and relationship. 3 rd. ed. Hafner publishing Co., N.Y., 723 p.

- KIMURA, D.K. (1977). Statistical assessment of the age-length key. *J. Fish. Res. Board Can.*, **34** : 317-324.
- KIMURA, D.K. (1980). Like lihood methods for the Von Bertalanffy growth curve. *Fish. Bull.*, **77**, (4) : 765-776.
- L'ANGLOIS, G. (1983). Etude courantométrique et hydrologique de la région côtière située entre les îles de Belle Ile et de Noirmoutier. Thèse de 3ème cycle. Université de Bretagne Occidentale, 195 pp.
- LAUREC, A. (1986). Les méthodes delta en halieutique. Evaluation des sensibilités, approximation des biais et variances à l'aide des développements limités. Rapport IFREMER. DRV-86.02 RH/NANTES, 64 p.
- LAUREC, A., et A., FONTENEAU (1979). Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des C.P.U.E. de plusieurs engins, en différentes zones et saisons. *Res. Doc. Scient., CICTA*, **8**, (1) : 79-100.
- LAUREC, A., and J.Y., LE GALL (1975) De seasonalizing of the abundance index of a species. Application to the albacore (*Thunnus alalunga*) monthly catch per unit effort (C.P.U.E.) by the atlantic japanesa longline fishery. *Bull. For Seas Res. Lab.*, **12** : 145-169
- LAUREC, A., et J.C., LE GUEN (1981). Dynamique des populations marines exploitées. Tome I. Concepts et modèles. *Rapp. Scient. Tech.*, **45**, CNEXO/COB, 117 p.
- LAUREC, A., et L. SANTARELLI (1986). Analyse rectifiée des pseudocohortes. (Analyse des cohortes à partir d'une année de structure démographique des captures, correction des variations de l'effort et /ou de recrutement). IFREMER. Rapport interne, 19 p.(Ronéo).
- LE CANN, B. (1982). Evolution annuelle de la structure hydrologique du plateau continental au sud de la Bretagne. Modélisation numérique. Thèse de 3ème cycle, Océanographie physique, Université de Bretagne Occidentale.
- LEGENDRE, R. (1934). La faune pélagique de l'Atlantique au large du golfe de Gascogne, recueillie dans des estomacs de germons. 1ère partie : Poissons. *An. Inst. Océan. Monaco* : 310-316.
- MACKETT, D.J. (1963). A method of sampling the pacific albacare (*Thunnus germo*) catch for relative age composition. *FAO Fish. Rep.*, **6**, Vol 3 : 1355-1366.
- MAPHERSIN, E. (1981). Resource partitiuning in a Mediterranean demersal fish comunity. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **4** : 183-193.

- MAGGI, P. (1982). Les mortalités massives de poissons en baie de Vilaine (juillet 1982). Rapport ISTPM, 19 p.
- MAJKOWSKI, J. (1982). Usefulness and applicability of sensitivity analysis in a multispecies approach to stock assessment, 149-166. In : D., Pauly and G.I., Murphy (Ed). Theory and management of tropical Fisheries. ICLARM Conférence Proceedings, 9 ICLARM, Manila, Philippines and Div. Fish. Res CSIRO, Cronula, Australia.
- MESNIL, B. (1980). Théorie et pratique de l'analyse de cohortes. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 44 (2) : 119-155.
- MESNIL, B. (1980). Approche structurale en analyse et aménagement des stock. Projection à l'équilibre et simulations de production. Rapp. ISTPM, 33 p. et annexes (miméo).
- MOGUEDET, P. (1987). Approche de la dynamique de stocks accessoires = le cas des lingues (*molva sp.*) exploitées par la flottille industrielle lorientaise. Thèse de l'université de Lille Flandre-Artois, 301 pp.
- MORI, M. (1982). Osservazioni sull'alimentazione di *Conger conger* dei fondi bailliali liguri. Boll. Nus. Ist. Biol. Univ. Genova, suppl. 50, 391.
- MURPHY, G.I. (1965). A solution of the catch equation. J. Fish. Res. Board Can., 22, (1) : 191-202.
- PAULY, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. J. Cons. Int. Explor. Mer, 39 : 175-192.
- POPE, J.A. (1972). An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Res. Bull. ICNAF, 9 : 65, 74.
- PRADO, J. (1982). Avantages et risques de l'innovation. Radio animation pêche; Les cahiers de la pêche, Octobre 1982, : 39-40.
- RICKER, W.E., (1958). Handbook of computations for biological statistics of fish populations. J. Fish. Res. Board Can., 19, 300 p.
- ROBSON, D.S. (1966). Estimation of the relative fishing power of individual ships. ICANAF. Res. Bull., 3, 14 p.
- ROFF, D.A. (1980). A motion for the retirement of the Von Bertalanffy function. Can. J. Fish. Aquat. Sc., 37 : 127-129.
- SANTARELLI, L. (1985). Les pêcheries de buccin (*Buccinum undatum* : Gastropode) du golfe normand-breton. Eléments de gestion de la ressource. Thèse de doctorat. Fac. des sciences de Luminy, Université d'Aix-Marseille II, 194 p.

- SCHMIDT, J. (1911). Biology of the eel fishes, specially of the conger. Nature, 2158, (86) : 61-63.
- SHAPLEY, R., and J., GORDON (1980). The visual sensivity of the retine of the conger eel. Proc. R. Soc. Lond., Ser. B, 209, (1175) : 317-330.
- SOUPLET, A., et J.L., DUFOUR (1983). Developpements des techniques de la lecture des otolithes en coupes fines. Rapp. Tech. ISTPM, 5, 13 p.
- TOMLINSON, P.K. (1970). A generalization of the Murphy catch equation. J. Fish. Res. Board Can., 27 : 821-825.
- THOMPSON, W.F., and F.H., BELL (1934). Biological statistics of the pacific halibut fishery (2). Effect of changes in intensity upon total yield and yield per unit of year. Rep. Int. fish. (Pacific halibut), comm., 8 , 49 p.
- TUCKER, D. W. (1959). A new solution to the atlantic eel problem. Nature, Lond., 183 : 495.
- UBISH, L.V - (1924). Stimmer die Ergebrisse des Aal- forschung mit wegengers Theorie der Kontinental- verschiebungen überein, Naturwib Erschafter, 24 :345-348
- VANNEY, J.R. (1964). Morphologie sous-marine du Mor Bras. Extrait des cahiers océanographiques, 16ème année, N°7, juillet-août : 529-546.
- VANNEY, J.R. (1965). Etude sédimentologique du Mor Bras. Bretagne. Mar. Geol., 3 : 195-222.
- WESTRHEIM, S.J., and W.E., RICKER (1978). Biais in using on age-length key to estimate age frequency distributions. J. Fish. Res. Board Can., 35 : 184-189.
- YATES, F. (1981). Sampling methods for censuses and surveys. Griffin and co. Ed., London.

ANNEXES

Annexe 1 : Programme ESPZA assurant une vérification des compatibilités entre les engins et les espèces capturées.

Annexe 2 : Programme ANALEC de calcul de variance des nombres totaux de poissons par âge.



Annexe 1 : Programme ESPZA assurant une vérification des compatibilités entre les engins et les espèces capturées.

```

10      PACKAGE ESPZA
20      PROGRAM ESPZA
30 C
40      CHARACTER*100 CH1,CH2,CH3<20>,CH5<20>,CH6<200>,TAMPON
50      CHARACTER*40  FICZA,CURZA,PROPRE
60      CHARACTER*1 CREP
70      INTEGER VENTIL<20,20>,ENG<20>,ESP5<20>,ESP6<200>,ESPO,ENGO
80      DIMENSION ITAB<200>,INDIC<200>
90      REAL      POIDS6<200>,PD<200>
100     LOGICAL  DED,FIN,LLX
110 C
120     COMMON CH1,CH2,CH3,CH5,CH6,IB3,IB5,IB6
130 C
140     OPEN<5,FILE='SPECIAL=GRAPHIC'>
150     OPEN <10,FILE='LURI.KERBOL.GRANGE..ENGESP'>
160     UPEN <20,ACCESS='DIRECT',RECL=12>
170 C
180 C  Fichier ZA
190 1000 WRITE (*,9001)
200     READ (&S,&A)>FICZA
210     IF (FICZA.EQ.'#') STOP
220     INQUIRE (FILE=FICZA,EXIST=LEX)
230     IF (LEX) THEN
240     OPEN<30,FILE=FICZA,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL'>
250     ELSE
260     WRITE(*,9006)
270     GOTO 1000
280     ENDF
290 C
300 C  Fichier de Resultat
310 1010 WRITE (*,9003)
320     READ (&S,&A)>CURZA
330     INQUIRE (FILE=CURZA,EXIST=LEX)
340     IF (LEX) THEN
350     WRITE(*,9004)
360     READ (&S,&A)>CREP
370     IF (CREP.NE.'0')THEN
380     GOTO 1010
390     ELSE
400     OPEN <40,FILE=CURZA,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL'>
410     ENDF
420     GOTO 1020
430     ELSE
440     WRITE(*,9005)
450     OPEN<40,FILL=CURZA,STATUS='NLW',ACCESS='SEQUENTIAL'>
460     ENDF
470 C
480 C  Fichier "Propre"
490 1020 WRITE (*,9002)
500     READ (&S,&A)>PROPRE
510     INQUIRE (FILE=PROPRE,EXIST=LLX)
520     IF (LEX) THEN
530     WRITE(*,9004)
540     READ (&S,&A)>CREP
550     IF (CREP.NE.'0')THEN
560     GOTO 1020
570     ELSE
580     OPEN <45,FILE=PROPRE,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL'>
590     ENDF
600     GOTO 1030
610     ELSE
620     WRITE(*,9005)
630     OPEN<45,FILL=PROPRE,STATUS='NLW',ACCESS='SEQUENTIAL'>
640     ENDF
650 C
660 C
670 9001  FORMAT (&X,&NUM DU FICHER ZA = ?)
680 9003  FORMAT (&/,&X,&NUM DU FICHER RESULTAT = ?)
690 9002  FORMAT (&/,&X,&NUM DU FICHER PROPRE = ?)
700 9004  FORMAT (&X,&FICHER EXISTANT : ECRASEMENT (&N=& ?)
710 9005  FORMAT (&X,&FICHER EN ORLATION ',/
720 9006  FORMAT (&X,&FICHER ABSENT : "&" POUR ABANDON &

```

```

730 C
740 C   Preparation du fichier de compatibilite
750 C
760 1030 READ(10,99)NEE,10,P
770 99  FORMAT(I7,I1,F4.0)
780     NUMIN=NEE
790     I=1
800     GOTO 1111
810 1110 READ(10,99,END=1120)NEE,10,P
820 1111 WRITE(20,REC=10)NEE,10,P
830     I=I+1
840     GOTO 1110
850 C
860 1120 NMAX=1
870     NUMAX=NEE
880     NI=INT(REAL(NMAX)/2.)+1
890     READ(20,REC=NI)NEE,10,P
900 C
910 C   Debut du traitement du Z0, Chargement d'une maree
920 C
930     READ(30,'(A)',END=900) TAMPON
940     WRITE(40,'(A)') TAMPON
950     DEB=.TRUE.
960     FIN=.FALSE.
970 1210 READ(30,'(A)',END=1221) TAMPON
980 1220 READ(TAMPON,'(I1)',ERR=1)NIU
990     GOTO (1,2,3,4,5,6) NIU
1000 1221 FIN=.TRUE.
1010     1 IF (DEB) THEN
1020         IB3=0
1030         IB5=0
1040         IB6=0
1050         CH1=TAMPON
1060         CH2=' '
1070         DEB=.FALSE.
1080         GOTO 1210
1090     ELSE
1100         GOTO 500
1110     ENDIF
1120 C
1130     2 CH2=TAMPON
1140     GOTO 1210
1150 C
1160     3 IB3=IB3+1
1170     CH3(CIB3)=TAMPON
1180     READ(TAMPON,9989) ENG(CIB3)
1190     GOTO 1210
1200 C
1210     4 CONTINUE
1220 C
1230     5 IB5=IB5+1
1240     CH5(CIB5)=TAMPON
1250     READ(TAMPON,9988) LSP6(CIB5),COLNTIL(CIB5,1),I=1,IB3)
1260     GOTO 1210
1270 C
1280     6 IB6=IB6+1
1290     CH6(CIB6)=TAMPON
1300     READ(TAMPON,9987) LSP6(CIB6),IPD,KX
1310     POIDS6(CIB6)=REAL(IPD*KX)/1000.
1320     GOTO 1210
1330 C
1340 C   Constitution des couples orgin/espece + calcul des poids
1350 C
1360 500 CONTINUE
1370     PRINT*,', ',CH1
1380     ESPO=ESP6(C1)
1390     PO=POIDS6(C1)
1400     ESP6(C1+1)=0
1410     POIDS6(C1+1)=0.
1420     IND=1
1430     JJ=1
1440     IF (CIB5.NE.0) THEN
1450         LSP5(CIB5+1)=9999
1460         DO 600 I=2,IB6+1
1470             IF (ESP6(I).EQ.ESPO) THEN
1480                 PO=PO+POIDS6(I)
1490             ELSE

```

```

1500      DU 550 J=JJ,IB5+1
1510      IF (ESP0.EQ.ESP5<J>) THEN
1520      DO 530 K=1,IB3
1530      IF (VENTIL<J,K>.NE.0) THEN
1540      ITAB<IND>=ESP0+ENG<K>*10000
1550      PD<IND>=P0*REAL<VENTIL<J,K>>/100.
1560      IND=IND+1
1570      ENDIF
1580 530    CONTINUE
1590      GOTO 580
1600      ENDIF
1610      IF (ESP0.LT.ESP5<J>) THEN
1620      DO 540 K=1,IB3
1630      ITAB<IND>=ESP0+ENG<K>*10000
1640      PD<IND>=P0/REAL<IB3>
1650 540    IND=IND+1
1660      GOTO 580
1670      ENDIF
1680 550    CONTINUE
1690 580    JJ=J
1700      ESP0=ESP6<I>
1710      P0=PUIDS6<I>
1720      ENDIF
1730 600    CONTINUE
1740      ELSE
1750      IF (IB3.NE.0) THEN
1760      DO 700 I=2,IB6+1
1770      IF (ESP0.EQ.ESP6<I>) THEN
1780      PO=PO+PUIDS6<I>
1790      ELSE
1800      DO 620 K=1,IB3
1810      ITAB<IND>=ESP0+ENG<K>*10000
1820      PD<IND>=P0/REAL<IB3>
1830 620    IND=IND+1
1840      ESP0=ESP6<I>
1850      PO=PUIDS6<I>
1860      ENDIF
1870 700    CONTINUE
1880      ELSE
1890      READ<CCH1,9986> ENGO
1900      DO 800 I=2,IB6+1
1910      IF (ESP0.EQ.ESP6<I>) THEN
1920      PO=PO+PUIDS6<I>
1930      ELSE
1940      ITAB<IND>=ESP0+ENGO*10000
1950      PD<IND>=P0
1960      IND=IND+1
1970      ESP0=ESP6<I>
1980      PO=PUIDS6<I>
1990      ENDIF
2000 800    CONTINUE
2010      ENDIF
2020      ENDIF
2030 C
2040 C   Formats
2050 C
2060 9989 FORMAT<24X,I3>
2070 9988 FORMAT<12X,I4,1X,20I3>
2080 9987 FORMAT<12X,14,11X,I7,10X,I3>
2090 9986 FORMAT<59X,I3>
2100 C
2110 C   Simplification de la liste des couples engin/espece
2120 C
2130      IND=IND-1
2140      DO 1700 I=1,IND
2150 1700    INDIC<I>=I
2160      IBORD=IND-1
2170 1710    IREP=1
2180      DO 1720 K=1,IBORD
2190      I=INDIC<K>
2200      J=INDIC<K+1>
2210      IF (ITAB<I>.EQ.ITAB<J> .AND. ITAB<I>.NE.0) THEN
2220      ITAB<I>=0
2230      PD<J>=PD<I>+PD<J>
2240      IREP=K
2250      ENDIF
2260      IF (ITAB<I>.GT.ITAB<J>) THEN
2270      IREP=K
2280      INDIC<K>=J
2290      INDIC<K+1>=I
2300      ENDIF
2310 1720    CONTINUE
2320      IF (IREP.EQ.1) GOTO 1730
2330      IBORD=IREP
2340      GOTO 1710
2350 1730    CONTINUE

```

```

2360 C
2370 C   Verification des compatibilites
2380 C
2390       ISORT=45
2400       DO 1800 I=IND,1,-1
2410           NUMLU=ITAB<INDIC(I)>
2420           IF <NUMLU.EQ.0> GOTO 1810
2430           IF <<NUMLU.LT.NUMIN>.OR.<NUMLU.GT.NUMAX>> GOTO 50
2440           N1=0
2450           N2=NMAX
2460 24   IF <NUMLU-NEE> 25,60,26
2470 25   N2=N1
2480       GOTO 27
2490 26   N1=N1
2500 27   NI=INT<REAL<N1+N2>/2.>
2510       READ<20,REC=N1>NEE,IV,P
2520       IF <<N2-N1>.GT.1> GOTO 24
2530 50   PRINT*,' ',NUMLU,' Incompatible ',PDC<INDIC(I)>,'Kg Peches.'
2540       ISORT=40
2550       GOTO 70
2560 60   IF <IV.EQ.2 .AND. PDC<INDIC(I)>.GT.P> THEN
2570           PRINT*,' ',NUMLU,PDC<INDIC(I)>,' > ',P
2580           ISORT=40
2590       ENDIF
2600 70   CONTINUE
2610 1800  CONTINUE
2620 1810  CALL SORTIE<ISORT>
2630       IF <IAMPUNCI:1>.EQ.'U' .OR. FIN> STOP
2640 C
2650 C   RAZ des variables pour la maree suivante
2660 C
2670       IB3=0
2680       IB5=0
2690       IB6=0
2700       CH1=IAMPUN
2710       CH2=' '
2720       DO 1900 I=1,200
2730 1900  PDC(I)=0.
2740 C
2750       GOTO 1210
2760 900  WRITE<*,99999>
2770       STOP
2780 99999 FORMAT<' FICHER ZA VIDE'>
2790       END
2800 C
2810 C-----C
2820       SUBROUTINE SORTIE<ISORT>
2830 C
2840       CHARACTER*100 CH1,CH2,CH3<20>,CH5<20>,CH6<200>
2850       COMMON CH1,CH2,CH3,CH5,CH6,IB3,IB5,IB6
2860 C
2870       WRITE<ISORT,'<A>'> CH1
2880       IF <ISORT.EQ.40>THEN
2890           PRINT*,' ',CH1
2900           PRINT*,' '
2910       LNDIF
2920       IF <CH2.NE.' '> WRITE<ISORT,'<A>'> CH2
2930       IF <IB3.NE.0> THEN
2940           DO 2010 I=1,IB3
2950 2010  WRITE<ISORT,'<A>'> CH3<I>
2960       ENDIF
2970       IF <IB5.NE.0> THEN
2980           DO 2020 I=1,IB5
2990 2020  WRITE<ISORT,'<A>'> CH5<I>
3000       ENDIF
3010       DO 2030 I=1,IB6
3020 2030  WRITE<ISORT,'<A>'> CH6<I>
3030       END
3040 C
3050       ENDPACKAGE

```

Annexe 2 : Programme ANALEC de calcul de variance des nombres totaux de poissons par âge.

PROGRAM ANALEC

```

C*****C
C      LABORATOIRE IFREMER LORIENT 2/03/89 D.F C
C*****C

      CHARACTER*40 NOMFIC,NOMF
      CHARACTER*80 TITRE
      REAL TOTAL(5,40),NTT
      INTEGER AGEMIN,AGEMAX,MINA,MAXA
      LOGICAL LEX
      DATA TOTAL/200*0./

      WRITE(*,8002)
8002  FORMAT(' AVEZ VOUS DEJA UN FICHIER DE DONNEES OUI=1:',\ )
      READ(*,8001)KI
8001  FORMAT(I3)
      IF(KI.NE.1)THEN
      WRITE(*,8003)
8003  FORMAT(' NOM DU FICHIER QUE VOUS VOULEZ CREER      : ',\ )
      READ(*,'(A)')NOMFIC
      OPEN(10,FILE=NOMFIC,STATUS='UNKNOWN',ACCESS='SEQUENTIAL')
      WRITE(*,778)
778  FORMAT(' NOMBRE DE CATEGORIE COMMERCIALE A TRAITER : ',\ )
      READ(*,779)NCAT
779  FORMAT(I2)
      CALL CONST1
      DO 780 I=1,NCAT
      IF (I.NE.1) THEN
      WRITE(*,697)
697  FORMAT(' ***> SAISIE DES DONNEES DE LA CATEGORIE SUIVANTE <***')
      ENDIF
      CALL CONST2
780  CONTINUE
      CLOSE(10)
C***** REDEMARAGE EN DEBUT DE FICHIER 10
      OPEN(10,FILE=NOMFIC,STATUS='UNKNOWN',ACCESS='SEQUENTIAL')
      ELSE
10  WRITE (*,9001)
      READ (*,'(A)')NOMFIC
      IF (NOMFIC.EQ.'$') STOP
      INQUIRE (FILE=NOMFIC,EXIST=LEX)
      IF (LEX) THEN
      OPEN(10,FILE=NOMFIC,STATUS='OLD',ACCESS='SEQUENTIAL')
      ELSE
      WRITE(*,9006)
      GOTO 10
      ENDIF
      ENDIF
C
      WRITE(*,557)
557  FORMAT(////////)
      WRITE(*,555)
555  FORMAT(' NOM DU FICHIER DE STOCKAGE DES RESULTATS : ',\ )
      READ(*,556)NOMF
556  FORMAT(A)
      OPEN(6,FILE=NOMF,STATUS='UNKNOWN',ACCESS='SEQUENTIAL')
      NTT=0.
      VNNT=0.
      MINA=40
      MAXA=0
C
      READ(10,9991)ICODE,TITRE

```

```

WRITE(6,9995)
WRITE(6,'(5X,A)') TITRE
WRITE(6,9995)
C
50 READ(10,'(A)',END=90) TITRE
WRITE(6,'(A)') TITRE
CALL KIMUR(TOTAL,AGEMIN,AGEMAX,NTT,VNTT,ICODE)
MINA=MIN(MINA,AGEMIN)
MAXA=MAX(MAXA,AGEMAX)
WRITE(6,9995)
GOTO 50
C
90 CONTINUE
C
WRITE(6,9998)
ECT=SQRT(VNTT)
CV=ECT/NTT
WRITE(6,9997)NTT,VNTT
WRITE(6,9981)ECT,CV
C
DO 100 I=MINA,MAXA
ECT=SQRT(TOTAL(2,I))
CV=ECT/TOTAL(1,I)
100 WRITE(6,9994) I,(TOTAL(J,I),J=1,5),ECT,CV

WRITE(6,9995)
CLOSE(6)
STOP

9997 FORMAT(//,' ESTIMATION DU NOMBRE TOTAL : ',F15.0,/,
+' VARIANCE DE NT : ',G20.2,/)
9981 FORMAT(' ECART-TYPE : ',G20.2,' CV : ',2PF5.1,'% ',///)
9998 FORMAT(////,10X,'RECAPITULATIF TOUTES CATEGORIES CONFONDUES',
+/,10X,'===== ',////)
9994 FORMAT(' AGE ',I3,' ESTIMATION : ',F12.0,' VARIANCE : ',G12.6,
+/, 'DECOMPOSEE EN AGE, NOMBRE, RESIDU : ',/,2(G12.6,' + '),G12.6,
+/, ' ECART-TYPE : ',G20.2,8X,'CV : ',2PF5.1,'% ',/)
9991 FORMAT(I1,A)
9995 FORMAT(////////)

9001 FORMAT (' NOM DU FICHIER DE DONNEES :',\ )
9006 FORMAT(6X,'FICHIER ABSENT : "$" POUR ABANDON ',\ )
END

C #####
C
SUBROUTINE KIMUR(TOTAL,AGEMIN,AGEMAX,NTT,VNTT,ICODE)
C #####
C
INTEGER CAISSE(50),E(100),ET,M(30,100),N(100),AGE(30)
INTEGER AGEMIN,AGEMAX
REAL P(30),NAI(30),VARP(30),Q(30,100),VARNA(30)
*,PDCAIS(100),VARA(30),VARN(30),VARRES(30),L(100),NT
*,LONG(100),TOTAL(5,40),NTT,PT
CHARACTER*80 FMT,FMT2
SAVE

C DENOMBREMENT

PDTOT=0.
NBPOIS=0
READ(10,9996)PT

```

```

READ(10,9999) IPD,NBC,(CAISSE(I),I=1,NBC)
IF(IPD.NE.0) THEN
READ(10,9998) (PDCAIS(I),I=1,NBC)
DO 5 I=1,NBC
5 PDTOT=PDTOT+PDCAIS(I)
PBAR=PDTOT/REAL(NBC)
ELSE
READ(10,9998) PBAR
PDTOT=PBAR*REAL(NBC)
DO 6 I=1,NBC
6 PDCAIS(I)=PBAR
ENDIF
DO 10 J=1,NBC
10 NBPOIS=NBPOIS+CAISSE(J)
R=REAL(NBPOIS)/PDTOT
VARR=0.
DO 20 I=1,NBC
20 VARR=VARR+(REAL(CAISSE(I))-R*PDCAIS(I))**2
VARR=VARR/(PBAR*PBAR*REAL(NBC)*(REAL(NBC-1)))
NT=PT*R
VARNT=PT*PT*VARR
ECT=SQRT(VARNT)
CV=ECT/NT
NTT=NTT+NT
VNNT=VNNT+VARNT

WRITE(6,9997) R,VARR,NT,VARNT
WRITE(6,9981) ECT,CV

ET=0
NS=0
READ(10,9999) NA,NL,(E(J),J=1,NL)
READ(10,9998) (LONG(J),J=1,NL)
READ(10,9995) (AGE(I),I=1,NA)
AGEMIN=AGE(1)
AGEMAX=AGE(NA)
WRITE(FMT,9984) NA*3+4
DO 110 J=1,NL
ET=ET+E(J)
READ(10,9995) (M(I,J),I=1,NA)
N(J)=0
DO 105 I=1,NA
105 N(J)=N(J)+M(I,J)
NS=NS+N(J)
110 CONTINUE
DO 120 J=1,NL
120 L(J)=REAL(E(J))/REAL(ET)
DO 200 I=1,NA
P(I)=0.
DO 150 J=1,NL
Q(I,J)=REAL(M(I,J))/REAL(N(J))
150 P(I)=P(I)+L(J)*Q(I,J)
200 CONTINUE
WRITE(FMT2,9993) NA,NA
DO 220 J=1,NL
220 WRITE(6,FMT2) LONG(J),E(J),L(J),(M(I,J),I=1,NA),N(J),
*(Q(I,J),I=1,NA)
WRITE(6,FMT) ET,NS
WRITE(6,9985) (AGE(I),I=1,NA)
WRITE(6,9992) (P(I),I=1,NA)

IF (ICODE.EQ.1) THEN

```

```

C      ALLOCATION FIXE

      DO 300 I=1,NA
      B=P(I)*P(I)/REAL(ET)
      VP=0.
      DO 250 J=1,NL
      A=Q(I,J)*(1.-Q(I,J))/REAL(N(J))
250    VP=VP+((L(J)*(1.-L(J))/REAL(ET))*A+L(J)*L(J))*A+L(J)*Q(I,J)*Q(I,J)/REAL
300    VARP(I)=VP-B
      ENDIF

      IF (ICODE.EQ.2) THEN

C      ALLOCATION PROPORTIONELLE

      DO 301 I=1,NA
      B=P(I)*P(I)/REAL(ET)
      VP=0.
      DO 251 J=1,NL
      A=Q(I,J)*(1.-Q(I,J))/REAL(NS)
251    VP=VP+(L(J)*(A+Q(I,J)*Q(I,J)/REAL(ET)))
301    VARP(I)=VP-B
      ENDIF

      WRITE(6,9991) (VARP(I),I=1,NA)
      WRITE(6,9983)

      DO 400 I=1,NA
      IAG=AGE(I)
      NAI(I)=NT*P(I)
      VARA(I)=NT*NT*VARP(I)
      VARN(I)=P(I)*P(I)*VARNT
      VARRES(I)=VARP(I)*VARNT
      VARNA(I)=VARA(I)+VARN(I)+VARRES(I)
      ECT=SQRT(VARNA(I))
      CV=ECT/NAI(I)
      TOTAL(1,IAG)=TOTAL(1,IAG)+NAI(I)
      TOTAL(3,IAG)=TOTAL(3,IAG)+VARA(I)
      TOTAL(4,IAG)=TOTAL(4,IAG)+VARN(I)
      TOTAL(5,IAG)=TOTAL(5,IAG)+VARRES(I)
      TOTAL(2,IAG)=TOTAL(2,IAG)+VARNA(I)
400    WRITE(6,9994) AGE(I),NAI(I),VARNA(I),VARA(I),VARN(I),VARRES(I),ECT
      *,CV
      RETURN
9999  FORMAT(2I3,100I4)
9998  FORMAT(6X,100F5.1)
9997  FORMAT(//,' VALEUR DE R CALCULEE : ',F8.5,/,
      +' VARIANCE DE R : ',G20.8,/,
      +' ESTIMATION DU NOMBRE TOTAL : ',F15.0,/,
      +' VARIANCE DE NT : ',G20.2,/)
9996  FORMAT (F7.0)
9995  FORMAT(100I4)
9994  FORMAT(' AGE ',I3,' ESTIMATION : ',F12.0,' VARIANCE : ',G12.6,
      +/, 'DECOMPOSEE EN AGE, NOMBRE, RESIDU : ',/,2(G12.6,' + '),G12.6,
      +/, ' ECART-TYPE : ',G20.2,8X,' CV : ',2PF5.1,'%')
9993  FORMAT(' (2X,F5.1,I3,2X,F4.3,2X,' I2,' I3,I5,2X,' I2,' F6.3)')
9992  FORMAT(' PI : ',30F8.3)
9991  FORMAT(' VAR PI : ',30(1X,F7.6))
9981  FORMAT(' ECART-TYPE : ',G20.2,8X,' CV : ',2PF5.1,'%')
9983  FORMAT(///)
9984  FORMAT(' (/,' ET =',I5,' I2,' X,' NS =',I5,/)')
9985  FORMAT(' AGE : ',30I8)
      END

```



```

C*****>
SUBROUTINE CONST1
C*****>
CHARACTER*80 TITRE

WRITE(*,60)
60 FORMAT(' DONNEZ UN TITRE : ',\ )
READ(*,11)TITRE
11 FORMAT(A)
WRITE(*,61)
61 FORMAT(' SAISIE DES PARAMETRES DU FICHER DE DONNEES: ',/,
* ' VOULEZ VOUS FAIRE DE L''ALLOCATION FIXE =1',/,
* ' DE L''ALLOCATION PROPORTIONNELLE =2 ',\ )
READ(*,12)ICODE
12 FORMAT(I1)
WRITE(10,13)ICODE,TITRE
13 FORMAT(I1,A)
RETURN
END

C*****>
SUBROUTINE CONST2
C*****>

CHARACTER*80 TITRE
REAL PT
INTEGER CAISSE(50),E(100),AGE(30),M(30,100)
REAL PDCAIS(100),LONG(100)

C**> INITIALISATION A ZERO
DO 10 I=1,50
CAISSE(I)=0
10 CONTINUE
DO 333 J=1,100
E(J)=0
PDCAIS(J)=0.
LONG(J)=0.
333 CONTINUE
DO 334 L=1,30
AGE(L)=0
334 CONTINUE
DO 335 IJK=1,100
DO 336 IJL=1,30
M(N,IJK)=0
336 CONTINUE
335 CONTINUE
PT=0.
NBC=0
IPD=0
PBAR=0.
NA=0
NL=0

WRITE(*,62)
62 FORMAT(' DONNEZ UN SOUS TITRE : ',\ )
READ(*,5)TITRE
WRITE(10,5)TITRE
5 FORMAT(A)
WRITE(*,63)
63 FORMAT(' POIDS TOTAL DEBARQUE (reel) : ',\ )
READ(*,14)PT
14 FORMAT(F7.0)
WRITE(10,14)PT

```

```

WRITE(*,64)
64 FORMAT(' LE POIDS DES CAISSES EST IL VARIABLE OUI=1: ',\ )
READ(*,15)IPD
15 FORMAT(I3)
WRITE(*,65)
65 FORMAT(' NOMBRE DE CAISSE ECHANTILLONNE : ',\ )
READ(*,15)NBC
DO 16 I=1,NBC
WRITE(*,17)I
17 FORMAT(' NB DE POISSON ECHANTILLONNE DANS LA',I3,' CAISSE :',\ )
READ(*,18)CAISSE(I)
18 FORMAT(100I4)
16 CONTINUE
WRITE(10,19)IPD,NBC,(CAISSE(I),I=1,NBC)
19 FORMAT(2I3,100I4)
IF(IPD.NE.1) THEN
WRITE(*,66)
66 FORMAT(' POIDS MOYEN D''UNE CAISSE (reel) : ',\ )
READ(*,20)PBAR
20 FORMAT(F5.1)
WRITE(10,99)PBAR
99 FORMAT(6X,100F5.1)
ELSE
DO 21 I=1,NBC
WRITE(*,22)I
22 FORMAT(' POIDS DE LA CAISSE ',I3,' (reel) : ',\ )
READ(*,20)PDCAIS(I)
21 CONTINUE
WRITE(10,99)(PDCAIS(I),I=1,NBC)
ENDIF
WRITE(*,67)
67 FORMAT(' NOMBRE D''AGE ECHANTILLONNE : ',\ )
READ(*,23)NA
23 FORMAT(I3)
WRITE(*,68)
68 FORMAT(' NOMBRE DE CLASSE DE TAILLE ECHANTILLONNE : ',\ )
READ(*,23)NL
DO 24 I=1,NL
WRITE(*,25)I
25 FORMAT(' NB DE POISSON MESURE POUR LA ',I3,'CLASSE DE TAILLE: ',\ )
READ(*,26)E(I)
26 FORMAT(I4)
WRITE(*,27)I
27 FORMAT(' LONGUEUR DE LA ',I3,' CLASSE DE TAILLE (reel) : ',\ )
READ(*,28)LONG(I)
28 FORMAT(F5.1)
24 CONTINUE
WRITE(10,32)NA,NL,(E(J),J=1,NL)
32 FORMAT(2I3,100I4)
WRITE(10,33)(LONG(J),J=1,NL)
33 FORMAT(6X,100F5.1)
DO 29 I=1,NA
WRITE(*,30)I
30 FORMAT(' ',I4,' AGE : ',\ )
READ(*,31)AGE(I)
31 FORMAT(I4)
29 CONTINUE
WRITE(10,34)(AGE(I),I=1,NA)
34 FORMAT(100I4)
WRITE(*,777)
777 FORMAT(///)
WRITE(*,69)
69 FORMAT(' *****> SAISIE DE LA CLE TAILLE-AGE <*****',///)

```

```
DO 35 I=1,NL
DO 36 J=1,NA
M(J,I)=0
36 CONTINUE
35 CONTINUE
DO 37 I=1,NL
DO 38 J=1,NA
WRITE(*,39)I,J
39 FORMAT(' EFECTIF DE LA',I3,' TAILLE ET DU',I3,' AGE : ',\ )
READ(*,40)M(J,I)
40 FORMAT(I4)
38 CONTINUE
WRITE(10,41)(M(J,I),J=1,NA)
41 FORMAT(100I4)
DO 42 K=1,NL
DO 43 J=1,NA
M(J,K)=0
43 CONTINUE
42 CONTINUE
37 CONTINUE
RETURN
END
```

