

Etat des Stocks de Listao de l'Atlantique par Analyse des Cohortes, Analyse de Production par Recrue et par le Modèle Global

ALAIN FONTENEAU

Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 213, rue Lafayette, 75010 Paris, France, en affectation temporaire au Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye, Sénégal

Cet article analyse les prises, les efforts, les *pue* et les structures de taille et d'âge de listao de 1968 à 1981 dans l'ensemble de l'Atlantique. Dans une première étape les prises trimestrielles par âge et par engin sont reconstituées. L'examen des vecteurs de prises par âge révèle que, dans l'Atlantique est, une fraction importante de la population n'est recrutée que tardivement, puis devient inaccessible à tous les engins actuels. Dans l'Atlantique ouest le plein recrutement est plus rapide, et la disponibilité du stock semble rester constante avec l'âge.

Ces vecteurs de prises sont ensuite analysés par analyse des cohortes. La variabilité du recrutement est ainsi mise en évidence et semble modérée. Les coefficients de mortalité par pêche en fonction de l'âge (F) sont aussi calculés en tenant compte des incertitudes actuelles sur le taux d'exploitation du stock. Une solution optimale de l'analyse des cohortes est obtenue avec un recrutement variable et en ajustant la tendance des taux de mortalités par pêche à celle des efforts de pêche. Un modèle de production est en outre ajusté pour l'Atlantique est aux données de prises et d'effort et aux résultats de l'analyse des cohortes. Une analyse de production par recrue selon le modèle de Ricker est réalisée dans les différentes hypothèses d'identité des stocks. Le stock de listao dans l'Atlantique est semble n'être que modérément exploité: un accroissement de 30% de la prise est estimé pour un doublement de F.

La compétition pour la production par recrue entre les engins capturant des gros ou des petits listaos est analysée. Très peu ou aucun accroissement de production par recrue semble pouvoir être attendu d'un changement de l'âge à la première capture ou d'une réduction de la mortalité par pêche exercée par les engins qui capturent les petits listaos; l'exploitation des grandes tailles de listao actuellement peu disponibles, par exemple dans de nouvelles zones de pêche ou par de nouveaux engins, ne devrait entraîner qu'un faible accroissement de la production par recrue.

Les conclusions de cette analyse dépendent des hypothèses et des méthodes employées actuellement par les scientifiques de l'ORSTOM, et pourraient mener à des conclusions différentes ou se trouver confirmées si des méthodes différentes ou améliorées étaient utilisées.

This article analyses catches, effort, catch per unit effort, and the size and age structure of skipjack from 1968 to 1981 in the entire Atlantic. First, the quarterly catches are reorganized by age and by gear. Examination of the catch curves reveals that in the east Atlantic, a large portion of the population is recruited only at a late stage, and then becomes inaccessible to all currently used gear. In the west Atlantic, complete recruitment is more rapid, and the availability of the stock seems to remain constant with age.

The catch curves are next examined by analysis of cohorts. The variability in recruitment is thereby demonstrated, and appears moderated. The coefficients of fishing mortality as a function of age (F) are also calculated, taking into account current uncertainties concerning the rate of exploitation of the stock. An optimal solution of the analysis of cohorts is obtained with variable recruitment, and by adjusting the trend in rate of fishing mortality to that of fishing effort. Moreover, a production model for the east Atlantic is adjusted to catch and effort data, and to the results of the analysis by cohorts. An analysis of yield per recruit according to the Ricker model is developed under the different stock hypotheses. The skipjack stock in the east Atlantic appears to be only moderately exploited: an increase of 30% in catch is estimated for a doubling of F.

Competition for yield per recruit between gears catching large or small skipjack is analysed. Little or no increase in yield per recruit appears to be expected from a change in age at first capture or from a reduction in fishing mortality exerted by gear capturing small skipjack; the exploitation of large skipjack currently of low availability, for example in new areas or with new gear, should only cause a small increase in yield per recruit.

The conclusions of this work depend on hypotheses and methods currently used by ORSTOM scientists, and these conclusions could be different or be confirmed if different or better methods were utilized.

Este artículo analiza las capturas, esfuerzos, CPUE y estructuras de talla y de edad del listado, de 1968 a 1981, en el conjunto del Atlántico. En una primera fase se hace una reconstitución de las capturas trimestrales, por edad y por arte. El examen de los vectores de capturas por edad revela que en el Atlántico Este, una parte importante de la población sólo se recluta tardíamente y después se torna inaccesible a todos los artes actuales. En el Atlántico Oeste, la cúspide del reclutamiento es más rápida, y la disponibilidad de la población parece seguir constante con la edad.

Después se analizan los vectores de las capturas por análisis de cohorte. La variabilidad del reclutamiento se pone así de manifiesto y parece moderada. Se calculan también los coeficientes de mortalidad por pesca en función de la edad (F), teniendo en cuenta las actuales incertidumbres sobre tasas de explotación de la población. Se obtiene una solución óptima del análisis de cohortes con un reclutamiento variable y ajustando la tendencia de las tasas de mortalidades por pesca a la de los esfuerzos de pesca. Por otra parte, se ajusta un modelo de producción para el Atlántico Este a los datos de captura y esfuerzo y a los resultados del análisis de cohortes. Con diferentes hipótesis de identidad de las poblaciones, se hace un análisis del rendimiento por recluta de acuerdo con el modelo Ricker. La población de listado en el

Atlántico Este parece moderadamente explotada: para doblar el valor de F, se estima un incremento del 30% en la captura. Se analiza la competencia en el terreno del rendimiento por recluta de los diferentes artes que capturan grandes o pequeños listados. Un escaso o nulo incremento del rendimiento por recluta se obtendría por medio de un cambio en la edad de primera captura o por medio de una reducción de la mortalidad por pesca ejercida por los artes que obtienen listado pequeño; la explotación de los grandes listados - actualmente poco asequibles - por ejemplo en nuevos caladeros o por medio de nuevos artes, sólo produciría un ligero incremento del rendimiento por recluta.

Las conclusiones de este trabajo dependen de las hipótesis y métodos que actualmente aplican los científicos del ORSTOM, y estas conclusiones podrían verse confirmadas o modificadas si se utilizaran métodos diferentes o mejores.

1. Introduction

Les seules analyses de cohortes et de production par recrue réalisées sur le listao de l'Atlantique avaient été effectuées lors du groupe de travail de Dakar en juin 1976 (ORSTOM 1976) et reprises par le groupe de travail ICCAT de Brest en 1980 (ICCAT 1980). Ces analyses souffraient alors de plusieurs limitations majeures:

- méconnaissance quasi complète de la croissance du listao;
- médiocrité des statistiques de pêche de listao;
- échantillonnages médiocres des tailles capturées;
- analyses des cohortes réalisées sur des cohortes synthétiques et non sur des cohortes réelles;
- analyses portant uniquement sur des pêcheries de l'Atlantique est.

Depuis ces analyses, les pêcheries de listao ont montré un accroissement sensible du volume de leurs prises (tant dans l'Atlantique est que dans l'Atlantique ouest), associé à des changements dans les tailles des listaos capturés. En outre, suite aux efforts menés par l'ICCAT, le niveau des statistiques de pêche (prises, efforts et fréquences de tailles) s'est considérablement amélioré depuis 1976. Ainsi durant la période récente toutes les grandes flottilles qui exploitent le listao sont couvertes par des statistiques de pêche satisfaisantes. Enfin les recherches menées lors de l'année listao ont permis d'obtenir pour la première fois des estimations fiables des principaux paramètres biologiques de l'espèce dans l'Atlantique.

La présente étude aura donc pour objet de mener à bien une analyse complète des données les plus récentes sur les pêcheries, en utilisant les nombreuses connaissances, en particulier biologiques, récemment acquises sur le listao.

L'un des objectifs de la présente analyse reste de déterminer si les premiers résultats qui suggéraient qu'il n'y a pour le listao aucun bénéfice de production par recrue à attendre d'un changement de la taille à la première capture, sont toujours valables pour les pêcheries actuelles.

Un autre objectif est d'estimer le potentiel de production par recrue. Enfin, bien que l'approche du modèle global n'ait jamais fourni de résultats convaincants pour le listao, il est probablement hâtif de

renoncer définitivement à son utilisation. Il est plutôt souhaitable de chercher à améliorer les conditions de son utilisation en particulier par l'emploi d'un effort spécifique exercé sur le listao. Cela sera un autre objectif de la présente étude.

2. Données de Base

2.1 PRISES

Les statistiques de prises par engin, trimestre et secteurs publiées par l'ICCAT à la date de la présente étude ont été retenues. Les échantillons de fréquences de tailles par engin, trimestre et secteur seront donc ensuite extrapolés à ces prises. Ces données des prises annuelles, tous engins, dans les secteurs est et ouest sont résumées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Statistiques de prises annuelles totales de listaos par zone (en milliers de tonnes) utilisées dans l'analyse (données de prises jugées les meilleures à la date de l'analyse).

Année	Prise dans l'Atlantique		Total
	Est	Ouest	
1968	45.8	2.6	48.3
1969	28.1	1.9	30.0
1970	47.9	2.4	50.3
1971	76.8	2.2	79.0
1972	74.8	1.4	76.2
1973	75.1	2.7	77.8
1974	114.1	3.3	117.7
1975	57.4	3.4	60.8
1976	73.1	3.7	76.8
1977	114.6	3.2	117.8
1978	100.7	6.6	107.3
1979	84.6	5.8	90.4
1980	102.7	12.5	115.2
1981	119.0	18.6	137.6

2.2 RELATION LONGUEUR-POIDS

Les poids théoriques des fréquences de taille ont été recalculés pour tous les échantillons en employant la relation longueur-poids ayant les paramètres $a = 7,48 \times 10^{-6}$ et $b = 3,2568$ (Cayré com. pers.). Ces paramètres ont été obtenus pour l'ensemble de l'Atlantique lors des études préliminaires de Cayré et Laloe (le présent volume). Ces paramètres, qui résul-

tent de travaux préliminaires, sont très proches des valeurs finales trouvées par Cayré et Laloë pour ces deux paramètres: $a = 7,48 \times 10^{-6}$, $b = 3,2526$.

Cette relation a été calculée sur un échantillon important de près de 9,000 listaos de tailles comprises entre 32 et 78 cm. On peut considérer que cet échantillon est bien représentatif pour l'ensemble des pêcheries.

2.3 FREQUENCES DE TAILLES

La connaissance du nombre d'individus capturés par âge est généralement obtenue chez les thonidés à partir des fréquences de tailles des débarquements et d'une hypothèse sur la croissance moyenne des individus, hypothèse qui permet de construire les vecteurs de prises par âge.

Une base de données a donc été créée avec les fréquences de tailles des listaos débarqués de 1973 à 1981 pour toutes les pêcheries échantillonnées. Les fréquences de tailles disponibles par année et trimestre sont représentées sur le Tableau 2. Les fréquences de tailles ont été stratifiées par engin, pays et trimestre.

Tableau 2. Echantillons des fréquences de tailles de listao disponibles pour les diverses pêcheries de l'Atlantique est.

Flottille	Année								
	1973	74	75	76	77	78	79	80	81
Canneurs Téma	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Senneurs Espagnols	—	+	+	+	+	+	+	+	+
Canneurs Espagnols	+	+	+	+	+	+	+	+	+
FISM	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Canneurs Canaries	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Portugal	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Senneurs Japon	+	+	+	Pas de pêche					
Senneurs USA-Canada	+	+	+	+	+	+	+	+	+
URSS	(+)	—	—	(+)	(+)	—	(+)	(+)	(+)
Canneurs Cap-Vert	—	—	—	—	—	—	+	+	+
Canneurs Angola	—	—	—	—	+	+	+	+	+

— Prise non échantillonnée

+ Prise échantillonnée utilisée dans l'analyse

(+) Prise échantillonnée non utilisée dans l'analyse

On calcule pour chaque strate "engin, pays, trimestre" un facteur d'extrapolation égal au poids des captures par les pêcheries, divisé par le poids théorique des échantillons calculé selon la relation longueur-poids calculée au paragraphe 2.2. La fréquence des échantillons est ensuite multipliée par ce facteur d'extrapolation pour estimer les prises totales par taille.

Dans le cas des strates engin-trimestre où une capture a été réalisée sans être échantillonnée, une substitution de strate est réalisée avec la strate jugée la plus proche sur le plan de la structure de taille des prises. On note que la proportion des strates échantillonnées s'améliore avec le temps (Tableau 3) avec un maximum en 1981 où 97% des prises de listao ont été échantillonnées. Les fréquences de taille de listao exprimées en pourcentage pour l'Atlantique est et ouest, moyenne de 1975 à 1981, sont représentées Figure 1. (Seule une moyenne pluriannuelle est présentée du fait de la stabilité des tailles par secteur d'une année à l'autre.)

Tableau 3. Tonnages de listao débarqués et échantillonnés au niveau trimestre-engin-pays, dans l'Atlantique est et ouest (en milliers de tonnes).

	Année	Tonnage		%
		débarqué	échantillonné	
Atlantique est	1976	73100	54140	74
	1977	114600	90320	79
	1978	100700	85240	85
	1979	84600	75570	89
	1980	102700	92534	90
	1981	119000	115035	97
	Atlantique ouest	1973	2700	500
1974		3300	2000	66
1975		3400	2600	76
1976		3700	0	0
1977		3200	0	0
1978		6600	1400	21
1979		5800	3900	67
1980		12500	7500	60
1981	18600	17200	92	

La génération des vecteurs de prises par âge et par engin est un processus automatique, grâce à la mise au point d'un programme (GENCOHO) qui, à partir de la base de données des tailles et des prises trimestrielles par engin, réalise automatiquement les extrapolations et les substitutions de strates nécessaires, puis étant donnée une loi de croissance quelconque, reconstitue les vecteurs de prises par âge. La loi de croissance trimestrielle retenue et la procédure utilisée pour estimer les prises par âge à partir des prises par taille sont décrites au paragraphe 2.4.

Les prises par âge sont estimées pour les années 1968 à 1981 dans l'Atlantique est et de 1973 à 1981 dans l'Atlantique ouest.

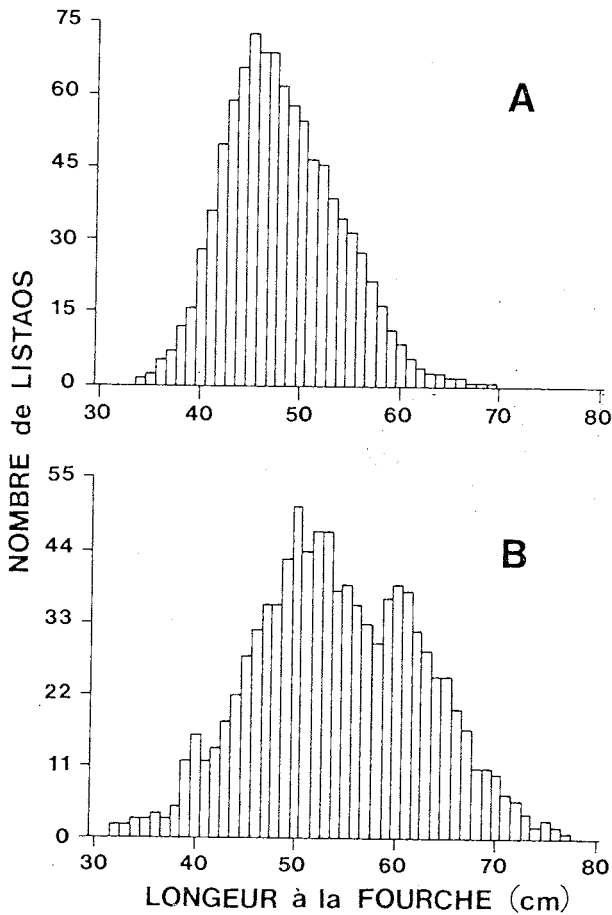


Figure 1. Fréquences de taille du listao (moyenne de 1975 à 1981, en pourcentage) par classe de 1 cm de longueur à la fourche, A. pour les pêcheries de l'Atlantique est, B. pour celles de l'Atlantique ouest.

Les prises par tailles publiées dans le rapport du groupe de travail de Dakar (ORSTOM 1976) ont été utilisées pour reconstruire les vecteurs de prises par âge de 1968 à 1975 dans l'Atlantique est. Ces données, bien qu'étant d'une qualité moindre que celles réunies pour la période récente, constituent une estimation correcte des prises par taille de listao durant cette période.

Durant la période 1976 à 1981 le programme GENCOHO a permis de reconstituer les prises par âge dans l'Atlantique est. Dans l'Atlantique ouest, les prises ont été jugées négligeables jusqu'en 1972, et les vecteurs de prises par âges ont été estimés seulement de 1973 à 1981.

2.4 CROISSANCE

Les analyses en cours sur la croissance du listao ne sont pas encore complètes; les incertitudes sur ce paramètre essentiel sont désormais réduites grâce aux résultats déjà obtenus par les marquages et recaptures

de l'année listao. La présente analyse utilise une loi de croissance "moyenne" calculée par P. Cayré (com. pers.) d'après les résultats des marquages (janvier 1983). Cette loi de croissance moyenne est représentée, en longueur et en poids, sur la Figure 2. On remarque que la croissance pondérale est quasiment linéaire de 35 à 75 cm, soit pendant toute la phase exploitée. Du point de vue pratique, les prises par cohorte ont été reconstituées en suivant dans la distribution des tailles capturées un groupe de listaos nés pendant une période de douze mois. Le schéma du découpage des fréquences de tailles en fonction du trimestre est présenté sur la Figure 3. L'âge initial nommé arbitrairement 1.0 an correspond à une taille du recrutement dans la pêcherie au premier trimestre à moins de 38 cm. On note que la loi de croissance acceptée comme hypothèse de travail est unique pour l'Atlantique est et ouest. Toutes les observations sur la croissance du listao proviennent en fait de l'Atlantique est.

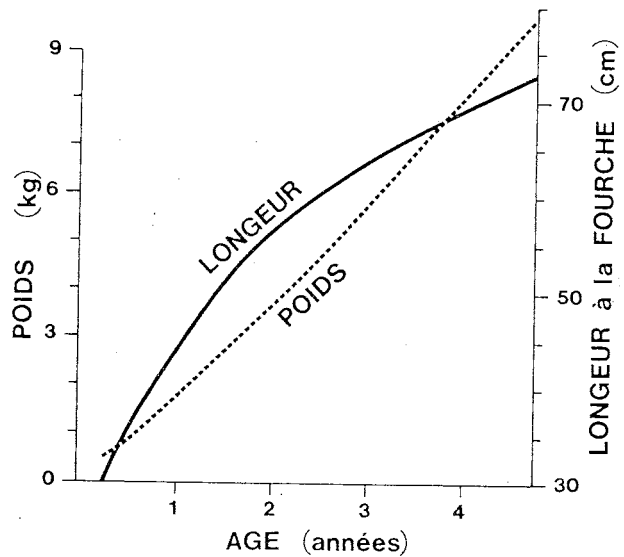


Figure 2. Croissance de listao en longueur et en poids retenue dans l'analyse.

2.5 MORTALITE NATURELLE

Peu de progrès sensibles ont été obtenus dans la détermination de la mortalité naturelle du listao de l'Atlantique. Toutefois, du fait que la croissance et la structure en âge des prises sont désormais assez bien connues, cela réduit sensiblement les incertitudes sur la mortalité naturelle. Ainsi, pour une espèce à croissance modérée et exploitée pendant cinq à six ans, un taux moyen de mortalité naturelle compris entre 0,6 et 0,8 apparaît comme une fourchette "raisonnable". On peut en effet juger peu vraisemblables les valeurs supérieures à 0,8 (par exemple 1,2) qu'on associe parfois à l'hypothèse d'une croissance très rapide,

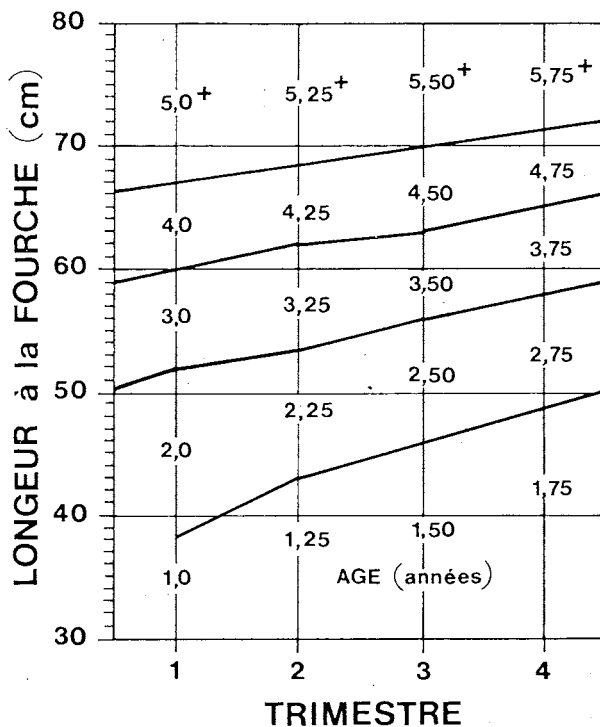


Figure 3. Décomposition des fréquences de tailles trimestrielles en prises par âge.

supérieure à 20 cm/an. Cette valeur $M = 0,8$ est proche de celle proposée par Murphy et Sakagawa (1977), M compris entre 0,67 et 0,97, en se basant sur la relation statistique entre le facteur k de la courbe de croissance et la mortalité naturelle. Cette fourchette avait été obtenue avec l'estimation de $k = 0,43$ disponible à la date de l'étude. Pour le paramètre $k = 0,322$ actuellement proposé par Bard et Antoine (ce volume) à partir des marquages, on obtient une estimation de $M = 0,60$.

Des valeurs de M inférieures à 0,6 sont sans doute peu vraisemblables du fait de la rareté, au moins dans les prises, des gros listaos et ceci même à une époque où le stock était de toute évidence sous-exploité, et où la mortalité naturelle était la principale composante de la mortalité totale.

L'ordre de grandeur de M semble ainsi relativement cerné; ce paramètre demeure toutefois une inconnue de taille dans les analyses de cohortes et de production par recrue, tant quant à son niveau moyen que quant à ses éventuelles variations en fonction de l'âge. La présente analyse se limite pour des raisons pratiques évidentes à la comparaison de deux hypothèses "vraisemblables" ($M = 0,6$ et $M = 0,8$) sans chercher à explorer les conséquences de l'emploi de valeurs extrêmes (fortes ou faibles) de la mortalité naturelle, ni des éventuelles variations de M avec l'âge.

2.6 IDENTITE DES STOCKS DE LISTAO

Les travaux en cours sur l'identité des stocks de listao ne permettront probablement pas de conclure formellement qu'il y a un ou plusieurs stocks de listao dans l'Atlantique. Les premières analyses suggèrent une grande complexité de la structure de la population de listao dans l'Atlantique est avec un taux de mélange faible pour certaines zones proches (Sénégal et Iles du Cap-Vert par exemple), ou fort pour certaines zones éloignées (Angola, Ghana et zone équatoriale au large du Libéria). Aucun listao marqué à l'est n'a été à ce jour repêché à l'ouest, suggérant une ségrégation possible entre deux stocks est et ouest. Les analyses fines de ce problème n'étant pas encore menées, la présente analyse retiendra les deux hypothèses classiques suivantes:

- existence d'un stock unique de listao atlantique;
- existence de deux stocks de listao indépendants dans l'Atlantique est et l'Atlantique ouest.

2.7 EFFORT DE PECHE EXERCE SUR LE LISTAO; PRISES PAR UNITE D'EFFORT (PUE)

2.7.1 Généralités

On admet très généralement qu'il est difficile d'estimer l'effort de pêche sur le listao. Les causes de ce problème sont multiples; on peut énumérer les principales:

(a) Le listao a été par le passé pour certaines flottes, et demeure parfois saisonnièrement, une espèce marginale et peu recherchée. De ce fait les fortes variations de *pue* (qui sert de base au calcul de l'effort), semblent traduire le plus souvent, plus des variations de l'espèce cible, que des variations de l'abondance du listao.

(b) La standardisation des puissances de pêche sur le listao en fonction des catégories de bateaux est soit inexistante (USA, Japon, Espagne), soit mal adaptée à cette espèce (senneurs français, Ivoiriens, sénégalais et marocains (FISM)).

(c) Les variations saisonnières de la capturabilité du listao semblent fortes, au moins pour les senneurs: il en résulte d'importantes variations des *pue*, donc des efforts subséquents, alors qu'en réalité le stock et l'effort sont probablement relativement stables.

On tentera toutefois de résoudre ces problèmes en introduisant dans le calcul de l'effort deux éléments nouveaux:

— Pour des flottilles de senneurs FISM (senneurs moyens et grands senneurs) et américains, on dispose de statistiques par mois et carré de 1° depuis 1969 et 1968 respectivement; on utilisera alors pour ces espèces le concept d'un effort de pêche calculé à partir d'un indice de *pue* "listao" et d'un indice de *pue* "listao-albacore" selon le concept développé par Fonteneau¹. Ce concept vise à différencier trois types d'efforts selon les espèces cibles: un effort "albacore", un effort "listao", et un effort "mixte" sur les deux espèces. La *pue* est ensuite calculée

comme une moyenne des *pue* correspondant à ces deux derniers types d'efforts de pêche.

— Dans le cas de la flottille espagnole pour laquelle on ne dispose que de la prise totale et du nombre de thoniers annuellement présentés par catégorie de jauge dans la pêcherie, on estimera un effort de pêche standardisé et on calculera un indice de *pue* en divisant la prise par l'effort standardisé de l'année (Tableau 4). Cet effort annuel standardisé est calculé en attribuant des facteurs de puissance de pêche par catégorie respectivement égaux à 0,63 pour la classe 4, 1,00 pour la classe 5, 1,55 pour la classe 4, 1,00 pour la classe 5, 1,55 pour la classe 6 et 1,81 pour la classe 7 (estimation obtenue pour la période 1979 à 1981).

¹Fonteneau, A. L'effort de pêche sur le listao. Le present volume.

Tableau 4(a). Calcul de indice d'effort listao, données brutes en tonnes par jours de pêche (FISM, France-Côte d'Ivoire-Sénégal-Maroc; USA, Etats-Unis; ESP, Espagne; SM, senneurs moyens; GS, grands senneurs).

AN	<i>pue</i> sur densités mixtes albacore-listao			<i>pue</i> sur densités + 70 % listao			
	FISM		USA	FISM		USA	ESP
	SM	GS	GS	SM	GS	GS	GS*
1969	2,0	1,6	5,1	1,8	—	6,0	3,9
1970	2,3	3,4	6,6	2,4	3,6	6,9	2,6
1971	2,0	3,3	4,5	2,7	3,4	13,0	3,4
1972	2,3	3,0	3,9	2,3	7,9	4,7	4,4
1973	1,9	1,6	6,4	3,9	6,1	24,0	3,2
1974	1,9	2,8	4,6	5,2	10,2	15,3	4,6
1975	2,3	2,3	3,4	1,9	2,4	5,3	2,0
1976	1,7	3,3	6,8	2,2	—	12,3	1,5
1977	2,5	4,9	6,8	4,7	5,7	2,8	2,2
1978	2,7	3,9	3,9	3,2	2,3	3,7	1,8
1979	2,6	2,8	2,0	3,0	2,7	5,8	1,2
1980	5,4	2,4	1,7	—	4,5	2,3	2,0
1981	3,9	2,3	3,5	4,2	4,4	9,1	2,1

* La *pue* espagnole est calculée en divisant la prise annuelle par un temps de mer annuel standardisé selon des facteurs de puissance de pêche par catégorie calculés de 1979 à 1981 et égaux à 0,63 pour classe 4; 1,00 pour classe 5; 1,55 pour classe 6; 1,81 pour classe 7.

La flottille de canneurs de Téma, pour laquelle on dispose d'une longue série de statistiques fines, n'est pas systématiquement retenue dans tous les calculs. On peut en effet penser que les *pue* de cette flottille sont biaisées, en particulier par suite de trois importants biais probables:

(a) Accroissement probable de la puissance de pêche moyenne de la flottille japonaise par incorporation entre 1969 et 1981 de bateaux plus performants et abandon des bateaux les moins performants. Aucune analyse de ce problème n'a été réalisée à ce jour. Ce même problème a été mis en évidence chez les senneurs FISM: Les *pue* FISM non standardisées sont en hausse forte ou légère selon l'espèce, albacore ou listao.

(b) Changements de tactique de pêche, en particulier par accroissement de la concentration de l'effort de pêche sur le listao. Un tel phénomène est clairement mis en évidence pour la flottille FISM sur l'albacore. Aucune étude n'a été réalisée sur les canneurs de Téma, mais ces changements sont très probables du fait:

Tableau 4(b). Données transformées et effort standardisé en unité grand senneur FISM sur densité mixte albacore-listao.

Année	<i>pue</i> sur densités mixtes albacore-listao			<i>pue</i> sur densités + 70 % listao			GS* ESP	<i>pue</i> moyenne	Prise Alt. est	Effort stand.
	FISM		USA	FISM		USA				
	SM	GS	GS	SM	GS	GS				
1969	2,2	1,6	3,2	1,7	—	1,8	4,2	2,4	28	11,6
1970	2,6	3,4	4,2	2,2	2,2	2,0	2,8	2,8	48	17,1
1971	2,2	3,3	2,8	2,5	2,1	3,8	3,7	2,9	77	26,5
1972	2,6	3,0	2,5	2,1	4,8	1,4	4,7	3,0	75	25,0
1973	2,1	1,6	4,1	3,6	3,7	7,1	3,4	3,6	75	20,8
1974	2,1	2,8	2,9	4,8	6,2	4,5	5,0	4,0	114	28,5
1975	2,6	2,3	2,1	1,7	1,5	1,6	2,1	2,0	57	28,5
1976	1,9	3,3	4,3	2,0	—	3,6	1,6	2,8	73	26,1
1977	2,8	4,9	4,3	4,3	3,5	0,8	2,4	3,3	115	34,8
1978	3,0	3,9	2,5	3,0	1,4	1,1	1,9	2,4	101	42,1
1979	2,9	2,8	1,3	2,8	1,6	1,7	1,3	2,0	85	42,5
1980	6,0	2,4	1,1	—	2,8	0,7	2,1	2,5	103	41,2
1981	4,4	2,3	2,2	3,9	2,7	2,7	2,2	2,9	119	41,0

* La *pue* espagnole est calculée en divisant la prise annuelle par un temps de mer annuel standardisé selon des facteurs de puissance de pêche par catégorie calculés de 1979 à 1981 et égaux à 0,63 pour classe 4; 1,00 pour classe 5; 1,55 pour classe 6; 1,81 pour classe 7.

— De l'apprentissage progressif très probable des zones, saisons et techniques de pêche par les équipages japonais entre 1969, début de la pêcherie, et 1981 (soit en treize années).

— Des changements dans la composition spécifique de la prise: le listao représente 54% de la prise des canneurs japonais en 1969 et 95% en 1981. La cause exacte de ce changement demeure non élucidée; il pourrait résulter, soit d'un changement réel de l'espèce cible, soit plus probablement d'une déclaration erronée de la composition spécifique des captures. Dans cette dernière hypothèse, si on admet que le pourcentage de listao est constant dans la prise des canneurs japonais de 1969 à 1981, la tendance de leur *pue* se trouve sensiblement modifiée (Tableau 5).

(c) Exclusion de l'effort de pêche des jours de recherche sans pêche de 1969 à 1978.

L'emploi des indices de *pue* des canneurs japonais de Téma est donc différé dans l'attente que ces problèmes soient analysés. Du fait de ces sérieux problèmes statistiques, la *pue* des canneurs de Téma ne sera pas intégrée dans l'indice destiné à estimer l'effort de la pêcherie. Toutefois on l'intégrera à titre indicatif dans le calcul d'un indice d'effort "auxiliaire" afin de déterminer l'impact de l'incorporation de cette *pue* dans l'estimation de l'effort total.

2.7.2 Données

L'effort de pêche exercé sur le listao sera estimé en

Tableau 5. Estimation d'une *pue* corrigée pour les canneurs japonais de Téma.

Année	<i>pue</i> brute, TM/	<i>pue</i> corrigée par	Indice ** de	<i>pue</i> corrigée
	jour de mer	l'espèce*,	puissance de	par l'espèce et la
	(a)	même unité	pêche de la	puissance de pêche
		unité	flottille Téma	(d)
1970	6,0	6,0	(1,06)	(6,4)
1971	7,4	7,4	(1,06)	(7,8)
1972	7,5	7,5	1,06	7,9
1973	4,7	4,7	1,00	4,7
1974	5,4	5,4	,97	5,2
1975	5,4	5,4	1,07	5,8
1976	5,3	4,9	1,00	4,9
1977	5,9	5,1	1,00	5,1
1978	5,3	4,6	,98	4,5
1979	7,1	5,8	,94	5,4
1980	6,4	5,2	,93	4,8
1981	6,7	5,4	,94	5,1

* La correction spécifique est réalisée en admettant que la proportion du listao dans la prise totale est constante et égale à celle déclarée de 1969 à 1973.

** La puissance de pêche moyenne est calculée pour chaque catégorie de jauge de 50 tx, et les variations de ce facteur résultent des changements de composition de la flotte japonaise (d'après données de M. Mensah com. pers.). La *pue* corrigée (d) sera calculée en multipliant la *pue* corrigée quand à l'espèce (b) par l'indice de puissance de pêche (c).

divisant la prise totale annuelle par l'indice de *pue* jugé représentatif de l'abondance de l'espèce, indice obtenu en combinant les *pue* de divers engins.

Les données de *pue* retenues sont celles décrites au paragraphe précédent (2.7.1), soit sept séries de *pue*. On calculera ensuite la *pue* moyenne, dans l'unité, du grand senneur FISM exploitant les strates mixtes albacore-listao (Tableau 4(b)), après avoir recalculé des séries de *pue* ayant la même moyenne. Les *pue* brutes d'origine, les *pue* transformées et les indices de *pue* et d'effort résultants sont donnés au Tableau 4.

Enfin on calculera à titre de comparaison deux autres séries de *pue*:

— L'une excluant les *pue* des senneurs moyens FISM durant les années 1980 et 1981, durant lesquelles le nombre de bateaux et leurs zones d'activité très réduites font que ces années ne sont plus comparables aux années antérieures.

L'autre excluant totalement les senneurs moyens FISM du fait de la forte hétérogénéité dans le temps des activités de cette flottille, et incluant la *pue* des canneurs japonais de Téma. Cette série a été au préalable corrigée pour la composition spécifique et la standardisation des efforts de pêche (Tableau 5).

2.7.3 Résultats

On constate (Figure 4) que l'effort de pêche sur le listao ainsi estimé montre une tendance à un accroissement régulier entre 1969 et la période récente. Les données suggèrent toutefois une stabilisation de l'effort de 1978 à 1981 pour l'effort de pêche calculé à partir du premier indice de *pue* incluant les senneurs moyens FISM jusqu'en 1981. Cette stabilisation récente de l'effort n'est pas observée

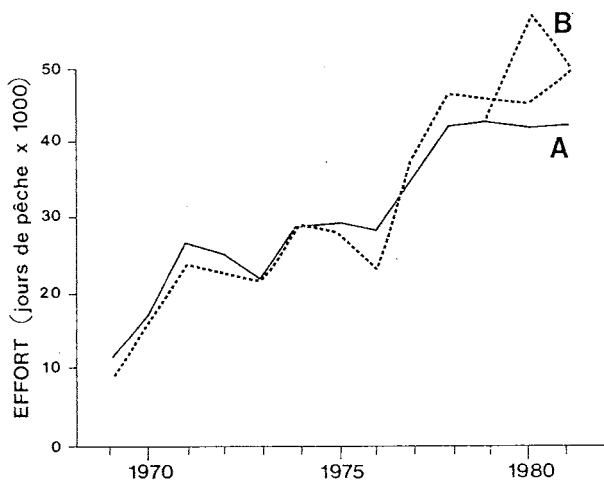


Figure 4. Evolution de l'effort de pêche exercé sur le listao selon l'indice de *pue* retenu. A, effort calculé sans canneurs Téma avec senneurs moyens FISM ou sans ceux-ci; B, effort calculé sans senneurs moyens FISM avec canneurs Téma.

durant la période récente si l'on exclut les senneurs moyens FISM, choix qui semble justifié (2.7.2).

3. Les Vecteurs de Prises par Age

Il s'agit d'un résultat essentiel, qui, indépendamment des analyses subséquentes, mérite un examen attentif (Tableaux 6 et 7). Ces données sont représentées de cinq façons différentes:

— populations virtuelles des cohortes 1967 à 1981 (Figure 5);

— prises annuelles, des âges 1 à 3, réalisées sur les cohortes 1968 à 1980 (Figure 6);

— évolution de 1962 à 1981 des prises annuelles réalisées dans l'Atlantique (total, est et ouest) sur les âges 1 à 5+ (Figure 7);

— prises trimestrielles sur les cohortes 1968 à 1979 dans l'Atlantique est (Figure 8) et dans l'Atlantique ouest 1973 à 1980 (Figure 9);

— vecteurs de prises moyennes de 1973 à 1982 par trimestre pour l'Atlantique est et ouest (Figure 10).

Tableau 6. Vecteurs de prises trimestrielles par âge, années 1968 à 1981 listao Atlantique est (en milliers d'individus).

Année	Trimestre	Age (années)				
		1	2	3	4	5
1968	1	23	2859	1226	215	12
	2	103	1826	1676	55	4
	3	937	2700	731	43	27
	4	2114	2916	2149	64	8
1969	1	0	356	665	120	1
	2	2	787	636	12	0
	3	540	2124	620	8	0
	4	1472	2536	413	10	1
1970	1	2	587	472	19	0
	2	164	2470	697	4	0
	3	1898	6233	495	2	0
	4	3373	3314	246	0	0
1971	1	16	2528	1191	12	0
	2	376	1836	1367	20	1
	3	3619	6904	673	33	0
	4	8316	5763	396	20	1
1972	1	135	2734	2407	93	3
	2	422	2959	985	119	3
	3	6194	6050	532	70	10
	4	5266	5202	510	3	0
1973	1	0	4056	388	1	0
	2	1315	3706	1071	102	7
	3	7818	8577	827	14	0
	4	8088	1842	88	34	1
1974	1	282	12391	675	32	0
	2	3311	7335	1074	86	20
	3	4796	11074	1435	58	11
	4	9878	4134	312	36	1
1975	1	51	3726	1362	82	0
	2	214	1708	1386	122	33
	3	2458	5204	821	79	0
	4	4136	2514	329	70	6
1976	1	22	2876	952	202	19
	2	744	3988	447	26	76
	3	6160	5958	759	26	1
	4	6634	3482	475	24	3
1977	1	29	5893	862	123	8
	2	957	6378	1190	43	0
	3	7277	12727	1712	174	18
	4	6900	4962	789	71	2
1978	1	34	1669	898	102	10
	2	1669	8049	1423	135	2
	3	9282	10706	1363	104	3
	4	5992	2660	1180	26	11
1979	1	192	7501	400	60	56
	2	2143	5830	1032	110	8
	3	6720	7368	1105	238	8
	4	5197	1866	264	106	10
1980	1	122	6299	1080	264	70
	2	2072	7175	907	82	20
	3	5812	7787	981	114	4
	4	8568	3627	569	74	20
1981	1	378	6637	841	103	58
	2	3388	12000	1576	150	3
	3	9388	7684	434	106	10
	4	8467	5310	813	107	10

Tableau 7. Vecteurs de prises trimestrielles par âge, années 1973 à 1981, listao de l'Atlantique ouest (en milliers d'individus).

Année	Trimestre	Age (années)				
		1	2	3	4	5+Z
1973	1	0	183	66	5	43
	2	49	145	52	22	34
	3	6	15	5	2	3
	4	5	15	5	2	3
1974	1	0	231	85	7	54
	2	61	183	66	28	42
	3	15	44	16	7	10
	4	15	44	16	7	10
1975	1	9	368	112	34	14
	2	172	305	86	21	11
	3	9	25	9	4	6
	4	9	25	9	4	6
1976	1	54	440	136	42	9
	2	247	389	110	20	1
	3	21	30	9	1	0
	4	14	23	6	1	0
1977	1	3	280	117	42	17
	2	208	329	112	4	5
	3	49	67	17	1	1
	4	20	33	12	1	1
1978	1	152	419	150	36	12
	2	221	367	132	5	6
	3	142	234	75	4	4
	4	185	329	93	24	1
1979	1	3	297	169	63	20
	2	185	312	160	25	8
	3	68	270	96	13	5
	4	61	108	71	20	5
1980	1	17	555	320	124	65
	2	297	777	351	104	18
	3	489	1138	208	54	2
	4	234	310	195	88	20
1981	1	8	679	523	233	48
	2	86	439	571	589	36
	3	172	664	352	18	0
	4	47	246	213	148	78

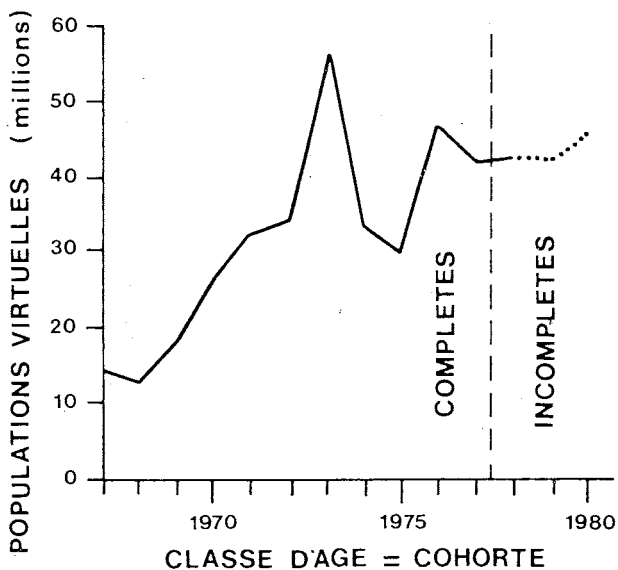


Figure 5. Populations virtuelles des cohortes recrutées de 1968 à 1981 dans l'Atlantique est.

L'examen de ces diverses figures permet plusieurs constatations importantes:

- l'essentiel des prises en nombre couvre dans l'Atlantique est une période de trois ans (ce qui correspond à des individus d'un poids compris entre 1 kg et 5.5 kg) (Tableau 6);
- les prises de listao d'âges quatre et cinq sont proportionnellement plus importantes dans l'Atlantique ouest que dans l'Atlantique est (Figure 8);
- les prises trimestrielles de chaque âge sont très variables d'une année à l'autre (Figure 9);

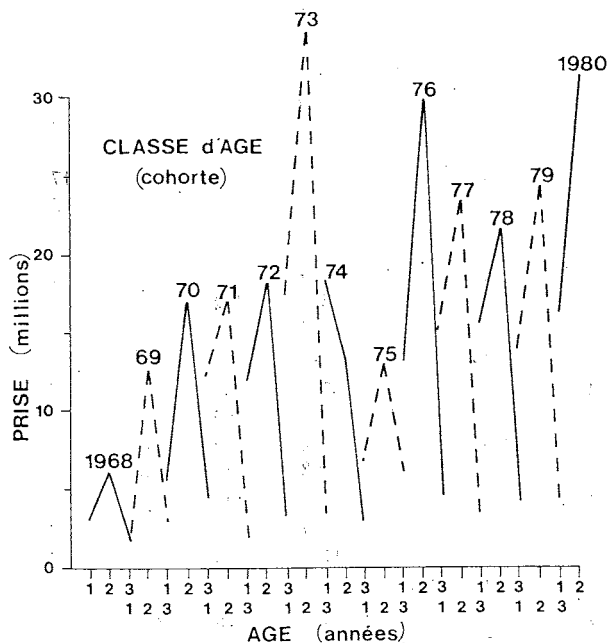


Figure 6. Prises annuelles réalisées aux âges 1 à 3 sur les cohortes 1968 à 1980.

- les populations virtuelles des cohortes recrutées entre 1968 et 1981 montrent une variabilité modérée (Figure 5);
- les populations virtuelles des classes 1967 à 1970 sont en accroissement régulier, mais avec une très faible variabilité;
- les classes 1971 à 1980 ont des populations virtuelles dont la plus forte (1973) n'est égale qu'au double de la plus faible (1975).

Cette observation reste valable, à un degré moi-

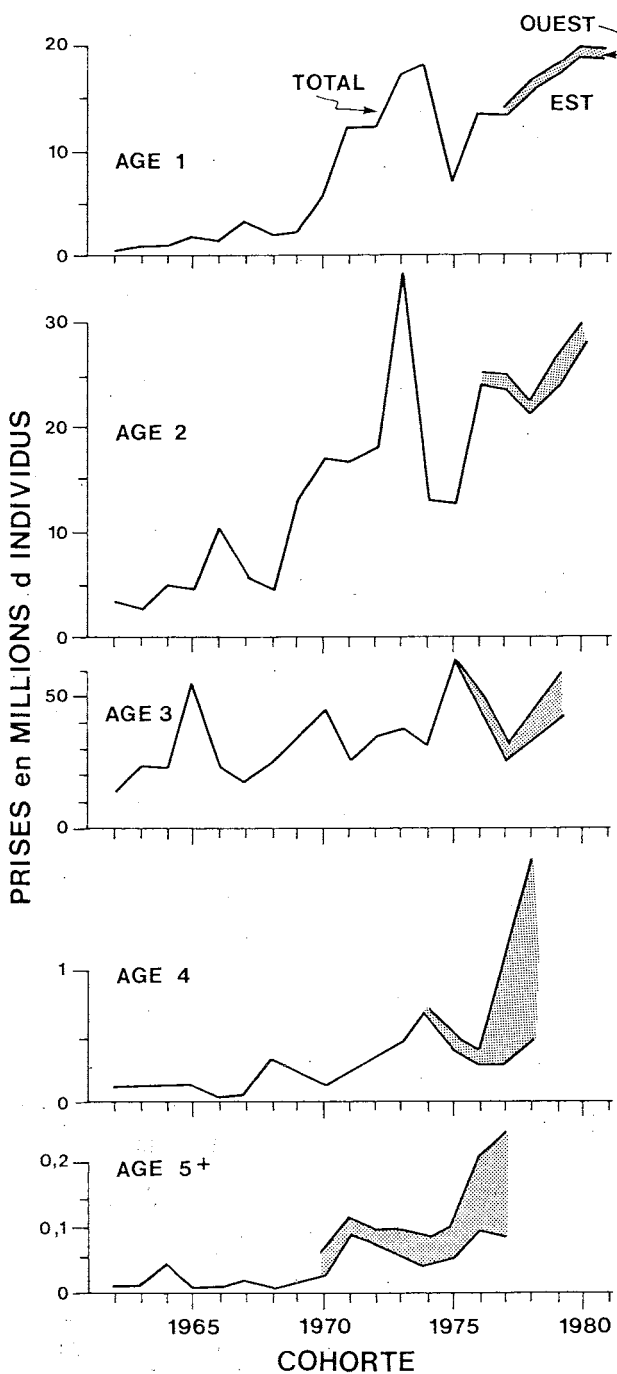


Figure 7. Evolution de 1962 à 1981 des prises annuelles réalisées dans l'Atlantique (total, est et ouest) des âges 1 à 5+.

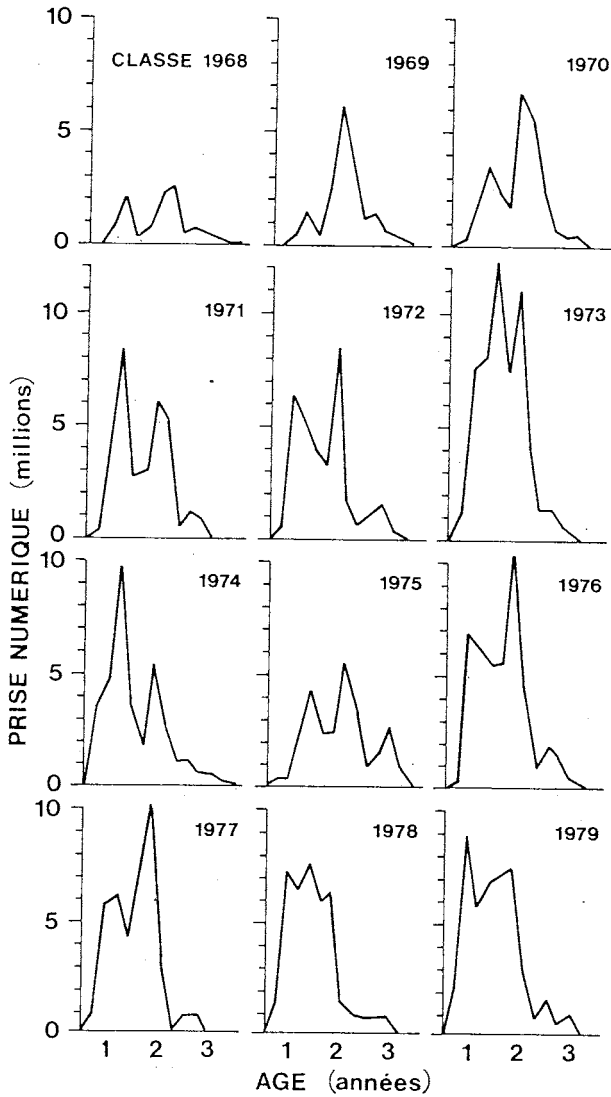


Figure 8. Prises trimestrielles en fonction de l'âge réalisées sur les cohortes 1968 à 1979 dans l'Atlantique est.

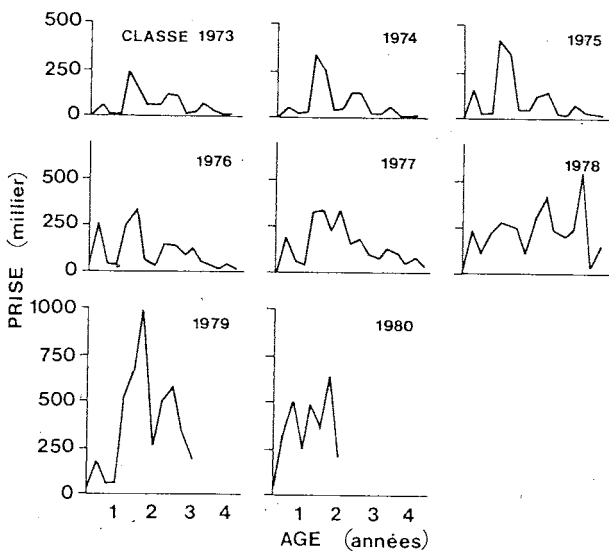


Figure 9. Prises trimestrielles en fonction de l'âge réalisées sur les cohortes 1973 à 1980 dans l'Atlantique ouest.

dre, à l'examen des prises annuelles obtenues sur chaque cohorte (Figure 6).

L'amplitude de ces variations semble être très comparable à la variabilité constatée pour d'autres thonidés tropicaux. Elle semble supérieure à celle observée pour les espèces démersales tropicales, mais bien inférieure à celle observée chez les pélagiques côtiers (Fontana 1979).

Il semble, de fait, que les prises par cohorte suivent les niveaux croissants d'effort et de mortalité par pêche en montrant:

- une variabilité modérée du recrutement (Figure 5);
- une grande variabilité de la capturabilité trimestrielle (Figure 8 et 9), mais une certaine constance de la capturabilité au niveau annuel (Figure 6).

Le terme capturabilité désigne le facteur q de l'équation classique $F = q \times f$ reliant la mortalité par pêche à l'effort de pêche. On ne fait donc pas

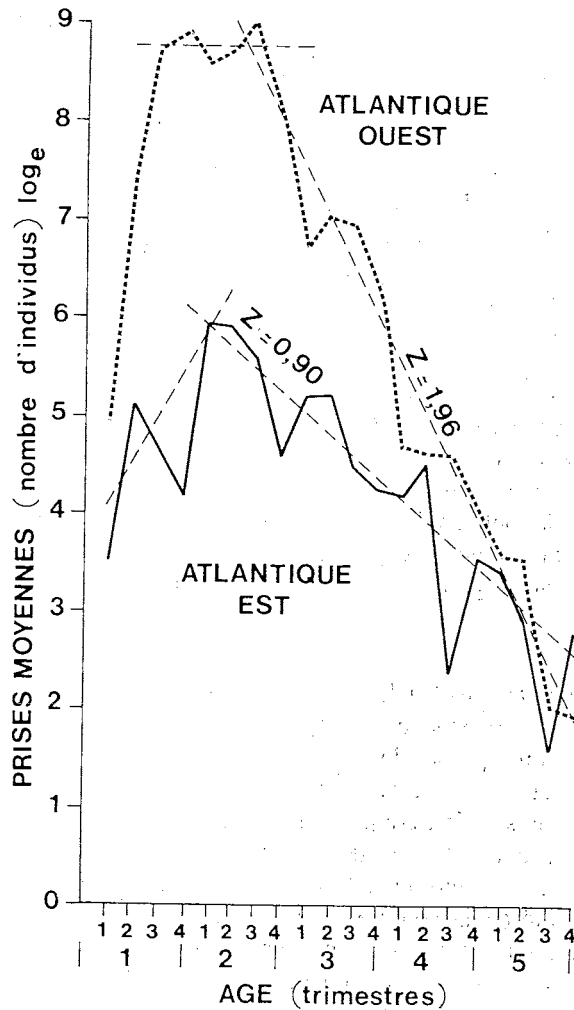


Figure 10. Prises moyennes par âge de 1973 à 1981, par trimestre, dans l'Atlantique est et dans l'Atlantique ouest.

d'hypothèse à ce stade sur les causes possibles de ces variations.

On peut faire ces observations du fait qu'il existe en permanence dans l'Atlantique est un effort de pêche susceptible de s'exercer sur le listao quand cette espèce est présente.

On ne peut bien entendu rejeter d'autres explications à ces observations, par exemple l'emploi d'une loi de croissance erronée ou l'insuffisance des échantillonnages de tailles qui conduit à pratiquer des substitutions de strates en nombre parfois excessif.

Quoi qu'il en soit et nonobstant ces incertitudes, l'hypothèse de la stabilité du recrutement sera conservée dans un premier temps comme hypothèse préliminaire de travail. Cette hypothèse simplificatrice demeure en effet acceptable en l'absence de très fort ou très faible recrutement, et dès lors que le recrutement ne manifeste pas de tendance marquée. Cette hypothèse semble en outre résulter logiquement des travaux de Cayré et Farrugio (ce volume) sur la fécondité et la ponte du listao.

En effet, du fait du fort potentiel de ponte du listao et de la diversité des conditions où il peut se reproduire, on peut penser qu'il devrait exister une certaine stabilité du recrutement, indépendamment du niveau du stock reproducteur, au moins dans certaines limites de la biomasse et indépendamment des conditions écologiques dans telle ou telle strate (du fait du caractère opportuniste de la reproduction du listao). Dans une deuxième étape on tentera d'estimer les variations du recrutement.

L'examen des vecteurs moyens de prises par âge durant la décennie 1972 à 1981 pour l'Atlantique est, et 1973 à 1981 pour l'Atlantique ouest (Figure 10), est aussi du plus grand intérêt et permet, indépendamment de toute analyse de cohorte, de dégager un certain nombre de concepts relatifs à la biologie du listao et à sa disponibilité dans les pêcheries actuelles (Figure 11).

On note dans l'Atlantique est que les prises par âge sont en moyenne constantes de 1,5 ans à 3,0 ans, après une phase de recrutement progressif. Sans préjuger des résultats des analyses des cohortes ultérieures, cela traduit très probablement un recrutement progressif dans les pêcheries jusqu'à l'âge de trois ans, recrutement qui vient compenser la mortalité de la cohorte (naturelle et par pêche). De trois à cinq ans les prises par âge décroissent très rapidement à un taux annuel apparent $Z \approx 1,96$. Une telle baisse surestime très probablement beaucoup la baisse réelle de la population, car une mortalité naturelle de cet ordre de grandeur semble peu vrai-

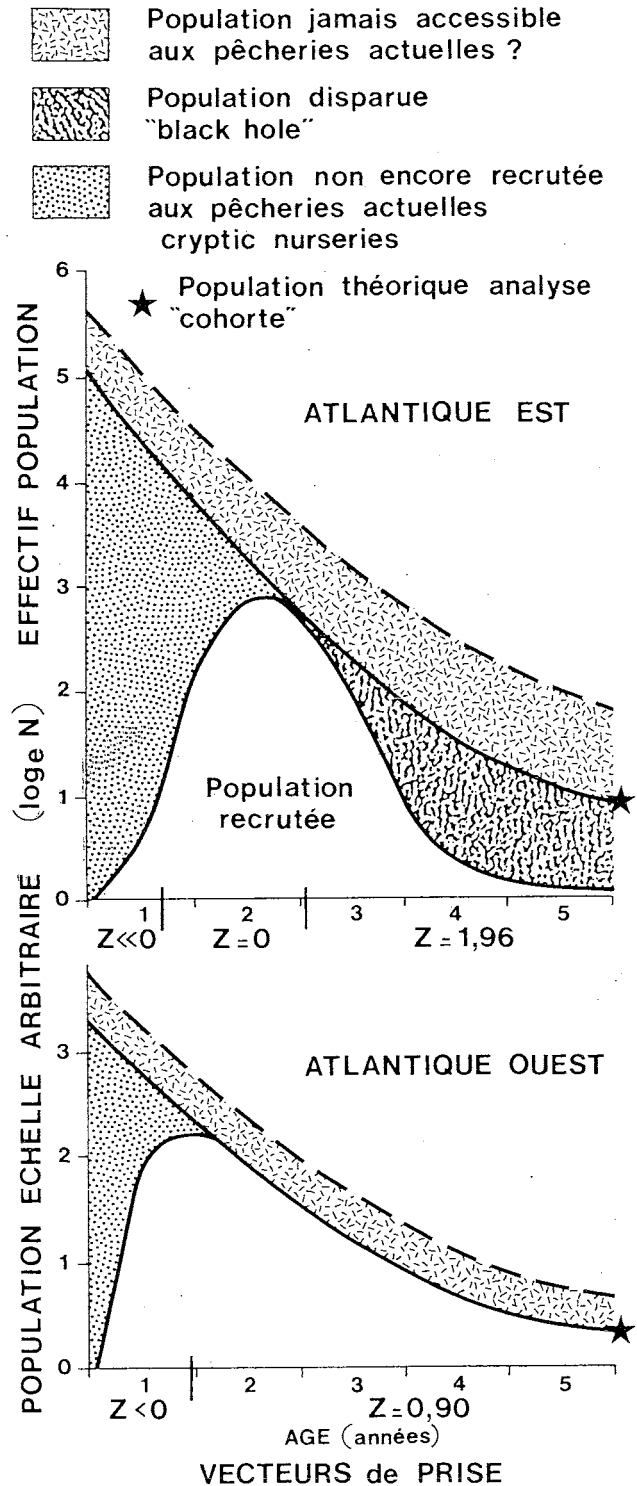


Figure 11. Concepts déduits de l'examen des vecteurs de prises moyennes par âge dans l'Atlantique est et ouest.

semblable, et la prise réduite ne peut pas entraîner un F élevé. On doit donc envisager deux hypothèses:

- à l'âge de trois ans (4,5 kg), la cohorte est brutalement victime d'une forte mortalité naturelle;
- elle n'est plus que très peu disponible aux engins de pêche actuels travaillant dans l'Atlantique

de l'est, soit par suite de migrations, soit par suite d'un changement de comportement.

Au contraire, dans l'Atlantique ouest, le vecteur moyen des prises par âge a une allure très différente (Figure 10); après une montée progressive entre un et deux ans (recrutement progressif), il décroît régulièrement à un taux annuel apparent $Z \approx 0,90$. Sans préjuger là non plus des résultats de l'analyse des cohortes, un tel taux correspond assez bien a priori à une mortalité naturelle "raisonnable" et à un taux de mortalité par pêche modéré, sans qu'on doive faire intervenir des changements importants de la disponibilité par âge. Enfin l'allure "classique" du vecteur des prises dans l'ouest rend peu probable l'hypothèse d'un fort accroissement de M à partir de trois ans, hypothèse, biologiquement peu crédible, qui avait été envisagée pour expliquer la disparition brutale des listaos de plus de trois ans à l'est.

Cette discussion de vecteur des prises par âge dans l'Atlantique ouest n'est pertinente que si la même croissance s'applique dans les deux secteurs. Si par exemple la croissance à l'ouest est beaucoup plus rapide qu'à l'est, les différences dans les tailles capturées (Figure 1) pourraient ne pas être dues à des différences dans les âges capturés, mais à cette différence dans la loi de croissance.

4. L'Analyse des Cohortes

4.1 METHODE

4.1.1 Généralités

L'analyse des cohortes a été réalisée en utilisant le programme écrit par Fox (com. pers.) dans une version modifiée par Fonteneau permettant l'emploi de la solution directe à partir d'une estimation, non pas du F dans le premier intervalle, mais du recrutement correspondant à ce F . La méthode utilisée est celle décrite par Tomlinson (1970). Tous les calculs ont été réalisés sur de "vraies" cohortes, i.e. non pas sur des cohortes "synthétiques" comme lors des groupes de travail de Dakar (ORSTOM 1976) et Brest (ICCAT 1980b).

En effet, lors des précédents groupes de travail la composition moyenne par âge durant diverses périodes avait seule été analysée (cohortes synthétiques) alors que la présente étude porte sur la reconstitution des vecteurs de prises par âge de toutes les cohortes présentes dans la pêcherie durant la période d'étude. Les analyses ont été conduites dans les deux hypothèses d'un stock unique ou de deux stocks, selon une procédure analogue.

4.1.2 Hypothèse recrutement constant

L'analyse dans un premier temps a retenu l'hypothèse d'un recrutement constant. Concernant le niveau de ce recrutement, donc du taux d'exploitation du stock, deux hypothèses ont été retenues.

Pour le stock de l'Atlantique est: ce stock semble, a) soit proche de la pleine exploitation à la ligne, b) soit modérément exploité. Ces deux hypothèses seront dénommées ci-après F_{\max} et F_{\min} dans la suite de l'exposé. L'objectif d'une telle analyse est de calculer des vecteurs de mortalités par pêche en fonction de l'âge dans ces deux hypothèses, puis de calculer les diagrammes de productions par recrue correspondants.

La solution F_{\max} a été choisie en fixant le niveau du recrutement au plus bas niveau capable de générer tous les vecteurs de prises observés jusqu'à présent. La même démarche a été adoptée pour $M = 0,6$ et $M = 0,8$ fournissant des estimations du recrutement minimum moyen égales à 125 million ($M = 0,6$) et 175 millions d'individus ($M = 0,8$) à l'âge du recrutement dans la pêcherie (à une taille inférieure à 38 cm au premier trimestre).

Pour des valeurs inférieures du recrutement, il n'y a pas de solution à l'analyse de cohortes des classes ayant une population virtuelle importante.

La solution F_{\min} est fixée par hypothèse à un niveau de recrutement double de celui calculé dans l'hypothèse F_{\max} , soit respectivement 250 millions ($M = 0,6$) et 350 millions ($M = 0,8$) d'individus.

On verra dans l'analyse de la production par recrue (chapitre 5.3) que ces deux hypothèses correspondent à un potentiel d'accroissement de la production par recrue d'environ 10% (F_{\max}) à 100% (F_{\min}), pour des taux de mortalités par pêche accrus.

Pour le stock de l'Atlantique ouest: ce stock semble a) soit modérément exploité (F_{\max}), b) soit-sous exploité (F_{\min}). Dans l'hypothèse F_{\max} , les recrutements moyens ont été estimés à 30 et 20 millions d'individus ($M = 0,8$ et $0,6$) à des niveaux approximativement égaux au double du recrutement minimum susceptible de permettre les prises observées. Ce choix est largement arbitraire mais correspond aux fortes incertitudes dans le secteur, liées au caractère récent des pêcheries et à la médiocrité des données statistiques dans le secteur.

On verra au chapitre 5.4 qu'à la solution F_{\max} correspondra un potentiel d'accroissement de la production par recrue d'environ 70% pour des vecteurs F multipliés par 6. La solution F_{\min} de l'analyse des

4.2 RESULTATS A RECRUTEMENT CONSTANT

4.2.1 Taux de mortalité par pêche, M constant égal à 0,6 et 0,8

Les taux de mortalité par pêche trimestriels ont été calculés de 1968 à 1981 dans l'Atlantique est, et de 1973 à 1981 dans l'Atlantique ouest et dans l'ensemble de l'Atlantique. Afin de pouvoir mieux visualiser ces résultats, les taux de mortalité par pêche ont été regroupés par périodes de quelques années jugées relativement homogènes et caractéristiques:

— Atlantique est: 1970 à 1973, 1974 à 1977, 1978 à 1981 (Figure 12);

— Atlantique ouest: 1973 à 1976, 1980 et 1981 (Figure 13).

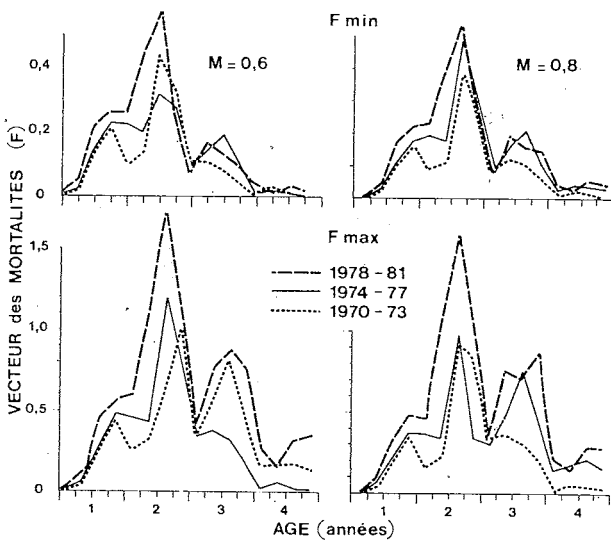


Figure 12. Vecteur des mortalités par pêche moyennes calculées pour l'Atlantique est pour $M = 0,6$ et $M = 0,8$ dans les hypothèses recrutement constant et stock, soit modérément exploité (F_{min}), soit assez fortement exploité (F_{max}). Les F moyens sont calculés pour trois périodes caractéristiques de l'évolution des pêcheries: 1970 à 1973, 1974 à 1977, 1978 à 1981.

Ces moyennes pluriannuelles ont en outre pour objectif de mettre en relief les tendances des taux de mortalités par pêche en résorbant la forte variabilité inter-annuelle des taux de mortalité par pêche trimestriels.

(a) Dans l'Atlantique est on constate:

— Les faibles différences dans les "allures" des vecteurs F calculés dans les hypothèses F_{min} et F_{max} , et pour $M = 0,6$ ou $M = 0,8$.

— La faiblesse des taux de mortalité par pêche lors de l'année du recrutement à un poids moyen inférieur à 2,5 kg (soit un âge inférieur à 2,5 ans), alors que ces poissons sont fréquents dans les prises.

— La décroissance régulière des taux de mortalité

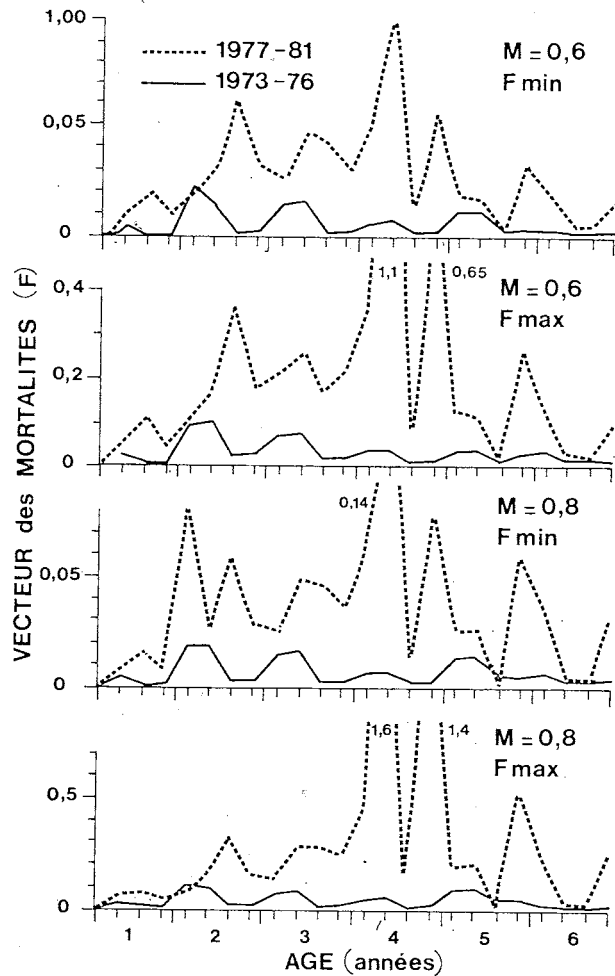


Figure 13. Vecteur des mortalités par pêche moyennes calculées pour l'Atlantique ouest pour $M = 0,6$ et $M = 0,8$ dans les hypothèses recrutement constant et stock assez fortement exploité (F_{max}), ou recrutement constant et stock modérément exploité (F_{min}). Les F moyens sont calculés pour deux périodes caractéristiques de l'évolution des pêcheries: 1973 à 1976, 1977 à 1981.

par pêche de l'âge 2,5 à la fin de l'âge 4, soit à des poids moyens compris entre 2,5 et 8 kg. Cette décroissance semble indépendante du niveau d'exploitation du stock; elle est très voisine de 1968 à 1981.

— L'existence d'un cycle saisonnier marqué des taux de mortalité par pêche avec des F maxima pour tous les âges au troisième trimestre.

— La tendance à l'accroissement de la mortalité par pêche dans des proportions voisines pour les quatre classes d'âge exploitées avec des F "significatifs", (par exemple supérieur à 0,1) entre les années 1970-73 et 1979-81.

(b) Dans l'Atlantique ouest on note:

— La relative constance des F entre les âges 1 et 5: les F manifestent des fluctuations saisonnières notables, mais ont une tendance stable et ne montrent pas la forte tendance décroissante observée à l'est.

— Le très notable accroissement des F entre la période 1973-76 et 1980-81, et ceci quel que soit le niveau d'exploitation du stock.

(c) Dans l'Atlantique total:

— L'analyse donne des résultats analogues à ceux de l'Atlantique est du fait de la dominance des prises de ce secteur. Le vecteur F calculé dans l'hypothèse F_{max} pour la période récente 1980-81 est seul représenté (Figure 14). On note la même tendance décroissante des F avec l'âge, à un degré moindre toutefois que dans le secteur Atlantique est pris isolément.



Figure 14. Vecteur des mortalités par pêche moyennes calculées pour l'Atlantique total pour $M = 0,6$ dans les hypothèses recrutement constant et stock assez fortement exploité (F_{max}), période 1979-1981.

4.2.2 Population sous-jacente et biomasse, M constant

L'analyse des cohortes permet de calculer pour chacune de ses solutions une estimation de la population sous-jacente par âge en nombre d'individus. Connaissant la croissance pondérale des individus, il est alors aisé de calculer la tendance de la biomasse annuelle du stock. Ce calcul a été réalisé dans les deux hypothèses de stock, en prenant comme biomasse annuelle moyenne la biomasse de chaque classe à la fin du deuxième trimestre (Figure 15). On note une faible variabilité inter-annuelle des biomasses, variabilité très inférieure par exemple à celle des *pue* en listao. La tendance des indices est identique quelle que soit l'hypothèse sur F , mais à des niveaux absolus de biomasse bien entendu différents selon les hypothèses F_{min} et F_{max} .

Cette stabilité des biomasses a été probablement accentuée par l'hypothèse de travail d'un recrutement constant (hypothèse qui demeure sans doute assez proche de la réalité si l'on examine la faible variabilité des populations virtuelles). Il n'en demeure pas moins vrai que, pour un stock à quatre ou cinq classes d'âge

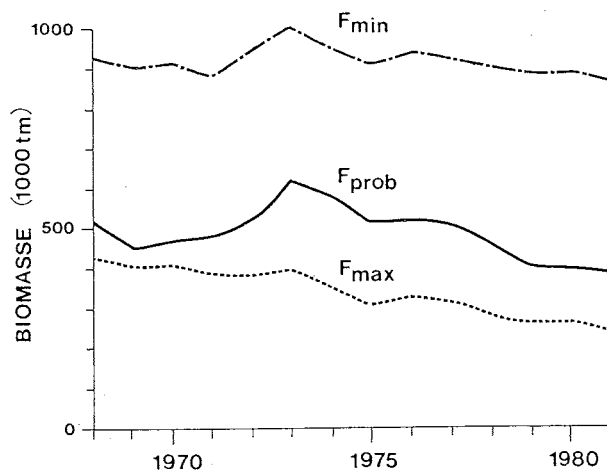


Figure 15. Evolution de la biomasse listao de l'Atlantique est, dans les hypothèses F_{max} , F_{min} à recrutement constant et dans l'hypothèse F_{prob} à recrutement variable (niveau moyen = 157 millions à l'âge 1,0).

dont la variabilité du recrutement est modérée, on doit *nécessairement* avoir une biomasse assez peu variable, biomasse dont la tendance décroissante est déterminée par l'accroissement des prises. Ce résultat est l'un des plus importants et peu discutables de la présente analyse des cohortes. Il dépend bien entendu des hypothèses de travail retenues, mais traduit très probablement une réalité: du fait que le listao n'est pleinement disponible que durant une période assez brève de sa vie et du fait que la capturabilité saisonnière est variable, il y a une forte variabilité de l'abondance apparente alors que la biomasse des cinq classes d'âge réellement présentes est probablement beaucoup plus stable. De ce fait, on doit penser que les variations de *pue*, au moins de celles calculées d'une manière "traditionnelle", ne représentent pas véritablement l'abondance du stock mais largement les variations de la *capturabilité* d'une fraction du stock à telle ou telle pêcherie. Cela confirme donc qu'il sera difficile d'envisager d'ajuster un modèle global à de telles données (Fonteneau ce volume) où la *pue* ne traduit pas l'abondance, et où l'effort ne correspond pas à la mortalité par pêche exercée par les flottilles.

4.3 RESULTATS A RECRUTEMENT VARIABLE

Les F calculés selon la méthode décrite au paragraphe 4.1.3. apparaissent au Tableau 9. L'examen de l'évolution de l'effort de pêche suggère que la mortalité par pêche subie par chaque cohorte de 1968 à 1981 a été en accroissement régulier.

L'accroissement de l'effort est environ de 1 à 3 entre 1969 et 1981; on retiendra donc cette amplitude pour la variation du F moyen dans la période. On

Tableau 9. Exemples de taux trimestriels de mortalité par pêche, F, (exprimés sur une base annuelle) calculés par analyse des cohortes dans la solution "F_{prob}" (F ajustés à l'effort), M = 0,6, recrutement variable (listao de l'Atlantique est).

Année de pêche	Age — ans et trimestres															
	1.0				2.0				3.0				4.0			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1968	,001	,005	,058	,156	,148	,113	,202	,269	,125	,206	,109	,394	,000	,000	,000	,000
1969	,000	,000	,022	,070	,031	,081	,266	,401	,075	,085	,098	,077	,027	,003	,002	,004
1980	,003	,067	,225	,417	,421	,635	,977	,649	,246	,256	,347	,252	,125	,011	,003	,015
1981	,010	,110	,375	,435	,417	1,047	1,035	,665	,195	,460	,159	,370	,055	,095	,080	,098

conservera toutefois une autre hypothèse de travail consistant à admettre un F multiplié par 5 (accroissement probablement surestimé) pour analyser la sensibilité de la méthode à l'emploi d'une évolution biaisée de l'effort de pêche. Le niveau actuel ou passé de F demeure problématique; on fera donc deux hypothèses sur le F moyen actuel; celle d'un F élevé et celle d'un F modéré exercés dans la période récente sur la classe 1979.

On calculera ensuite, à l'aide du Tableau 8, les recrutements de chaque cohorte correspondant aux F ayant les taux d'accroissement admis. Les résultats de cette analyse sont représentés Figure 16.

On constate que la variabilité du recrutement ainsi calculée semble peu dépendante des hypothèses sur le niveau et la tendance de F. On met ainsi en évidence

dans tous les cas une forte classe 1973, supérieure d'environ 55% à la moyenne 1969-1979 et trois classes médiocres, les classes 1968 (40% inférieure), 1974 et 1975 (20% inférieure). On donnera aux classes l'année du recrutement dans les pêcheries, i.e. la classe 1979 désigne la classe recrutée en 1979. Les autres classes semblent proches du niveau moyen du recrutement de la période.

On gardera comme schéma de variabilité le plus probable la variabilité relative du recrutement calculée avec un F moyen multiplié de 1 à 3 entre 1968 et 1981 et d'un F modéré dans la période récente. (ce schéma retenu est très peu différent de ceux obtenus dans d'autres hypothèses comme le montre la Figure 16). On multipliera ensuite ce vecteur recrutement par un facteur multiplicatif tel que, ces recrutements étant introduits dans l'analyse de cohorte, le vecteur des mortalités par pêche moyennes aux âges 1,5 à 4,0 ans ait la même tendance que l'effort de pêche. On minimisera à cet effet la somme des carrés des différences entre efforts et mortalités par pêche de chaque année de pêche. Pour des recrutements trop faibles, la mortalité par pêche tend à croître plus vite que l'effort de pêche. Pour des recrutements très élevés, l'effort de pêche s'accroît plus vite que la mortalité par pêche.

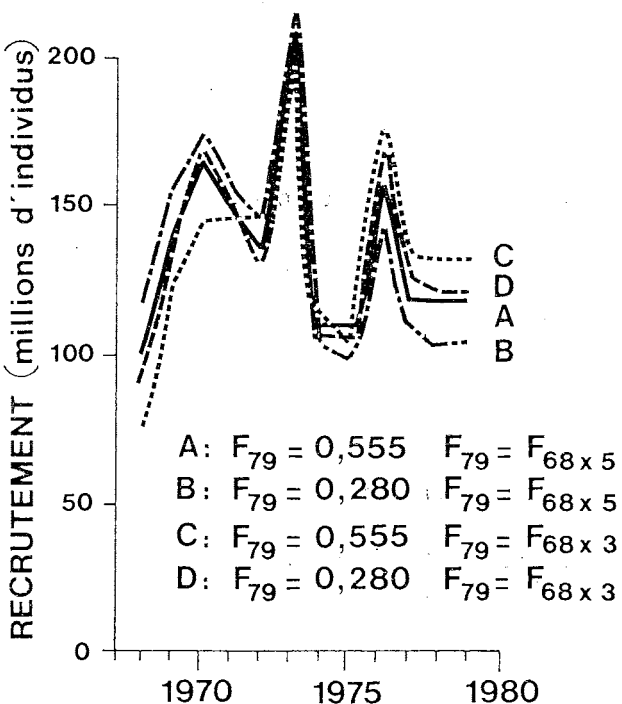


Figure 16. Variations estimées du recrutement listao de l'Atlantique est selon la tendance et le niveau de la mortalité par pêche.

Le vecteur des recrutements permettant de calculer les F les mieux en accord avec les efforts annuels est à un niveau moyen de 157 millions. Ce vecteur de recrutement est représenté Figure 17. Cette solution de l'analyse des cohortes (recrutement variable, F ajustés aux efforts) sera appelée F_{prob}. Les taux de mortalité par pêche par âge dans cette hypothèse sont donnés au Tableau 9 et représentés sur la Figure 18 pour la période récente 1969 à 1981. L'évolution du taux de mortalité de pêche par année (de pêche) de 1967 à 1981 est elle représentée Figure 19, afin d'être comparée à l'évolution des biomasses calculées dans l'hypothèse d'un recrutement constant. Cette solution de l'analyse des cohortes est celle qui sera jugée comme traduisant au mieux la dynamique passée du stock de listao.

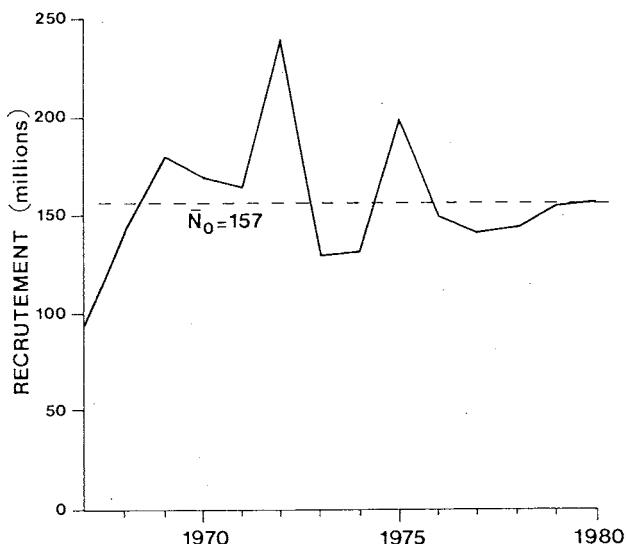


Figure 17. Variation estimée du recrutement jugée la plus probable pour le listao de l'Atlantique est.

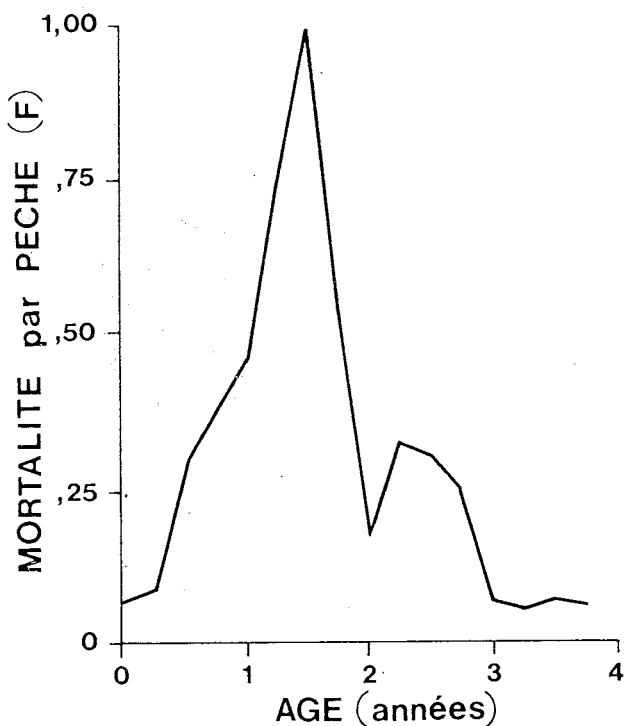


Figure 18. Taux trimestriels de mortalités par pêche du listao de l'Atlantique est en fonction de l'âge, $M = 0,6$, F ajusté à l'effort de pêche, recrutement variable, moyenne de la période 1979 à 1981.

5. Production par Recrue

5.1 GENERALITES

Le modèle employé a été classiquement le modèle de production par recrue de Ricker (1975) avec:

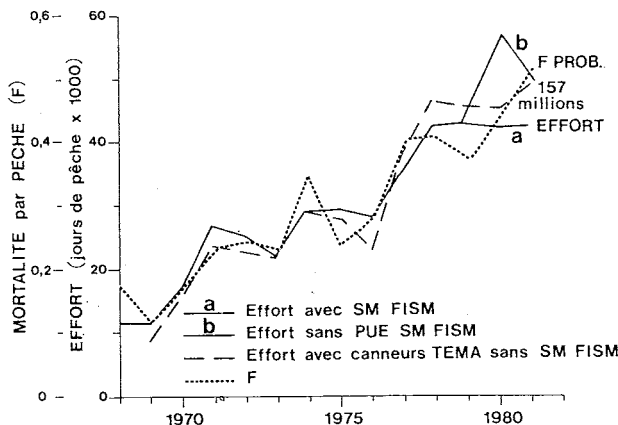


Figure 19. Effort de pêche et taux de mortalité par pêche annuels moyens calculés dans la solution F_{prob} de l'analyse des cohortes avec un recrutement variable, listao de l'Atlantique est.

- mortalité naturelle constante;
- une mortalité par pêche constante, puis une mortalité par pêche variable en fonction de l'âge.

Dans ce dernier cas, les vecteurs F par âge sont ceux calculés par année de pêche à partir des analyses de cohortes menées sur les "vraies" cohortes de 1965 à 1981 (Tableau 8). La base de temps est, comme pour l'analyse des cohortes, le trimestre. La croissance pondérale est celle représentée Figure 2 et correspond à la croissance en longueur représentée sur la même figure.

La production par recrue a été calculée sur les périodes de temps de la pêcherie jugées "homogènes" au paragraphe 4.2.1., afin d'analyser la production par recrue durant des périodes "caractéristiques" et en moyennant les erreurs possibles commises dans le calcul d'un F d'une année à un âge donné.

Les mêmes calculs de production par recrue sont menés dans les trois hypothèses de deux stocks est et ouest, et dans celle d'un stock unique dans l'Atlantique.

5.2 PRODUCTION PAR RECRUE A F CONSTANT

Dans ce calcul on introduira un F constant, variant de 0 à 1,0, indépendamment des résultats de l'analyse des cohortes.

Il est clair pour le listao que F n'est pas constant en fonction de l'âge, quelles que soient les hypothèses sur l'identité des stocks, la croissance et la mortalité naturelle. L'analyse de production par recrue à F constant présente toutefois un intérêt certain, dans la

mesure où elle sert de valeur de référence à laquelle on pourra utilement comparer les résultats obtenus avec des valeurs de F plus conformes aux observations. Les résultats de cette analyse sont représentés sous forme graphique sur la Figure 20 pour $M = 0,6$ et un recrutement de 200 millions d'individus (donc comparable à une hypothèse F_{min}). On remarque immédiatement la forme caractéristique des isoplèthes de production par recrue: dans toute la gamme des F "raisonnables" pour une pêcherie exploitant le stock d'un taux d'exploitation modéré à un taux élevé, il n'y a ni bénéfice, ni perte significative de production par recrue, à augmenter l'âge à la première capture. Ce résultat "paradoxal" résulte de toute évidence de la forme particulière de la courbe de croissance en poids qui est quasiment linéaire du recrutement jusqu'à la disparition des individus de la pêcherie. On note en outre que la prise maximale d'une telle pêcherie est à peine supérieure à 175,000 TM pour un F légèrement supérieur à M .

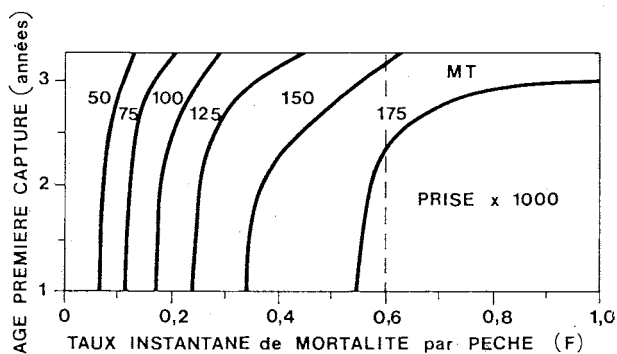


Figure 20. Modèle de production par recrue à F et M constants ($M = 0,6$).

5.3 PRODUCTION PAR RECRUE ATLANTIQUE EST

5.3.1 Ensemble des pêcheries

La production par recrue dans l'hypothèse d'un stock Atlantique est a été calculée durant deux périodes caractéristiques de la pêcherie de listao:

- Années 1970 à 1973 (pêcherie historique);
- Années 1979 à 1981 (pêcherie actuelle).

La même analyse a tout d'abord été conduite dans les hypothèses F_{min} et F_{max} , avec un recrutement constant, décrites au chapitre 4.1 à l'analyse des cohortes, et pour $M = 0,6$ et $M = 0,8$.

Ces résultats sont représentés Figures 21 et 22. On constate sur ces figures que l'allure des isocourbes de production par recrue est très comparable quelles que soient la valeur de M , la période d'étude et l'hypothèse sur le degré d'exploitation du stock.

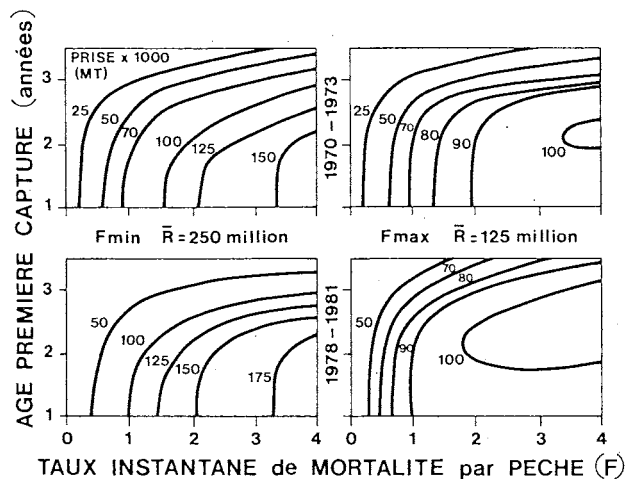


Figure 21. Modèle de production par recrue pour $M = 0,6$, recrutement constant, dans les hypothèses F_{min} et F_{max} pour le listao de l'Atlantique est.

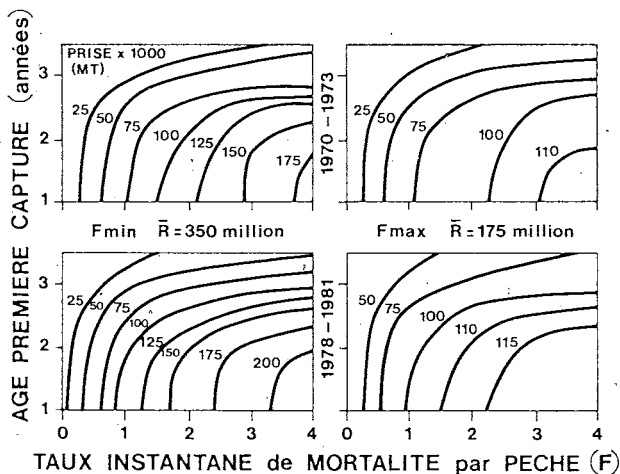


Figure 22. Modèle de production par recrue pour $M = 0,8$, recrutement constant, dans les hypothèses F_{min} et F_{max} pour le listao de l'Atlantique est.

On constate en particulier que dans tous les cas il n'y a *ni bénéfice, ni perte* sensible de production par recrue à ne pas capturer les listaos entre 1 et 2 ans ou 2,5 ans.

Ce résultat est conforme aux analyses réalisées en 1976 pour la période historique (ORSTOM 1976). Il répond à la question qui était posée lors de la réunion du Comité permanent pour la Recherche et les Statistiques (de l'ICCAT) en 1982 concernant un éventuel changement de stratégie de pêche de certaines pêcheries durant la période "récente".

La production par recrue du stock de l'Atlantique est a aussi été calculée pour les résultats de l'analyse des cohortes les mieux en accord avec la tendance des efforts pour $M = 0,6$ (F_{prob}) avec un recrutement

variable (Tableau 10). Ce résultat est représenté à la Figure 23a. La pêcherie actuelle (1979 à 1981) exploiterait le listao avec le vecteur des F par âge représenté sur la même figure. Un doublement de ce vecteur F entraînerait un accroissement du production par recrue de 30% selon le schéma actuel des F par âge.

5.3.2 Analyse de la production par recrue multi-engins

(a) Généralités: Chaque pêcherie de listao de l'Atlantique est exploitée en général une certaine gamme de tailles (et d'âges) caractéristique de celle-ci. Certaines pêcheries en particulier exploitent en majorité des listaos de petite taille, par exemple la pêcherie de l'Angola (canneurs et senneurs qui capturent les mêmes tailles de listao) et celle des canneurs de Téma. Les résultats des marquages suggèrent fortement que ces pêcheries exploitent en aval le même stock que les autres pêcheries de senneurs et de canneurs qui exploitent dans l'Atlantique est les listaos plus âgés; il est donc très intéressant d'analyser la compétition potentielle, en termes de production par recrue, entre les engins capturant une dominance de jeunes poissons et les autres pêcheries. Deux types de compétitions seront ainsi analysés:

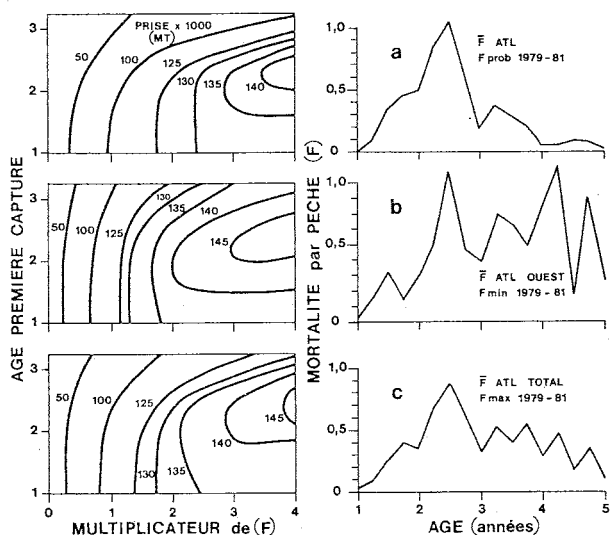


Figure 23. Production par recrue calculée selon divers schémas d'exploitation:

- (a) le vecteur des F moyens par âge de l'Atlantique est, période 1979-81, hypothèse F_{prob} , $M = 0,6$, recrutement variable;
- (b) le vecteur des F moyens par âge de l'Atlantique ouest, période 1979-81, hypothèse F_{min} , $M = 0,6$, recrutement constant;
- (c) Le vecteur des F moyens par âge de l'Atlantique total, période 1979-81 hypothèse F_{max} , $M = 0,6$, recrutement constant.

Tableau 10. Production par recrue du listao de l'Atlantique est (en milliers de tonnes métriques) dans l'hypothèse $M = 0,6$, recrutement variable et F ajustés à la tendance de l'effort.

Age première capture (années)	Période 1970-1973					
	Multiplieurs du vecteur F					
	5,0	1,0	1,25	1,50	2,0	4,0
	Production par recrue (TM × 1000)					
3,0	11	21	26	31	40	70
2,75	19	36	44	51	64	104
2,50	29	53	64	73	89	131
2,25	32	58	69	79	96	136
2,00	34	61	72	82	99	138
1,75	37	66	78	88	104	140
1,50	39	69	81	91	107	140
1,25	39	69	81	91	108	140
1,00	39	69	81	91	108	140

Age première capture (années)	Période 1974-1977					
	Multiplieurs du vecteur F					
	0,50	1,0	1,25	1,50	2,0	4,0
	Production par recrue (TM × 1000)					
3,00	38	32	38	45	57	92
2,75	25	47	56	65	80	121
2,50	38	67	79	90	108	145
2,25	43	74	87	98	115	150
2,00	47	80	93	104	121	150
1,75	51	86	99	109	125	149
1,50	54	89	102	112	127	149
1,25	54	89	102	112	127	148
7,00	54	89	102	112	127	148

Age première capture (années)	Période 1978-1981					
	Multiplieurs du vecteur F					
	0,50	1,0	1,25	1,50	2,0	4,0
	Production par recrue (TM × 1000)					
3,00	22	41	50	58	72	135
2,75	31	57	68	78	94	135
2,50	48	82	96	107	124	156
2,25	58	96	109	120	136	159
2,00	62	101	114	124	138	157
1,75	66	105	117	127	140	153
1,50	69	107	120	129	140	151
1,25	70	108	120	129	140	150
1,00	70	108	120	129	140	150

celle entre la pêcherie de Téma et les autres pêcheries de l'Atlantique est, puis celle entre la pêcherie angolaise et les autres pêcheries.

(b) Canneurs de Téma et autres pêcheries: Le calcul de la production par recrue est effectué dans la période récente 1978-1981, à partir des taux de mortalité par pêche moyens par âge calculés durant cette période (F ajusté aux efforts, recrutements variables, $M = 0,6$).

On dispose par l'analyse des cohortes des estima-

Tableau 11. Estimation des F partiels par engin des canneurs de Téma et des canneurs angolais de 1978 à 1981 (prises moyennes à l'âge, en milliers d'individus).

Age	An Trim.	Prises moyennes				F	
		F-1978-81 (F _{prob})	tous engins Atl. est	Prises moyennes 1978-81 canneurs Téma	Prises moyennes 1970-81 canneurs Angola	F canneurs Téma	F canneurs Angola
1	1	0,005	181	111	38	0,003	0,0010
2	2	0,077	2318	1084	118	0,036	0,0039
3	3	0,311	7553	3192	65	0,131	0,0156
4	4	0,364	7056	2886	381	0,149	0,0197
2	1	0,369	5526	3109	896	0,208	0,0598
2	2	0,719	8263	2353	153	0,205	0,0129
3	3	1,060	8386	3053	121	0,386	0,0153
4	4	0,526	2915	581	86	0,105	0,0155
3	1	0,163	805	181	21	0,037	0,0043
2	2	0,307	1234	187	0	0,046	0
3	3	0,288	971	82	0	0,024	0
4	4	0,261	706	93	0	0,034	0
4	1	0,061	132	6	0	0,003	0
2	2	0,054	119	16	0	0,007	0
3	3	0,064	140	11	0	0,005	0
4	4	0,047	78	8	0	0,005	0
5	1	0,025	37	2	0	0,001	0
2	2	0,006	8	3	0	0,001	0
3	3	0,004	6	0	0	0	0
4	4	0,010	11	0	0	0	0

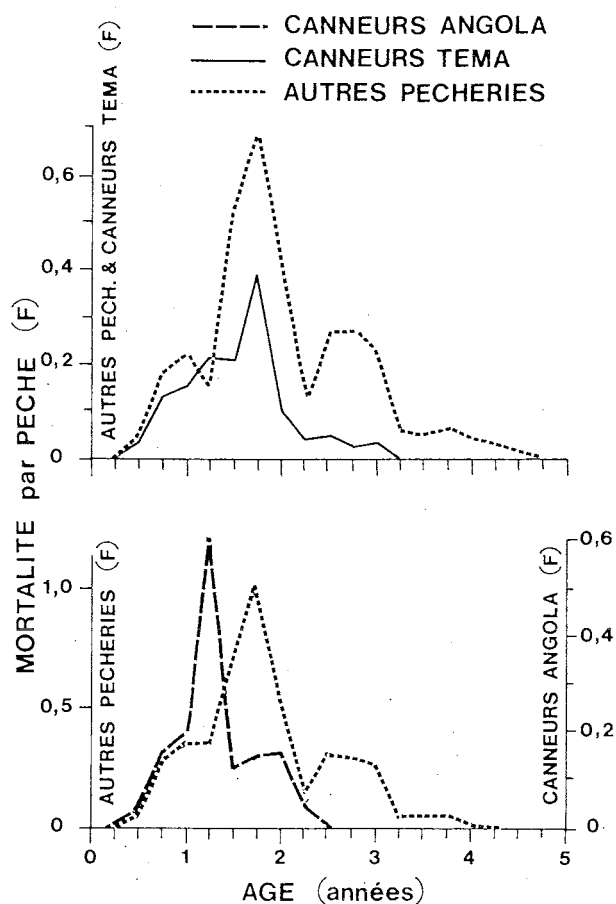


Figure 24. Vecteurs F par âge de la pêcherie des canneurs de Téma et de celle des canneurs de l'Angola et mortalité par pêche des autres pêcheries de l'Atlantique est (solution F_{prob} de l'analyse des cohortes, moyennes 1978 à 1981).

tions des F par âge pour tous les engins réunis. On connaît par ailleurs la prise, en nombre d'individus, par âge, de chaque engin dans la même période. Il est alors aisé de calculer les F partiels de chaque engin en ventilant le F total proportionnellement à la prise de chaque engin (Tableau 11). Les vecteurs F par âge ainsi estimés sont représenté Figure 24. On note la différence marquée entre ces deux vecteurs F, les canneurs de Téma exploitant le stock à un plus jeune âge.

Ces vecteurs F constituent la donnée de base de l'analyse de la production par recrue multi-engins. Tout accroissement de la mortalité par pêche d'un engin décroît le production de l'ensemble des autres engins (Tableau 12). Dans la situation actuelle tout accroissement de la mortalité par pêche générée par l'un ou l'autre engin augmente la production par recrue globale. Pour des mortalités par pêche très élevées de l'un ou l'autre engin, la production par recrue totale devient indépendante de l'effort du deuxième engin. Par exemple si la mortalité par pêche des pêcheries "non Téma" est multipliée par 5, la production par recrue totale théorique sera la même

Tableau 12. Production par recrue multiengins du listao, Atlantique est: canneurs de Téma et autres pêcheries, sans limite d'âge à la première capture (milliers de tonnes métriques).

Production par recrue des canneurs Téma (tm)					
Multiplicateur vecteur F pêcheries non Téma	Multiplicateur F canneurs Téma				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
5,0	9	17	32	61	
2,0	15	29	50	90	
1,0	19	36	62	105	
0,5	22	40	69	115	
0	25	46	78	126	

Production par recrue des autres engins (tm)					
Multiplicateur vecteur F pêcheries non Téma	Multiplicateur F canneurs Téma				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
5,0	152	142	134	119	88
2,0	127	116	106	90	57
1,0	89	80	73	60	36
0,5	54	48	43	35	20
0					

Production par recrue toutes pêcheries (tm)					
Multiplicateur vecteur F pêcheries non Téma	Multiplicateur F canneurs Téma				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
5,0	152	151	151	151	149
2,0	127	132	135	140	147
1,0	89	100	108	122	141
0,5	54	70	84	104	136
0	0	25	46		

(150.000 TM, à 2% près) sans la flottille de Téma (capture = 0) ou avec une flottille actuelle dont la mortalité par pêche serait multipliée par 10 (capturant alors 61.000 TM). On peut donc en conclure que les différences importantes dans les âges des listaos capturés sont sans impact significatif sur la production par recrue des pêcheries.

L'introduction d'une limite d'âge à la première capture de 2,0 ans amène aux résultats donnés dans le Tableau 13:

— la limite entraîne par rapport à la situation actuelle une baisse de la production par recrue globale de 6,5%, surtout sensible chez les canneurs de Téma (17%) et moins forte chez les autres engins (4%);

— la comparaison des Tableaux 12 et 13 permet d'estimer les conséquences d'une mortalité par pêche doublée pour tous les engins sur la production par recrue de chaque engin ou combinaison d'engins.

Ainsi, pour des efforts de pêche doublés, par rapport à leur niveau de 1981, la production par recrue globale serait identique avec ou sans limite de taille (140.000 TM). Cette stabilité résulte en fait d'une

perte de 8% chez les canneurs (prise de 36.000 MT au lieu de 40.000 TM) et d'un gain de 3% pour les autres engins (prise de 93.000 TM avec âge limite au lieu de 90.000 TM).

Les légères pertes ou les bénéfices nuls à attendre d'une taille à la première capture, mis en évidence au chapitre 5.3.1., doivent donc être nuancés en un potentiel de perte légère ou de gains légers pour les flottilles exploitant diverses tailles de listao, et un potentiel de perte sensible pour les flottilles exploitant le listao à un jeune âge et pendant une période restreinte (canneurs de Téma).

(c) *Canneurs de l'Angola et autres pêcheries*: Le calcul a été effectué de la même manière que pour les canneurs de Téma et durant la même période. Les vecteurs de prises retenus sont ceux des canneurs de l'Angola; on pourra de fait aisément considérer que ces conclusions s'appliquent à l'ensemble des pêcheries travaillant potentiellement en Angola, du fait que les senneurs en Angola exploitent le listao aux mêmes tailles et durant les mêmes saisons de pêche que les flottilles de canneurs dans la région. Les résultats des calculs sont données au Tableau 14.

Tableau 13. Production par recrue multiengins du listao de l'Atlantique est avec un âge à la première capture (t_c) égal à 2 ans: canneurs de Téma et autres pêcheries (en milliers de tonnes métriques).

Production par recrue des canneurs Téma avec $t_c = 2.0$ ans					
Multiplicateur vecteur F pêcheries non Téma	Multiplicateur vecteur F canneurs Téma				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
5,0	9	16	31	62	
2,0	13	25	46	87	
1,0	16	30	54	100	
0,5	18	34	60	108	
0	20	38	67	118	

Production par recrue des autres engins avec $t_c = 2.0$ ans					
Multiplicateur vecteur F pêcheries non Téma	Multiplicateur vecteur F canneurs Téma				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
5,0	157	149	141	127	96
2,0	123	114	107	93	63
1,0	82	76	70	60	40
0,5	48	45	41	35	22

Production par recrue tous engins avec $t_c = 2.0$ ans					
Multiplicateur vecteur F pêcheries non Téma	Multiplicateur vecteur F canneurs Téma				
	0	0,5	1,0	2,0	5,0
5,0	157	157	158	158	158
2,0	123	128	132	139	150
1,0	82	92	101	115	140
0,5	48	63	75	95	131
0	0	20	38	67	118

Tableau 14. Production par recrue multiengins du listao de l'Atlantique est pêcheries de l'Angola des autres pêcheries (en milliers de tonnes métriques).

Production par recrue Angola						
Multiplicateur vecteur F des autres pêcheries	Multiplicateur vecteur F canneurs Angola					
	0	0,5	1,0	1,0	4,0	8,0
5,0	—	1,0	1,8	3,7	7,2	13,7
2,0	—	1,6	3,3	6,5	12,6	23,7
1,0	—	2,1	4,2	8,3	16,0	29,9
0,5	—	2,4	4,8	9,5	18,3	34,1
0	—	2,8	5,6	11,0	21,2	39,4

Production par recrue des pêcheries non angolaises						
Multiplicateur vecteur F des autres pêcheries	Multiplicateur vecteur F canneurs angolais					
	0	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
5,0	150	149	148	146	142	135
2,0	140	138	137	134	128	118
1,0	107	105	104	102	97	88
0,5	68	67	67	65	62	56

Production par recrue toutes pêcheries						
Multiplicateur vecteur F des autres pêcheries	Multiplicateur vecteur F canneurs Angola					
	0	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
5,0	150	150	150	150	149	149
2,0	140	140	140	140	141	142
1,0	107	108	108	110	113	118
0,5	68	70	71	74	80	90
0	0	2,8	5,6	11	21	39

Toutes les conclusions faites pour la compétition entre flottilles de Téma et autres flottilles s'appliquent dans le cas de l'Angola.

5.4 PRODUCTION PAR RECRUE ATLANTIQUE OUEST

L'analyse des cohortes a montré que les vecteurs F par âge sont, comme les vecteurs de prises, très différents dans l'Atlantique ouest de ceux calculés à l'est. (Figure 23 a et b). L'analyse de production par recrue a été menée durant les périodes 1973-75 et 1980-81. Cette deuxième période a été choisie pour inclure une prise "moyenne" de la pêcherie brésilienne de gros listaos, dont le développement date de 1980. Les résultats de l'analyse sont représentés Figures 25 et 26. On constate à l'examen de ces figures que les courbes de production par recrue obtenues dans cette hypothèse sont très comparables à celles obtenues dans l'Atlantique est, en particulier en ce qui concerne les conséquences d'un éventuel changement de l'âge à la première capture. Seul l'accroissement potentiel de production par recrue avec des F accrus est supérieur, mais ce n'est que la conséquence directe de l'hypothèse admise pour le recrutement. Aucun ajustement des F annuels aux efforts annuels n'a été tenté du fait de l'absence d'indices d'effort de pêche.

5.5 PRODUCTION PAR RECRUE ATLANTIQUE TOTAL

L'analyse de production par recrue a été conduite sur les F_{max} calculés dans l'hypothèse d'un stock unique de listao dans l'Atlantique (chapitre 4.2.). Les résultats de cette analyse sont représentés pour $M = 0,6$ sur la Figure 23 C. On constate à l'examen de

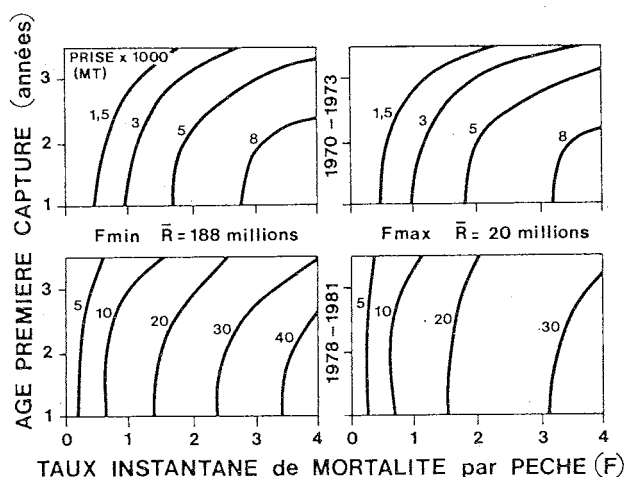


Figure 25. Modèle de production par recrue à F et M constants, dans les hypothèses F_{min} et F_{max} pour le listao de l'Atlantique ouest.

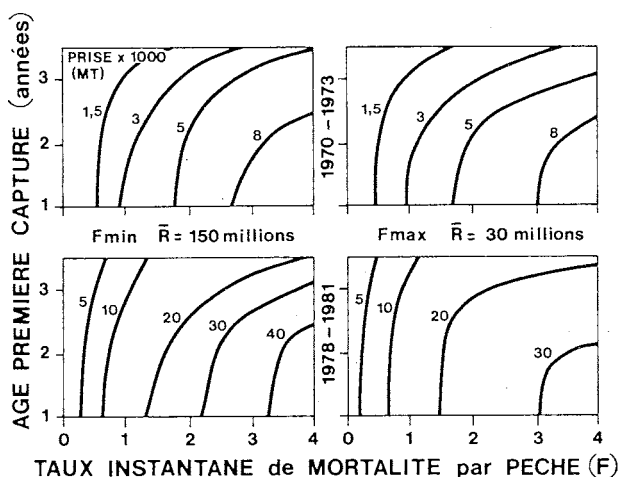


Figure 26. Modèle de production par recrue pour $M = 0,6$, recrutement constant, dans les hypothèses F_{min} et F_{max} pour le listao de l'Atlantique ouest.

cette figure une légère différence par rapport aux résultats précédents: si dans l'hypothèse F_{min} où le stock atlantique n'est que modérément exploité en 1980-81, l'allure des isoplèthes est identique aux résultats précédents, celles où le stock est proche de la pleine exploitation sont particulières.

On note ainsi que pour des mortalités par pêche accrues, par exemple de 50%, il y a un très léger bénéfice de 1,6% à porter jusqu'à deux ans l'âge à la première capture. Ce résultat est intéressant à considérer. Bien que rien ne confirme l'hypothèse d'un stock unique de listao, il montre bien que si le stock est assez fortement exploité, les fortes captures de petits listaos (par exemple celles en Angola) diminuent la production par recrue, alors que celles de gros listaos (par exemple aux Canaries ou au Brésil) l'améliorent.

Bien entendu, ces variations de production par recrue demeurent négligeables vis-à-vis des variations du recrutement ou de celles résultant de changements de capturabilité.

5.6 INFLUENCE DU SCHEMA D'EXPLOITATION SUR LA PRODUCTION PAR RECRUE

On a vu la particularité du schéma de la disponibilité du listao aux pêcheries dans l'Atlantique est (Figure 10), qui est déduit de l'examen du vecteur moyen des prises par âge. Dans ce schéma, la biomasse de l'ensemble des cinq classes d'âge n'est que peu disponible aux pêcheries. Cette situation n'est pas nécessairement irréversible, et on peut imaginer la mise en oeuvre d'engins qui seraient capables de capturer efficacement les âges actuellement peu

disponibles. La présente analyse aura pour objectif d'estimer quel accroissement de production par recrue pourrait être espéré si les listaos de plus de 3,0 ans restaient disponibles dans les pêcheries de l'Atlantique est. L'analyse à F constant laissait supposer un potentiel de gains modeste. Ce résultat est confirmé en menant l'analyse de production par recrue avec trois vecteurs F très différents ($M = 0,6$) (Figure 23):

- le vecteur F_{prob} est estimé dans l'Atlantique est de 1979 à 1981;
- un vecteur F dérivé de celui de la solution F_{max} dans l'Atlantique total 1979 à 1981;
- un vecteur F dérivé de celui de la solution F_{min} Atlantique ouest, 1979 à 1981.

Ces trois vecteurs ont été fixés à un niveau tel qu'ils ont un même F moyen des âges 1,5 à 4,0 ans.

L'analyse de production par recrue montre qu'à court terme, il y a un premier accroissement de 5.000 à 10.000 TM de production par recrue dans la prise correspondant à ces trois vecteurs F . Le potentiel de production par recrue maximal pour des vecteurs F accrus demeure très voisin dans les trois cas.

6. Modèle Global, Atlantique de l'Est

6.1 AJUSTEMENT AUX DONNEES D'EFFORT ET PRISES PAR UNITE D'EFFORT

Le modèle global généralisé (Pella and Tomlinson 1969), dans sa version décrite et programmée par Fox (1975), a été ajusté aux données de prises, efforts de pêche et *pue*.

Un tel ajustement est considéré habituellement comme difficile ou impossible pour le listao. L'ajustement a toutefois été tenté sur les données de *pue* et d'effort obtenus au chapitre 2.7. Les valeurs observées et les courbes d'ajustement sont représentées Figure 27. Dans ce modèle, rappelons que le paramètre m correspond au type du modèle: $m = 2$, modèle parabolique de Schaeffer, $m = 1,0$, modèle exponentiel de Fox, et $m = 0,0$, modèle hyperbolique. La prise maximale équilibrée (PME) est obtenue dans ce dernier cas avec un effort de pêche infini et des *pue* qui tendent vers zéro. (La valeur biologique d'un tel modèle, en particulier de la PME ainsi calculée, est en général considérée comme très faible).

Le modèle a été ajusté avec ces trois valeurs de m . Le paramètre k , égal au nombre de classes d'âges exploitées significativement par la pêcherie et nécessaire à l'estimation des efforts équilibrés, a été fixé à 3.

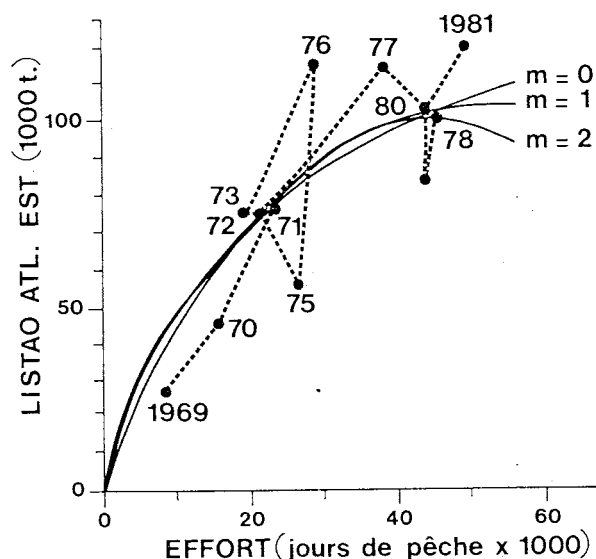


Figure 27. Modèle de production ajusté au listao de l'Atlantique est pour $m = 0, 1$ et 2 , $K = 3$. L'effort de pêche est calculé à partir de la *pue* excluant les senneurs moyens FISM en 1980-81 et incluant les *pue* de Téma corrigées.

Les résultats de ces ajustements sont donnés au Tableau 15. On constate à l'examen de ce tableau que, selon la valeur de m , la prise maximale équilibrée est estimée entre 104.000 TM ($m = 2,0$) et 177.000 TM ($m = 0$). Pour $m = 1,0$, qui donne le meilleur ajustement du modèle aux observations (selon la procédure itérative décrite par Fox 1975) la PME est estimée à 120.000 TM. La pêcherie actuelle exerce dans le modèle $m = 2,0$ un effort de pêche très proche de l'effort optimum (15% inférieur). L'effort actuel est par contre sensiblement inférieur à l'effort optimum (de 75%) dans le modèle avec $m = 1,0$.

Les indices d'erreur sur la PME et sur l'effort optimum donnés au Tableau 16 sont calculés en pourcentage de l'estimation du paramètre, selon la méthode décrite par Fox (1975).

On note qu'en général les indices d'erreurs sont élevés, par exemple si on les compare à ceux obtenus pour l'albacore (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique.

Tableau 15. Ajustement du modèle global; prises (en milliers de tonnes), efforts de pêche (en milliers de jours de pêche standardisés), k (nombre de classes d'âges) = 3; listao de l'Atlantique est.

Paramètre m	Prise maximale équilibrée TM X 1000	Indice erreur	Effort optimum	Indice erreur
0	177	46,9	∞	—
1	120	31,9	71,8	54,5
2	104	16,6	47,2	31,0

Ceci résulte bien entendu de la forte dispersion des valeurs de *pue*-effort autour de la courbe d'équilibre qui est ajustée par le modèle.

L'ajustement du modèle global a aussi été réalisé sur les deux autres séries de *pue*-efforts calculées au paragraphe 2.7.2. afin d'analyser la sensibilité du modèle au choix de la *pue* retenue comme indice d'abondance.

Les résultats de ces ajustements sont donnés aux Tableaux 16 et 17. On constate que les résultats obtenus sont très comparables à ceux obtenus avec la première série de *pue*.

Tableau 16. Ajustement du modèle global aux données d'effort calculées sans sennneur moyen FISM 1980 - 1981.

Paramètre m	Prise maximale équilibrée			
	TM X 1000	Indice erreur	Effort optimum	Indice erreur
0	153	35,9	∞	—
1	104	15,3	57,0	19,7
2	104	11,6	49,1	21,6

Tableau 17. Ajustement du modèle global aux données d'effort calculées sans les sennneurs moyens FISM et avec les *pue* des canneurs de Téma corrigées (espèce et standardisation effort).

Paramètre m	Prise maximale équilibrée			
	TM X 1000	Indice erreur	Effort optimum	Indice erreur
0	145	26,6	∞	—
1	105	12,9	55,5	27,0
2	100	8,0	43,9	10,7

Le modèle global tendrait donc à conclure pour les diverses *pue* retenues que le stock de listao de l'Atlantique est à atteint sa pleine exploitation, ou est proche de ce niveau.

6.2 AJUSTEMENT AUX DONNES PRISES ET TAUX DE MORTALITE PAR PECHE

Ce calcul a été réalisé en suivant les recommandations de Fonteneau².

Les taux F sont ceux calculés au paragraphe 4.4., c'est à dire à recrutement variable. Le calcul est

effectué pour $m = 0$, puis 1 et 2,0 et $k = 3$. Les résultats de ces analyses sont donnés au Tableau 18.

La comparaison des résultats obtenus avec un ajustement sur l'effort et sur la mortalité par pêche montre que ceux-ci sont très comparables, tant en ce qui concerne les PME estimées que quant à la situation de l'effort de la pêcherie actuelle par rapport à l'effort optimum. On note en général un ajustement meilleur qu'avec l'effort de pêche. Les différences sont de fait beaucoup plus importantes selon le m retenu, que selon l'emploi d'un vecteur efforts de pêche ou mortalités par pêche.

Tableau 18. Ajustement du modèle global prises mortalités par pêche (solution F_{prob}), $K = 3$, listao de l'Atlantique est.

Paramètre m	Prise maximale équilibrée			
	TM X 1000	Indice erreur	Effort optimum	Indice erreur
0	189	25,5	∞	—
1	111	13,8	69,6	24,9
2	103	9,6	52,0	17,0

6.3. CONCLUSIONS

Le modèle global est classiquement utilisé pour évaluer l'état des stocks de thonidés de l'Atlantique pour toutes les espèces où on dispose de séries de prises et d'efforts de pêche. Le listao étant désormais dans cette catégorie, même si les estimations de l'effort de pêche effectif qui s'exerce sur cette espèce sont problématiques, il était légitime de tenter d'ajuster le modèle global aux données. Toutefois, les conclusions de cette analyse sont à accepter avec beaucoup de prudence, du fait de la difficulté d'estimer l'effort de pêche et des variations de capturabilité saisonnières chez le listao; ce dernier problème semble singulièrement être aggravé par la brièveté de la phase d'exploitation significative du listao.

Enfin, dans le meilleur des cas, ces estimations ne s'appliquent que pour une pêcherie ayant sa configuration actuelle (zones, engins et tailles capturées).

En conclusion on doit considérer que, si le modèle global est très adapté pour évaluer l'état des stocks de certaines espèces (albacore par exemple), son utilité pour le listao demeure extrêmement douteuse.

7. Evolution de la Fécondité du Stock

Il est essentiel dans l'aménagement d'une ressource halieutique de contrôler l'évolution du potentiel de

²Fonteneau, A. Le modèle global et la dynamique du listao. Le présent volume.

reproduction du stock. Les données collectées lors de l'année listao permettent de faire ces calculs. Les résultats ainsi obtenus, bien que non utilisés directement dans la suite du travail, constituent un indice précieux de l'état du potentiel de ponte actuel par rapport au potentiel de ponte initial du stock. Un tel niveau relatif est en effet un indicateur de l'état du stock toujours intéressant à suivre.

Le nombre d'oeufs pondus par une femelle de listao en fonction de son âge a été estimé par Cayré et Farrugio (ce volume). Sachant par ailleurs que le sex-ratio est indépendant de la taille et égal à 0,5, il est aisé, connaissant le nombre d'individus dans le stock, de calculer une estimation du nombre d'oeufs produits potentiellement par le stock.

La loi fécondité-âge utilisée est représentée Figure 28 (Cayré, com. pers.).

L'évolution du potentiel instantané de ponte du stock estimé au paragraphe 4.2.3. de 1968 à 1981, est représentée Figure 29. On constate qu'entre 1968, où

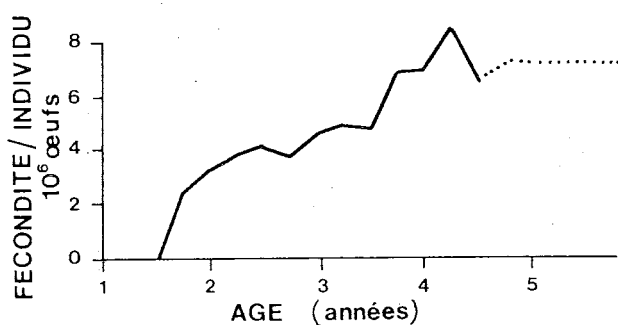


Figure 28. Relation entre la fécondité et l'âge employée dans la présente analyse.

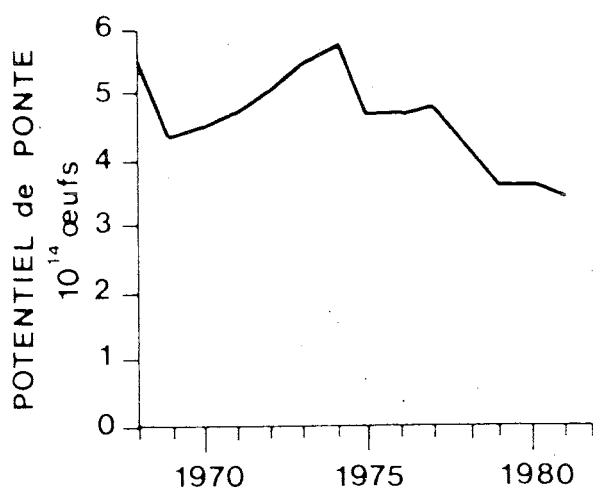


Figure 29. Evolution du potentiel de ponte estimé pour la période 1968 à 1987 dans l'hypothèse F_{prob} à recrutement variable.

le stock était très peu exploité, et 1981 le potentiel instantané de ponte aurait baissé d'un niveau $5,4 \times 10^{14}$ à $3,5 \times 10^{14}$ oeufs annuels. (Ce potentiel instantané correspond au nombre d'oeufs pondus annuellement si chaque femelle pond une fois par an, et doit éventuellement être multiplié par le nombre de pontes annuelles si une femelle de listao pond plusieurs fois par an).

La baisse de la fécondité du stock de listao due à l'accroissement des prises ne semble donc que modérée comparée aux baisses observées chez d'autres thonidés.

8. Conclusions - Etat des Stocks de Listao

(a) Les principales conclusions de la présente étude sont les suivantes.

Les vecteurs de prises par âge sont très caractéristiques et différents dans l'Atlantique est ou ouest. Dans l'Atlantique est, ils traduisent un recrutement très progressif de chaque cohorte dans la pêcherie jusqu'à l'âge de trois ans, puis un "évanouissement" rapide de la population exploitée, probablement dû à une émigration des individus hors de la zone de pêche traditionnelle ("Trou noir"). Dans l'Atlantique ouest, après une phase de recrutement progressif de 1,0 à 2,0 ans, on note une décroissance progressive des prises par âge, correspondant probablement à la mortalité totale réelle, naturelle et par pêche, de la population.

(b) La mortalité par pêche a considérablement augmenté dans tous les secteurs de 1968 à 1981; on note toutefois que, à l'est et à l'ouest, chaque secteur a conservé l'allure caractéristique de son vecteur de prises par âge; les prises par âge de chaque secteur se sont accrues dans des proportions analogues quand les prises totales ont augmentées.

(c) Le recrutement semble peu variable si l'on en juge par la stabilité des populations virtuelles qui suivent la tendance de l'effort de pêche. Seule la classe 1973 semble avoir été bien supérieure à la moyenne, et la classe 1968 bien inférieure. Bien que les variations des recrutements semblent modérées, il est important de les estimer afin d'éviter les sérieuses erreurs commises sur les F estimés pour les cohortes faibles ou fortes.

(d) La capturabilité du stock de listao est très variable, surtout pour les senneurs, et constitue la principale source de variabilité des pue , la variabilité de la biomasse du stock étant très probablement faible du fait de la présence simultanée de cinq classes d'âge significatives et de la stabilité relative du recrutement.

(e) Le taux de mortalité naturelle retenu dans l'analyse ne semble pas avoir véritablement d'importance et ne change ni les conclusions, ni la tendance des paramètres, au moins dans la gamme des mortalités naturelles étudiées de 0,6 à 0,8.

(f) Le stock de listao de l'Atlantique est serait proche de la pleine exploitation, mais pourrait fournir un accroissement des prises d'environ 30% pour un effort de pêche doublé, ceci dans les conditions actuelles de pêche. L'état du stock ouest demeure inconnu.

(g) Les variations de *pue* et donc de la prise, résulteront fortes du fait de la variabilité du facteur capturabilité, au moins tant que les mécanismes de cette variabilité n'auront pas été compris. Les écarts biomasse et *pue* mensuelle par engin pourront utilement être analysés afin en particulier de déceler un éventuel cycle de la capturabilité, surtout chez les senneurs où ce paramètre semble le plus variable.

(h) Dans l'hypothèse de deux stocks de listaos, il n'y a ni bénéfice, ni perte, au niveau de l'ensemble des pêcheries à ne pas capturer les individus entre 1 et 2 ans, quel que soit le taux d'exploitation du stock ou la mortalité naturelle de l'espèce (pour la gamme étudiée $M = 0,6$ et $M = 0,8$).

(i) Dans l'hypothèse d'un stock unique de listao dans l'Atlantique, il n'y a pas de bénéfice ni de perte à ne pas capturer le listao jusqu'à un âge de deux ans (2,5 kg) si le stock est actuellement assez fortement exploité. Par contre, dans cette hypothèse, pour un vecteur *F* accru de 100%, il y a un gain de production par recrue de 1,6% pour un âge à la première capture accru de un à deux ans. Si ce stock est faiblement exploité, il n'y a, comme dans l'hypothèse de deux stocks, aucun bénéfice, et le plus souvent une perte légère, à attendre d'un accroissement de l'âge à la première capture.

(j) La possibilité de changer la production par recrue du listao en modifiant le profil des *F* par âge (*Fishing pattern*) semble très minime et la production par recrue totale du listao atlantique semble assez indépendante du schéma des *F* par âge (du fait probablement de la croissance pondérale quasiment linéaire). L'analyse de la production par recrue multi-

engins révèle par ailleurs que les engins qui capturent une dominance de listao de petite taille, comme les canneurs de Téma ou ceux de l'Angola, sont bien entendu en compétition avec les autres flottilles, mais ne diminuent pas la production par recrue globale.

(k) L'emploi d'un modèle global sur des données de prise/effort ou de prise/mortalité par pêche est une possibilité qui semble intéressante à explorer, bien que les résultats du modèle global demeurent encore très douteux.

(l) La fécondité du stock entre 1968 (stock très peu exploité) et 1981 a diminué d'un niveau 5,4 à $3,5 \times 10^{14}$ d'oeufs, soit une baisse relativement modérée.

L'ensemble de ces conclusions dépend dans une mesure difficile à mesurer des hypothèses et des méthodes retenues dans la présente analyse. Le paramètre mortalité naturelle du listao demeure par exemple mal connu, comme d'ailleurs pour la plupart des thonidés. Les méthodes d'analyse sont celles classiquement employées par les scientifiques de l'ORSTOM, c'est le cas par exemple de l'analyse des cohortes utilisée dans la présente analyse. L'emploi d'une autre méthode pourrait bien entendu conduire à des résultats différents. Il s'agit là d'un problème de méthodologie à entreprendre dans le futur au niveau de l'ICCAT et qui dépasse le cadre de la présente analyse, bien qu'il en limite la validité des conclusions. Un autre problème majeur demeure la création de la matrice des prises par âge. Bien que la croissance individuelle moyenne durant la phase exploitée soit assez bien connue désormais, la génération des vecteurs de prise par âge reste artificielle du fait des naissances qui semblent permanentes et de la variabilité des croissances individuelles. Un autre problème majeur est d'estimer le taux d'exploitation actuel du stock en calibrant d'une manière satisfaisante les analyses de cohortes. Du fait de la variabilité du recrutement et de la médiocre relation *pue* et abondance, ces calibrations demeurent très probablement douteuses. En conclusion la présente analyse fait un premier bilan complet des connaissances actuelles sur le listao de l'Atlantique à la fin de l'année internationale du listao. Ces résultats devront être confirmés ou infirmés par des études ultérieures utilisant des données et des hypothèses et des méthodes d'analyse améliorées.