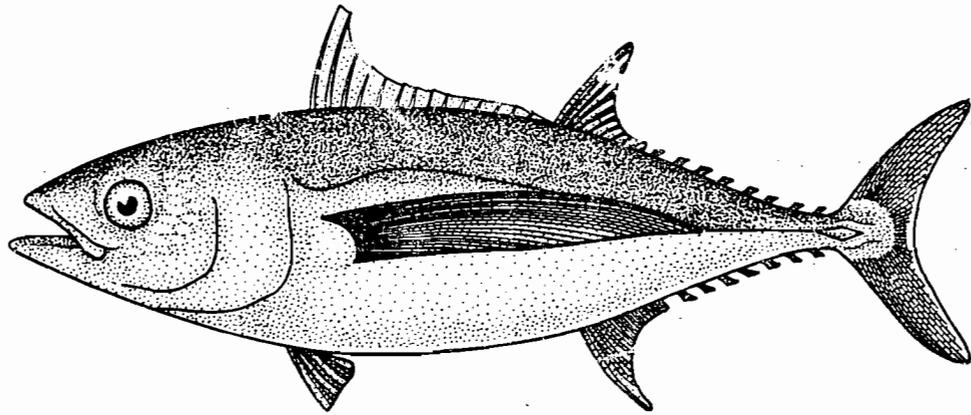


LE THON GERMON

Thunnus alalunga

(Bonnaterre 1788)

DE L'OCEAN ATLANTIQUE



THESE DE DOCTORAT D'ETAT
ES SCIENCES

présentée par Xavier BARD

THESE DE DOCTORAT D'ETAT
ÈS SCIENCES NATURELLES

présentée

A L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE
PARIS 6

PAR FRANCOIS-XAVIER BARD

LE THON GERMON
THUNNUS ALALUNGA
(BONATERRE 1788)
DE L'OCEAN ATLANTIQUE

DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS A LA
STRATEGIE DEMOGRAPHIQUE

Soutenue le 16 octobre 1981

devant le jury composé de :

MM. P. BOUGIS
J. DAGET
J. BERGERARD
J.C. LEGUEN
J.Y. LE GALL

S O M M A I R E

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 - LES PECHERIES DE GERMON EN ATLANTIQUE

1. Principe
2. Les pêcheries

CHAPITRE 2 - LE CYCLE DU GERMON

1. Principe
2. Ponte, oeufs et larves
3. Les juvéniles
4. Les germons immatures
5. Les germons préadultes et adultes
6. Conclusion

CHAPITRE 3 - GERMON ET ENVIRONNEMENT

1. Principe
2. Exigences écologiques du germon
3. Les phases de croissance du germon et leur environnement
4. Comparaison avec les autres thonidés
5. Conclusion

CHAPITRE 4 - LA CROISSANCE DU GERMON

1. Principe
2. Méthode
3. Périodicité des L.R.C.
4. Les âges lus
5. Modélisation de la croissance
6. Discussion
7. Conclusion

PLANCHES A, B

CHAPITRE 5 - MORPHOMETRIE DU GERMON

1. Principe
2. Les relations taille-poids
3. Les nageoires pectorales
4. Les dimensions hydrodynamiques
5. Signification écophysioologique des stances morphométriques
6. Influence des stances de croissance sur la distinction des populations de germons.
7. Relation entre longueur prédorsale et longueur totale.

CHAPITRE 6 - LE GERMON DE MEDITERRANEE

1. Principe
2. Les faits
3. Discussion
4. Conclusion

CHAPITRE 7 - STRUCTURE DES STOCKS DU GERMON EN ATLANTIQUE

1. Principe
2. Les stocks Nord et Sud Atlantique
3. Les hétérogénéités du stock Nord Atlantique

CHAPITRE 8 - LES DONNEES QUANTITATIVES

1. Les captures totales
2. Les efforts de pêche
3. Les compositions démographiques
4. Les cohortes de germon Nord Atlantique

CHAPITRE 9 - ANALYSE DES EFFORTS DE PECHE DE SURFACE. VALEUR DES THONIERS LIGNEURS COMME ESTIMATEURS DE L'ABONDANCE DES GERMONS.

1. Principe
2. Les unités d'effort de pêche
3. Les puissances de pêche
4. Distribution de l'effort de pêche dans l'espace
5. Accessibilité et vulnérabilité des classes d'âges aux modes de pêche.
6. Fluctuations des C.P.U.E. et fluctuations de l'abondance réelle des germons.
7. Conclusion

CHAPITRE 10 - EVALUATION DU STOCK DU GERMON NORD ATLANTIQUE

1. Le problème
2. Les données
3. Les modèles employés
4. Analyse des cohortes de germons pêchés de 1957 à 1978
5. Les marquages
6. L'analyse multicohorte
7. Discussion
8. Conclusion

CHAPITRE 11 - LA REGULATION DES POPULATIONS DE GERMON

1. Principe
2. La mortalité naturelle
3. La croissance
4. La relation stock-recrutement
5. Les possibles mécanismes de régulation d'un stock de germon
6. Conclusion

CHAPITRE 12 - LA DISTRIBUTION DU SEX RATIO DU GERMON EN FONCTION DE L'AGE. IMPLICATIONS ECOLOGIQUES ET DEMOGRAPHIQUES.

1. Le phénomène de dominance des mâles
2. Les résultats
3. Discussion
4. Conséquences sur l'état d'exploitation du stock de germon Atlantique
5. Conclusion

CHAPITRE 13 - PRODUCTION DU STOCK DE GERMON NORD ATLANTIQUE

1. Principe
2. Méthodes
3. Etat de la production par recrue
4. La relation stock-recrutement
5. Production moyenne soutenable du stock
6. Effet des stratégies de reproduction possibles
7. Le stock de germon Sud Atlantique
8. Conclusion

CHAPITRE 14 - STABILITE DU STOCK ET STRATEGIE DE REPRODUCTION

1. Méthode
2. Choix de la distribution de Ra
3. Choix des paramètres
4. Résultats
5. Conclusion

CHAPITRE 15 - STRATEGIES DEMOGRAPHIQUES ET ECOLOGIQUES COMPAREES DES THONIDES

1. Principe
2. Caractères communs des thons
3. Le modèle équatorial : l'albacore
4. Le patudo, une évolution vers les profondeurs
5. Le germon, un essai d'évasion des eaux tropicales
6. Le thon rouge, l'accès aux eaux tempérées
7. Le thon noir
8. Conclusion

CONCLUSION GENERALE

BIBLIOGRAPHIE

TABLE DES FIGURES

TABLES 1 A 17

ANNEXES 1 A 2

INTRODUCTION

Les thons, au sens large, sont un groupe d'animaux marins très étudiés. Cela tient à deux intérêts qu'ils ont suscités. Un intérêt alimentaire qui pour des raisons gustatives en ont fait des poissons à haute valeur marchande, donc très pêchés. Un intérêt scientifique lié au développement de flottes de pêche importantes et aussi à l'originalité de ces animaux reconnue dès 1923 par KISHINOUE.

S'y ajoute une fascination qui touche aussi bien les pêcheurs professionnels et sportifs, que les scientifiques. Pour tous les thons sont des poissons à part, beaux, puissants, coureurs des mers. La conséquence de ceci est une littérature scientifique abondante sur les thons et une pêche mondiale qui en capture environ 2 millions de tonnes par an.

Le thon germon tient une bonne place dans ces deux domaines. Il existe donc de nombreuses présentations du germon dont trois sur celui de l'Atlantique, qui nous dispenseront donc d'y revenir longuement. Ce sont les thèses de HAVARD DUCLOS (1973), ALONCLE et DELAPORTE (1974) et le synopsis de LE GALL (1974). On en retiendra la certitude sur le statut taxonomique du germon : Une seule espèce tout autour du globe. Ceci est précieux en ce que nous étayerons certains de nos raisonnements sur des connaissances acquises sur les germans des océans Pacifique et Indien.

La place du germon dans la famille des thonidés sensu stricto est également certaine. La comparaison avec d'autres membres de la famille sera intéressante en ce qui concerne des caractères écophysiologiques. Nous aurons ainsi l'occasion de commenter la biologie de l'albacore (*Thunnus albacares*), du patudo (*Thunnus obesus*), du thon rouge du Nord (*Thunnus thynnus thynnus*) en Océan Atlantique. Des références au listao (*Katsuwonus pelamis*) seront utiles.

L'un des buts de cette étude est de fournir les éléments d'une gestion rationnelle des pêches de germon en Atlantique. La production de germon en Atlantique a été de 70 à 80 milliers de tonnes les dix dernières années. En comparaison les captures totales en 1930 étaient de 11.000 tonnes, en 1950 de 40.000 tonnes. La grande question qui se pose est alors de savoir si cet accroissement continu des captures peut se prolonger ou même simplement si l'on peut maintenir le niveau actuel des captures indéfiniment. Ce souci se répercute sur chaque type de pêche qui espère maintenir ses prises et ses rendements économiques. Cela revient à examiner les interactions des pêcheries entre elles, leurs actions spécifiques sur la ou les populations de germon ainsi pêché, et en fin de compte à cerner les conditions de coexistence des pêcheurs et des germans. Ce qui est une forme de définition de la gestion des stocks.

Cette gestion n'est possible que par une bonne connaissance de la démographie des populations. Ce qui mène quasi inéluctablement à l'usage des modèles de dynamique de population. Ceci avait déjà été fait par nous même en 1974 d'une façon imparfaite. Certes, des conclusions assez raisonnables en avaient été tirées. Toutefois un réexamen critique de ce travail, en regard des progrès accomplis sur la connaissance des thons et même des populations marines exploitées en général, convainquait assez bien de la nécessité de revoir et surtout mieux expliquer les phénomènes fondamentaux gouvernant la vie du germon. Ce n'est qu'après une telle tâche que la quantification de la croissance, mortalité et reproduction de l'animal pour une structure de stock précisée, peut mener à des conclusions solides. Toutefois, et c'est sans doute un avatar commun, l'étude fine des phénomènes biologiques aboutit parfois à des indéterminations. Et puisque nous cherchons à conclure malgré tout, nous aurons recours à des analyses de sensibilité ou d'impact de telle ou telle hypothèse indécidable. Les conclusions annoncées seront donc énoncées sous forme de domaines de confiance plutôt que de chiffres exacts de précision illusoire.

Enfin l'étude des caractères biologiques et écologiques du germon amène à s'intéresser à leurs conséquences en matière de caractères démographiques et à essayer de comprendre l'itinéraire évolutif que cela représente. Cette dépendance entre conditions écologiques d'existence d'une population et son profil démographique s'exprime par le concept de stratégie démographique (BARBAULT, 1976).

Par analogie on pourrait parler de stratégie écologique pour traduire les solutions retenues en matière d'exploitation du milieu.

Une bonne connaissance des trois éléments, biologie, écologie et dynamique de population est indispensable à la compréhension de cette stratégie démographique qui concourt à la stratégie écologique.

Or une bonne partie du travail présenté ici permet justement d'affermir les éléments de ces trois domaines et de proposer des conclusions sur l'espèce germon. Cette logique nous a conduit à considérer sa stratégie démographique possible, à la comparer à celles des autres thons, et ainsi contribuer à l'étude du genre *Thunnus* tout entier.

<p>CHAPITRE I</p> <p>LES PECHERIES DU GERMON EN ATLANTIQUE</p>
--

1 - PRINCIPE

On a parlé de pêche. Définissons la comme l'ensemble des engins de pêche d'un type précis, des hommes qui les actionnent, des bateaux qui les portent, les zones où ils opèrent. La spécificité d'une pêche est donc due aux caractères physiques des moyens d'exploitation. Elle est aussi caractérisée par les tailles et quantités de poisson ramené. On peut faire remarquer que le mot pêche, à l'origine en français, ne signifie que "le lieu où l'on pêche". Cependant, l'usage de la définition énoncée ci-dessus s'est répandu dans la littérature halieutique, sans doute car il traduit alors exactement le terme anglais "fishery". En outre nous ne voyons pas de terme français classique rendant correctement cette notion d'ensemble d'un type d'exploitation. Le mot "pêche" est restreint à la seule méthode. En définitive nous nous tiendrons donc à pêche commettant une impropriété volontaire.

On commentera la distribution hétérogène du germon dans l'océan. Elle impose des conditions d'exploitation bien précises, limitées dans le temps et l'espace. Les pêcheries tirent parti de ces conditions. Ce qui les rend indépendantes, se recoupant rarement. Et surtout elles ne sont guère substituables. Il nous faut donc les décrire toutes, c'est l'objet de ce chapitre.

2 - LES PECHERIES

On distingue cinq pêcheries de germon dans l'Atlantique.

- La pêche de traîne effectuée par des Français et des Espagnols.
- La pêche des canneurs l'été, également le fait des Français et Espagnols.
- La pêcherie des canneurs d'automne concerne les Espagnols, voire les Portugais.

Ces trois premières pêcheries sont quasi monospécifiques, ne poursuivant que le thon blanc. Quelques thoniers canneurs s'intéressent aussi au thon rouge dans le fond du golfe de Gascogne. Ils sont une minorité que l'on peut aisément distinguer.

Deux pêcheries de palangre, d'été et d'hiver auxquelles se livrent les Japonais, les Coréens et les Taiwanais et quelques nations d'Amérique du Sud, exploitent les germons et d'autres thons.

La figure 1 détermine les champs d'action de chacun de ces pêcheries. Nous décrirons successivement pour chacune l'engin et les bateaux utilisés, les lieux et les époques de pêches, les germons pêchés et l'histoire. Un renvoi à des auteurs permettra d'abrégier parfois les descriptions. Une synthèse succincte existe déjà, celle de LE GALL (1974).

2.1 - LA PECHERIE DE TRAIINE

C'est la plus ancienne et la plus simple. L'engin de base est une ligne robuste munie d'un hameçon à simple ou double croc caché par un appât artificiel coloré. Les germons sont sensibles au fort contraste visuel du leurre (ALONCLE et DELAPORTE, 1974).

Actuellement les navires pêchant ainsi sont relativement petits, soit 40 à 60 tonnes pour les français et de 30 à 120 tonnes pour les espagnols. Ils seront dits thoniers ligneurs ou simplement ligneurs.

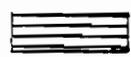
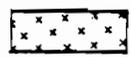
Le nombre de lignes est traditionnellement fixe de 13 à 16 pour les français, de 13 à 19 pour les espagnols. La disposition des lignes et leur longueur est également traditionnelle (ALONCLE et DELAPORTE, 1974 ; GONZALES GARCES *et al.*, 1973). Le détail des opérations est donné également par ces auteurs. Il existe environ 200 ligneurs français, 200 à 300 espagnols.

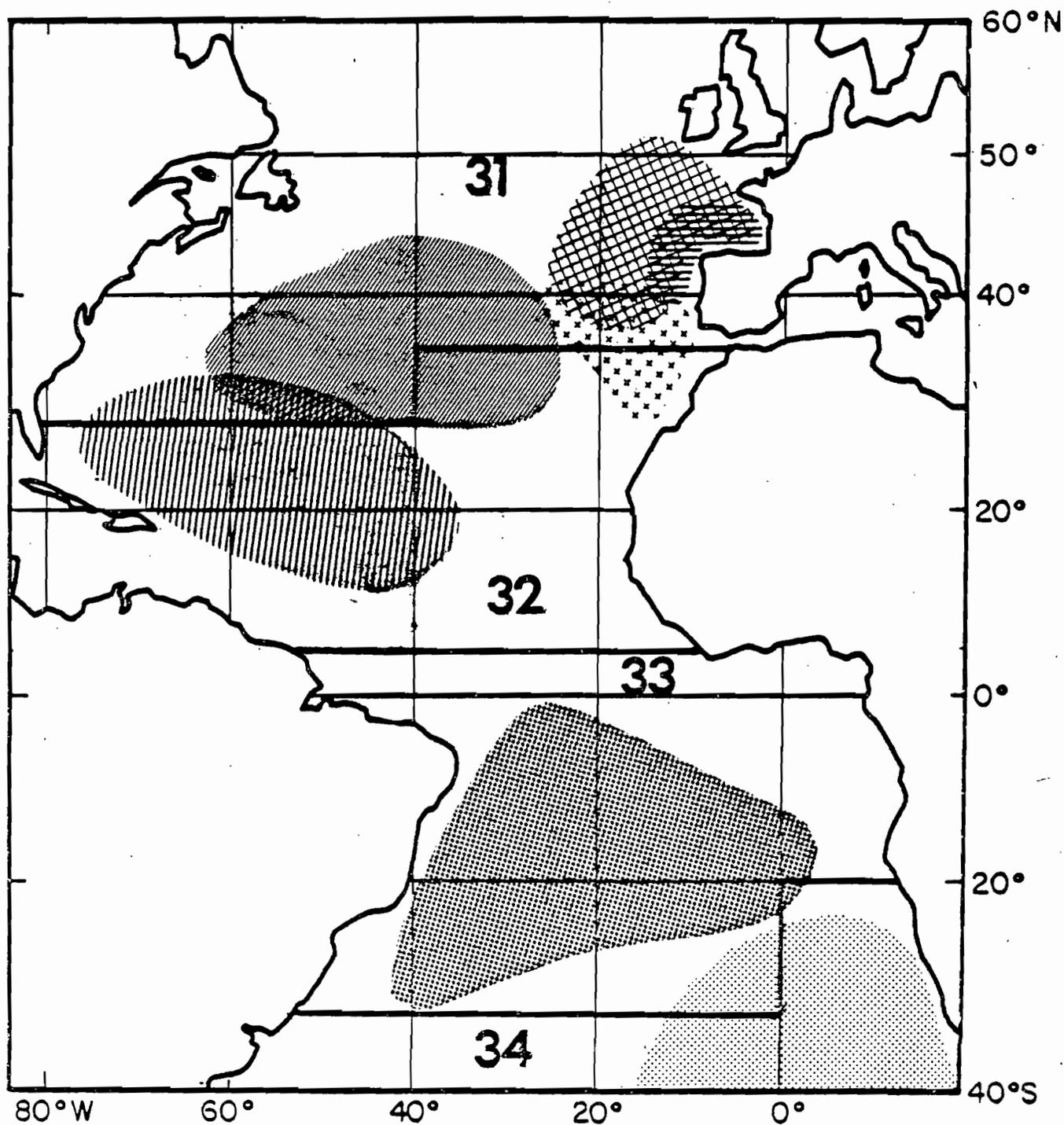
Le nombre d'hommes d'équipage est actuellement de 5 à 6, avant 1970 il était de 6 à 7, voire jusqu'à 12 sur les thoniers ligneurs espagnols.

La manoeuvre des lignes est assez simple et l'expérience de l'équipage joue surtout lors des forts "coups de pêche" qui se présentent parfois.

Par ailleurs la pêche immédiate du thon se fait à l'aveuglette le patron ayant dirigé le bateau vers une zone à "apparence". Pour cela il se fie aux informations radio des pêches des autres patrons, à l'existence d'oiseaux, de "crevettes" de menue faune pélagique. Quelques fois aux avis des "Scientifiques" sur les isothermes de surface et, cela est en progrès,

Figure 1 : Localisation des pêcheries de germon en Atlantique.

-  Pêcherie des ligneurs
-  Pêcherie d'été des canneurs
-  Pêcherie d'automne des canneurs
-  Pêcherie de palangre d'hiver (H.nord)
-  Pêcherie de palangre d'été (H.nord)
-  Pêcherie de palangre d'été (H.sud)
-  Pêcherie de palangre d'hiver (H.sud)



aux références de son thermomètre, voire thermographe. Une fois sur cette zone, le thonier navigue à vitesse réduite en veillant aux lignes. On voit donc que ce mode de pêche est peu sensible à la détection visuelle du thon lui-même. C'est donc une pêche relativement au hasard et l'on discutera plus loin des conséquences intéressantes de cette situation. De plus le thonier peut passer sur un banc, faire un coup de pêche de l'ordre de 10 à 30 poissons et s'il réussit à revenir sur le banc, recommencer. Mais ce n'est pas si facile et l'on peut affirmer que les ligneurs ne sont pas capables d'épuiser un banc de germes donné. Cela aussi sera discuté.

Cette pêcherie présente un intérêt particulier qui est sa continuité depuis le 19^e siècle. Dès cette époque le gréement des lignes était codifié, la taille des navires également. N'ont varié que le mode de propulsion et de conservation du poisson. Les lieux de pêche n'ont changé qu'en s'étendant seulement progressivement vers le large (Fig.2).

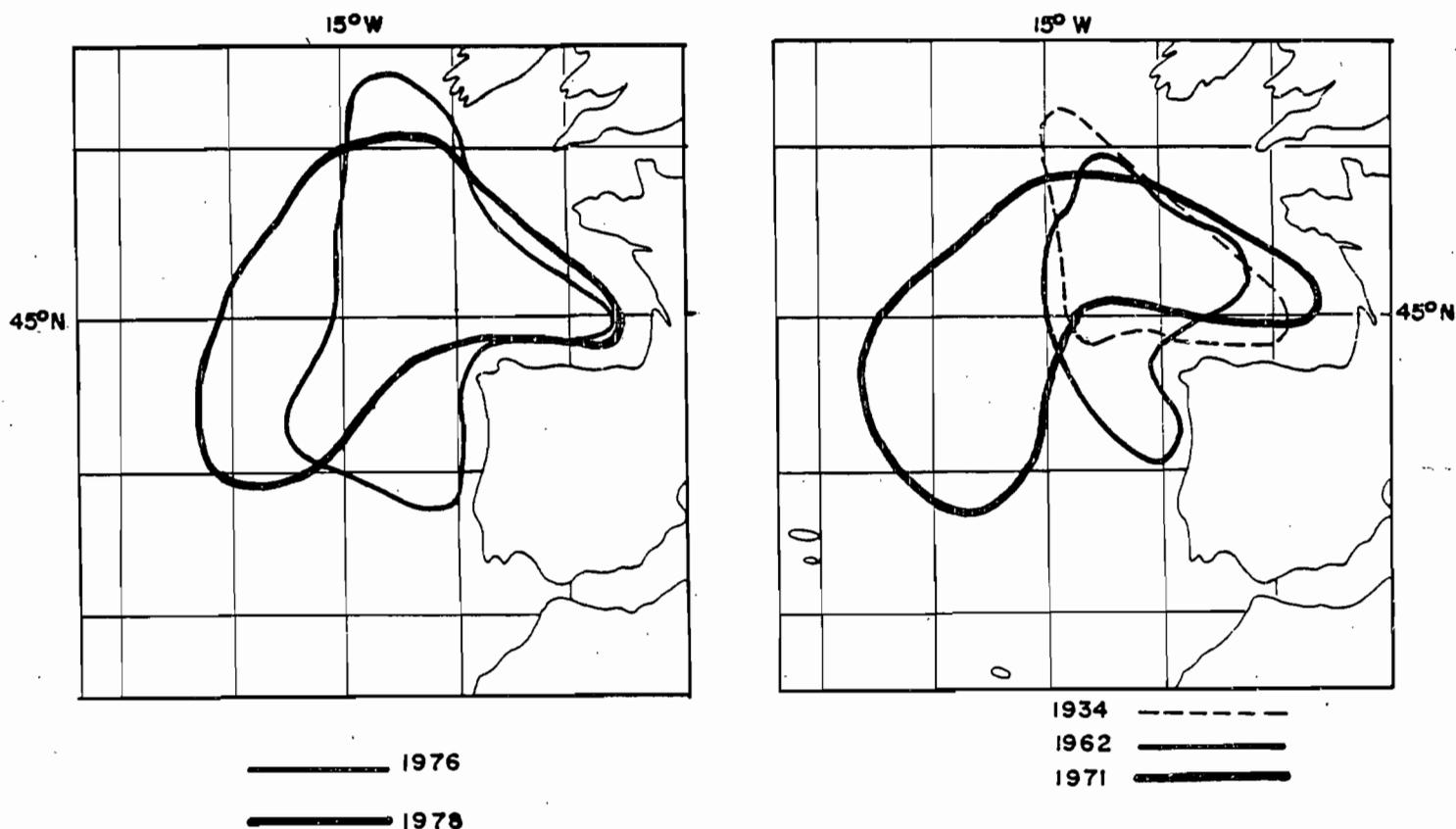


Figure 2 - Evolution des lieux de pêche des thoniers ligneurs français.

Les époques de pêche étaient jusqu'en 1960 les mois de juillet à octobre. Par la suite les pêches se sont effectuées dès le mois de juin jusqu'à la mi-octobre, parfois jusqu'à novembre.

Les chiffres des captures de cette pêcherie constituent une série unique de données que nous avons pu reconstituer de 1920 à 1980. On jugera plus loin de son importance. Les poissons pêchés font de 45 à 90 cm environ, avec lors des vieilles années quelques captures de gros germons atteignant 120 cm. Les pêcheurs français classaient traditionnellement pour des raisons de marché les poissons selon leur taille et en tenaient un compte très exact.

Le décompte minutieux a été conservé et là encore la séquence de ces chiffres de 1920 à 1980 est d'un grand intérêt. Le mode de propulsion en revanche a largement varié. Depuis avant 1900 jusqu'à 1980, les thoniers ligneurs étaient des voiliers, les dundées. Leur originalité et leur beauté ont suscité toute une littérature. Citons KREBS (1936) et DUVIARD (1979) parmi d'autres. Ceci malheureusement ne concerne que la France. Pour ce qui est des Espagnols il faut avouer que nous ne savons que peu de chose des leurs voiliers.

En 1930 sont apparus des moteurs auxiliaires de 50 à 70 CV, placés sur les coques de voiliers. Ce changement ne s'est pas fait sans remous. L'un des arguments était que les bruits du moteur effrayaient les germons. Mais en fait les captures des thoniers motorisés se sont révélées bien supérieures à celles des voiliers, car ils étaient bien plus maîtres de leurs évolutions (JOUBIN et ROULE, 1918).

Cependant ce comportement des germons vis-à-vis des bruits de moteur restera une de nos préoccupations, discutée plus loin.

En 1934 on trouva une amélioration considérable pour conserver le poisson qui jusque là était séché. Ce sont des cales glacières où le poisson était suspendu, puis des cales à glace où le poisson est placé entre deux lits de glace concassée et récemment par congélation (1980)

La durée des marées s'en est trouvée profondément modifiée. Pour les dundées purs les marées n'excédaient guère 10 jours avec environ 4 jours de pêche effectifs (KERDONCUFF fide BESNIER, 1978). Les rejets de poisson avariés étaient fréquents, évalués à environ 10% de la pêche.

Les voiliers à chambre froide pouvaient tenir la mer jusqu'à 20 jours sans risques. Actuellement les thoniers ligneurs modernes peuvent rester en mer 30 jours avec les thons conservés dans de la glace réfrigérée.

Cette notion de durée des marées est importante pour l'évaluation des efforts de pêche des thoniers entre 1920 et 1952 pour lesquels nous ne disposons que des chiffres de nombre de sorties. Se basant sur des statistiques de pêche de Concarneau, le principal port thonier de 1920 à 1956, des chiffres de rendements par sortie cités par "la Pêche Maritime", des relevés occasionnels de FOREST (1947) comparant voiliers et thoniers motorisés, nous avons calculé des coefficients liant les capacités de capture par marée de ces diverses catégories de thoniers ligneurs. Ce sont des puissances de pêche, soit donc :

Dundée (Voilier Pur) : Puissance de pêche par marée	=	1.0
Voilier chambre froide	"	" = 1.8
Voilier glacier	"	" = 2.7
Thonier motorisé glacier 1947-1952	"	" = 4.8

Ces chiffres ont l'intérêt de permettre l'homogénéisation des valeurs de l'effort de pêche et avec des rendements par marée des thoniers ligneurs de 1920 à 1952. On verra plus loin l'utilité de ces données historiques.

Cependant entre 1952 et 1957 la structure d'armement des ligneurs s'est trouvée profondément modifiée par la naissance de la pêcherie d'appât vivant. Il y a là un hiatus. La série de données sur les thoniers ligneurs de 1957-1980 est difficile à raccorder à celle de 1920-1952.

Tout au plus peut-on estimer en se basant sur les durées moyennes de marée que la puissance de pêche par marée d'un thonier ligneur actuel est d'environ 7 à 8 fois celle d'un dundée. Mais la résistance des lignes a été améliorée entre ces deux périodes, ce qui a influé sur les rendements. L'introduction de la radio aussi. On sera donc contraint à raisonner sur ces deux séries disjointes.

Malheureusement, pour toute la pêcherie à la traine espagnole nous ne disposons que de peu de chiffres fiables avant 1972. Nous savons seulement qu'il existait de nombreux ligneurs depuis 1950 et seuls les chiffres de captures ont été reconstitués par GONZALEZ GARCES. On sera le plus souvent réduit à raisonner à proportion des captures françaises et espagnoles.

En définitive la pêche de thoniers ligneurs s'est maintenue jusqu'à nos jours au prix de quelques adaptations relativement simples.

Le principe de l'engin de pêche utilisé est resté strictement le même et cela nous servira considérablement dans l'évaluation de l'importance du stock de germon.

Enfin il est piquant de remarquer que la crise de l'énergie a ramené les ligneurs à la voile puisqu'en 1981, quelques voiliers munis de moteurs auxiliaires reprendront la route des dundées. Nous verrons l'effet possible d'une telle reprise de la pêche à la traine.

2.2 - LA PECHERIE DE THONIER CANNEURS D'ETE

Elle est exercée par des navires spécifiques munis de viviers où l'on conserve de l'appât vivant, généralement de la sardine ou de l'anchois capturé près des côtes. Les thons sont repérés visuellement, ou avec une ou deux lignes de traine témoin. On s'attache à la recherche d'un banc le plus grand possible. Après une approche prudente, le jet d'appât peut fixer le banc de thon sous le vent du navire où l'on le pêche avec des cannes plus ou moins longues munies d'un "gut" de nylon et d'un hameçon portant un appât vivant.

Le maniement d'une telle canne demande de l'expérience et l'aide d'un "gaffeur" pour les gros thons. Ceci explique la nécessité pour cette pêche d'un équipage important de l'ordre de 10 à 12 hommes. Les navires tant espagnols que français ont entre 60 et 150 tonneaux. Leur mode de pêche leur vaut indifféremment le nom de "thonier canneur" ou "thonier appât vivant". On retiendra le premier terme.

Contrairement aux ligneurs il y a donc là un effort de contact visuel avec les bancs de thon et d'exploitation la plus complète possible du banc fixé. On en trouvera une description plus poussée dans LA TOURASSE (1960). Il y a là une différence importante entre thoniers ligneurs et thoniers canneurs.

Cette pêche est née en 1949 des essais de A. ELISSALT à St Jean de Luz. Elle s'est étendue au pays basque espagnol et aux autres ports thoniers français, particulièrement Concarneau. En 1957 elle était solidement implantée et les débarquements des canneurs égalaient ceux des ligneurs. Les trois grands ports étaient alors Bermeo, St Jean de Luz et Concarneau.

Les lieux de pêche fréquentés sont surtout le golfe de Gascogne proprement dit et en début de saison les eaux plus au large jusqu'au 15°W. La saison débute en juillet et finit fin octobre parfois à la mi-novembre. Les poissons pêchés sont surtout des germons de 45 à 100 cm avec une forte proportion de "poisson du fond du golfe" de 70 à 90 cm. La tradition de ce "poisson du golfe" est forte et il est recherché préférentiellement entre août et octobre. Son poids moyen, 8 à 10 kg l'explique.

Le décompte par classes commerciales moins rigoureux, existe aussi sous des noms différents chez les basques et les bretons.

Malgré sa relative jeunesse la pêcherie de canneurs a subi une évolution.

Les thoniers canneurs français en particulier ont fréquenté l'hiver les lieux de pêche tropicaux à Dakar depuis 1957. Entre 1965 et 1970 la plupart de ces canneurs se sont fixés définitivement en Afrique, les équipages passant par la suite aux senners. Cette flottille française a donc décliné constamment jusqu'à 1978. Depuis cette année il ne reste plus que des appâts vivants spécialisés dans le thon rouge près de St Jean de Luz.

La flottille basque espagnole au contraire a prospéré et actuellement compte près de 300 navires modernes. L'essentiel de ces bateaux se consacre l'été au germon et seul le port de Fontarrabie recherche préférentiellement le thon rouge. Il n'y a donc pas d'ambiguïté sur le décompte des efforts de pêche.

La durée des marées est d'environ 15-20 jours et n'a pas augmenté lors de la période 1957-1972 contrairement aux ligneurs (HAVARD DUCLOS, 1973). Les lieux de pêche sont également demeurés constants. Les techniques aussi. Cependant depuis 1978, les thoniers espagnols ont fait l'acquisition de sonars dont les avantages d'après les patrons sont appréciables. Une étude menée sur les seuls thoniers canneurs "au thon rouge" de St Jean de Luz donne un accroissement de la puissance de pêche de 20% (BARD et CORT, 1979). Une méthode nous permettra de vérifier ce qu'il en est pour les thoniers basques "au germon".

Quelques essais de pêche à la canne ont été faits au Maroc sans grand développement.

Vers 1970 les thoniers canneurs espagnols ont prolongé leur pêche d'été. Ce qui a donné naissance à une troisième pêcherie distincte.

2.3 - LA PECHERIE DE THONNIERS CANNEURS D'AUTOMNE

Vers 1970 environ, les thoniers appât vivant espagnols ont cherché à suivre les germons dans leur migration apparente vers le Sud en novembre. Ils ont aussi progressivement atteint la zone du Cap St Vincent en 1973 puis des Canaries en pêchant des germons de type " poisson du golfe" (ALONSO ALLENDE, 1975).

Cette pêche demeurait cependant un pis aller, un prolongement de celle de l'été.

En 1974 des thoniers canneurs de Bermeo ont tenté de pêcher du germon dans la zone des Açores en octobre-novembre. Les rendements ont été excellents. Les thons pêchés mesurent de 80 à 120 cm (10 à 40 kg). Ceci a étendu la zone de pêche à l'ouest et amené un grand nombre de thoniers basques à faire la "campagne de fin de saison des Açores" qui les mène en fait jusqu'à Madère et aux Canaries en décembre. Parallèlement les barques thonières à la ligne à main des Canaries ont donné naissance depuis 1970 à une petite pêcherie locale de canneurs pêchant du gros germon de décembre à mars (SANTOS GUERRA, 1976). Récemment des canneurs de Bermeo se sont fixés aux Canaries.

En définitive il s'est donc créé une pêcherie de thoniers canneurs opérant d'octobre à décembre dans la zone limitée par les Canaries le Cap St Vincent, les Açores, autour des Canaries de décembre à mars. Nous l'appellerons pêcherie à la canne d'automne, négligeant donc un peu l'hiver. Cette pêcherie est homogène, capturant surtout des grands germons. Les navires sont de 80 à 150 tonneaux à l'exception de quelques petits thoniers non pontés des Canaries. Les marées durent 15 à 30 jours dans le triangle défini plus haut et ses très bons rendements lui assuraient un avenir prometteur. Récemment cependant le Portugal a fait valoir ses droits sur une Zone Economique Exclusive et les deux campagnes de 1978 et 1979 ont été très réduites. On ne peut actuellement préjuger de l'évolution de cette pêcherie.

Il existe enfin une petite pêcherie particulière de thoniers canneurs portugais basés aux Açores et à Madère. Leur activité s'étend sur toute l'année passant d'un thon à l'autre. L'essentiel des captures est constitué par les patudo (PAES da FRANCA et CORREIA da COSTA, 1976). Il existe cependant une période de pêche de gros germons de août à octobre de poids moyen de 20 kg.

Les débarquements sont minimes, de l'ordre de 500 à 1.000 tonnes et nous l'avons un peu artificiellement amalgamée à la pêche d'automne. Cette petite "sous pêche" a surtout été vivace de 1958 à 1970. Actuellement elle semble décliner bien que nous n'ayons pas toutes les données souhaitables à son sujet. Le volume approché des captures a été établi sur les indications de Mr. VASCONCELLOS.

Les efforts de pêche ainsi que la distribution exacte des tailles de poissons sont inconnus.

2.4 - LA PECHERIE PALANGRIERE

Cette pêche utilise un engin très particulier, la palangre flottante à thons (Fig.3). Une ligne mère supporte des avançons garnis d'hameçons spécialement conçus. Entre chaque série de quatre ou six hameçons est frappé sur la ligne mère un orin qui se rattache en surface à une bouée. La longueur de l'orin est réglable ce qui permet d'ajuster la profondeur à laquelle pêchent les hameçons. Chaque série d'hameçons comprise entre les deux bouées est un "panier" qui peut être une unité d'effort. Un navire dévide sa ligne depuis 3h du matin jusqu'en milieu de matinée. Il la relève depuis midi jusque tard dans la soirée.

Un palangrier peut ainsi poser de l'ordre de 2.000 hameçons par jour sur une tessure de plusieurs dizaines de kilomètres. Les taux de capture sont de l'ordre de 7 à 0.5 thons par 100 hameçons. Le relevage et le stockage des lignes est assuré par des appareils spéciaux (treuil loveur, dévideur ...).

Il s'agit donc d'une pêche dure, longue, pratiquée au grand large. Ceci explique assez bien pourquoi elle n'a été surtout pratiquée en Atlantique que par des équipages asiatiques (Japonais, Coréens, Taïwanais) durant les années 1956-1970. Entre 1970 et 1980, des pays riverains de l'Atlantique ont développé des petites flottilles pratiquant une telle pêche, généralement un peu plus côtière : Venezuela de 1965 à 1975, Brésil depuis 1969.

Les palangres flottantes ont une autre particularité qui est de ne capturer pratiquement que des grands thons. Ce qui s'explique par le fait qu'elles pêchent entre 50 et 150 m dans une tranche d'eau où évoluent couramment ces grands individus. S'y ajoutent des poissons porte-épées et des requins.

UN PALANGRIER POSE CHAQUE JOUR ENVIRON 40 KM D'UNE TELLE PALANGRE

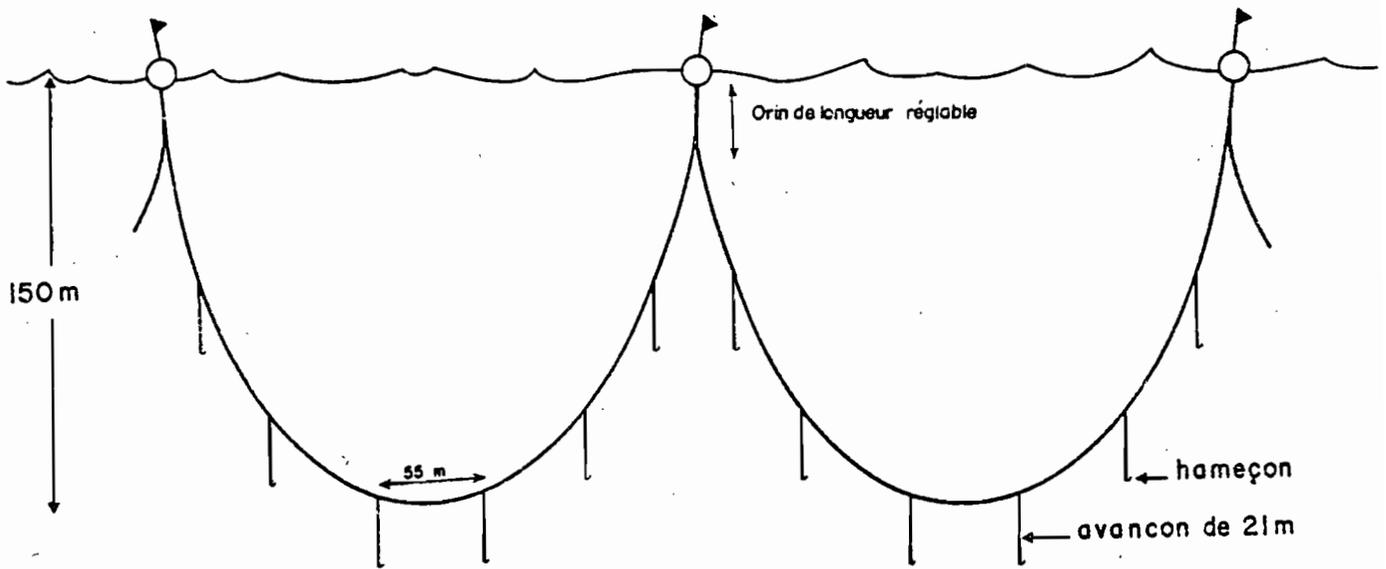


Figure 3 : Schéma d'une palangre flottante.

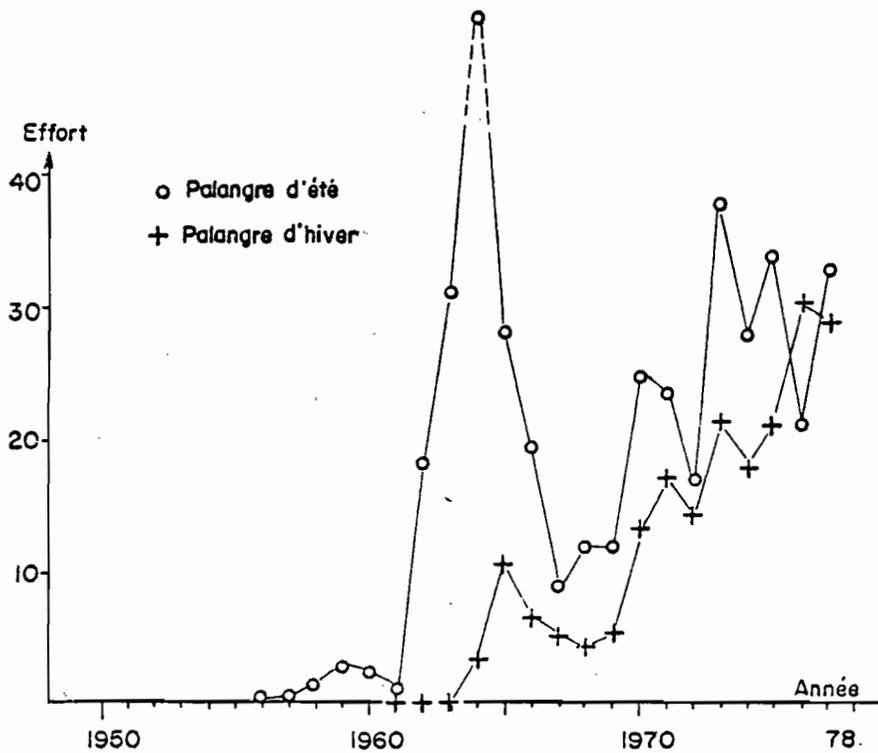


Figure 4 : Séquence des efforts de pêche palangriers en Atlantique Nord (1956-1977). Efforts exprimés en millions d'hameçons par saison.

Selon la zone où le capitaine du palangrier a choisi d'opérer il capturera telle ou telle espèce en majorité, celle qu'il recherche. On peut ainsi selon un gradient Nord-Equateur puis Equateur-Sud capturer dans l'Atlantique et le Pacifique, la succession de thons suivants :

- . Germon (*Thunnus alalunga*)
- . Fatudo (*Thunnus obesus*)
- . Albacore (*Thunnus albacares*)

S'y ajoutent sur les marges continentales tempérées, ou subtropicales les thons rouges :

- . Thon rouge du Nord (*Thunnus thynnus thynnus*),
en Atlantique, (*Thunnus thynnus orientalis*),
dans le Pacifique ; Thon rouge du Sud (*Thunnus maccoyii*).

Quelques petits thonidés et des poissons porte-épées constituent des captures accessoires. On en trouvera le détail pour l'Atlantique dans le Manuel d'Echantillonnage de la Commission pour la Conservation des Thons de l'Atlantique (ICCAT, 1978).

Les palangriers eux-mêmes sont des bateaux robustes de 250 à plus de 1.000 tonneaux. Ils sont capables de faire des marées de plus de deux mois. La recherche des zones de pêche se fait par flottille de même nationalité.. S'y ajoutent des politiques de commercialisation des diverses espèces de thon selon les pays. Ceci aboutit à des partages de fait des aires de pêche. Et en général un palangrier effectue une marée à la recherche d'une espèce donnée dans une zone "à germon", ou "à albacore".

A l'échelle des années cependant les flottilles peuvent changer d'objectif. On identifie de telles variations de stratégie par l'étude fine des lieux de pêche regroupés en carrés de 5° x 5°, comparés aux zones de référence (LE GALL, 1976). Cette capacité de changement d'espèce cible est donc une caractéristique bien particulière des palangriers.

Lorsqu'ils recherchent du germon en Atlantique, les palangriers opèrent selon des périodes semestrielles, dans des zones précises en opposition de phase dans chaque hémisphère (Fig.1).

Dans l'hémisphère boréal, la pêche dite d'hiver a lieu entre octobre et mars, centrée sur la zone Sud-Ouest des Açores. Les germons pêchés font de 80 à 100 cm. D'avril à septembre la pêche dite d'été opère dans la zone délimitée par l'arc antillais, la côte des USA et le 40°W. Les germons pêchés font de 90 à 120 cm. Symétriquement dans l'hémisphère austral, la pêche d'hiver concentre les palangriers le long des côtes d'Angola, Namibie, Afrique du Sud. Elle a lieu de avril à septembre, et les tailles observées sont également de 80 à 100 cm. Enfin la pêche d'été australe se situe entre les côtes brésiliennes et le méridien 0° et capture des germons de 90 à 120 cm.

Une disposition analogue des lieux de pêche palangriers existe dans le Pacifique. On note dans le cas de chaque océan une zone de moindres rendements sur une bande latitudinale 5°N à 10°N. Ceci est généralement interprété comme une séparation de deux stocks. On y reviendra.

En Atlantique, la pêche palangrière asiatique a débuté en 1956 selon un plan précis d'expansion de la flottille japonaise qui mettait ainsi à profit une technique longuement rodée depuis 1920 dans les eaux du Pacifique Ouest. L'effort de pêche a cru très vite, se focalisant sur les germons de 1961 à 1972.

Depuis 1973 le relais a été pris par des palangriers taïwanais opérant de façon identique, tandis que des palangriers coréens opèrent plus spécialement sur des zones à albacore, avec des prises accessoires de germon. Les palangriers japonais se consacrent depuis 1973 au thon rouge et au patudo.

SHIOMAMA (1970) par l'usage de zones de références "à germon" et "à albacore" définit un indice d'intérêt pour le germon et a pu ainsi calculer un indice d'effort effectif exprimé en milliers d'hameçons posés. Cet effort de pêche dirigé sur le germon s'est toujours maintenu à un haut niveau jusqu'à 1977. Il semble qu'il ait fléchi récemment pour des raisons de coût d'exploitation croissant.

En Atlantique Nord l'effort des palangriers s'est porté d'abord sur la zone dite d'été jusqu'en 1970 environ. Par la suite, les palangriers de Taïwan ont augmenté leur effort sur la zone dite d'hiver. Cette succession des deux pêcheries se voit bien sur la figure 4.

En Atlantique Sud, il existe des pêcheries marginales, les pêcheries palangrières vénézuéliennes et brésiliennes qui s'exercent près de leurs côtes respectives. Le volume des efforts de pêche est bien moindre que celui des palangriers asiatiques. Les navires ne changent pas de zones de pêche mais inversement capturent devant les Guyanes et aux accores Nord-Est du Brésil, selon la saison, du germon, du patudo et de l'albacore (ZAVALA CAMIN, 1978). On peut amalgamer la période de pêche au germon, soit donc l'hiver austral, à la pêcherie asiatique. Cela est d'autant plus justifié par les volumes relatifs des captures : 290 tonnes contre 22 000 tonnes en 1978 (ICCAT, 1979). Le volume total des captures réalisées par les palangriers est donc important.

3 - CONCLUSION

Trois grandes flottilles de thoniers ligneurs canneurs et palangriers exploitent cinq types de pêcheries de germon, en surface ou en profondeur. On opposera donc dans la suite des raisonnements les pêcheries de surface monospécifiques, saisonnières, capturant surtout des germons de taille moyenne, aux pêcheries palangrières exploitant toute l'année les aires de répartition des grands germons avec des variations possible de stratégie d'exploitation.

Cette opposition est classique pour les thonidés et se retrouve pour l'albacore et le patudo. Il y a là une concurrence accentuée par les différences géographiques des pays exploitants. L'entité de base pour l'étude de l'exploitation reste la flottille et lorsque l'on évoquera des variations possible d'effort de pêche, on examinera l'effet d'une modification des effectifs de telle flottille sur toutes les pêcheries qu'elle exploite.

Ainsi la pêcherie de canne d'automne a un statut mixte en ce qu'elle capture des adultes ; mais son effort de pêche est dépendant de celui de la canne d'été, car vraisemblablement cette pêcherie ne peut assurer seule la rentabilité de navires très spécialisés. On doit donc considérer la flottille de canneurs.

Par la suite, les pêcheurs pourront être désignés par des dénominations abrégées ainsi :

- . Pêcheurie de ligne : LI
- . Pêcheurie d'appât vivant d'été ... : CAE
- . Pêcheurie d'appât vivant d'automne : CAA
- . Pêcheurie de palangre d'hiver : PAH
- . Pêcheurie de palangre d'été : PAE

CHAPITRE 2

LE CYCLE DU GERMON

1 - PRINCIPE

L'étude de la démographie du germon suppose la connaissance de son histoire naturelle. Le but de ce chapitre est de décrire les faits établis sur les phases de la vie du germon atlantique, les faits moins connus mais admis, et les incertitudes restantes en évaluant leur importance et leur conséquences possibles. Ceci sera fait, en s'appuyant d'une part sur la connaissance que nous avons des pêcheries, ce qui constitue des faits bruts et, des résultats expérimentaux obtenus par des croisières de recherches ou des marquages. Malheureusement les études sur le germon ne sont pas très nombreuses en Atlantique et dans le Pacifique. C'est pourquoi il nous a paru judicieux de mettre à profit l'homologie existant entre ces deux océans ainsi que l'unicité de l'espèce dans l'océan mondial, pour préciser ou confirmer certains points du cycle du germon. Ce choix nous donne ainsi accès à la riche expérience accumulée par l'école japonaise (SUDA, KOTO, KUME, SHIOHAMA HISADA, MORITA ...) et américaine (CLEMENS, OTSU, UCHIDA, LAURS *et al.* ...). Ces deux écoles ont essentiellement travaillé sur le germon du Pacifique Nord, moins sur celui du Pacifique Sud, quelque peu sur le germon de l'océan Indien. Le cycle de vie ainsi décrit expose ainsi des éléments certains sur lesquels s'appuieront nos raisonnements, et aussi des éléments inconnus : c'est un certain nombre de ceux-ci que la présente étude tentera de résoudre. Ou tout au moins elle essayera d'en évaluer l'impact sur les modèles de dynamique de population.

2 - PONTE, OEUFs ET LARVES DU GERMON

2.1 - LOCALISATION

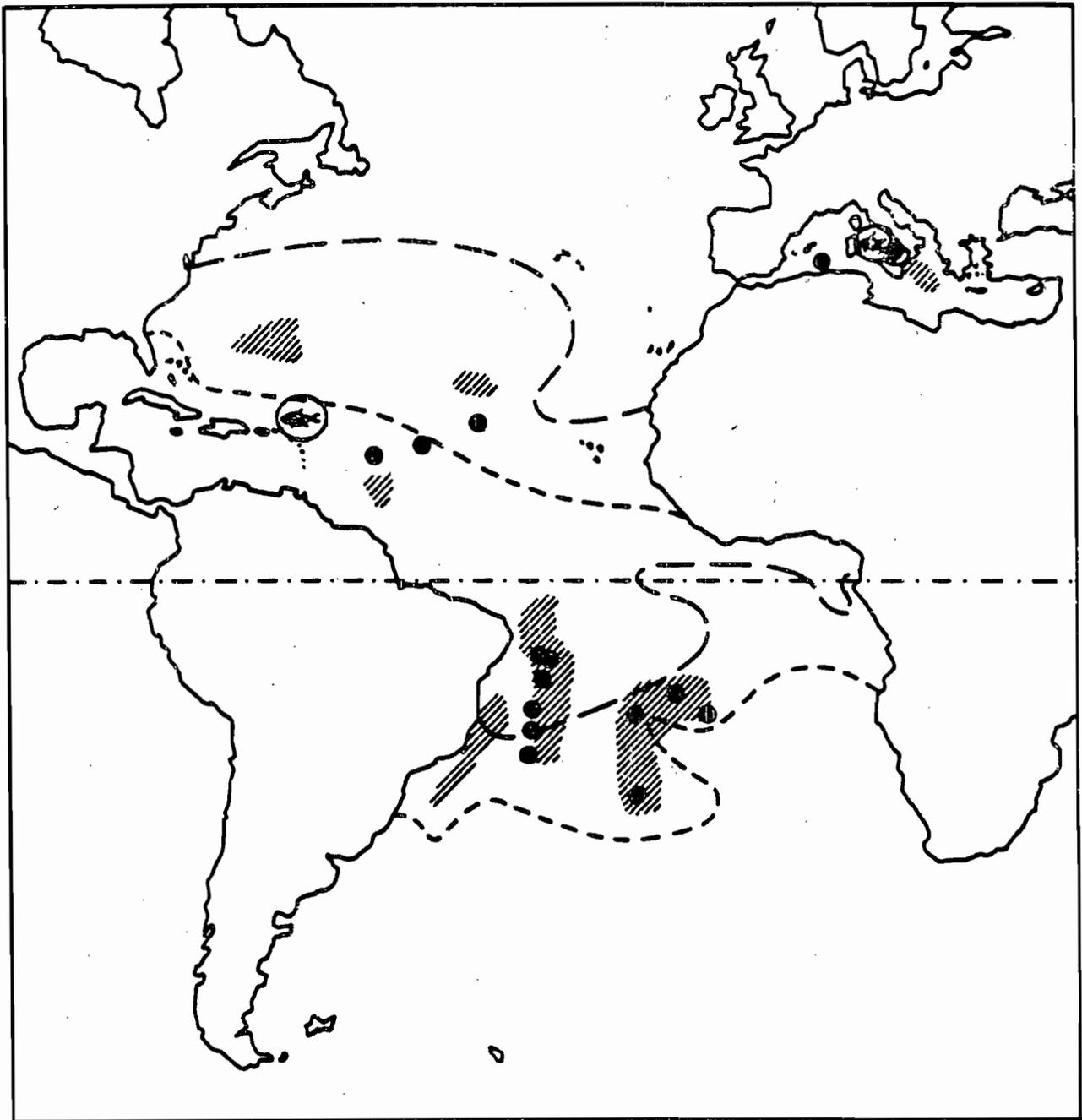
On pêche des germons matures ou proche de cet état dans des zones relativement restreintes des océans. Ces zones sont toujours océaniques, chaudes en surface (plus de 24°C), présentant une thermocline profonde telle que l'isotherme 15° atteint 200 à 300 m. Cette situation a été surtout bien définie dans le Pacifique (SUZUKI *et al.*, 1977) mais aussi dans l'océan Atlantique intertropical (KAWAI, 1969 ; ZHAROV, 1971). Les limites inférieures exactes où évoluent ces adultes et surtout ces femelles ne sont pas parfaitement bien définies. Il est cependant net que ces poissons se tiennent en profondeur.

En Atlantique les taux de pêche à la palangre indiquent des concentrations des grands germons adultes dans des bandes latitudinales de part et d'autre de l'équateur, plus importantes dans la partie ouest de cet océan.

Dans l'Océan Pacifique la situation des pêcheries d'adultes est similaire (OTSU et UCHIDA, 1959 ; UEYANAGI, 1969 ; SUZUKI *et al.*, 1977) montrant la même répartition de part et d'autre de l'équateur, décalée vers la moitié ouest de l'océan.

Peu de larves et d'oeufs de germon ont été recueillis ; NISHIWARA *et al.* (1978) résument les résultats de 19 années de recherche sur les larves de thons dans tous les océans par les navires japonais. On n'a trouvé des larves de germons que très rarement en Atlantique. Mais il faut noter que certaines strates spatio-temporelles ont été mal couvertes dans l'Atlantique Nord.

Enfin en Méditerranée, la situation est particulière en ce sens qu'il est prouvé que le germon pond régulièrement dans la mer Thyrrénienne et même en mer Ionienne. Des larves y sont couramment identifiées (PICCINETTI et PICCINETTI-MANFRIN, 1979). Cependant, malgré la pauvreté des données, une constante apparaît nettement, reconnue par de nombreux auteurs : on ne trouve des larves de germons que dans les eaux de surface dont la température atteint au moins 24°C (UEYANAGI, 1969 ; RUDOMIOTKINA, 1973 ; PICCINETTI). Par ailleurs NISHIWARA *et al.* constatent que les larves des thonidés se trouvent en surface ou subsurface (jusqu'à -50 m) ; autrement dit les larves de germons sont bien inféodées aux eaux chaudes de plus de 24°C. Les mêmes auteurs montrent que le cas est général pour les larves de la famille des thonidés, sensu stricto, dans tous les océans.



- larves
- ▨ femelles matures
- 🐟 juveniles
- Isotherme 24° C en aout
- Isotherme 24° C en fevrier

Figure 5 : Carte des occurrences reconnues d'oeufs, larves et juvéniles de germon en Atlantique d'après UEYANAGI (1971).

La figure 5 résume la situation pour le germon Atlantique, en y portant aussi les extensions maximales de l'isotherme 24° en été boréal et austral.

2.2 - EPOQUES ET DUREES DE LA PONTE ET DE LA VIE LARVAIRE

En ce qui concerne la ponte, il y a un certain nombre de données pour le Pacifique. UEYANAGI (1957) par l'examen des ovaires indique une ponte durant les mois du printemps et d'été, pour le stock dit Nord Pacifique. C'est ce que confirment OTSU et UCHIDA (1959). Pour le stock dit Sud, la ponte aurait lieu au printemps et été austraux (OTSU et HANSEN, 1962) peut-être plus étalée dans le temps (YOSHIDA, 1971).

Ce phénomène d'opposition entre les pontes de germes des deux hémisphères se retrouve en Atlantique, un peu moins bien connu (BEARDSLEY, 1971 ; KOTO, 1969 ; YANG, 1970 ; ZHAROV, 1973).

La durée de la période de ponte est donc fixée à environ six mois. Cependant il peut y avoir plusieurs "pics" de ponte à l'intérieur de cette période ; cette possibilité, et la fréquence de ces "pics" est fort mal connue.

UEYANAGI indique une plus forte intensité de ponte de mai à juillet dans le Pacifique Nord. Cependant OTSU et UCHIDA sur examen des polygones de fréquences des diamètres ovulaires, concluent à deux "pics" de ponte possibles.

En Atlantique, il n'y a eu, à notre connaissance, aucun travail sur ce sujet. Cette lacune est gênante et nous verrons que cela a des conséquences en matière de structure de stock. On admet donc que pour le germon de l'Atlantique, la période de ponte a lieu dans l'hémisphère Nord de avril à septembre, en hémisphère Sud de octobre à mars. Il est intéressant de constater que ces deux périodes correspondent exactement aux périodes de budget positif de chaleur de chacune des régions de ponte concernées. C'est ce que l'on peut voir en comparant les résultats précités à l'atlas climatologique de HASTENRATH et LAMB (1977). Ce n'est probablement pas fortuit. La ponte des germes serait ainsi synchronisée avec des périodes

où l'accroissement de la température de l'eau de surface favorisera au mieux le développement des oeufs et des larves. Bien entendu les conditions trophiques seront aussi impliquées, mais on ne connaît rien des conditions de nutrition des larves en Océan Atlantique, à l'exception de la Méditerranée. Ce synchronisme militerait en faveur d'un "pic" de ponte précoce qui ferait ainsi bénéficier les larves et les juvéniles d'une période d'eaux chaudes la plus longue possible. Un deuxième "pic" de ponte produirait des larves défavorisées sous ce rapport qui bénéficieraient toutefois des arrières saisons chaudes.

3 - LES JUVENILES DU GERMON

On s'accorde à penser que la phase larvaire des thons en général est très courte. Des élevages réussis au Japon le confirment (UEYANAGI, 1973). PICCINETI et FICCINETI-MANFRIN (1979) le confirment pour le germon de Méditerranée. Vient la phase juvénile dont le début est arbitrairement défini comme correspondant aux tailles échappant aux filets à plancton, soit environ 2 cm. Cette phase cesse lorsque les jeunes germons apparaissent dans les pêcheries de surface à environ 40 cm. Cet échappement aux filets fait que cette phase de la vie des germons est pratiquement inconnue. Quelques pêches à la lumière et l'étude des contenus stomacaux des Istiophoridés, prédateurs classiques, donnent des indications. Ainsi RICHARDS (com. pers.) indique la capture, une année, de juvéniles de 2 à 5 cm en été, au Nord des îles Vierges. Ceci est porté sur la figure 5.

La durée exacte de cette phase juvénile a fait l'objet de nombreuses spéculations fondées sur l'apparition sporadique de jeunes individus de 30 à 40 cm dans des pêches de surface d'arrière saison (ASANO, 1964) ou sur l'étude de spécimens recueillis dans l'estomac d'Istiophoridés du Pacifique (YOSHIDA, 1968, 1971).

Cet auteur montre en particulier une nette tendance à l'émigration depuis la zone équatoriale vers la zone tropicale des juvéniles lorsque leur taille augmente. Il y a là un mécanisme de dispersion des jeunes germons vers les hautes latitudes. La réapparition de ceux-ci se fait dans les pêches de surface à environ 45 cm, au nord du parallèle 35°N dans le Pacifique et l'Atlantique.

4 - LES GERMONS IMMATURES

Cette phase caractérise en Atlantique des germons de 45 à 80-90 cm, qui se pêchent surtout en surface. Leur état sexuel est toujours immature, tout au plus présentant un début de développement des gonades pour les plus grandes tailles (BARD, 1973 ; LAM HOI TONG, 1968).

La pêche de surface explique la bonne connaissance des germons immatures de l'Atlantique Nord. Dans le Pacifique Nord la situation est identique.

Les pêcheries de surface en Atlantique Nord suivent les immatures dans une migration estivale apparente, débutant aux alentours des Açores en juin, pour finir le long des accores du plateau continental européen en août-septembre. Puis ils disparaissent assez rapidement à l'automne.

L'examen des pêcheries (DAO et BARD, 1971), des marquages, des infestations parasitaires et des caractères biologiques (ALONCLE et DELAPORTE, 1974), permettent de distinguer deux voies de migrations. L'une dite "classique" ou "cantabrique", à l'est du méridien 18°W environ, l'autre dite "açorienne" à l'ouest de ce méridien jusqu'au 25°-30°W. Ces deux voies sont surtout distinctes en juin-juillet. En fin de saison elles se brouillent. Les conséquences de cette hétérogénéité seront examinées dans le chapitre 7.

Par ailleurs, les poissons pêchés à la canne et la traine dans ces deux voies, présentent des spectres de fréquence de longueur à la fourche caractéristiques : ceux-ci présentent de façon quasi constante trois classes de taille d'environ 45-57 cm, 58-67 cm, 68-80 cm, et parfois une classe supplémentaire à environ 80-90 cm.

La distribution des effectifs pour chaque classe a un aspect nettement "gaussien" (Fig.6 et 7). Le mode de capture, traine ou canne, peut infléchir les proportions respectives de chaque classe, mais leur identité demeure en général.

La signification de ces classes de taille a été largement discutée : on leur attribue généralement la valeur des classes d'âge quel que soit l'océan (BARD, 1974 pour l'Atlantique, OTSU et UCHIDA, 1960, SHIOHAMA, 1973 pour le Pacifique).

LIGNEURS FRANCAIS

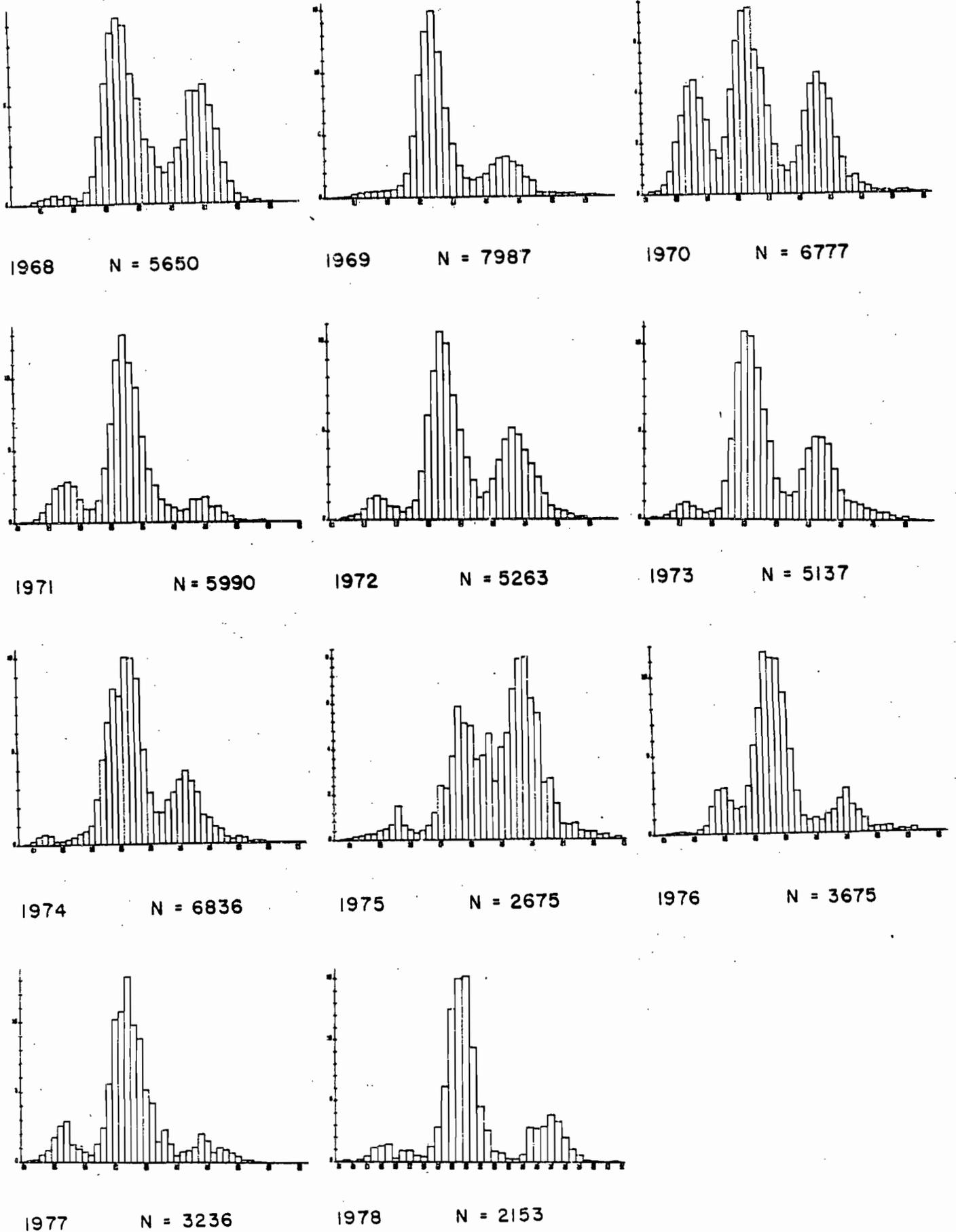
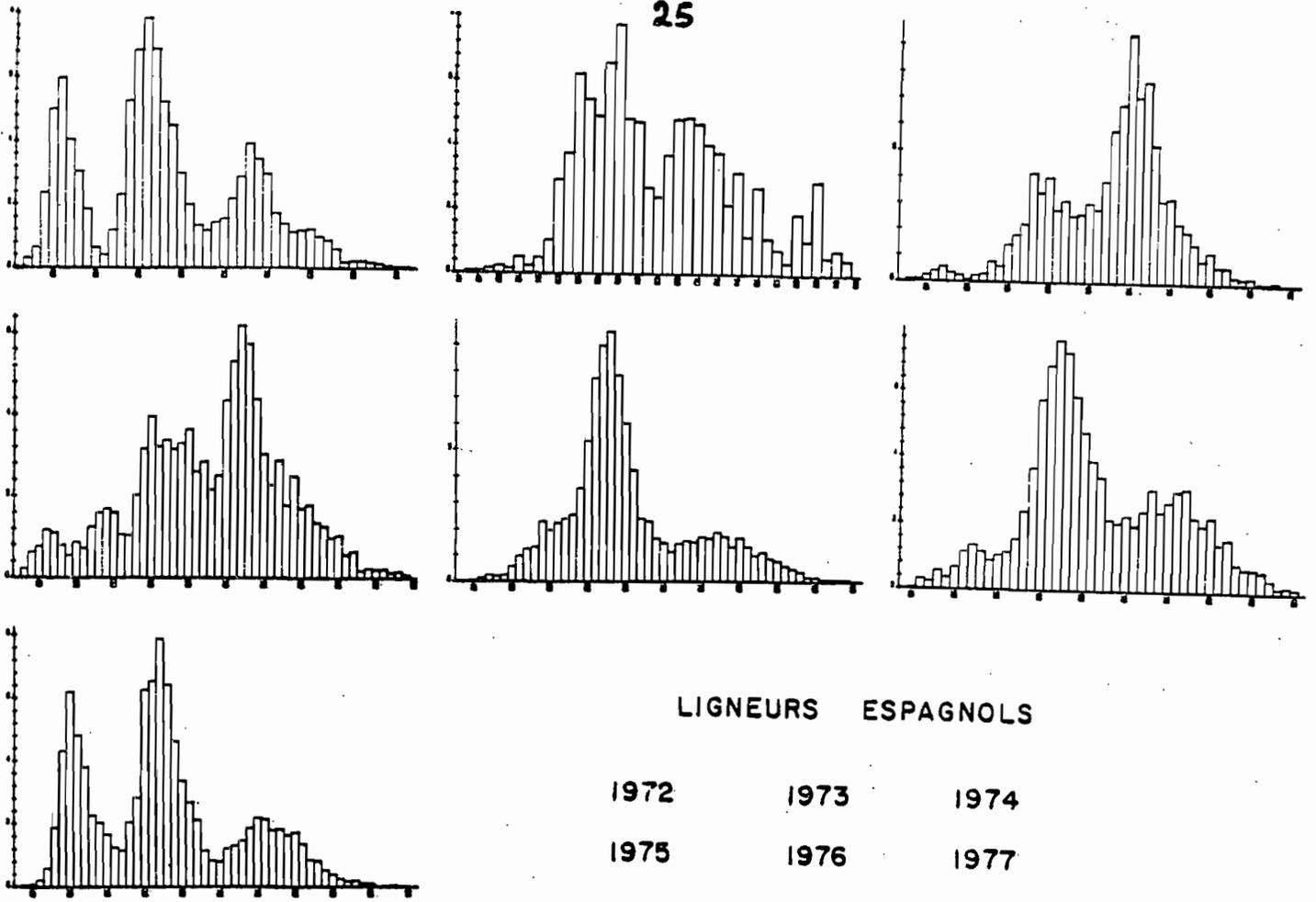


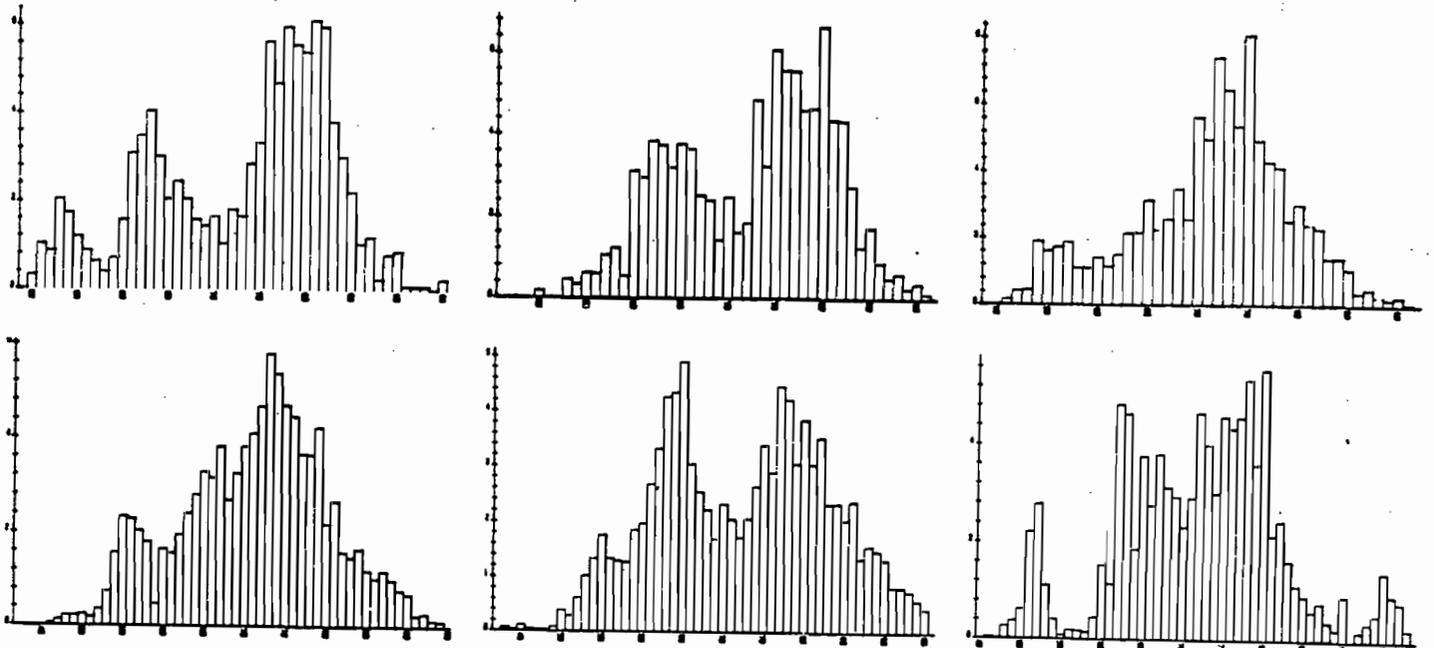
Figure 6 : Histogrammes des fréquences de taille des germes pêchés par les thoniers ligneurs français (1968-1978).



LIGNEURS ESPAGNOLS

1972	1973	1974
1975	1976	1977
1978		

Figure 7 : Histogrammes des fréquences de taille des germons pêchés par les thoniers espagnols (1972-1978).



APPATS VIVANTS ESPAGNOLS

1972	1973	1974
1975	1976	1977
1978		

En particulier dans l'Atlantique, la séquence à un an d'intervalle des classes dites :

"Bonite" = 45-57 cm (2-4 kg)

"Demis" = 58-67 cm (4-6 kg)

"Gros" = 68-80 cm (6-10 kg) est nette.

Les dénominations citées sont celles des pêcheurs français à la traine qui distinguent donc parfaitement ces classes d'âge et les ont ainsi baptisées. Enfin, et pour un même engin de pêche, les proportions de captures des bonites, demis, gros peuvent varier au cours de la saison de pêche estivale (Fig.8). On peut les attribuer à des variations de disponibilité des différentes classes en fonction des isothermes de surface (BARD, DAO, HAVARD DUCLOS, 1972).

En effet une caractéristique de ces immatures pêchés en surface est qu'ils sont étroitement associées à des températures de surface précises. C'est ce qu'ont montré CLEMENS (1961) pour le Pacifique, ALONCLE et DELAPORTE (1974) pour l'Atlantique Nord. Cette thermosensibilité fait que, en Atlantique, les pêcheurs capturent à la ligne trainante des germons entre 16°C et 20°C avec des préférences plus précis selon les classes de taille; Les individus les plus gros étant associés aux eaux plus fraîches.

Une exception toutefois est l'existence de forte quantité de germons de 70 à 90 cm pêchés à la canne dans le golfe de Gascogne dans des eaux de surface de 19° à 21°C, d'août à octobre. C'est ce que nous avons pu observer précisément en 1977.

Ces phénomènes de thermosensibilité sont donc complexes. L'association germon-température de surface n'est connue que par des modes de pêche qui peuvent être affectés par une vulnérabilité variable. Enfin les thons ont des possibilités de thermorégulation. Tout ceci devra être examiné dans le chapitre 3.

Une particularité notable affecte la distribution des germons immatures en Atlantique Nord : on n'en pêche en grande quantité que dans la partie Est de l'océan en été. Trois campagnes exploratoires de pêche à la traine ont été menées par l'ISTPM en 1975, 1978, 1979 dans les eaux du Sud de Terre Neuve, paraissant favorables aux immatures (ALONCLE, 1979).

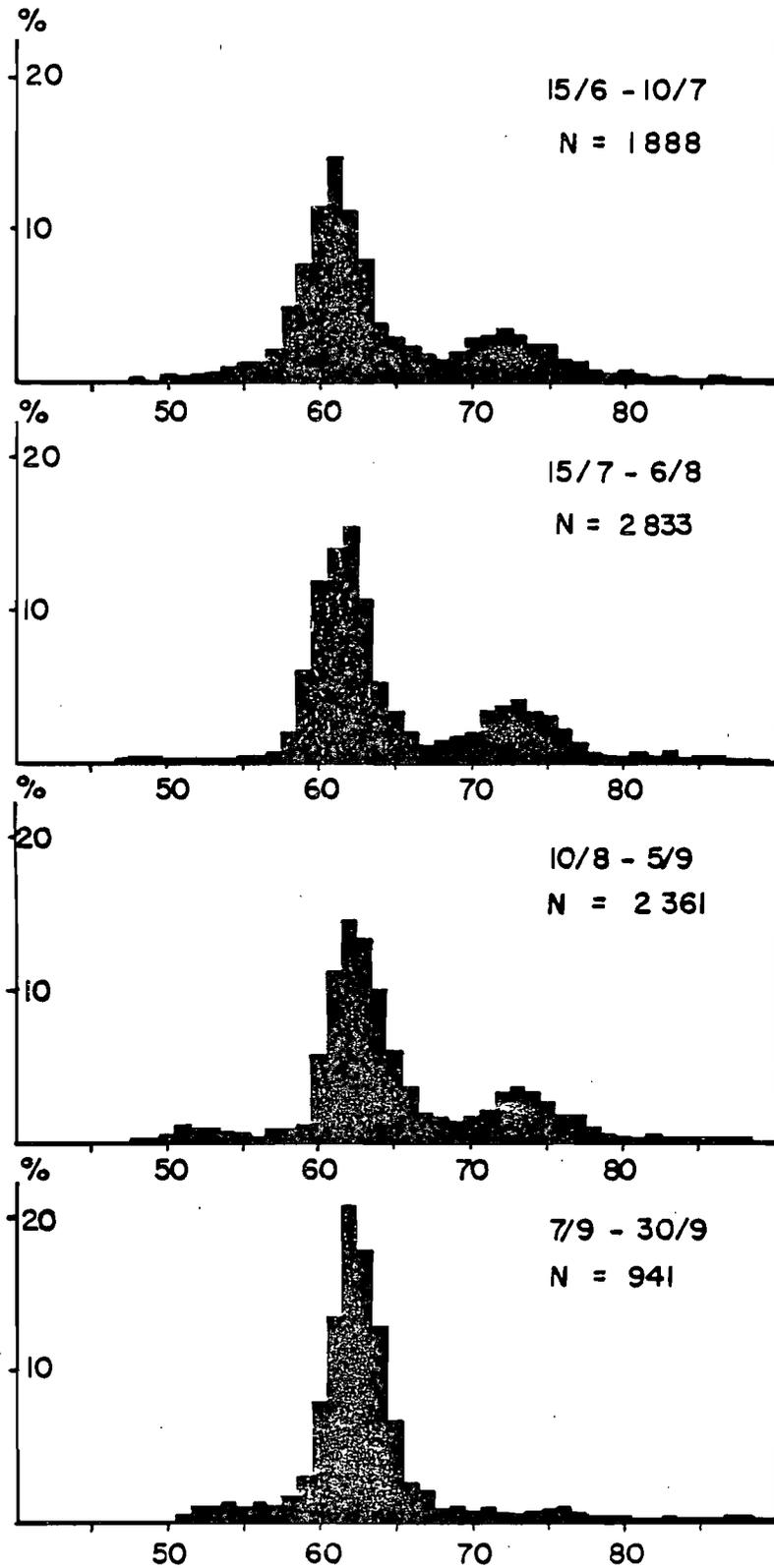


FIG.8. STRUCTURE DE POPULATION 1969

Figure 8 : Fréquence de taille des germons capturés au cours d'une saison de pêche des ligneurs français.

Les résultats jusqu'à présent ont surtout montré l'existence de grands germans de plus de 80 cm qui se rattachent à la phase adulte ou préadulte. Les quelques germans immatures pêchés, de 45 à 70 cm, semblent n'évoluer que dans l'est de la zone précitée, au voisinage de la voie açorienne déjà reconnue. Des observations dans les eaux jouxtant la côte américaine n'indiquent que la présence occasionnelle en surface de germans d'environ 90 cm analogues à ceux pêchés par les palangriers en été, dans ces eaux (IDYLL et de SILVA, 1963 ; MATHER, 1963 ; FREEMAN et WALFORD, 1974). On peut en conclure que l'Atlantique N-W est relativement vide de germans immatures en été.

Enfin au printemps et en hiver, en Atlantique Nord, on ne rencontre que peu de germans immatures. L'opinion commune est qu'ils se trouvent de par les conditions thermiques au Sud du parallèle 40°N, zone fréquentée surtout par les palangriers. La pêche des îles Canaries ramène quelques uns de ces jeunes poissons (COMPEAN, com.pers.), mais les palangriers présents du 20° au 60°W ne capturent que fort peu de ces germans immatures. Il semble qu'ils ne soient pas vulnérables aux hameçons des palangres situées entre 50 et 100 m (BARD, 1974).

La distribution des germans immatures présente dans l'Océan Pacifique Nord des aspects comparables à ceux de l'Atlantique, mais aussi des différences. La comparaison peut donc être utile. Une pêche de surface existe en été, le long des côtes des Etats-Unis et du Canada. La pêche est pratiquée surtout à la traîne, et ramène des germans immatures présentant des classes de taille très semblables à celles des captures de surface en Atlantique Nord (Fig.9). La pêche a été largement décrite par CLEMENS et CRAIG (1965) et LAURS et LYNN (1977).

Les lieux de pêche sont situés eux aussi dans la zone Est du Pacifique et les pêches exploratoires menées en été dans le Pacifique Central Nord montrent une relative absence de germans immatures.

Mais il existe en revanche une pêche de printemps de germans à l'appât vivant au large du Japon. Cette pêche suit la lisière Est du Kouro Shivo entre les latitudes 30° à 37°N et les longitudes 140° à 160°E. Elle capture des germans immatures de 40 à 90 cm présentant des classes de tailles bien marquées (SHIOHAMA, 1973).

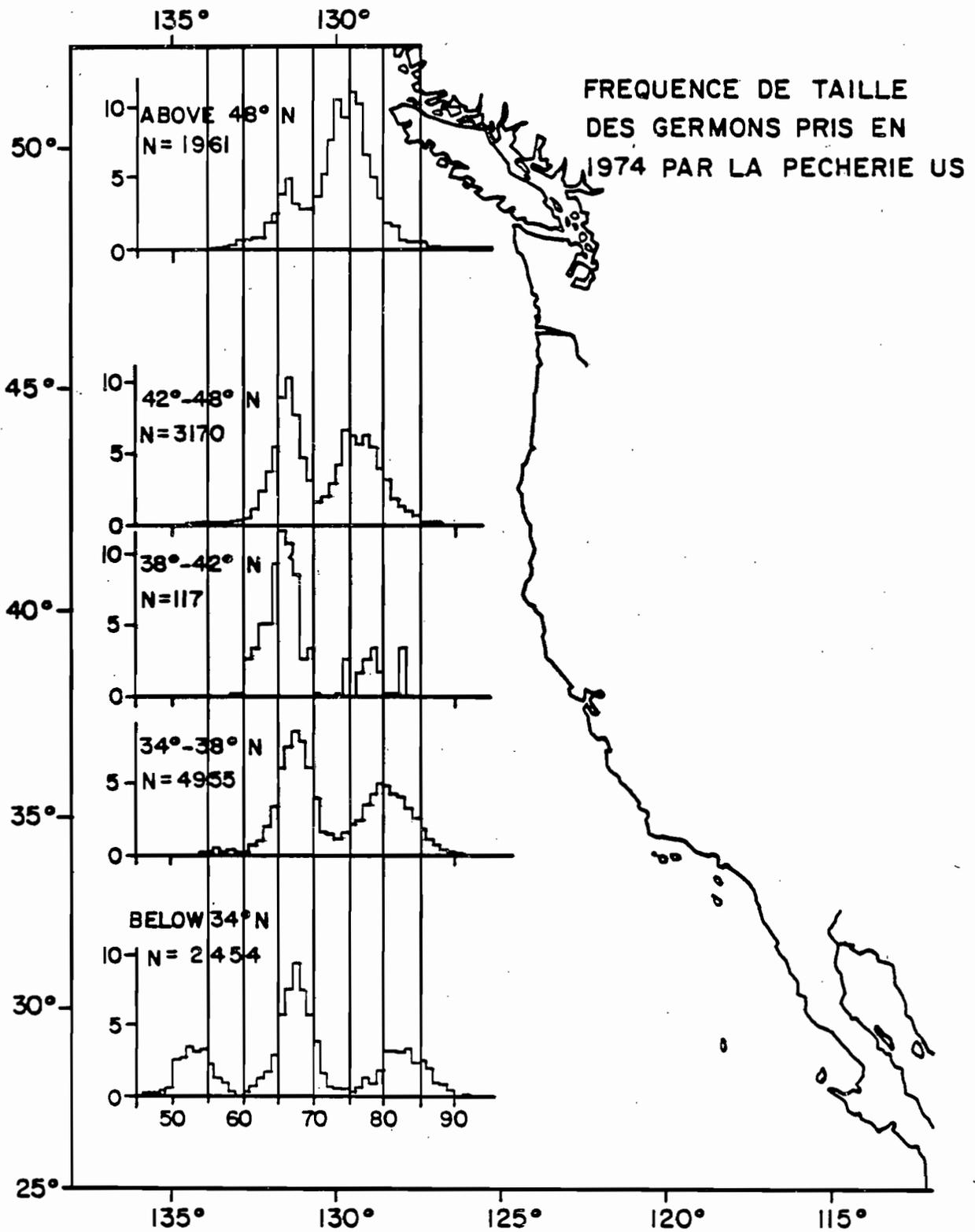
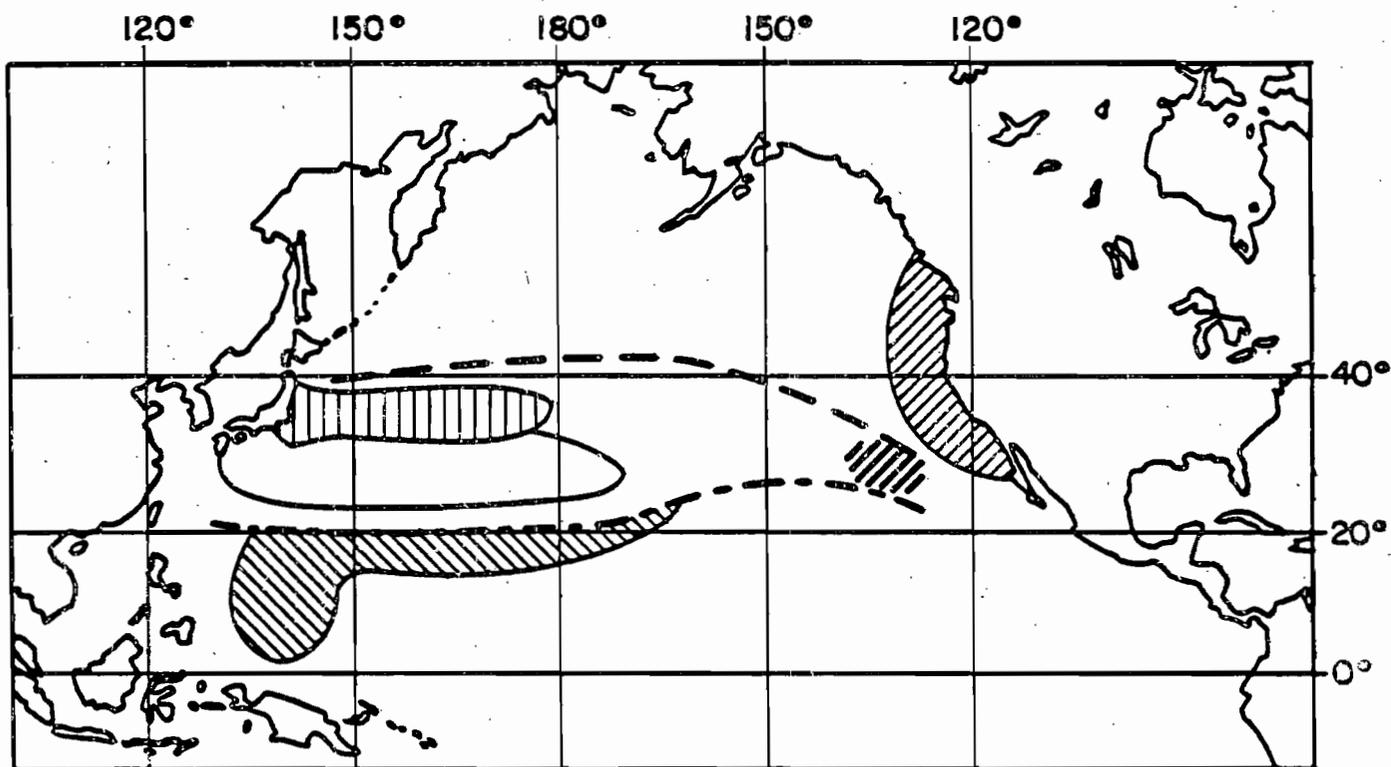
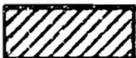
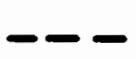


Figure 9 : Fréquence de taille des germons capturés en 1974 par les thoniers américains. D'après LAURS *et al.*, 1974.

Figure 10 : Carte des différents lieux de pêche du germon dans le Pacifique Nord.



-  pêcherie US d'été à la traine
-  pêcherie japonaise de printemps a A.V.
-  pêcherie palangrière d'hiver
-  pêcherie palangrière d'été (adultes)
-  convergence subtropicale
-  front polaire
-  "zone de transition"

Les marquages montrent une relation de ces poissons avec la pêche des Etats Unis qu'ils alimentent au moins en partie (KIKAWA *et al.*, 1977). Cette pêche peut s'étendre parfois jusqu'au méridien 180° en suivant une voie de migration vers l'Est. SUDA et SHIOHAMA ont montré que cette pêche est associée à des eaux particulières tempérées limitées au nord par le front polaire Nord Pacifique (Fig.10).

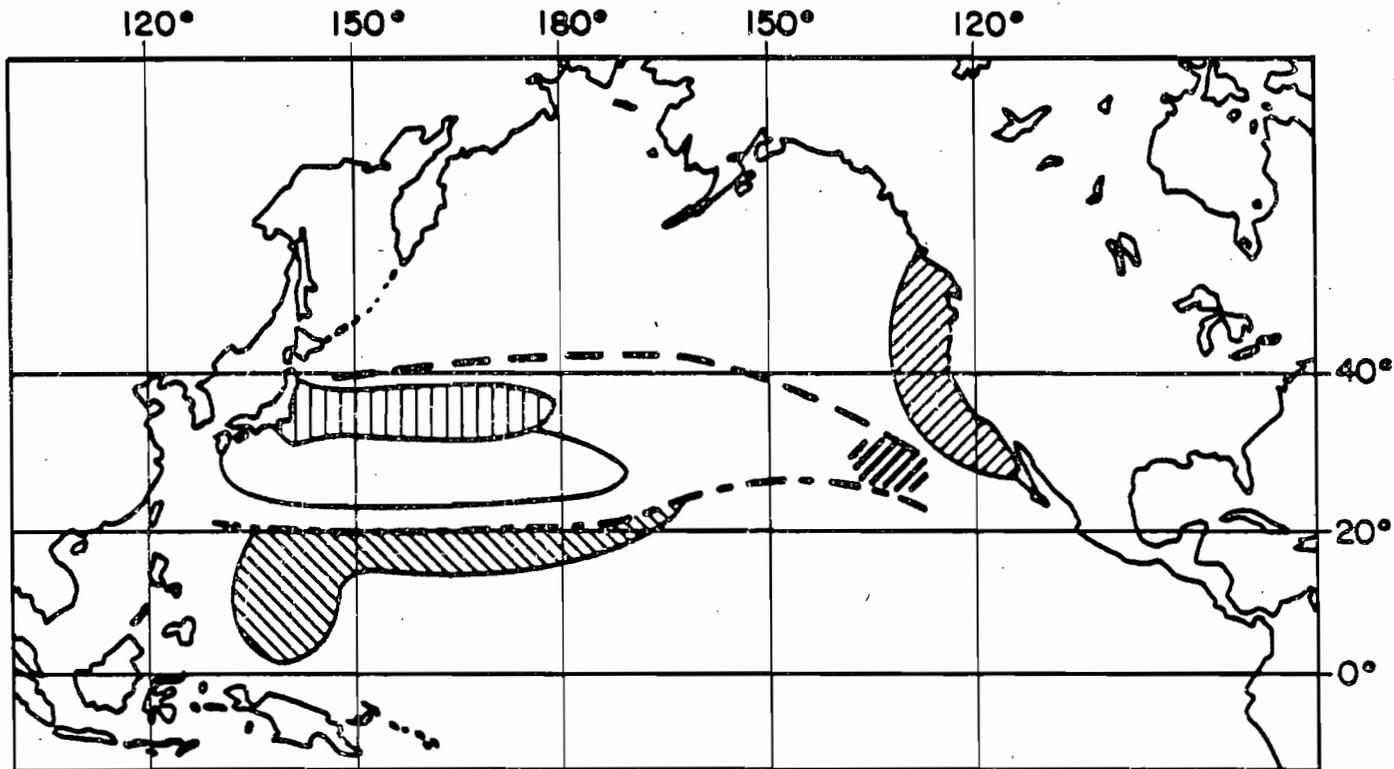
Toutes ces caractéristiques d'une pêche de printemps ne se retrouvent pas dans l'Atlantique Nord. Cette absence pourrait s'expliquer par des considérations sur les zones propices au germon de surface à cette époque. Nous les reprendrons donc dans le chapitre 3.

Après avoir atteint environ 80-90 cm, les germons disparaissent des pêcheries de surface. Ils réapparaissent surtout dans des pêcheries de palangre, c'est-à-dire en profondeur. Ils sont alors proches de la maturité. Les circonstances précises de ce passage et son déterminisme sont encore mal connues. Des marquages indiquent toutefois nettement la relation entre les immatures et les germons capturés à la palangre (HUE, 1979).

5 - LES GERMONS PREADULTES ET ADULTES

On doit à SUDA (1962) la distinction d'une phase de la vie du germon du Pacifique Nord qu'il nomme "prespawning group" que nous traduirons par "préadultes". Ces germons sont caractérisés par une taille assez forte de 80 à 100 cm, et une présence en hiver de novembre à mars sur ce qu'il appelle les "feeding ground" soit donc une zone d'engraissement. Cette zone est comprise entre 22° et 35°N au nord de la convergence subtropicale. Ces germons se pêchent à la palangre dite d'hiver. En été, on retrouve des germons un peu plus grands, de 90 à 120 cm plus au sud sur les lieux de ponte proprement dits, dans le courant Nord Equatorial soit donc entre 15° et 20°N. Ce sont les vrais adultes, qui se pêchent à la palangre dite d'été ; les prises comportent une forte majorité de grands mâles (SUDA, 1956).

Ce schéma résumé par la figure 10, élaborée sur le Pacifique Nord, se retrouve dans les autres océans. OTSU et UCHIDA (1960) en ont tiré un modèle de migration en fonction de l'âge des germons, entre ces différentes zones du Pacifique nord



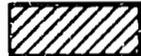
-  pêche US d'été à la traine
-  pêche japonaise de printemps à A.V.
-  pêche palangrière d'hiver
-  pêche palangrière d'été (adultes)
-  convergence subtropicale
-  front polaire
-  "zone de transition"

Figure 10 : Carte des différents lieux de pêche du germon dans le Pacifique Nord.

Dans l'Atlantique, en particulier, le schéma s'applique bien. Les travaux de KOTO (1969), BEARDSLEY (1969), YANG (1970) montrent des migrations cycliques entre les lieux de pêche palangrières hivernales et ceux des pêches estivales. Les germans de chaque hémisphère sont en "opposition de phase" selon que la saison considérée est boréale ou australe. L'examen des tailles pêchées (ICCAT, 1975, 1976, 1977, 1978) confirme la spécificité de chacun de ces groupes, ceux de la zone hivernale étant plus petits (Fig. 11). MORITA (1976, 1977) a même codifié cette situation en des strates spatiotemporelles basées sur des âges moyens supposés des germans pêchés à la palangre. Ceci a amené l'ICCAT à dénommer les zones ainsi identifiées 31-32, pour le nord, 33-34, pour le sud. Dans tous les cas les zones 32-33 représentent la zone de reproduction, les zones 31-34 la zone d'engraisement. Les limites en sont portées en figure 1.

Enfin les travaux de LE GALL (1975, 1976) ont montré que la variabilité de ces situations dans le temps, et le rythme des échanges entre ces deux types de zones sont semestriels.

La nouvelle pêcherie de canne d'automne a permis de compléter cette connaissance des grands germans en Atlantique Nord. Cette pêcherie ramène des germans de grande taille, 85 à 120 cm, donc homologues des individus pêchés à la palangre. Après examen par nos soins, ils se sont révélés en état de repos sexuel net. Ils constitueraient donc une extension vers l'Est de la zone d'engraisement hivernale. Cependant leur taille est parfois plus forte que celle des préadultes classiques (BARD et GONZALES GARCES, 1979 ; BARD, 1978). C'est ce que montre la figure 12.

Des éléments de cette succession préadultes, adultes restent encore peu claires, surtout en Atlantique. Ainsi l'association des zones d'engraisement et de reproduction avec des grandes caractéristiques océaniques tels que courants et fronts est peu marquée en Atlantique.

Par ailleurs, si la ponte en printemps et en été semble nette en Atlantique Nord, l'état sexuel des adultes et préadultes a été relativement peu observé et surtout le déséquilibre du sex-ratio ainsi que l'absence de grandes femelles que l'on y observe n'est pas expliqué.

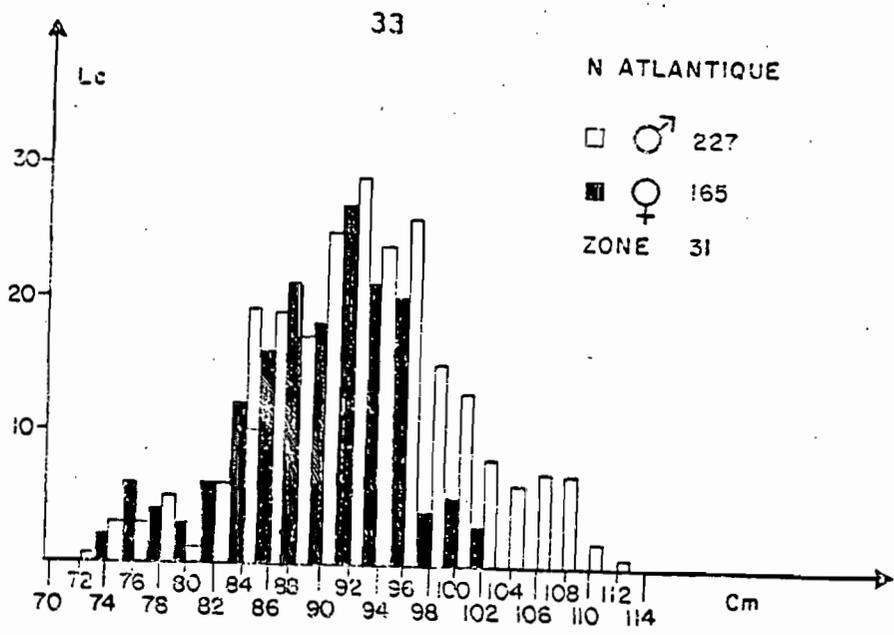
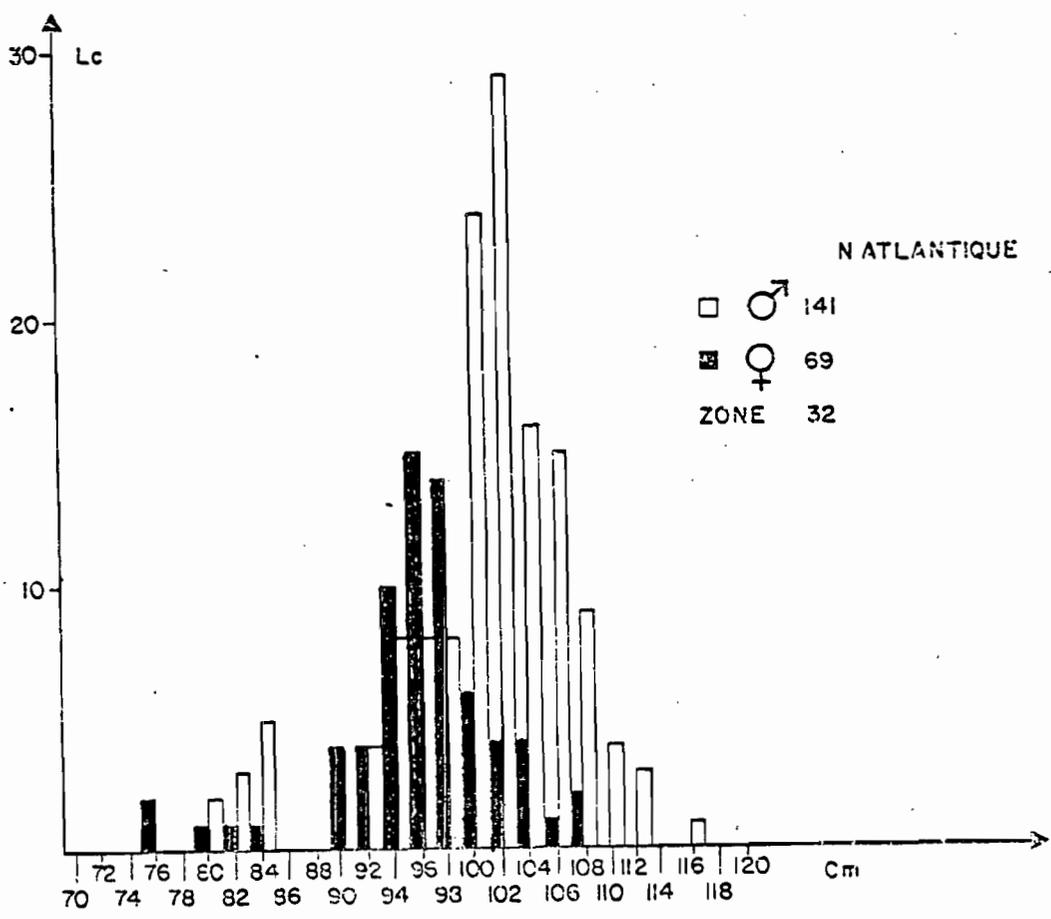


Figure 11a: Fréquence de taille par sexe des germons pêchés à la palangre en Atlantique (zone 31 ICCAT). Données de BEARDSLEY (1970-1971).

Figure 11b: Fréquence de taille par sexe des germons pêchés à la palangre en Atlantique (zone 32 ICCAT).



De même le retour éventuel des adultes des lieux de ponte vers les lieux d'engraissement en hiver ne semble pas automatique à en juger par l'examen des effectifs d'individus de grande taille. Une forte mortalité naturelle des adultes a donc été postulée par HAYASHI *et al.* (1972) pour expliquer le fait.

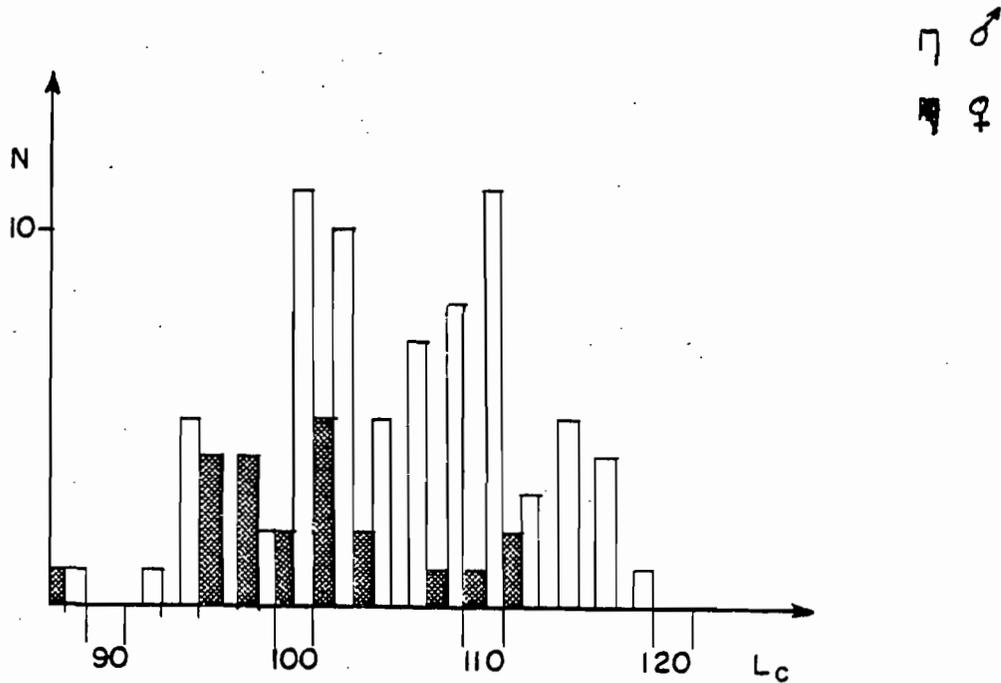


Figure 12 - Fréquence de taille des germes capturés à la canne en automne 1977, aux Açores. (en fonction des sexes).

6 - CONCLUSION

Le cycle du germon en Atlantique Nord est donc connu en général mais mérite une étude plus approfondie. Par ailleurs l'opposition de phase du cycle dans les hémisphères central et boréal a amené à admettre deux stocks indépendants (YANG, KOTO et BEARDSLEY, op. cit.). Nous le verrons de nouveau dans le chapitre "Structure de Stock".

Enfin ce concept de cycle complet assuré dans chaque portion Nord et Sud de l'océan est tout aussi applicable à l'Océan Pacifique. En conséquence il est admis l'existence d'un stock Sud Pacifique. Nous tirerons de son étude des éléments précieux sur la biologie de la reproduction des germons.

CHAPITRE 3 GERMON ET ENVIRONNEMENT

1 - PRINCIPE

Nous avons vu lors de la description du cycle du germon la variabilité de sa distribution, dans l'espace et dans le temps. On retrouve pour d'autres membres du genre *Thunnus* de telles hétérogénéités plus ou moins accusées. Ainsi le patudo présente-t-il un schéma voisin de celui du germon avec des distances de migrations moindres. Quant au thon rouge il inverse complètement la tendance puisque les adultes se pêchent en surface à de plus hautes latitudes que les jeunes. Ceux-ci sont toutefois des hôtes de latitudes tempérées en surface. Bien d'autres espèces de thons, au sens large, présentent de telles distributions complexes. Elles ont donné naissance à un grand nombre de pêcheries spécifiques, dans tous les océans, décrites dans les Actes de la conférence mondiale sur les thons et espèces associées (ROSA Ed, 1963).

Toutes ces situations sont engendrées par les relations complexes qui lient les thons et leur environnement. Pour le germon, nous allons décrire un ensemble de faits qui expliqueraient assez bien les migrations du germon et de leur déterminisme. Ceci permet alors de comprendre les raisons de la disponibilité variable des germons aux diverses pêcheries qui les exploitent. Et donc en fin de compte d'en tirer des conclusions pour l'évaluation des stocks.

Enfin il est juste de noter que dans cet esprit nous devons beaucoup à l'école américaine de physiologie des thons dont l'essentiel des acquis vient d'être condensé (SHARP et DIZON ed., 1978).

2 - LES EXIGENCES ECOLOGIQUES DU GERMON

Le cycle du germon se trouve dominé par le problème de la survie dans un environnement difficile, et même plus de l'acquisition de réserves métaboliques suffisantes pour pouvoir se reproduire. Tout ceci implique un ensemble d'exigences contradictoires.

Le germon est le plus pélagique de tous les thons, et doit donc exploiter une surface océanique pauvre, puisque la production primaire y est faible. Il lui faut donc développer une stratégie d'exploitation de grandes surfaces. Donc pouvoir maintenir une vitesse élevée durant de grandes périodes. Cette activité natatoire intense produit de la chaleur métabolique qui doit être éliminée. Or pour compléter le paradoxe, les thons possédant un métabolisme actif basé sur des enzymes fonctionnant au mieux à environ 25°C-30°C. C'est en particulier le cas des enzymes du métabolisme musculaire du Listao (BRILL, 1979).

Les thons ont donc évolué en développant des systèmes d'échangeurs de chaleurs efficaces maintenant une température interne élevée dans un "noyau interne" d'autant plus fort que l'espèce est évoluée (GRAHAM, 1975 ; SHARP et PIRAGES, 1978). L'étude des propriétés enzymatiques du sang de germon indique une meilleure activité des enzymes à des températures de l'ordre de 23° à 37°C, bien que celle-ci subsiste encore notablement à 11°C. (MORRISON, LAURS, ULEVITCH 1978) Mais l'activité métabolique engendrée par une nage même modérée (plus de 1 m/s) engendre un excès de chaleur qu'il lui faut éliminer ; et les échangeurs de chaleur agissent alors comme un obstacle à cette dissipation de chaleur.

Il y a alors plusieurs solutions :

- Soit des évolutions dans les eaux froides, et nous avons des preuves que les thons agissent parfois ainsi.

- Soit un système de court-circuit des échangeurs de chaleur ; ceci a été parfois invoqué mais jamais encore mis en évidence.

- Soit encore une conduction forcée de la chaleur vers la surface du corps par un mécanisme inconnu.

Le germon pourrait avoir recours à ces trois mécanismes simultanément. L'ensemble des deux derniers constituerait une véritable thermorégulation chez l'espèce, bien distincte d'une simple inertie thermique impliquée par la première solution. Actuellement la question n'a pas été encore tranchée, et seule l'évolution possible des germons en eaux froides

a été prouvée par télémétrie acoustique (LAURS, YUEN et JOHNSON, 1977). Il en est de même pour d'autres thons. Nous retiendrons donc la possibilité d'évolution du germon dans des eaux froides à des fins de refroidissement.

De par ce métabolisme actif, les thons consomment beaucoup d'oxygène. A partir d'une évaluation de leur vitesse minimum d'équilibre hydrostatique on peut estimer les teneurs minimales théoriques (MAGNUSON, 1973).

D'après SHARP (1978) les valeurs minimales tolérées seraient pour les différents thonidés :

- Listao de	50 cm	2.45 ml/l	d'oxygène	dissous		
	75 cm	2.89 ml/l	"	"	"	"
- Patudo de	50 cm	0.52 ml/l	"	"	"	"
	75 cm	0.65 ml/l	"	"	"	"
- Germon de	50 cm	1.67 ml/l	"	"	"	"
	75 cm	1.39 ml/l	"	"	"	"
- Albacore	50 cm	1.49 ml/l	"	"	"	"
	75 cm	2.32 ml/l	"	"	"	"

Elles sont donc assez variables selon l'hydrodynamique et le métabolisme propre à chaque espèce. Cependant on observe sur des individus en captivité que les thons présentent des réactions d'évitement à des teneurs même nettement plus élevées. Ainsi le listao n'évolue probablement guère dans des eaux à teneur en oxygène inférieure à 3.5 ml/l (BARKLEY *et al.*, 1977). Pour le germon, il n'y a pas eu d'essai en bassin, mais par la proportion avec le listao on peut penser que la valeur 2.0 à 2.5 ml/l constitue une limite.

Deux dernières limitations liées à l'ontogénèse propre du germon affectent les jeunes individus.

D'une part la vessie natatoire du germon croît allométriquement (GIBBS et COLLETTE, 1967) et atteint son développement parfait pour des tailles de 80 à 90 cm. Elle n'est donc pleinement fonctionnelle que chez les adultes ou préadultes. Chez les jeunes germons en revanche la flottabilité sera donc peu contrôlable et des problèmes d'évolution verticale se poseront alors. Donc plus un germon est petit moins il a la possibilité de changer facilement de profondeur. Cela semble être également le cas pour le patudo et l'albacore.

D'autre part si l'on admet que le métabolisme enzymatique musculaire ne varie pas tout au long du cycle du germon, on peut penser que les jeunes germons doivent comme les adultes maintenir une température interne de l'ordre de 25°C. Or il semble que les dispositifs de conservation de chaleur, c'est-à-dire les échangeurs de chaleur, soient moins fonctionnels chez les jeunes thons que chez les adultes et préadultes (SHARP et FIRAGES, op. cit.).

En conséquence, de jeunes thons seraient inféodés à des eaux relativement tièdes et ceci d'autant plus chaudes que les animaux sont petits. Si l'on ajoute la difficulté relative de changer de profondeur chez ces jeunes animaux, cela pourrait les cantonner à des eaux de surface de température précise suivant leur taille.

Nous pouvons donc maintenant examiner comment tout au long de son cycle le germon tire parti de son environnement, et quelles en sont les conséquences pour les pêcheries.

3 - LES PHASES DE CROISSANCE DU GERMON ET LEUR ENVIRONNEMENT

3.1 - LES LARVES ET LES JUVENILES

Nous avons dit, que l'on ne trouve des larves de germons que dans des eaux de plus de 24°C. Cela correspond bien à la théorie de la température de travail enzymatique, puisqu'il semble que les larves n'aient pas d'échangeur de chaleur fonctionnel. Celles-ci doivent donc nécessairement évoluer uniquement dans ces eaux chaudes. Soit donc au delà des isothermes 24°C. L'examen des cartes isothermiques de l'Atlantique permet alors de déterminer l'extension maximale de la zone de ponte utile (Fig. 5). Il apparaît que le germon ne peut se reproduire qu'à l'ouest du méridien 40°W. Ceci a une conséquence évidente sur la structure des stocks.

3.2 - LES GERMONS IMMATURES

Ils se présentent seulement en été dans l'Atlantique Nord Est où ils sont exploités en surface. Leur inféodation aux eaux d'une température de surface de 16° à 20°C a été décrite. De plus les plages thermiques où l'on rencontre ces thons varient quelque peu avec la taille, les plus grands étant dans les zones les plus froides.

Puisque ces germons ne peuvent guère évoluer profondément, ils ne peuvent trouver des eaux tièdes compatible avec leur adaptation thermique qu'en surface. Ceci est particulièrement vrai pour les "bonites" et les "demis", relativement petits. Cependant ils chassent activement (ALONCLE et DELAPORTE, 1974), et donc ont déjà un problème de chaleur métabolique à évacuer. Ainsi SHARP et VLYMEN (1978) ont noté pour des germons de 54 à 82 cm une température interne en excès de 9° à 15°C par rapport aux eaux ambiantes de 15°C à 18°C.

Un tel excès de température ajouté à la température de l'eau exclut ces germons des eaux à plus de 20°C, du moins en permanence. Des températures internes de plus de 35°C chez listao endommagent le cerveau et les muscles rouges (NEILL *et al.*, 1976). On peut supposer que chez le germon ce seuil est voisin.

Puisque les jeunes germons sont plus étroitement liés aux eaux superficielles, leurs migrations sont commandées par le déplacement des isothermes de surface.

Cette conception d'ensemble mène alors à celle d'une "migration à contrecœur" des germons immatures vers le Nord Est, poussés par le réchauffement estival des eaux de surface qui culmine en septembre (Fig.13).

En Atlantique Nord, le mouvement apparent de ces isothermes 15-20°C est grossièrement latitudinal selon une loi sinusoïdale (BLOUCH, 1979). En d'autres termes le déplacement de ceux-ci est rapide au printemps et automne, lent en hiver et été. Ceci contraindrait donc les jeunes germons à une migration rapide en avril-mai-juin selon un axe SW-NE et c'est effectivement ce qui se passe, les jeunes germons apparaissant brutalement au 40°N où les ligneurs les trouvent en début juin. Des prospections en mai au Sud des Açores ont montré que le poisson n'était pas encore au "rendez-vous".

De fin juillet à septembre, la situation thermique est plus stable, et les germons se déplacent moins dans une zone située au nord du 45°N.

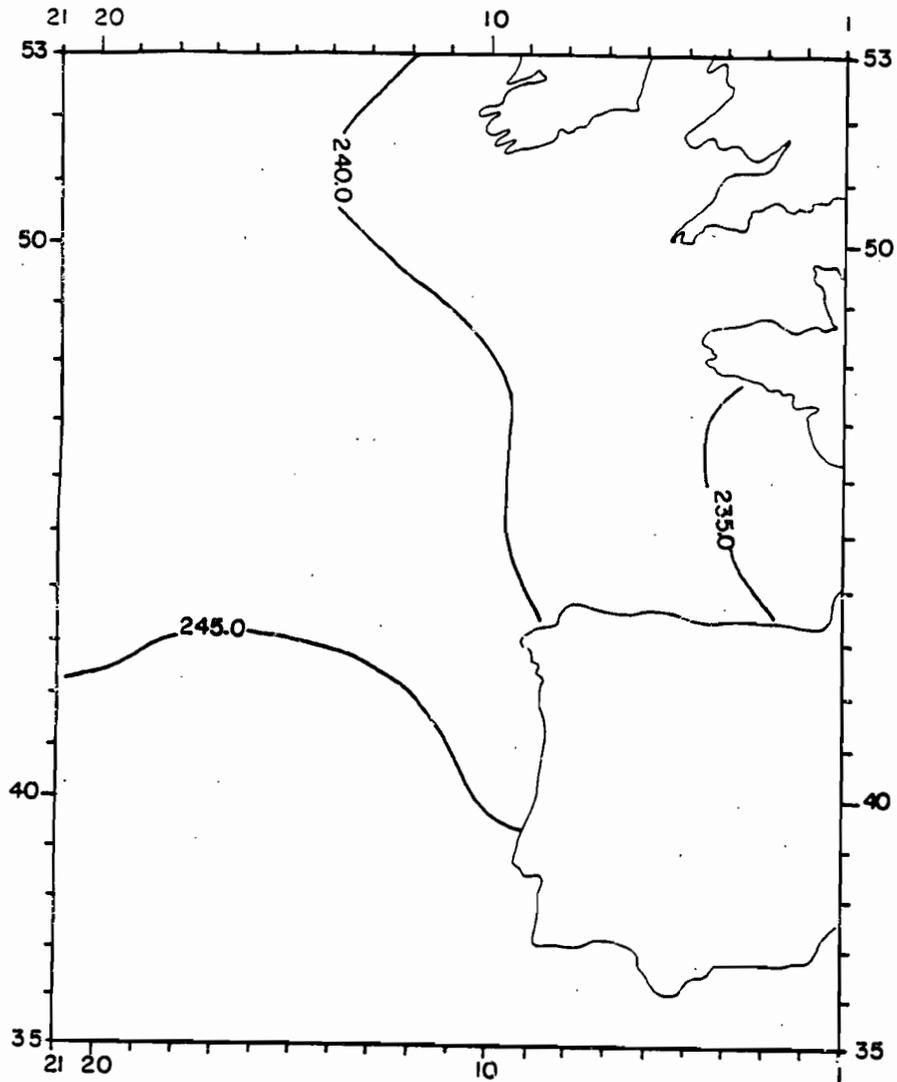


Fig.13 - Date en jours depuis le 1^{er} janvier du réchauffement maximal des eaux de l'Atlantique Nord Est. Adapté de BLOUCH, 1979.

En automne le refroidissement des eaux du proche Atlantique est rapide début octobre, et le poisson "coupe" en faisant route au SW. HUE (1979) par l'étude des déplacements des poissons marqués et recapturés quelques temps après, confirme ces deux migrations de sens inverse.

Cette alternance de migrations rapides et lentes peut induire des problèmes énergétiques chez les germons. Cela retentira sur leur rythme de croissance (Chapitre 4).

En outre le fait que les jeunes poissons soient cantonnés à une plage thermique précise en surface explique deux caractéristiques de la migration en Atlantique.

On a vu que l'absence des petits germons en Atlantique Nord Ouest en été était remarquable. Si ils sont bien cantonnés à la surface, l'aspect de la distribution isothermique en Atlantique Nord explique cette distribution (Fig.14). Le front thermique permanent du Gulf Stream les bloque à l'ouest, et l'espace de migration qui demeure le plus large est "l'entonnoir" formé par les isothermes et le plateau continental européen à l'est du méridien 40°W. De plus cet entonnoir mène à la frontière des eaux néritiques riches en nourriture telles les accores du plateau continental celtique.

En revanche en hiver, la zonation isothermique est beaucoup plus régulière et les jeunes germons se trouveraient sur une bande zonale à travers l'Atlantique au sud du 35°N. Cependant le front thermique du Gulf Stream les maintient à l'écart de la côte américaine. Les immatures disposent là d'un vaste espace d'évolution non fréquenté par des navires de pêche. Au contraire dans le Pacifique un tel lieu d'hivernage est exploité par la pêcherie de canne lors du printemps au large du Japon.

Enfin la capacité d'évoluer qui s'accroît avec la taille expliquerait assez bien les pêches relativement différentes des ligneurs et canneurs.

Les ligneurs pêchent une majorité de "demis" évoluant entre 0 et 25 m au-dessus de la thermocline saisonnière bien marquée (Fig.15). Ceci est lié à la puissance d'attraction des leurres qui ne font "monter" les poissons que depuis une profondeur comprise entre 0 et 20 m selon les témoignages des patrons. Cette pêche s'attaquera donc surtout aux demis et bonites, vulnérables puisque moins souvent en profondeur. Les thoniers canneurs pour leur part pêchent plus de gros poissons qu'ils sont capables de faire monter depuis les couches plus profondes où ils se tiennent parfois. Ils en captureront donc une proportion supérieure. Cela les amène à fréquenter les zones où ces gros immatures sont facilement disponibles. Soit donc le Golfe de Gascogne de août à octobre. En effet les gros poissons peuvent exploiter dans cette zone à la fois la faune mésopélagique et aussi les clupéides abondants aux accores du Golfe. Cette zone bénéficie de conditions hydrologiques et météorologiques particulièrement bonnes en cette saison, fort utiles pour la pratique de la pêche à la canne.

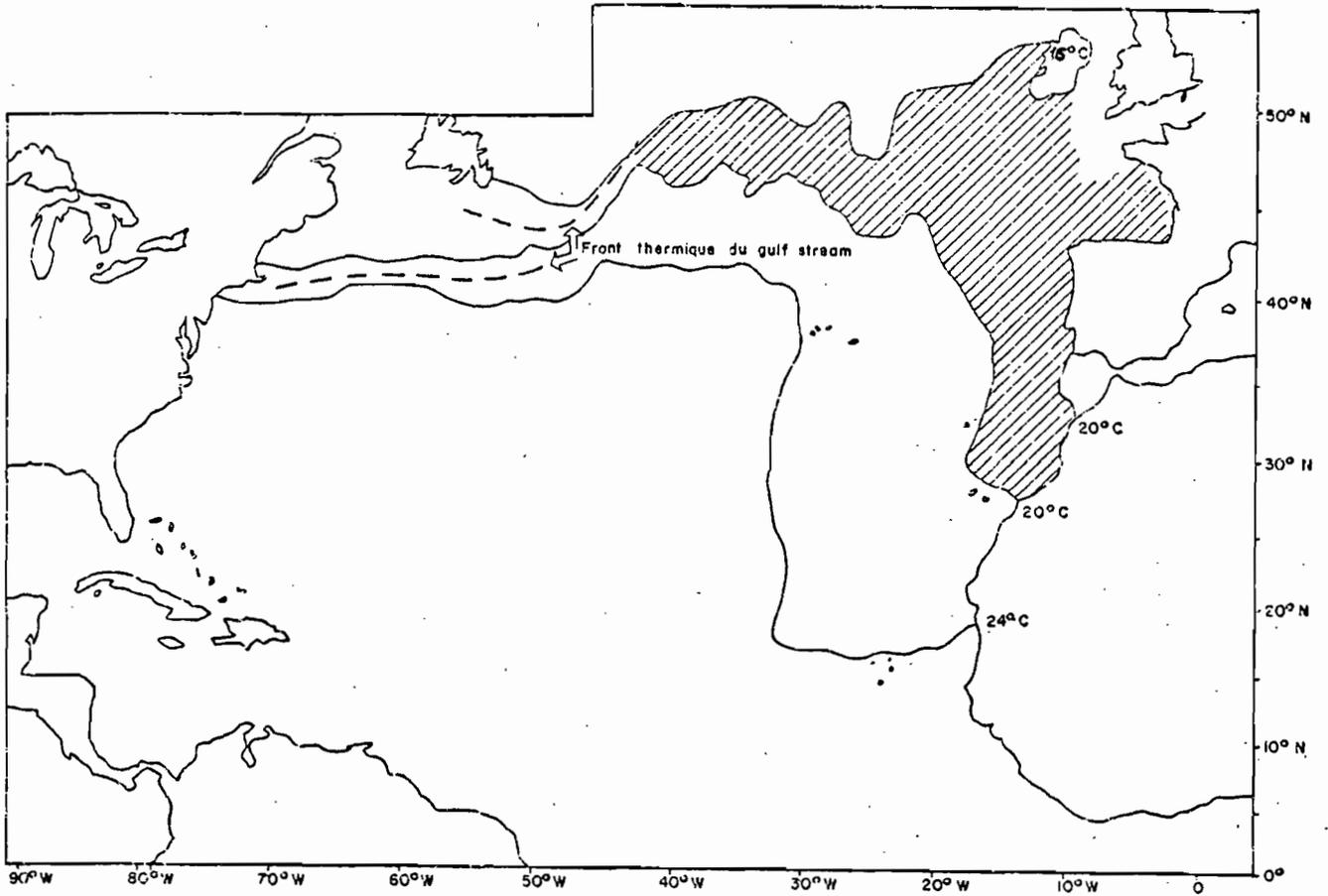
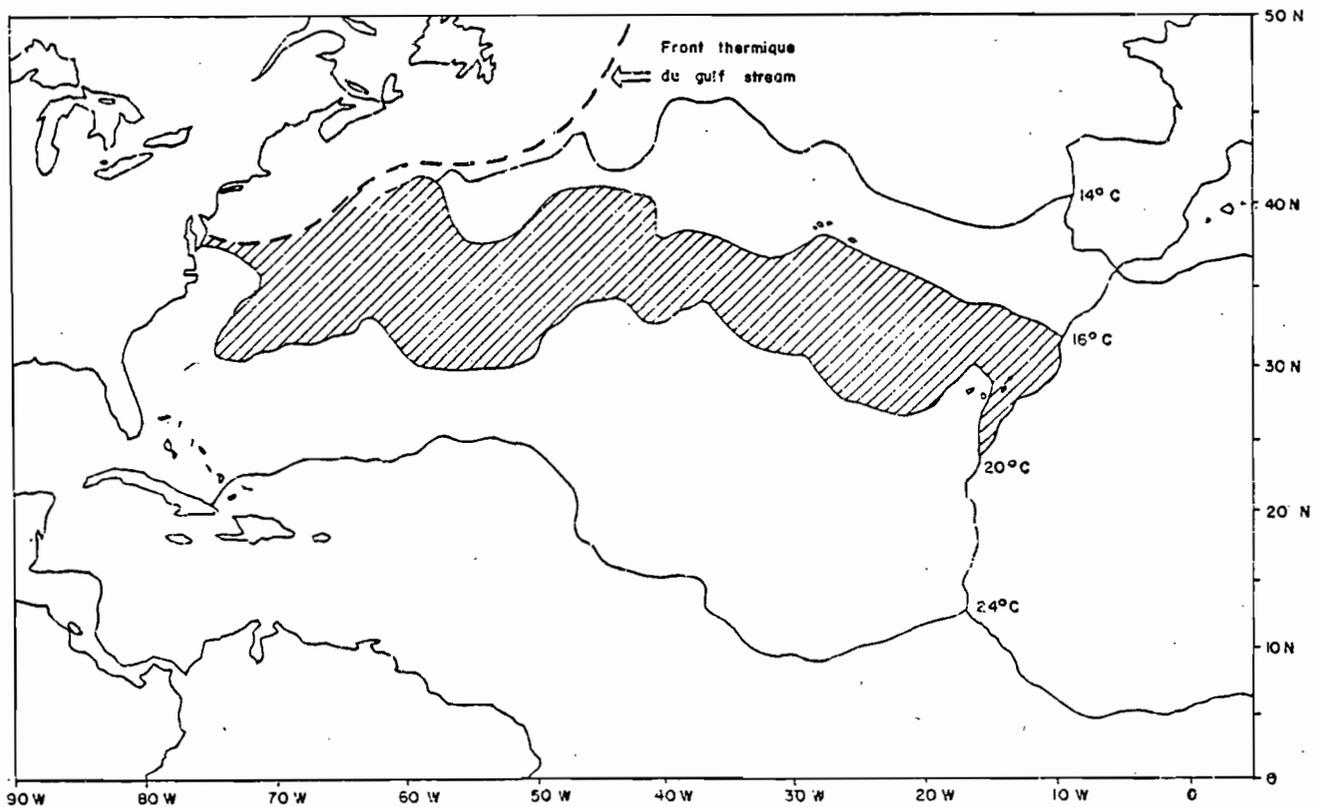


Figure 14 : Isothermes de surface de l'Atlantique Nord ; a) en été, b) en hiver.

D'après les relevés GOSSCOMP de 1977 aimablement transmis par le U.S. National Environmental Satellite Service



Une des conséquences directes de ceci est que la classe d'âge dite 'gros' est moins accessible que la classe d'âge dite demi pour les ligneurs puisque pouvant évoluer un peu plus profondément. Or la capturabilité relative de ces deux classes pour les ligneurs est un élément clef de l'évaluation du stock de germon Nord Atlantique. On conçoit donc l'importance de cette conclusion.

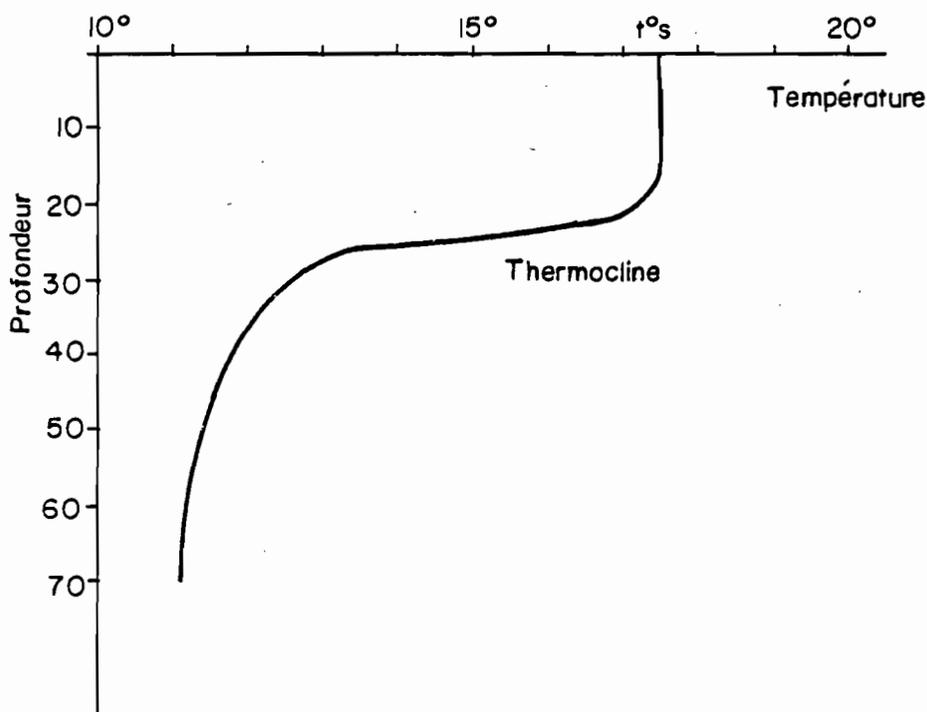


Fig.15 - Structure thermique classique des eaux de l'Atlantique Nord-Est de 0 à 100 m en été.

Les germons en grandissant échappent progressivement à cette migration obligatoire en particulier en pouvant évoluer plus facilement dans les eaux froides voisines de la thermocline. Ils peuvent alors passer à l'habitat spécifique des phases préadultes et adultes, les eaux de la thermocline profonde des zones océaniques tropicales. L'intérêt d'une migration progressive vers les profondeurs est simple. Les germons ont ainsi accès à la faune mésopélagique qui constitue une ressource importante en micronecton et necton.

Lorsque les germans atteignent une taille critique et donc des capacités de plongée suffisante ils ont accès à cette source de nourriture et peuvent alors accumuler efficacement des réserves métaboliques. Et c'est effectivement ce que l'on constate pour les animaux de plus de 80-90 cm par morphométrie (Chapitre 5). DOTSON (1976) note également une décroissance de la vitesse minimum de nage donc des dépenses énergétiques obligatoires dès 70 cm.

3.3 - LES GERMONS ADULTES

3.3.1. Les germans de plus de 85-90 cm sont adultes ou préadultes. Leurs caractéristiques physiologiques sont suffisamment établies pour faire face aux problèmes de l'environnement. Ainsi leur grande masse et le plein développement des échangeurs de chaleur latéraux leur assurent au moins une bonne inertie thermique. Donc la possibilité d'évoluer dans des eaux froides pour un temps long, et même inversement dans des eaux chaudes. Leur vessie natatoire est bien fonctionnelle et permet donc un contrôle précis de la flottabilité. Enfin comme il sera montré dans le chapitre 5 des remaniements des volumes antérieurs et postérieurs du poisson se terminent, celle de la surface des pectorales aussi. Les grands germans sont donc à même de contrôler leur vitesse minimale de nage. Celle-ci doit être égale ou inférieure à celle calculée pour les plus grands immatures par DOTSON soit 45 cm/s. Les dépenses énergétiques courantes sont donc minimales.

Il leur reste le problème de la chaleur métabolique en excès à éliminer après des activités intenses. Mais comme noté précédemment l'existence ou l'absence d'une thermorégulation réelle est encore inconnue, et ce d'autant plus sur des thons adultes qui n'ont jamais été disponibles pour l'expérimentation. Quoi qu'il en soit la plongée rapide dans des eaux froides peut suffire à éliminer les excès de chaleur.

GRANDPERRIN (1975) a étudié la nutrition des grands thonidés du Pacifique Sud-Ouest, en la comparant à des pêches expérimentales effectuées aux filets à micronecton. Il synthétise également les travaux effectués sur ce sujet dans d'autres aires océaniques. Ses conclusions sont fort intéressantes. Il montre qu'une des sources principales de nourriture des germons est constituée de poissons mésopélagiques évoluant sur un rythme nyctéméral entre 0 et 500 m. L'activité de chasse est maximale à l'aube et au crépuscule lorsque les migrations verticales sont les plus intenses. De plus, les germons peuvent "écrémer" la partie supérieure de la strate bathypélagique vers 450 m.

L'activité crépusculaire des grands germons est prouvée (TALBOT et PENRITH, 1963) mais semble déjà exister en surface chez les immatures (ALONCLE et DELAPORTE, 1974 ; PEARCY *et al.*, 1977).

Cependant d'après GRANDPERRIN, les grands germons peuvent mener une activité de chasse diurne dans le domaine 0-450 m ou ils s'attaqueraient alors aux céphalopodes, qui sont relativement eurybathes. GJOSAETER et KAWAGUCHI (1980) ont établi une évaluation de la biomasse de poissons mésopélagiques éventuellement vulnérables à une exploitation humaine. Un problème de base se pose, reconnu par GRANDPERRIN, qui est que la sélection des espèces par les thons et les filets employés diffèrent assez largement. Il semble bien qu'il s'agisse donc d'une sous estimation de ce qui est disponible aux thonidés. Néanmoins les chiffres peuvent avoir une valeur indicative. En regroupant par zones océaniques où peuvent évoluer les germons on trouve en tonnes de biomasse :

Atlantique Nord	: 64 10 ⁶	- Atlantique Sud	: 40 10 ⁶
Pacifique Nord	: 119 10 ⁶	- Pacifique Sud	: 135 10 ⁶
Océan Indien	: 150 10 ⁶	- Mer Méditerranée	: 2 10 ⁶

A ces estimations minimales du potentiel en poisson s'ajoute celui des calmars qui est tenu pour considérable (VOHSS, 1974). Il semble donc que des populations assez importantes de germons puissent subsister sur ces ressources. On note toutefois le faible potentiel de la Méditerranée.

3.3.2. Ces adultes et préadultes sont donc capables d'exploiter au mieux les couches profondes des eaux tropicales. Ils ont ainsi accès à la faune mésopélagique et cependant peuvent évoluer sous des eaux de surface de température élevée, convenables pour le développement larvaire.

La limitation par le bas la plus évidente est alors due à la teneur en oxygène dissous. En effet la topographie des couches à teneur minimum en oxygène de l'océan est variable. Ces couches séparent généralement les eaux de surface chaudes des eaux profondes d'origine antarctique riches en oxygène mais très froides.

L'examen des atlas de l'Atlantique tropical (EQUALANT, 1976 ; MERLE, 1978) montre que la teneur limite en oxygène de 2.0 ml/l est atteinte entre 300 et 400 m sur le 10°N. La teneur de 2.5 ml est parfois atteinte à 100 m. Dans le Pacifique Sud Est, HANAMOTO (1975) admet des limitations analogues pour le germon et le patudo.

En revanche la limitation par un isotherme minimal quelconque n'est pas aussi nette. En effet l'évolution des germons adultes dans la thermocline permanente ne fait pas de doute (SUZUKI *et al.*, 1977 ; KAWAI, 1969). Or dans cette thermocline le passage de 20 à 15°C se fait en quelques 50 m. Ce qui ne constitue probablement pas un gros problème pour les germons. Ceux-ci pourraient même momentanément atteindre les couches à 10°C pour un refroidissement rapide. La limite thermique absolue des germons adultes est donc floue. Il paraît utile d'introduire la notion de température minimale d'évolution permanente (TMEP). D'après les observations de GRANDPERRIN (1975) nous pouvons la fixer entre 13°C et 11°C.

Ces deux limites comparées à la topographie hydrologique de l'Atlantique permettent de distinguer deux grands domaines d'évolution du germon adulte (Fig.16).

Ce sont deux grands bassins thermiques où la TMEP atteint 500 m avec une dorsale remontant à 300 m sur la latitude 10°N. Mais l'existence d'une crête de faible teneur en oxygène sur ce même parallèle semble être un obstacle plus important à l'évolution Nord-Sud des germons. A cette crête l'isogante 2.5 ml/l d'oxygène remonte à 100 m séparant deux bassins où les valeurs minimales ne tombent jamais en dessous de 4 ml/l. Dans ces bassins la TMEP reste alors la limite, vers -500 m.

Au large des Guyanes il existe toutefois un couloir d'eaux bien oxygénées parallèle à la côte qui permet un passage éventuel NW-SE des germons en profondeur.

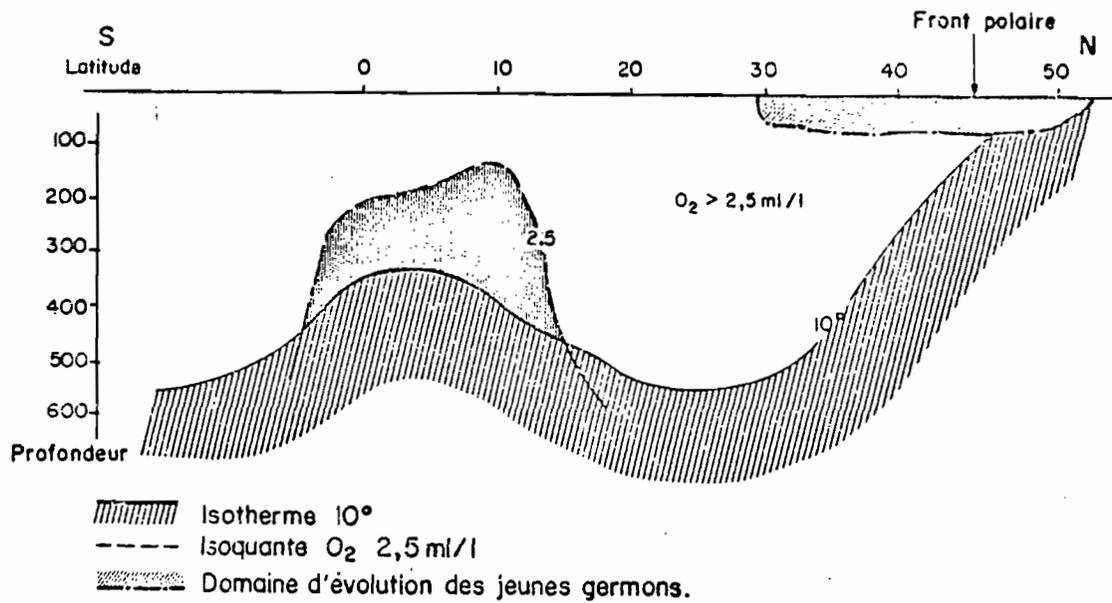


Fig.16 - Schéma du domaine d'évolution des germans en Atlantique Nord.

Le domaine des adultes se définit par les valeurs des paramètres suivantes : Température supérieure à 10°C Oxygène dissous supérieur à 2.5 ml/l .

Le domaine des jeunes germans est compris entre les isothermes 15°C et 20°C et l'immersion -100 m . De par le balancement saisonnier des températures de surface en Atlantique subtempéré ce domaine oscille entre les latitudes 30°N et 54°N .

3.3.3. Les limites septentrionales et boréales de l'habitat des grands germons sont moins faciles à cerner. YAMANAKA *et al.* (1969) ont discuté de la liaison des thonidés avec des types de masses d'eaux définies par leurs caractères hydrologiques (température, salinité) et par la circulation océanique, ceci dans le Pacifique. SUDA et SHIOHAMA (1962) ont également montré la liaison du germon Nord Pacifique avec l'Eau Centrale Nord Pacifique, chaude et salée, limitée au nord par le front polaire (Fig. 10).

En Atlantique Nord la situation est assez floue. En effet le "front polaire" est défini par DIETRICH (1963) comme l'émergence de la thermocline permanente limitant la "troposphère océanique". Il constate également que cette limite correspond presque toujours avec la limite d'un courant. En ce qui concerne l'Atlantique Nord Ouest, ce serait la limite Nord du Gulf Stream qui est nette. Et en effet les palangriers pêchent parfois le germon dans le bassin thermique nord jusqu'à la latitude de Terre Neuve, à l'est du Gulf Stream.

En revanche en Atlantique Nord Est ce front polaire est mal localisé et nous n'avons trouvé que peu de références à son sujet. La figure 17 montre le vide qui existe du 10° au 25°W. La variabilité des isothermes de surface dans cette zone, déjà signalée, brouille l'émergence éventuelle de la thermocline profonde. Si cela traduit bien une absence de limite océanique nette, le domaine des grands germons pourrait s'étendre jusqu'aux accores du plateau continental européen. Et en effet, lorsque le germon était nettement moins exploité en Atlantique Nord, les thoniers ligneurs pêchaient parfois des germons de taille adulte (KREBS, 1936).

Cependant dans le Pacifique Est, LAURS et LYNN (1976) reconnaissent une frontière océanique marquée de fronts thermiques accusés qu'ils nomment "Transition Zone", et qui pourrait constituer l'extension Est du front polaire (Fig. 10). L'homologue dans l'Atlantique Est de cette structure pourrait être une série de fronts thermiques rencontrés régulièrement par les thoniers en juin au nord-est des Açores. Ils sont représentés sur la figure 17. Ce serait là la limite nord-est des germons adultes. Et cela correspond bien à la limite de la pêche dite de canne d'automne. Des études comparées d'océanographie physique et de cartes des rendements des palangriers et des thoniers canneurs pourraient éclaircir quelque peu le problème du front polaire en Atlantique Nord-Est. La figure 16 résume la distribution relative des germons jeunes et vieux en fonction des différents paramètres limitants évoqués.

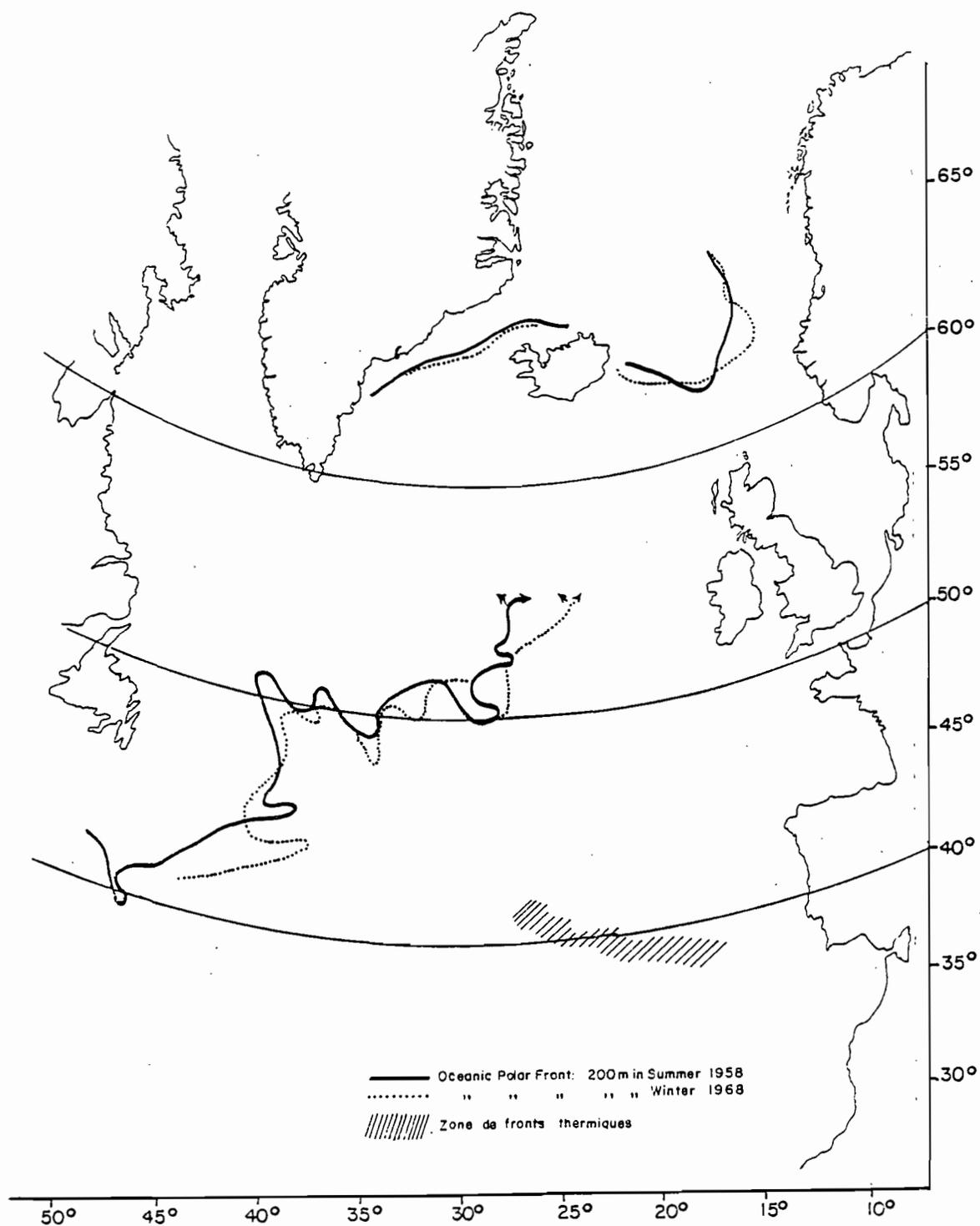


Figure 17 : Situation du front polaire à -200 m en Atlantique Nord, 1958.
D'après DIETRICH (1962).

Selon SUDA (1962) la convergence tropicale sépare la zone dite de ponte de la zone dite d'engraissement dans le Pacifique Nord. Cette convergence est la limite Nord du courant Nord Equatorial Pacifique. Les lieux de ponte seraient donc en la partie ouest de ce courant. En Atlantique Nord, la limite Nord du courant Nord Equatorial est peu marquée et le passage aux eaux centrales Atlantique progressif (DIETRICH, op. cit.). Si l'on compare les deux zones d'engraissement et de ponte dénotées par les captures palangrières et les structures hydrologiques floues, force est de convenir qu'il est difficile de conclure. Tout au plus peut-on voir que les adultes matures évoluent en général sous les isothermes de surface 24°C à 27°C dont nous avons vu l'importance pour les larves. Les zones d'engraissement sont recouvertes par les isothermes 20° à 23°C.

Il n'est pas exclu que le déterminisme des migrations apparentes entre les deux habitats ne soit dû qu'à la disponibilité de la nourriture mésopélagique et à sa disposition bathymétrique relativement à la thermocline permanente. Mais ceci n'est évidemment que conjectural.

3.3.4. Les conséquences de cette topographie des couches limitantes du germon en profondeur sont importantes pour l'évaluation des stocks. D'une part la disposition des deux bassins thermiques bien oxygénés mais relativement séparés explique l'existence de deux stocks, Nord et Sud Atlantique, dont les phases adultes sont distinctes. Cette conclusion était déjà proposée par les auteurs ayant étudié les rendements de palangre (YANG, 1970, etc...). KAWAI (op. cit.) pour sa part montre que les rendements de palangre élevés aux germons adultes correspondent fort bien aux deux grands bassins, et ceci en opposition de phase semestrielle.

D'autre part l'extension verticale de la population de germons adultes pourrait atteindre les 500 m. Des expériences de pêche à la palangre verticale ont en effet permis de capturer du germon en quantité notable jusqu'à 500 m soit donc bien au delà de la limite des opérations de palangre courantes qui se situe à 150 m. Il s'agit des travaux de GRANDPERRIN et LEGAND (1971), SAITO *et al.* (1970) qui montrent que les rendements par hameçons sont constants dans la tranche d'eau 50-500 m, et même augmenteraient parfois avec la profondeur. Ceci dans le Pacifique Ouest. SUZUKI *et al.* (1977)

ont procédé à l'analyse d'un grand nombre d'opérations de pêches de palangre classiques comparées à celles de palangre profondes, toutes menées à l'échelle de véritables pêcheries en 1974 et 1975 dans le Pacifique Ouest. Leurs conclusions sont les mêmes que pour les pêches expérimentales soit donc que les rendements en germons sont constants de 50 à 300 m. Il ne se prononcent pas sur la strate 300-500 m.

Ceci est essentiel : la densité de population des germons adultes serait donc bien homogène dans un domaine d'évolution qui n'est pêché que dans sa partie supérieure. La question ultime est alors de savoir si il n'y a pas des fractions de population qui évolueraient en strates indépendantes. Et si ces fractions éventuelles n'auraient pas des caractères spécifiques tels que taille, sexe, maturité.

GRANDPERRIN (1975) s'est posé la question, et sur un effectif de 100 germons ne trouve pas de différence entre les strates 50-150 m (Strate commerciale), 150-250 m, 250-500 m en ce qui concerne la taille, le sex-ratio, la maturation des gonades. Il nous semble cependant que cet effectif est un peu trop faible pour conclure définitivement. Ceci constitue cependant une référence intéressante et unique. On en discutera dans le chapitre 12.

3.3.5. La tolérance thermique admise pour les eaux froides s'applique aussi bien pour les eaux chaudes. L'échangeur de chaleur et la masse du germon jouent un rôle dans ce sens. Ceci permet éventuellement aux adultes d'évoluer dans les eaux tropicales de surface jusqu'à 25°C. Ceci permet donc des périodes de nutrition courtes dans des eaux de 22 à 25°C. C'est ce que montre GRANDPERRIN qui en outre précise l'exclusion des germons dans les eaux de 26 à 27°C. Pour notre part nous avons constaté en 1979-1981 dans les eaux du golfe de Guinée des pêches épisodiques de germons entre 0 et 50 m dans des eaux de 24° à 25°C. L'engin utilisé était la senne.

Cette tolérance thermique permet aussi aux adultes matures d'accéder aux eaux de plus de 24°C lors de la reproduction.

Enfin la remontée dans des eaux de surface de 20 à 22°C même pour des gros adultes, n'a rien de difficile. Cette possibilité de comportement a donné naissance à la pêcherie de canneurs d'automne. Les bancs de germons adultes en phase hivernale "montant" sur l'appât depuis les couches profondes jusqu'aux eaux de surface.

Un tel comportement que l'on croyait exceptionnel est donc normal et l'on peut espérer pêcher des grands germons à la canne dans une large bande Est-Ouest au travers de l'Atlantique Nord. Cette bande s'étend en particulier jusqu'aux lieux de pêche dites de palangre hivernale. Si l'on considère que les thoniers canneurs ont une productivité bien supérieure aux palangriers et comme il est souhaitable de pêcher intensément les dits grands germons dans l'optique d'une "gestion rationnelle", il semble que ce soit dans cette direction que l'on puisse pousser un éventuel effort de pêche supplémentaire sur le germon.

4 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES THONIDES

Les mêmes principes physiologiques s'appliquent aux autres thonidés et expliquent assez bien leur répartition. La comparaison avec le germon est parfois instructive.

Ainsi le patudo qui présente une vitesse minimum de nage particulièrement faible aurait des besoins respiratoires très réduits. En conséquence les isoquantas d'oxygènes risquent moins de limiter sa répartition bathymétrique. Et en effet MANAMOTO (1975) montre que l'on pêche des patudos dans des eaux jusqu'à 1 ml/l d'oxygène soit donc une teneur nettement plus faible que pour les germons. SUZUKI *et al.* (op. cit.) montrent également que l'on pêche plus de patudos dans la tranche 150-300 m que dans la tranche 50-150 m. Il semble même que le domaine bathymétrique du patudo s'étende au delà de 650 m (GRANDPERRIN, 1975). Dans son cas le facteur limitant serait exclusivement la température plutôt que l'oxygène.

Le thon rouge pour sa part serait le plus évolué de tous les thons et en particulier posséderait les systèmes d'échangeurs de chaleur les plus efficaces (SHARP et PIRAGES, op. cit.). Aussi a-t-il pu développer une stratégie d'exploitation des eaux tempérées en surface. En Atlantique Est les jeunes thons rouges ont les mêmes limitations thermiques que les germons jusqu'à 80 cm, aussi les pêche-t-on ensemble dans le Golfe de Gascogne. Puis en grandissant on les trouve dans des eaux de surface côtières tièdes de 10° à 15°C riches en clupéidés. Ils peuvent ainsi se maintenir dans des

conditions trophiques optimales par une série de migrations Nord Sud des deux côtés de l'Atlantique. Le recours à la recherche de nourriture en profondeur est ainsi évité. Deux zones thermiques particulières assurent cependant la survie des larves en eaux chaudes, le Golfe du Mexique et la Méditerranée.

Dans tous les cas l'évolution dans des eaux tièdes tempérées de faible épaisseur assure la possibilité d'un refroidissement rapide le cas échéant par plongée dans les eaux froides sous jacentes. Le caractère de "migration à contre coeur" joue aussi, excluant les grands thons rouges en été des eaux subtropicales. Ce serait peut-être la raison pour laquelle les grands thons rouges de plus de 10 ans (soit 200 kg) sortent de Méditerranée en juillet (SARA, 1973).

Enfin nous possédons pour des grands thons rouges des valeurs de températures léthales. Ceci grâce aux études menées sur des thons captifs au Canada. Ces thons rouges de 200 à 400 kg meurent lorsque la température de l'eau tombe à 6° ou 7°C (BUTLER, 1978). Ces valeurs sont à comparer avec les observations de CAREY et LAWSON (1973) qui montrent des grands thons rouges évoluant pour de brèves périodes dans des eaux de 4° à 7°C. Ainsi ceci complique la définition d'une température minimum d'évolution permanente d'un thonidé (TMEP). Nous avons vu que pour les germes adultes cette TMEP serait de 10° à 13°C sans autres précisions.

5 - CONCLUSION

Le germon est donc confronté à une série de limitations écologiques précises, tels que température, oxygène dissous, nourriture. Les capacités physiologiques qu'il développe en grandissant lui permettent de s'adapter à l'écosystème pélagique. Mais ceci ne peut se faire qu'au prix de changements importants de son habitat induisant des migrations de grande amplitude. Le germon mène ainsi une véritable course contre l'environnement. Les conséquences de cette mobilité, en matière de pêche, sont que l'accessibilité des poissons varie constamment en fonction de leur taille, surtout pour les individus n'ayant pas atteint la taille critique voisine de 90 cm. Ceci n'est pas nouveau et s'applique à bien des espèces pêchées, mais il nous semble que

l'ampleur du phénomène est particulièrement nette pour le germon de par ce caractère de "migrateur obligé". Les implications de ce fait sur l'évolution des taux réels d'exploitation du stock Nord Atlantique seront développées dans les chapitres suivants.

<p>CHAPITRE 4</p> <p>LA CROISSANCE DU GERMON</p>
--

1 - PRINCIPE

La croissance d'un poisson est presque toujours le premier paramètre auquel on s'intéresse lors d'une étude qui se veut quantitative. Il en résulte souvent une grande quantité de courbes qui ne concerne généralement que les périodes de la vie de l'animal facilement étudiables. La modélisation subséquente exclut donc les très jeunes et les très vieux individus moins vulnérables aux engins de pêche. On arrive alors facilement à des extrapolations douteuses d'une loi de croissance unique (DAGET et LE GUEN, 1975).

Le germon de l'Atlantique n'a pas échappé à ces avatars. On trouve dans BARD (1974) des tables résumant les travaux effectués sur la croissance en longueur de ce thon. La plupart concerne des tailles d'animaux comprises entre 48 et 95 cm, ce qui correspond surtout aux pêcheries de surface. Sur cette gamme de taille, en particulier, les spectres de fréquence de taille montrent des classes de tailles nettes que l'on peut homologuer à des classes d'âges (Fig.6 et 7). L'examen des pièces dures telles que les écailles et même les otolithes, bien que malaisées à lire, confirment cette séquence de tailles en trois classes d'âges successives : bonites, demis, gros (YANG, 1970, BARD, op. cit. et HUE, 1979).

Au delà, on se heurte à un problème majeur, commun aux thonidés : l'âge individuel des grands thons est très difficile à déterminer. Cette situation se retrouve aussi dans les travaux sur le germon du Pacifique (SHOMURA, 1970) : Les jeunes classes d'âge sont faciles à déterminer et leur croissance est identique à celle du germon de l'Atlantique; Les grands germons restent très difficiles à déterminer.

BEARDSLEY (1971) et BARD ont avancé des âges pour les individus de 80 à 120 cm, relevant surtout de l'extrapolation dénoncée ci-dessus. La courbe ainsi obtenue selon le modèle de Von BERTALANFFY permet l'utilisation de la "méthode du hachoir" pour évaluer les effectifs par classes d'âge des échantillons de germons issus de la palangre.

Cette procédure, de plus, ne tient pas compte d'une variance des longueurs par classes d'âge. Or SUDA (1975) montre qu'à partir d'une taille de 90 cm, ces variances sont probablement suffisamment fortes pour rendre douteuse cette méthode, et donc les tables démographiques qui en découlent. Dans le même esprit, la croissance des germons entre la naissance et 45 cm n'a souvent été qu'une extrapolation des courbes précédentes, parfois étayée par l'apparition en automne d'une classe de petits germons d'environ 35 à 40 cm auxquels on attribue un an d'âge.

2 - METHODE

2.1 - L'AGE DES GERMONS ADULTES

Nous avons donc cherché à vérifier objectivement l'âge des germons Atlantique de 80 à 120 cm, c'est-à-dire des germons adultes. Seul YANG (1970) avait par la lecture des écailles pu identifier deux classes d'âge à environ 84 cm et 94 cm. Au delà les écailles sont illisibles, ce que nous avons vérifié.

L'usage de l'analyse des fréquences de tailles par une méthode présupposant des distributions normales a été rejeté. En effet ces méthodes supposent d'abord des distributions de fréquences de tailles normales et parfaites, ce qui à l'usage se relève plutôt rare dans la nature (ANTOINE, 1979). De plus nous n'avions aucune idée de la variance des tailles et pour l'intervalle restreint des tailles (30 cm) de germons adultes, le nombre de classes d'âge possibles serait de 3 à 6 selon les extrapolations précitées. La méthode de GHENO et LE GUEN (1968) pourrait donner des résultats moins subjectifs, mais demande des effectifs élevés pour assurer la symétrie des distributions sur laquelle elle se fonde. Or de tels échantillonnages sont très rares dans le cas qui nous occupe.

Enfin, il y a des présomptions de croissance différentielle des mâles et des femelles chez les grands thonidés. C'est ce qu'ont trouvé SHOMURA et KAELA (1963) pour le patudo du Pacifique, BUTLER *et al.* (1978) dans une moindre mesure, pour le thon rouge de l'Atlantique. Or il n'y a presque aucune donnée de taille par sexe disponible chez le germon.

Nous nous sommes donc livrés à l'étude des pièces dures des grands germons. L'usage des vertèbres est trop subjectif (OTSU et UCHIDA, 1959), les écailles peu lisibles comme précisé ci-dessus. L'examen de nombreuses otolithes a permis de trouver des structures d'allure périodique mais difficiles à lire (COMPEAN, 1980). Mais un des buts de cette étude des pièces dures, est aussi de trouver une méthode de détermination de l'âge individuel aisée. Or l'obtention d'un otolithe implique souvent l'achat d'un animal coûteux ; et dans les conserveries, le plus souvent, les têtes sont impossibles à rapporter à une strate spatio-temporelle précise.

2.2 - LES RAYONS EPINEUX

C'est une méthode employée par SHABOTINIETS (1968) et BATTIS (1972) sur le listao et des petits thonidés. La disponibilité de scies à vitesse lente, munies de lames diamantées, permet des coupes fines (500 μ) de tissus osseux et en particulier les rayons épineux des nageoires. Ces coupes pratiquées dans certaines conditions présentent des alternances de zones sombres et claires en lumière transmise. Ces structures se retrouvent dans tous les rayons épineux d'un même germon, de façon évidemment plus ou moins lisible. Après examen, les rayons épineux de la première nageoire dorsale ont été reconnus comme les plus lisibles, bien que d'autres ne soient pas très inférieurs comme qualité (la pectorale en particulier). Nous avons retrouvé ces faits chez d'autres thons, le thon rouge, le patudo, l'albacore (COMPEAN et BARD, 1980).

Ces structures alternées sont comparables à des lignes de ralentissement de la croissance (L.R.C.) caractérisées par une plus forte densité d'ostéocytes (CASTANET, MEUNIER et DE RICQLES, 1977). Une telle LRC est alors caractérisable par une coloration plus marquée à l'hématoxyline (ce que nous avons vérifié sur quelques coupes) et par une plus forte densité en calcium.

Grâce à l'amabilité de G.DESSE, nous avons pu constater sur une série de radiographies de coupes, l'homologie des LRC et des zones à plus hautes densités de calcium.

Les LRC ainsi identifiées se présentent en lumière transmise comme une annélation hyaline transmettant bien la lumière grâce à l'homogénéité du matériel osseux présent. La LRC tranche d'autant mieux avec la zone subséquente de croissance rapide formée d'un tissu plus hétérogène qui apparaît plus sombre (planches 1 et 2).

Un inconvénient majeur apparaît cependant dans l'étude des grands individus : c'est l'existence d'un remaniement secondaire dit "haversien" qui affecte souvent les tissus osseux des vertébrés (CASTANET *et al.*, op. cit.). Nous avons pu observer que cette régénération affecte particulièrement les rayons osseux des nageoires soumises à des efforts mécaniques bien marqués. Ainsi les rayons des nageoires caudales sont-ils toujours régénérés en une structure osseuse compactée. En ce qui concerne la première nageoire dorsale, moins soumise à des efforts, le remaniement forme une structure spongieuse qui semble pouvoir recevoir des réserves lipidiques. Cependant le remaniement n'affecte que la partie interne du rayon, laissant souvent des portions vestigiales des premières LRC. Une lecture de celles-ci demeure souvent possible.

Il a malgré tout fallu faire usage d'un rétrocalcul. Une mesure du diamètre de l'épine au plan de coupe (c'est à dire au ras du dos de l'animal, nageoire dressée en fonction de la longueur caudale du poisson), montre une relation satisfaisante (Fig.18). Nous pouvons donc, par simple proportion retrouver la taille du poisson aux premières LRC visibles qui se situent toutes entre 40 et 80 cm correspondant donc en majeure partie aux tailles de la pêcherie de surface. Or, nous avons reconnu que pour celles-ci les classes de taille identifiées à des classes d'âges sont bien visibles, surtout pour les poissons de 48 à 76 cm. On peut donc attribuer un âge à la première LRC visible, souvent même aux deux premières qui correspondent généralement aux classes "bonite" et "demis" qui "marquent" bien. L'âge de l'animal est alors recalé. Encore faut-il identifier la périodicité des LRC.

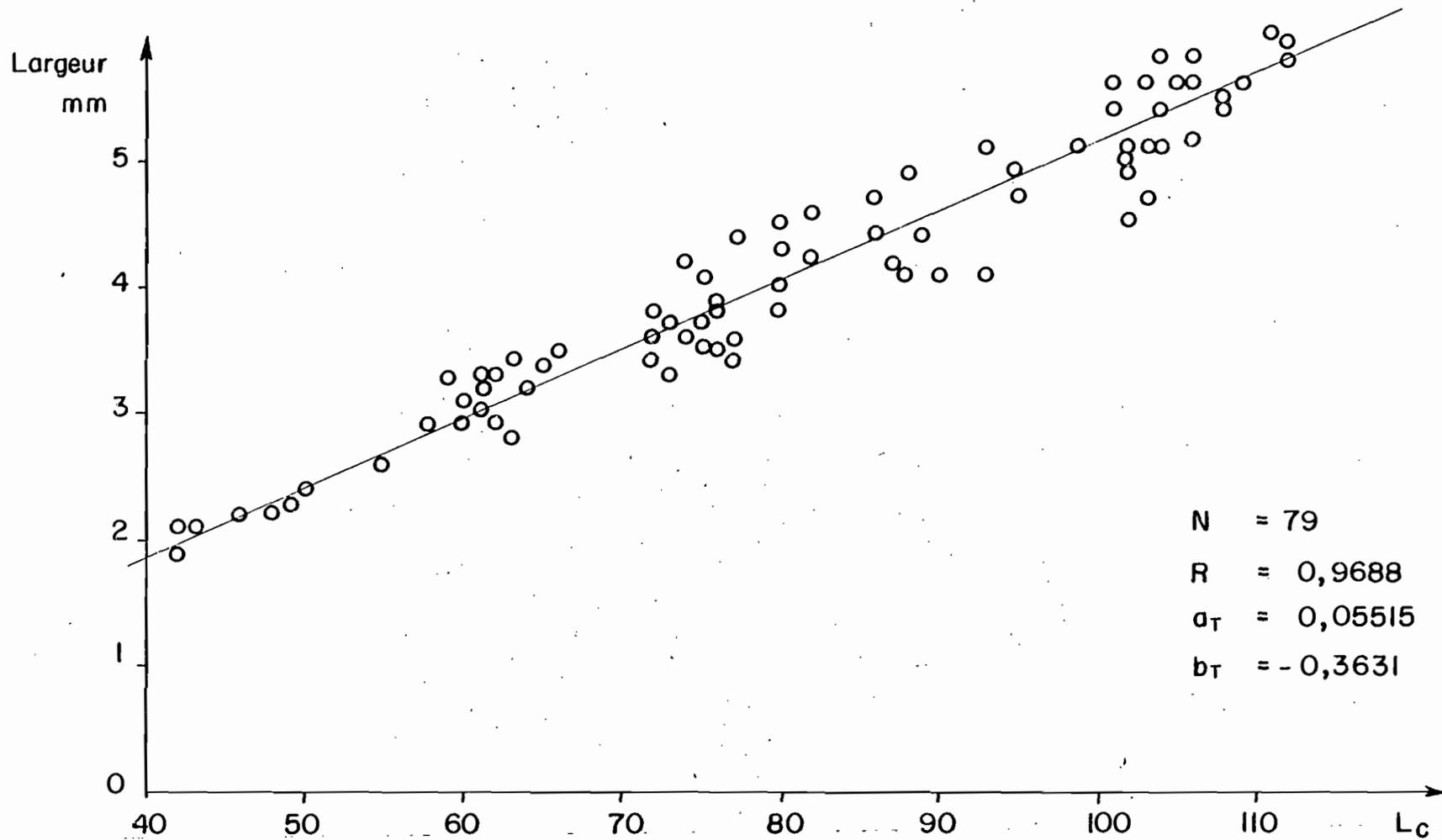


Figure 18 : Relation entre la longueur caudale des germes et la largeur de base du premier rayon épineux dorsal.

3 - PERIODICITE DES L.R.C.

La disposition des LRC présente généralement une alternance précise d'espaces resserrés puis élargis. Ce qui permet de douter d'une périodicité annuelle du dépôt des LRC.

L'examen des LRC correspondant à des tailles de poissons comprises entre 40 et 80 cm amène à formuler l'hypothèse d'un dépôt biannuel des LRC.

En effet le décompte de la série des LRC montre un accroissement de deux en deux dans la série d'individus examinés appartenant à la séquence bonite, demi, gros. HUE (1979) a par ailleurs montré cette double annélation sur les écailles de germans de cette même séquence. Les valeurs trouvées par rétrocalcul correspondent à la taille qu'aurait à peu près l'animal au printemps et en automne par extrapolation linéaire qui pour les LRC proches du bord ne doit pas trop fausser les résultats. Ces ralentissements de croissance se produiraient donc au printemps, lors des migrations qui mènent les jeunes germans depuis les lieux d'hivernage au sud du parallèle 35°N jusqu'à la zone d'évolution estivale au nord du 40°N, et plus à l'est. En automne, le trajet inverse produirait la deuxième LRC. Or, il est effectif que les germans apparaissent brutalement dans la pêcherie de surface en juin, avec un aspect maigre (Chapitre 5).

Les jeunes germans auraient donc parcouru de l'ordre de 2.000 km en peu de temps, ce qui entraîne une dépense énergétique importante. DOTSON (1973) montre de telles dépenses énergétiques liées aux migrations analogues des jeunes germans du Pacifique Nord.

En Automne, la disparition des germans des lieux de pêche est également brutale, vers le sud-ouest (DAO, 1971). Cette migration entraînerait aussi une consommation d'énergie importante.

Un travail identique effectué sur la croissance du thon rouge de l'Est Atlantique, montre clairement la relation entre les périodes de dépôt des LRC et les migrations entre les eaux du Maroc et le Golfe de Gascogne en printemps et une migration inverse en automne (COMPEAN et BARD, 1980).

En ce qui concerne le germon adulte, la disposition double alternée se maintient (planches 1 et 2). Or dans le chapitre 2 nous avons vu l'existence d'une migration apparente menant alternativement les germons depuis la zone de reproduction au sud-ouest jusqu'à une zone d'hivernage au nord-est. Les germons en état d'hivernage autour des Canaries font l'objet d'une pêche-rie. Ils disparaissent brutalement en avril. Une telle migration rapide engendrerait une LRC, la migration inverse en automne, une autre.

Il semble donc que la double annélation se poursuive pour les germons de 80 à 120 cm, induite par des migrations cycliques entre les deux zones. Au reste si l'on admettait qu'une LRC équivaut à une année à partir de 80 cm, on attribuerait aux germons de 110 cm des âges de 14 à 18 ans, ce qui semble absurde. Enfin en comparant aux autres membres du genre *Thunnus*, on reconnaît de telles doubles annélations liées à des migrations même chez de très grands individus. Ainsi chez le patudo (GAIKOV et CHUR, 1980) et chez le thon rouge (COMPEAN et BARD, 1980). Chez ce dernier en chaque couple de LRC annuel, la première est liée à la migration génétique et à la reproduction elle-même, la seconde à une seule migration trophique. Il est possible que ce soit le cas chez le germon.

4 - LES AGES LUS

4.1 - LES LECTURES

Nous avons déterminé par double lecture l'âge de 352 germons mesurant de 46 à 113 cm, capturés par diverses pêcheries de juin 1978 à mars 1979. Cependant du fait du caractère saisonnier des pêcheries, toutes les tailles n'étaient pas disponibles à tout moment. Nous avons donc regroupé les âges proposés en deux semestres de capture :

- Germon d'âge (n)+ d'avril à septembre soit donc correspondant à la période de reproduction.

- Germon d'âge (n + 0.5)+ d'octobre à mars.

Les âges ont été déterminés par double lecture de G.COMPEAN et de moi-même. Le taux d'accord est élevé et la plupart des cas litigieux ont été résolus par examen commun. Dans ces derniers cas, l'écart d'interprétation était tout au plus de un an (Tableau 1).

Age	Longueur Caudale																																									
	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114				
1+				6	10	7	5	1																																		
1,5+					1	6	1	1																																		
2+										2	8	17	7	4	1																											
2,5+											4	2	4	5	2	2																										
3+																2	9	11	12	9	2	3																				
3,5+																	4	6	6	7	5	1	1	1																		
4+																					8	5	2	7	5																	
4,5+																			2		3	3	7	11	6	5	6	2														
5+																									1	3	1	1	1	3												
5,5+																									2	3	6	4	5	4	6	6	2					1				
6+																																										
6,5+																												2		5	5	3	9	2	3				1			
7+																																										
7,5+																																										
8+																																										
8,5+																																										

63

Tableau 1 - Age et taille des 352 germons étudiés. Les longueurs caudales sont regroupées par 2 cm selon la règle classe 46 : 46 et 47 cm ...
Deux germons de 108 cm (9+) et 110 (10+) ne sont pas portés .

4.2 - LE PROBLEME DE L'AGE ABSOLU

Tous les âges attribués l'ont été par rapport à la classe bonite dite x , suivant donc des notations $x+1$, ..., $x+n$. Reste donc le problème de l'âge absolu des bonites, par rapport à une date de naissance fixe au 1^{er} juillet.

Dans la plupart des pièces dures examinées, la calcification est faible pour des tailles inférieures à 45 cm, ce qui rend l'interprétation extrêmement malaisée (HUE, 1979). Les coupes d'épines de "bonites" n'échappent pas à cette règle et sont difficiles à lire. Il semble toutefois qu'il existe une LRC diffuse de fin d'année $x-1$ correspondant à environ 35-40 cm et une LRC de printemps de l'année x , à environ 45-50 cm.

Il faut alors s'adresser aux quelques connaissances disponibles sur la croissance des germons juvéniles dans les divers océans. PICCINETTI (com. pers.) nous a indiqué la présence régulière de juvéniles de germons en mer Thyrrénienne au second semestre de l'année. Selon ses observations, les germons se reproduisent en juin-juillet, comme les thons rouges dans cette zone (DICENTA et PICCINETTI, 1977). Or, ces juvéniles de thons rouges et de germons sont mêlés et croissent régulièrement de la même manière ; ils atteignent ainsi le poids de 1 kg, soit 35-40 cm en octobre-novembre. Il s'agit donc d'une croissance très rapide.

YOSHIDA (1968, 1971) a étudié les germons juvéniles trouvés dans les estomacs de poissons porte-épées capturés à la palangre dans des eaux Hawaïennes et le Pacifique Sud. En pointant la taille des spécimens en fonction des mois, et y ajustant une droite, il obtient une extrapolation de croissance donnant 38 cm au bout d'un an. Cependant il reconnaît lui-même que l'ajustement d'une courbe du second degré serait meilleur et donnerait une croissance plus rapide. En effet, en usant d'une telle courbe, ou d'une exponentielle on extrapole une croissance amenant les jeunes germons à 30 cm en six mois. Au bout d'un an leur taille dépasserait 45 cm. Ces résultats convergent alors avec ceux de PICCINETTI. Ceci est compatible avec les observations d'ASANO (1964) de jeunes germons de 35-40 cm en août-septembre dans des eaux de plus de 23°C au large des côtes Sud-Est du Japon. Enfin ARENA (1980) a récemment confirmé la croissance très rapide des jeunes germons en Méditerranée. Il attribue un an à des germons de 48 cm.

En Atlantique les jeunes germons de moins de 40 cm rencontrés périodiquement en octobre-novembre dans les eaux chaudes au sud des pêcheries de surface seraient le produit de pontes précoces de la même année. Ainsi ALONCLE *et al.* (1978) ont pêché en octobre 1978 des jeunes germons de 42 cm devant le Portugal dans des eaux chaudes. Nous mêmes, avons pu observer des germons de 35-40 cm dans le Golfe de Gascogne, arrivés avec des eaux chaudes de plus de 23°C associés à de gros listaos en 1979. Dans le même temps les "bonites" sensu stricto, atteignent 54 cm. Ces juvéniles seraient donc nés au printemps 1979. HUE (1979) cite des pêcheurs madériens qui observent ces jeunes germons de 30 cm en mars-avril. Ces individus seraient alors nés en fin de période de reproduction vers septembre de l'année précédente. Ils auraient alors 6 à 7 mois, ce qui donne un taux de croissance plus faible que pour ceux nés au début de la saison de ponte. Cela n'a rien d'impossible puisque les derniers nés sont exposés à rencontrer des conditions thermiques plus défavorables dans l'Atlantique Tropical Nord en automne et hiver.

4.3 - COMPARAISON AVEC LES AUTRES THONS

Cette croissance extrêmement rapide lors des premiers mois est très similaire à celle des autres thonidés. L'albacore selon FONTENEAU (1980) présente une rapide croissance jusqu'à 40 cm, puis ralentirait son taux de croissance par la suite jusqu'à 60 cm. Les patudos juvéniles vivant dans le même écosystème auraient les mêmes taux de croissance jusqu'à 40 cm, mais qui se poursuivraient à un rythme élevé (CAYRE, com. pers.). Enfin les jeunes thons rouges présentent indubitablement une croissance identique, vérifiée même en élevage (HARADA, 1979).

On peut interpréter cette similarité ainsi : les thonidés dépendent tous d'eaux chaudes océaniques (au-delà de 24°C) pour l'éclosion rapide de leurs oeufs et le développement des larves, puis des juvéniles. Cette croissance initiale identique est un reste de l'ancêtre commun des eaux tropicales. Les jeunes thons croissent ainsi jusqu'à la taille de 35-40 cm que nous dirons de "divergence". A ce moment ils ont tous la puissance nécessaire de nage pour éviter les principaux prédateurs océaniques, et commencer les migrations. Ils peuvent alors marquer un LRC. Par exemple des jeunes thons rouges sortent de la Méditerranée à cette taille pour rejoindre la "nursérie" des eaux marocaines (REY, 1979). Ils marquent alors une LRC nette (COMPEAN et BARD, 1980).

4.4 - VARIATIONS DES TAUX DE CROISSANCE

Attribuant donc un an aux bonites, nous pouvons bâtir le tableau 1 qui donne les tailles observées à chaque âge. En ce qui concerne la croissance des classes pêchées par la pêcherie de surface, il y a un bon accord avec les estimations antérieures (BARD, 1974), avec des variances modérées de la taille en fonction de l'âge. Cependant un phénomène inopiné nous est apparu : les germans de trois ans, qui dans les échantillons de la pêche à la traîne, mesurent de 71 à 77 cm, peuvent dans le Golfe de Gascogne atteindre jusqu'à 82 cm. Ceci explique alors l'aspect asymétrique des histogrammes de fréquence des thons pêchés dans les golfes, spécialement par les appâts vivants, et parfois les ligneurs espagnols (Fig.7).

L'interprétation de ce fait est, selon nous, que le Golfe de Gascogne est une zone trophique particulièrement riche, qui permet une meilleure croissance des individus y séjournant d'août à octobre. De plus la migration qui y mène est évidemment plus courte que pour ceux qui arriveront aux accores d'Irlande. Quelques faits soutiennent cette hypothèse :

- le Golfe de Gascogne est effectivement une zone trophique particulière qui permet aux thons rouges de taille analogue de gagner 7 cm en quatre mois (CORT, 1976)

- A l'examen des distances inter LRC, les germons capturés en octobre dans ce golfe montrent effectivement une croissance marginale importante. Les LRC d'automne correspondant à cette taille sont assez souvent peu marquées chez des individus de 90 cm et plus et la distance "printemps-automne" est alors forte. Ce phénomène affecte parfois dans une moindre proportion les germons de deux ans, ainsi que le montrent aussi les écarts inter LRC de printemps et d'automne. Ceci serait l'explication des "demis" de 65 à 67 cm de mode que l'on rencontre parfois dans les pêches à la canne du golfe. C'est ce qui apparaît aussi dans les mensurations effectuées par POSTEL (1965). Enfin, ce phénomène existe à une échelle plus vaste pour le germon du Pacifique Est comme le montre la figure 9 tirée de LAURS *et al.* (1974). L'interprétation de ces auteurs est également l'existence de bonnes conditions trophiques au voisinage des upwellings de Basse Californie, et l'économie d'énergie réalisée par une migration plus courte pour ces germons pris au sud du 38°N. La similitude des tailles modales pour les classes 1, 2 et 3 de l'Atlantique Est et du Pacifique mérite d'être notée.

Le Golfe de Gascogne fonctionnerait donc comme un "accélérateur de croissance" des germons qui y pénètrent. La "voie cantabrique" serait donc favorisée et les germons ayant bénéficié de cet apport d'énergie pourraient atteindre plus vite les conditions métaboliques qui conditionnent la reproduction. Cependant l'étude des marquages à long terme montre une migration indifférente vers l'Atlantique Centre Ouest ou la zone canarienne (Chapitre 7). De plus, on a vu que la seule zone de reproduction possible était à l'ouest du méridien 40°. Il y a là toutes les conditions pour un mélange des germons adultes issus de l'une ou l'autre voie. Ceci exclut la différenciation de deux populations pérennes, entretenant des cycles séparés. Nous retiendrons donc pour les germons immatures une croissance moyenne qui ne tient pas compte de cette variation. Ce qui revient à utiliser en bloc les chiffres du tableau 1 obtenus sur des germons pêchés sur l'une et l'autre voie.

4.5 - CROISSANCE SELON LE SEXE

Une partie des germes dont on a déterminé l'âge était identifiée en mâles ou femelles. Les longueurs en fonction de l'âge sont portées dans le tableau 2 et la figure 19. On constate un ralentissement des taux de croissance des mâles et surtout des femelles. En revanche la variance des tailles pour un âge donné augmente et suffit à expliquer les grandes tailles de germes rencontrés (jusqu'à 113 cm) pour des âges modérés (6 à 8 ans). Cet arrêt de croissance prend effet à la maturité sexuelle soit 92-94 cm (Chapitre 12). Ce point est essentiel : même si les âges absolus que nous proposons se révèlent erronés le ralentissement net de croissance des germes à la maturité sexuelle est indubitable. C'est ce que montrent aussi les planches 1 et 2. La variance observée des tailles en fonction des âges est importante à partir de la maturité sexuelle. Tout ceci a bien évidemment un retentissement variable sur l'évaluation des stocks féconds.

Age	MALES	FEMELLES
3+	71 (1), 72 (2), 73 (3), 74 (4), 75 (3), 76 (2), 77 (1) 78 (3), 79 (1), 80 (1).	71 (2), 72 (4), 73 (4), 75 (3), 76 (3), 77 (3), 78 (3), 79 (1).
3.5+	85 (1)	
4 +	84 (1), 85 (1)	83 (1), 84 (1), 85 (2)
4.5+	88 (2), 89 (1), 90 (1), 94 (1), 95 (1), 97 (1)	88 (1), 94 (1), 95 (1), 96 (1), 97 (1)
5 +		
5.5+	97 (1), 98 (1), 99 (1), 101 (2), 104 (2), 109 (1)	93 (1), 97 (2), 101 (1)
6 +		
6.5+	104 (2), 105 (1), 106 (1), 107 (1)	95 (1), 100 (1), 101 (2), 102 (1), 108 (1)
7 +		
7.5+	104 (1), 107 (1), 109 (1), 112 (1), 113 (1)	98 (1), 100 (1), 108 (1)
8 +	104 (1), 107 (1)	106 (1)

S'ajoutent un mâle de 109 cm (âge 10.5+) et deux femelles 106 cm (âge 8.5+), 103 cm (âge 9.5+).

Tableau 2 - Longueurs observées en cm, et effectifs (entre parenthèses) par sexe, des germes selon leur âge estimé.

5 - MODELISATION DE LA CROISSANCE DU GERMON

Nous avons tenté d'exprimer la croissance selon une courbe de Von BERTALANFFY. L'ajustement a été fait selon la méthode d'ABRAMSON-TOMLINSON.

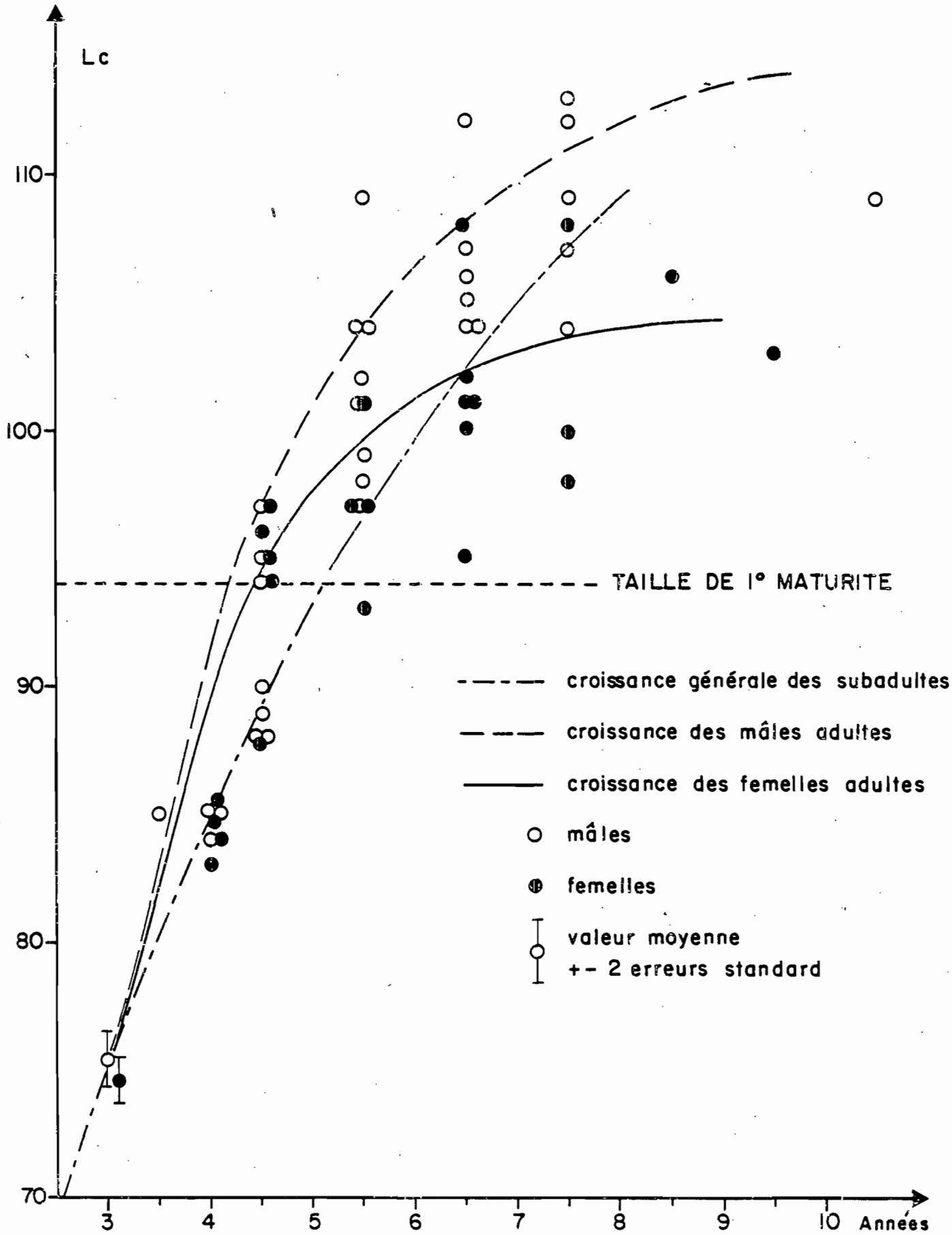


Figure 19 : Relations âge-longueur par sexe des germons examinés.

Deux types d'ajustement ont été effectués.

D'une part une courbe ajustée aux valeurs du tableau 1, sans distinguer les sexes. La figure 20 en rend compte, comparée à la courbe classique de BARD (1974). Les paramètres de la courbe et la précision de l'ajustement sont portés dans le tableau 3. C'est la courbe dite A

D'autre part deux courbes ajustées aux données par sexe du tableau 2. Elles sont portées sur la figure 19, conjointement avec la courbe précédente (les tailles ont été regroupées par classes d'un an en un an, faute de données complètes). Ce sont les courbes dites B et C.

On constate que les ajustements sont plutôt bons. Les coefficients K sont plus forts que ce qui était considéré par le passé, ce qui traduit des taux de croissance plus rapide d'un animal moins longévif qu'il ne l'était admis. Le ralentissement de croissance à la maturité sexuelle en particulier induit des coefficients K élevés, et corrélativement des L_{∞} faibles pour chaque sexe. La confusion des sexes au delà de 90 cm aboutit à admettre une croissance trop rapide. En revanche les courbes par sexe séparés donnent des longueurs moyennes aux âges 1, 2, 3 et 4 peu réalistes. Aussi semble-t-il judicieux de considérer une courbe de croissance moyenne du germon composite telle que portée sur la figure 21. Elle est formée de la courbe de type A pour les individus de 48 à 94 cm, et des courbes de type B, C au delà. On admet en outre une croissance très rapide des juvéniles jusqu'à un an, soit 49 cm. Il est porté sur la figure 21, une courbe de croissance particulière du germon méditerranéen. Elle sera justifiée au chapitre 6.

Courbe	K Ecart type	L_{∞} en cm Ecart type	t_0 Ecart type	Erreur Std. des estimations
A	0.228 0.041	124.74 6.02	-0.989 0.441	4.11
B mâles	0.485 0.086	115.66 3.61	0.835 0.288	3.57
C femelles	0.735 0.124	104.70 1.89	1.3041 0.246	3.57

Tableau 3 - Paramètres des différentes courbes de croissance ajustées.

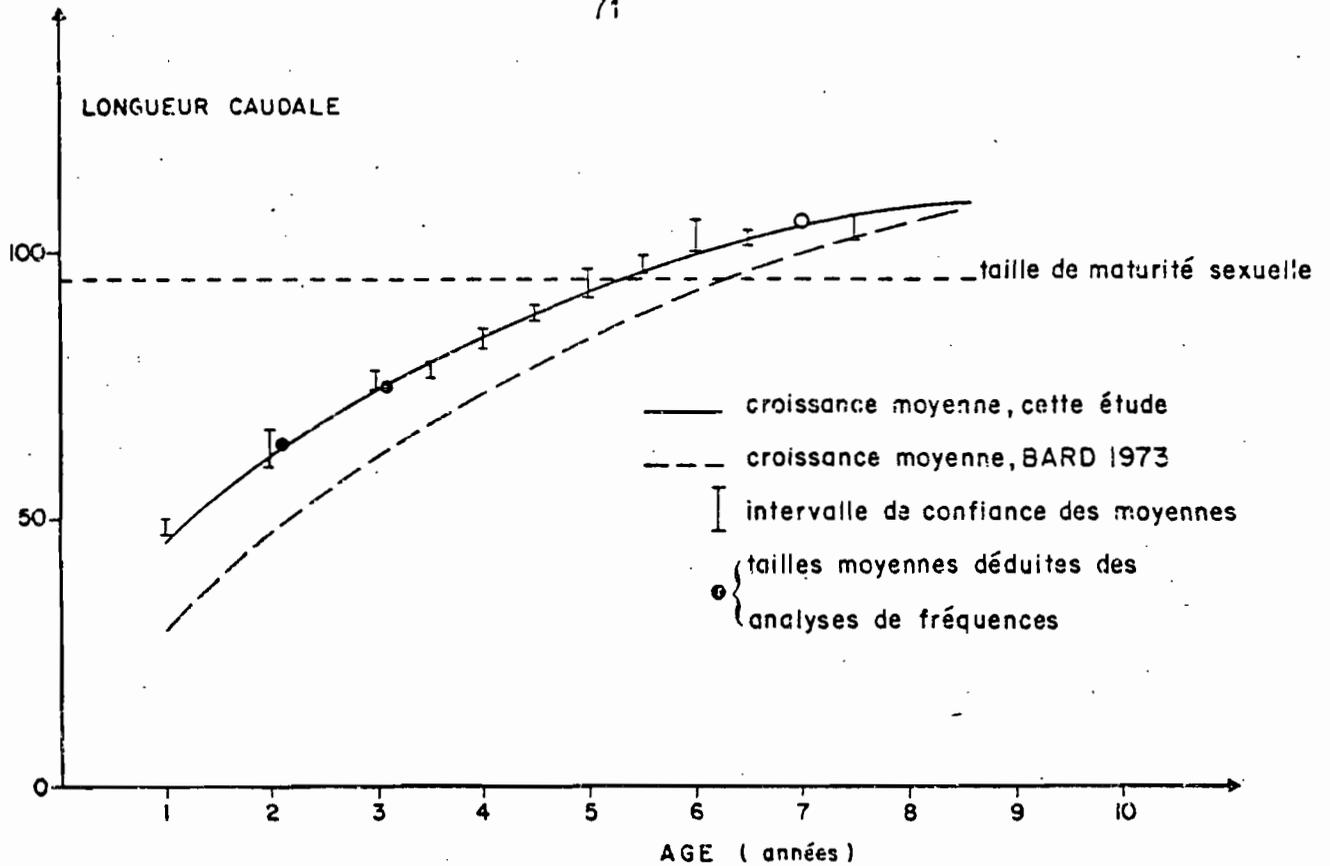


Figure 20 : Courbes de croissance linéaire sans distinction de sexe des germons en Atlantique Nord.

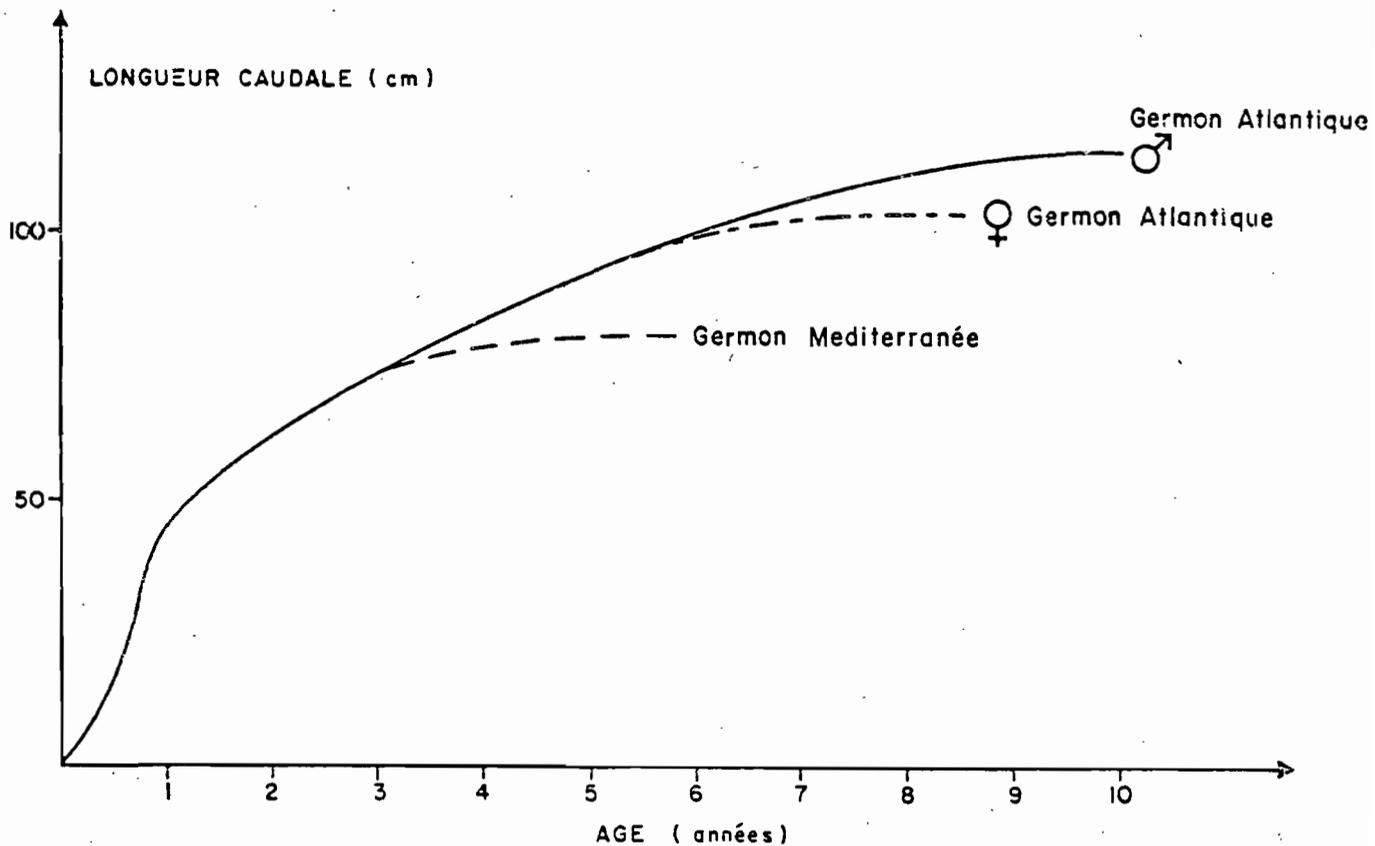


Figure 21 : Courbes de croissance composite des germons en Atlantique Nord et Méditerranée.

6 - DISCUSSION

La méthode de détermination de l'âge par des lectures de LRC sur des coupes d'épines n'est pas irréprochable. En particulier la périodicité biannuelle que nous avons supposée ne peut être définitivement prouvée que par récupération d'animaux marqués avec un colorant vital.

Des expériences sur le listao et l'albacore du Pacifique ont montré cette possibilité chez les thons. Des expériences sur le germon de l'Atlantique sont nécessaires et compléteraient celle en cours dans le Pacifique Est. L'étude de la variation annuelle des marges entre la dernière LRC et le bord serait aussi un moyen d'investigation de la périodicité. Malheureusement le germon de par son existence migratoire, n'est jamais constamment disponible tout au long d'une année. De plus, les LRC sont affectées par le phénomène suivant : une LRC ne se distingue du bord que plusieurs semaines, voire un mois après sa formation effective. Il y a là un problème d'impression visuelle couramment rencontré dans l'étude des otolithes.

Nous ne voudrions pas non plus laisser croire que les LRC sont très faciles à lire. Sur les coupes, on rencontre des fausses marques, normales si l'on considère que le tissu calcifié des épines est un bon enregistreur du métabolisme de l'animal. L'usage des coupes de rayons épineux représente cependant un net progrès sur les autres méthodes de détermination directe de l'âge des grands germons. Le remaniement central exclut malheureusement une décision parfaitement objective pour chaque spécimen, qui ne serait possible qu'en ignorant la taille du poisson.

Avec l'habitude on peut toutefois identifier les LRC par "couples". En particulier le "couple bonite" est presque toujours bien marqué, ce qui s'explique si l'on considère que l'animal encore jeune, soumis à une migration étendue, voit son métabolisme bien perturbé. Ce couple fournit un bon point de repère. Pour la même raison le couple "demi" est un repère presque aussi clair. Ces marques aident l'interprétation, qui cependant, doit être circonspecte.

Enfin le "plateau" de croissance des adultes pose quelques problèmes intéressants.

Notons d'abord que BEAMISH (m.s. 1979) dans une étude indépendante montre aussi clairement l'existence d'un taux de croissance très réduit au-delà de la taille de maturité sexuelle. Ceci pour les germons du Pacifique Nord, par des coupes de rayons épineux.

Si l'on compare ce ralentissement, et la différence importante entre mâles et femelles, aux phénomènes reconnus chez d'autres thons, on constate que le germon infléchit plus fortement sa croissance que le patudo et le thon rouge. On peut raisonnablement inférer que ce sont des problèmes énergétiques liés à la maturation sexuelle qui empêchent les thons de maintenir un taux de croissance élevé. Ce point sera discuté plus avant dans le chapitre 12. En d'autres termes, le germon, et surtout le germon femelle serait parmi les thons celui qui aurait les plus gros problèmes énergétiques dès la première maturité sexuelle. Le thon rouge, en particulier, n'aurait que des problèmes mineurs, n'affectant que peu le taux de croissance des femelles. Le patudo aurait un statut intermédiaire. Pour l'albacore nous n'avons que des indications qui suggèrent toutefois un statut analogue au patudo (ALBARET, com. pers.). Par ailleurs, l'existence d'un tel "plateau" confirme qu'il est vain d'espérer mettre en évidence des classes de taille homologables à des classes d'âges pour les adultes à partir de l'usage des méthodes de HASSELBLAD ou autres.

Les écarts type, de l'ordre de 4 cm comparés à des accroissements annuels de 2 à 3 cm, l'interdisent. Cependant l'usage inverse de telles méthodes pourrait être judicieux. En effet un des avantages des coupes d'épines est qu'elles peuvent être pratiquées même sur des individus congelés, présentation courante des pêches de palangre. On pourrait alors imaginer une stratégie de double échantillonnage d'un certain nombre d'épines par classes de taille de 2 à 5 cm. Les valeurs moyennes et les variances déduites peuvent fournir des indications suffisantes pour l'analyse des fréquences de taille correspondantes et détermination de chaque classe d'âge. Ceci n'est pas nouveau, et est déjà employé pour les espèces boréales. Cependant l'application aux thons d'une telle procédure restait à faire, faute d'une méthode de détermination d'âge directe et rapide. La lecture des coupes de rayons épineux la fournit.

7 - CONCLUSIONS

La révision de la croissance du germon Nord Atlantique amène donc quelques nouvelles précisions sur l'âge réel des petits germons (moins de 40 cm) et grands germons (plus de 90 cm), ajoutées à une confirmation de ce qui était connu sur les germons immatures. Les germons de moins de 40 cm seraient des individus de moins d'un an, nés entre avril et septembre, grandissant très rapidement jusqu'à 40 cm en six mois. Les grands germons de 90 à 115 cm ont entre 5 et 9 ans, avec une relation âge-taille nettement différenciée selon le sexe à partir de la maturité sexuelle. La première reproduction a lieu à cinq ans. Quelques germons peuvent atteindre 10 à 11 ans ; ce ne sont que des mâles. Tout ceci dresse une histoire de la croissance du germon assez différente de ce que l'on admettait jusqu'alors. Le tableau 4 résume la croissance moyenne du germon telle que nous l'avons donc déterminée. Cette clef âge-taille est établie pour le germon de l'Atlantique Nord mais semble pouvoir être étendue aux germons de l'Indo Pacifique et de l'Atlantique Sud.

		Age							
		1	2	3	4	5	6	7	8
LC	Femelles	49	62	74	85	94	101	103	
	Mâles	49	62	74	85	94	104	107	110
Variance	Femelles	4.9	4.8	9.6	10.4	8.0	14.4	18.7	
	Mâles	4.9	4.8	9.6	10.4	12.0	7.6	10.8	16

Tableau 4 - Clef âge-taille des germons à chaque 1^{er} juillet.
Tailles en centimètres. Les moyennes et variances des tailles à chaque âge sont les estimateurs pour la population.

Le germon se présente maintenant comme un animal moyennement longévif, atteignant sa maturité sexuelle assez vite. Si on le compare au thon rouge et à l'albacore, le germon se situe assez bien comme un intermédiaire au point de vue longévité et âge de première maturité. En revanche le fort fléchissement du taux de croissance avec la maturité en fait un cas bien à part parmi les thonidés. On peut le résumer par le tableau 5.

Espèce	Age de première maturité	Longévité (en années)	Ralentissement de la croissance à maturité
Thon rouge	5	20	faible
Albacore	3	7	moyen ?
Patudo	3	10	moyen
Germon	5	8	fort

Tableau 5

Une dernière touche de prudence s'impose. Une partie des faits énoncés ci-dessus sont fondés sur l'examen de seulement 352 épines de germons d'une seule année. Les conclusions que l'on en tire sont cohérentes avec l'analyse de fréquences de taille et d'autres observations. Des lectures de section d'épines supplémentaires seraient cependant souhaitables. Elles auraient d'autres avantages si elles provenaient de grands germons à sexe identifié et représentant des échantillonnages aléatoires des pêches palangrières. Des échantillonnages par fréquence des noids selon les sexes seraient également très intéressants.

LEGENDE DES PLANCHES

Section des rayons épineux de la première dorsale de germons Lc est la longueur caudale en centimètres, A est l'âge attribué de la manière suivante :

4+, quatre ans révolus, pêche de Mai à
Septembre

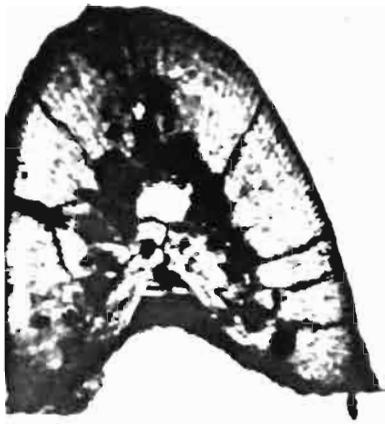
4, quatre ans et un semestre, pêche
d'Octobre à Mars.

PLANCHE A De gauche à droite et de haut en bas.

Bonite NE Atlantique (ANE), Demi (ANE), Gros (ANE), Gros Golfe de Gascogne, Très Gros Canariés, Très Gros (ANE), Préadultes Canaries (les 3 dernières coupes.)

PLANCHE B

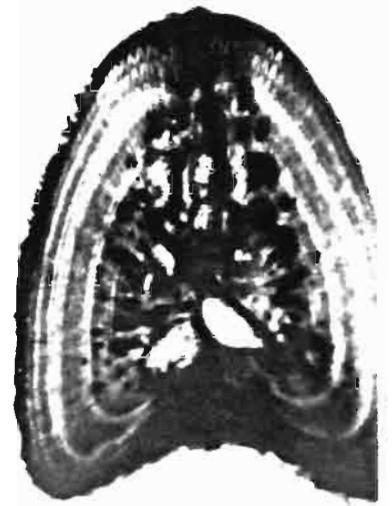
Préadulte Golfe de Gascogne, Préadulte Golfe de Gascogne, Adultes Canaries(les 4 dernières coupes)La dernière reproduction est un détail de la précédente. Noter le ralentissement de la croissance sur le bord.



Lc = 53, A = 1 +



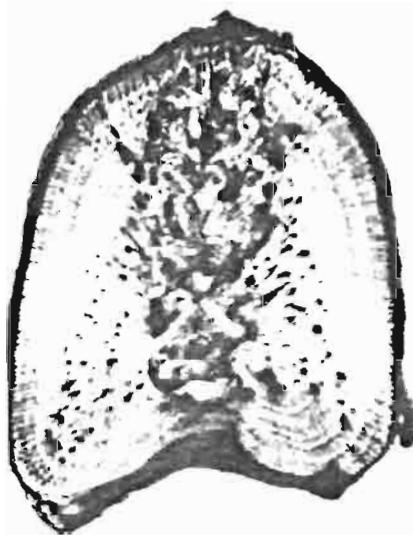
Lc = 66, A = 2 +



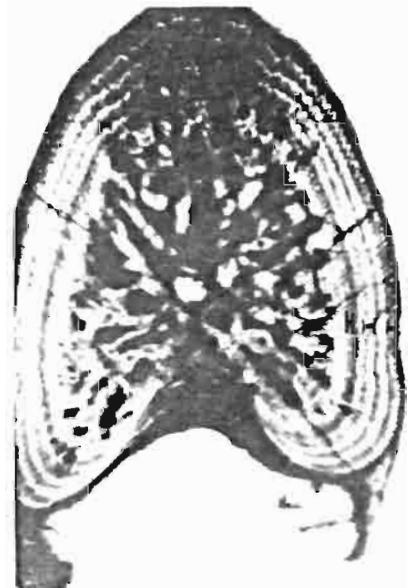
Lc = 72, A = 3 +



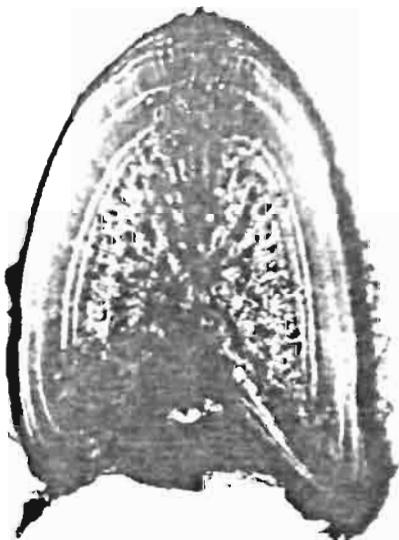
Lc = 77, A = 3 +



Lc = 80 A = 4



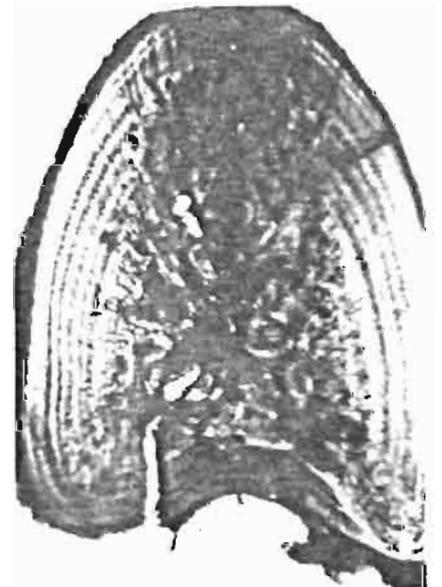
Lc = 81 A = 4 +



Lc = 97, A = 5, ♀



Lc = 107, A = 6, ♀



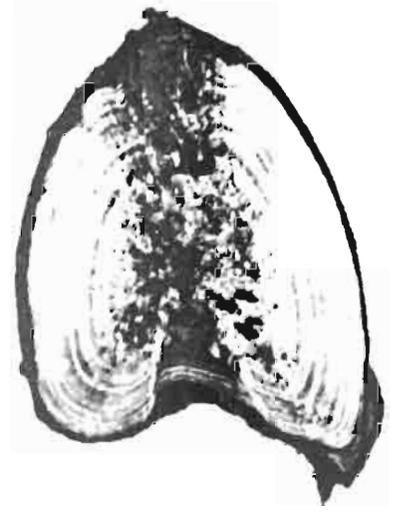
Lc = 101, A = 6, ♂



Lc = 104, A = 5+, ♂



Lc = 97, A = 6+, ♀



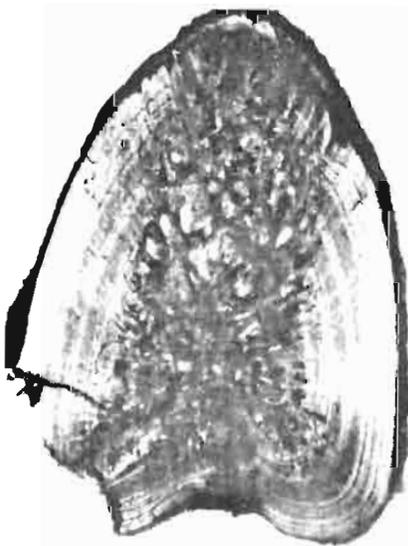
Lc = 107, A = 6=, ♂



Lc = 108, A = 7+, ♀



Lc = 98, A = 8+, ♀



Lc = 109, A = 10+, ♂



L = 109, A = 10+, ♂

CHAPITRE 5 MORPHOMETRIE DU GERMON

I - PRINCIPE

L'étude du cycle de vie du germon en Atlantique a montré la multiplicité de ses habitats qui semble liée essentiellement à la taille des individus. Le passage d'un habitat supposé à l'autre se fait selon une séquence que l'on suit à travers les différentes pêcheries qui exploitent le germon. Nous avons également vu que ce passage est assez net. Ce qui amène à penser qu'il pourrait exister des phases morphologiques précises de l'animal correspondant à chaque séjour dans un habitat déterminé. Soit donc des stances de croissance au sens de TEISSIER (1936). Ce qui traduirait des stades éco-physiologiques précis. C'est ce que nous avons tenté de mettre en évidence, en cherchant de plus à voir en quoi la morphologie correspondant à chaque habitat est une adaptation à celui-ci.

La mise en évidence de telles phases a un autre intérêt : des auteurs ont utilisé la morphométrie du germon pour tenter de distinguer des hétérogénéités dans l'espèce présente en Atlantique. Il est fort instructif de vérifier si leurs conclusions sont compatibles avec l'existence de stances de développement du germon.

Il y a bien sûr un bon nombre de caractères quantifiables en ce qui concerne la seule morphologie externe du germon. Ce qui complique surtout les choses, si l'on s'aperçoit que malgré des tentatives d'unification des méthodes, les mesures effectuées par les divers auteurs sont le plus souvent disparates. Après divers essais infructueux de comparaison, nous avons abordé l'étude des caractères qui synthétisent le mieux le germon : Les relations tailles-poids et la longueur des pectorales. Les conclusions qu'on a pu en tirer ont alors amené à s'intéresser à certains caractères qui rendent compte de l'équilibre hydrodynamique de l'animal. Tout ceci permet de montrer un changement de la forme du germon au fur et à mesure qu'il acquiert les réserves métaboliques nécessaires à sa reproduction et donc les adaptations hydrodynamiques que cela entraîne.

2 - LES RELATIONS TAILLE-POIDS DU GERMON

2.1 - GENERALITES

L'établissement d'une relation taille-poids est une étape classique dans l'étude de la dynamique de population d'une espèce. Et c'est une nécessité à laquelle nous n'échapperons pas. Mais on peut en tirer plus. FREON (1978) dans une revue des relations taille-poids et des coefficients de condition, précise la signification des paramètres a et b de l'équation $W = aL^b$, W le poids, L la longueur. b est le plus intéressant en ce qu'il rend compte des variations de la forme du poisson et donc traduit des variations allométriques des proportions du corps. Il peut aussi être sensible à des variations de la densité de l'animal. Cependant une augmentation de densité ne peut guère être liée qu'à un apport d'éléments lourds dans le squelette ce qui paraît peu probable, et FREON constate que ce genre de variation est rare chez les poissons. Sinon les apports de matière vivante chez un poisson sont surtout des éléments organiques de densité égale ou inférieure à 1, ce qui entraîne des modifications de volumes et ramène au cas précédent. b mesure donc la corpulence de l'animal.

En ce cas les variations de b peuvent traduire des allométries suivant les conceptions de TEISSIER et sont donc susceptibles de discontinuités dont nous rechercherons la signification biologique. Ce coefficient b joue donc le rôle d'indice de la condition, plus sensible que les coefficients classiques dont, à l'usage, les intervalles de confiance s'avèrent démesurés. a correspond à un coefficient de condition moyen de l'ensemble des individus employés pour définir la relation taille-poids. A ce titre il est susceptible de "ramasser" les erreurs systématiques introduites lors des mesures. L'une d'elles dérive de la conversion de longueur totale en longueur à la fourche, conversion à laquelle nous avons dû nous livrer pour homogénéiser les données antérieures à 1965. La conversion est effectuée, selon LE GALL (1949), par l'équation

$$L_t = 1.0771 L_c$$

De fait le coefficient a n'est donc que peu utilisable et l'essentiel de nos conclusions se fonde sur l'examen de b . Il se pose alors toutefois le problème de la comparaison statistique des droites d'allométrie ajustées aux valeurs observées.

2.2 - LES REGRESSIONS UTILISEES

Les droites théoriques qui s'ajustent correctement aux valeurs logarithmiques des couples L, W sont l'axe majeur ou l'axe majeur réduit dit droite de TEISSIER. Le calcul de celle-ci est classique mais son application correcte demande que soient remplies des conditions d'homogénéité des variances et de normalités des données. Ce qui n'est pas toujours le cas. Plus grave est le fait qu'il n'existe pas de test théorique de comparaison de deux droites de TEISSIER. Les méthodes classiques de SNEDECOR-COCHRAN d'analyse des variances résiduelles s'appliquant aux regressions prédictives (ANTOINE, 1979).

DAGNELIE (1973) propose un test fondé sur le t de STUDENT pour vérifier la déviation du coefficient b d'une valeur 1 ou 3, donc d'une isométrie. Le calcul est :

$$t = \frac{|\beta^2 - b^2| \sqrt{n-2}}{2\beta b \sqrt{1-r^2}}$$

avec $n-2$ degrés de liberté.

β étant l'estimateur de la pente recherchée, b la mesure théorique testée. Ceci permettra donc au moins de détecter des allométries.

Mais pour vérifier l'existence de stances d'allométrie différentes, donc des différences entre deux coefficients b successifs, on se résoudra à faire une confusion entre la droite de TEISSIER et la régression prédictive. Les fortes valeurs du coefficient de corrélation associées, de règle en matière de morphométrie, le permettent en général. Il faudra toutefois se souvenir de cette restriction. On notera β et α les coefficients des droites de TEISSIER, \hat{b} et \hat{a} , ceux des regressions prédictives.

Si le test F sur les variances résiduelles est plus puissant, la méthode graphique représentant les intervalles de confiance de la pente et l'ordonnée à l'origine par une ellipse permet des conclusions commodes (CONAN, 1980). Le test qui consiste à vérifier l'intersection éventuelle de deux ellipses est moins puissant et donc conservatif. Les éventuels rejets de l'hypothèse nulle n'en seront que plus significatifs, ce qui va dans le sens de la restriction évoquée plus haut.

Enfin, puisque l'on compare des droites, les conclusions seront considérées comme satisfaisantes que lorsque \hat{a} et \hat{b} seront différentes (et donc les ellipses en aucun cas sécantes). Cependant des différences significatives entre les seules \hat{b} peuvent donner des indications intéressantes.

2.3 - LES DONNEES

Les données disponibles sont hétérogènes. En effet à l'usage il apparaît que les seules relations vraiment satisfaisantes sont celles qui se fondent sur des mesures effectuées au millimètre près et à 10 g près. Dans le cas pour les germons immatures ce n'est vrai que pour des mesures effectuées par nous-mêmes en 1977 sur des poissons fraîchement pêchés. Nous n'avons malheureusement pas effectué de programme systématique de telles mesures sur l'ensemble des saisons de pêche et cela nous amène à recourir à des mesures fournies gracieusement par d'autres auteurs. Ce sont :

- RODRIGUEZ-RODA qui a effectué de nombreuses mesures en 1952 sur l'ensemble des saisons de pêche. Mais la précision des pesées est médiocre.

- BEARDSLEY a reconnu les tailles et les poids des germons pêchés à la palangre en 1969-1970 débarqués congelés à Porto-Rico. Les sexes sont notés et la précision des mesures correcte.

- On trouve dans KEYVANFAR (1962) des données sur des mesures effectuées en 1961 en Atlantique et Méditerranée dans un autre dessein et donc de précision moyenne.

- Des mesures de précision moyenne ont été également faites en 1969 en Atlantique sur le navire d'assistance thonière et en 1977 en Méditerranée au retour de concours de pêche sportive dans la région nicoise. Dans les deux cas la planification des mesures n'était pas parfaite et leur précision s'en ressent.

Année	1952	1952	1952	1952	1961	1969	1977	1977	1977	1970	1970	1952	1961	1977
Amplitude	49-67	46-67	68+90	68-90	52-75	50-75	68-103	68-86	50-67	85-115	85-105	90-110	50-75	55-81
Maturité	B+D	B+D	G+TG	G+TG	B+D+G	B+D+G	G+TG ♂	G+TG ♀	D+B	Ad ♂	Ad ♀	Préadulte	B+D+G	B+D+G
Mois	6-7	8-9	6-7	8-9	6	8	9	9	9	1-12	1-12	8	9	9
N	111	115	87	68	110	159	85	71	74	202	148	92	88	44
β	2.907	2.873	2.997	2.902	2.924	2.891	3.193	3.156	3.032	3.163	3.522	3.524	3.074	3.046
α	-10.495	-10.281	-10.907	-10.411	-10.660	-10.248	-11.728	-11.555	-11.018	-11.444	-13.036	-13.267	-11.158	-11.211
R	.964	.969	.959	.918	.981	.980	.973	.971	.976	.976	.947	.928	.961	.960
t DAGNELIE	1.236	2.872	0.036	0.684	1.365	2.319	2.454	1.762	0.413	3.437	6.060	4.117	0.817	0.352
P H ₀	0.2 < P < 0.3	P < 0.01	P > 0.7	P > 0.7	0.1 < P < 0.2	P < 0.02	P < 0.02	.05 < P < 0.1	0.6 < P < 0.17	P < 0.001	ϵ	ϵ	0.4 < P < 0.5	.P > 0.7

Atlantique

Méditerranée

Tableau 6 - Résumé des ajustements des relations taille-poids.

Le choix des domaines d'ajustement des relations taille-poids est délicat, en ce qu'il préjuge de l'existence de stances. L'idéal serait de n'opérer que sur des amplitudes de taille réduite, correspondant aux classes d'âge homogènes. A l'expérience cela amène des ajustements très imprécis, liés aux défauts de mesures et au manque d'amplitude des variables.

Nous avons donc autant que possible ajusté des droites à des amplitudes de longueurs caudales ainsi définies :

- Bonites et Demis, soit de 48 à 67 cm, correspondant aux germons immatures les plus liés à une écologie de surface.
- Gros et Très gros, soit de 68 à 90 cm, correspondant aux germons immatures qui accèdent aux couches un peu plus profondes et donc susceptibles d'une meilleure exploitation du milieu pélagique.
- Adultes de 85 à 110 cm nettement inféodés à l'écosystème mésopélagique.

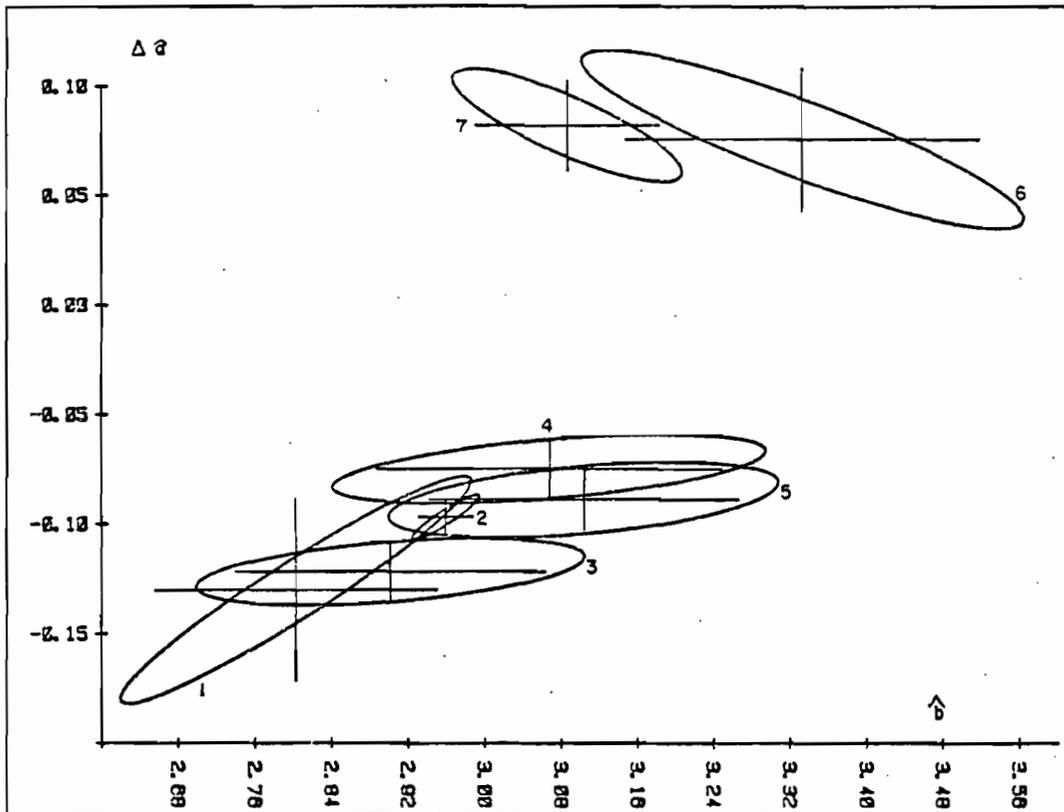
Dans certains cas, on a considéré toutefois l'ensemble "bonite demis gros" de 50 à 75 cm caractéristique des poissons "de traine" pour comparaison. Un ensemble PREADULTES concerne des germons de taille supérieure à 90 cm, pêchés à la traine en 1952 et immatures.

2.4 - RESULTATS

Le tableau 6 résume les mesures et les paramètres décrivant l'ajustement des droites par la méthode des moindres carrés sur les données préalablement transformées en leurs logarithmes. Le détail des données est en table 1.

Les principaux résultats sont portés sous forme d'ellipses de confiance de \hat{b} et \hat{a} en figure 22. On constate en outre les faits suivants :

- Les individus immatures de moins de 68 cm présentent des coefficients β inférieurs ou égaux à 3, et leurs relations taille-poids sont identiques. Ceci s'étend à l'ensemble des germons de moins de 75 cm.
- Les germons immatures de plus de 68 cm jusqu'à 90 cm présentent des coefficients β égaux ou supérieurs à 3. Il n'y a pas de différence entre les deux sexes.



REMARQUES SUR LA FIGURE 22

Les droites ajustées par régression prédictives à certaines données du tableau 6 sont représentées en une même série d'ellipses. Les ellipses sont calculées après translation de l'origine des axes dans laquelle sont tracées les droites, au barycentre de l'ensemble des points expérimentaux. Ceci transforme les ordonnées à l'origine qui sont exprimées en valeur relative, tandis que les pentes ne sont pas modifiées. Méthode et programme fournis par P.GROS, non publié (CNEXO-DOB). Dans tous les cas le seuil de rejet de l'hypothèse nulle est la probabilité 0.05.

Légende

Ellipse		Mois	
1	= Ensemble	B + D (6-7)	1952
2	= "	B + D (9)	1952
3	= "	G + TG (6-7)	1952
4	= "	G + TGQ (9)	1977
5	= "	G + TGQ (9)	1977
6	= "	Adulte ♀ (1-12)	1970
7	= "	Adulte ♂ (1-12)	1970

B = Bonite
D = Demi
G = Gros
TG = Très Gros

- Pour la catégorie bonites + demis , il semble possible qu'une modulation saisonnière du coefficient existe, donc de l'état d'engraissement qui oppose la période de migration rapide, juin-juillet à la période de migration lente, août-septembre.

- Les germons adultes présentent des coefficients \hat{b} et β supérieurs à 3 et il existe une nette différence entre mâles et femelles. Cette différence pour une longueur de 100 cm serait théoriquement de 1.54 kg. Les femelles seraient donc plus corpulentes que les mâles. La différence entre les deux droites est visible sur les ellipses, elle est confirmée par l'analyse des variances par la méthode de SNEDECOR - COCHRAN.

- Les germons de Méditerranée dans tous les cas, présentent des coefficients b inférieurs ou égaux à 3.

2.5 - DISCUSSION

Les résultats obtenus doivent être considérés avec une certaine réserve. On a déjà évoqué leur vice de base qui est une absence de planification des mesures pour le but recherché à quelques exceptions près. Les mesures n'ont pas été effectuées par la même personne et l'état de conservation des poissons varie. Ceci affecte en particulier les conclusions que l'on aurait aimé pouvoir énoncer sur les variations saisonnières du coefficient b , liées à la migration. Ainsi dans le Pacifique Nord-Est, les germons selon qu'ils sont pêchés lors de la migration de juin ou près des côtes dans les eaux riches des upwellings côtiers en août, présentent des variations de poids de l'ordre de 4%, que l'on peut détecter par des variations fines des relations taille-poids établies au millimètre et au gramme près (DOTSON, 1978). Pour leur part, les pêcheurs distinguent assez bien en Atlantique les germons d'aspect "maigre" en début de saison, qui devient "rond" en fin de saison de pêche. Il semble donc qu'une telle modulation de la corpulence en fonction de la saison pourrait exister en Atlantique Nord Est. Des mesures plus précises permettraient de conclure.

Si l'on considère maintenant le coefficient b en fonction de la taille et donc de l'âge des germons, il est net que celui-ci croît, et donc à mesure que les germons améliorent leur exploitation de l'écosystème pélagique, ils accroissent leur corpulence. Celle-ci se prolonge particulièrement

pour les femelles. La comparaison des indices de b entre les adultes et les immatures est délicate en ce que les poissons adultes étaient congelés ce qui peut rétrécir L_c de l'ordre de 1%. Ceci affectera a . Mais puisque les adultes des deux sexes ont été mesurés dans les mêmes conditions, on peut admettre une véritable différence de corpulence. Celle-ci n'est pas simplement expliquée par des différences de poids de gonades (Chapitre 12), et il est logique de l'attribuer à des réserves métaboliques accumulées inégalement.

Au reste de NEPGEN (1970) avait déjà noté une telle différence sur les germons subadultes pêchés devant l'Afrique du Sud. Mais il ne l'avait pas formalisée, et nous n'avons pas pu disposer de ses données.

Les germons de Méditerranée, enfin, présentent un cas particulier : leurs relations taille-poids sont identiques à celles des germons de l'Atlantique immatures, et leur coefficient b ne dépasse pas 3. Or, comme on le verra au chapitre 6, ces germons sont sexuellement dans un état beaucoup plus avancé et sont même l'équivalent des subadultes puisqu'ils se reproduisent dès 65 cm. Il semble donc que leur stratégie de reproduction mette en jeu beaucoup moins de réserves métaboliques que le germon de l'Atlantique.

3 - LES NAGEOIRES PECTORALES DU GERMON

3.1 - PRINCIPE

MAGNUSON (1973) a montré l'importance des pectorales chez les thonnidés de forte taille. Elles fournissent la poussée verticale nécessaire à l'équilibre hydrodynamique de l'animal, tandis que la vessie natatoire ajuste l'équilibre hydrostatique. L'ensemble permet aux thons de maintenir des vitesses de nage qui ne soient pas prohibitives au plan métabolique.

La pectorale du germon est bien son caractère le plus singulier et il est intéressant de vérifier si elle présente des stances de croissances concomitantes à celles des relations taille-poids. ASANO (1965) a déjà indiqué une allométrie de croissance des pectorales de germons du Pacifique entre 35 et 80 cm. Nous avons cherché à vérifier cette allométrie sur les germons de l'Atlantique et de la Méditerranée, car LA TOURASSE (1966) indiquait une pectorale plus courte chez les germons de la Méditerranée.

3.2 - DONNEES

Les données sont de trois sortes (Table 2) :

- les mensurations de LA TOURASSE effectuées en 1966 et utilisées différemment pour la recherche d'allométrie.

- des mensurations sur des germons du Golfe de Gascogne et des germons de la zone Açore (1974 à 1977).

- des mensurations sur des germons adultes frais provenant des Canaries (1977-1979) .

Un point des différentes mesures indique effectivement une discontinuité à 80-90 cm. La recherche des stances de croissance se fait alors par ajustement des droites de TEISSIER aux couples de valeur après transformation logarithmique. Elles sont portées au tableau 7. Selon le même principe que pour les relations taille-poids, on accordera une attention particulière au coefficient β . Les allométries seront toutefois considérées comme différentes que si les ellipses des coefficients de régressions prédictives sont distinctes. Enfin on vérifie la réalité de l'écart de β à la valeur 1 par les test de DAGNELIE.

3.3 - RESULTATS

La figure 23 résume bien les conclusions :

- il n'y a pas de différence entre les croissances allométriques majorante des pectorales des germons atlantiques de 50 à 85 cm, quel que soit l'échantillon d'origine. Cette croissance allométrique est très marquée ($\beta = 1.7$). Les germons de Méditerranée de taille homologue, présentent une allométrie de croissance de la pectorale constante dans le temps beaucoup moins forte ($\beta = 1.4$) bien que réelle.

- lorsque les germons atteignent 85 cm et au-delà, la croissance de leur pectorale devient beaucoup plus lente. Si l'on confond les sexes, on constate une isométrie simple avec cependant une grande dispersion des valeurs due à l'érosion de l'extrémité distale de ces nageoires.

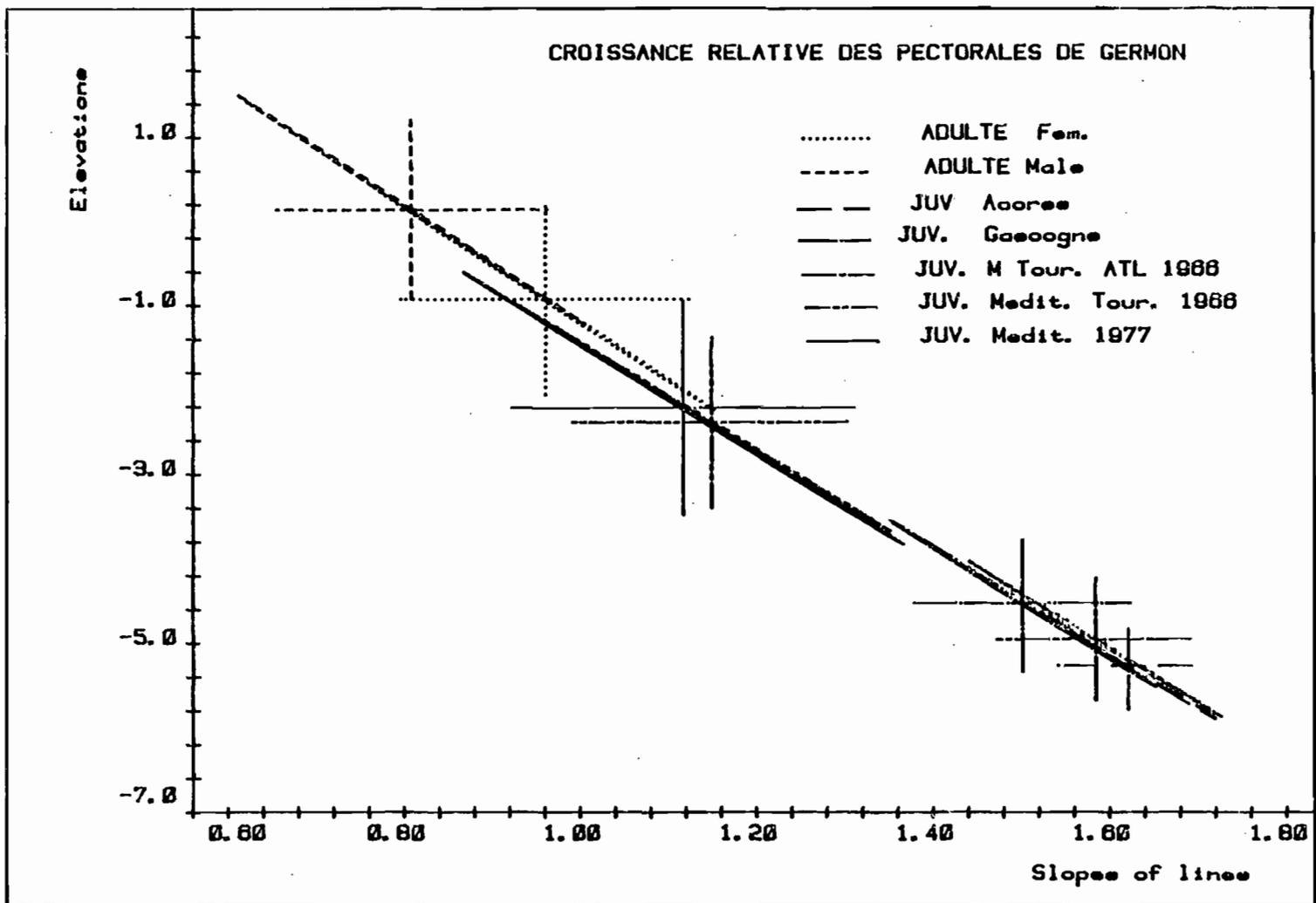


Figure 23 : Ellipses de confiance des coefficients des droites d'allométrie de la pectorale des germons.

Si l'on distingue mâles et femelles, les femelles présentent encore une croissance des pectorales suivant une allométrie majorante. Chez les mâles la croissance semble isométrique. ISHII (1965) a déjà relevé une différence possible entre les longueurs des pectorales des germons adultes mâles et femelles. Mais il ne l'interprète pas en terme d'allométrie.

L'interprétation des résultats en relation avec la croissance pondérale des germons est la suivante selon nous :

Durant la phase immature la corpulence des germons s'accroît lentement mais peut être masquée par une modulation saisonnière, tandis que leur longueur passe de 50 à 85 cm. En même temps la dimension des pectorales croît allométriquement jusqu'à la fin de cette phase. Nous savons que dans le même temps la vessie natatoire se développe également allométriquement. Les jeunes germons acquièrent ainsi progressivement un bon contrôle de leur équilibre hydrostatique et hydrodynamique. Passé la taille de 85 cm les germons accroissent rapidement leur corpulence par accumulation des réserves métaboliques préalables à la reproduction. Les femelles adultes se gonflent nettement plus que les mâles et la croissance de leurs pectorales tend à compenser ce fait. Les mâles adultes pour leur part présentent moins d'accroissement de la corpulence et leurs pectorales croissent normalement.

La morphométrie des caractères intervenant dans l'équilibre hydrostatique et hydrodynamique du germon peut nous donner quelques autres indications.

Année	1966	1977	1966	1977	1974	1977 - 1979	
Amplitude	50-70	55-81	50-75	45-92	45-80	80-105	80-110
Lieu	Méditerranée		Proche Atlant.	Golfe de Gascogne	Açores	Canaries	
						♀	♂
N	71	65	70	49	104	40	76
β	1.358	1.391	1.688	1.594	1.710	1.247	1.157
α	-3.457	-3.733	-5.362	-4.873	-5.575	-2.620	-1.995
R	.875	.831	.962	.966	.971	.896	.789
t_D	5.332	4.799	16.537	12.878	23.959	3.095	2.044
P_{HO}	ϵ	ϵ	ϵ	ϵ	ϵ	$P < 0.01$	$P < 0.05$

Tableau 7 - Résumé des ajustements des droites d'allométrie de la nageoire pectorale. t_D : Test de DAGNELIE.

4 - LES DIMENSIONS HYDRODYNAMIQUES DU GERMON

4.1 - CHOIX DES CARACTERES

Puisque nos premières conclusions mettent en évidence un accroissement de la corpulence avec la taille ainsi qu'un remaniement possible des proportions du corps, il est logique d'étudier les dimensions de germon qui peuvent traduire le mieux ces changements. Il se pose alors le problème pratique du choix de dimensions représentatives de la forme de l'animal. Nous avons retenu les hauteurs à l'intersection des nageoires impaires. Ce qui procure des points de repère anatomiques objectifs.

A l'inverse on a abandonné la largeur maximale, trop susceptible de mesures en des points variables sur le flanc de l'animal, ne conservant que la largeur aux pectorales.

Les dimensions de la tête et l'implantation des pectorales ont ainsi été retenues car pouvant concourir à l'équilibre de l'animal. Les nageoires pelviennes ne fournissent qu'une poussée négligeable selon les auteurs. On en étudie toutefois l'implantation. Les pectorales elles-mêmes déjà étudiées, sont exclues. La distance LD_1 sera étudiée un peu plus loin. La figure 24 représente les détails des mensurations.

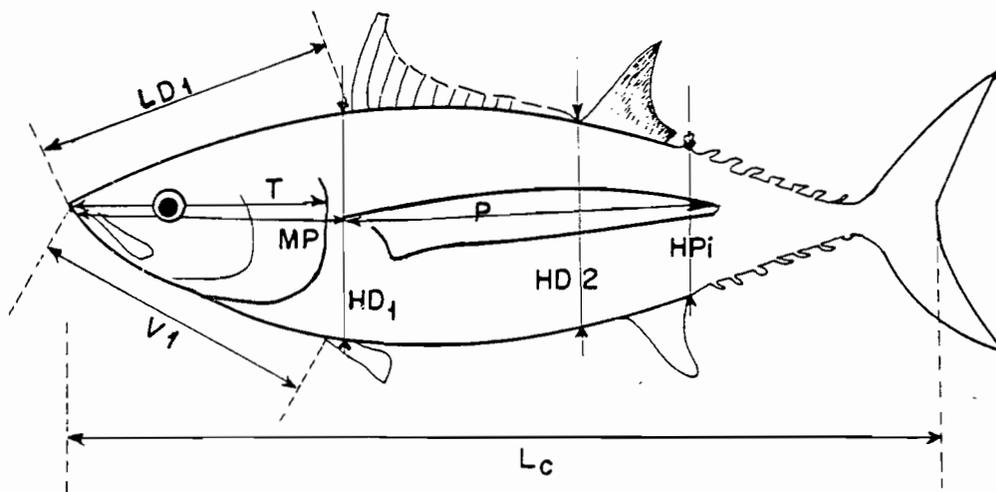


Fig.24 - Dimensions mesurées sur les germons.

Deux lots de germons ont été mesurés, par nos soins au millimètre près.

- 50 germons régulièrement répartis de 500 à 950 mm provenant en 1977 du Golfe de Gascogne. Ce sont donc des immatures. Les poissons ont été mesurés frais moins de 15 minutes après la pêche. Les sexes sont connus (25 mâles, 25 femelles) (Table 3).

- 53 germons adultes de 900 à 1.130 mm provenant des pêches à la senne effectuées au large de l'Afrique (environ 15°W et 2°N). La pêche a eu lieu en 1980, les germons sont décongelés et leur sexe déterminé (27 femelles, 26 mâles régulièrement répartis en taille) (Table 3).

4.2 - METHODES

L'état différent de présentation des deux lots de poissons est malheureux et l'on peut soupçonner un biais systématique qui influencerait sur la hauteur à l'origine des droites d'allométrie. On considèrera donc les résultats des comparaisons avec prudence. On a comparé les allométries de croissance de chaque caractère rapporté à la longueur caudale par les sexes et par chaque lot. L'ajustement d'axes majeurs réduits et leur test se fait de façon identique aux études précédentes.

4.3 - LES IMMATURES

L'étude des immatures selon cette méthode ne révèle aucune différence entre les sexes. Ce qui confirme les conclusions énoncées sur les relations taille-poids. On a donc confondu les sexes pour présenter les ajustements des droites d'allométrie du tableau 8a.

On constate une nette allométrie majorante des dimensions hauteur à deuxième dorsale, et hauteur à la première pinnule (HD2 et HPi). A l'inverse la distance museau pectorale (MP), museau pelvienne et la longueur de la tête, présentent des allométries minorantes. LD1, MD1, La sont isométriques.

REMARQUE SUR LA FIGURE 25

Les remarques portant sur l'usage des ellipses de confiance des coefficients des régressions de la figure 22 s'appliquent également ici. Les droites d'allométrie ajustées correspondent aux tableaux 8a et 8b, à l'exception de celles de VI, LD1 et HPI ♂

Légende

Ellipse	Caractère	Tête	Juvénile
1	"	Tête	Juvénile
2	"	Tête	Adulte
3	"	M.P.	Juvénile
4	"	M.P.	Adulte
5	"	HD1	Juvénile
6	"	HD1	♂
7	"	HD1	♀
8	"	HD2	Juvénile
9	"	HD2	♂
10	"	HD2	♀
11	"	HPi	Juvénile
12	"	HPi	♀
13	"	La	Juvénile
14	"	La	♂
15	"	La	♀

Caractère	Tête	M.P.	HD1	HD2	HPi	La	LD1	VI
N	50	50	50	50	50	50	50	50
β	0.945	0.943	1.022	1.074	1.133	0.996	0.959	0.941
α	-0.861	-0.798	-1.585	-1.932	-2.604	-1.709	-1.124	-0.703
R	0.988	0.991	0.986	0.990	0.973	0.973	0.988	0.989
t_D	2.560	2.990	0.896	3.428	3.746	0.114	1.878	2.850
pHO	0.01 < P < 0.02	P < 0.01	P > 0.3	P < 0.01	P < 0.01	P > 0.7	0.05 < P < 0.1	P < 0.01

Tableau 8a - Résumé des ajustements des droites d'allométrie des caractères retenus chez les immatures.

Caractère	Tête	M.P.	HD1		HD2		HPi		La		LD1	VI
			♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀		
N	53	53	26	27	26	27	26	27	26	27	45	33
β	1.003	1.004	1.156	1.372	1.159	1.430	1.444	1.547	1.229	1.241	0.928	1.098
α	-1.254	-1.230	-1.091	-4.004	-2.523	-4.349	-4.324	-6.162	-3.263	-3.347	-0.626	-0.644
R	0.904	0.904	0.872	0.817	0.876	0.859	0.506	0.7806	0.872	0.707	0.903	0.944
t_D	0.033	0.067	1.462	2.786	1.096	3.563	2.134	4.162	2.075	1.538	1.142	1.580
pHO	P > 0.7	P > 0.7	0.1 < P < 0.2	P < 0.01	0.3 < P < 0.2	ε	0.02 < P < 0.05	ε	0.02 < P < 0.05	0.1 < P < 0.2	P > 0.2	0.1 < P < 0.2

Tableau 8b - Résumé des ajustements des droites d'allométrie des caractères retenus chez les adultes.

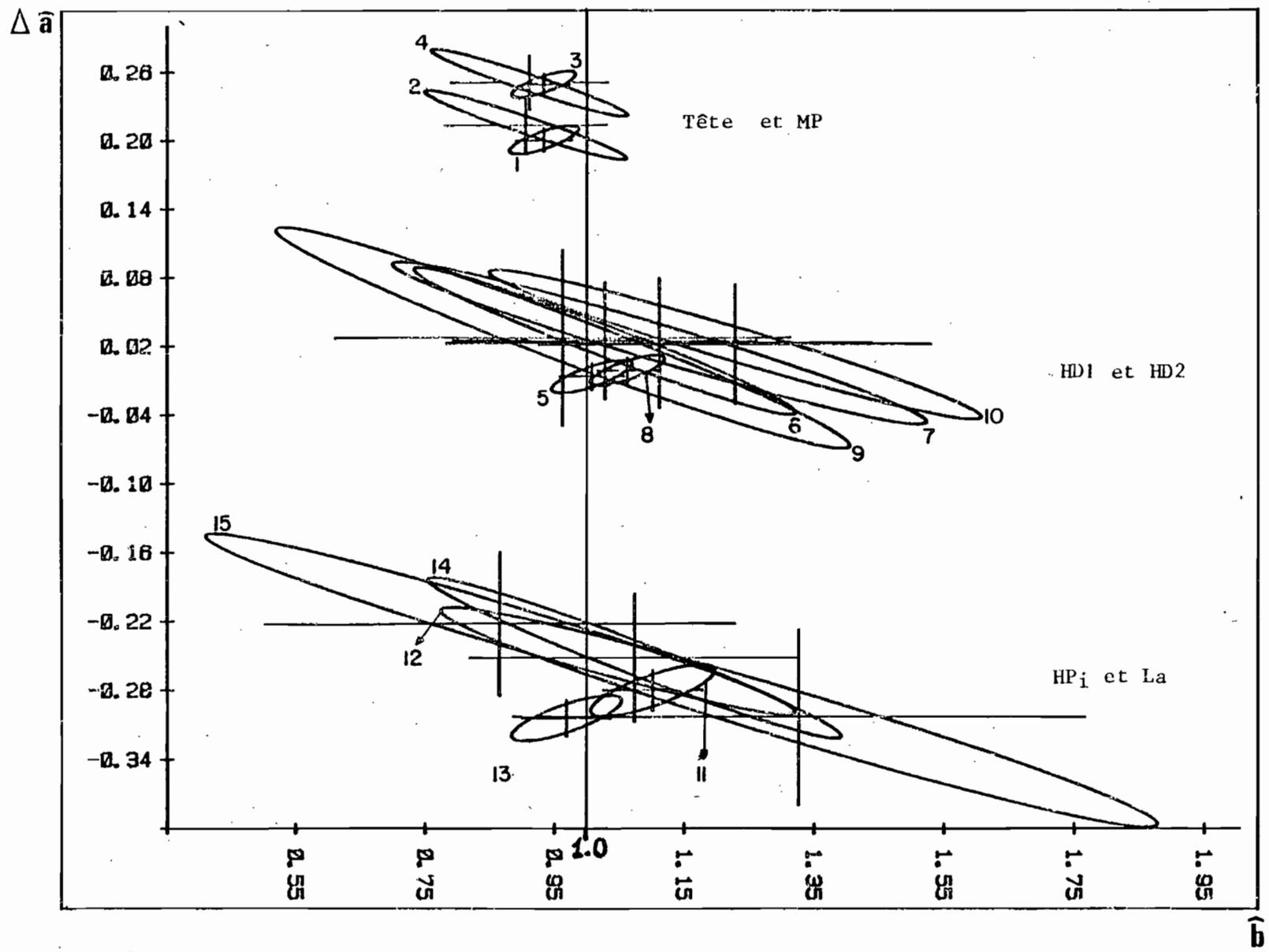


Figure 25 : Ellipses de confiance des droites d'allométrie de diverses dimensions du corps des germes.

4.4 - LES ADULTES

Chaque sexe présente des allométries différentes pour les caractères HD_2 , HP_i et dans une moindre mesure HD_1 et L_a . Pour les caractères Tête, Museau-pectorale, il n'y a pas de différence. Les droites d'allométrie ajustées sont résumées en tableau 8b.

On constate d'abord que les corrélations entre les dimensions chez les adultes sont moindres que chez les immatures. Ce qui peut être engendré par une variance dans le développement individuel des germes après au moins quatre années de croissance. L'état décongelé des adultes n'y peut être pas étranger.

On peut cependant conclure à une allométrie majorante forte des dimensions HP_i et HD_2 chez les femelles. HP_i croîtrait aussi allométriquement chez les mâles. La dimension HD_1 ne présente des allométries majorante que pour les femelles ; encore est-elle discrète. La dimension L_a croîtrait allométriquement seulement chez les mâles, encore est-ce douteux.

En revanche la décroissance relative des dimensions V_1 , Tête et museau-pectorale s'interrompt nettement chez les adultes. LD_1 reste soumis à une croissance isométrique.

4.5 - INTERPRETATION DES ALLOMETRIES

Pour situer l'ordre de grandeur des diverses allométries on a procédé à la représentation des ellipses de confiance des droites prédictrices pour chaque lot en figure 25. Ce qui est une représentation conservative des allométries. Le procédé est approximatif mais a l'avantage de mettre en regard l'ensemble des allométries de croissance affectant les germes. On distingue ainsi les deux grandes tendances affectant le développement morphologique : un gonflement du cône caudal qui commence pour les deux sexes dès le stade immature et se poursuit surtout pour les femelles au-delà de 85-90 cm. Une modification tardive et malgré tout douteuse de la partie antérieure chez les adultes ne compense pas ce phénomène essentiel.

Une décroissance de la distance museau-pectorale et en moindre mesure, museau pelvienne ramène le point d'application de la poussée hydrodynamique en avant, compensant ainsi le déséquilibre hydrostatique engendré par la poussée d'Archimède sur un volume caudal accru. Dans le même temps la croissance relative élevée des pectorales concourt à cette même fonction. Il est regrettable que nous n'ayons pas pu effectuer des mesures sur le développement de la vessie natatoire. On sait qu'à environ 80 cm celle-ci atteint un fort développement. On le constate sur les germons adultes où elle peut atteindre près de la moitié de la cavité viscérale. On conçoit donc l'intérêt de ces mesures. Cependant il est évident qu'elles sont délicates, et nécessitent des manipulations d'animaux très frais.

Enfin le germon de Méditerranée selon cette interprétation, accumule moins de réserves, donc subit des modifications de volume postérieurs plus faibles que son homologue de l'Atlantique. Et en ce cas les besoins en portance sont moindres, ce qui explique une allométrie de croissance modérée des nageoires pectorales. Malheureusement nous n'avons pas pu effectuer de relevés morphométriques corrects des germons de Méditerranée. Selon C. PICCINETTI, des différences "à l'oeil" des volumes entre germons atlantique et méditerranéen existent. Une étude fondée sur nos premiers résultats serait utile.

5 - SIGNIFICATION ECOPHYSIOLOGIQUE DES STANCES MORPHOLOGIQUES

Trois séries de caractères morphologiques du germon permettent donc de distinguer deux stances de développement de part et d'autre de la dimension 80-90 cm qui correspond à l'acquisition de la maturité sexuelle. Ces développements amènent un dimorphisme sexuel caractérisé par un embonpoint des deux sexes, plus particulièrement marqué chez les femelles. Cette modification des volumes du corps est liée à une séquence de développement accéléré puis stabilisé des pectorales. Ceci est caractéristique des germons et ne semble pas se retrouver de façon aussi frappante chez les autres thonidés. En effet GIBBS et COLLETTE (1967) montrent que le germon présente la plus forte croissance allométrique des pectorales chez les thonidés. Le patudo du Pacifique

présente aussi une forte croissance des pectorales mais celui de l'Atlantique aurait un développement allométrique bien moindre de ses nageoires. Albacore et thon rouge pour leur part présentent des isométries ou des allométries négatives de ce caractère. Les relations taille-poids citées par divers auteurs montrent également en général une isométrie du coefficient b à l'exception possible du patudo, pour lequel des études restent à faire. Il s'agit donc d'un caractère ontogénique propre au germon qui tendrait à prouver que l'acquisition des réserves en très forte quantité chez les femelles de germons est un événement majeur dans la vie de celle-ci. Nous verrons le refortissement d'une telle fonction dans la stratégie de reproduction des germons.

6 - INFLUENCE DES STANCES DE CROISSANCE SUR LA DISTINCTION DE POPULATION DE GERMONS

YANG *et al.* (1969) ont étudié la morphométrie du germon de l'Atlantique en recherchant des caractères qui puissent caractériser des populations distinctes. Les mesures sont les distances du museau aux diverses nageoires paires et impaires et la taille de la tête. Leurs conclusions étaient qu'il y avait peu d'hétérogénéité parmi les germons de l'Atlantique, mis à part une population canarienne caractérisée par des dimensions particulières. Soit surtout : tête, museau-première dorsale, museau-pectorale, museau-pelvienne, museau-anale, plus courts en général que pour les autres germons de l'Atlantique.

Or, il apparaît que l'échantillon des Canaries est le seul qui comprenne les germons de 562 à 1 150 mm contre environ 810 à 1 155 pour les 10 autres. Il suffit de n'avoir pas considéré une allométrie possible de la phase juvénile suivie d'une isométrie dans la phase adulte, pour introduire un biais dans l'ajustement des droites, même logarithmiques comme le montre la figure 26. Or nous avons vérifié l'existence de telles ruptures de pente pour certains caractères retenus par YANG, soit donc : longueur de la tête, museau pectorale, museau-pelvienne. Il semble donc effectivement que le caractère original des germons canariens relève d'artefacts.

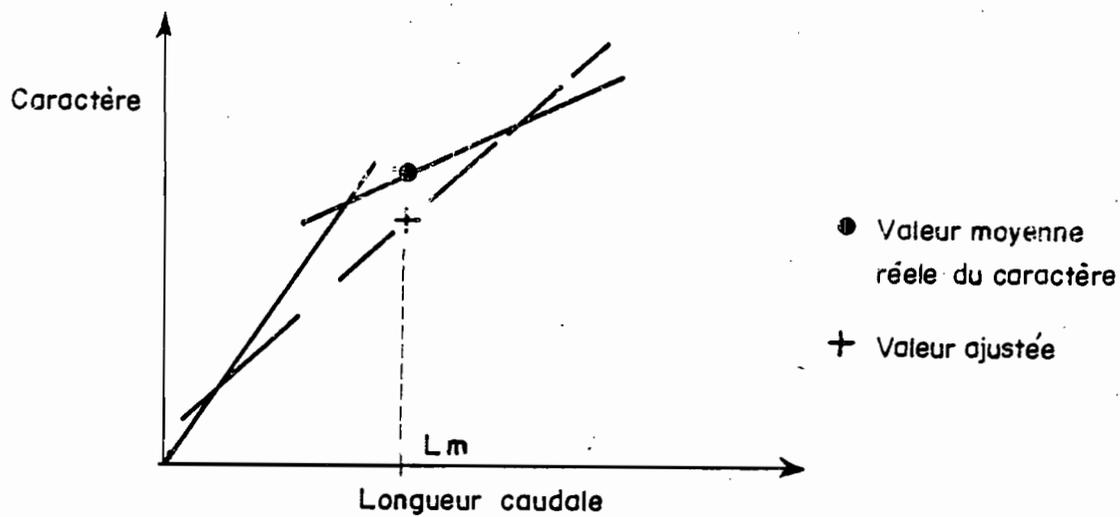


Fig.26 - Schéma des biais possibles engendrés par des stances d'allométries différentes.

7 - RELATION ENTRE LONGUEUR PREDORSALE ET LONGUEUR TOTALE

Dans un but pratique nous avons établi une relation longueur prédorsale - longueur totale qui peut simplifier les mensurations des grands germons congelés débarqués par les palangriers. Il ne semble pas y avoir de différence significative entre les immatures et les adultes. Cependant l'équation suivante est plus spécifique des individus congelés de 850 à 1 130 mm, soit donc :

$$L_c = 3.6221 LD^{0.9722} \text{ en millimètres.}$$

Relation établie sur 45 individus.

<p>CHAPITRE 6</p> <p>LE GERMON DE MEDITERRANEE</p>
--

1 - PRINCIPE

Dans plusieurs chapitres séparés on a évoqué les caractéristiques singulières du germon de Méditerranée. Il est bon de lui consacrer un court chapitre qui fasse la synthèse de son histoire naturelle. On jugera ainsi de son originalité et par là même de l'homogénéité des autres germons des grands océans.

2 - LES FAITS

Le cycle du germon Méditerranéen se déroule semble-t-il intégralement dans cette mer. On n'a jamais signalé de passages massifs de germons à travers ce détroit de Gibraltar dans l'un ou l'autre sens bien qu'il s'agissent d'une zone activement pêchée par toutes sortes d'engins prenant couramment des jeunes thons rouges, des melva (*Sarda sarda*), des thonines (*Euthynnus alleteratus*) de taille comparable (REY, 1979). Toutefois ALONCLE et DELAPORTE (1976) ont obtenu une recapture dans le sens Açores-Iles Lipari. Il y a donc quelques possibilités de passages sporadiques.

La ponte, bien identifiée, a lieu en été dans les détroits de Sicile et même en mer Ionienne. Les oeufs et larves recueillis couramment en attestent (DICENTA et PICCINETTI, 1977). Les juvéniles croissent en même temps que ceux de thons rouges dans le golfe Siculo-calabrais qui présente des caractères de productivité particuliers. (ARENA, 1979). La croissance, on l'a vu y est rapide et les jeunes immatures atteignent 40 cm au début de l'hiver. Lors des années suivantes ces germons sont pêchés en mer Thyrénienne, devant les côtes italiennes durant tout l'été, devant les côtes françaises en août-septembre. Ces pêches sont toutefois réduites. Il semble qu'il soit également pêché épisodiquement en mer Ionienne (BELLOC, 1954). En revanche, l'hiver il n'y a aucune capture dans les bassins occidentaux de la Méditerranée.

L'examen des tailles pêchées devant les côtes françaises convainc assez bien de l'existence de classes de taille bien séparées (Fig.27). Par analogie avec les structures de taille des autres populations de germons, on peut penser à des classes d'âge.

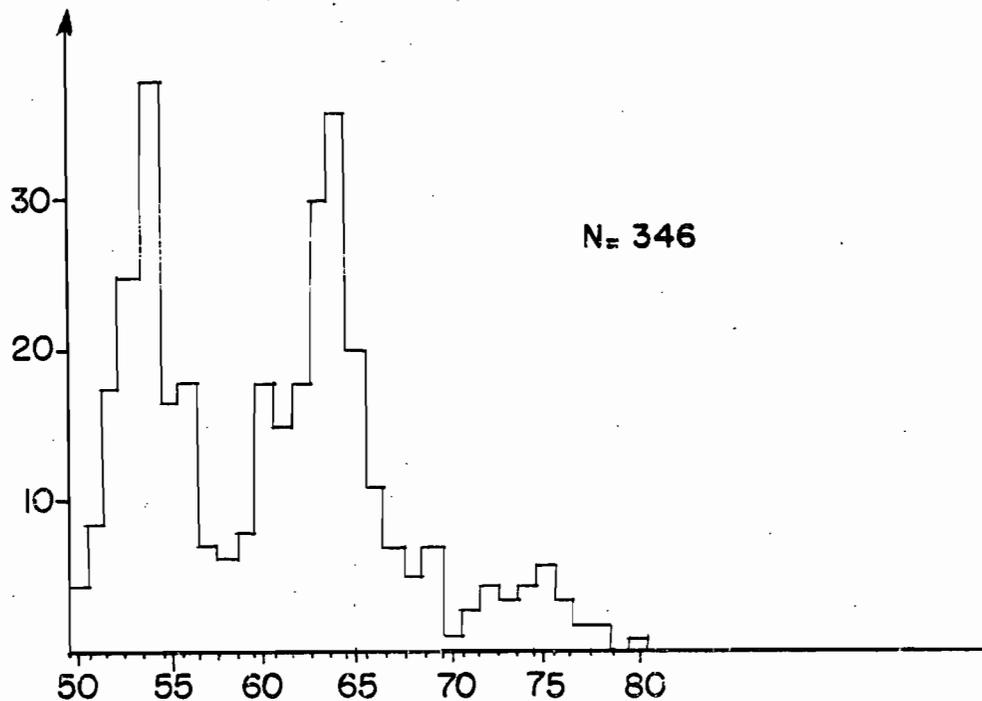


Fig.27 - Histogramme des tailles des germons pêchés à Nice - septembre 1976 et septembre 1977.

Nous avons procédé à quelques lectures de sections d'épines de la première nageoire dorsale. On y voit des marques concentriques d'aspect voisin mais non identiques à celles observées sur les germons atlantiques. Une succession normale, d'ailleurs s'en déduit, marquée là aussi par des doubles annulations. Il y a donc lieu de penser que la première partie de la croissance est analogue dans l'Atlantique et la Méditerranée.

A la taille d'environ 65-70 cm, on trouve des germons méditerranéens matures. Et ceci dès juin sur le littoral calabrais. C'est là une divergence considérable d'avec les autres germons. Cette taille de maturité précoce est attestée par de nombreux témoignages de pêcheurs et par des observations scientifiques (LEGENDRE et VINCENT, m.s. ; PICCINETTI, com. pers.).

Par ailleurs ces mêmes observations ne font état que de germons de poids inférieur à 18 kg soit environ 90 cm. Or les engins de pêche utilisés capturent dans la même zone de bien plus grands thons rouges (senne, voire palangre). Cela amène à penser que la taille maximale du germon en Méditerranée est de 90 cm ce qui, là aussi, est bien différent des germons des océans Atlantique et Pacifique qui atteignent 120 cm. On a tenu compte de ceci en représentant une courbe de croissance particulière du germon de Méditerranée dans le chapitre 4.

Cette reproduction précoce et cette croissance moindre sont en outre liées à des caractères morphométriques particuliers. Nous en avons montré les principales conclusions. Ses pectorales présentent une allométrie majorante moindre qu'en Atlantique. Corrélativement il semble que le développement du fuseau postérieur est faible. Ceci a été constaté sur des germons de 50 à 80 cm. Or ceux-ci présentent bien dès 60 cm un développement sexuel plus avancé que celui des germons de taille analogue en Atlantique. Les germons de Méditerranée sont à cette taille au stade 3 de l'échelle d'ALBARET (1977) contre un stade 1 en Atlantique. Les RGS sont dans un rapport de 1 à 10. Il y a donc indubitablement une biologie de la reproduction différente chez le germon de Méditerranée. Elle semble mettre en jeu beaucoup moins de problèmes énergétiques.

3 - DISCUSSION

Ce "nanisme" serait une adaptation efficace aux conditions de la Méditerranée. La faible taille des adultes leur permet d'éviter une partie des problèmes de la chaleur métabolique à évacuer propre aux gros thonidés. D'où une évolution plus aisée dans les eaux de surface. Il faut alors admettre que l'écosystème pélagique de la Méditerranée est moins difficile à exploiter pour le germon que ceux des grands océans. Ce qui se traduit par une acquisition des métabolites nécessaires à la reproduction, plus régulière.

Il reste bien sûr des grandes lacunes dans la biologie de cet intéressant cas particulier. L'habitat hivernal de celui-ci est par exemple inconnu. Puisque nous excluons une émigration massive par le détroit de Gibraltar, on peut avancer l'hypothèse d'une migration alternative été-hiver qui mène les germes de novembre à avril dans la partie Sud de la mer Ionienne. L'examen des isothermes de surface et de profondeur de la Méditerranée en février-mars dans l'atlas de MILLER, TCHERNIA et CHARNICK (1970) montre des couches d'eau de 15° à 17°, d'environ 200 m d'épaisseur en Mer Ionienne, Mer Egée et Sud de la Turquie. Une aire hivernale possible existe donc bien. Des recherches à ce sujet sont fort souhaitables puisque de par les LAC observées sur les épines nous inférons des migrations en automne et au printemps.

La taille des populations de germon de Méditerranée reste également largement inconnue. PICCINETTI et DICENTA (op. cit.) sur la base des récoltes de larves pensent qu'elle est grande. Il nous semble que si c'était le cas, une telle manne aurait suscité des pêcheries importantes.

4 - CONCLUSION

Les éléments synthétisés ici montrent suffisamment de différences avec les germes de l'Atlantique pour que l'on conçoive l'indépendance des stocks méditerranéens et atlantiques. C'est le point de vue de la dynamique de population. Il reste que la signification exacte du point de vue taxonomique de ces différences n'est pas certaine. En attendant des études plus poussées, nous concluons ici à deux écotypes sans oser aller jusqu'à la sous-espèce. On peut encore remarquer qu'un tel affranchissement des eaux tropicales va dans le sens de l'évolution des thonidés.

CHAPITRE 7 STRUCTURE DES STOCKS DU GERMON EN ATLANTIQUE

1 - PRINCIPE

La définition d'un stock d'animaux exploités telle qu'elle est pratiquée dans la littérature halieutique diverge souvent en aboutissant à deux notions.

L'une est celle d'un stock en tant qu'ensemble d'organismes exploités de façon homogène dans le temps et l'espace par un ou des engins de pêche. Combinant ces premiers critères à l'examen de la démographie des peuplements sous-jacents, on arrive à distinguer souvent des sous-unités dites aussi stocks, qui peuvent réagir indépendamment à des pressions d'exploitation différentes. On pourrait ainsi pour le germon considérer un stock de l'Atlantique Nord-Est exploité en surface, et même à l'intérieur de celui-ci faire des distinctions fines sur les taux d'exploitation.

L'autre point de vue diffère en ce qu'il admet le concept d'unité de reproduction qui peut être éventuellement affectée par un déficit d'individus reproducteurs de par des prélèvements parfois très divers. On postule donc le caractère épuisable d'un potentiel reproducteur qu'il faut déterminer.

L'un des buts de cette étude est justement d'évaluer une telle possibilité et nous privilégierons donc la définition des unités autoreproductrices de germon en Atlantique.

L'examen des déplacements saisonniers, en opposition de phases semestrielle ont amené à la distinction de deux grands stocks, dits Nord et Sud, séparés au niveau des parallèles 5-10°N (BEARDSLEY, 1969 ; KOTO, 1969 ; YANG, 1970).

L'essentiel de ces résultats est basé sur l'examen des pêcheries palangrières, donc liés à la disponibilité des germons à ce type d'engin. D'autres considérations, basées sur la physiologie de l'espèce, peuvent les compléter utilement.

Par ailleurs, dans un ensemble de travaux menés de 1970 à 1979, ALONCLE, DELAPORTE, puis HUE ont montré une hétérogénéité dans la distribution des germons immatures dans l'Atlantique Nord. Après examen de la signification de cette hétérogénéité, une série d'arguments permet de conclure à un affaiblissement de l'hétérogénéité avec l'âge des germons immatures, et à l'unité de la biomasse de reproducteurs dans l'Atlantique Nord.

2 - LES STOCKS NORD ET SUD ATLANTIQUE

Le chapitre "cycle du germon" a montré que de part et d'autre de la bande 5°N-10°N, les différentes phases de vie du germon existent, et la série des habitats successivement fréquentés permet à un individu de parcourir son cycle vital dans un seul hémisphère. La seule zone commune aux animaux de chaque hémisphère est l'habitat subtropical des adultes. Ceux-ci sont largement exploités à la palangre, et les rendements de ces engins montrent deux zones de bons rendements de part et d'autre.

La sensibilité possible des grands germons à la teneur en oxygène de l'eau, et l'existence d'une couche minimale d'oxygène s'étendant entre 600 à 100 m le long de cette même latitude séparant deux bassins thermiques offrant plus de confort physiologique, expliquent assez bien une telle répartition des germons, donc des captures.

Comme il a été indiqué dans le chapitre 3, un passage possible existe toutefois le long des côtes des Guyanes, et effectivement les rendements palangriers y ont été bons (LE GALL, 1974). HOFT et RAMOS (1972) ont toutefois montré que les rendements des palangriers vénézuéliens dans cette zone de passage ont fortement décru de 1960 à 1970 passant d'un indice 1.3 à 0.2. Ceci justement lorsque l'exploitation palangrière japonaise des deux grandes zones Nord et Sud a réduit l'abondance des populations adultes. On peut penser que le taux d'échange a décru.

Des arguments basés sur les conditions de reproduction confortent cette conception des deux stocks. En particulier les saisons de ponte sémestrielles sont décalées, centrées sur l'été et le printemps de chaque hémisphère (chapitre 2). Ce phénomène est encore mieux démontré pour le Pacifique Nord et Sud. Les densités de larves rencontrées suivent cette répartition, et en particulier on n'observe pas de larves de germon dans la bande équatoriale. Les maxima de densité de celles-ci se trouvent aux latitudes tropicales, ceci pour les océans Atlantique et Pacifique. En océan Indien, la même répartition subéquatoriale existe pour les larves de germons (NISHIKAWA *et al.*, 1978). Ainsi, dans tous les cas, une discontinuité équatoriale sépare les aires de reproduction du germon. Ceci pourrait aussi être lié à l'existence de nappes d'eaux trop chaudes pour le métabolisme des larves (de l'ordre de 28-30°) qui, comme nous l'avons dit, n'ont probablement aucun système thermorégulateur.

Tout concourt donc à l'existence de deux unités de reproduction indépendantes dans chaque océan.

Des études de morphométrie ont tenté de différencier des populations de germons en Atlantique (ISHII, 1965 et YANG, 1969). Elles n'ont guère abouti, en particulier du fait de l'existence de phases morphologiques brouillant les comparaisons (chapitre 7). Des études sérologiques n'ont montré qu'une homogénéité de la distribution de certains gènes (SERENE, 1968).

Les comparaisons de résultats quantitatifs des pêcheries exploitant les stocks supposés sont aussi décevantes : les rendements des palangriers montrent la même tendance moyenne décroissant continuellement de 1968 à 1977. L'analyse fine de ces séries, au besoin en "désaisonnalisant" (LAUREC et LE GALL, 1976) ne donne pas d'autres conclusions.

La recherche de classes d'âge anormales qui serviraient de "traceur" est très douteuse dans les échantillonnages des pêches palangrières du stock Sud.

Les marquages, réalisés essentiellement par l'ISTPM, montrent également une relation nette entre germons de surface-germons de profondeur pour l'hémisphère Nord. Aucun retour de marque n'a jamais eu lieu depuis l'Atlantique Sud. Cependant avec un taux instantané de chute des marques de 0.10 (LAURS *et al.*, 1976), la probabilité de survie d'un marque au bout de quatre ans, temps minimum nécessaire pour le passage immature, adulte, est de $e^{-0.4} = 0.6$. Il s'y ajoute la mortalité subie par les germons eux-mêmes, qui, en quatre ans peut être importante. Il n'y a donc pas d'indications dans un sens ou l'autre.

Il n'y a donc pas de preuve absolue de la séparation totale des deux stocks. Cependant le réseau de présomptions est tel que l'existence de deux stocks est très vraisemblable. Il n'en demeure pas moins des échanges possibles entre les fractions adultes, réduits par les contraintes écophysiologiques.

Une des voies de recherche la plus réaliste reste le marquage mais il faudrait marquer des grands germons adultes, ce qui n'est pas facile. Des campagnes sur les lieux de pêche à la canne d'automne et d'hiver seraient une voie possible. L'autre voie serait l'étude biochimique des isoenzymes possibles des germons de chaque stock. Pour être valable une telle méthode demande un gros travail d'identification des enzymes, de leur structure physique et leur fréquence d'apparition. Il n'est pas sûr que les résultats escomptés justifient l'ampleur d'un tel programme.

Enfin nous avons déjà parlé du germon de Méditerranée. Ce dernier présente des caractères suffisamment originaux pour justifier une population séparée. Sa séparation démographique du reste de l'Atlantique ne fait pas de doute (chapitre 6).

3 - LES HETEROGENEITES DU STOCK NORD ATLANTIQUE

ALONCLE et DELAPORTE (1970) ont les premiers reconnu une hétérogénéité dans la distribution des germons capturés par les pêches de surface. Ils ont par la suite, largement développé cet aspect de la biologie des jeunes germons, et finalement abouti à la conception de deux voies de migration, l'une dite Açorienne ou du large, l'autre dite Cantabrique (ALONCLE et DELAPORTE, 1974) (Fig.28). DAO et BARD (1971) ont retrouvé ces deux voies en analysant les rendements journaliers des thoniers ligneurs.

ALONCLE et DELAPORTE ont pu montrer un certain nombre de distinctions entre les germons immatures fréquentant ces deux voies. Les germons dits Açoriens sont plus petits, plus largement parasités par le trématode digénien *Hirudinella fusca*, et présentent des moirures spécifiques sur la partie caudale des individus fraîchement pêchés. Toutes ces caractéristiques ont toutefois été observées sur des individus de taille inférieure à 70 cm environ. Les germons cantabriques sont plus grands, moins parasités et les moirures sont différentes. Cependant le degré de visibilité des moirures diminue avec la taille. Les germons cantabriques qu'ils ont étudiés mesurent aussi moins de 70 cm à quelques exceptions près. La différence des tailles se fait à l'intérieur des classes dites bonites, demis et gros. ALONCLE et DELAPORTE distinguent ainsi des distributions de "petites bonites açoriennes", "grosses bonites cantabriques" etc.

Par ailleurs des marquages ont montré la stabilité dans le temps des migrants de la voie cantabrique. En revanche les germons açoriens, s'ils sont parfois bien individualisés, montrent un pourcentage important de passages latéraux vers la voie cantabrique. Les chiffres ont été exposés par HUE (1979). Selon ALONCLE et DELAPORTE (1974, 1977) la limite entre les deux voies est au 18°W, mais la population açorienne est vraiment pure à l'ouest du 25°W. Les efforts de pêche moyens exercés de 1970 à 1978 dans ces zones sont inégaux, ainsi que le nombre de poissons marqués. Or l'on conçoit que les chiffres de recaptures soient proportionnels à ceux-ci. Les données sont donc les suivantes, les chiffres entre parenthèses concernant la zone Ouest du 25°W.

Migration du germon
du N.E. Atlantique

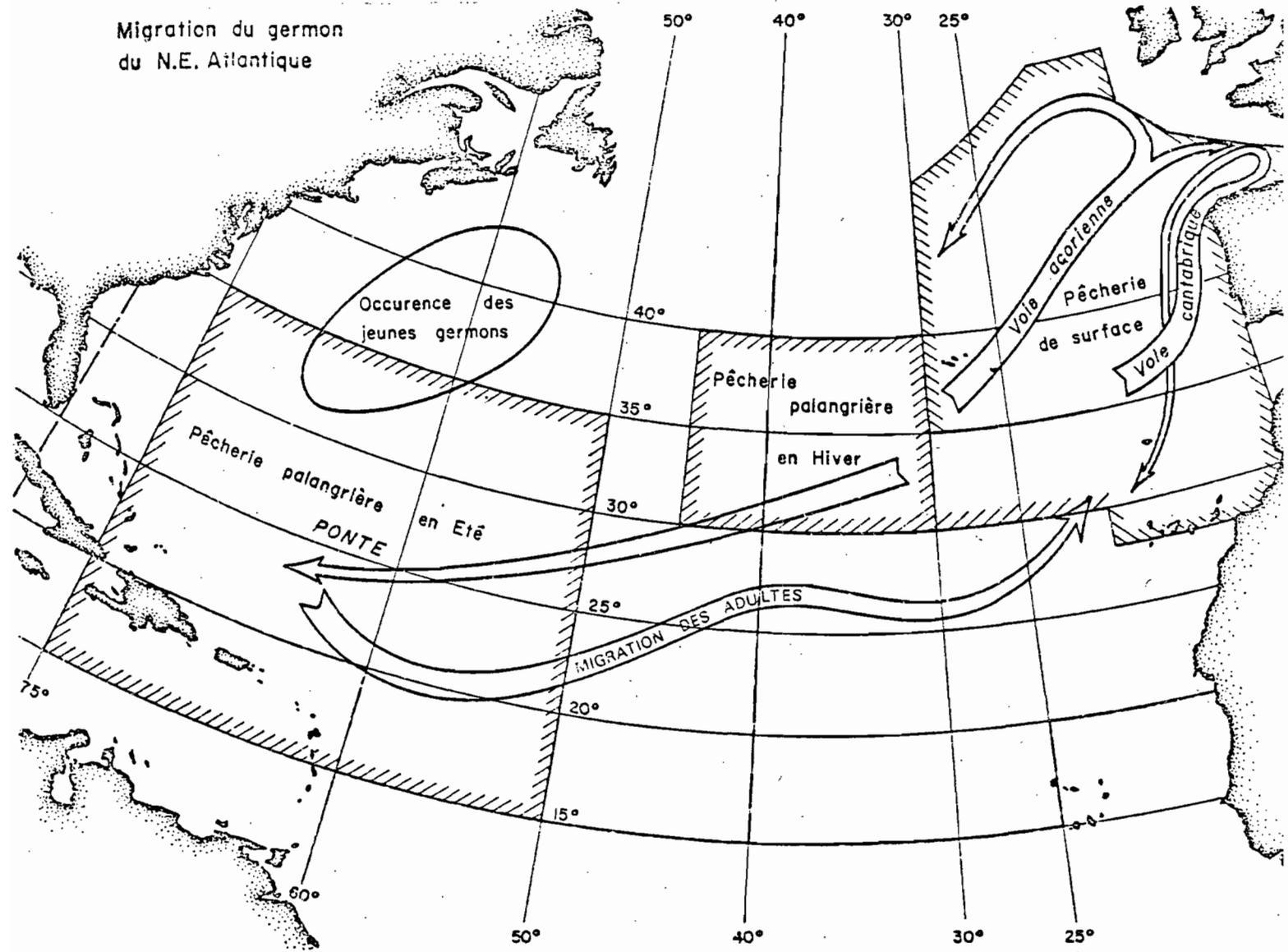


Figure 28 : Voies de migration du germon en Atlantique Nord.

		Voie Cantabrique	Voie Açorienne
Nombre de poissons marqués		2147 (3680)	3789 (2256)
Récaptures en moins d'un an	Voie C	8 (15)	7 (1)
	Voie A	1 (0)	3 (3)
Récaptures après plus d'un an	Voie C	57 (57)	18 (22)
	Voie A	0 (0)	7 (3)
Effort moyen : LI + CAE		34000 (42000)	15000 (7000)

La probabilité de récapture d'un poisson marqué dans un compartiment et repris dans le même ou l'autre est proportionnelle au nombre de poissons marqués multiplié par l'effort de pêche exercé dans le compartiment de recapture. Cette probabilité est éventuellement affectée par la probabilité de passage latéral. On peut calculer les matrices des "efforts de récapture" pour chaque compartiment.

Compartiment de marquage

		C.	A.
Compartiment de récapture	C	73 10^6	129 10^6
	A	32 10^6	57 10^6

pour la limite au 18°W.
en marques x effort

Si il y a simple diffusion, les récaptures obtenues seront directement liées aux chiffres ci-dessus. Sinon il y a effet des probabilités de passage latéral ou non. Or on obtient les chiffres de poissons effectivement récapturés par "effort de recapture" après 1 an, suivants (en 10^{-6}).

		C	A
C		780	140
A		0	123

Limite au 18°W

		C	A
C		369	1393
A		0	32

Limite au 25°W

On constate une grande stabilité de la voie cantabrique, et une forte probabilité de passage des poissons açoriens situés entre 18° et 25°W vers la voie cantabrique. Le calcul serait plus convaincant si l'on pouvait relier les recaptures aux efforts de canneurs ou des ligneurs. Faute de données publiées nous ne le pouvons pas. Cependant d'autres faits indiquent également un passage.

Le parasite dont le rôle de marqueur a été montré par ALONCLE et DELAPORTE est un parasite stomacal : *Hirudinella fusca*. Son écologie est peu connue, et même son statut taxonomique est flou. GOBERT (1976) résume les connaissances à ce sujet. La fréquence d'occurrence dans l'estomac des germons varie de 0 à 4. Les taux d'infestation sont variables selon la taille et la position de capture des jeunes germons.

ALONCLE et DELAPORTE distinguent ainsi :

- une population "açorienne" à taux d'infestation relativement élevé et constant ;
- une population "classique large" à taux croissant avec la taille, pouvant atteindre des valeurs élevées ;
- une population classique "golfe" à taux toujours très faible.

Les taux qu'ils citent vont de 0 à 0.76, malheureusement les intervalles de confiances ne sont pas toujours cités, ni les effectifs de poissons examinés.

Pour notre part nous disposons d'un fichier de 3000 observations portant sur la taille du germon, position et date de capture, nombre de parasites, pour les années 1970-1977. Les tailles de poissons ont été rapportées à la séquence classique : bonite, demis, gros. Nous avons d'abord vérifié si les occurrences multiples de parasites ne suivaient pas une loi de Poisson ; soit donc si l'infestation n'aurait pas lieu à taux faible mais constant pour chaque classe d'âge. La probabilité est estimée par les fréquences d'occurrence observées. Le tableau 9 résume les données, et le test de l'adéquation à une loi de Poisson par un calcul de χ^2 .

Classe	Total 3000	Occurrence de parasites par individu					Taux d'occu- rence	Taux d'infes- tation	χ^2	ddl	α Ho	
		0	1	2	3	4	μ	P				
Açores	B	35	33	2	0	0	0	0.057	0.057	4.92	1	< 0.05
	D	495	365	112	17	1	0	0.301	0.230	689.2	2	ϵ
	G	403	294	93	15	1	0	0.313	0.235	608.7	2	ϵ
Classique	B	109	105	4	0	0	0	0.037	0.037	10.74	1	< 0.01
	D	1162	1064	85	8	3	2	0.101	0.076	364.4	3	ϵ
	G	257	225	26	5	1	0	0.152	0.109	131.66	2	ϵ
Golfe	B	207	207	0	0	0	0	0	0	0		
	D	170	167	2	1	0	0	0.024	0.018	12.23	1	< 0.01
	G	162	158	3	1	0	0	0.031	0.025	14.29	1	< 0.01

Tableau 9 - Distribution des infestations en *Hirudinella fusca*.

On constate qu'il y a un déficit général en occurrences multiples. Ceci peut être dû à plusieurs causes :

- soit une éviction des jeunes parasites en cours de fixation par des individus déjà en place ;
- soit une mortalité des parasites eux-mêmes, éliminés par l'hôte ;
- soit une mortalité induite de l'hôte par l'infestation parasitaire.

La troisième hypothèse semble peu vraisemblable, si l'on considère que *H. fusca* n'est pas un parasite très vulnérant de son hôte. Il n'y a que peu d'ulcérations dans les estomacs parasités.

En revanche, il semble guère possible de décider entre les deux autres possibilités. Pour cette raison nous avons utilisé des simples fréquences d'infestation, sans tenir compte du nombre des parasites rencontrés par estomac. Ce qui revient à choisir un caractère présent ou absent, suivant une loi binomiale. Les intervalles de confiance ont donc été systématiquement calculés en prenant comme estimateurs de l'espérance d'infestation les fréquences observées, et comme seuil de probabilité de rejet de l'hypothèse nulle $\alpha = 0.05$. Nous avons alors calculé les taux d'infestation pour les individus de chacune des zones indiquées par ALONCLE et DELAPORTE. Soit donc :

- . Golfe de la côte au 10°W
- . Classique du 10°W au 18°W
- . Açores .. du 18°W au 30°W

Nous y avons adjoint les données de GOBERT sur les germons pêchés en 1975 au sud de Terre Neuve. Les taux d'infestation en fonction de l'âge sont portés sur la figure 29.

On retrouve les conclusions générales émises par les auteurs. En particulier il y a un gradient net des taux de parasitage de l'Est à l'Ouest. Mais de plus les taux croissent de façon inégale avec l'âge, ce qui est particulièrement vrai pour les classes à effectifs élevés et donc intervalle de confiance restreint (demis et gros).

Notre interprétation est que l'infestation a lieu essentiellement dans la voie Açorienne et plus à l'ouest. Cependant un déversement constant de la voie Açorienne vers la voie Cantabrique maintient un taux d'infestation des individus fréquentant la zone 10°W-18°W, qui est régulièrement pêchée.

Une émigration inverse peut toutefois réduire les taux d'infestation des "gros" dans la zone açorienne. Enfin en Atlantique Ouest l'infestation affecterait constamment les trois classes d'âges.

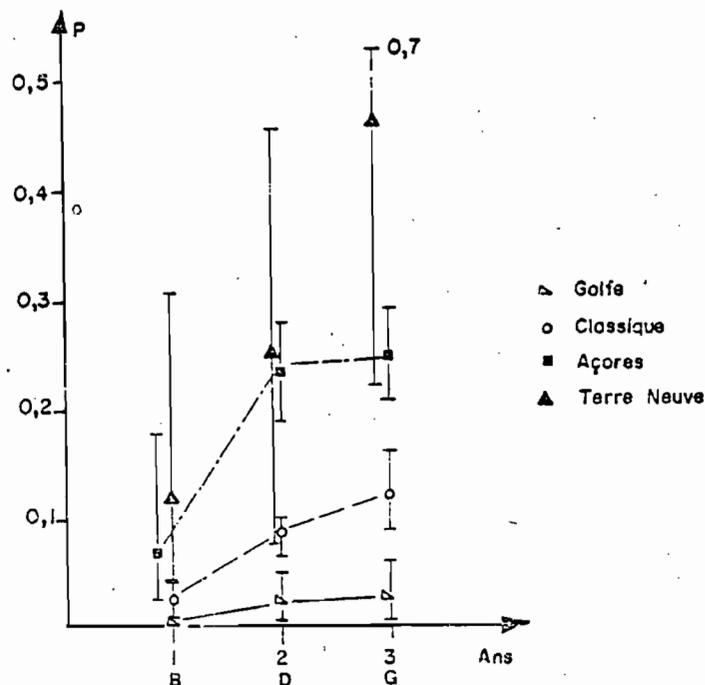


Fig.29 - Taux d'infestation des germons en *H. fusca* selon leur âge et les voies de migration. Les intervalles de confiance sont ceux d'une loi binomiale avec $\alpha = 0.05$.

Une représentation des taux d'infestation selon la longitude confirme cette conclusion. Cela a été fait en projetant les fréquences observées selon des méridiens de 2° en 2° en deux bandes latitudinales 40 à 45°N, 45 à 50°N. Cet artifice permet de tenir compte des deux grandes périodes de la pêche de surface :

- juin-juillet au sud du 45°N, où les germons migrent rapidement selon un axe Sud-Nord ;

- août-septembre où ils infléchissent leur route vers le Nord-Est jusqu'à toucher les accores du plateau continental européen entre 2° et 15°W.

On constate alors pour les deux classes d'âge retenues un gradient de parasitage Ouest-Est (Fig.30). Les mélange des germons de l'une et l'autre voie se ferait de façon plus intense au nord du 45°N, lorsque les germons des deux voies se rapprochent des côtes. C'est également une des conclusions que l'on peut tirer de l'examen des trajectoires des poissons marqués et repris dans la même saison.

La répartition des parasites *Hirudinella fusca* confirme donc la réalité de deux voies de migrations parallèles des jeunes germons. Cependant l'existence de passages fréquents entre ces deux voies entraîne un gradient de mélange des poissons entre ces deux pôles. Et ce mélange s'accroît avec l'âge.

Les conséquences de ce mélange progressif sur les taux d'exploitations sont importantes. En effet la pêcherie de surface a exploité la zone comprise entre 10° et 18°W depuis environ 1960, s'étendant au 25°W en 1971. Puisqu'il y a déversement des germons açoriens dans cette zone, ils ont été exploités par ce biais depuis 1960. L'analyse des fréquences de tailles des captures commerciales peut le montrer.

Selon ALONCLE et DELAPORTE puis HUE, les poissons typiques de la voie açorienne sont plus petits à âge équivalent que ceux de la voie cantabrique. Ils peuvent les distinguer par analyse des fréquences de taille en composantes gaussiennes (Fig.31). Or nous disposons des échantillonnages de taille de thoniers ligneurs espagnols, des thoniers ligneurs français, et des appâts vivants espagnols de 1968 à 1978 pour les français, de 1972 à 1978 pour les espagnols. On note pour chaque grande classe de taille une asymétrie qui correspond au mélange des deux fractions. Il semble donc possible de rechercher sur ces distributions les composantes "gaussiennes" correspondant aux animaux des voies cantabriques et açoriennes et en utilisant les travaux d'ALONCLE et DELAPORTE.

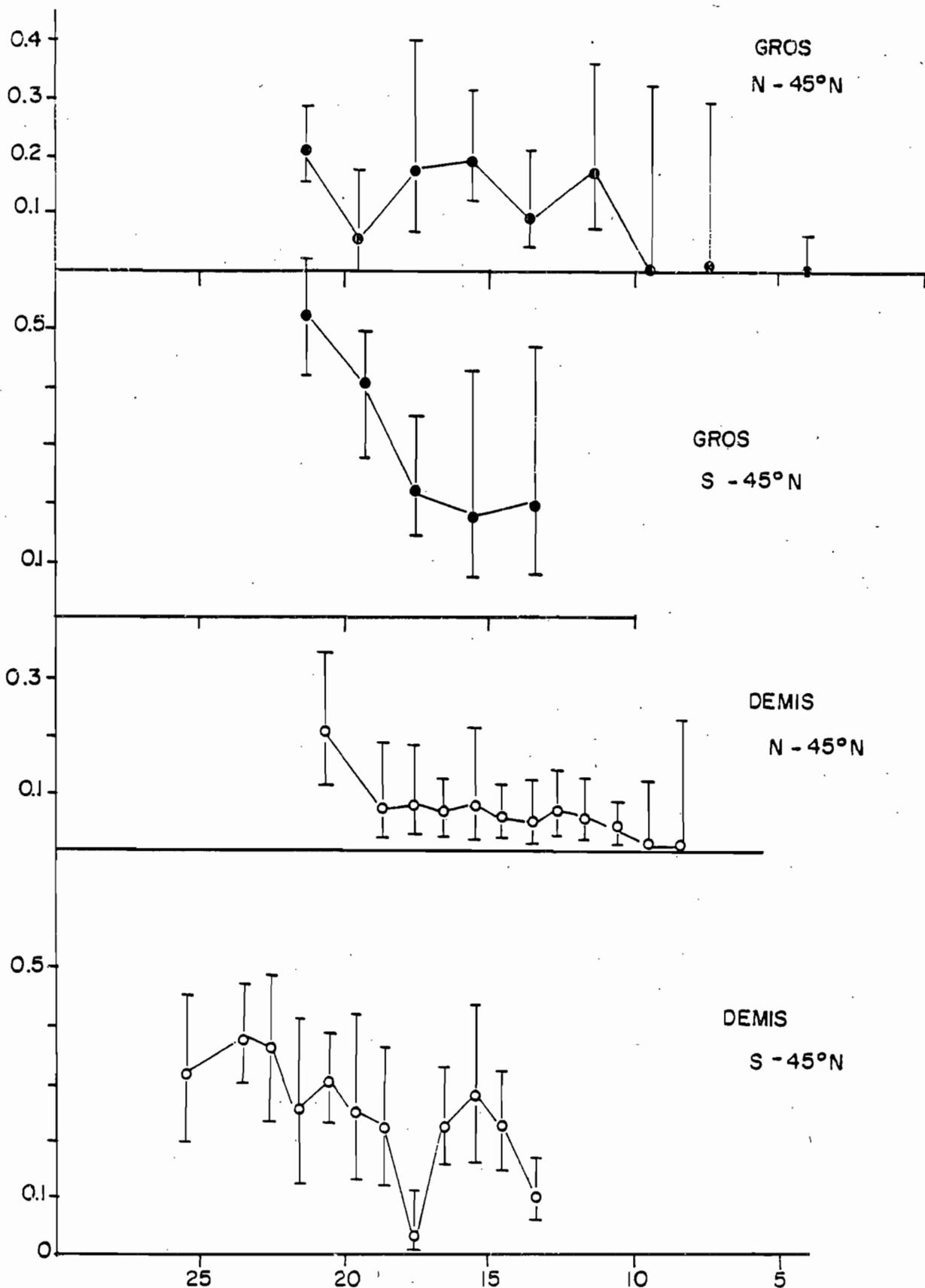


Figure 30 : Projection sur axe des longitudes des taux de parasitages en *M. fusca* par intervalles de 2°. S - 45°N = poissons pêchés au Sud du 45° parallèle, N - 45°N = poissons pêchés au Nord de celui-ci.

Cependant les données de ceux-ci toutefois ne concernent pas les "gros" qui sont mal représentés dans leurs échantillons. Inversement les "bonites" entrent peu dans les captures des pêcheurs. Il a donc fallu procéder à l'analyse, par la méthode de HASSELBLAD, de nombreuses distributions mensuelles bien échantillonnées sur les ligneurs français de 1968 à 1975 (effectifs de l'ordre de 1.000 à 3.000, poissons mesurés en frais). Nous avons usé du programme NORMSEP adapté par G. CONAN. Les calculs ont été conduits par essais successifs en allouant de larges intervalles de variation aux moyennes et aux écarts-types supposés, en se guidant sur les chiffres de ALONCLE et DELAPORTE. Le tableau 10 résume les résultats obtenus en recherchant des distributions de poissons açoriens et cantabriques chez les "demis" et les "gros".

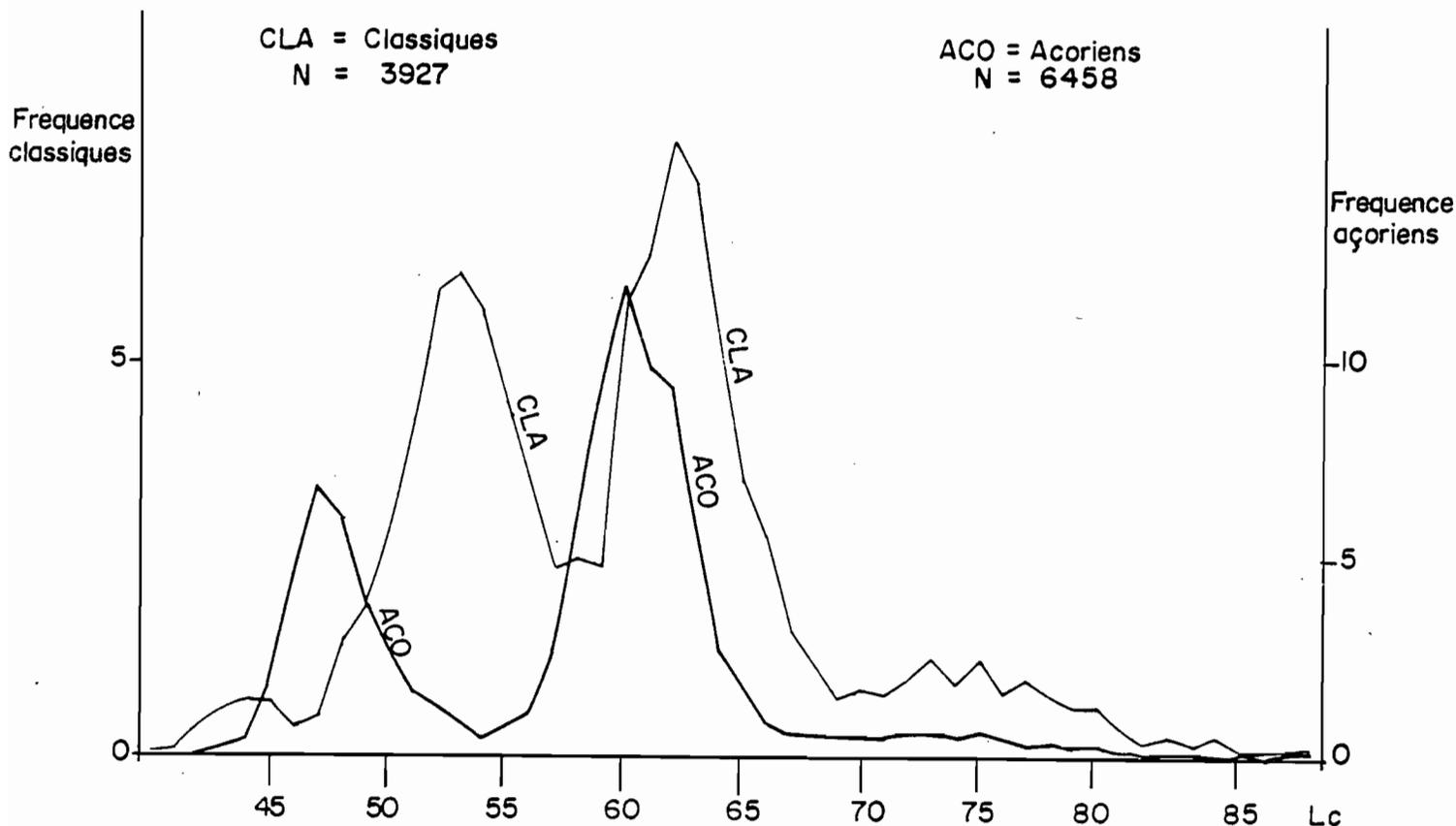


Fig.31 - Fréquences relatives en fonction de la taille des germes pêchés par la PELAGIA avec séparation en composantes açoriennes et classiques (= cantabriques) d'après ALONCLE et DELAPORTE (1979).

On constate que les distributions parfaitement "normales" des 4 composants (demi açorien, demi cantabrique, gros açorien, gros cantabrique) ne sont pas en majorité.

En fait, ce qui a été constaté par de nombreux auteurs ayant usé de cette méthode, les véritables distributions normales d'individus de même âge ne sont pas très communes dans la nature.

Mois Année	Juin	Juillet	Août	Septembre
1968	0 (0)	0 (0)		
1969	0 (.005)	0 (0)	0 (0)	
1970		0 (.305)		
1971	0 (.219)	.010 (0)	0 (.011)	
1972		0 (.876)		
1973	0 (.015)	0 (.039)		
1974	0 (.028)	.223 (0)		0 (0)
1975		0 (.040)		

Tableau 10 - Probabilités associées à la décomposition des spectres de fréquence de taille des captures de demis et gros, en 2 ou 4 () composants. Ligneurs français.

Cependant, nous disposons à l'issue de cette analyse, d'estimations des longueurs moyennes de chaque groupe, et de la variance associée.

Elles sont les suivantes :

	Moyennes	Ecart-types
. Demi açorien	58 à 61 cm	1.6 à 2.3
. Demi cantabrique ..	62 à 66 "	1.7 à 2.5
. Gros açorien	69 à 72 "	1.5 à 3.6
. Gros cantabrique ..	73 à 78 "	1.4 à 3.7

Ces valeurs permettent alors de calculer, par NORMSEP, pour l'ensemble des échantillons, la contribution açorienne et cantabrique, dans les pêches françaises et espagnoles selon le mode de pêche des deux classes de taille les mieux pêchées, Demis et Gros, et ce, mois par mois. Les résultats sont obtenus après 250 itérations.

Du fait des déviations à la normalité des données signalées ci-dessus, les probabilités associées sont faibles, voire nulles. Cependant les valeurs de χ^2 obtenues ne sont jamais déraisonnablement élevées, et la méthode donne des résultats comparables à une décomposition par symétrie. Le tableau 11 donne les contributions annuelles açoriennes. Le complément à 1 est la contribution cantabrique. D'après ces résultats la voie açorienne aurait constamment alimenté la pêcherie de surface des ligneurs, surtout français. Les canneurs pêchent plus d'individus cantabriques, ce qui s'explique par les lieux de pêche les plus fréquentés : le Golfe de Gascogne. Les ligneurs espagnols qui ne "montent" pas toujours autant au Nord que les français ont des captures intermédiaires.

ANNEE	DEMIS			GROS		
	LIF	LIE	CAE	LIF	LIE	CAE
1968	.81			.97		
1969	.93			.90		
1970	.74			.87		
1971	.82			.80		
1972	.82	.61	.37	.69	.76	.27
1973	.87	.85	.30	.85	.78	.18
1974	.91	.67	.19	.92	.68	.69
1975	.05	.34	.15	.82	.70	.57
1976	.27	.45	.13	.125	.30	.14
1977	.75	.69	.41	.46	.41	.15
1978	.96	.78	.31	.83	.60	.09

Tableau 11 - Contribution des individus açoriens dans les captures des diverses pêcheries de surface.

LIF = Ligneurs français
 LIE = Ligneurs espagnols
 CAE = Canneurs espagnols

Un dernier fait confirme que la voie açorienne, par le jeu de son mélange latéral avec la voie cantabrique a été exploitée depuis longtemps. Lorsque les ligneurs français ont étendu leur domaine de pêche aux eaux purement açoriennes en 1971-1974, ils ont pêché des "demis" et des "gros" de type açorien net. Or l'analyse des fréquences de taille montre qu'ils n'ont jamais rencontré de grandes proportions de "gros" que l'on doit rencontrer dans une pêcherie vierge. A l'inverse cela a été le cas lorsque les voiliers ont commencé à exploiter le germon au 19^e siècle. La proportion de gros rencontrés était très voisine de celle des demis. Les "demis" açoriens étaient donc déjà exploités par le biais du mélange des voies en fin de saison, dès avant 1971.

En définitive, le phénomène de deux voies de migrations des jeunes germons se réduit plutôt à un gradient entre deux types de germons nettement séparés au début de leur vie et se mélangeant progressivement dans l'espace et le temps à la faveur des migrations estivales. L'exploitation de l'ensemble des individus de chaque origine ne fait pas de doute. En particulier les thoniers ligneurs français les ont pêché de façon constante depuis 1960 (chapitre 1). Le problème qui reste à résoudre est l'origine de cette discontinuité au début de la vie des germons.

L'explication la plus simple de l'hétérogénéité est que les poissons de chaque voie seraient issus de deux pontes relativement différentes.

- Nous savons que la ponte du germon en Atlantique Nord a lieu durant environ six mois, d'avril à septembre, et qu'elle a lieu dans les zones où la température de surface excède 24°C. Cette zone forme un seul ensemble à l'ouest du 40°W.

- Dans le temps, en revanche, il est possible qu'il y ait discontinuité entre deux "pics" de ponte de plus forte intensité. L'examen des polygones de fréquence ovulaire suggérerait une telle possibilité ; en ce cas les germons cantabriques, plus gros, seraient issus du premier "pic", les açoriens du second. L'examen des sections d'épines de germons immatures indique en effet des différences de tailles à la formation du premier LRC.

Cependant comme il a été dit au chapitre 4, cette première LRC correspondant à la dispersion des juvéniles est diffuse et leur lecture malaisée. Cependant c'est aussi ce que trouve HUE (1980) également à partir d'examen d'écaillés, qui conclut à une ponte de printemps et à une ponte d'automne. Un fait montre toutefois que la réalité n'est peut-être pas aussi tranchée. Des indices d'abondance des bonites prises par les ligneurs en fin de saison sont fort bien corrélés avec les indices d'abondance des demis capturés l'année suivante tout au long de la saison de pêche (Fig.32). En d'autres termes, l'abondance des bonites dans la pêcherie des ligneurs est représentative de la "force" de la cohorte annuelle. Ce qui a été mis à profit par nous-mêmes pour prévoir les rendements moyens des ligneurs avec six mois d'avance aux conditions hydrologiques près (BARD, 1977).

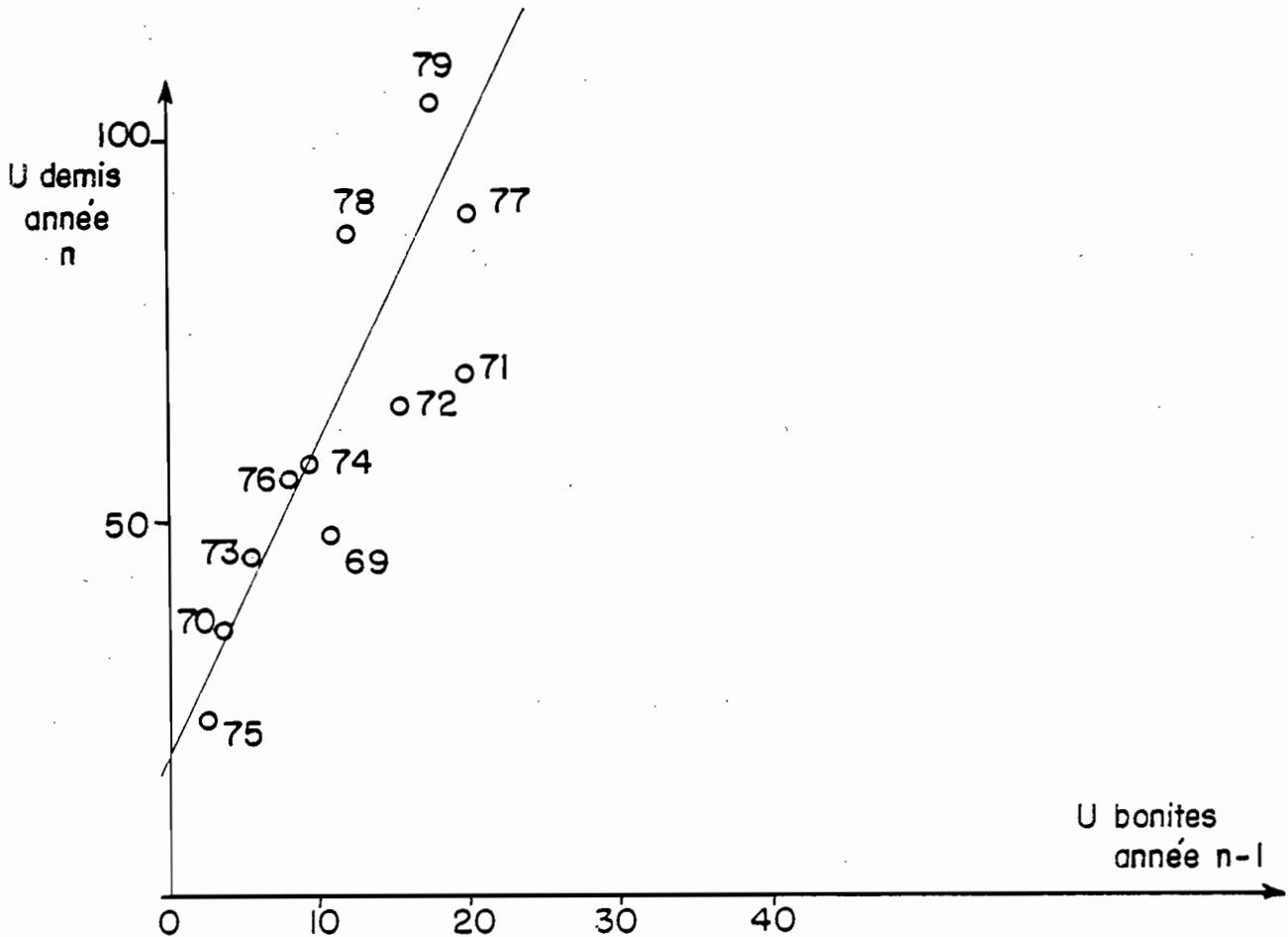


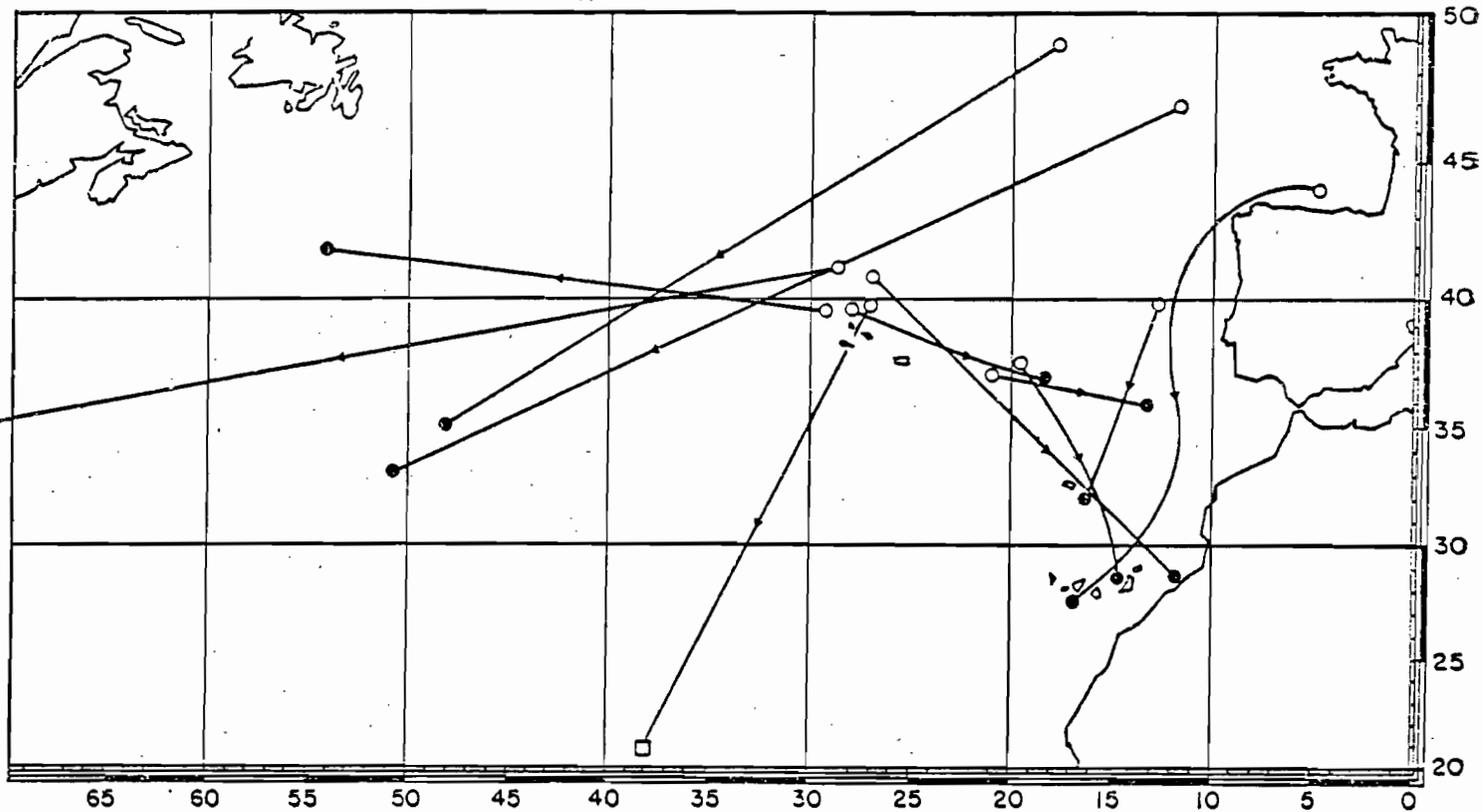
Fig.32 - Relation entre CPUE des bonites l'année n et celle des demis l'année n+1 (Ligneurs français).

Or les bonites dont on estime l'abondance, sont typiquement cantabriques et elles sont pourtant un bon indice des demis de type "açorien" pêchés en forte quantité en juin-juillet les années suivantes. Si les pontes saisonnières étaient totalement séparées, chacune aurait des conditions de reproduction propre, induisant une variance du recrutement bien supérieure à celle induite par la biomasse parentale. Donc il semble plus correct de conclure à un continuum dans la ponte, avec peut-être des variations d'intensité et un regroupement des alevins qui en sont issus en fonction de leur taille. Les conditions hydrologiques locales et la forte dépendance thermique des très jeunes poissons font que leurs trajets migratoires lors du premier hiver, et du printemps suivant sont différenciés. La différence s'estompera au cours des années suivantes, à la faveur des variations de taux de croissance individuelle, des passages açoriens, cantabriques, et d'une eurythermie croissant avec la taille.

Le point important est que, à l'issue de la période immature les individus identifiés dans l'une et l'autre voie, peuvent rejoindre la population adulte unique. On les recapture en effet, soit lors de la pêche hivernale, des Canaries jusqu'au 55°W au nord du 30°N, soit en été dans la pêche "des reproducteurs" plus au sud-ouest. C'est ce que montre la figure 33.

Nous concluons donc à une unicité du stock Nord Atlantique, ce qui répond au critère fixé au début de ce chapitre.

- marquage
● récupération hivernale
□ " estivale



D'après ALONCLE et DELAPORTE 1979
HUE 1980

Figure 33 : Récupérations à long terme en hiver et été des germes marqués à l'état immature en Atlantique Nord-Est.

CHAPITRE 8 LES DONNEES QUANTITATIVES

On a décrit les pêcheries de germon en Atlantique, et sommairement cité quelques chiffres caractérisant leur importance. Il faut bien disposer de chiffres précis concernant la trilogie de base : captures, effort, composition démographique. Ceci pourrait n'être que trivial et procéder des livrets statistiques de l'ICCAT. Et ce serait en effet possible si l'on se cantonnait aux quelques dernières années 1975-1980 pour lesquelles la qualité des statistiques officielles des nations exploitantes s'est grandement améliorée.

Mais comme nous l'avons indiqué, une séquence historique de l'exploitation du germon, la plus longue possible est très désirable. Surtout si elle inclut des variations importantes des efforts de pêche. Cela se conçoit aisément : Toute évaluation de l'importance d'un stock passe par l'examen de ses réactions aux variations des taux d'exploitation, et plus ces dernières seront fortes, plus l'évaluation en sera affinée.

Dans le cas du germon et spécialement en Atlantique Nord la succession des apogées des trois plus grandes pêcheries fait que les captures totales se sont maintenues de façon relativement constante entre 1960 et 1980.

Cependant, nous l'avons vu, ces pêcheries s'adressent à de tailles de poissons différentes et l'on pourra tirer parti des seules variations des efforts des pêcheries de surface qui, nous l'avons dit, ont utilisé des engins de pêche identiques tout au long des années 1957-1980.

Il a fallu toutefois reconstituer un bon nombre des données afférentes à ces deux pêcheries pour la période 1957-1967 qui n'a pas été suivie correctement du point de vue scientifique. On peut légitimement parler de données historiques en ce sens que l'histoire s'écrit après coup.

On a encore été plus loin en retrouvant les données 1920-1952 des seuls ligneurs.

On verra qu'elles sont fort utiles, même à la limite du protohistorique. La conclusion didactique de la chose est que l'on montre concrètement l'importance d'une séquence de données suffisantes et complètes pour l'évaluation d'un stock. En poussant le raisonnement jusqu'au bout, on verra que même pour le germon avec presque cinquante ans de données il reste des incertitudes. Cela permet de mesurer les responsabilités d'une administration maritime en matière de collecte des statistiques de pêche si elle veut espérer quelques jours des conclusions claires sur la gestion rationnelle des pêches.

1 - LES CAPTURES TOTALES

Ces chiffres, les plus élémentaires qui soient pour une pêche n'ont pas pour autant été toujours facile à collationner. Cela dépend des nations et des pêcheries.

Les chiffres par nations sont en général bien connus pour les années 1965-1980 moins pour les années antérieures (Table 4). En particulier il a fallu vérifier les chiffres de 1920 à 1980 pour la France car il y a eu des amalgames avec le thon rouge pêché à St Jean de Luz. Pour l'Espagne lors de la même période, il n'y a que de rares statistiques. Nous avons pu en retrouver dans quelques numéros anciens du Bulletin de l'Institut Espagnol d'Océanographie et parfois extrapolé d'après les chiffres des ports principaux de Viscaya et Galice.

Pour la période 1939-1971, les chiffres officiels espagnols ont été systématiquement vérifiés par A. GONZALES GARCES.

Les chiffres de la pêcherie portugaise sont, on l'a vu reconstitués tant bien que mal. Leur faible volume permet de ne pas trop s'en soucier. Il faut aussi noter que les seuls français vident le germon. Les chiffres des captures françaises ont donc été multipliés par 1.125, coefficient déduit par nous-mêmes des travaux de RODRIGUEZ RODA (1973). Tous les chiffres de captures sont donc en poids vif.

Les chiffres concernant les pêcheries palangrières ont été régulièrement mis à jour par SHIOMAMA (1980). Ils sont également transmis par chaque nation à l'ICCAT. S'il n'y a que peu de doutes sur le total des captures de ces pêcheries dans tout l'Atlantique, il y a un problème de ventilation des

chiffres par zones ICCAT 31, 32, 33, 34. Ce qui est gênant pour analyser séparément les stocks Nord et Sud. De 1956 à 1975 il n'y a guère de doute. Mais les taux de couverture des livres de bord des palangriers asiatiques ont décru entre 1976 et 1978. Il faut donc extrapoler depuis un échantillon de tels livres pour calculer les efforts de pêche et les captures résultantes effectuées ces dernières années sur chacune des quatre grandes zones de pêche évoquées. Or les extrapolations provenant des diverses sources ne concordent pas toujours (ICCAT, 1980). Ce qui introduit une incertitude sur les degrés d'exploitation par la palangre des germons de part et d'autre du 5°N. Nous basant sur les estimations mises au clair lors de la session 1979 de l'ICCAT nous avons porté en table 4 les chiffres des captures palangrières en Atlantique Nord de 1956 à 1978.

Les chiffres des captures par pêcherie ont posé parfois d'épineux problèmes.

A l'avènement de la technique de pêche à la canne en France et en Espagne vers 1953, les chiffres officiels ont confondu les captures de chaque pêcherie. Ceci a duré jusqu'en 1964 pour les français, 1971 pour les espagnols.

Il a fallu faire le tri. Pour la France pour notre part nous avons systématiquement relevé les apports de toutes les marées de tous les ports armant des thoniers canneurs, mais aussi des ligneurs. Un fichier des bateaux a permis de reconstituer les apports des thoniers canneurs. La revue "La Pêche Maritime" et les archives du "Comité Central des Pêches Maritimes" nous ont été pour cela d'un grand secours. On obtient ainsi les captures des canneurs et par différence celles des ligneurs (Tables 5, 6). Cependant de 1953 à 1956 la situation est inextricable. Il y a donc là un hiatus dans nos données.

Pour l'Espagne, A.GONZALEZ GARCES a fait de même en séparant plus aisément les ports dévolus totalement à la technique de l'appât vivant (Viscaya, Guipuzcoa) des ports dévolus à la ligne (Galice, Asturies, Santander).

Au total on obtient les captures des ligneurs et des canneurs séparées de 1957 à 1980. Avant 1953, les captures totales franco-espagnoles sont le fait des seuls ligneurs. A noter que les chiffres des thoniers canneurs ne concernent que la seule pêcherie d'été (CAE) dite "Pesquería migratoria" par les espagnols.

Les chiffres de la pêcherie de canne d'automne (CAA) sont connus avec précision depuis 1970 (Table 7). Au paravant ils se réduisaient aux captures d'une petite flottille canarienne et nous savons qu'ils étaient faibles (SANTOS GUERRA, 1976a, b ; 1977a, b ; 1978).

Au total on voit donc que même sur des données apparemment simples il reste quelques incertitudes mineures. On devra surtout se souvenir que les séries des chiffres de captures sont de fiabilité inégale et cela se confirme par l'examen des efforts et des structures démographiques.

2 - LES EFFORTS DE PECHE

2-1 - LES UNITES

On a défini cinq pêcheries distinctes, il y aura donc cinq unités d'effort de pêche à définir et cinq registres de tels efforts de pêche à évaluer sur la séquence d'années la plus longue possible.

Des unités d'effort de pêche de canne d'été, de la traine seront justifiées à posteriori dans le chapitre 9. Disons que l'on a retenu pour les germans le jour de pêche d'un thonier français moderne de 40-50 tonneaux. Pour les canneurs on prend le jour de pêche, pratiquement équivalent au jour de mer d'un thonier de 80-120 tonneaux monté par 10 à 12 hommes. Dans les deux cas on a vu que les lieux de pêche étaient très constants suivant les saisons. Cette constatation assortie des conclusions du chapitre 9 rend possible l'usage des chiffres d'effort sans passer par l'intensité de pêche.

Pour les palangriers, les efforts de pêche sont exprimés par les auteurs japonais en milliers d'hameçons posés, ceux-ci sont, on l'a vu, calés selon une technique très rigide et la position relative des hameçons de chaque "panier" se répète régulièrement. Il ne semble pas nécessaire d'aller plus loin. En revanche la définition de l'effort effectif inclut la zone où opère

le palangrier, dans la mesure où elle est "à germon", "à albacore" etc. SHIOMAMA a donc défini des zones de références. La procédure utilisée sera détaillée au chapitre 9. Ses statistiques en milliers d'hameçons effectifs pour le germon sont disponibles jusqu'en 1977. De plus il les exprime séparément pour les deux pêcheries dites d'hiver et d'été, soit donc pour les zones ICCAT 31, 32, 33, 34. Cette stratification spatio-temporelle qui coïncide avec les travaux de LE GALL semble assurer une bonne homogénéité à l'unité d'effort de pêche de chaque pêcherie.

Enfin le même auteur améliore encore la précision de ces estimations en utilisant l'unité d'intensité de pêche. C'est-à-dire en tenant compte du nombre de carrés $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ sur lequel un effort palangrier donné est appliqué.

Cependant pour les quatre zones considérées la corrélation entre l'effort effectif global et l'intensité par carré $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ est remarquablement bonne. Ceci confirme la régularité du mode de pêche des palangriers qui se concentrent donc fort peu sur des zones hypothétiquement meilleures. Pratiquement cela signifie que l'on pourra user indifféremment de l'un ou l'autre unité. Par commodité nous garderons l'effort effectif.

Les unités d'effort de pêche de la pêcherie de canne d'automne (CAA) peuvent être définies pour la seule flottille de haute mer espagnole qui opère déjà en été. Au vue de l'identité de ces navires on définira l'unité d'effort comme le jour de pêche sur la zone Canaries-Açores-Cap St Vincent d'un thonier appât vivant de 80-120 tonneaux. Le manque de détails sur les flottilles canariennes force à se contenter de cette unité. De même que pour la pêcherie portugaise.

2-2 - EFFORTS DES LIGNEURS

Les efforts de pêche à la traine français sont essentiellement décomptés directement, ou sur des échantillons importants de carnets de pêche français (DAO et BARD, 1971). Cela a permis d'établir les efforts de 1967 à 1980 pour la France. Un décompte par marées de 1957 à 1966 a permis une estimation pour cette période, confirmée par l'examen détaillé du port de St Guénolé (BARD, 1972). Les marées ont été supposées de 17 jours de pêche pour 1957-1960, de 20 jours de pêche pour 1961-1966.

Des recoupements pour certaines années montrent le bien fondé de la méthode (BARD, 1974).

Tout ceci a permis le calcul des efforts de traine français 1957-1980. On y a adjoint les efforts espagnols à proportion des captures en poids pour obtenir les efforts totaux de traine exprimés en ligneur standard de type français (Table 8). On verra au chapitre 9 que l'hétérogénéité possible des puissances de pêche des ligneurs français et espagnols rendait cette procédure nécessaire.

Pour la période 1920-1952, l'examen des registres de criée de Concarneau qui produisait alors plus de la moitié du tonnage thonier français, a permis de décomposer des marées de voiliers de divers types. Armé des coefficients définis au chapitre 1, on peut évaluer cet effort en jour de pêche de dundee et pour harmoniser le traduire en jour de pêche d'un thonier ligneur moderne avec le rapport 1 à 7. Nous avons dit que celui-ci est hypothétique. Aussi cette série d'efforts augmentée à proportion des captures des efforts espagnols et du reste de l'effort français devra être utilisée indépendamment.

2-3 - EFFORTS DES CANNEURS

Pour la France les efforts de pêche à la canne d'été ont été décomptés directement de 1967 à 1977 sur échantillons de carnets de pêche. De 1957 à 1966, les marées de tous les canneurs français ont été décomptées et affectées d'une durée moyenne de 15 jours de pêche.

Pour l'Espagne les efforts espagnols ont été calculés à proportion des captures françaises de 1957 à 1971, et décomptés directement en jour de pêche par A.GONZALEZ GARCES pour 1972-1980. Dans tous les cas l'homogénéité des efforts français et espagnols à la canne a été supposée. L'identité des navires des techniques et des zones l'autorise. Les chiffres totaux sont en table 8.

Les efforts espagnols des canneurs opérant en automne ont été décomptés directement par A.GONZALEZ GARCES. On y a adjoint les efforts canariens par péréquation sur les captures (Table.7).

2-4 - EFFORTS DES PALANGRIERS

Les efforts de pêche palangriers sont, on l'a vu, fournis directement par SHIOHAMA (1980) pour chaque zone statistique. Cependant les incertitudes des dernières années 1977-1978 sur la répartition des captures entre les zones nous a amené à modifier les efforts de pêche attribués à chaque zone au prorata des chiffres de captures retenus. Cela revient à ne pas modifier les valeurs des CPUE palangrières par zone, dont on verra plus loin l'intérêt.

3 - LES COMPOSITIONS DEMOGRAPHIQUES

3-1 - LA METHODE

Ce terme désigne le résultat de tout échantillonnage qui permet de discerner la composition par âge des captures d'une pêcherie. Pour le germon comme pour beaucoup d'autres poissons, le plus simple est l'étude de la fréquence des longueurs de poissons débarqués. L'application d'une clef-âge longueur déduite des études sur la croissance permet de déduire la fréquence d'occurrence des animaux d'âge x , au prix d'une stratification spatio-temporelle adéquate. Pour les pêcheries de surface il n'y a donc que peu de problèmes puisque les classes d'âges sont identifiées même par les pêcheurs. En revanche pour les palangriers, on a vu que la méthode du hachoir n'était pas très satisfaisante de par la forte variance des tailles en fonction de l'âge. De plus le détail des fréquences de taille des germons pêchés à la palangre est plus ou moins bien connu selon les années. La raison en est le transbordement des captures sur cargos frigorifiques en quelques ports d'accès difficiles. La congélation systématique des poissons n'améliore pas les choses. Les pêcheries de surface présentent donc des compositions démographiques relativement faciles à déterminer. Celles des pêcheries de profondeur sont bien plus difficiles à appréhender car s'y ajoute la faiblesse du nombre d'échantillons réalisés de 1956 à 1974.

3-2 - DONNEES DES LIGNEURS

La pêcherie de ligne a été bien échantillonnée de 1968 à 1979 pour la France. La méthode a été décrite par DAO (1971). On échantillonne le débarquement des thoniers par mensuration des poissons au centimètre près. Après tâtonnement le taux d'échantillonnage a été récemment fixé de $1/10$ à $1/5$ pour obtenir des évaluations des fréquences de chaque grande classe (bonite, demi, gros), avec une erreur égale au plus à 20%. On échantillonne environ 1 ligneur par semaine dans les ports de Bretagne Sud. La justification théorique de cette procédure est donnée en annexe.

Un moyen puissant existe pour recouper cette évaluation. Le décompte direct par les patrons selon les classes commerciales, de la pêche du jour. Ils les reportent sur des carnets de pêche qui dépouillés après chaque campagne. Les taux de remplissage correct de tels carnets ont varié entre 10 et 35% de 1968 à 1976. Depuis 1977 de tels carnets ont été rendus obligatoires par la Marine Marchande et les taux de remplissage correct sont montés à 50%.

La comparaison des deux sources montre un très bon accord avec dans certains cas, quelques tendances à confusion "gros-demis". Les échantillonnages directs permettent alors des corrections. En moyenne les échantillonnages ont porté sur 8.000 à 3.000 poissons par an. Les décomptes directs sur 200.000 à 400.000 poissons.

Les ligneurs espagnols sont échantillonnés uniquement au quai, depuis 1972.

Avant 1967, il n'y a eu que des échantillonnages épars en France, aucun en Espagne. Ces échantillons n'avaient pas toujours pour un but de donner la composition démographique des captures, la stratification dans le temps est imprécise. Les auteurs et les chiffres déduits sont indiqués en tableau 12.

Des possibilités toutefois existent pour retrouver grossièrement la composition démographique par classes commerciales des ligneurs français entre 1920 et 1967. Jusqu'à 1932, les pêcheurs vendaient en nombre les thons sous deux classifications : "thons décomptés" = nombre d'individus, et "thons comptables" qui comprenaient les thons de plus de 5 kg décomptés individuellement plus les thons de 3 à 5 kg qui valaient un "demi" thon et donc étaient comptés par deux.

Nous avons recouvert dans les archives de Concarneau de tels chiffres pour 1922-1931. S'y ajoute le poids total représenté par ces thons d'après les registres des usines (ROBERT MULLER, 1937).

On précise que les bonites, peu pêchées étaient vendues à part pour consommation hors usine et n'entrent en principe pas dans la comptabilité ci-dessus.

On dispose alors de suffisamment d'équations pour retrouver la proportion de "demis" par la formule :

$$\text{Thons totaux} = \text{Thons (+ 5 kg)} + 0.5 (\text{Thons demis}) ;$$

Et si l'on admet la validité des poids totaux, la proportion de "très gros" par rapport aux "gros". Les "très gros" formant une classe de taille commerciale peu utilisée d'un poids moyen de 11 kg. Fixant alors les autres poids moyens = Demi : 4.6 kg, Gros : 7 kg d'après nos échantillons récents, on peut calculer la proportion de chaque classe, pour la période 1922-1931. Les chiffres sont dans le tableau 12.

Enfin pour la période au-delà de 1949, on dispose dans les archives de la "Pêche Maritime" et du "Comité Central des Pêches Maritimes" des captures par marées des thoniers ligneurs ainsi disposées : x bonites et y thons pour z tonnes. Par le même jeu des poids moyens on peut définir les proportions de bonites, demis et gros en faisant l'hypothèse supplémentaire que les très gros étaient négligeables dans les captures des ligneurs. Ceci est admissible au vue des travaux de LE GALL (op. cit.) pour 1949-1952 et ceux de DAO *et al.* pour 1968-1975. On le montre par la figure 34 où les proportions demis/gros ont été calculées par les deux voies pour ces années.

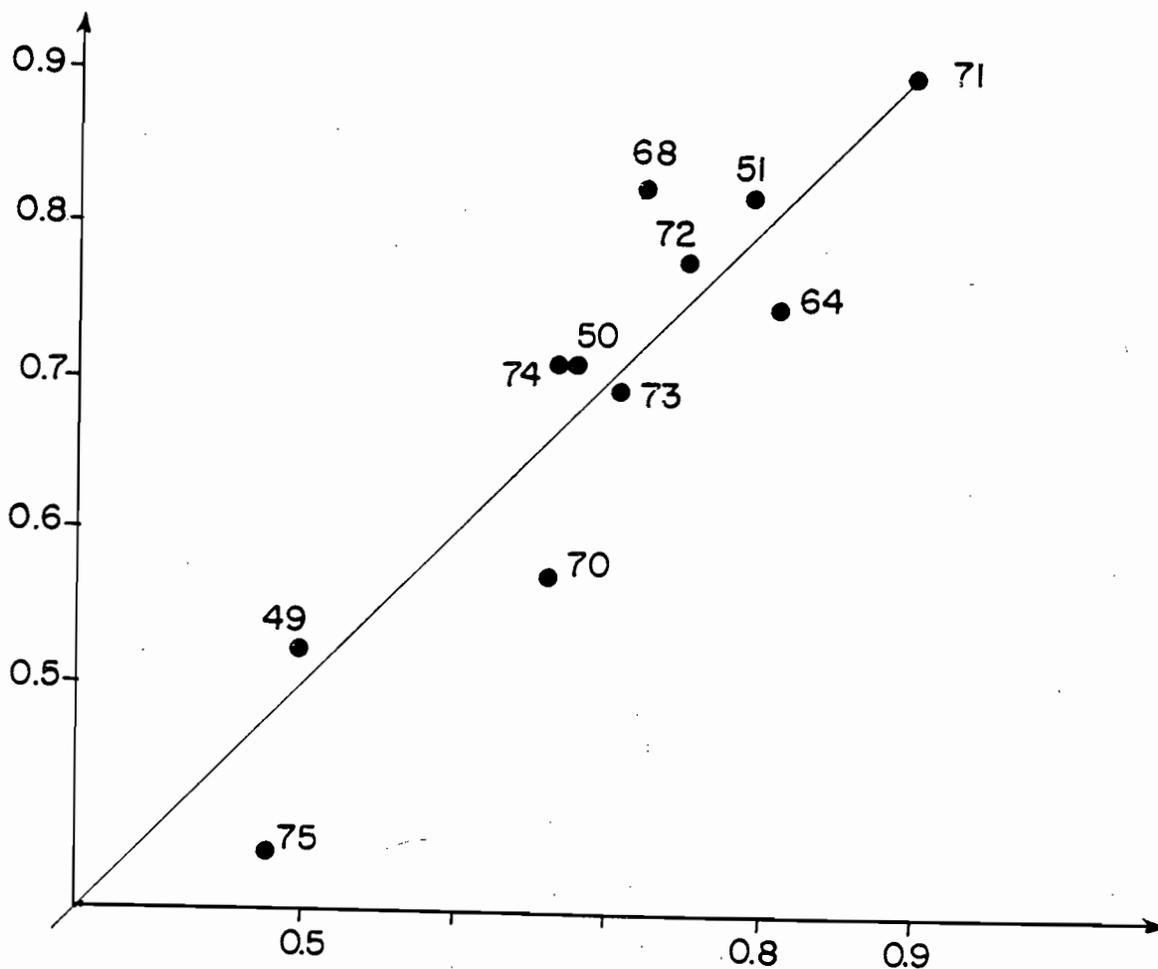


Fig.34 - Comparaison des proportions de demis annuelles déduites des poids moyens (abscisse) et des échantillonnages de taille (ordonnées).

En fait après examen d'environ 300 à 400 marées par an on arrive bien à des chiffres mais on ne peut que les considérer comme approximatifs. Seules les années 1967 et 1966 pour lesquelles nous disposons de carnets de pêche "personnels" en nombre suffisant peuvent être tenues pour relativement fiables. Et en 1967, il a été échantillonné à partir d'un navire d'assistance (LE GALL *et al.*, 1968).

En définitive nous disposons de certaines séries de compositions démographiques des pêches des ligneurs résumées dans la table 9. Dans tous les cas on les a étendues aux pêches espagnoles jusqu'en 1974. De 1972 à 1979 elles ont été fournies par A.GONZALEZ GARCES.

Année	Bonite	Demis	Gros	Très Gros	Source
1922	ε	.50	.50	ε	Criée de Concarneau (voir texte)
1923	ε	.69	.18	.13	
1924	ε	.45	.55	ε	
1925	ε	.41	.23	.36	
1926	ε	.60	.40	ε	
1927	ε	.70	.30	ε	
1928	ε	.45	.55	ε	
1929	ε	.52	.40	.08	
1930	ε	.58	.42	ε	
1931	ε	.57	.35	.08	
1937-1938	.12	.57	.31	ε	
1946-1948	.18	.55	.27	ε	LE GALL, 1954
1949	.11	.42	.46	.01	LE GALL, 1949
1950	.10	.58	.28	.03	LE GALL, 1951
1951	.06	.74	.18	.01	LE GALL, 1951
1952	.14	.50	.32	.04	LE GALL, 1952

Tableau 12 - Proportion de classes commerciales dans les débarquements de Concarneau selon diverses sources d'échantillons.

3-3 - DONNEES DES CANNEURS

Les thoniers canneurs français comme les ligneurs n'ont été bien échantillonnés que depuis 1968 (DAO et BARD). On a suivi pour en tirer les compositions démographiques la même procédure que pour les ligneurs. Pour trouver des éléments sur la période 1957-1967, on a utilisé les poids moyens par mois relevés à Concarneau avec les hypothèses suivantes : En juillet la composition des prises sont assimilées à celles des ligneurs. Ce que l'examen des poids moyens confirme assez bien. En août-septembre et octobre les thoniers canneurs sont supposés n'avoir pêché que de "bonites" et les "poissons de saison" composés de gros et très gros. Les poids moyens de l'ordre de 9-10 kg permettent de le penser, ainsi que les échantillonnages postérieurs à 1968 (BARD, 1977).

A ces conditions on peut aussi calculer des compositions démographiques grossières pour les captures de thoniers canneurs de 1957 à 1967. Les chiffres 1966-1967 comme pour les ligneurs sont plus fiables, grâce au concours de certains patrons. On a étendu à l'Espagne ces chiffres au prorata des captures en poids, et additionné les chiffres postérieurs à 1972 toujours fournis par A.GONZALEZ GARCES. On en tire la table démographique des captures des canneurs (Table 10).

3.4 - DONNEES DES PALANGRIERS

Les compositions démographiques des pêches palangrières sont plus douteuses que celles de la pêche de surface. On en a vu les défauts de base.

En effet la "méthode du hachoir" est un pis aller, auquel on doit se résigner faute des forts effectifs requis par l'utilisation des méthodes de décomposition en classes d'âge. Or de 1956 à 1974 il a été mesuré 20 626 germes au nord du 5°N, 60 994 au sud. Le tout avec une stratification parfois irrégulière. Depuis 1974 cependant les taux d'échantillonnage pris en charge par l'ICCAT ont grandement augmenté. Cependant MORITA (1976) et LE GALL (1977) ont déterminé la composition démographique des captures palangrières des stocks Nord et Sud. La clef âge-taille utilisée était celle de BARD (1974). Les strates spatio-temporelles, le trimestre, les zones ICCAT et les flottilles par nationalité.

Pour les zones 31, 32 la table démographique des captures palangrières est fournie en table 11. Elle est une combinaison des versions de LE GALL et MORITA mises à jour jusqu'à 1976. Nous n'avons pas cru devoir recalculer l'ensemble de ces chiffres sur la base de la nouvelle clef âge-taille proposée. En effet si l'on ne tient pas compte du sexe, la différence

entre les courbes moyennes nouvelle et ancienne, à un an de décalage près est modérée (Fig.20). L'usage d'une courbe séparée par sexe serait plus judicieux, mais comme il sera discuté au chapitre 12, nous n'avons que très peu de données sur les compositions des captures par sexe.

La composition démographique de la pêcherie de canne d'automne s'expose aux mêmes reproches. Les taux d'échantillonnage sont relativement faibles, et les doutes que l'on a exprimés sur la clef âge-taille et les variances associées, s'appliquent pleinement à des fréquences de tailles assez irrégulières portant sur des individus de 80 à 120 cm. Une table démographique a été calculée cependant par nos soins sur la base d'échantillons espagnols (Table 12).

Enfin pour la pêcherie portugaise, l'absence de toute donnée conduit à utiliser les fréquences de tailles codifiées pour la zone palangrière voisine par MORITA (1976). C'est ce qu'il appelle le "pattern" C de l'été boréal.

Pour les germans de l'Atlantique Sud, pêchés uniquement à la palangre, les mêmes remarques que pour l'Atlantique Nord s'appliquent. Comme du reste l'essentiel de nos raisonnements s'appliqueront aux germans de l'Atlantique Nord, on ne s'attardera pas sur la composition démographique des captures de l'Atlantique Sud. LE GALL et HUE (1978) présentent une telle table pour les années 1965-1975, zones 33 et 34.

4 - LES COHORTES DE GERMON NORD ATLANTIQUE

Toutes les compositions démographiques de captures ainsi déterminées sont attribuables à des strates trimestrielles. Ceci permet le calcul d'une table démographique des captures totales en Atlantique Nord couvrant les années 1957-1976, et même 1977-1979 pour les seules pêcheries de surface. C'est la table 13. Cette table est disposée en cohortes d'individus nés une même année. Les dates de naissance sont fixées de telle manière que la classe d'âge dite "bonite" ait un an. Ceci ressort de nos conclusions du chapitre 4 sur la croissance. La clef âge-taille utilisée ne fait donc pas état des différences de taux de croissance entre mâles et femelles, faute de données.

Cette table peut donc être divisée en deux parties. Les effectifs par cohorte concernant les âges 1 à 3 qui sont relativement fiables, surtout pour les cohortes 1966-1978, forment la première. Les effectifs par cohorte des âges 4 à 9 dont nous avons décrit les défauts possibles, et donc la qualité moindre. Il a été cependant indiqué que les échantillons sur lesquels est basée cette deuxième partie, se sont améliorés depuis 1974.

Par ailleurs il est net que l'étude d'une cohorte est d'autant plus fructueuse ^{que l'} on dispose de l'ensemble des captures effectuées sur celle-ci jusqu'à son extinction. Ce qui n'est le cas que des cohortes 1954-1966, et à la rigueur 1968-69.

Tout ceci amène à privilégier deux séries de cohortes selon l'usage que l'on veut en faire.

D'une part les cohortes alimentant les pêcheries de surface de 1966 à 1978 soit donc les cohortes 1964-1975 couvrant les âges 1 à 3. Cette série associée aux efforts de pêche définis au paragraphe 3 sera utilisée pour déterminer au mieux la taille du stock Nord Atlantique de germon.

D'autre part pour l'étude des taux d'exploitation infligés par la palangre et pour évaluer le degré de sensibilité de ces taux aux erreurs de détermination d'âge, de sexe, de mortalité naturelle, on usera d'une "cohorte synthétique" 1964-1969 obtenue par moyenne des effectifs de la table 10 sur les âges 4 à 9, ceci correspond aux années 1968 à 1976. Durant celle-ci les pêcheries palangrières ont maintenu un haut niveau d'effort de pêche, grossièrement constant de 43.10^6 hameçons effectifs par an. La cohorte synthétique 1964-1969 est donc considérée comme représentative des conditions démographiques moyennes des germons soumis à une pression de pêche palangrière importante. S'y ajoute l'effet de la pêcherie de canne d'automne (CAA).

Le procédé est approximatif, mais on ne peut guère s'y soustraire, en raison de la longévité du germon et des variations du développement des pêcheries exploitantes.

CHAPITRE 9

ANALYSE DES EFFORTS DE PECHE DE SURFACE.
VALEUR DES THONIERS LIGNEURS COMME ESTIMATEURS
DE L'ABONDANCE DES GERMONS

1 - PRINCIPE

Dans quelle mesure la prise par unité d'effort (CPUE) d'un thonier reflète-t-elle bien les variations d'abondance de la population de germons sous-jacente? Et le fait-elle indépendamment de la taille et de l'âge des poissons? C'est un problème classique de toute pêche, particulièrement vrai dans les cas de poissons pélagiques. La réponse est essentielle en ce que tout calcul de la mortalité d'un stock de poissons passe par l'usage d'indices d'abondance par classes d'âge. Les CPUE pourraient être ces indices. Les estimations du recrutement doivent pouvoir être également corroborées par des indices d'abondance des jeunes classes d'âge.

Il convient donc d'examiner la valeur des unités d'effort de pêche retenues, la façon dont l'effort s'exerce sur les diverses classes d'âge pêchées et enfin la façon dont les variations de CPUE traduisent les variations d'abondance réelle du poisson.

Ces questions reviennent à poser la question de l'identité des efforts nominaux tels que nous les avons définis au chapitre 2, avec les efforts effectifs, soit donc ceux qui engendrent bien une mortalité par pêche proportionnelle.

Pour les pêcheries de palangre le problème a été traité par SHIOHAMA (1971, 1978) en usant d'une méthode qui tient compte du caractère plurispécifique de celles-ci. Sur la série d'années de référence 1961-1974 chaque carré i de 5×5 degrés de l'Atlantique est affecté d'un indice d'efficiences trimestriel pour une espèce donnée. Cet indice r_{ij} est la déviation à la moyenne trimestrielle des densités de poissons exprimées par les CPUE dans chaque carré. On tire pour une année donnée k l'effort trimestriel puis annuel dirigé sur cette espèce. Cet effort est dit effectif et se calcule :

$$X_{kj} = \sum_i r_{ij} \cdot h_{ij} \quad \left(h_{ij} \text{ est l'effort nominal.} \right)$$

Cet effort peut être transformé en intensité d'effort effectif pour l'espèce en divisant les X_{kj} par l'aire A_j occupée trimestriellement par l'espèce selon les observations des années de référence. A l'examen les données d'effort de pêche de palangriers dirigés sur le germon tels que mis à jour par SHIOHAMA (1980) montrent une excellente corrélation entre effort effectif et intensité d'effort. Ce qui traduit le caractère régulier de ces pêcheries. Toute cette procédure paraît donc bien adaptée aux pêcheries palangrières peu évolutives, exploitant de vastes surfaces océaniques. L'effort palangrier ne sera donc guère analysé plus avant.

La pêche de surface franco-espagnole a l'avantage d'être monospécifique. On a vu que l'aire de pêche est relativement constante et que par types d'engins les navires des deux pays pêchent de façon assez semblable. Nous possédons cependant des données plus complètes sur la seule flottille française et c'est donc celle-ci que nous analyserons plus particulièrement. Cette analyse permet de conclure à une série de CPUE probablement peu biaisée, essentielles pour estimer la taille du stock.

2 - LES UNITES D'EFFORT DE PECHE RETENUES

Il a été vu que la pêche française est exercée par deux sortes de thoniers pratiquant des modes de pêche bien différents. Il convient donc de leur affecter des unités d'effort de pêche spécifiques.

2.1 - LES LIGNEURS FRANCAIS

Ils quittent le port et font route pendant quelques temps à forte vitesse (relativement !) tant que le patron estime qu'il n'est pas dans des "eaux à thons". Dès qu'il estime y être, on déploie les lignes en faisant toujours route à vitesse plus réduite. Des poissons peuvent être pris mais le thonier ne se détourne pas, tant qu'il n'a pas capturé de l'ordre d'une "journée honnête" soit environ 100 thons; il est en route. L'usage de la radio lui permet de faire cap sur la zone de pêche réelle qui correspond le plus souvent à une zone thermiquement favorable. Le thonier sera alors "en pêche" et le portera sur son carnet. Au retour un processus similaire plus bref, existe. Cependant, la distinction, au codage, entre route et pêche n'est pas toujours bien faite.

Nous avons retenu comme unité d'effort de pêche, le jour de pêche de ligneur, considérant que la répartition des germons est suffisamment liée aux structures thermiques superficielles pour que la pêche "en route" dans des eaux moins favorables ne soit pas homogène aux jours de pêche proprement dits. La procédure diffère de celle préconisée par POINSARD et LE GUEN (1970). Cependant dans les eaux chaudes du golfe de Guinée la probabilité de détection visuelle "une matte" est presque constante quelle que soit l'allure, dès la sortie des ports. Leurs choix du jour de mer est donc plus adapté. De plus les conditions de pêche sont différentes. Le patron de ligneur ne guette guère une matte en surface mais se dirige vers les bateaux ayant "senti le poisson". L'équipage d'un canneur ou d'un senneur "veille" en permanence.

2.2 - LES CANNEURS FRANCAIS

Leurs lieux de pêche sont bien différents des ligneurs et se restreignent de juillet à octobre au Golfe de Gascogne sensu stricto. Leur première activité en partant en pêche est de faire de l'appât. Ceci semble avoir été relativement facile de 1965 à 1976, les stocks d'anchois utilisés pour cela étant assez modérément exploités à cette époque (CORT *et al.*, 1976.) L'appât est donc fait en une nuit et un jour entre l'Ile d'Yeu et l'Adour. Le thonier est alors à quelques heures de route des lieux de pêche. Lors du reste de la marée les jours de pêche se confondent avec les jours de mer.

3 - LES PUISSANCES DE PECHE

Ce sont les potentiels de pêche de chaque thonier, et donc elles se définissent relativement. On a défini l'unité d'effort de pêche des thoniers comme le jour de pêche. On cherche à déterminer en outre la variabilité des puissances de pêche individuelles, les relier si possible à des caractéristiques physiques, et si nécessaire procéder aux corrections adéquates pour se référer au thonier standard.

Le problème a été abordé par LAUREC (1977) qui a proposé une méthode de calcul des puissances de pêche locales, tirant parti des données journalières fournies par les patrons, comportant des positions précises.

L'hétérogénéité spatiale de la distribution moyenne des germons est évaluée année par année et une distance "critique" de l'ordre de 40 milles a été déterminée. En dedans de cette distance les navires sont comparables et leur puissance de pêche est dite "locale". Elle est définie par rapport à l'ensemble des ligneurs de l'année fixée à 1 et évaluée par comparaison deux à deux des navires lorsqu'ils ont pêché à proximité. La puissance de pêche ne dépend alors donc que des caractéristiques physiques du navire. Dans cette optique cette méthode est supérieure à celle de ROBSON (1966) qui se fonde sur l'usage de grands blocs spatiotemporels supposés homogènes. Ce qui n'est pas toujours vrai dans le cas d'un migrateur pélagique. Cependant l'usage de tels grands blocs permet de faire apparaître une puissance de pêche dite "globale" qui tient à la fois compte de la puissance locale et les capacités du patron à choisir une zone plus riche qu'une autre. Soit donc une capacité stratégique. On peut toutefois calculer puissance locale ou globale par la méthode de LAUREC en fixant les distances minimum de comparaison des thoniers pris par couple.

Dans les deux cas la définition des indices se fait sur une saison de pêche. L'ensemble de référence des thoniers chaque année est original surtout si l'on s'intéresse à des structures spatiales fines qui ont toutes les chances de varier d'une année hydrologique sur l'autre. Si l'on s'intéresse aux capacités globales, cela sera moins vrai, car la variabilité hydrologique interannuelle sera ainsi réduite. A la limite en raisonnant par grandes aires, les années seront comparables entre elles et on revient à la méthode de ROBSON, voire à la comparaison des CPUE sur une série d'années. On va donc s'intéresser à la variation des indices de puissance de pêche en passant des situations locales aux situations globales.

3.1 - LES LIGNEURS

Les puissances de pêche locales des ligneurs ont été examinées sur des séries de 30 à 60 thoniers, avec une distance critique de 20 milles. La méthode de LAUREC a l'avantage de fournir une variance associée à l'estimation des puissances individuelles. A l'examen cette variance est forte, donnant des intervalles de confiance de l'ordre de $\pm 50\%$ ce qui restreint l'intérêt de ces valeurs. Cependant on peut considérer l'ensemble des puissances individuelles des navires par année; on constate qu'elles varient de 0.7 à 1.6

avec une variance faible, ce qui est satisfaisant (Tableau 13). Les distributions sont d'aspect "normal" et le coefficient de variation est de l'ordre de 0.20 (Fig.35).

Année	DISTANCE = 20 NM		DISTANCE = 1000 NM	
	Ecart-type	N	Ecart-type	N
1967	.2292	64	.1982	64
1968	.1648	38		
1969	.1816	67	.2147	70
1970	.1576	34	.1666	33
1971	.1747	50	.1429	48
1972	.1903	59	.1561	59

Tableau 13 - Ecart-type de la puissance de pêches locales et globales des thoniers ligneurs français. La moyenne est égale à 1 par définition. NM = mille marin.

Cette faible dispersion des puissances de pêche correspond bien à la grande homogénéité de la flottille française. Les bateaux ont des caractéristiques physiques très semblables (Fig.36).

Les différences de puissance de pêche sont donc liées à des variations très fines des lignes d'eau de la coque, de la brillance, des bruits, toutes choses que les patrons connaissent et qu'ils tentent de régler tout au long de la campagne. Après examen des caractéristiques discernables, il apparaît cependant que deux éléments jouent : le port d'attache, qui n'est pas sans lien avec les lignes d'eau. En effet les navires d'un même port ont souvent des "coupes" similaires puisque construits aux mêmes chantiers. A cet égard les thoniers bretons semblent mieux partagés que les vendéens avec de grandes exceptions toutefois.

Figure 35 : Histogrammes de fréquence des puissances de pêche locales des ligneurs français.

140

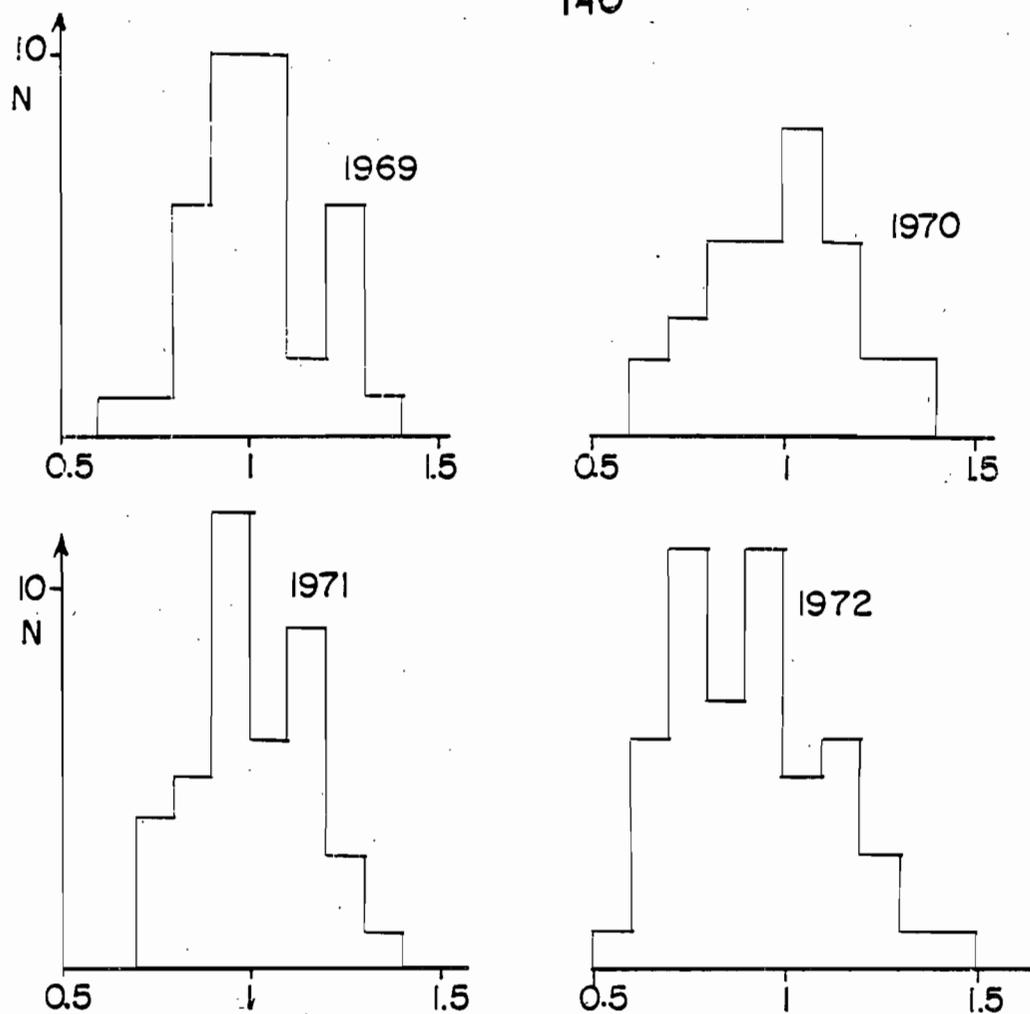
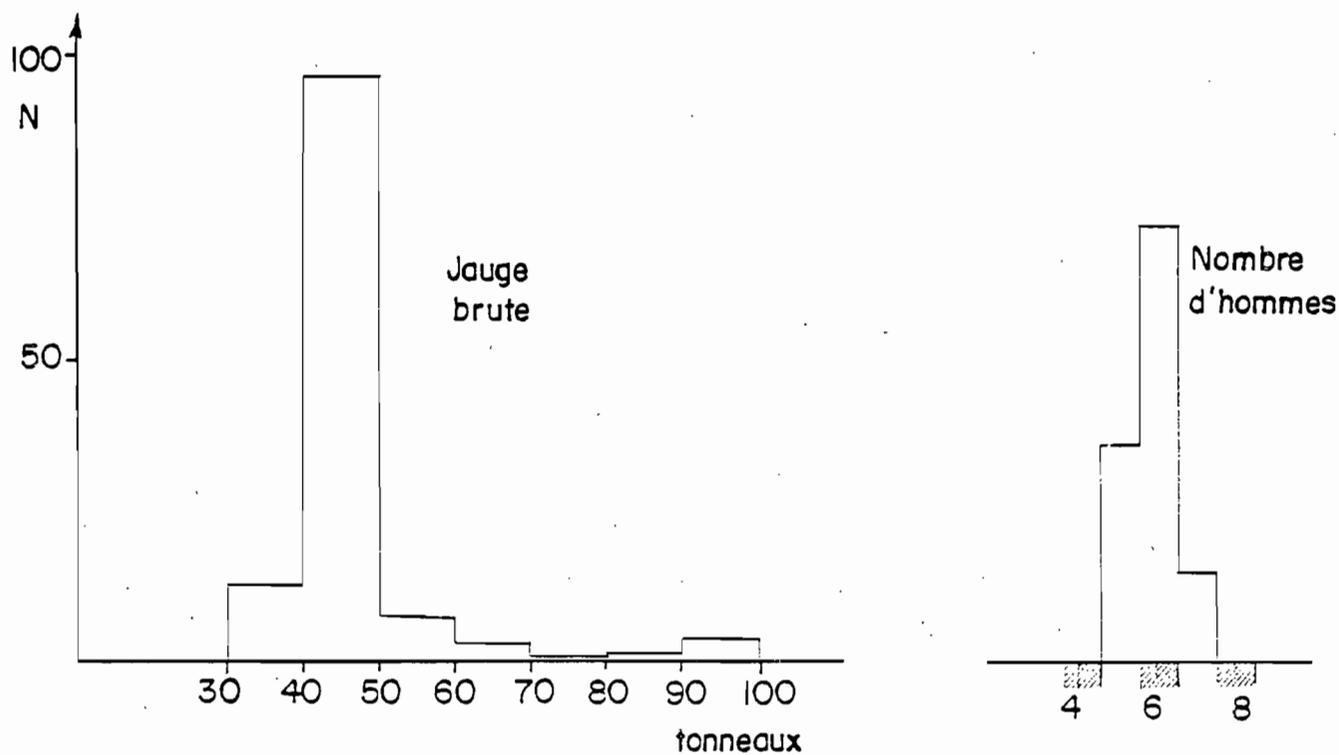


Figure 36 : Distribution des jauges et effectifs d'équipage des ligneurs français en 1975.



Et par dessus tout le patron reste l'élément prépondérant. C'est malheureusement ce qui est le moins quantifiable. Aussi au vue de la faible dispersion des puissances locales ne semble-t-il pas nécessaire de chercher des coefficients de correction attribuables à chaque bateau. Au niveau des ports toutefois une correction moyenne serait applicable si l'on disposait systématiquement de tous les carnets de pêche. Ce qui n'est pas encore totalement le cas.

KEENE et PEARCY (1976) ont étudié la puissance de pêche des ligneurs U.S. par la méthode de ROBSON pour une distance de 31 milles. Ils concluent à une influence modérée de la taille des navires, à une faible influence du nombre de lignes et que comme pour les thoniers français, les facteurs patron et équipage sont les plus importants.

Les puissances de pêche globales ont été examinées par choix d'une distance critique de 1.000 milles au jour par jour.

On constate une dispersion des valeurs relativement faible, moindre même que celle des puissances locales (Tableau 13).

A l'examen cas par cas, LAUREC constate qu'un effet de compensation intervient entre puissance de pêche locale et capacité stratégique. Cette compensation intervient au niveau des ports d'attache ce qui est logique puisque les navires évoluent en flottille de chaque port.

Ceci est rassurant et mène à la conclusion que sur la série d'années 1965-1978 qui est utilisée dans nos divers calculs, des coefficients de correction des puissances de pêche ne sont pas fondamentalement nécessaires pour les ligneurs français. Cependant une étude menée sur la majorité des ligneurs français pour la série d'année commençant en 1977 où les carnets sont bien remplis serait utile et pourrait affiner les résultats ci-dessus. L'examen des ligneurs espagnols serait extrêmement précieux, car leurs caractéristiques physiques sont bien différentes de celles des français.

3.2 - LES THONIERS CANNEURS

Ils sont peu nombreux en France et surtout ne fréquentent pas toujours les mêmes lieux de pêche que les ligneurs. Cela rend leurs puissances de pêche locale rarement comparables à celles des ligneurs, ensemble de référence.

Quelques puissances ont pu être calculées pour les années 1967-1972 (Tableau 14). Elles indiquent une puissance locale de l'ordre de 2 avec une dispersion assez forte. L'examen de puissances de pêche globale (avec une distance de 1.000 milles) montre une capacité stratégique faible. De fait, tout ceci ne concerne essentiellement que le début de saison jusqu'à août. Par la suite la pêche à la canne se cantonne au Golfe de Gascogne et constitue une pêcherie séparée.

Année	DISTANCE = 20 NM			DISTANCE = 1000 NM		
	Moyenne	Ecart-type	N	Moyenne	Ecart-type	N
1967	1.692	0.433	4	2.616	1.066	5
1968	2.037	0.629	4			
1969	2.520	1.050	4	2.510	0.612	3
1970	2.552	1.066	6	2.096	0.561	5
1971	1.150	0.180	2	1.997	0.463	3
1972	1.250	0.327	4	1.485	0.315	2

Tableau 14 - Puissances de pêche locales et globales des canneurs français rapportés à l'ensemble annuel des ligneurs.

Il faudrait donc appliquer toute la procédure déterminée par LAUREC à l'ensemble des canneurs seuls. Leur nombre réduit et le faible taux des carnets de pêche remplis l'interdit. Au reste la flottille de canneurs français se réduit depuis 1978 à des thoniers de St Jean de Luz surtout adonnés à la pêche au thon rouge. Cela renvoie à une étude sur les thoniers canneurs espagnols, nombreux (350) et pêchant de façon groupée. Il reste à leur faire remplir un carnet de pêche détaillé. Cependant pour la période 1960-1970 qui constitue l'apogée des canneurs français l'examen des rendements par marée montre une variance faible. Les caractéristiques des thoniers étaient d'ailleurs stables : jauge de 60 à 100 tonneaux, armés par 10 à 12 hommes avec une capacité de stockage d'appât de 20 jours de pêche. Les lignes d'eau jouent probablement peu. Reste encore l'expérience du patron et de l'équipage. On

supposera que comme pour les ligneurs elle était distribuée de façon normale après la période d'apprentissage de l'appât-vivant de 1949 à 1957.

En conclusion on constate que le jour de pêche choisi comme unité d'effort de pêche pour les ligneurs français semble une unité correcte, appliquée à une flottille très homogène et ceci même dans le passé. Le seul élément prépondérant est le patron du bateau. Ceux-ci ont peu varié de 1965, période où l'on est en droit de penser qu'ils connaissaient bien leur métier (la majorité a commandé dès 1950-1960). Cependant comme une "mortalité" a affecté le nombre des thoniers entre 1969 et 1973, il est possible que seuls les meilleurs patrons soient restés au germon. D'où une dérive positive de la puissance de pêche moyenne des thoniers français. On en tiendra compte dans la suite des calculs.

La comparaison avec les ligneurs espagnols montre une tendance de ce genre. Elle n'est possible que par le rapport des CPUE annuelles (nombre de poissons par jour de pêche).

On constate sur la figure 37 une égalisation des puissances de pêche. Cependant la flottille espagnole a peut-être connu pour sa part une dérive négative, par l'attrait de la pêche au merlu (changement des conditions d'armement). Ceci montre le handicap que constitue la faible connaissance de la flottille espagnole pour le calcul d'un effort de pêche parfait. Tout les chiffres globaux d'effort ligneur cités sont ramenés à une unité de ligneurs français.

Pour les canneurs, le jour de pêche qui se confond avec le jour de mer semble convenir. Le principal facteur de la puissance de pêche semble être l'équipage et à l'inverse des ligneurs la dérive a pu être négative depuis 1965 à la suite de l'attrait de la pêche au thon tropical. Cependant la flottille appât vivant espagnole a pu largement compenser cet effet de par le dynamisme d'une flottille basque constamment renouvelée. Là encore la méconnaissance de la flottille espagnole limite les calculs d'un effort de pêche effectif.

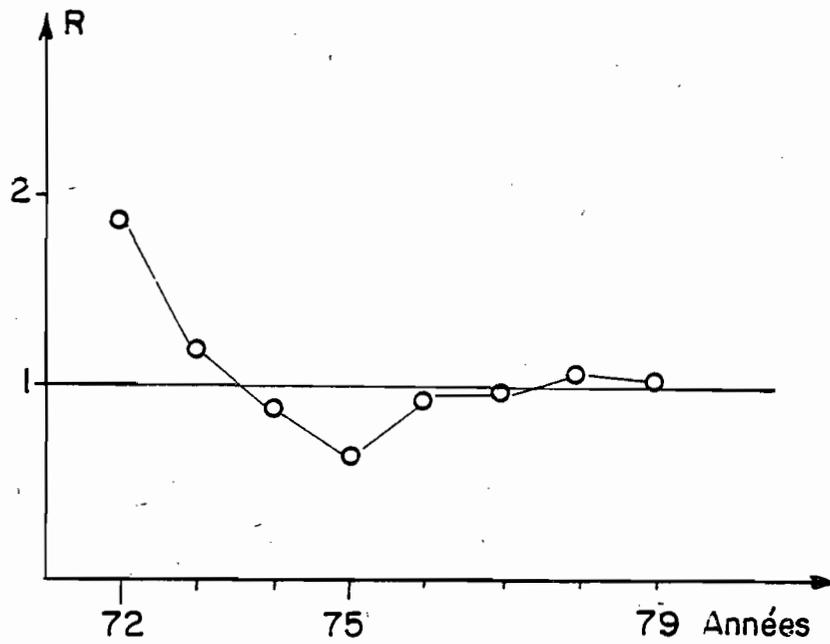


Figure 37 : Rapport des rendements moyens annuels de ligneurs espagnols à ceux des ligneurs français. Ces coefficients sont utilisés pour standardiser les efforts de pêche totaux des ligneurs consignés en table 8.

4 - DISTRIBUTION DE L'EFFORT DE PECHE DANS L'ESPACE

Un effort de pêche effectif peut être appliqué d'une année sur l'autre à des aires de pêche différentes, parce que évidemment les pêcheurs recherchent les rendements les meilleurs. On arrive à la notion d'intensité de pêche $I = \frac{\text{Effort}}{\text{Aire}}$. Celle-ci est utilisable facilement pour des poissons sédentaires dont l'aire de répartition est bien connue. Elle a beaucoup moins de sens pour un poisson migrateur pélagique dont la répartition varie constamment. Cependant le chapitre 3 permet de restreindre la zone de pêche potentielle au germon immature à l'Atlantique Nord-Est pour des raisons éco-physiologiques. Il reste à déterminer si l'effort de pêche de surface y est suffisamment réparti pour que les CPUE qui en sont déduites ne soient pas trop biaisées, et donc quelle est la valeur de l'équivalence effort de pêche, intensité de pêche. On doit faire appel aux indices de concentrations.

Il existe deux estimateurs de la CPUE pour n navires pêchant dans N aires élémentaires où le poisson est présent ou non. Les captures individuelles sont C_i et les efforts individuels f_i .

$$\text{L'indice non pondéré INP} = \frac{\sum C_i}{\sum f_i}$$

$$\text{L'indice pondéré IP} \dots = \frac{1}{N} \sum C_i / f_i$$

Le rapport des deux définit un indice de concentration $IC = \text{INP}/\text{IP}$ (GRIFFITHS, 1960). Cet indice mesure la manière dont les pêcheurs se concentrent sur les zones plus ou moins riches en poissons dont ils ont eu connaissance. Si IC est égal à 1 ils pêchent au hasard et l'intensité de pêche est équivalente à l'effort effectif.

Il est possible également d'exprimer la concentration de l'effort par le coefficient de corrélation entre l'effort et la CPUE de chaque aire élémentaire (ROTHSCHILD et CHAPMAN, 1971). L'avantage de cette formulation n'est pas évident tant que la concentration de l'effort n'est pas très forte. A l'expérience IC dépasse rarement 3, et la comparaison avec d'autres études sur les thons est plus commode par son usage.

Les indices de concentration des ligneurs et canneurs français ont été calculés globalement de 1967 à 1978 (Table 14a, b).

Nous avons retenu la quinzaine qui à l'expérience constitue une unité relativement homogène de la migration du germon. Ceci permet de retenir suffisamment de jours de pêche et de carrés de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ visités pour que les IC aient une signification. On élimine des calculs toutefois les carrés ayant reçu moins de 2 jours bateaux, et on ne conserve que les périodes du 1^{er} juin au 30 septembre pour les ligneurs, du 1^{er} juillet au 30 septembre pour les canneurs. En outre pour les canneurs les périodes comportant moins de 10 carrés ont été éliminés. Ce qui restreint l'examen aux années 1968-1970.

L'examen des IC globaux montre des valeurs variant généralement de 0.9 à 1.5. Elles indiquent une capacité de concentration modérée tant pour les ligneurs que les canneurs. Ceci est important, et signifie que l'effort de pêche des thoniers français est appliqué de façon assez uniforme, ce que confirme l'examen des cartes des zones de pêche de 1967 à 1978.

Ce qui revient à dire que l'identité effort nominal, effort effectif, intensité de pêche reste valable sur la série d'années 1967-1978 surtout pour les ligneurs qui présentent un IC moyen assez faible. On peut supposer que cela est vrai pour les ligneurs espagnols d'après les quelques indications que nous avons (GONZALEZ GARCES, 1975). Pour ce qui est des canneurs espagnols, la question reste posée.

L'examen des indices de concentration pour les années d'extension de la pêcherie des ligneurs vers les Açores, soit 1971-1974 ne montre pas d'accroissement significatif de ceux-ci. Or les rendements dans cette zone en juin-juillet sont parfois très élevés, ce qui aurait pu être la conséquence d'une variation de la stratégie des thoniers. Puisque ce n'est pas le cas, on peut considérer que les efforts de pêche exercés sur cette zone sont homogènes aux efforts appliqués durant le reste de la saison. On peut donc traiter cet accroissement de l'effort de pêche sur la base des chiffres d'effort nominal. C'est une conclusion à laquelle sont également arrivés BARD et GONZALEZ GARCES (1976) par des analyses de cohortes à base mensuelle.

Pour les palangriers, LE GALL (1973) a montré que les IC étaient très voisins de 1. Ce qui correspond bien à la forte corrélation déjà citée entre effort effectif et intensité de pêche. La pêche palangrière au germon est donc très uniforme sur l'aire de répartition des adultes, ce qui est utilisable pour l'évaluation du stock géniteur. On y reviendra.

5 - ACCESSIBILITE ET VULNERABILITE DES CLASSES D'AGE AUX MODES DE PECHE

5.1 - METHODES

L'effort de pêche effectif effectuée un prélèvement sur des germons d'âge différents, et ceci peut être affecté par leur degré d'accessibilité sur les lieux de pêche ainsi que pouvoir vulnérant des engins sur les classes d'âge. Or on a vu au chapitre 3 que le germon migre de façon différente selon sa taille et partant son âge, du moins pour les immatures. Leur disponibilité à chaque engin sera donc variable.

Dans la pêche des ligneurs sont constamment présentes deux classes de taille qui sont des classes d'âge, les "demis" et les "gros". Leur décompte est fait séparément jour pour jour. Leur répartition est différente les gros se situant généralement dans les zones d'eaux plus froides que les demis. Leur mélange est donc assez faible et la distinction accusée par les décomptes des patrons qui comptent en "gros" les quelques demis pêchés dans une zone à "gros" et inversement. Leur décompte des bonites est bien fait, surtout en fin de saison où elles sont le plus abondantes. Cependant elles sont rarement aussi recherchées que les demis et gros

Dans la pêche des canneurs, la séparation n'était pas aussi bien faite, compliquée par le fait que les Basques n'utilisent pas les termes bonites, demis, gros. De plus le nombre de carnets de pêche récoltés s'est effrité à partir de 1970 et donc l'étude ne peut pas être poussée plus avant sur ceux-ci.

Nous disposons en revanche d'assez de carnets de pêche de ligneurs pour examiner deux indices qui caractérisent la pêche des gros et des demis. Ce sont les indices de concentrations et les puissances de pêche locales par âge.

5.2 - INDICE DE CONCENTRATION

Les indices de concentration des ligneurs par classes commerciales sont présentés en table 15. Les valeurs varient de 0.5 à 1.7 environ. Selon chaque classe les IC calculés dans les mêmes conditions que les indices globaux présentent les valeurs moyennes suivantes :

. Bonites = 1.020	$\sigma = 0.289$	N = 82
. Demis = 1.252	$\sigma = 0.279$	N = 85
. Gros = 1.155	$\sigma = 0.292$	N = 84

Ces chiffres s'expliquent assez bien. Les bonites ne sont généralement pas recherchées et leur indice de concentration moyen traduit ce désintérêt. Il se peut qu'en fin de saison la concentration des ligneurs devienne importante car ils restent les derniers germons disponibles. Ce phénomène a lieu surtout lors des années à forte abondance de cette classe, 1970, 1975, 1978. Il accentuera la variance entre "année à bonites" et des années "sans bonites". Cependant les bonites ne représentent que 5 à 10% de débarquement en nombre et leur prélèvement reste modeste. On retiendra qu'elles sont la plupart du temps pêchées "au passage".

Les indices de concentration sur les demis et les gros assez voisins traduisent bien le dilemme qui se pose au patron : soit chercher dans les eaux plus chaudes des "demis" plus nombreux mais de poids plus faible, soit pêcher des gros de poids supérieur et d'abondance généralement deux fois plus faible. Les indices de concentration traduiront la décision de la moyenne des patrons.

Pour déterminer si la différence entre les types de concentrations nous avons procédé à une analyse de variance sur 154 valeurs couvrant les années 1968-1978. Les résultats sont portés sur le tableau 15. Ils montrent que les ligneurs choisissent plutôt les zones à demis ce qui est corroboré par des enquêtes effectuées radiophoniquement. Il y a donc là un indice net d'une accessibilité supérieure des demis par rapport au gros pour la ligne trainante.

Source de variation	Sx^2	ddl	Carré moyen	F
Variance totale	11.10031	153		
Variance entre années	.80432	10	0.08043	1.15002
Variance entre Demis et Gros36487	1	0.36487	5.21709 *
Erreur	9.93112	142	0.06993	

* Probabilité de l'hypothèse nulle < 0.05

Tableau 15 - Analyse de variance des indices de concentration des ligneurs par classe commerciale.

5.2 - LES PUISSANCES DE PECHE LOCALES PAR AGE

Selon la méthode de LAUREC les indices de puissance pour les ligneurs sont calculables aussi bien pour chaque catégorie de poisson. La référence sera la moyenne des puissances de pêche de tous les ligneurs retenus sur chaque catégorie. Cette référence est fixée à 1 dans chaque cas. Les puissances locales ne sont pas calculables de façon mixte (demi-gros) puisque les populations de poissons de chaque catégorie ne sont pas identiques. Mais la façon dont chaque thonier de classe sur les demis et les gros donne des indications utiles. On a vu que les années ne sont pas exactement superposables. Cependant la moyenne des puissances locales d'un thonier sur l'ensemble des années retenues indiquera la tendance de chacun. C'est ce qui a été fait pour 16 thoniers ligneurs ayant constamment fourni un cahier utilisable sur les années 1968-1973. Les résultats sont en figure 38.

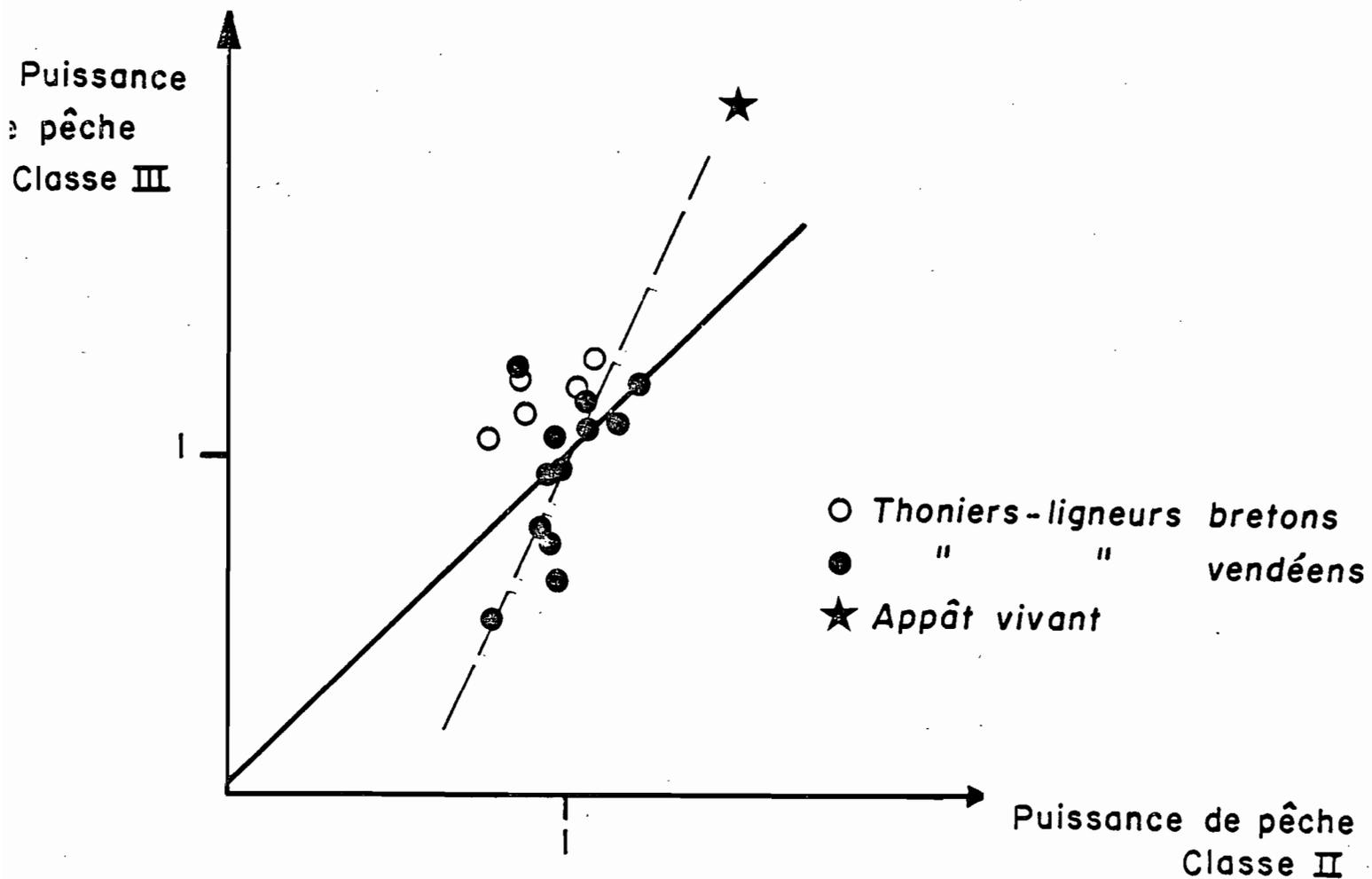


Fig.38 - Relation entre les puissances de pêche locales sur les demis et les gros pour 16 thoniers français. Moyenne sur les années 1968-1973.

On constate que les ligneurs bretons se classent mieux sur les gros que les vendéens. Pour les demis c'est indifférent. On peut aussi remarquer que la droite ajustée est différente de la bissectrice. Ce qui signifie donc que les navires pêchant bien les demis pêchent encore mieux les gros. Si l'on se souvient qu'un des facteurs de puissance locale est l'ensemble des caractéristiques fines du bateau, cela mène à penser que les gros et les demis réagissent de façon différente aux navires et à leurs caractères physiques tels que bruits-brillance. Il y a donc un effet dû au comportement actif de l'animal. Or ALONCLE (1975) et LE GALL (1973) sont arrivés indépendamment à la conclusion que les gros mordaient préférentiellement aux lignes longues, donc plus loin du bateau. Il semble donc que les gros sont plus craintifs ce qui affecte évidemment leur vulnérabilité.

Le chapitre 3 avait livré quelques conclusions qui ont leur place ici : s'il n'y a pas à l'échelle de l'Atlantique Nord de répartition géographique différente des gros et des demis, les gros ont des facultés écophysiologiques supérieures aux demis. Ils sont donc aptes à se tenir plus profond. Ce qui est un facteur d'accessibilité moindre aux ligneurs.

La capturabilité est le résultat quantifié de cette combinaison ~~accessibilité~~ → vulnérabilité. On la note q et on énonce :

$$q_{\text{demi}} > q_{\text{gros}}, \text{ pour les ligneurs.}$$

Ce résultat sera essentiel pour la détermination des taux d'exploitation exact des gros et des demis. On ne peut encore chiffrer la différence des q . Elle pourrait être forte.

Enfin le peu d'intérêt dont sont l'objet les bonites en général est important. Elles sont donc pêchées plutôt au hasard et constitueront un bon indice de recrutement.

6 - FLUCTUATIONS DES CPUE ET FLUCTUATIONS DE L'ABONDANCE REELLE DES GERMONS

Un des grands problèmes posés par les poissons pélagiques est qu'ils forment des bancs. Or la pêche de tels poissons entraîne nécessairement une diminution d'abondance. La question est de savoir comment les bancs diminuent,

en taille ou en nombre ? L'estimation d'un déclin réel éventuel du recrutement en dépend.

Considérons en effet une population de poissons formant des bancs, en état d'abondance moyenne. Si l'abondance diminue, elle peut se faire par diminution du nombre des bancs, ceux-ci restant de taille constante. Ils seront plus difficilement détectables et il y aura donc une phase de plus faibles rendements pour la pêche. Ceci peut mener à une surestimation du déclin réel de l'abondance, surtout si les pêcheurs "perdent" assez vite ces bancs.

A l'inverse la diminution de l'abondance peut se faire par diminution du nombre de bancs, ceux-ci se regroupant en "superbancs", ou restant de taille constante mais aisément détectables et stables. Dans ces deux cas les pêcheurs se regroupent sur la seule aire de pêche possible et pêchent continûment.

Cela amène une croissance de la disponibilité maintenant des rendements (ou CPUE) constants jusqu'à un effondrement subit de la pêche et du stock. L'exemple le plus classique de ce scénario est celui du hareng atlantico-scandinave dont on connaît les avatars récents ayant amené le stock à un niveau très bas. (*in* LE GALL et MAUCORPS, 1980).

Il peut s'ajouter dans le cas de "superbancs" des problèmes de saturation de l'engin de pêche.

Il se peut aussi que ce soit surtout la taille des bancs qui diminue proportionnellement au stock. Et le nombre des bancs restant relativement stable. En ce cas la probabilité de rencontre de ces bancs reste constante et la CPUE est alors un estimateur non biaisé de l'abondance du stock, pourvu que la probabilité de capture d'un poisson sur un banc soit indépendante de la taille du banc. Ceci dépend alors d'une relation complexe engin pêche-effet de banc qui varie avec le mode de pêche considéré. Ce peut être un facteur qui joue dans la pêche à la canne si la frénésie alimentaire des thons était liée à la taille du banc.

Par ailleurs les situations de plus grande abondance que la moyenne peuvent également présenter des occurrences de "superbancs" très aisément détectables et exploitables. On a alors un risque de surestimation de l'abondance réelle, modulée ou non par une saturation des engins de pêche.

Dans la pêcherie de surface les CPUE ont largement fluctué ces dernières années, d'un facteur 3 environ. On peut en inférer que l'abondance a varié. De plus il est évident que les germons se présentent en bancs. Qu'en a-t-il été de la taille des bancs et comment les deux modes de pêche l'ont-ils enregistré ?

La difficulté majeure est que nous ne disposons d'aucune mesure directe de la taille des bancs. Un ligneur ne fait guère qu'un passage au hasard sur un banc et y prélève quelques poissons. Un thonier canneur peut capturer tout un banc mais nous n'en avons jamais la certitude complète.

Ceci est une situation bien différente de celle des senneurs qui peuvent capturer tout un banc, et le savoir. Mais il n'y a jamais eu de pêche au germon à la senne dans la pêcherie de l'Atlantique Nord. Enfin l'échointégration n'a jamais été essayée. On peut penser qu'elle serait infructueuse pour un poisson aussi rapide que le germon.

On peut procéder de façon indirecte selon le principe suivant : s'il existe des années "à superbancs" et si les thoniers ligneurs sont capables de les trouver et de les exploiter pendant un certain temps, il apparaîtra dans les carnets de pêche de ceux-ci un certain nombre de journées de pêche à très forts rendements. L'examen des distributions de fréquences des rendements journaliers montrera alors un "bimodalisme".

Inversement l'existence de bancs raréfiés peu détectables sera également la cause d'une partition des résultats journaliers en deux classes de journées à rendements très faibles correspondants à de la recherche infructueuse, et de journées à bons rendements lors de l'exploitation des bancs. D'où là aussi une répartition bimodale des distributions de fréquences des rendements journaliers.

Nous avons donc procédé à l'examen de la distribution des captures journalières des germons par les thoniers ligneurs pour les années 1967-1978.

Une telle recherche peut se faire sur l'ensemble de la saison de pêche. Cependant il nous a semblé préférable de disjoindre deux périodes où la répartition du germon est à l'expérience bien différente : en juin-juillet les germons arrivant dans la pêcherie au sud du 45°N rencontrent des fronts thermiques qui certaines années sont l'occasion d'excellents rendements. Ce pourrait être donc un déterminisme de "superbancs". En août-septembre les conditions de pêche au nord du 45°N sont plus homogènes en règle générale. Cependant le voisinage des accores pourrait également aider à la formation de "superbancs". A titre d'exemple, on note 691 et 692 les deux périodes de 1969.

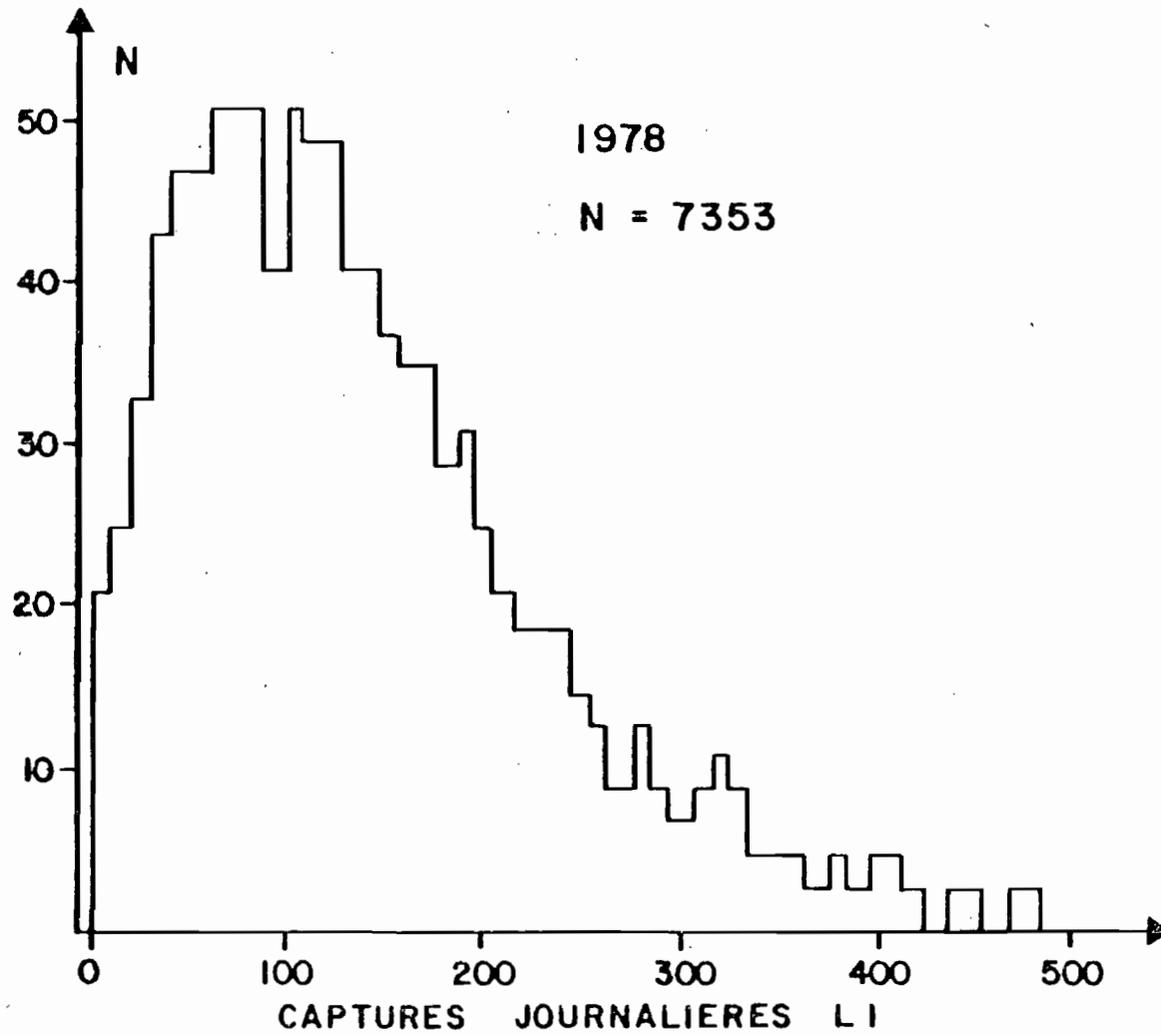


Figure 39 : Exemple de distribution de fréquence des rendements journaliers des ligneurs français. Année 1978.

On peut également examiner les rendements en demis et gros séparément puisqu'ils forment l'essentiel de la pêche des ligneurs.

Les distributions obtenues dans tous les cas sont unimodales et asymétriques (Fig.39), très semblables. Il semble vain de chercher à formaliser cette distribution car elle est le triple produit de la distribution spatiale aléatoire des bancs, de celle de l'effort de pêche des bateaux et de la taille des bancs. On peut cependant la caractériser par sa moyenne et la variance et voir l'évolution conjointe de celle-ci. C'est ce que montrent les figures 40 à 43.

On constate qu'il n'y a aucun décrochement brusque de la variance lorsque l'abondance moyenne diminue et ceci quel que soit le mode de pêche et l'âge du poisson du moins pour les ligneurs.

Ce même type de recherche a été aussi conduit sur l'ensemble de la saison ou même par mois pour juillet et août. Dans tous les cas les résultats sont cohérents : les distributions sont unimodales, asymétriques, presque homothétiques. On peut donc conclure que les "superbancs" ont peu de chance d'avoir existé. Et en tout cas, les CPUE des ligneurs en ont été peu affectées. La même conclusion vaut pour l'existence de bancs raréfiés peu détectables.

On note toutefois que pour les appâts vivants la relation entre moyenne et variance est moins régulière que pour les ligneurs. Ce qui correspond bien à la distinction que nous avons fait entre ces deux modes de pêche.

Une autre constatation renforce l'idée que les ligneurs sont peu sensibles à l'effet de banc : l'examen par période de 4 jours des indices de concentrations des ligneurs en juin-juillet lors d'années à contraste thermique (1967, 1972, 1974, 1977, 1968) et lors d'années à mauvais contraste (1967, 1968, 1973, 1975, 1976).

Le choix d'une période de quatre jours est fait d'après le travail de HAVARD DUCLOS (1973) qui a analysé au jour par jour la saison de pêche à ligne 1971. Il y montre que les thoniers ne restent sur une position de pêche guère plus de deux jours d'affilée. Ce qui correspond à notre expérience radiophonique de la flottille française.

L'analyse de variance des données selon les années ne montre pas de différence appréciable statistiquement Tableau 16. Or si des superbancs avaient existé à l'occasion de fronts thermiques accentués, les ligneurs en auraient tiré parti pour des périodes certainement supérieures à 4 jours. Là aussi rien ne montre que des superbancs stables aient donc existés.

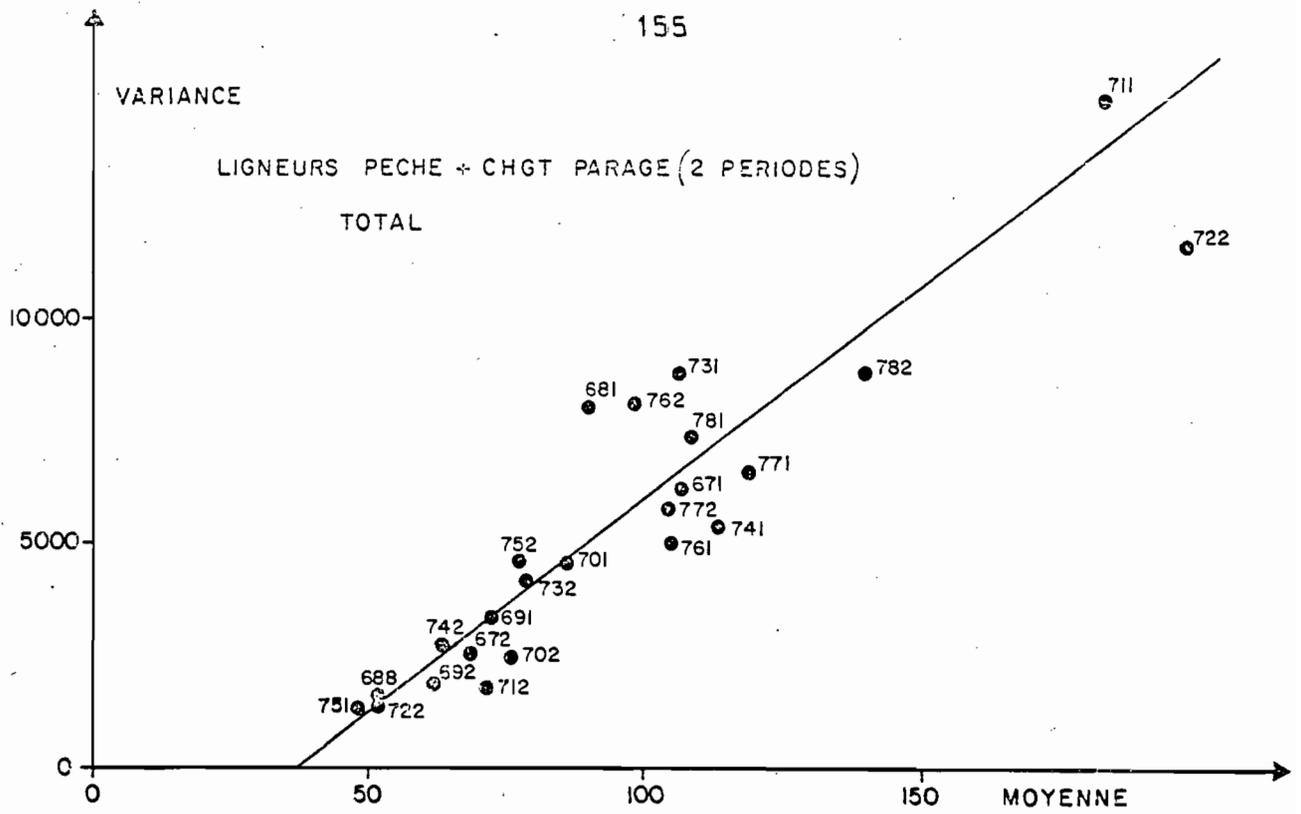


Figure 40 : Relation entre moyenne et variance des rendements des ligneurs français, toutes catégories commerciales confondues. Résultats bimensuels.

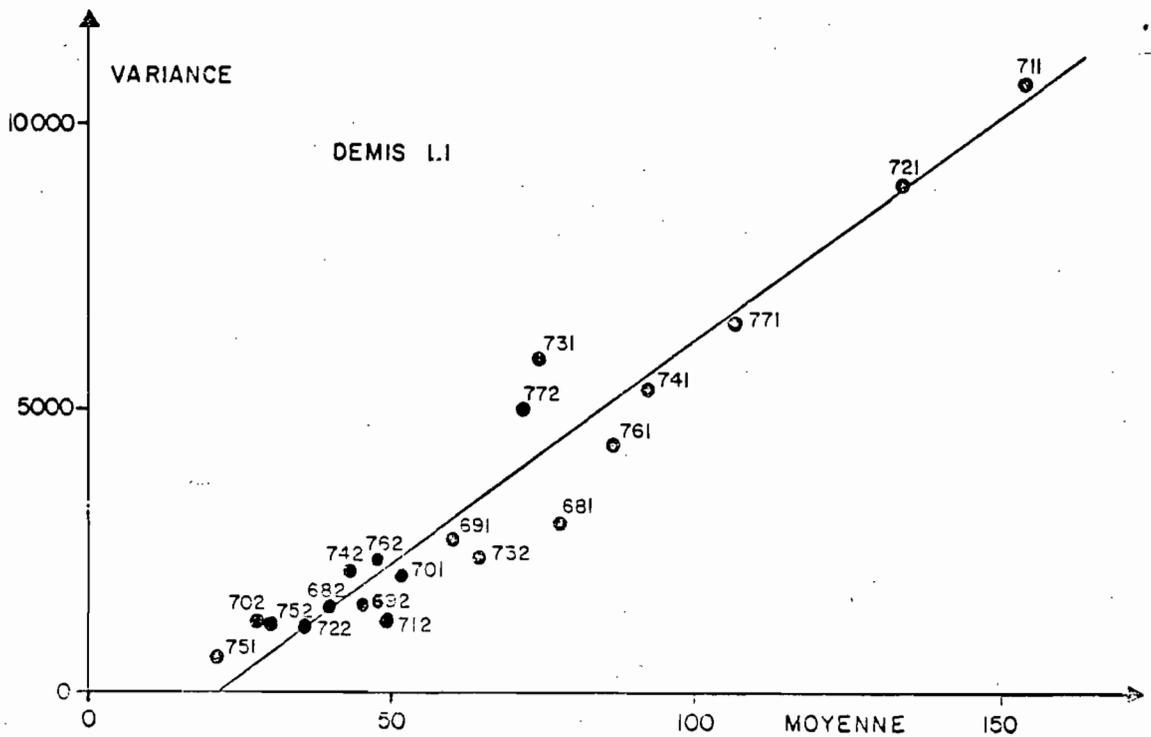


Figure 41 : Relation identique à la figure précédente pour la catégorie commerciale : demis.

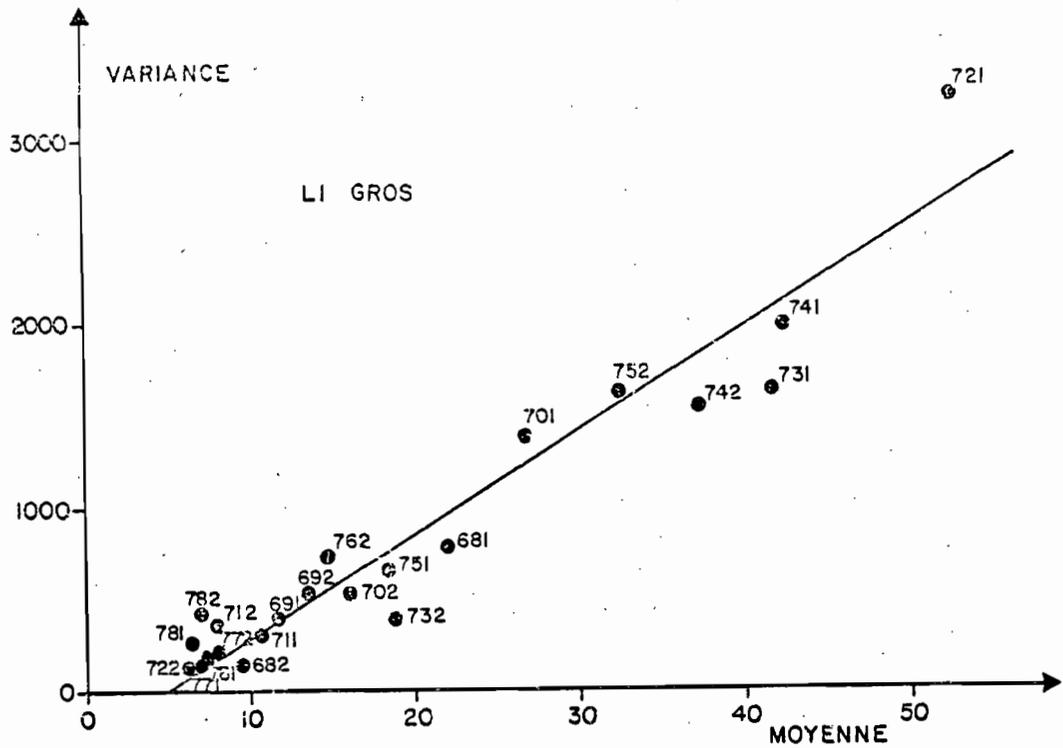


Figure 42 : Relation identique à la figure 41 pour la catégorie commerciale : gros.

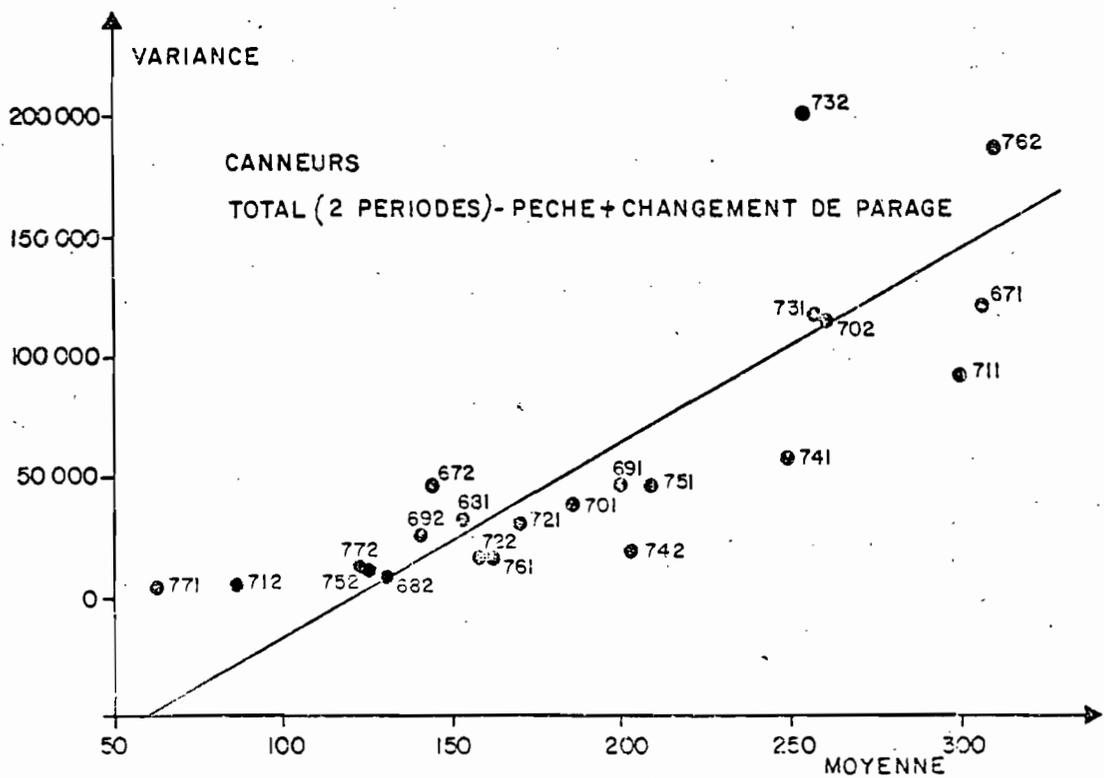


Figure 43 : Relation entre moyenne et variance des rendements des canneurs français, toutes catégories commerciales confondues. Résultats bimensuels.

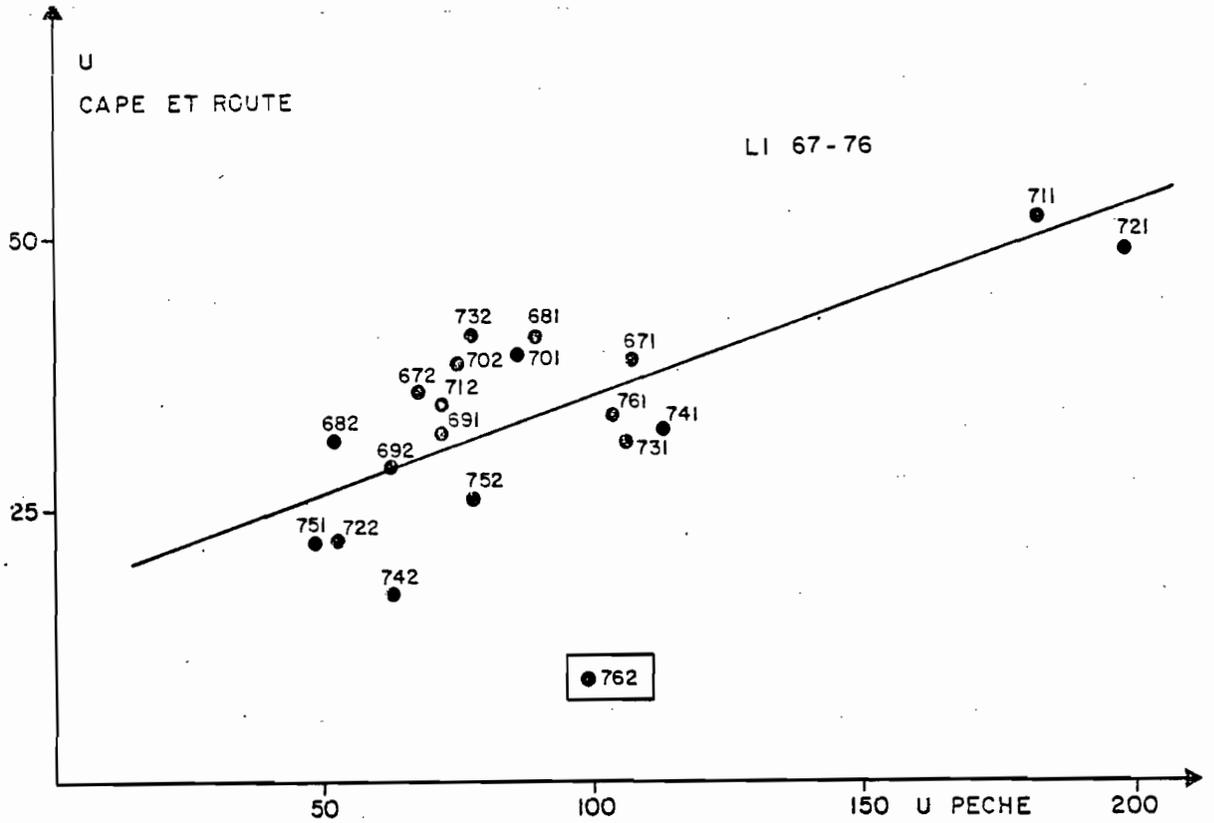


Figure 44 : Relation entre rendement par jour de cpue ou route et jour de pêche des ligneurs français, toutes catégories commerciales confondues. Résultats bimensuels. Celui de 1976 août-septembre correspond à des conditions météorologiques exceptionnelles.

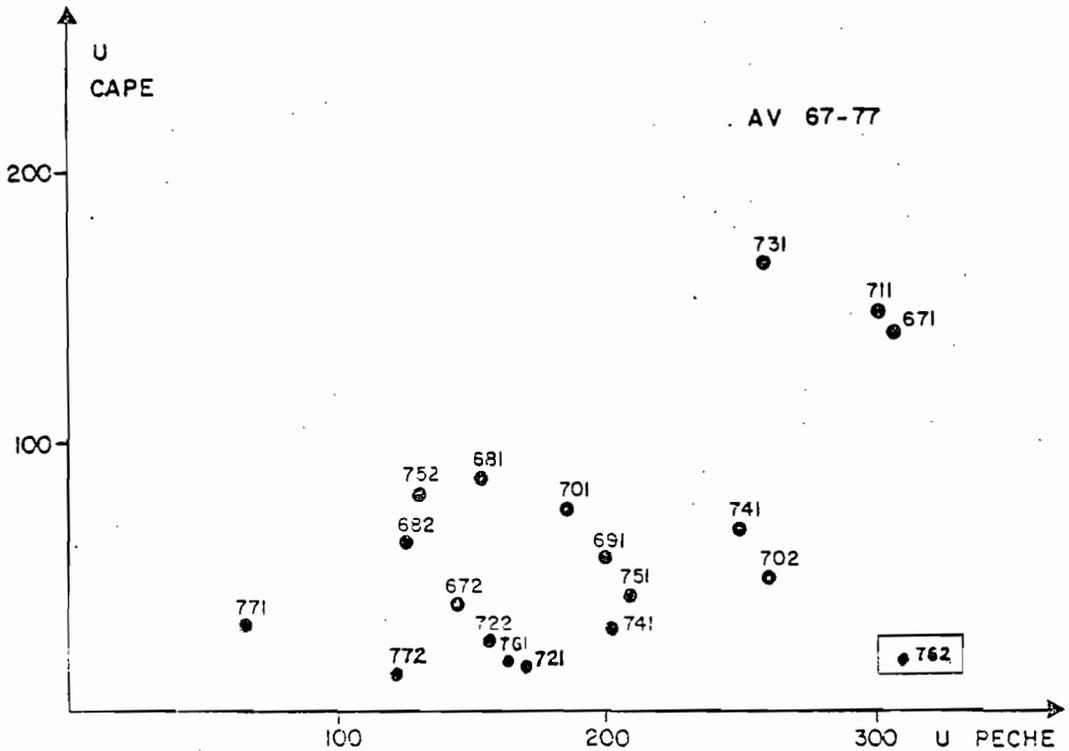


Figure 45 : Relation identique à la figure précédente pour les canneurs français.

Source de Variation	Sx ²	ddl	Carré moyen	F
Variance totale	3.371232	119		
Variance entre années	2.521773	9	0.280197	36.6127 [■]
Contraste thermique .	0.015300	1	0.015300	1.9992
Erreur	0.834159	109	0.007653	

■ Probabilité de l'hypothèse nulle < 0.01

Tableau 16 - Analyse de variance des indices de concentration entre années à fort ou faible contraste thermique. Mois de juin-juillet.

Enfin lors des jours de route et de cape, ligneurs et canneurs capturent des poissons ^{de} façon encore plus aléatoire que lorsqu'ils sont en pêche. On peut chercher à voir le degré de corrélation entre rendements de ces deux allures selon les années. On utilise là encore une bipartition des saisons. On constate que pour les ligneurs cette corrélation est forte ce qui renforce l'idée qu'ils pêchent relativement au hasard. C'est moins vrai pour les canneurs (Fig.44 et 45).

En conclusion nous n'avons trouvé aucun fait qui puisse permettre de penser que la structure des bancs ait changé de façon brusque lorsque l'abondance générale de poissons a diminué, par pêche ou par fluctuation du recrutement. Tout au moins les ligneurs ne semblent pas sensibles à une telle évolution si elle se produisait malgré tout. Pour les canneurs la situation est plus floue, ce qui correspond bien à une zone de pêche et à un mode de pêche où la structure en bancs a plus d'importance.

Une série d'observations confirme notre conclusion. De nombreux marquages ont été effectués sur des jeunes germons tant en Atlantique Nord (ALONCLE et DELAPORTE, 1979) que dans le Pacifique Nord-Est (LAURS et LYNN, 1977).

Dans les deux cas, les ligneurs sont présents en nombre important et ont capturé ces dernières années près des deux tiers de poissons débarqués. Or les retours de marques sont dans les deux cas très largement le fait des thoniers canneurs. Ainsi dans la pêcherie US les ligneurs ramènent 15,0% des marqués contre 68,9% aux canneurs (le reste aux palangriers). Il en est grosso-modo de même en Atlantique. Or les germons sont marqués en "paquets" par les navires de recherche. Un certain nombre de bancs comprennent X poissons marqués. D'autre pas. La probabilité de trouver un banc marqué est supérieure pour les ligneurs. Or la fréquence observée des retours de marque est inverse. Le fait qui renverse l'inégalité est que un canneur capture presque tout le banc, alors que les ligneurs "écrèment" chaque banc. La capturabilité d'un germon par un ligneur est donc constante quelle que soit la taille du banc, alors qu'elle peut varier en fonction de la taille et du comportement alimentaire du banc pour l'appât vivant.

Nous avons évoqué la possibilité de saturation de l'engin de pêche. De l'examen du déroulement des marées et des rendements journaliers entre 1967 et 1979, on peut tirer des indications.

Pour les ligneurs français, la durée des marées est remarquablement constante depuis 1960 (HAVARD DUCLOS, 1973). Elle est de quatre semaines et il a été rare que les navires rentrent pour cause de cales pleines jusqu'à 1977. Cependant l'accroissement des rendements en 1978, 1979 pourrait avoir entraîné des retours précoces de ce fait. Les rendements journaliers ont varié de 0 à 1.000 poissons, les captures supérieures à 400 étant peu fréquentes. Il semble que la limite supérieure de capture des ligneurs ait rarement été atteinte.

Pour les canneurs français en revanche la durée des marée semble assez liée aux apports de celle-ci, et est plus irrégulière que celle des ligneurs. Quant à la capacité de capture journalière, elle pourrait avoir atteint ses limites plus souvent que pour les ligneurs de par l'effet de banc.

L'examen des problèmes de saturation conclut encore à la supériorité des ligneurs comme estimateurs de l'abondance.

Il n'est pas sans intérêt de relier la sensibilité à l'effet de banc aux capacités de concentration de l'effort de pêche des divers engins de pêche exploitant les thonidés. LAUREC et LE GUEN (1978a, b) ont examiné la sensibilité respective des palangriers et des senneurs aux effets de banc. Ceci sur la pêcherie d'albacore de l'Atlantique Inter-Tropical. Ils constatent que les senneurs risquent de fournir des indices d'abondance affectés par l'effet de banc tandis que celles des palangriers y sont beaucoup moins sensibles. C'est aussi une conclusion de l'analyse de l'effort de pêche des senneurs par FONTENEAU (1979).

Une capacité de déplacement rapide permet des concentrations fortes sur des zones riches. Le contraste des zones pauvres, zones riches sera accentué par l'effet de banc. La capacité de capturer ou non tout le banc joue aussi.

En ce sens les senneurs et en moindre mesure les canneurs s'opposent aux palangriers et ligneurs, engins moins actifs. C'est ce que montre le tableau 17 qui regroupe une série d'observations de divers auteurs.

On constate qu'il y a une relation entre la capacité de déplacement, les concentrations d'effort qui en résultent et la sensibilité à l'effet de banc. Il en découle que la ligne traînante et la palangre engins passifs seront des meilleurs bases d'estimation de l'abondance réelle du poisson que les engins actifs, tels que la senne et la canne.

7 - CONCLUSION

Pour répondre à nos préoccupations, nous pouvons conclure que les ligneurs pêchent relativement au hasard, intégrant plus ou moins bien les informations et se déplaçant difficilement. Les indices d'abondance qu'ils fournissent sont donc utilisables. C'est ce qui est fait au chapitre 10. Retenons que les captures de bonites, peu recherchées donc prises au hasard seraient également un bon indice possible d'abondance, donc du recrutement.

Enfin l'homogénéité des unités d'efforts de pêche de surface et la capacité relativement faible de concentration de ceux-ci rendent possible l'emploi des chiffres d'efforts nominaux du chapitre 8, au prix d'homogénéisations mineures.

Les palangriers présentent également les conditions requises pour que leurs CPUE reflètent l'abondance du stock. Ces valeurs serviront à estimer le stock reproducteur.

Epoque	Mode de pêche	Espèce	Zone	IC Moyen	Sensibilité à l'effet de banc	Source
1967-1978	Ligne	Germon	Atl.NE	m : 1.192 $\sigma = .188$	Faible	Cette étude
1970-1975	Ligne	Germon	Pac.NE	1.13 à 1.59	Faible	LAURS <i>et al.</i> (1976)
1967-1970	Appât vivant	Germon	Atl.NE	m : 1.199 $\sigma = 0.239$	Moyenne	Cette étude
1953-1958	Appât vivant	Albacore	Pac.E.	1. à 2.	Moyenne	GRIFFITHS (1960)
1973-1976	Senneur	Albacore	Atl.E.	1. à 3	Forte	FONTENEAU (1979)
1956-1967	Palangre	Germon	Atl.	0.957 à 1.112	Faible	LE GALL (1976)
1960-1966	Palangre	Germon et Albacore	Caraïbe	m : 1.10	Faible	GRIFFITHS et NEMOTO (1967)

Tableau 17 - Résumé des indices de concentration de diverses pêcheries de thons comparés à leur sensibilité aux effets de banc.

CHAPITRE 10

EVALUATION DU STOCK
DU GERMON NORD ATLANTIQUE

1 - LE PROBLEME

Le stock du germon Nord Atlantique a donc été défini comme une entité homogène possédant un système propre de reproduction et soumis à l'exploitation de trois flottilles exploitant cinq pêcheries. Par ailleurs la biologie du germon est telle que les différentes phases de son cycle ont une localisation continuellement variable dans l'océan surtout lors de la phase immature. Ces deux caractéristiques entraînent une grande variabilité de l'accessibilité des poissons dans les diverses zones de pêche et de leur vulnérabilité aux différents engins. La capturabilité définie comme la probabilité de capture d'un poisson par une unité d'effort de pêche varie avec le temps et donc l'âge du poisson, les lieux de pêches, et les engins utilisés.

Dans les chapitres 2 et 3 on a toutefois vu que, du fait des migrations, les diverses localisations du germon, sont, en gros, stables dans la durée d'un trimestre, et donc en utilisant systématiquement un intervalle trimestriel, les strates spatio-temporelles sont uniques pour chaque engin. On peut donc écrire que le vecteur des capturabilités se note pour chaque année :

$$q_{ij}$$

i étant l'âge du germon
en trimestre

j étant l'engin de pêche considéré.

Tout le problème de l'évaluation du stock de germon, donc des taux d'exploitation en fonction de l'âge, est qu'il n'y a aucune raison pour que q_{ij} reste constant dans l'espace engin/trimestre, d'après ce que nous savons de la biologie de l'animal. Donc, dans l'évaluation des mortalités par pêche, les termes q_{ij} interviendront et ceci biaisera les mortalités par pêches apparentes. Une solution classique à cet état de choses est le recours à l'analyse des cohortes.

Cependant, cette méthode est affectée de plusieurs défauts, certains inhérents à la méthode elle-même, l'autre à la faible précision des données sur les captures de germons adultes par les palangres flottantes. Il y a aussi des raisons de soupçonner des biais engendrés par une hétérogénéité de sexes en fonction de la taille (Chapitre 12). Enfin, l'analyse des cohortes requiert une information indépendante supplémentaire, et dans le cas qui nous intéresse elle fait défaut. Les divers palliatifs classiquement utilisés en pareil cas conduisent à des résultats imparfaits.

Nous avons donc eu recours à une analyse simultanée des cohortes traversant la pêcherie de surface, sur laquelle de bonnes données sont disponibles entre 1966 et 1978. Il s'agit donc d'une analyse multicohorte. De plus, l'effort de pêche de surface a décru lors de ces années, et corrélativement les taux d'exploitation apparents ont diminué. Ceci est une circonstance intéressante, qui comme on le verra, permet une bonne application de cette méthode. Elle permet d'estimer objectivement les capturabilités à deux et trois ans des germons dans la pêche des ligneurs français. Une fois les q_{ij} des ligneurs déterminés, l'information supplémentaire nécessaire à une analyse des cohortes correcte, sur les seules données des pêcheries de surface, peu entachées d'erreurs, amène tous les éléments désirés sur les volumes du recrutement des années 1964-1976. On pourra également évaluer au mieux les taux d'exploitation par âge du germon Nord Atlantique entre 1965 et 1978.

2 - LES DONNEES

Elles ont été décrites dans le chapitre 9. A l'issue des compilations et calculs divers, nous disposons d'une série de tables démographiques partant sur les captures des grandes pêcheries pour la période 1957-1978. Existente également par pêcheries, des tables des efforts de pêches standardisés pour la même période.

Les degrés de fiabilité des chiffres ainsi exposés ont été commentés. Rappelons que la table démographique des germons pêchés à la palangre est moins bonne que celle des pêches de surface, faute d'échantillons et de par la variance des relations âge-taille. Les estimations des efforts de pêche sont pour leur part de qualité comparable.

3 - LES MODELES EMPLOYES

La décroissance des effectifs selon le temps, d'une population d'animaux marins est très généralement considérée comme suivant une loi exponentielle du type :

$$N = N_0 e^{-Zt}$$

que l'on approchera par une loi :

$$N_{i+1} = N_i e^{-Z_i t_i}$$

d'un temps i à un temps $i+1$, où les taux de mortalité instantanée Z_i sont supposés constants ; ce qui est une approximation de la réalité. Nous avons vu que pour le germon, l'usage d'un intervalle de temps d'un trimestre permet d'accepter cette hypothèse. Durant l'intervalle i la décroissance des effectifs se fait exponentiellement et le nombre moyen des individus sera

$$\bar{N} = \int_0^1 N e^{-Zt} dt = \frac{N(1-e^{-Zt})}{Z}$$

Si l'on sépare les causes de mortalités instantanées en mortalité naturelles M et en mortalité par pêche F , $Z = F + M$, le prélèvement par pêche C (les captures en nombre) sera proportionnel au nombre moyen de poissons, soit donc :

$$C = F \bar{N}$$

$$C = \frac{NF (1-e^{-(F+M)t})}{F + M}$$

transcrite en posant $(1-e^{-(F+M)t}) = A$ en :

$$(1) \quad C = \frac{NAF}{Z} \text{ dite équation de BARANOV (fide RICHER, 1975).}$$

Pour chaque période i on aura donc :

$$(1') \quad C_i = \frac{N_i F_i A_i}{Z_i}$$

où N_i est le nombre absolu d'individus au début de l'intervalle i , et, F_i , A_i , Z_i , les coefficients constants dans l'intervalle i . t sera pris égal à 1 pour l'intervalle trimestriel que nous avons retenu. Pour exprimer en base annuelle, plus classique, les coefficients, il suffira de donner la valeur 0.25 à t . Par ailleurs F est lié à l'effort de pêche f qui l'engendre par la relation :

$$F = q f / t$$

Soit pour l'engin j et la période i :

$$F_{ij} = q_{ij} f_{ij} / t \quad (2)$$

F sera exprimé en base trimestrielle avec $t = 1$ et convertible en valeur sur base annuelle en prenant $t = 0.25$; de même pour q affecté du facteur 0.25.

Les mortalités par pêche sont additives dans la période i et :

$$F_i = \sum_j q_{ij} f_{ij}$$

de même

$$C_i = \sum_j C_{ij} \text{ prises de chaque engin.}$$

D'où C_{ij} proportionnel à F_{ij} et l'on tirera F_{ij} d'un F_i estimé sur le stock total par simple proportion. Donc les q_{ij} demeurent les principales inconnues.

Ce modèle dit exponentiel de RICKER est donc défini ; il est discret et déterministe. L'usage de $4 \times 9 = 36$ trimestres semble garantir une bonne adéquation à la fonction continue réelle de la décroissance démographique des germes. Reste à déterminer q_{ij} sur la base de la table démographique 1957-1978 et des efforts conjoints.

L'indice le plus commode traduisant l'abondance d'une catégorie de poissons est la prise par unité d'effort (CPUE) définie alors comme suit :

$$U_i = \frac{C_i}{f_i} = \frac{q_i A_i N_i}{Z_i} \quad (3)$$

Pour deux périodes distinctes nous avons :

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{q_1 N_1 Z_2 A_1}{q_2 N_2 Z_1 A_2}$$

Les effectifs réels au début de chaque période mesurent la décroissance exacte des poissons soit donc :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1 q_2 Z_1 A_2}{U_2 q_1 Z_2 A_1}$$

et comme par définition : $N_2 = N_1 e^{-Z_1}$ en passant en logarithmes :

$$\text{Log.} \frac{N_2}{N_1} = -Z_1 = \text{Log.} \frac{U_2}{U_1} + \text{Log.} \frac{q_1}{q_2} + \text{Log.} \frac{Z_2 A_1}{Z_1 A_2} \quad (4a)$$

Equation de la mortalité instantanée entre deux périodes 1 et 2. Cette équation est implicite et contient trois inconnues (q_1, q_2, Z_1).

L'une des simplifications les plus évidentes est d'admettre que q_1 et q_2 sont identiques, donc que la capturabilité reste constante sur les deux périodes (soit q). C'est ce que font BEVERTON et HOLT (1957). A cette condition, l'équation devient :

$$M + qf_1 = -Z_1 = \text{Log} \frac{U_2}{U_1} + \text{Log} \frac{Z_2 A_1}{Z_1 A_2} \quad (4b)$$

Elle peut être résolue par divers artifices. BEVERTON et HOLT procèdent par itération sur une série de périodes 1, 2, .. n dont les efforts sont connus et obtiennent M et q puis F. PALOHEIMO (1961) montre qu'en prenant des chiffres d'effort de pêche moyennés d'une période sur l'autre on obtient q, M et F sans itération.

Enfin si l'on considère que q est constant et si les efforts de pêche f ne varient pas trop sur les couples de périodes considérées, ce qui est souvent le cas, l'expression

$$\text{Log} \frac{(qf_2 + M) (1 - e^{-(qf_1 + M)})}{(qf_1 + M) (1 - e^{-(qf_2 + M)})}$$

ne diffère pas trop de 0 et Z est simplement exprimé par les CPUE. Ce qui est fait couramment dans la littérature.

Bien d'autres méthodes ont été proposées, qui toutes admettent plus ou moins implicitement la constance de q . Ainsi l'analyse des "courbes de captures" (RICKER, 1975). Or nous savons que pour le germon il n'est pas possible d'admettre une constance de q pour quelque couple de période considérée que ce soit. Reste alors l'usage de l'analyse de cohortes définies simultanément par MURPHY et GULLAND (1965). Rappelons-en les équations brièvement.

Si nous disposons pour tout le stock d'une estimation des captures en nombre par âge pour une série de périodes successives, on peut écrire en prenant $t = 1$.

$$C_i = \frac{A_i F_i N_i}{Z_i}$$

$$C_{i+1} = \frac{A_{i+1} F_{i+1} N_{i+1}}{Z_{i+1}}$$

$$\text{avec } N_{i+1} = N_i S_i \quad S_i = e^{-Z_i}$$

$$\text{d'où : } \frac{C_i}{N_{i+1}} = \frac{F_i A_i}{S_i Z_i} \quad (5)$$

équation solvable par approximations successives. On voit que si l'on a une estimation de N_{i+1} , on peut remonter à N_i et ainsi de suite.

D'autres combinaisons sont possibles, et les équations faciles à dériver. Elles ont en commun de permettre les calculs séquentiels des divers effectifs successifs et des mortalités afférentes (CADIMA, 1977).

L'analyse de cohortes consiste, sur la série de captures successives par âge, pour toute une cohorte représentant un stock défini, à calculer successivement l'équation (5) soit en allant des jeunes classes vers les vieilles, et l'analyse sera dite directe, soit des vieilles classes vers les jeunes l'analyse est alors inverse.

Pour i périodes donc N_i (ou F_i) inconnus, nous avons $i-1$ équation (5). S'ajoute M qui est inconnue. Donc $i+1$ inconnues pour $i-1$ équations. Il pourrait y avoir plus d'inconnues si M varie avec les périodes.

Il faut donc des éléments d'information quantitative extérieurs.

Tout d'abord M est systématiquement estimée d'après les grands traits de biologie de l'animal. C'est ce qui est fait au chapitre 11. Reste une information sur un F_i ou un N_i quelconque. Cela peut se faire grâce à des marquages. Nous verrons que pour les germons il ne peut être espéré de solution par cette voie.

PALOHEIMO (1980) présente une méthode de résolution affinée de l'équation 4b, basée sur la régression des CPUE par âge en fonction des efforts exercés successivement sur une série de cohortes. On détermine ainsi q et M avec un intervalle de confiance et un recours à des analyses de cohorte permet dans une certaine mesure d'approcher des capturabilités par âge.

Un phénomène a été souvent mis à profit : si l'on opère en méthode inverse, à partir d'un F_i terminal dit alors F_n , quelconque, on constate que les diverses estimations de N_1 obtenues au bout du calcul séquentiel, convergent fortement, et ce, d'autant plus que i est grand. Ceci tient à ce que la part d'erreur faite lors de chaque estimation d'un N_1 diminue à chaque pas de l'analyse. Il s'agit donc d'une propriété "mécanique" de la méthode inverse.

Bien des auteurs ont utilisé cette propriété qui permet d'estimer le recrutement annuel, soit donc les effectifs N_1 pour toute une série de cohortes. Cependant le choix des F_n n'est pas si simple qu'il n'y paraît et peut amener à des biais importants. Ce qui a été le cas pour une de nos analyses du germon (BARD, 1977).

Enfin, divers biais de l'analyse de cohortes selon les estimations employées de M , et la distribution des captures dans l'intervalle i ont été examinés par les auteurs (AGGER *et al.*, 1973 ; POPE, 1974 ; SIMS et PARRACK, 1980). Après examen, l'usage d'un intervalle de temps trimestriel, et d'un vecteur de mortalité naturelle tel que défini dans le chapitre 11, permet de penser que les biais éventuellement induits sont bien inférieurs à ceux que produirait l'usage d'un F_n incorrect.

4 - L'ANALYSE DES COHORTES DE GERMONS
PECHES DE 1957 A 1978

La table démographique du germon Nord Atlantique donne l'histoire des captures sur les cohortes complète 1954-1966. La qualité des données varie toutefois et comme il l'a été souligné maintes fois, la décomposition de captures palangrières par classes d'âge est douteuse et enfin la méthode "du hachoir" sous estime probablement les classes d'âge fortes alors qu'elle sur-estime les faibles.

En revanche la disposition de 36 intervalles et de l'intégralité des effectifs pêchés sur une cohorte jusqu'à son extinction, sont garants d'une bonne convergence en méthode inverse. La démarche suivie a donc été de choisir des F_n dans une gamme considérée comme raisonnable. L'un des guides est l'estimation des q_{ij} palangriers pour les germons de 6 à 10 ans obtenus par la méthode de SUDA (1970) dans trois stocks de germons pêchés par la palangre.

$$\text{Soit par hameçon} = \begin{cases} - \text{Atlantique Nord} : q = 1.42 \cdot 10^{-8} & (\text{MORITA, 1976}) \\ - \text{Atlantique Sud} : q = 1.335 \cdot 10^{-8} & (\text{MORITA, 1977}) \\ - \text{Océan Indien} : q = 1.06 \text{ à } 1.23 \cdot 10^{-8} & (\text{SUDA, 1974}) \end{cases}$$

Ces valeurs sont calculées sur une période annuelle et ne tiennent pas compte d'une variation de q_{ij} avec l'âge. Elles supposent implicitement que la capturabilité des grands thons ne varie donc plus avec l'âge. Nous avons vu, que par la biologie même du germon, effectivement les variations de disponibilité risquent d'être moindres chez les adultes que chez les immatures. Aussi, une capturabilité constante pour les âges 6 à 10 ans constitue une approximation grossière mais utile.

L'admission totale de cette hypothèse mènerait d'ailleurs à une analyse de population virtuelle (VPA) telle qu'elle est définie par CADIMA (1977) et le problème serait résolu. Cependant tant pour des raisons d'écologie des adultes que pour les doutes exprimés sur la validité de la table pour les âges au-delà de cinq ans, on ne peut se résoudre à l'accepter totalement. Toutefois la gamme des F_n que l'on en déduit est alors de 0.02 à 0.5 (trimestriel). Les valeurs de M retenues sont conformes à celles du chapitre 11.

Les résultats obtenus montrent une convergence très forte des effectifs N_i calculés en méthode inverse à partir de 6 ans. Cette convergence est accentuée par le fait que l'essentiel des captures en nombre du stock Nord provient des pêches de surface, donc d'individus jeunes.

Les q_{ij} des engins traîne et canne pour les classes d'âge 1 à 4 ans ont été déduits pour chaque cohorte complète 1955-1967. La moyenne de ces valeurs, affectées des efforts de pêche selon la formule :

$$F_i = \sum_j q_{ij} f_{ij}$$

donne des F_n applicables aux cohortes réduites 1968-1974 encore incomplètement exploitées. Nous avons retenu F_n à 3 ans, au vu de la faible variance des valeurs de q_{3j} obtenues et de l'importance de cette classe dans les captures. A défaut pour les dernières cohortes 75-76, F_n est appliqué à 2 ans puis à 1 an.

Le détail de toute cette procédure est expliqué plus avant dans BARD (1977) et BARD et GONZALES GARCES (1980). Le tableau 18 résume les recrutements ainsi obtenus, exprimés en nombre de bonites en juillet de l'année n . On voit qu'ils varient tout au plus d'un rapport 1 à 3, ce qui est en accord avec les CPUE des ligneurs. Ils sont comparables aux estimations des recrutements du stock "jumeau" du Pacifique Nord soit 10 à 20 10^6 individus de deux ans, obtenus également par l'analyse des cohortes (WETHERALL et YONG, 1976).

Si l'on considère alors les capturabilités q_{ij} pour la canne et la traîne, elles semblent correctes, et en particulier $q_2 > q_3$, pour la traîne. Ce qui était une condition impérative (Tableau 19).

Des éléments non satisfaisants demeurent toutefois : en particulier si l'on considère la distribution de fréquence des recrutements, l'occurrence des faibles cohortes 1968, 1973 ne comporte pas symétriquement des fortes cohortes.

Or un stock qui se maintient face à l'environnement, s'il subit des conditions de faible recrutement devrait en compensation tirer bénéfice des conditions de bon recrutement. La méthode de décomposition en classes d'âge dite du "hachoir" explique cette anomalie : si une forte cohorte maintient des effectifs élevés jusqu'à un âge avancé, on sous-estimera les captures C_n de la classe d'âge n . Et le F_n moyen arbitraire appliqué à ces captures sera d'autant surestimé.

RECRUTEMENT

Cohorte	Analyse de cohorte	Multicohorte	CROCA	Echappement à 5 ans
1955	12.5		13-12	
1956	14.7		17-16	
1957	13.4		13-6	
1958	14.4		14-13	
1959	12.3		22-12	
1960	14.1		24-14	
1961	12.9		20-11	
1962	13.4		35-13	
1963	9.5		10-9	
1964	14.8	16.7		1.8
1965	13.6	15.8		2.2
1966	13.1	12.8		1.5
1967	9.5	14.2		2.3
1968	5.5	7.2		1.2
1969	13.7	19.2		3.4
1970	9.2	13.4		3.2
1971	12.5	13.5		3.0
1972	7.2	12.0		3.3
1973	3.6	4.8		0.8
1974	9.8	9.9		2.0
1975	11.2	13.8		3.5
1976	12.0	12.0		
1977		19 ?		

Tableau 18 - Estimations selon diverses sources du recrutement en germons de 1 an (bonites) du stock Nord Atlantique. Evaluation d'échappement vers la population adulte (en 10^6 individus).

Age	1	2	3	4	Unité
Ligne	3.92	37.48	33.60	1.88	en 10^6 j de pêche ⁻¹
Canne	9.52	49.88	83.60	22.84	en 10^6 j de pêche ⁻¹

Tableau 19 - Capturabilités par âge et mode de pêche de surface déduites de l'analyse des cohortes 1955-1967. Base trimestrielle.

D'où de proche en proche en remontant, une surestimation systématique des taux d'exploitation même pour les classes d'âge à captures correctement estimées. Et une sous-estimation du recrutement.

Ce biais engendré par l'usage conjoint du hachoir et de l'analyse des cohortes semble devoir être courant dans les évaluations du stock des thonidés. On verra dans le chapitre 12 que les déterminations incorrectes d'âges des grands germons, dus aux différences de taux de croissance selon le sexe peuvent mener à des biais comparables.

Enfin les F_n retenues font que les échappements à la pêcherie de surface (soit donc l'effectif à cinq ans révolus de cohortes) alimentant la pêcherie de palangre, sont toujours faibles, voire même "à la limite". Cela implique une pêcherie palangrière très efficace, exploitant au mieux une maigre ressource, sans espoir d'augmentation de ses captures.

Cela est possible assurément, mais ne correspond pas aux jugements courants sur l'efficacité de cet engin. Enfin, malgré les incertitudes sur la répartition des captures palangrières entre les stocks Nord et Sud, les captures d'adultes sur le stock Nord semblent avoir augmenté régulièrement de 1972 à 1977. En d'autres termes l'estimation des taux d'exploitation du stock Nord est "haute".

En définitive, l'analyse des cohortes de germon est marquée par le péché originel d'une table démographique des captures palangrières approximatives. Les F_n correspondantes à appliquer sont d'autant plus difficiles à approcher. En conséquence il faut pouvoir résoudre le problème par une méthode d'analyse directe des pêches de surface.

5 - LES MARQUAGES

Les résultats des marquages effectués par l'ISTPM de 1967 à 1978 devraient pouvoir fournir des informations indépendantes sur les taux d'exploitation de la pêcherie de surface. En fait, l'examen des résultats de captures est décevant. Deux types de difficultés s'opposent à une évaluation d'un N_i ou d'un F_i quelconque.

D'une part, toutes les inconnues qui affectent le calcul des F_i ou N_i à partir des CPUE affectent tout autant les effectifs des recaptures aux différents âges. En d'autres termes : si les capturabilités q_{ij} varient bien en fonction de l'âge et de l'engin, cela affecte également les probabilités de recaptures des poissons marqués, et l'on ne disposera pas d'assez d'équations pour estimer F_i ou N_i . Cela correspond en gros à une erreur de type C, sensu RICKER (1975), qui rend impossible l'application rigoureuse des nombreuses méthodes existantes, basées sur le taux de survie constant d'un âge sur l'autre, et donc d'une probabilité de retour constante.

Par ailleurs les chiffres de recaptures obtenus sont minimes : de l'ordre de 2 à 3%. ALONCLE et DELAPORTE (1976) examinant la décroissance des retours en fonction du temps, tous âges confondus, obtiennent des chiffres très faibles, et l'ordonnée à l'origine qui indiquerait grossièrement le nombre de germes ayant survécu au marquage est de 90 pour 4924 thons marqués de 1967 à 1974.

Il y a donc l'indication d'une forte erreur de type A (sensu RICKER), c'est-à-dire de perte instantanée de marques. Le manque de renvois de marques par les pêcheurs n'y est probablement pas étranger, mais il y a des présomptions que le mode de pêche employé, la traîne, choque fortement les germes. C'est ce que confirment LAURS *et al.* (com.pers.) qui ont constaté sur des germes ainsi pêchés des symptômes nets de stress extrêmement forts (acidose du sang). Les mises en élevage de jeunes thons rouges d'écologie semblable, pêchés à la traîne montrent également une forte mortalité due à ce choc (HARADA, 1979). Cette forte perte de type A fait donc que les valeurs absolues des retours sont très faibles, et partant les informations que l'on peut en tirer peu fiables. ALONCLE et DELAPORTE (op. cit.) au prix de l'hypothèse implicite d'un taux de capturabilité constant sur les âges 2 à 4 obtiennent une valeur de $Z = 0.76$ pour la période 67-74. HUE (1979) arrive à des valeurs analogues toujours au prix de la même approximation.

Il semble que ces deux problèmes rencontrés soient constants chez les thonidés. Cela rend, en particulier, difficile l'emploi des méthodes de marquage, recapture, marquage successif qui pourraient donner des données suffisantes pour résoudre F_i et N_i (JONES, 1978).

La grande mobilité des individus et le comportement de bancs qui empêchent la dispersion au hasard renforcent ces difficultés. Il n'y a donc pour l'instant pas de solution apportée par des expériences de marquages.

6 - L'ANALYSE MULTICOHORTE : UNE SOLUTION PRECISE DU PROBLEME

6.1 - LE PRINCIPE

Le principe de cette analyse dérive de la constatation que pour une cohorte comportant i périodes ou classes d'âge, on est confronté à $i+1$ inconnues pour $i-1$ équations. Si l'on exprime les équations en fonction des capturabilités q_i , en admettant qu'elles sont constantes d'une cohorte sur l'autre, on peut obtenir pour k les cohortes $k(i-1)$ équations pour toujours $i+1$ inconnues. Mais alors le nombre supérieur d'équations exclut une série de solutions exactes et il faut procéder à un ajustement probabiliste des valeurs q_i . Cela ne fait que correspondre à la constatation que les q_{ik} varient d'une année sur l'autre en fonction de l'environnement, du comportement du poisson et des engins de pêche, tous nécessairement variables. On admettra donc que q_{ik} fluctue sans tendance autour d'une valeur moyenne à estimer.

Une résolution de ce cas existe, due à DOUBLEDAY (1975) et POPE (1977).

Dans le cas du germon, le problème est compliqué par l'existence de j engins, soit donc l'existence de capturabilités inconnues q_{ij} à calculer sur les cohortes. La méthode présente en tient compte.

6.2 - HYPOTHESES

On a montré dans le chapitre 8 que les CPUE des différents engins exploitant le germon n'ont pas le même degré de fiabilité ; et que en particulier la CPUE des ligneurs français pour les classes d'âge demis et gros sont les plus représentatives de l'abondance de deux classes d'âge successives.

En d'autres termes, les capturabilités q_d LIF et q_g LIF sont les plus susceptibles d'être restées constantes sur la série des cohortes récentes pêchées en surface. Ceci de par le mode de pêche constant de ces navires, signifiant une unité d'effort homogène, par la bonne qualité des échantillons et par l'identification nette des demis et des gros aux classes d'âge 2 et 3. Nous ferons donc l'hypothèse suivante :

Les q_{2k} LIF et q_{3k} LIF ont fluctué sans tendance pendant le passage des cohortes 1964-1975, soit donc k variant de 1 à 12.

Ces deux quantités sont nos inconnues. On connaît les captures totales en nombre C_{ik} . Les CPUE des ligneurs français $U_{i,k,LI}$ et la mortalité naturelle M est supposée connue.

On voit que les hypothèses se réduisent à la pêche des ligneurs. En particulier la pêche des autres engins ont pu varier tant par les méthodes que par les quantités d'effort. Ce qu'il sera intéressant d'examiner en vérifiant après résolution du problème, les q_{ijk} .

6.3 - LA METHODE

Elle est due à A. LAUREC et est décrite en détail par LAUREC et BARD (1980). Dans les paragraphes qui suivent nous réexposons succinctement les équations en montrant les correspondances avec celles de l'analyse des cohortes classiques ; et en insistant sur le caractère "germon" du problème.

6.3.1. La première difficulté est que l'effort de pêche f_{ik} appliqué à la classe d'âge i est composite, puisque appliqué par les ligneurs français, les ligneurs espagnols, les canneurs des deux pays. On peut cependant obtenir un indice d'exploitation E_{ik} de type ligneur français par la relation :

$$E_{ik} = C_{ik} / U_{i,k,ligne}$$

et donc parallèlement puisque : $F = qf$

$$F_{ik} = q_{Lij} E_{ik}$$

qui permet de faire apparaître : $q_{LI\ ik}$ nos inconnues, dont on simplifie la notation en q_{li} . L'indice d'exploitation E_{ik} est bien proportionnel à la mortalité par pêche totale sur la classe i . Le calcul des E_{ik} à partir des données du chapitre 8 n'offre pas de difficultés.

6.3.2. Les équations de base.

Puisque de par les hypothèses posées au début de ce chapitre, nous résolvons un modèle de RICKER discretisé, on peut poser pour l'ensemble des engins l'équation (1') :

$$C_{ik} = \frac{N_{ik} F_{ik} (1 - e^{-Z_{ik}t})}{Z_{ik}}$$

Or nous avons $\therefore F_{ik} = q_{li} E_{ik}$ d'où :

$$C_{ik} = \frac{N_{ik} q_{li} \cdot E_{ik} (1 - e^{-(M+q_{li} \cdot E_{ik})t})}{q_{li} \cdot E_{ik} + M}$$

en faisant apparaître U_{ikl} , CPUE des ligneurs :

$$U_{ikl} = \frac{N_{ik} q_{li} (1 - e^{-(M+q_{li} \cdot E_{ik})t})}{q_{li} \cdot E_{ik} + M}$$

Du fait du caractère saisonnier de l'exploitation on posera pour une année $t = 1 = t_{ex} + t_{sex}$.

t_{ex} = temps d'exploitation par la pêcherie de surface, soit un trimestre,

t_{sex} = reste de l'année où la classe d'âge i est soumise à la seule mortalité naturelle.

De plus, nous avons entre les effectifs des deux classes d'âge, demis et gros, la relation :

$$N_g = N_d e^{-Z_d}$$

D'où, en posant pour n'importe quelle cohorte, les conventions suivantes :

$$N_{ik} = \begin{cases} \text{pour les "demis"} = N_{2k} \text{ au début de } \text{tex}_i \\ \text{pour les "gros"} = N_{3k} \text{ au début de } \text{tex}_{i+1} \end{cases}$$

et
$$N_{3k} = N_{2k} e^{-(E_{2k} + M) \text{tex}} e^{-M \text{tex}}$$

d'où :
$$N_{3k} = N_{2k} e^{-(E_{2k} \text{tex})} e^{-M}$$

et en appliquant l'équation (1') aux deux classes d'âge demis et gros :

$$(6a) \quad U_{2k} = N_{2k} \frac{q_{1i2} (1 - e^{-(M + q_{1i2} E_{2k}) \text{tex}})}{q_{1i2} E_{2k} + M}$$

$$(6b) \quad U_{3k} = \left[N_{2k} e^{-M} e^{-q_{1i2} E_{2k} \text{tex}} \right] \left[\frac{q_{1i3} (1 - e^{-(M + q_{1i3} E_{3k}) \text{tex}})}{q_{1i3} E_{3k} + M} \right]$$

Ces deux équations comportent les inconnues N_{2k} , q_{1i2} , q_{1i3} . Elles sont applicables à toute cohorte k .

On simplifie derechef en posant

$$q_{1i2} : q_2 \quad q_{1i3} : q_3$$

6.3.3. Simplification des équations de base (6a) et (6b).

Elle est basée sur le fait que $y = \frac{1 - e^{-x}}{x}$ tend vers $e^{-x/2}$ quand x tend vers 0. Par des exemples numériques, on a montré que l'approximation est des plus légitimes lorsque x est inférieur à 1. Or de par l'analyse des cohortes 63-74 que nous avons retenues, Z_2 est inférieur à 0,8, puisque l'hypothèse utilisée était trop forte. Z_3 est encore plus faible.

On transforme ainsi (6a) et (6b), en passant aux logarithmes

$$(7a) \text{ Log } U_{2k} = \text{Log } N_{2k} + \text{Log } q_2 - (M + q_2 E_{2k}) \text{ tex}/2 + \text{Log } \text{tex}$$

$$(7b) \text{ Log } U_{3k} = \text{Log } N_{2k} - M - q_2 E_{2k} \text{ tex} + \text{Log } q_3 - (M + q_3 E_{3k}) \text{ tex}/2 + \text{Log } \text{tex}$$

équations de base qu'il faut ajuster à k cohortes. La soustraction des membres des deux équations 7a et 7b mène à :

$$(8) \text{ Log } (U_{3k}/U_{2k}) = \text{Log } (q_3/q_2) - M - q_2 E_{2k} \text{ tex}/2 - q_3 E_{3k} \text{ tex}/2$$

6.3.4. Signification des équations.

Comme il a été indiqué en section 3 (équation 4a) le rapport des CPUE de deux classes d'âge traduit la décroissance des effectifs mais affecté par la variation des capturabilités.

On parlera de mortalité apparente Z'_i avec :

$$\text{Log } \frac{U_{i+1}}{U_i} = Z'_i = \text{Log } \frac{N_{i+1}}{N_i} + \text{Log } \frac{q_{i+1}}{q_i} + \text{Log } \frac{Z_i A_{i+1}}{Z_{i+1} A_i}$$

et puisque $Z_i = q_i E_i + M = \text{Log } \frac{N_i + 1}{N_i}$

$$(4c) \quad Z'_i = q_i E_i + M + \text{Log } \frac{q_{i+1}}{q_i} + \text{Log } \frac{Z_i A_{i+1}}{Z_{i+1} A_i}$$

La mortalité apparente est donc fonction de l'effort de pêche appliqué au stock, et aux faibles niveaux d'effort Z' tend vers le logarithme du rapport des capturabilités plus la mortalité naturelle. C'est ce que traduit la figure 4b. Or l'équation (8) n'est que la transposition de l'équation 4a affectée de la simplification et remplaçant N_{i+1} par $N_i e^{-Z_i}$.

Cette équation est une fonction décroissante de E_2 et E_3 et l'on voit aisément que la détermination de q_{i+1}/q_i sera d'autant plus précise que E_2 et E_3 auront varié corrélativement avec Z' . Ce point de vue dit "intuitif" servira à expliciter la qualité de l'ajustement des équations (7a) et (7b).

Enfin, si l'on peut déterminer aussi $\text{Log } q_3/q_2$ par un ajustement de l'équation 8, on peut également en tirer des estimations des N_{2k} .

En effet dans l'équation (7a) si q_2 est connu, on en déduit immédiatement N_{2k} . De même connaissant q_2 et q_3 on peut tirer N_{2k} de l'équation (7b). D'où deux estimations des N_{2k} pas nécessairement égales dont on peut tirer une valeur moyenne arithmétique. L'ajustement de l'équation 8 n'est toutefois pas simple puisque les efforts de pêche, ou leur transposée l'indice d'exploitation E_{ik} sont présents sous la forme E_{2k} et E_{3k} , donc relatifs à deux années quelconques successives. On pourrait avoir recours à des procédés approximatifs tels ceux utilisés par BEVERTON et HOLT ou PALOHEIMO pour l'équation (4b) mais la valeur de q_2/q_3 sera quelque peu grossière.

La solution la plus exacte passe par l'ajustement simultané des deux équations, (7a) et (7b) pour les k cohortes. On peut remarquer au sujet de ces équations, qu'elles ne constituent que la transposition, après simplification et changement de notations, de l'équation de base (3). Leur signification est donc bien précisée.

6.3.5. Estimation des paramètres.

Pour simplifier les équations 7a et 7b on pose :

$$l_k = \text{Log } N_{2k}$$

$$x_k = E_{2k} \text{ tex}/2$$

$$U_k = \text{Log } U_{2k} + M \text{tex}/2 - \text{Log tex}$$

$$Y_k = E_{3k} \text{ tex}/2$$

$$V_k = \text{Log } (U_{3k}) + M (1+\text{tex}/2) + \text{Log tex}$$

On voit facilement que U_k et V_k ne sont que des logarithmes des CPUE corrigées pour la mortalité naturelle. Les équations 7a et 7b deviennent :

$$(9a) \quad U_k = l_k - q_2 x_k + \text{Log } q_2$$

$$(9b) \quad V_k = l_k - 2q_2 x_k - q_3 Y_k + \text{Log } q_3$$

On a pour inconnues q_2 , q_3 et l_k qu'il faut estimer à partir des équations (9a) et (9b). Comme il l'a été dit il s'agit donc d'un ajustement probabiliste. On a choisi le critère des moindres carrés, ce qui revient à minimiser la quantité θ :

$$= \sum_k \left[(U_k - k + q_2 x_k - \text{Log } q_2)^2 + (V_k - k - 2q_2 x_k - q_3 Y_k + \text{Log } q_3)^2 \right]$$

Les valeurs qui minimisent sont celles qui annuleront les dérivées partielles

$$\frac{\partial \theta}{\partial q_2}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial q_3}, \quad \frac{\partial \theta}{\partial l_k}$$

Considérons $\frac{\partial \theta}{\partial l_k}$ qui s'écrit pour une cohorte k

$$= -2 \left[(U_k - l_k + q_2 x_k - \text{Log } q_2) + (V_k - l_k + 2q_2 x_k - \text{Log } q_3) \right]$$

Si on l'annule on obtient :

$$(10) \quad l_k = \frac{1}{2} (U_k + V_k + 3q_2 + q_3 Y_k - \text{Log } q_2 - \text{Log } q_3)$$

Cette équation exprime l_k en fonction des deux inconnues q_2 et q_3 pour chaque cohorte k . On la rapportera dans l'expression θ et on obtient la fonction ψ qui ne dépend que de q_2 et q_3 . En minimisant ψ on minimise aussi θ .

On pose :

$$\begin{aligned} A_k &= (U_k - l_k + q_2 x_k - \text{Log } q_2) \\ B_k &= (V_k - l_k + 2q_2 x_k + q_3 y_k - \text{Log } q_3) \\ Z_k &= U_k - V_k \\ b &= q_3/q_2 \\ a &= q_2 \end{aligned}$$

donc
$$\theta(q_2, q_3, l_k) = \sum_k (A_k)^2 + (B_k)^2$$

et en substituant l_k par l'équation 10

$$A_k = \frac{1}{2} (z_k - a(x_k + b y_k) + \text{Log } b)$$

Donc
$$B_k = \frac{1}{2} (Z_k - a(x_k + b y_k) + \text{Log } b)$$

$$A_k = -B_k \quad \text{et} \quad \Psi = \sum_k 2 A_k^2$$

fonction

$$\phi = \sum_k (Z_k - a(x_k + b y_k) + \text{Log } b)^2$$

Dans l'exposé complet de la méthode, on démontre que le point de vue intuitif qui donnait une approche pour le calcul des N k même exactement à la même conclusion c'est-à-dire qu'il faut minimiser ϕ . Cette minimisation passe par l'annulation des dérivées partielles :

$$\frac{\partial \phi}{\partial a} \quad \text{et} \quad \frac{\partial \phi}{\partial b}$$

et en posant

$$\sum_k x_k = X, \quad \sum_k y_k = Y, \quad \sum_k Z_k = Z,$$

$$\sum_k x_k x_k = XX, \quad \sum_k x_k y_k = XY, \quad \sum_k x_k Z_k = XZ,$$

$$\sum_k y_k Z_k = YZ,$$

On arrive à deux équations implicites en fonction de a et b

$$\frac{\partial \phi}{\partial a} \quad \text{mène à (11)} \quad a = \frac{XZ + (\text{Log}b)X + bYZ + b (\text{Log}b)Y}{XX + 2 bXY + b^2YY}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial b} \quad \text{mène à (12)} \quad -aYZ + a^2(XY + bYY) - a(\text{Log}b)Y + \frac{1}{2}Z - \frac{a}{b}X - aY + \frac{\text{Log}b}{b} =$$

La résolution se fera alors par approximation successive. Etant donné un b, par (11) on obtient a que l'on reporte avec b dans l'équation (12). Et l'on vérifie l'évolution de la valeur du premier membre de 12 en fonction de b. On peut ainsi l'annuler pour la valeur de b recherchée. Cela définit la fonction f(b) pour laquelle on recherchera la racine.

La représentation graphique de f(b) en fonction de b peut fournir une solution et permet de vérifier si f(b) n'a pas plusieurs racines.

La représentation de $\phi(a,b)$ donnera également des indications sur la précision de l'ajustement en fonction de b, a étant donné par (11). Une fois connu b, q_2 , q_3 et l_k se déduisent aisément.

6.3.6. Précision de l'ajustement.

La méthode donnera une estimation de q_2 , q_3 dès que l'on dispose de deux cohortes ou plus. Cependant, de par le point de vue intuitif développé en 6.3.4 il apparaît que les paramètres ne seront précisément estimés que si les conditions d'exploitation des pêcheries ont varié largement. Soit donc E_{1k} et E_{2k} aient varié et que corrélativement les mortalités apparentes Z'_{2k} aussi. Cela revient à chercher à exprimer la variance de b ou a en fonction de la covariance de E_{2k} et E_{3k} et Z_k . Malheureusement cela n'a pas pu être réalisé. L'examen de la variance de Z_k et des E_{ik} donne toutefois une idée des résultats obtenus et un graphique préalable à tout calcul, en portant les Z' apparents en fonction de E_{ik} , permettra de rendre compte des chances d'une solution raisonnable à partir des données dont on dispose.

Toute cette méthode a été programmée par J. BRANNELLEC. Le programme nommé MUCO est disponible sur demande au CNECO-COB.

D'autres développements de la méthode sont donc possibles, en particulier la recherche des q_i capturabilités, de la mortalité naturelle puisque avec un nombre suffisant de cohortes, suffisamment d'équations sont disponibles. Cependant, en ce qui concerne le germon de l'Atlantique Nord, les seules capturabilités pour lesquelles nous ayons quelques certitudes de constance sont q_{12} et q_{13} . Leur connaissance suffit à lever l'indétermination des analyses de cohortes. Aussi nous en tiendrons-nous là.

Les développements et les inférences stochastiques qu'ils supposent sont plus largement commentés dans la publication de base.

6.4 - LES RESULTATS

Pour le germon Nord Atlantique nous disposons donc des cohortes 64-75 lors de la vie desquelles la mortalité apparente et l'effort de pêche de surface ont décréu d'environ 30 à 40%. Les CPUE des ligneurs français pour cette période sont exposées dans le tableau 20. La table démographique 13 donne les captures totales par classe d'âge des cohortes, soit C_{ijk} . La méthode est donc applicable.

Des essais successifs ont été menés avec inclusion ou non des cohortes dont la capturabilité, au vue de notre expérience pratique de la pêche-rie aurait pu être trop haute ou trop basse. Le coefficient $b = \frac{q_2}{q_3}$ LI sert de référence. On trouve des valeurs variant entre 0.45 et 0.68, avec pour la série entière 64-75, $b = 0.566$. Nous retiendrons $b = 0.57$ d'où

$$q_{2li} = 0.02974 \cdot 10^{-3}$$

$$q_{3li} = 0.01685 \cdot 10^{-3}$$

en base trimestrielle. La figure 46 montre Z' en fonction de E_{3kli} , pour juger de la qualité de l'ajustement. On constate qu'elle n'est pas très bonne, ce qui malheureusement n'a rien d'étonnant en matière de taux instantanés de mortalité estimés. Cette même droite peut aider à comprendre l'importance des biais qui affecte l'estimation de b .

ANNEE	U_T	U_1	U_2	U_3	U_4	OBSERVATIONS
1957	83.5	15.9	56.4	11.3		Chiffres des CPUE par classes d'âge douteux
1958	94.8	14.2	62.6	18.0		
1959	92.5	8.3	62.9	21.3		
1960	84.0	8.4	64.7	10.9		
1961	86.8	15.6	55.55	15.6		
1962	95.2	8.6	58.07	27.6		
1963	72.2	14.4	36.10	21.7		
1964	82.8	10.8	52.16	19.9		
1965	85.2	10.6	50.58	23.9		
1966	82.5	9.9	61.9	10.7		
1967	85.7	12.9	60.0	12.9		
1968	66.8	11.5	39.5	15.5	0.3	
1969	61.9	3.3	47.2	11.4	0.7	
1970	73.9	19.6	35.5	18.9	1.0	
1971	93.4	15.6	69.6	7.5	0.6	
1972	95.3	5.7	66.5	23.1	0.9	
1973	74.2	7.4	45.1	19.6	2.0	
1974	88.7	3.0	56.3	27.5	1.9	
1975	58.8	7.9	23.9	25.2	1.7	
1976	89.0	16.6	61.7	8.4	2.4	
1977	113.3	13.1	86.0	12.2	1.9	
1978	128.3	17.7	88.7	20.5	1.4	
1979	157.4	31.2	105.1	20.0	1.1	
1980						

U_T = CPUE totale en nombre de poissons par jour de pêche

$U_{1,2,3,4}$ = CPUE par classes d'âge.

Tableau 20 - CPUE de la flottille française de ligneurs selon les classes d'âge.

L'unité d'effort de pêche des ligneurs français, bien que standardisée au mieux, a pu dériver. La dérive la plus probable est un accroissement de l'efficacité individuelle du thonier français moyen (chapitre 9). De ce fait les derniers points de la série sont probablement trop à gauche sur la figure et l'estimation de b est probablement un peu forte. Lorsque plus de cohortes seront disponibles, une série d'analyses par périodes où les thoniers étaient supposés homogènes donnera peut-être des précisions intéressantes.

Par ailleurs l'ajustement explique qu'il semble vain d'espérer estimer correctement M alors que avec les équations (7) ce serait théoriquement possible. En effet $\text{Log } q_2/q_3$ et M sont additifs et rendent compte de la décroissance des rendements entre l'âge 2 et 3 qui n'est pas due à l'exploitation par elle-même. Ils seront donc difficiles à séparer.

Enfin les recrutements des cohortes 64-75 ont été calculés au stade bonite (1 an). Pour ce faire on a utilisé les valeurs de $l_k = \text{Log } N_{2k}$ fournies par la méthode.

Les valeurs de N_2 déduites jointes aux captures de bonites un an auparavant permettent de calculer par l'équation (5) les recrutements des germons Nord Atlantique. Ils sont portés dans le tableau 18. On constate qu'ils ne diffèrent pas dramatiquement de ceux calculés par analyse des cohortes. Il existe en revanche des recrutements atteignant 19 millions d'individus. Ces recrutements seront commentés dans le chapitre 11.

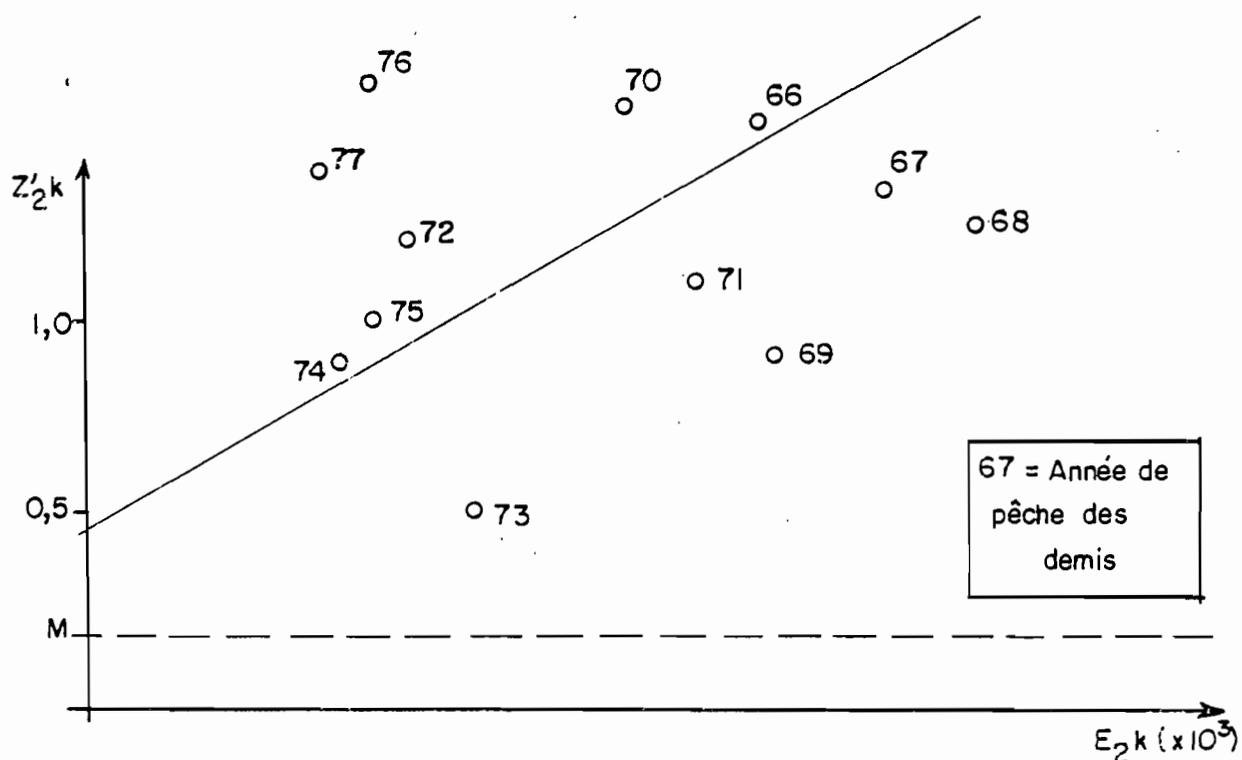


Fig.4 6 - Ajustement de mortalité apparente des demis (Z'_{2k}) en fonction de l'indice d'exploitation E_k .

Grâce aux données historiques telles qu'elles ont été reconstituées au chapitre 8, nous disposons d'une série de cohortes concernant une autre période de moindre effort de pêche de surface, de surcroît appliquée par les seuls ligneurs de surface sur le stock Nord. Il s'agit des cohortes moyennes ou simples : 1919-1928, 1935-1936, 1944-1946, 1947-1948, 1949. Cependant ces ligneurs étaient des voiliers purs ou dotés de moteurs auxiliaires. Leurs efforts ont été standardisés (chapitre 8). Il reste cependant que les stratégies de pêche n'étaient pas comparables à celles des ligneurs actuels, et le comportement du poisson vis-à-vis des bruits moteurs peut avoir changé. La comparaison des b sera donc utile. En revanche, les q_2 et q_3 importent peu. Les données sont en tableau 12. La figure 47 montre que la relation entre Z' et les E_{3k} permet un ajustement honnête de b , et des recrutements. On trouve en effet $b = 0.831$, les recrutements correspondants sont portés dans le tableau 21 en nombre de bonites.

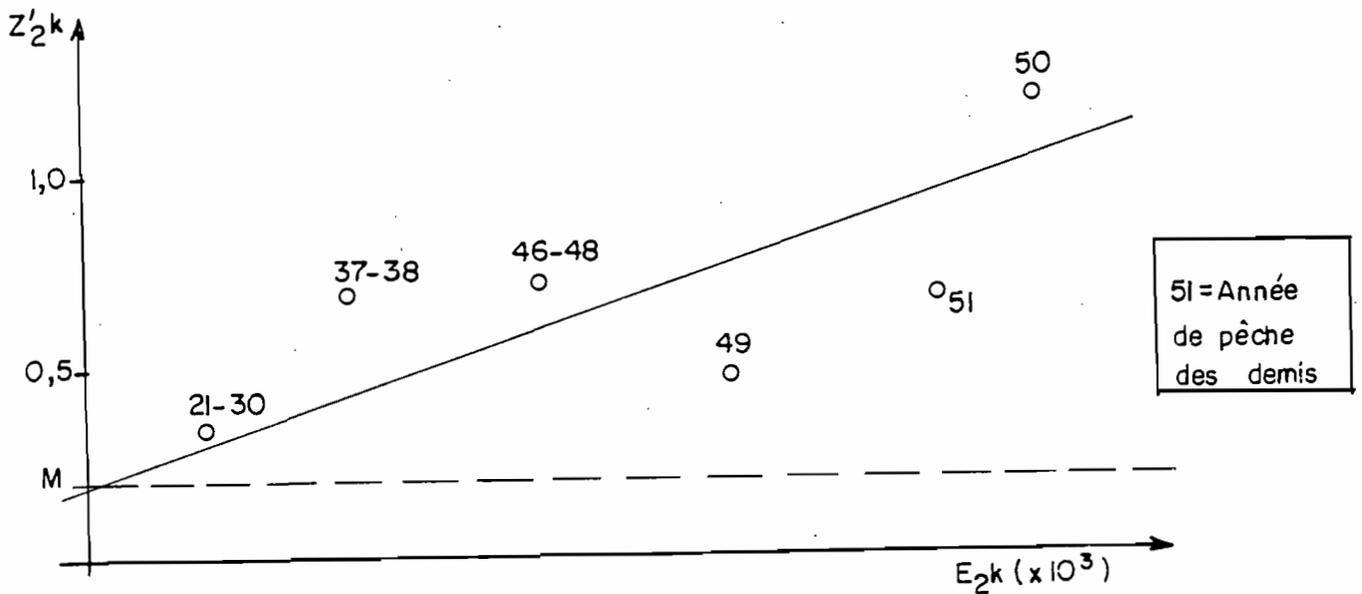


Fig.47 - Ajustement de Z'_{2k} en fonction de E_k pour les données historiques.

Cohortes	1919-1938	1935-1936	1944-1946	1947	1948	1949
(10 ⁶) <i>N</i>	18.9	13.4	12.8	10.3	10.7	15.0

Tableau 21 - Recrutements de la période 1919-1949.

La comparaison des b des cohortes 1918-1946 et 1963-1974 est utile : dans les deux cas nous avons bien $q_2 > q_3$, condition de base à remplir. Mais que penser d'une décroissance relative de la capturabilité des gros, de l'ordre de 30% ?

Ceci peut s'expliquer selon nous par trois raisons simultanées :

a) - Du temps des voiliers, les "bruits" du navire étaient quasi nuls, ce qui n'est pas le cas pour les thoniers actuels, surpuissants. Or pour ceux-ci il a été montré que les gros semblaient plus effrayés que les demis et mordaient aux lignes plus longues (chapitre 8). Ce qui donne un avantage aux voiliers.

b) - Nous avons vu que la répartition verticale des germes augmente avec la taille et l'âge. En particulier les gros peuvent évoluer plus profond que les demis, donc sont moins accessibles quel que soit le type de thonier ligneur.

c) - D'après les indices de concentration, les thoniers actuels se concentrent plus sur les "demis" que sur les "gros" (chapitre 8). Or pour les voiliers, il était impossible de pouvoir choisir réellement pour raison d'absence d'échanges radio. Ces navires pêchaient donc au hasard. D'où plus de chances de rencontrer des gros pour les voiliers que pour les thoniers actuels.

Au total les rapports q_3/q_2 selon le type de ligneur s'expliquent bien. Les ordres de grandeur de b sont cohérents et cela justifie d'autant la valeur de b que nous retiendrons pour les ligneurs ayant opéré de 1950 à 1980. Soit $b = 0.57$. Le déclin des capturabilités des "gros" lors du passage aux thoniers "tout moteur" est passé inaperçu du fait des quadruplements des rendements journaliers en poids.

Une fois admises les valeurs de q_2L_i et q_3L_i , tous les autres F_i se déduisent aisément par une analyse de cohortes de trimestre en trimestre.

Les F_i obtenus sont attribuables à chaque engin j par proportion :

$$\frac{F_{ijk}}{F_{ik}} = \frac{C_{ijk}}{C_{ik}}$$

La précision de F_{ijk} ne dépend que de celle de C_{ijk} . Les capturabilités en découlent par :

$$q_{ijk} = \frac{F_{ijk}}{f_{ijk}}$$

Là aussi la précision des efforts de pêche affectera la précision des q_{ijk} .

Sur ces bases, utilisant le reste des données disponibles du chapitre 8, on peut calculer les capturabilités q_{ijk} des divers autres engins exploitant le stock en surface. Elles sont portées en tableau 22.

Cohortes	q ₁			q ₂			q ₃			q ₄			q ₅		
	LIF	LIE	CA	LIF	LIE	CA									
64	2.8		30.4	29.7		47.	16.8		73.			16.0			
65	2.4		1.6			53.			34.			14.4			
66	4.8		14.			73.			36.			16.8			
67	3.6		5.2			50.			26.			19.2			3.6
68	2.4		8.8			53.			46.			16.0			2.0
69	4.7		26.8		29.	39.		26.	24.	4.	3.2	23.6			
70	5.6		2.0		31.	17.		28.	35.	3.2	4.8	24.4			8.0
71	4.0	10.8	1.2		35.	22.		29.	60.	2.0	6.4	20.4			14.4
72	7.6	0.4	1.6		15.	23.		10.	35.	4.8	7.2	50.8			
73	3.2	1.2	4.8		17.	39.		22.	71.	7.6	30.	134?			
74	3.2	3.2	8.8		27.	25.		40.	104.	4.3	9.6	35.6			
75	6.0	2.0	9.6		22.	16.		20.	34.						
		40*	9.0*		30.*	40.*		17.*	50*		4.4*	30.*			6.8*

* Valeurs retenues.

Tableau 22 - Capturabilités des engins de surface (à $\times 10^{-6}$)
(Base trimestrielle).

On constate les faits suivants :

- Les ligneurs espagnols présentent des capturabilités un peu plus élevées que les ligneurs français, mais le rapport $b = q_3/q_2$ semble parfois plus fort. Ce qui s'expliquerait par des formes de coques plus hydrodynamiques, des puissances motrices plus faibles, un équipage plus nombreux, et surtout une fréquentation plus constante du Golfe de Gascogne en fin de saison, d'où des captures plus fortes de gros poissons spécifiques de cette zone (chapitre 1).

- Les canneurs - en majorité espagnols maintenant - présentent des capturabilités plus élevées que les ligneurs, quel que soit l'âge du poisson.

On note une plus grande capturabilité des q_3 , ce qui est cohérent avec ce que nous savons de leur mode de pêche et des zones fréquentées (BARD et GONZALES GARCES, 1976).

On note un accroissement des capturabilités des canneurs pour les âges 4 et 5, pour les cohortes 70 à 74, ce qui correspond à l'introduction de l'usage du sonar en 1975 dans la flottille espagnole. Cet auxiliaire a permis de mieux détecter les bancs de gros germons, qui évoluent en profondeur en août et septembre, aux accores du Golfe de Gascogne.

- Il n'y a pas de tendance particulière d'accroissement de la capturabilité pour les niveaux d'abondance faible correspondant aux cohortes réduites 69 et 73 en ce qui concerne les ligneurs espagnols. Pour les canneurs un tel effet, bien que réduit pourrait exister.

- Enfin, pour ce qui est des pêcheries d'appât-vivant d'automne (CAA) et des deux pêcheries de palangre (PAH et PAE) la même procédure permet de calculer les capturabilités trimestrielles. On obtient des chiffres très variables, ce qui ne fait que traduire les déficiences des données de base en matière de décomposition par classe d'âge des captures. Aussi ne peut-on guère tirer de conclusions sur l'évolution dans le temps de capturabilités.

Nous retiendrons cependant les valeurs moyennes obtenues sur les cohortes 1963-1970 (Tableau 23). Ces valeurs serviront dans les modèles de simulations employés plus loin.

Age	4				5				6				7				8				9			
Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
PAH				28	38			60	46			52	42			36	54			50				30
PAE			9			28	27			28	34			26	34			56	56			50	50	
AVA				3				20				20				20				20				20

Tableau 23 - Vecteurs des capturabilités moyennes des engins pêchant les germons adultes ou subadultes (Base trimestrielle).

PAH = Palangre d'hiver. Unité : 10^{-10} hameçons⁻¹

PAE = Palangre d'été

AVA = Appât vivant d'automne. Unité : 10^{-6} jour de pêche⁻¹

Hypothèse BASIC

7 - DISCUSSION

La comparaison des résultats de l'analyse multicohorte, et de l'analyse des cohortes classiques (section 4) est instructive.

D'une part la détermination de q_{2LI} et q_{3LI} apporte l'élément d'information indépendant qui manque pour analyser les cohortes restantes 1957-1962. Ce qui a été fait en imposant la condition supplémentaire suivante : $q_{3LI} = 0.6 q_{2LI}$ avec une tolérance de 20%. Les calculs se font par itération en faisant varier F_n depuis des valeurs faibles ou fortes. Un programme dit CRØCA a été mis au point qui détermine les F_i et les N_i .

La solution n'est pas unique du fait de la tolérance de 20% et une fourchette de recrutements est obtenue pour chaque cohorte. Les valeurs en sont portées en tableau 18. On constate une plus forte variabilité des recrutements que dans ce qui a été obtenu par analyse des cohortes classiques, et des fourchettes parfois importantes. Nous en retiendrons les valeurs moyennes.

La raison de ceci se déduit de l'examen des F_n retenus par le programme CRØCA. On constate qu'ils sont totalement irréalistes variant de $F_n = 3.0$ à 0.001 . Nous avons déjà largement commenté les causes de ce phénomène dans la section 4 et dans le chapitre 4. On en retiendra que, l'analyse de cohortes inverse est délicate à utiliser avec des animaux longévifs pour lesquels les erreurs d'âge sont probables. Ce qui annule l'avantage apparent de la convergence engendrée par la méthode inverse.

Il semble éventuellement plus judicieux de suivre la démarche de FONTE-NEAU et MARCILLE, 1979). On part d'un ensemble de cohortes dont on connaît la valeur relative des recrutements. Appliquant aux résultats moyens une série d'ordre de grandeurs : 20, 30, 40, 50, 10^6 individus, on vérifie pour l'ensemble des cohortes à partir de quel seuil les analyses de cohortes directes rendent compte de l'ensemble des captures réalisées. On a pu ainsi analyser le stock d'albacore de l'Atlantique tropical.

L'inconvénient de la méthode est évidemment de risquer de fournir des valeurs de taux d'exploitation "hautes". Mais les recrutements ne seront pas "écrêtés".

La comparaison des taux d'exploitation, soit donc les F_i fournis par les deux méthodes, et corrélativement les recrutements, montre quelques différences. Elles ne sont cependant pas dramatiques. Les mortalités par pêche sont quelque peu inférieures aux estimations précédentes et n'ont atteint que 0.8 à 0.6 lors de la pleine expansion de la pêche de surface, contre 1.0 à 0.8 déterminées par analyse des cohortes (Tabl.24).

AGE ANNEE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1965	.23								
1966	.05	.065							
1967	.14	.77	.61						
1968	.09	.86	.44	.10					
1969	.08	.62	.41	.11	.06				
1970	.15	.51	.46	.10	.19	.16			
1971	.08	.59	.47	.15	.24	.17	.08		
1972	.07	.31	.25	.11	.08	.17	.09	.10	
1973	.02	.37	.33	.11	.17	.17	.32	.12	.12
1974	.03	.25	.36	.09	.10	.19	.28	.48	.35
1975	.04	.28	.19	.20	.12	.22	.83	.58	.67
1976	.05	.28	.35	.60	.33	.26	.17	.55	.25
1977	.04	.22	.47	.18					
1978	.05	.36	.25						

Tableau 24 - Mortalités par âge et par année (1965-1978) du germon Nord Atlantique.

La différence la plus intéressante réside dans l'évaluation de l'échappement à la pêche de surface. On le définit comme le nombre absolu de germes qui survivent au delà de cinq ans révolus (soit en octobre). Avec les analyses des cohortes, cet échappement atteignait tout au plus 0.6 à $0.8 \cdot 10^6$ individus ; ce qui avait amené LE GALL (1976) à proposer une notion de recrutement complémentaire en germes provenant d'une fraction du stock inaccessible

à la pêche de surface. De par l'analyse multicohorte, les échappements calculés atteignent $2 \cdot 10^6$ individus et se sont accrus les dernières années, ce qui correspond aux observations de SHIOHAMA (1979) sur la CPUE de la palangre d'hiver. Cela signifie l'unicité d'un stock de germons Nord Atlantique (Tableau 18).

8 - CONCLUSION

Deux méthodes d'analyses, l'une incluant les résultats de la pêcherie palangrière, l'autre s'adressant à la seule pêcherie de surface, amènent des estimations concordantes des recrutements du stock. De l'ordre de $13 \cdot 10^6$ bonites avec un écart-type de l'ordre de 4. Les variations de ces recrutements en fonction du stock reproducteur sont analysées dans le chapitre 11.

Les taux d'exploitation exacts de la pêche de surface pour la période 1965-1978 ont été évalués grâce à l'analyse multicohorte, basée sur les statistiques précises de cette seule pêche de surface. Ils décroissent régulièrement avec le déclin des efforts de pêche. En revanche, pour la pêcherie palangrière, les statistiques démographiques plus précises depuis 1970 permettent un calcul des coefficients de mortalité par pêche engendrées qui s'accroissent ces dernières années. Ceci correspond à l'augmentation des efforts palangriers auxquels se sont joints ceux de la pêcherie de canne d'automne.

L'ensemble de la table donne l'image d'un rééquilibrage progressif des mortalités infligées aux différentes classes d'âge, voire un accroissement des prélèvements des vieux poissons. Cet état de chose tend évidemment vers une exploitation plus rationnelle du stock. Il sera commenté plus avant au chapitre 13.

Enfin, il faut noter que la définition exacte des taux d'exploitation des adultes pour les années récentes permet d'aborder les valeurs absolues de biomasse de femelles. On fera usage de ces chiffres au chapitre 11.

CHAPITRE II
LA REGULATION DES POPULATIONS DE GERMON

I - PRINCIPE

Toute population d'êtres vivants est sujette des mécanismes limitant son expansion à une taille maximale. Ces mécanismes sont dits dépendants de la densité. Ils peuvent affecter la mortalité et la croissance des individus sur tout leur cycle vital.

Pour l'étude d'une population exploitée d'animaux marins il est commode de considérer leur effet sur deux phases définies par les possibilités d'appréhension que l'homme peut en avoir.

D'une part les relations entre biomasse parentale et la génération qu'elle engendre, décomptée à son recrutement dans la pêche. On parlera couramment de relation stock-recrutement.

D'autre part les relations entre ces recrues et les individus reproducteurs qui survivront à la mortalité naturelle et par pêche.

Si ces deux relations sont affectées par les fortes densités d'individus de la même espèce, elles présenteront des courbes à saturation que l'on peut représenter sur une même figure (Fig.48). Leur intersection définit le domaine de survie du stock, l'équilibre se faisant au point A.

Les paramètres affectés par cette dépendance de la densité seront la croissance et la mortalité naturelle et éventuellement la fécondité individuelle.

Lors de l'examen de la phase exploitée, la croissance moyenne du germon a été étudiée. La mortalité naturelle va l'être et dans les deux cas on fixe les valeurs nécessaires pour une analyse simple de l'état du stock de l'Atlantique Nord. Mais il est intéressant de considérer au plan théorique dans quelle mesure l'un ou l'autre paramètre peut être sensible à l'effet des fortes densités, et enfin quels sont les mécanismes conjugués des deux courbes ci-dessous qui limitent un stock de germons, voire de thons.

L'étude globale de la relation stock-recrutement du stock Nord Atlantique permettra des considérations analogues sur la phase non exploitée.

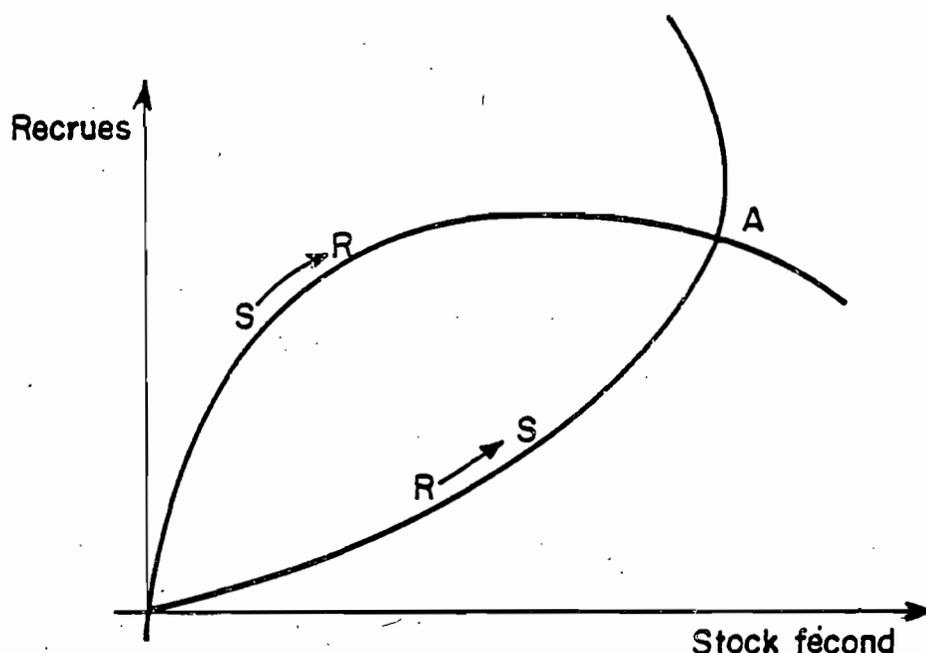


Fig.48 - Schéma des relations stock fécond recrutement ($S \rightarrow R$) et recrues reproducteur ($R \rightarrow S$).

2 - LA MORTALITE NATURELLE DU GERMON

Les taux de mortalité naturelle des êtres marins sont certainement l'un de leurs paramètres écologiques les plus difficiles à évaluer. Si l'on a la chance d'étudier une population vierge on peut espérer arriver à une estimation, mais l'échantillonnage correct d'une population nécessairement mal délimitée est délicat. De plus il faudrait s'assurer que les estimations sont stables dans le temps, ce qui n'est pas toujours compatible avec le fait que si on s'intéresse à un stock vierge c'est qu'il a peu de chance de le rester.

Dans le cas de tels stocks exploités, la lumière peut venir d'expériences de marquage réussies, ce qui appelle malheureusement un effort financier et scientifique souvent hors de proportion avec la dimension économique des pêcheries. On en arrive alors à raisonner par analogie et degrés de vraisemblance, faute de mieux. Ainsi les tentatives de HUE (1979) pour exploiter les données de marquage de l'ISTPM n'ont pas abouti.

Les taux de mortalité naturelle sont exprimés en taux instantanés M . Il n'y a pas de raisons majeures pour qu'un tel coefficient reste constant au long de la vie d'un animal. Il est donc exact de parler d'un vecteur des mortalités naturelles M_i fonction de l'âge.

Nous avons vu qu'à environ 40 centimètres les divers thonidés présentent des divergences dans les schémas de croissance. Il est raisonnable de penser que c'est à cette taille qu'ils s'intègrent spécifiquement à leurs écosystèmes et donc subissent alors une mortalité naturelle minimale.

Le germon lors de sa phase immature aurait donc une mortalité naturelle spécifique. Ce qui correspond aux pêcheries de surface.

Avant 1900, la pêcherie de surface des voiliers exerçait une pression faible sur le stock, de l'ordre du dixième des efforts actuels. Il n'y a pas de mesures exactes de la composition démographique, mais ROCHE et ODIN (1889) citent un poids moyen courant des germons pêchés de 6 à 7 kg. L'essentiel de poissons capturés était, on l'a vu, des demis de 4.6 kg, des gros de 7 à 8 kg. Cela permet de conclure à une mortalité totale faible de l'ordre de 10 à 20% par an. La mortalité naturelle en étant la composante majeure, celle-ci pour les immatures serait du même ordre.

Dans l'Océan Pacifique Nord, se basant sur des observations analogues, SUDA (1954) propose $M = 0.2$ pour des tailles de 40 à 90 cm. Ceci est acceptable et nous l'avons retenu. Une comparaison avec les autres thons confirme la vraisemblance de cette estimation.

BEVERTON et HOLT (1957) ont développé la notion de relations entre taux de croissance, longévité moyenne, et mortalité naturelle, selon les familles de poissons. MURPHY et SAKAGAWA (1977) constatent ainsi que pour les thons les mortalités naturelles et les coefficients K de Von BERTALANFFY sont liées soit donc

Thon rouge	K = 0.08-0.1	M = 0.1-0.2
Germon ...	K = 0.15-0.25	M = 0.2-0.3
Patudo ...	K = 0.3	M = 0.35-0.7
Albacore .	K = 0.42	M = 0.7-0.8

Cette belle ordonnance n'est malheureusement pas une preuve, les coefficients M étant presque tous le fruit de réflexions analogues aux nôtres.

Pour les germons adultes, l'examen des captures des deux pêcheries palangrières neuves amène l'idée qu'il n'y a guère d'accumulation des grands germons vers les 110-120 cm. Ce qui serait pourtant logique pour des pêcheries vierges. Il s'agit des pêches de germons en Atlantique Sud (BARROS, 1965) et celles du Pacifique Sud (OTSU et HANSEN, 1962).

MORITA (1976) a déterminé un coefficient de mortalité naturelle de l'ordre de 0.5 pour des germons adultes de l'Atlantique Nord. L'ajustement effectué est cependant peu précis et ce chiffre est donc une simple indication.

Précédemment HAYASHI *et al.* (1972) proposent pour les germons adultes un vecteur de M_i passant progressivement de 0.4 à 1.0. Cette forte mortalité naturelle explique ainsi le déficit de grands individus dans les pêches. Ce vecteur a été utilisé par la suite dans l'essentiel des travaux sur le germon (LE GALL *et al.*, 1975).

On peut se demander si la disparition des grands germons n'est pas liée à une décroissance de leur disponibilité dans la couche d'eau pêchée par les palangres. Ce qui renvoie aux chapitres 3 et 12.

Cependant une mortalité naturelle croissant après l'âge de première maturité a été déjà considérée pour des perciformes longévifs (FONTANA, 1979).

La cause d'une telle mortalité des adultes pourrait être leur infestation parasitaire considérable. En effet il semble exclu qu'ils soient victimes de prédateurs de grande taille de par leur puissance de nage. En revanche les problèmes métaboliques liés à la reproduction peuvent contribuer à cette morbidité. Une mortalité élevée des adultes pourrait être un mécanisme de régulation, on le verra.

En conclusion, comme on l'annonçait, le vecteur de mortalité naturelle M_i du germon que l'on retiendra n'est fondé que sur des approximations (Tableau 25)

On peut guère disposer de données suffisamment précises pour une mesure réelle, avant un bon nombre d'années. Une analyse simultanée de cohortes pourrait alors être utilisée.

En attendant nous avons utilisé les valeurs fixées ci-dessous. Pour certaines configurations des calculs des taux d'exploitation nous avons vérifié la sensibilité de celles-ci à des valeurs de M_i plus fortes ou plus faibles.

Le résultat en est que des M_i plus élevés déplacent l'optimum d'exploitation vers les pêches de surface, et réciproquement des M_i faibles le rapproche des pêches de palangres. Il n'y a là rien que de logique. Enfin les estimations du recrutement sont assez sensibles à des choix de M_i pour les âges 1 à 4 ans. On se souviendra du caractère relatif des conclusions liées à la valeur $M(1-4) = 0.2$.

Age	1	2	3	4	5	6	7	8	9
M_i	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.6	0.6	0.3

Tableau 25 - Vecteur de mortalité naturelle des germons adopté sans tenir compte des sexes.

3 - LA CROISSANCE

Le chapitre 5 a permis de définir des taux de croissance moyenne du germon en Atlantique Nord. On n'a pas encore cherché à y discuter une éventuelle dépendance de la densité de ceux-ci.

Cette recherche peut se faire sur deux pêcheries de surface de thonniers ligneurs pour lesquelles des échantillonnages de taille ont été effectués lors de périodes bien différentes. On a ainsi de bonnes mesures des tailles moyennes des germons de 2 et 3 ans. Ces pêcheries sont celles des ligneurs français, et celles des ligneurs californiens. Dans les deux cas la densité des poissons a nécessairement varié de par les pressions de pêche diverses et des recrutements fluctuants.

Pour la pêcherie française, les tailles moyennes sont plutôt constantes lors des années 1968 à 1978 (Fig. 6). Lors des mensurations effectuées en 1937-1938 puis 1949-1952, par LE GALL et collègues, les germons mesurés, pêchés dans la même zone (10°W à 15°W) présentent des tailles très voisines (63 et 74 cm). Si l'on s'intéresse aux composantes açoriennes et cantabriques, le fait demeure pour les poissons d'âge 2 (demis) selon les travaux d'ALONCLE et DELAPORTE. Cependant un autre phénomène se surimpose. Il a été mis en évidence une différence de taux de croissance affectant les germons entre 2 et 3 ans selon qu'ils migrent ou non dans la zone trophique riche que constitue le fond du golfe de Gascogne. Cette différence peut induire en fin de la saison de pêche estivale une taille moyenne à 3 ans de 79 contre 75 cm pour les germons du large.

Ce dernier phénomène peut être favorisé chez les individus issus de la voie cantabrique par une certaine "avance" à 2 ans (63 contre 60 cm) mais on a vu que le déversement constant de la voie açorienne dans la voie cantabrique peut également faire bénéficier les germons açoriens de cette croissance supérieure.

La pêcherie californienne présente également une grande constance des tailles moyennes des germons. Cependant il existe aussi un effet des conditions trophiques des eaux côtières de Basse Californie amenant des germons de 3 ans à 80 cm contre 75 cm sur les côtés de l'Oregon (Fig. 8). Or des mensurations effectuées par BROCK (1943) entre 1924 et 1928, puis 1938-1940 lors de pressions de pêche faibles, sont identiques à celles obtenues par LAURS et collègues en 1972-1976 pour une pression de pêche forte. Ceci est vrai pour les germons de ces deux zones. BROCK distinguait pourtant déjà les deux composantes.

Enfin l'examen de tailles de germons capturés en été austral dans la très récente pêcherie de Nouvelle Zélande indique des tailles de 63 et 74 cm (ROBERTS, 1974). Pour ce stock à haute densité de jeunes germons le taux de croissance est analogue à celui de l'Atlantique Nord actuellement. FOREMAN (1980)

Ces deux séries de faits amènent à des conclusions quelque peu contradictoires. D'une part il apparaît que les taux de croissance des germes juvéniles sont assez peu dépendants de la densité d'individus. Et ceci d'un océan à l'autre ce qui traduirait la primauté d'un génotype commun gouvernant la croissance. Mais d'autre part, il y a une certaine sensibilité de la croissance aux conditions de milieu et à des migrations plus courtes, permettant d'allouer plus d'énergie à cette fonction.

L'explication résiderait dans deux phénomènes concurrents : D'une part la compétition intraspécifique chez les jeunes germes serait limitée, et ceci répond à la question initiale.

Par ailleurs les poissons se maintenant d'une saison sur l'autre dans la voie de migration favorisée, bénéficieraient en trois années consécutives des conditions de croissance améliorées, qui peut expliquer un gain de 4 à 5 cm à la fin.

On peut se demander si un tel mécanisme ne favoriserait pas la sélection d'un génotype particulier. La question a été évoquée au chapitre 7. Il nous semble que de par l'aire de reproduction unique et les échanges entre voies croissant avec l'âge, les conditions d'un brassage génétique lors de chaque ponte excluent un tel phénomène.

Enfin pour les raisons exposées au chapitre 4, on ne peut conclure sur le degré de liaison entre croissance et densité des adultes.

4 - LA RELATION STOCK-RECRUTEMENT DU GERMON DE L'ATLANTIQUE NORD

Dans le chapitre 10 on a pu évaluer quelques séquences de recrutement du stock de germes. Dans tous les cas les recrutements sont exprimés en millions de "bonites" au 1^{er} juillet. Ce sont les séquences 1964-1977, 1955-1963 et quelques valeurs pour la période 1919-1949.

Ces valeurs auxquelles nous attribuerons plus ou moins de confiance demandent à être vérifiées par une autre évaluation. Or, la CPUE en bonites par les ligneurs français répond bien aux critères définis par le chapitre 9. Cette classe commerciale est pêchée au hasard par les ligneurs qui ne la recherchent pas. L'identité des bonites à une classe d'âge a été également montrée. Aussi utiliserons-nous la CPUE des bonites. L'usage de la CPUE des demis des mêmes ligneurs est également intéressant (BARD et GONZALES GARCES, 1980). Cependant la CPUE des demis intervient dans le calcul des recrutements absolus et il y a donc là un défaut d'indépendance statistique. Les différents indices de recrutement ainsi définis sont portés en figure 49. On constate un bon accord surtout pour les cohortes 1964-1977 dont les données sont de bonne qualité ($R = 0.7944$).

Pour la série 1955-1963 comme prévu, la corrélation est moindre, mais il n'y a jamais de contradiction entre les deux indices. On peut donc surtout considérer la séquence 64-77 comme fiable. Elle a l'intérêt de correspondre à la décroissance du stock fécond. Notons enfin que pour les années 1919-1949 les données de CPUE de bonites sont trop éparées pour être d'une utilité quelconque.

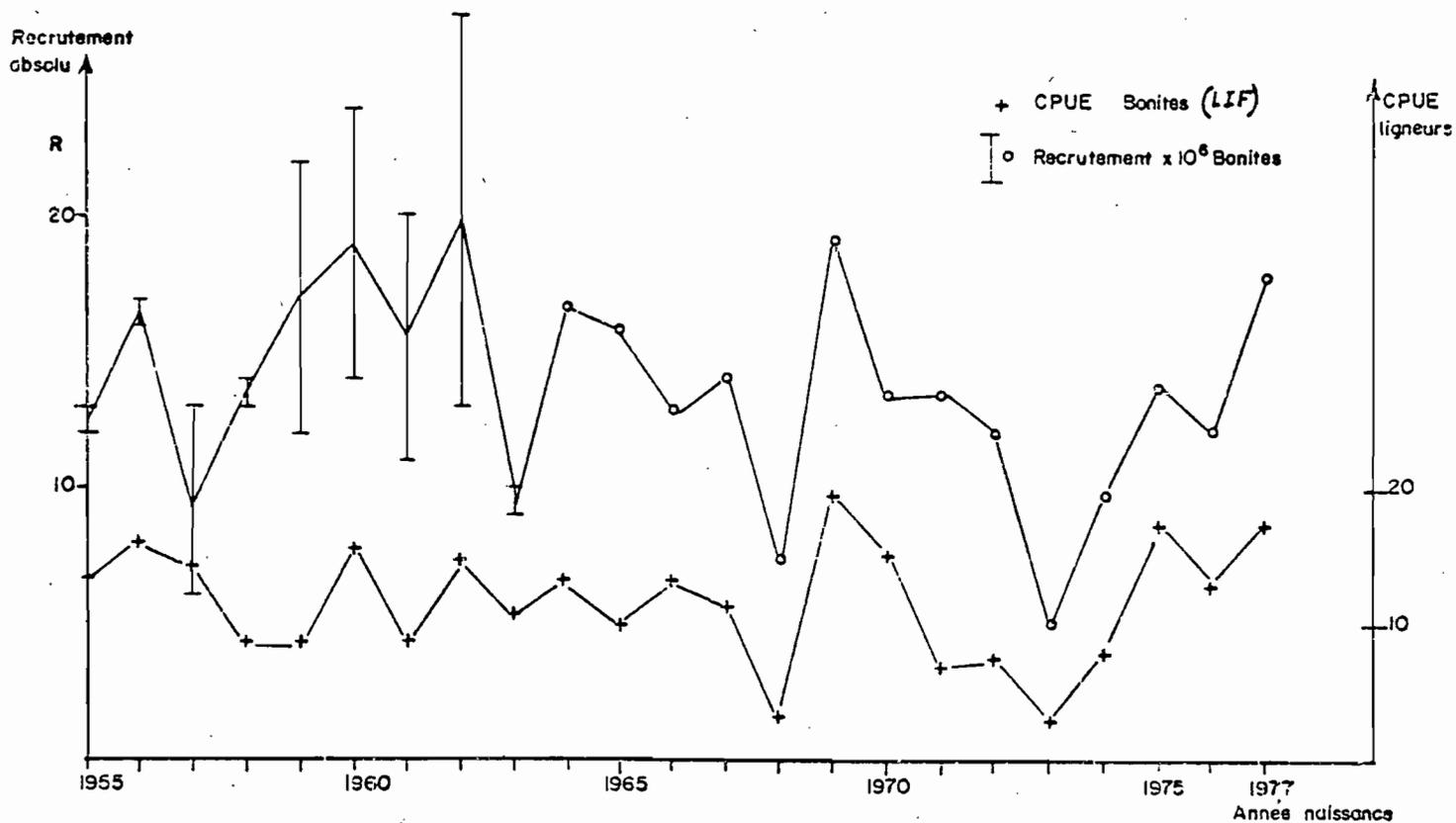


Figure 49 : Histoire des recrutements de germon Nord Atlantique.

4.1 - LE STOCK FECOND

Nous avons vu que les estimations des captures par classes d'âge au delà de 5 ans n'étaient pas satisfaisantes. Et donc les évaluations des effectifs réels non plus. Ce qui est extrêmement gênant pour le calcul précis des biomasses fécondes. Cependant SHIOHAMA tient à jour depuis 1972 les valeurs par zone N1 et N2 des CPUE des palangriers asiatiques. Or ceux-ci, on l'a vu, pêchent régulièrement des germons adultes ou subadultes. De plus le caractère régulier de la pêche des palangriers sans grande possibilité de concentration a été exposé au chapitre 9. Cela rejoint les conclusions de LAUREC et LE GUEN (1978). Aussi considérons-nous que les CPUE des palangriers sont-elles représentatives de l'abondance réelle des germons. De plus le poids des femelles ne croît plus guère après leur recrutement dans la pêcherie palangrière. Aussi les CPUE exprimées par SHIOHAMA en nombre de poissons par 100 hameçons conviennent-elles comme indice d'abondance de la biomasse reproductrice. Enfin ces valeurs sont totalement indépendantes de nos estimations du recrutement. Elles sont portées en table 16. On a retenu la CPUE globale portant sur les zones 31 et 32.

Nous disposons cependant des éléments pour calculer la biomasse féconde absolue dans les dernières cohortes exploitées, sur la base des chiffres du chapitre 10. Les captures effectuées sur la phase adulte de ces cohortes ont été bien échantillonnées par les soins de l'ICCAT depuis 1974. Les mortalités par pêche ont été déterminées pour tous les âges, et donc les effectifs absolus sont connus. La biomasse est calculée sur des principes justifiés au chapitre 13.

Cohorte	1965	1966	1967	1968	1969
Fécondité en 10^6 kg de femelle	23	24	16	28	36

A comparer avec la biomasse moyenne féconde d'un stock vierge de $120 \cdot 10^6$ kg calculé dans les mêmes conditions.

Enfin il est fort utile d'utiliser la notion de fécondation relative par recrue d'un stock sous un état d'exploitation donnée (LE GUEN, 1971). C'est le coefficient

$$\rho\omega = \frac{\text{Fécondité par recrue du stock exploité}}{\text{Fécondité par recrue du stock vierge}}$$

On justifiera également au chapitre 13 le calcul d'une telle valeur. Pour les périodes d'exploitations 1967 à 1972 et 1972 à 1980 supposées proches d'un équilibre, on obtient $\rho\omega = 0.17$ et 0.23 . Les deux séries de calcul donnent des résultats comparables. En effet les valeurs individuelles par cohortes correspondent à des situations transitoires, celles de $\rho\omega$ correspondant à des situations de stock à l'équilibre.

Le pointé des couples indices de recrutement, indice de biomasse féconde (CPUE des palangriers) est fait dans la figure 50. Les bonites sont supposées y avoir un an. Un pointé avec leur âge fixé à deux ans ne donne guère de résultats différents. Il n'y a que peu d'ordonnement des points autour d'une courbe quelconque. L'usage de CPUE des palangriers par zone 31 ou 32 n'amène pas non plus de relation plus précise.

On note l'existence de deux recrutements très bas en 1968 et 1973. Il semble que d'aussi faibles recrutements n'aient pas eu lieu auparavant à en croire les CPUE de bonites. Au vu des $\rho\omega$ calculés plus haut on peut seulement conclure qu'à des fécondités relatives par recrue de 15 à 20% la probabilité de faible recrutement s'accroît. Il n'y a pas d'indications précises sur un domaine éventuel où le recrutement et la biomasse féconde décroîtraient corrélativement.

Pour le domaine des fortes fécondités, à en croire les chiffres 1919 à 1958, le recrutement était similaire à celui de la période à plus faible fécondité soit 1959-1977. Les recrutements ont oscillé entre 10 et $20 \cdot 10^6$ bonites. Ceci semble exclure un dôme prononcé caractéristique de la courbe théorique des recrutements selon RICKER. Un tel dôme se rencontre pour des poissons démersaux tels la morue (GARROD, 1973).

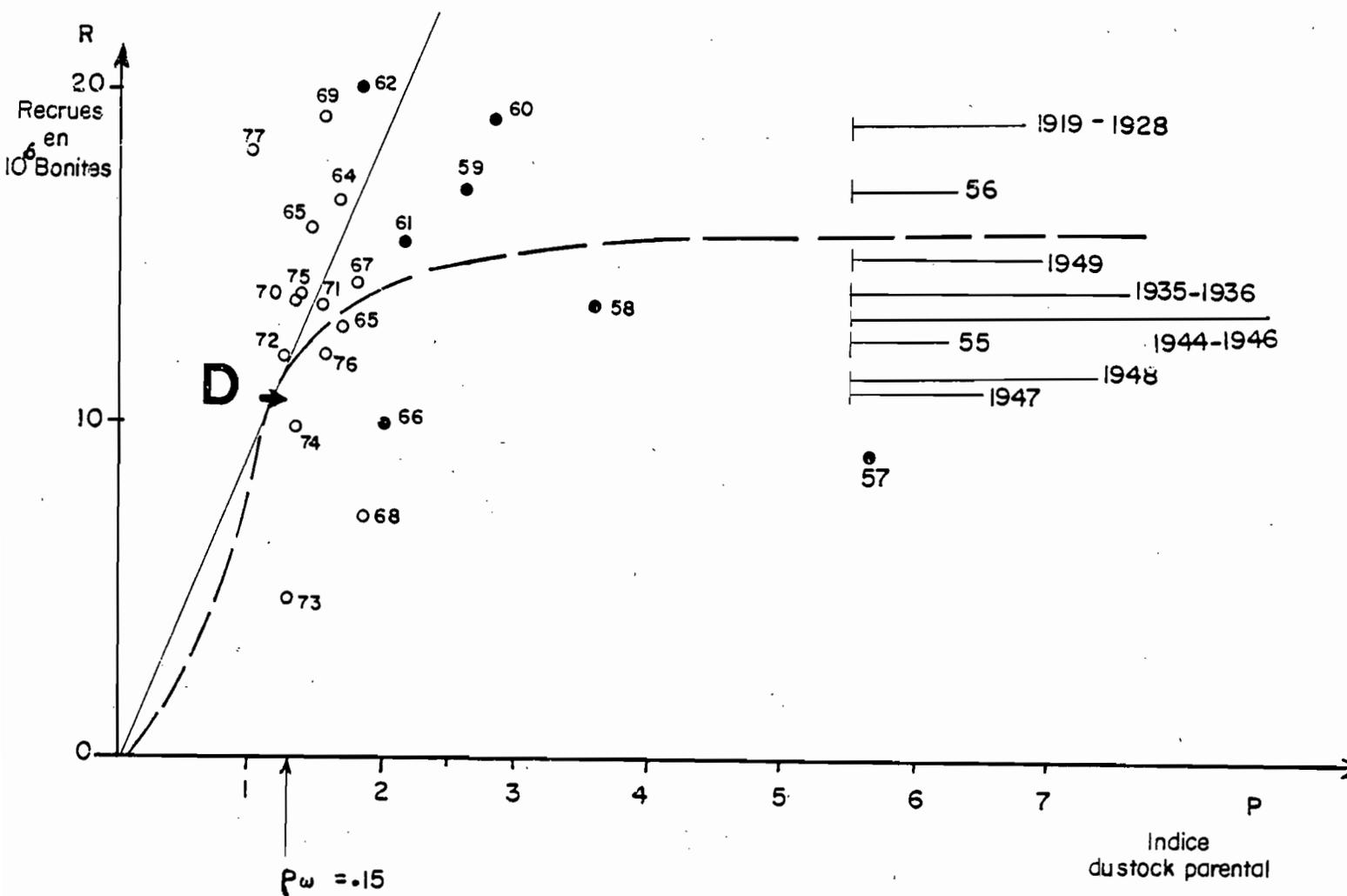


Fig.50 - Relation entre indice de stock fécond et recrutement par cohorte de germens.

5 - LES POSSIBLES MECANISMES DE REGULATION D'UN STOCK DE GERMON

On doit à CUSHING et son école une approche analytique des relations stock-recrutement au besoin par des modèles mettant en jeu les densités relatives de larves et de leurs proies. Les auteurs arrivent à la conclusion que pour nombre d'espèces tout se résout à la quantité de nourriture disponible, de taille et d'occurrence précises qui commandent alors la croissance et corrélativement la résistance à la prédation. Il s'agit

donc d'une dépendance de la densité des taux de croissance et mortalité qui s'exercerait tout au long de la vie de l'animal, ou du moins jusqu'à sa première contribution à la reproduction (CUSHING, 1973). La conséquence de cette dépendance de la densité est une courbe stock-recrutement en forme de dôme très marqué. CUSHING constate que cette courbe s'applique bien aux cas des espèces étudiées jusqu'alors. Mais celles-ci sont surtout boréales et de niveau trophique moyen. Une des caractéristiques de ce système stock-recrutement est sa sensibilité aux coïncidences de la période de forte production planctonique estivale avec la ponte et la séquence larvaire. Ceci explique la forte variabilité observée des recrutements (couramment de 1 à 10).

Considérons maintenant les séquences de recrutement de stocks de thons, établies jusqu'à maintenant, et surtout leurs variabilités.

Pour le germon nous avons vu que l'amplitude du recrutement du stock Nord Atlantique est de 1 à 3.8. Pour l'albacore de l'Atlantique tropical Est, FONTENEAU et MARCILLE (1979) trouvent par la méthode de LAUREC et FONTENEAU une amplitude de variation de 1 à 4.7. En Atlantique Est celle du stock de thon rouge frayant en Méditerranée serait au moins de 1 à 5 voire plus (BARD, CORT et REY, 1978). Dans tous les cas les effectifs moyens déterminés sont faibles : de 20 millions pour l'albacore, 13 pour le germon, 1 million pour le thon rouge à taille et âge comparable de 45 cm à un an.

Ceci contraste avec les exemples de poissons démersaux ou benthique boréaux évoqués plus tôt. Si l'on admet les conclusions de CUSHING sur l'importance de la coïncidence des pontes et des périodes de productivité primaire et secondaire limitées dans le temps en mer tempérées, à contrario, les thons dépendant d'écosystèmes tropicaux plus réguliers lors de leur reproduction peuvent échapper à cette contrainte. Cela semble être le cas si l'on considère le gradient de variabilité germon, albacore, thon rouge.

On a vu que la ponte du germon peut avoir lieu dans la période de six mois du réchauffement des eaux subéquatoriales dans une zone fort étendue de productivité faible mais constante. Il se peut qu'il en résulte une dispersion importante des oeufs et larves dans cette zone formant des concentrations locales sur lesquelles s'exerceront des mortalités dépendantes de la densité par prédation. L'absence d'un effet saisonnier de la productivité ne permettrait pas l'émergence de recrutements extrêmes échappant à la prédation par saturation de celle-ci et les recrutements résultants seront stables.

Enfin il ne semble pas que le germon pratique notablement le cannibalisme ne serait-ce que par la différence des strates d'évolution des adultes et des juvéniles. Tout ceci mène à attribuer au germon une bonne constance du recrutement quelle que soit la taille du stock reproducteur, et donc justifie courbe théorique du type BEVERTON et HOLT, à saturation.

L'albacore de l'Atlantique se reproduit au long de l'Equateur depuis le fond du golfe de Guinée jusqu'à 30°W au moins. La saison de ponte a lieu de décembre à avril (ALBARET, 1977). La productivité de cette zone est liée à une dynamique des eaux riches en nitrates qui passent où ne passent pas la zone de stabilité thermoclinale au niveau de la divergence équatoriale (HERBLAND et VOITURIEZ, 1977).

Ces apports d'éléments minéraux nécessaires à la productivité primaire ne sont pas constants et l'action synergique de la coïncidence d'une ponte et d'une productivité forte peut favoriser des bons recrutements, dans une bien moindre mesure que pour l'écosystème boréal toutefois.

Le thon rouge dépend d'une saison de reproduction courte de deux mois, correspondant à une période de productivité saisonnière d'un écosystème subtempéré, en Méditerranée. L'effet de coïncidence pourrait être marqué, plus que pour tout autre thon.

Il demeure toutefois la question cruciale de la dépendance du recrutement pour de faibles niveaux de la biomasse féconde. Il est évident que le taux de recrue par unité de fécondité ne peut croître infiniment même si la mortalité par prédation devient insignifiante. Dans une zone de reproduction définie comme vaste et une période étendue, l'occurrence simultanée de mâles et de femelles mûrs peut devenir difficile. L'existence de bancs permanents constituant des unités de reproduction autonomes serait un mécanisme régulateur effectif. Des pêches occasionnelles à la senne par des thoniers opérant au Sud de l'Equateur en Atlantique indiquent que de tels bancs existent pour des germons en cours de maturation. La taille moyenne des bancs est de 500 à 3.000 individus de 20 kg. Ceci suggère un seuil de dépendance du recrutement et de la biomasse féconde, plutôt bas.

Nous avons vu que pour le germon de l'Atlantique Nord des valeurs de la fécondité relative de 15% n'ont pas entraîné de tendance permanente à la baisse du recrutement. Il n'y a à l'heure actuelle qu'un seul autre stock de thon comparable, celui du thon rouge du Sud. Ce stock est un des plus exploités des stocks de thons, et des valeurs récentes de ρ_w d'environ 10 à 15% ne semblent pas avoir affecté le recrutement (SINGU et HISADA, 1978).

En définitive, la phase stock fécond, recrue des cycles des thons semble soumise à quelques mécanismes efficaces de régulation du recrutement liés à leur origine tropicale ou équatoriale. Les stocks de germon en particulier y seraient bien soumis.

5.2. Des mécanismes régulateurs de la phase exploitée, recrues-adultes pourraient également exister.

On a vu que pour les immatures, la croissance semblait peu dépendante de la densité. Pour les adultes les taux de croissance diminuent par ailleurs, voire s'annulent.

Il a été aussi avancé que la prédation directe sur les thons immatures de plus de 40 cm était probablement faible, étant donné leurs capacités de nage. Restent les parasites. A l'observation les germons s'avèrent fortement parasités. Il s'agit surtout de nématelminthes et plathelminthes et de copépodes parasites (DOLFUSS, 1952). La densité est alors un facteur direct des infestations surtout si les cycles parasitaires sont courts vis à vis de la durée de vie du germon. Ce qui est plausible. L'effet serait renforcé pour les parasites monoxènes.

Si les infestations croissent avec l'âge, ce qui semble logique, les germons atteindraient l'âge adulte fortement parasités, et ceci expliquerait, nous l'avons vu, leur forte mortalité naturelle. Il s'agirait là d'une mortalité dépendante de la densité avec délai, induite par les densités d'immatures.

Il est possible que les facteurs régulant les hauts niveaux d'abondance du germon soient donc surtout liés à la phase recrue adulte par le biais des mortalités naturelles. Ceci se traduirait par une prédominance de la phase recrue stock sur l'autre selon le schéma de la figure 51.

Le mécanisme principal qui jouerait alors serait une mortalité naturelle des adultes dépendant de leur densité propre et aussi de celle des immatures, engendrée par le parasitisme.

L'accroissement de la prédation par l'homme ces dernières années aurait entraîné une diminution de la mortalité naturelle des adultes. Ce qui expliquerait peut-être la stabilisation des rendements des palangriers à un niveau bas mais constant malgré des efforts de pêche accrus. Ce qu'on observe pour les deux stocks de germons Atlantique (LAUREC et LE GALL, 1976).

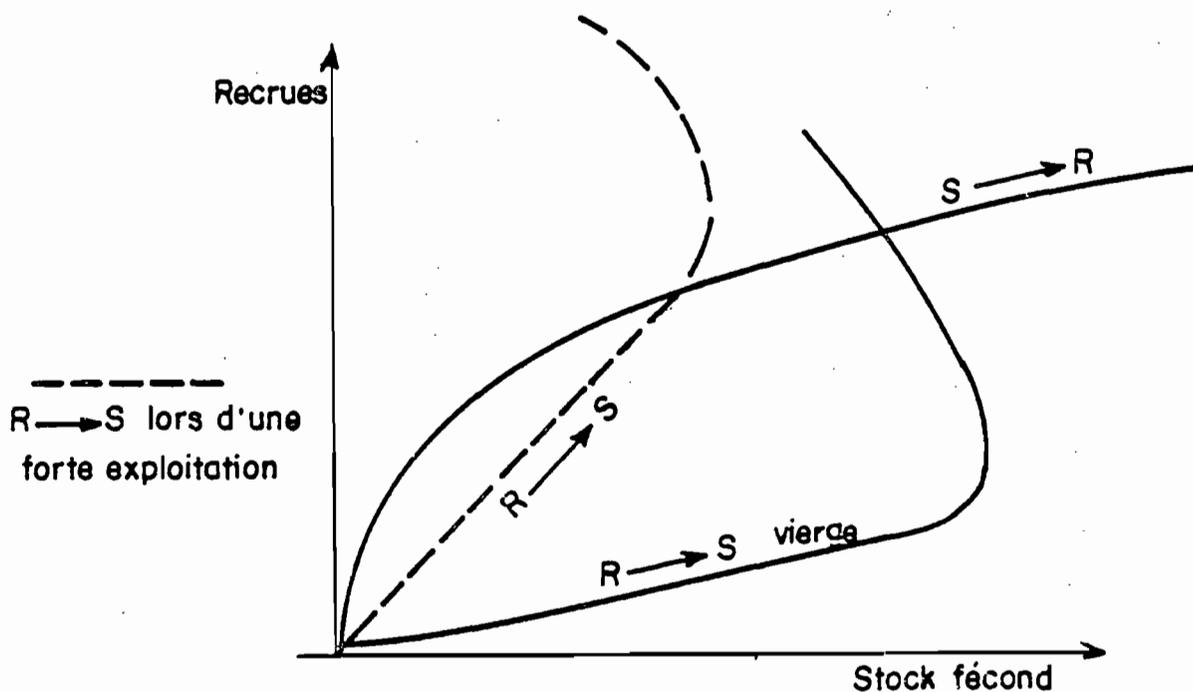


Figure 51 : Relation stock fécond-recrutement et recrutement-reproducteurs proposés pour le germon.

Cependant les autres espèces de thonidés ne semblent pas être autant affectées par un tel mécanisme régulateur. En particulier une mortalité naturelle croissant fortement avec l'âge paraît exclue pour le thon rouge. Celle de l'albacore est considérée comme élevée mais constante, tandis que pour le patudo les incertitudes demeurent. L'examen de ce point en relation avec l'identification des prédateurs possibles de ces deux dernières espèces pourrait amener des précisions.

5.3. Les mécanismes régulant l'abondance des stocks de germon peuvent donc affecter diverses étapes du cycle biologique en phase exploitée comme en phase inexploitée. Ils sont liés à des caractères communs à la famille des thonidés : Reproduction en eaux tropicales, croissance rapide, comportement grégaire, taille importante. Ceci engendrerait donc des effets analogues chez les autres espèces de thons avec des modulations spécifiques selon la stratégie écologique vers laquelle ils ont évolué. On a vu quelques conséquences possibles sur le recrutement des stocks de thon rouge et albacore outre ceux de germon. A ces effets s'ajouteraient ceux des stratégies de reproduction examinées dans le chapitre suivant.

6 - CONCLUSION

Il faut avouer que tous les mécanismes régulateurs évoqués sont encore très hypothétiques.

Cette réflexion toutefois amène à mettre en question l'universalité de "modèle boréal" de loin le plus étudié. Des "modèles tropicaux", tenant compte de la stabilité des conditions trophiques en régime tropical pourraient être examinés pour diverses espèces, benthiques ou pélagiques.

Au plan pratique, la situation actuelle du stock de germon fortement exploité est telle que les valeurs de la biomasse féconde sont dans la "partie gauche" des relations évoquées.

Les valeurs actuelles de la biomasse féconde doivent correspondre au domaine linéaire de la relation recrue adulte (Fig.52) et à la branche ascendante ou aplatie d'une courbe stock-recrutement quelle qu'elle soit.

Le problème majeur reste le risque d'effondrement du recrutement, et nous avons vu que le seuil critique est encore imprécis. Pour pousser l'analyse du stock de germon on fixera ce seuil à $\rho_w = 0.1$, sans faire jouer de mécanismes dépendant de la densité.

Leur effet, s'il existe, irait dans le sens d'un accroissement des productions soutenables et de la stabilité du stock. Or en matière de gestion de stock il vaut mieux pécher par prudence. Ce que nous ferons.

CHAPITRE 12

LA DISTRIBUTION DU SEX RATIO
DU GERMON EN FONCTION DE L'AGE
IMPLICATIONS ECOLOGIQUES
ET DEMOGRAPHIQUES

1 - LE PHENOMENE DE DOMINANCE DES MALES

1.1 - PRINCIPE

La distribution des sexes en fonction de la taille présente chez la plupart des grands thonidés un déséquilibre particulier. On peut le résumer en disant qu'à partir de la taille de maturité sexuelle, jusqu'aux plus grandes tailles observées, la proportion de femelles décroît fortement. Les individus "géants" sont presque toujours des mâles. C'est ce qui a été observé chez l'albacore de l'Atlantique tropical (ALBARET, 1977), chez le patudo du Pacifique (SHOMURA et KAELA, 1963), l'albacore du Pacifique (MURPHY et SHOMURA, 1971), le patudo de l'Atlantique (SAKAMOTO, 1969). Pour ce qui est du germon, le phénomène a été observé dans le Pacifique Nord (SUDA, 1956), le Pacifique Sud (OTSU et HANSEN, 1962), l'Atlantique Nord et Sud (BEARDSLEY, 1971 ; TALBOT et PENRITH, 1963). La figure 52 donne un exemple net de ce phénomène.

Un deuxième aspect de ce déséquilibre est que dans toutes les prises de thons adultes examinés, le sex-ratio global (défini comme rapport du nombre d'individus d'un sexe sur le nombre total d'individus) est quasi systématiquement en faveur des mâles. Les auteurs précités ont montré ce phénomène chez le germon, le patudo, l'albacore. Pour le seul thon rouge ce ne semble pas être vraiment le cas.

Or pour toutes ces espèces si l'on examine les juvéniles, le sex-ratio est équilibré. Enfin il faut bien garder à l'esprit que ces dominances ont été constatées sur des poissons surtout pêchés à la palangre flottante. La vulnérabilité de chaque sexe à cet engin de pêche peut jouer un rôle. Cela sera discuté.

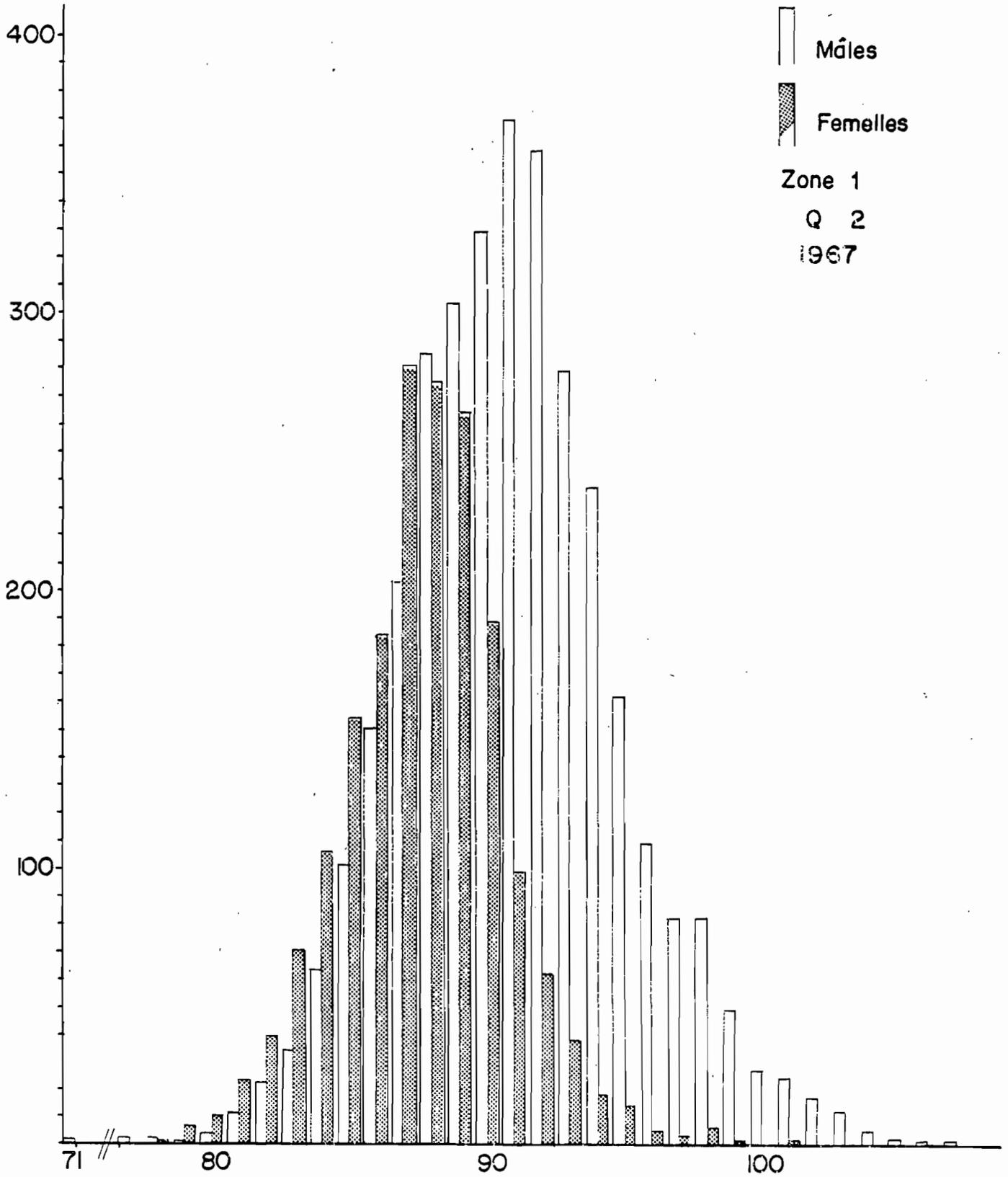


Figure 52 : Exemple de distribution de taille par sexe des germons adultes pêchés par la pêcherie palangrière de Samoa.

L'ensemble de ces deux faits : mâles plus grands et dominant le sex ratio des adultes, constitue le phénomène que nous tentons d'élucider. Si ce phénomène a été largement constaté, il n'a jamais été vraiment expliqué. Or on a vu que l'estimation de la biomasse reproductrice, soit donc des femelles, est très importante pour l'étude d'un stock. Dans le cas du germon Nord Atlantique qui nous intéresse il est donc logique de chercher à expliquer ce déséquilibre apparent des sexes, ou à en estimer l'impact sur les relations qui gouvernent la capacité de reproduction du stock.

Cependant les faits examinés et les hypothèses qui en sont tirées concernent plus l'espèce germon que le seul stock Nord Atlantique. Aussi avons nous examiné des séries de données sur les grands germons qui n'existent que pour le Pacifique Sud.

Le phénomène peut être attribué à trois causes :

- a) - Une mortalité naturelle plus forte des femelles que celle des mâles.
- b) - Une vulnérabilité différente de chaque sexe aux engins de pêche pêche, de chaque sexe. Ainsi on pourrait considérer une plus forte vulnérabilité des femelles entre 85 et 100 cm, puis à l'inverse une croissance de la vulnérabilité des mâles de 90 à 120 cm, celle des femelles décroissant réciproquement.
- c) - Un arrêt ou tout au moins un fort ralentissement de la croissance des femelles.

Aucune de ces trois hypothèses n'est par ailleurs exclusive et leurs mécanismes pourraient jouer simultanément. Nous allons donc les examiner.

1.2 - LES DONNEES RETENUES

Le sex-ratio des germons juvéniles est connu par les captures effectuées en Atlantique Nord-Est par la pêche de surface (BARD, 1974). Ces poissons sont immatures et ne présentent aucune différence morphologique selon le sexe. Le sex-ratio est homogène sur quelques classes d'âge bien définies. Tout ceci permet de penser que le sex-ratio des captures est représentatif de celui de la population sous-jacente. Les proportions des sexes, en fonction de l'âge ont été déterminées par nos soins sur les pêches des années 1971-1976. On peut les résumer ainsi :

Classe d'âge	Mâles	Femelles	Proportion de femelles
Demis	435	420	.491
Gros	491	508	.508
Très gros	71	85	.545

Dans tous les cas le sex-ratio ne dévie pas de 0.5. Nous retiendrons donc le fait de base que les germes quittent la pêche de surface et donc arrivent à l'état subadulte avec un sex-ratio équilibré.

Le sex-ratio des germes de taille supérieure à 85 cm, soit donc les subadultes et les adultes est moins facile à connaître car ces poissons se présentent sous une forme congelée dans les ports de débarquement peu nombreux.

En Océan Atlantique nous ne disposons que des données de BEARDSLEY relevées en 1970-1971 et de quelques examens de la pêche des canneurs d'automne (Fig. 11a, b, 12). Dans tous les cas le phénomène étudié est bien présent, mais les effectifs relevés sont faibles et discontinus dans le temps ce qui ne permet pas une analyse approfondie. Heureusement, grâce à l'amabilité du Dr. OTSU nous avons pu avoir accès à une longue série d'échantillonnages systématiques des longueurs et des sexes de germes débarqués à Samoa. En cette île une conserverie traite systématiquement les captures effectuées par des palangriers asiatiques sur le stock Sud Pacifique. Le tonnage traité représente l'essentiel des prélèvements sur ce stock (SKILLMAN, 1975).

Cette série couvre les années 1962 à 1970 sans interruption. Pendant cette période l'effort de pêche s'est accru jusqu'à atteindre 25 millions d'hameçons posés, produisant environ 28.000 tonnes. L'abondance moyenne en a été affectée car les CPUE palangrières ont décliné de 0.08 à 0.03 poisson par hameçon de 1961 à 1972. FOREMAN (1980). Si l'on ajoute que le stock ainsi exploité est bien individualisé (UEYANAGI, 1969), (OTSU et HANSEN, 1962) et que aucune pêcherie de surface n'a exploité les juvéniles avant 1972, on peut comprendre le caractère unique de ces données.

Pour classer ces données nous avons considéré des strates temporelles trimestrielles, qui rendent bien compte du caractère saisonnier des pêches palangrières. YOSHIDA (1975) a étudié cette pêcherie pour 1966-1971, et a constaté qu'il n'y avait aucune hétérogénéité des captures selon la longitude pour les pêches palangrières qui opèrent de 110°W à 160°E. En revanche il montre l'existence de trois zones latitudinales bien différentes caractérisées par les captures de germons selon leurs tailles moyennes. Ces zones sont fréquentées par les diverses catégories de germons selon un schéma de migration saisonnier net.

Ces trois bandes correspondent bien aux trois stades écologiques du germon. Nous les avons ainsi définies :

Zone 1 :	de 0° à 20°S	zone de reproduction
Zone 2 :	de 20° à 30°S	zone d'engraissement
Zone 3 :	de 30° à 40°S	zone de migration des juvéniles.

Ces strates spatio-temporelles, zones-trimestres, définissent donc des états homogènes du cycle de vie des germons dans le Pacifique Sud. Les échantillons qui s'y rapportent sont importants, de l'ordre de 1.000 à 8.000 poissons par trimestre. Ils montrent une configuration régulière de la distribution des femelles et des mâles, telle que décrite par la figure 52. C'est sur ces éléments que nous avons étudié les sex-ratios des grands germons. Soit 88 strates spatio-temporelles réparties sur neuf années.

2 - LES RESULTATS

Une des hypothèses, et la plus évidente est que la croissance des germons femelles serait à l'état adulte notablement plus faible que celle des mâles. Dans le chapitre 4, par lecture des sections des rayons épineux, nous montrons que c'est bien le cas du germon Nord Atlantique. On peut conforter ceci par l'étude du sex-ratio des germons du Sud Pacifique. Considérons la figure 53 : elle indique que si l'on porte la proportion de femelles en fonction de classe de taille de 1 cm, on peut s'attendre à obtenir une déviation à la fréquence 0,5 des femelles pour une série de longueurs correspondant à la taille de ralentissement de croissance.

Pour le mettre en évidence, nous avons calculé pour les 88 strates spatio-temporelles renfermant un échantillon mâle femelle ; l'intervalle de confiance centimètre par centimètre de la proportion des femelles.

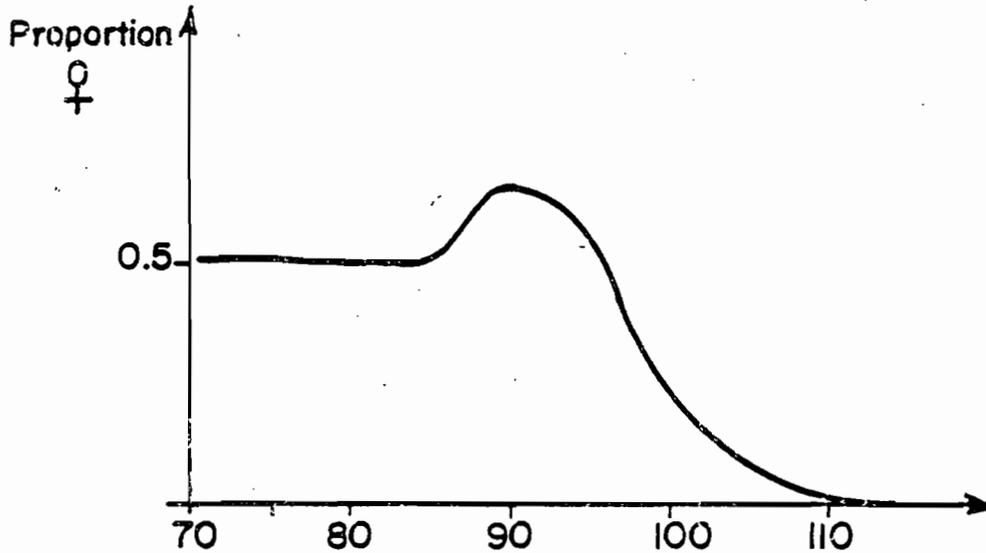


Fig.53 - Schéma de la distribution espérée du sex-ratio des femelles en fonction de la taille si la croissance de celles-ci ralentit.

La distribution de l'évènement "femelle" est considérée comme binominale d'espérance p . La fréquence des femelles observées h est un estimateur de p , et les bornes de l'intervalle de confiance de p sont racines de l'équation :

$$| h - p | \leq t_{\alpha} \frac{p q}{n}^{1/2} \quad t_{\alpha} \text{ est le } t \text{ de STUDENT}$$

h étant la fréquence observée. D'où

$$(h - p)^2 \leq t_{\alpha}^2 \frac{p(1-p)}{n} \quad \text{avec } q = 1 - p$$

Soit une équation dont les racines sont :

$$P_1 = \frac{hn \pm \frac{1}{2} t_{\alpha}^2 - t_{\alpha} \left[n(1-h)n + \frac{1}{4} t_{\alpha}^2 \right]}{n + t_{\alpha}^2}$$

$$P_2 = \frac{hn + \frac{1}{2} t_{\alpha}^2 + t_{\alpha} \left[h(1-h)h + \frac{1}{2} t_{\alpha}^2 \right]}{n + t_{\alpha}^2}$$

selon VAN DER WAERDEN (1967).

Le critère d'existence d'un "bosse" de femelles a été fixé arbitrairement à trois classes de taille successives où les intervalles de confiance de la proportion de femelles incluent la valeur 0.5 ou au delà. Le résultat des calculs est le tableau 26.

Les intervalles de confiance sont ceux de la loi binomiale, avec comme seuil de rejet de l'hypothèse nulle, $\alpha = 0.05$.

On constate qu'en particulier dans la zone 1 où se trouvent des germes adultes, il existe une accumulation de femelles aux tailles comprises entre 90 et 95 cm, soit donc à maturité sexuelle. Ces résultats confirment que la croissance des germes femelles diminue ou même s'arrête à la taille de première maturité.

Par ailleurs CORDIER (1976) a étudié cet ensemble de distributions de tailles par sexe et par strate spatio-temporelle en utilisant la méthode de HASSELBLAD. Dans certains cas il a pu mettre en évidence des classes d'âge possibles chez les mâles et chez les femelles. En admettant une succession logique de celles-ci, il tend lui-aussi à attribuer aux femelles un taux de croissance linéaire inférieur à celui des mâles.

L'arrêt de croissance des femelles n'exclut pas pour autant la possibilité d'une mortalité différentielle ou d'une disponibilité variable de chaque sexe. Il nous faut d'abord vérifier si sur l'ensemble des 88 strates décrivant la vie des germes subadultes et adultes à travers les captures palangrières, il n'y a pas des strates où les femelles se tiendraient préférentiellement, expliquant ainsi leur absence dans d'autres strates.

ANNEE ZONE	1962				1963				1964				1965				1966				1967				1968				1969				1970			
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	-	0	-	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
2					0	-	-	0	0	0	+	0	0	0	-	0	0	0	+	-	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-	0	0	0	-	0
3																	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0	-	0	0

Tableau 26 - Résumé des déviations à la valeur 0.5 des proportions de femelles dans les échantillonnages de longueur par sexe effectués à Samoa de 1962 à 1970.

T = trimestre

+ = Déviation significative de la fréquence 0.5 pour au moins trois classes de taille successives de 1 cm.

- = Déviation non significative.

0 = Echantillon trop faible (N = < 100).

En considérant le tableau 27 qui donne les sex-ratios et leurs intervalles de confiance (calculés selon le même principe que précédemment) on se convainc qu'il n'y a jamais eu dans les captures palangrières du stock Sud Pacifique de dominance des femelles dans les zones à adultes et subadultes. Ceci exclut une simple différence de disponibilité géographique de chaque sexe.

Il faut donc rechercher une telle différence dans des variations de vulnérabilité aux engins de pêche.

Dans ce qui suit on raisonnera d'abord en considérant que les différences de vulnérabilité liées au sexe sont bien supérieures à celles liées au seul âge des poissons. En effet l'inégalité des tailles moyennes de chaque sexe induite par la croissance différentielle peut être une cause majeure de différence de vulnérabilité à un engin de pêche. La pêcherie palangrière de Samoa a dirigé son effort sur le stock de germon Sud Pacifique et l'a accru de 1954 continuellement à 1967-1970 environ. Les chiffres d'effort en milliers de jours de pêche sont portés entre parenthèses dans le tableau 27.

Si les femelles sont simplement et globalement moins vulnérables que les mâles la proportion de femelles pêchées sur un stock vierge devrait être faible, mais croîtrait en fonction de l'effort de pêche. Et ceci en particulier dans les zones où se trouvent les adultes (zone 1). Nous avons donc porté en figure 54 la proportion des femelles pour les trimestres 1 et 4 où l'activité de reproduction devrait logiquement rassembler les deux sexes. On constate qu'il n'y a aucune tendance à l'accroissement de la proportion de femelles en fonction de l'effort de pêche. La proposition d'une simple vulnérabilité inférieure des femelles doit être écartée.

Il reste l'hypothèse d'une mortalité naturelle élevée chez les femelles, associée à un arrêt de croissance. Ceci expliquerait le sex-ratio déséquilibré dans les captures effectuées sur un stock même vierge.

Une telle "surmortalité" naturelle affectant les adultes existe dans certains taxons de poissons (Salmonidés par exemple). Elle a été évoquée pour l'albacore par ALBARET (1977) ou LENARZ et ZWEIFEL (1979). Elle pourrait cependant n'être qu'une émigration des femelles vers un compartiment où elles seraient totalement indisponibles. On débattrait de cette alternative un peu plus loin.

ANNEE (Effort)	ZONE	TRIMESTRES																		
		Q ₁			Q ₂			Q ₃			Q ₄									
1962 (8.000)	1	.352	.389	.427	(P _{inf} \bar{P} P _{sup})															
	2																			
	3																			
1963 (11.500)	1	.384	.400	.415																
	2	.168	.253	.361	.415	.453	.491	.319	.334	.348	.332	.346	.359							
	3				.372	.432	.493				.375	.453	.532							
1964 (9.000)	1	.355	.369	.382	.407	.422	.436	.303	.325	.346	.338	.353	.367							
	2							.398	.427	.456										
	3																			
1965 (15.000)	1	.350	.365	.379	.407	.421	.434	.331	.347	.362	.274	.286	.297							
	2				.488	.545	.600	.420	.441	.461	.301	.355	.403							
	3																			
1966 (23.800)	1	.310	.322	.333	.347	.359	.370	.330	.345	.360	.318	.328	.337							
	2				.411	.460	.508	.463	.477	.490	.347	.387	.328							
	3				.421	.459	.496	.431	.496	.560										
1967 (29.500)	1	.309	.319	.328	.344	.357	.370	.360	.373	.386	.332	.343	.353							
	2	.291	.357	.428	.409	.434	.459	.400	.415	.429	.315	.361	.409							
	3				.430	.448	.465	.421	.477	.533										
1968 (25.000)	1	.342	.354	.365	.385	.398	.410	.366	.381	.395	.355	.368	.380							
	2				.383	.417	.451	.434	.459	.484	.388	.429	.470							
	3				.403	.440	.478	.353	.386	.419										
1969 (23.800)	1	.370	.385	.399	.418	.432	.445	.361	.377	.392	.362	.373	.383							
	2				.455	.497	.538	.444	.464	.483	.295	.358	.425							
	3				.522	.584	.643													
1970 (27.500)	1	.352	.364	.375	.351	.364	.376	.328	.347	.366	.425	.443	.460							
	2				.296	.353	.413	.287	.304	.321										
	3				.305	.328	.351	.304	.346	.390										

Tableau 27 - Proportion de femelles dans les échantillons de Samoa.

Effort de pêche annuel en 10^3 jours de mer de palangrier

En ce cas la surmortalité naturelle se résout à une accessibilité plus faible des femelles. Cependant elle ne saurait être le seul facteur. En effet si seule celle-ci joue, les captures C de chaque sexe sont proportionnelles aux taux d'exploitation E et à l'effectif moyen \bar{N} . Soit donc :

$$C = \bar{N}E \quad \text{et} \quad E = \frac{F}{F + M}$$

Pour chaque sexe nous aurons

$$E_{O\uparrow} = \frac{F}{F + F_{O\uparrow}} \quad \text{et} \quad E_{Q\downarrow} = \frac{F}{F + M_{Q\downarrow}}$$

et si $M_{Q\downarrow} > M_{O\uparrow}$ la fonction $E_{O\uparrow}$ tend plus vite vers 1 que $E_{Q\downarrow}$ lorsque F croît.

Le taux de femelles $\frac{C_{Q\downarrow}}{C_{O\uparrow} + C_{Q\downarrow}}$ croîtra donc vers 0.5 lorsque l'effort de pêche augmente. Le taux de variation dépend de la taille du stock et des valeurs relatives de $M_{O\uparrow}$ et $M_{Q\downarrow}$.

Or la figure 55 montre que s'il n'est pas exclu que le taux de femelle décroisse légèrement en fonction d'un effort de pêche palangrier important, ou reste relativement constant, il n'est pas possible d'admettre une croissance de celui-ci. L'adjonction des données pour les trimestres 2 et 3 du tableau 27 ne modifie pas ce fait.

Il faut donc conclure que les femelles sont à la fois plus vulnérables aux palangres et affectées d'une mortalité naturelle supérieure. Ceci rétablit le rapport des captures par sexe quel que soit l'effort de pêche. Cette plus forte vulnérabilité s'exerce sur les individus de 85 à 100 cm, domaine de la majorité des femelles de par leur arrêt de croissance.

Il est évidemment possible que sur toutes ces hypothèses se surimpose une variation des capturabilités en fonction de l'âge pour l'un et l'autre sexe. Faute de données précises sur la composition par âge, on ne peut conclure. Rappelons cependant que d'après nos conclusions du chapitre 3 sur l'écophysiologie des adultes, leur pleine adaptation à l'écosystème pélagique passée 90 cm devrait réduire les variations la disponibilité entre classes d'âge.

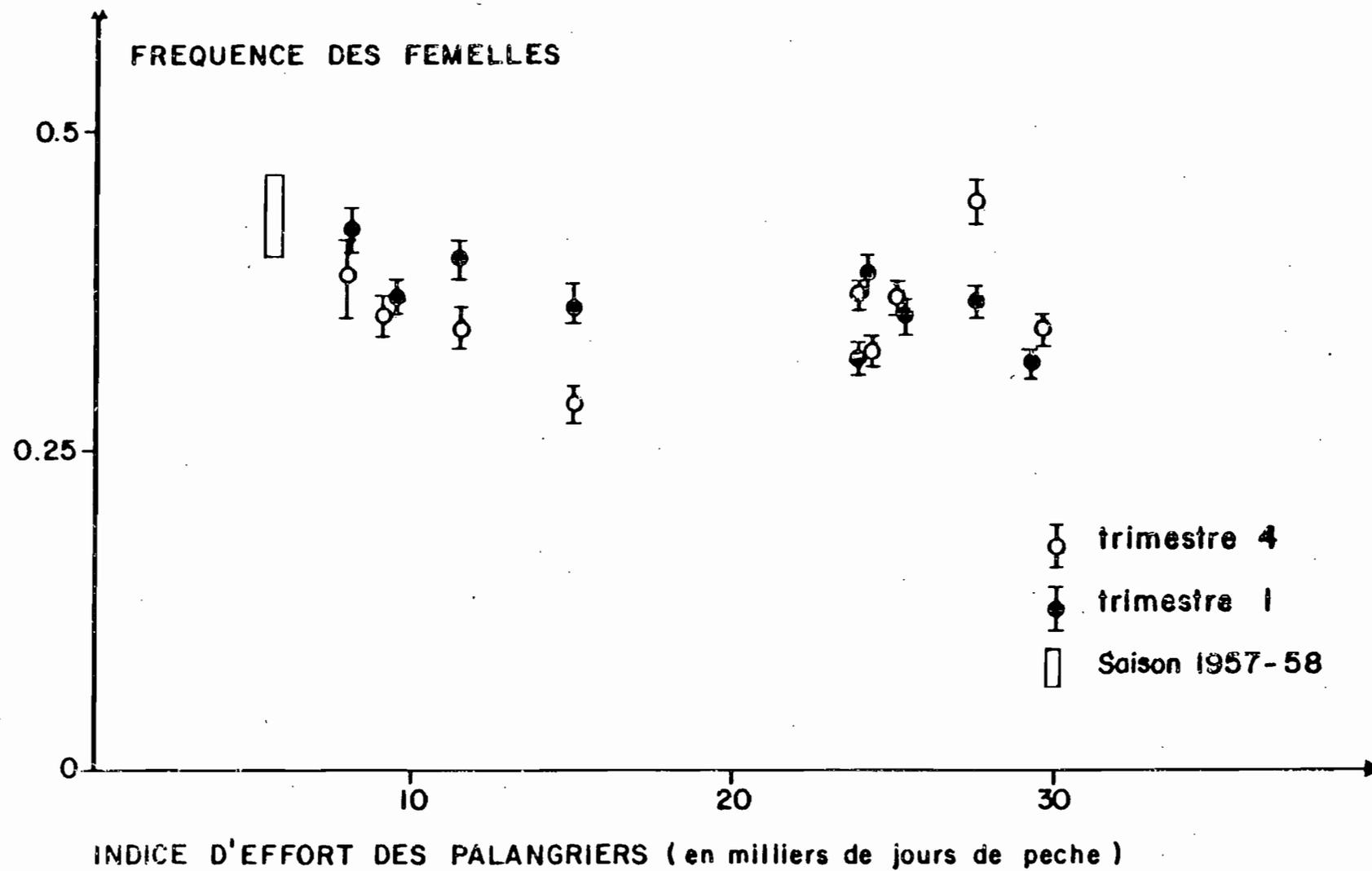


Figure 54 : Relation entre la proportion de femelles en zone 1 et l'effort de pêche des palangriers opérant sur le stock Sud Pacifique.

On retiendra donc deux éléments certains : l'arrêt ou le quasi arrêt de croissance des femelles associé à une "surmortalité" qui pourrait n'être qu'une émigration de celles-ci vers un "sanctuaire". Ce sont deux faits biologiques que l'on peut confronter à nos connaissances écophysiologiques du germon. Une vulnérabilité supérieure des femelles complète cette différence d'accessibilité.

Une étude de simulation exposée un peu plus loin essaie d'approcher son ordre de grandeur, ainsi que l'ensemble des conséquences en matière de dynamique de population du phénomène général de dominance des mâles.

3 - DISCUSSION

3.1 - LA CONCEPTION DE SURMORTALITE

Quelle peut être la valeur absolue du taux de surmortalité ? On peut grossièrement l'évaluer en utilisant les chiffres de OTSU et HANSEN sur la structure des captures de la pêcherie quasi vierge du Pacifique Sud (Fig.55).

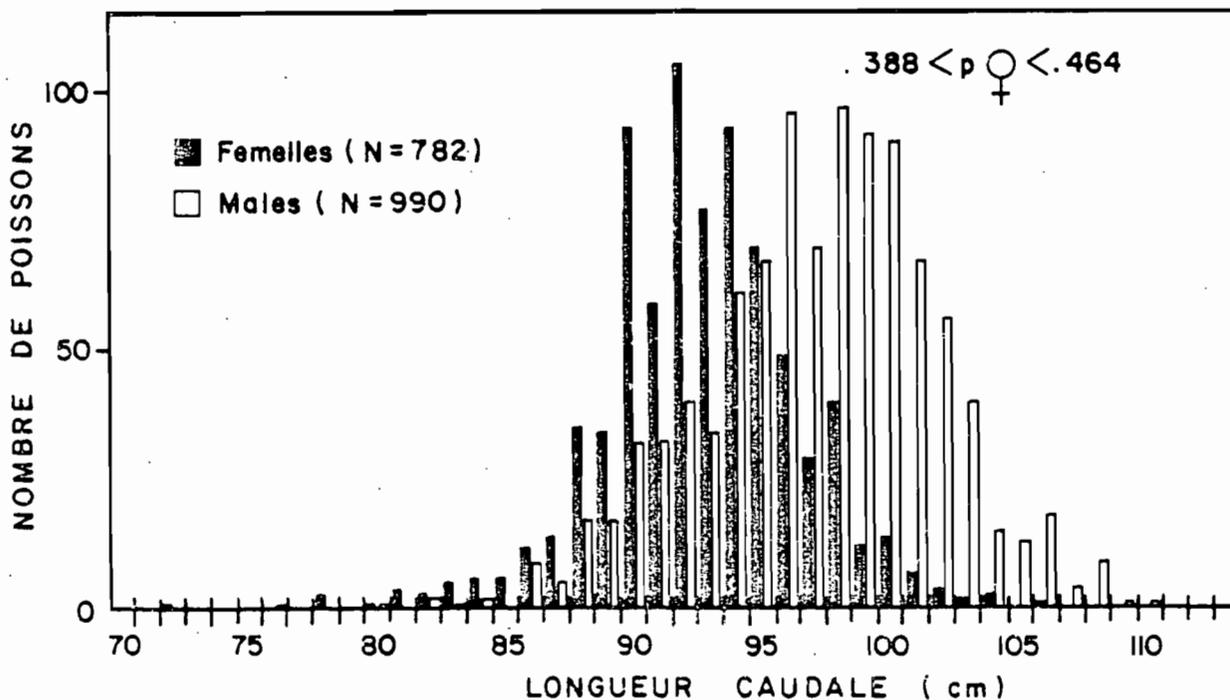


Fig.55 - Distribution des fréquences de taille par sexe dans la pêcherie de germon du Sud Pacifique à l'état quasi vierge (1957-1958, effort moyen 6000 jours de pêche) d'après OTSU et HANSEN (1962).

En utilisant la clef âge-taille, et les variances associées que nous avons déterminées dans le chapitre croissance, on peut décomposer les effectifs de femelles de la figure selon leur âge estimé. On obtient ainsi une série d'effectifs par âge, permettant une estimation classique de la mortalité instantanée apparente. Soit donc des valeurs de MQ d'environ 1.0 à 2.0 selon les divers essais menés.

Si l'on admet que la surmortalité est la seule cause de disparition des femelles et que donc, la capturabilité des palangres est grossièrement constante pour toutes les tailles de femelles de 5 à 7 ans, la mortalité apparente est donc une estimation de la mortalité naturelle des femelles. Nous retiendrons 1., rendant compte d'une disparition de 63% des femelles par an. On aurait donc pour les vecteurs de mortalité naturelle

Age	1-4	5	6	7	8
Mâles	0.2	0.4	0.4	0.6	0.6
Femelles	0.2	1.0	1.0	1.0	1.0

LENARZ et ZWEIFEL (op. cit.) suggèrent pour l'albacore une surmortalité des femelles de l'ordre de 2.76 à comparer les mortalités naturelles des jeunes et des mâles communément fixée à 0.7.

Il est bon de se demander maintenant si une telle surmortalité a une signification écologique pour le germon (et même pour les autres thonidés). En d'autres termes si l'on prend le point de vue de la stratégie démographique de l'espèce selon BARBAULT (1976), quels sont les avantages que les populations de germons peuvent tirer d'une telle situation pour se maintenir ?

Si l'on considère la vision des thonidés de SHARP (1979) ces animaux passent l'essentiel de leur adolescence à se maintenir et à résoudre le problème d'une proportion suffisante de réserves pour pouvoir se reproduire. Il s'agit donc là d'une course véritable contre un environnement pauvre en nourriture et thermiquement difficile. Ce qui diffère assez de la conception commune de l'écologie des thonidés. Cette course affecterait plus les femelles.

Nous avons vu qu'une véritable différenciation sexuelle a lieu à environ 90 cm de longueur chez le germon. Ceux-ci acquièrent une morphologie d'adultes, plus particulièrement chez les femelles. Cela correspond à des réserves qui gonflent les volumes musculaires postérieurs. Leur acquisition serait plus efficace lors de la fin de la phase immature lorsque les poissons ont atteint la taille de bon fonctionnement physiologique d'environ 70 cm. De 70 à 90 cm les gains métaboliques améliorés permettent la constitution de réserves destinées à la fonction de reproduction. Une fois atteint le niveau de réserve permettant cette reproduction, les femelles cessent de croître, et synthétisent les produits de la vitellogénèse, ne pouvant plus allouer d'énergie à l'activité de croissance. La demande énergétique serait même suffisamment forte pour affecter la part d'énergie nécessaire à la survie normale de l'individu. Les femelles mourraient alors en proportion importante après la première ou la seconde ponte.

Le ralentissement de croissance des mâles à 90 cm témoigne d'un même problème de concilier la spermiogénèse et une croissance normale.

Si l'ensemble de ce schéma est vrai, on peut espérer une taille de maturité assez constante pour les germons femelles, modulée quelque peu par les conditions trophiques mésopélagiques propres aux zones d'engraissement utilisées par chaque stock pour compléter les réserves des poissons de 70 à 90 cm. On constate en effet que la taille de première maturité est relativement constante pour les germons de tous les océans. Résumons les auteurs :

Stock	Taille de première maturité (en cm)	Source
Pacifique Nord	90-94	OTSU et UCHIDA (1971) UEYANAGI (1957)
Pacifique Sud	87-90	OTSU et HANSEN (1962)
Océan Indien	90-94	UEYANAGI (1955)

Pour l'océan Atlantique des valeurs aimablement données par D.SIMMONS permettent de dresser la figure 56. On y constate que la première ponte estimée selon le critère de UEYANAGI (ovaire dépassant 200 g) est atteinte à 92-94 cm tant pour le stock Nord Atlantique que Sud Atlantique. Le germon de Méditerranée qui évite le recours aux ressources mésopélagiques constitue l'exception qui confirme la règle.

Dans une situation écologique ainsi définie comme difficile le germon aurait alors intérêt à investir dans la première ponte, puisque la survie ultérieure des femelles n'est pas assurée. Une mortalité dépendante de la densité renforcerait cette nécessité.

L'examen des données de fécondités absolues, disponibles pour le germon convainc assez bien que la fécondité des germons femelles est peu liée à leur taille (et à son poids), pour l'essentiel des tailles de femelles rencontrées. Les données sont malheureusement restreintes, et nous avons regroupé toutes les valeurs existantes dans la littérature (Table 17).

Malgré les variations entre les auteurs, la constatation de POSTEL (1963) reste valable : le germon pond entre 2 et 3 millions d'oeufs pour des poids de femelles de 20 kg.

Le nombre de pontes intra annuelles a également son importance. Dans le chapitre "croissance du germon" on a vu que la saison des pontes est limitée à six mois dans chaque hémisphère. Les auteurs qui ont examiné les polygones de fréquence des diamètres ovulaires de germons pris dans cette période admettent une à deux pontes.

En définitive, les faits exposés ci-dessus sont cohérents avec une stratégie de reproduction investissant surtout dans les premières pontes. En ce cas le germon diffère assez des autres thons. Ceci sera repris au chapitre 15.

Enfin le taux d'éléments lipidiques et glucidiques accumulés par le germon dans son fuseau postérieur est particulièrement élevé. (SIDWELL *et al.*, 1974). Ceci a une application en matière de conserves, et démontre pour le germon, l'importance d'une forte quantité de réserves métaboliques accumulées précocement.

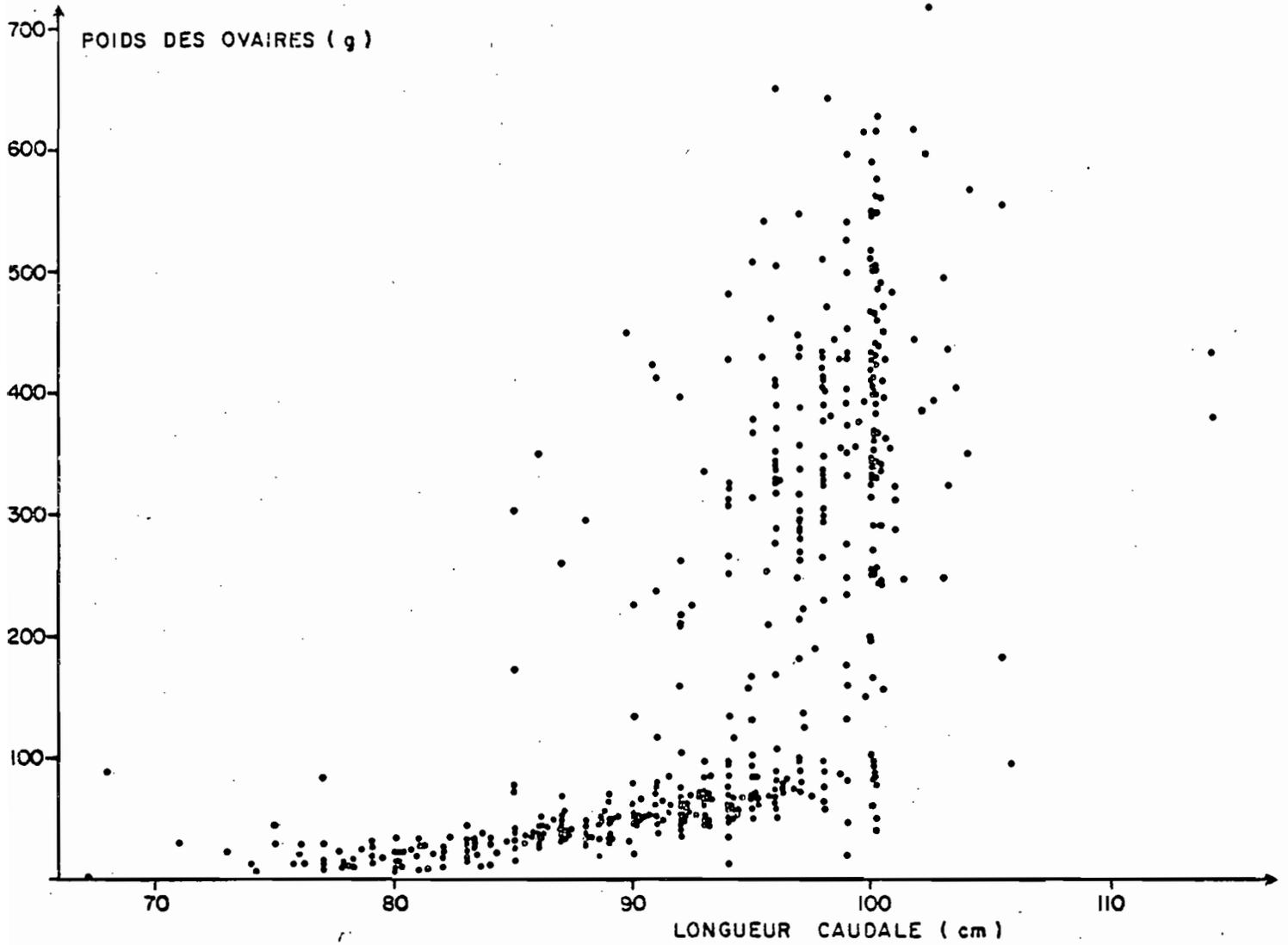


Figure 56 : Relation poids des ovaires, taille des femelles, germon de l'Atlantique. Données de D. SIMMONS recueillies en 1970-1971 à Porto Rico

3.2 - LA CONCEPTION DE "SANCTUAIRE"

Comme nous l'avons plusieurs fois fait remarquer, les grands germons examinés sont tous pêchés à la palangre. Une sélectivité de la palangre envers les femelles de plus de 100 cm pourrait elle jouer ?

La palangre flottante classique balaie un volume d'eau compris entre 50 et 150 mètres de profondeur. Le savoir faire des pêcheurs asiatiques est tel que l'on peut exclure un mauvais calage de l'engin dans cette tranche d'eau. Par exemple, dans la zone d'engraissement où les germons préadultes sont moins profonds en hiver, les pêcheurs diminuent la longueur des orins pour caler les hameçons plus près de la surface. De plus, la pêche à la canne d'hiver et d'automne pratiquée par les thoniers espagnols dans le triangle des Açores, Canaries, Cap St Vincent, produit des germons adultes présentant le même phénomène. De l'avis des patrons pratiquant cette pêche, l'appâtage dans les eaux océaniques très claires de cette zone, peut faire monter les germons depuis 100 m (observation à l'échosondeur).

Il semble donc que s'il existe un "sanctuaire", il faille le chercher en dehors de la tranche d'eau 50-150 m, qui recouvre la zone intertropicale des océans. L'argument selon lequel les femelles mordraient moins à la palangre que les mâles nous semble peu recevable, considérant les besoins trophiques des femelles dans les périodes de reproduction. ZHAROV (1971) indique d'ailleurs une activité nutritionnelle des germons adultes des deux sexes, pêchés en période de reproduction en Atlantique, au nord des Bahamas. Le problème est alors de savoir s'il n'y a pas une accumulation de grandes femelles dans la strate 150-500 m et pour quelle raison écologique? On a vu que seul GRANDPERRIN s'est posé la question, et répond par la négative. Les effectifs examinés sont cependant faibles et un doute subsiste. Il est donc impossible de conclure fermement. On retient toutefois que le sanctuaire en profondeur est peu probable.

On peut également rechercher si le sanctuaire n'existerait pas dans des zones géographiques particulières. Comme il l'a été dit au début de ce chapitre, l'essentiel des observations sur le sex-ratio des grands germons, montre toujours une dominance des mâles. Cependant ZAVALA CAMIN (1978) a étudié les débarquements d'une pêcherie palangrière côtière, aux accores du plateau continental brésilien, entre 23°S et 31°S. Il y constate l'existence de grands germons de 80 à 125 cm soit donc des adultes.

Or le spectre du sex-ratio en fonction de la taille, indique la présence de grandes femelles de 100 à 120 cm en nombre supérieur aux mâles. La proportion des sexes est cependant équilibrée : .51/.49. Le capture de ces germons a lieu en hiver austral, soit donc pendant la période d'engraissement. La zone de pêche est plus au sud que l'aire de reproduction du stock de germon de l'Atlantique Sud (UEYANAGI, 1969).

La population qu'exploite donc cette pêcherie pourrait être le sanctuaire recherché. Cependant elle est le seul exemple que nous ayons rencontré d'une telle répartition des sexes. Dans l'océan Pacifique, pourtant intensivement pêché, aucun fait analogue n'a été signalé. Enfin, fait curieux, ZAVALA CAMIN dans des études effectuées simultanément sur les albacores et les patudos, exploités par cette même pêcherie montre des sex-ratios en fonction de la taille également inverses de ce que l'on rencontre couramment.

La zone de pêche brésilienne présenterait donc des caractères écologiques particuliers qui en ferait un lieu de rassemblement privilégié des grandes femelles de thonidés, ou s'agit-il d'un artefact quelconque ? Des observations sur cette pêcherie sont encore nécessaires.

3.3. CONCLUSION

Il est un peu décevant au terme d'une si longue argumentation de devoir s'avouer que l'on n'a pu décider entre les diverses solutions évoquées.

En effet, si le ralentissement de croissance est indubitable, ainsi que le concept de surmortalité, on ne peut définitivement conclure sur son essence même : véritable mortalité ou sanctuaire. Cependant, l'indétermination devrait être levée assez aisément par des études systématiques du sex-ratio, en Atlantique, sur les captures de toute pêcherie exploitant des germons adultes. Les études doivent être menées continûment en comptabilisant l'effort de pêche des pêcheries concernées. L'impact d'une variation importante de l'effort de pêche serait intéressant à cet égard.

Enfin nous pensons avoir suffisamment bien démontré l'intérêt du sex-ratio et de sa distribution en fonction de la taille chez les thonidés. Ceci se généralise probablement à d'autres taxons d'animaux marins. Il semble permis d'affirmer que le sex-ratio est un paramètre aussi important que la croissance et la mortalité pour l'étude de la dynamique des populations. Ceci tranche évidemment sur l'attention distraite qui leur est parfois accordée.

Pour renforcer cette assertion, nous allons étudier l'impact des phénomènes décrits sur les taux d'exploitation et les relations stock-recrutement.

4 - LES CONSEQUENCES SUR L'ETAT D'EXPLOITATION DU STOCK DE GERMON ATLANTIQUE

Grâce à une analyse multicohorte, l'état du stock de germon a été estimé, et ceci indépendamment de toute donnée sur les adultes. Une cohorte synthétique a été calculée d'après le tableau général démographique. Elle prend en compte les cohortes 64-69. Son recrutement moyen à 1 an est de $13 \cdot 10^6$ individus, et son devenir pendant trois ans est soumis à la pêche de surface sans variation. Lors de sa quatrième année, il en reste $2.5 \cdot 10^6$. C'est sur ces individus survivants que s'appliquent les mortalités engendrées surtout par la pêche palangrière. Cette cohorte peut être analysée selon les hypothèses classiques d'âges et mortalité naturelle tel qu'elles sont exposées dans le chapitre 10. C'est ce qui a été fait et constitue notre référence BASIC. Les effectifs des captures par classes d'âge et les mortalités naturelles retenues sont portées dans le tableau 28. BASIC représente notre analyse actuelle de l'état du stock Nord Atlantique.

Puisque le phénomène de dominance des mâles s'explique par des variations de croissances, donc des âges attribués et des mortalités naturelles, nous allons simuler sur la cohorte synthétique 1964-69 de telles variations. Le calcul des taux d'exploitation résultants, rapportés à ceux de BASIC, mesurera l'impact de telles ou telles explications du sex-ratio, et fera apparaître éventuellement des variations de capturabilité entre les sexes.

4.1. LES DONNEES

Elles sont déterminées par les hypothèses de base ainsi définies;

AG 1 suppose que seule la croissance moyenne des adultes a été modifiée selon nos conclusions sur la courbe de croissance moyenne dite A. L'existence d'un sex-ratio est donc ignoré, ainsi que l'influence du sexe sur la croissance. Les nouveaux effectifs par classe d'âge ont été déterminés comme suit : L'examen des échantillonnages de taille effectués par l'ICCAT de 1974 à 1977 (ICCAT, 1977a, b ; 1978, 1979) en utilisant les tailles moyennes et leur

variance aux âges 5, 6, 7, 8, 9 a permis une décomposition par classe d'âge par la méthode NORMSEP (Table 29). L'application des proportions d'âges ainsi calculées par strates de trimestres aux captures de la cohorte synthétique donne une autre répartition des captures par âge. La mortalité naturelle ne diffère pas entre mâles et femelles. Les paramètres de AG1 sont portés dans le tableau 29.

AG 2 tient compte de la croissance différentielle des mâles et des femelles. Selon que l'on admet la surmortalité naturelle, ou une simple émigration vers une zone refuge on peut diviser AG2 en deux sous hypothèses :

- AG 2.1 rend compte de l'émigration des femelles lors de la zone de pêche, donc la mortalité naturelle est identique pour les mâles et les femelles.

- AG 2.2 présente une surmortalité des femelles, les mâles restant soumis à une mortalité naturelle classique.

Dans les deux cas, les effectifs de prise par classes d'âge restent à déterminer. Malheureusement il n'y a que peu de données de taille en fonction du sexe disponible pour le stock Nord Atlantique. Un échantillonnage effectué aux Canaries en mars 1979, et sur lequel des déterminations directes d'âge été effectués par nos soins, nous permet de hasarder une hypothèse de répartition des captures en fonction de la taille (Tableau 28).

Puisque la cohorte est connue, et représente $2.5 \cdot 10^6$ individus à 4 ans, il est possible de déterminer selon une analyse de cohorte classique le taux d'exploitation des germons adultes selon ces quatre hypothèses.

4.2. RESULTATS

Ces cohortes synthétiques BASIC, AG1, AG21 et AG22, mâles et femelles ont donc été analysées dans le sens direct sur une base annuelle. Les taux d'exploitation ($E = \frac{AF}{Z}$) et les mortalités par pêche ont été tirés. Ces valeurs sont reportées dans le tableau 30 et pour les seuls taux d'exploitation, en figure 57.

Hypothèse		Age					
		4	5	6	7	8	9
BASIC	C	330	204	170	106	44	18
	M	.2	.4	.4	.6	.6	.8
AG1	C	358	237	159	82	24	
	M	.2	.4	.4	.6	.6	
AG22 ♂	C	179	100	130	52	15	
	M	.2	.4	.4	.6	.6	
AG22 ♀	C	179	170	29	6		
	M	.2	1.	1.	1.		
AG21 ♂	C	179	100	130	52	15	
	M	.2	.4	.4	.6	.6	
AG21 ♀	C	179	170	29	6		
	M	.2	.4	.4	.6		

Tableau 28 - Captures par âge ($\times 10^3$) et mortalité naturelle selon les quatre hypothèses formulées sur l'âge des germons adultes.

C = Captures en nombre
M = Mortalité naturelle

Age	Trimestre			
	1	2	3	4
3	.07	.03	.03	.06
4	.26	.12	.08	.26
5	.48	.24	.21	.43
6	.15	.31	.34	.21
7	.04	.25	.22	.04
8		.05	.12	

Tableau 29 - Proportion des germons de chaque âge par trimestre pour la période 1974-1978 déduits de la courbe de croissance dite A et des échantillonnages des palangriers par l'ICCAT

On constate, en comparant les cas AG1 et AG21 par rapport à BASIC que le taux d'exploitation des germes de cinq ans est sous-estimé par BASIC. Cependant, le taux d'exploitation des germes de 7 à 9 ans est artificiellement élevé par BASIC. En revanche dans la plupart des cas les différences ne sont pas très élevées, et globalement le taux d'exploitation actuel des germes adultes reste moyen. Dans les cas de AG22 et AG21, les spectres des taux d'exploitation selon le sexe et l'âge sont comme prévu différents, les femelles en particulier étant plus vulnérables à cinq ans. Cependant, là aussi les taux d'exploitation ne diffèrent pas drastiquement des évaluations actuelles usant de BASIC.

Age \ Hypothèse	4		5		6		7		8		9	
	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E	F
BASIC	.134	.159	.118	.154	.171	.231	.201	.305	.206	.315	.211	.320
AG1	.146	.175	.141	.186	.169	.228	.164	.242	.112	.159		
AG22 ♂	.146	.175	.119	.154	.268	.388	.236	.369	.179	.268		
AG22 ♀	.146	.175	.204	.375	.136	.237	.097	.164				
AG21 ♂	.146	.175	.119	.154	.268	.388	.236	.369	.179	.268		
AG21 ♀	.146	.175	.204	.282	.070	.088	.023	.030	.0	.0		

Tableau 30 - Taux d'exploitation et mortalités par pêche des germes adultes selon les hypothèses évoquées.

4.3. DISCUSSION

Les hypothèses AG1, AG21 et AG22 sont bâties sur des données restreintes, les déterminations directes de l'âge et du sexe étant quasi inexistantes en dehors des nôtres. La méthode du "hachoir" utilisée couramment pour bâtir la table démographique des adultes et donc de BASIC, n'est pas satisfaisante non plus. Les mortalités naturelles avancées ne sont que hypothétiques. Cependant les modifications d'âges utilisées sont fortes, et cette étude de sensibilité a le mérite de montrer que les calculs des taux d'exploitations des adultes sont robustes, du moins tant que l'on procède à une analyse de cohortes dans le sens direct.

Mais toutes ces modifications possibles des taux d'exploitation concernent le germon adulte à l'âge de 5 ans et au delà, donc la biomasse reproductrice. Or la connaissance de celle-ci est essentielle. La situation écologique réelle des femelles, leur surmortalité, naturelle, possible ou non, leur fécondité absolue par classe d'âge au delà de 5 ans, l'émigration d'une partie d'entre elles vers un sanctuaire, où elles sont encore actives sexuellement ou non, constituent, en plus des taux d'exploitation réel, une série de facteurs déterminants. La biomasse réellement reproductrice des femelles, conditionne donc les seuils auxquels le recrutement qui en est issu serait affecté.

Tout ceci mérite un développement dans les chapitres 13 et 14. Selon les statuts écologiques retenus pour les femelles, donc la stratégie démographique que nous pensons attribuer à l'espèce germon, les taux d'exploitation relativement modérés que nous avons cernés, auront plus ou moins d'importance et affecteront le degré de fragilité du recrutement en fonction de l'effort de pêche dès diverses pêcheries.

On a vu que l'usage de la méthode directe d'analyse des cohortes sur le segment adulte du stock, maintenait l'effet des diverses modifications d'âge selon le sexe à un niveau acceptable. Mais, il est courant de déterminer le recrutement par des analyses selon la méthode inverse en "devinant" le F_n . La convergence qu'induit cette procédure la fait préférer à l'analyse directe. Cependant la détermination correcte d'individus composant les plus vieilles classes d'âge est alors importante et, corrélativement le F_n correct à leur appliquer (POPE, 1972).

Indépendamment de toutes les autres erreurs, la confusion des individus de chaque sexe en classes d'âge communes, déterminée par la méthode du "hachoir", peut amener une erreur de ce type.

Nous l'avons vérifié en soumettant à des F_n variant de .0001 à 1., les diverses hypothèses de répartition démographique du tableau 28. Les recrutements ont été calculés à 1 an et à 5 ans pour les hypothèses BASIC, AG1 et AG21 et rapportés à BASIC. La figure 58 résume les conclusions: BASIC, employé en analyse de cohorte inverse, surestime le recrutement réel. Cette surestimation augmente pour les F_n faibles. Enfin, la convergence engendrée par la méthode inverse diminue l'erreur pour les longues cohortes.

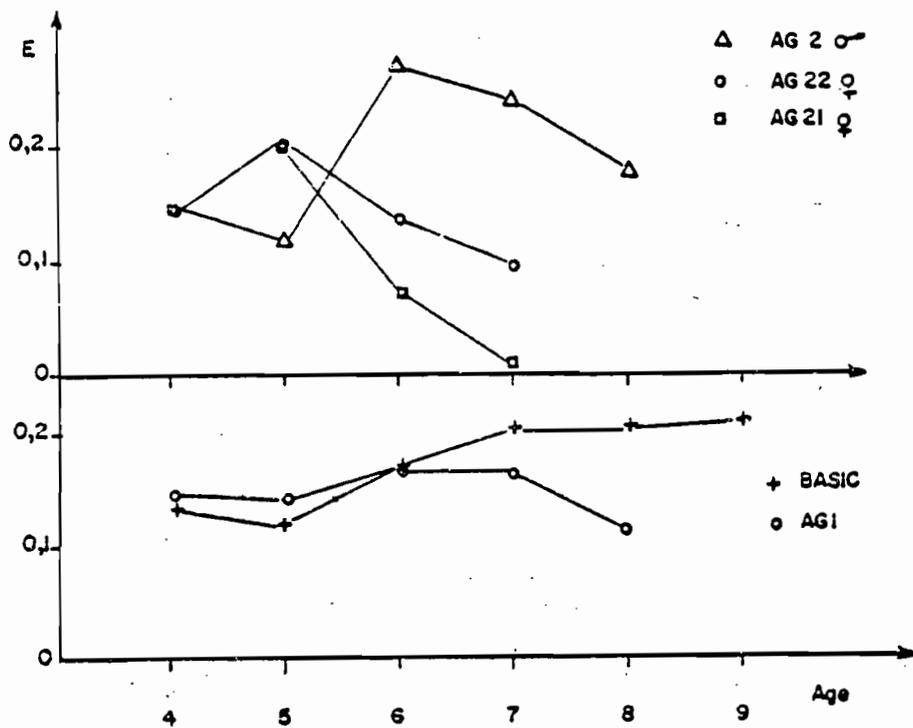


Figure 57 : Taux d'exploitation (E) par âge calculés pour la cohorte synthétique 64-69 en fonction des hypothèses sur la stratégie de reproduction.

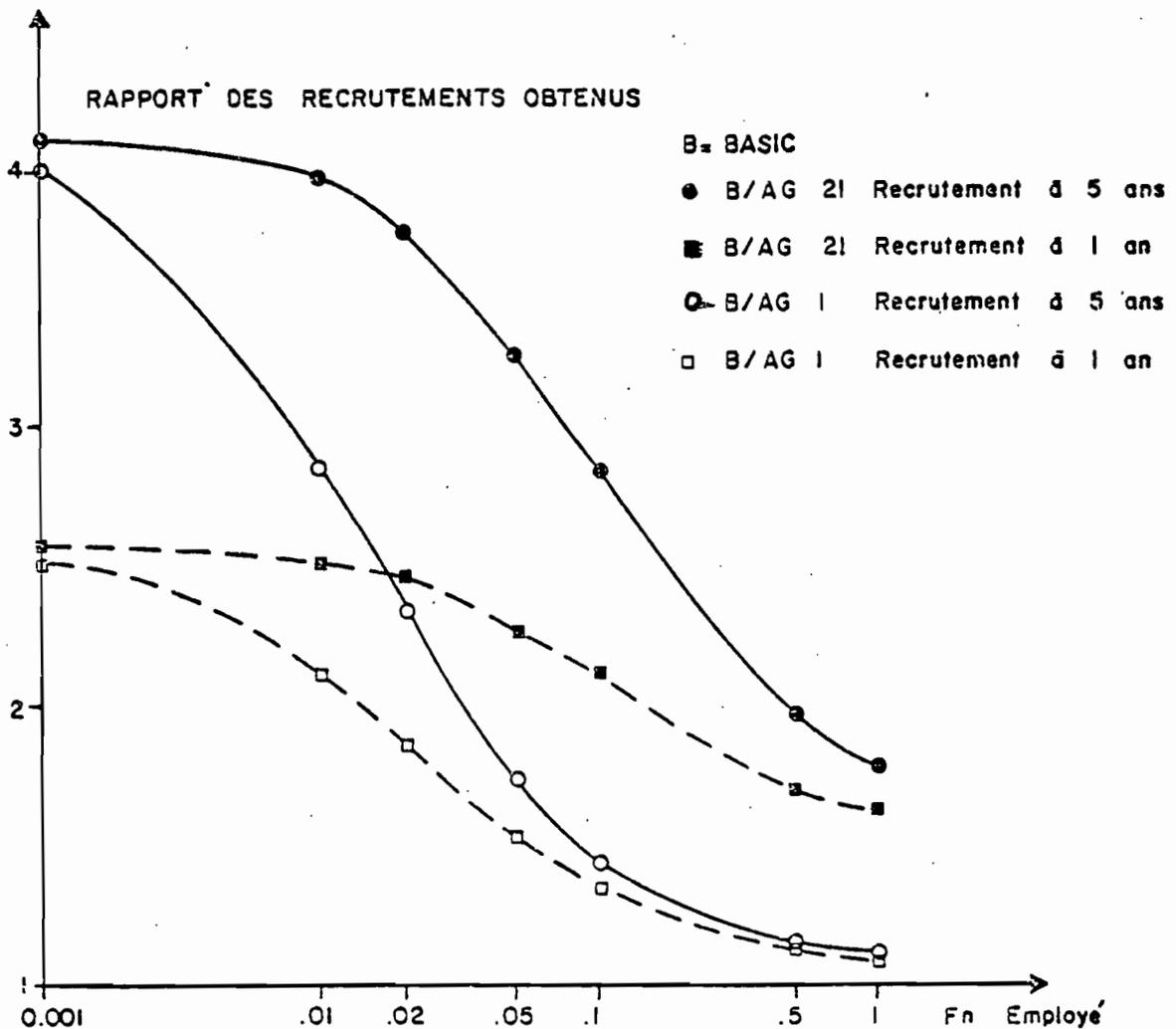


Figure 58 : Surestimation du recrutement par BASIC par rapport aux autres hypothèses évoquées en fonction du Fn injecté, à la dernière classe d'âge représentée.

On voit que la surestimation du recrutement du stock de germon peut être considérable. De l'ordre d'un facteur 2. Négliger le sexe des thons dans la construction d'une table démographique peut donc conduire à des résultats fâcheux, surtout si l'on ne fait que deviner le F_n à utiliser. Or, pour ce faire, on a tendance à essayer toute une série de F_n , depuis des valeurs dites "basses", jusqu'à des valeurs dites "hautes". Dans des cas de tableaux démographiques analogues à celui de BASIC, l'usage du F_n bas mène à des estimations de recrutement évidemment peu vraisemblables. On est ainsi amené à choisir presque systématiquement des F_n forts, qui eux produisent des recrutements vraisemblables.

Le résultat final est alors que si le recrutement déterminé est relativement correct, les taux d'exploitation des adultes sont largement surestimés. Et l'état du stock diagnostiqué comme mauvais. Ce biais est probablement courant dans les analyses de stocks des thons, ou même d'espèces longévives, présentant des phénomènes de sex-ratio de ce genre. Pour sa part l'auteur n'y a pas échappé (BARD, 1977). La fécondité moyenne du stock de germon avait été ainsi évaluée à la moitié de sa valeur probable pour les récentes années.

5 - CONCLUSION

L'impact de la disparité écologique de germons mâles et femelles à l'état adulte, peut donc être important. Une analyse du stock basée sur les données de la pêcherie de surface permet d'éviter en grande partie cet écueil. Cependant la signification exacte de l'écologie particulière des femelles pour la relation stock-recrutement, et corrélativement l'importance relative du prélèvement par la pêche pour cette même relation doivent être analysées. C'est ce qui est fait dans les chapitres suivants. Enfin, la nécessité de tenir compte des phénomènes liés au sex-ratio pour le bon usage des analyses de cohortes est évidente.

CHAPITRE 13

PRODUCTION DU STOCK DE GERMON NORD ATLANTIQUE

1 - PRINCIPE

Les chapitres précédents nous permettent de disposer des évaluations des paramètres gouvernant la croissance pondérale et la décroissance numérique des germons en Atlantique Nord. Il est donc possible d'évaluer la production par recrue de ce stock. Par ailleurs, l'évaluation du recrutement entre 1960 et 1974, voire même avant ont permis de se livrer à quelques considérations sur la relation qui lie le stock de géniteurs et les recrues qu'ils engendrent. On en a déduit, sinon une loi rigoureuse, du moins des domaines ou la probabilité de faibles recrutements est plus ou moins forte. En couplant ces deux évaluations on aboutit à un modèle autorégénérant. Ce chapitre cherche à prédire la production soutenable sous un régime d'exploitation donné, en équilibre ou en situation transitoire pour le stock de germon de l'Atlantique Nord. De plus le modèle de simulation mis au point pour les besoins des calculs de la production soutenable, sera mis à contribution pour vérifier l'impact des différentes hypothèses émises pour expliquer les variations du sex-ratio des adultes. Soit donc les conséquences d'une invulnérabilité plus ou moins grande de la biomasse des femelles, ou d'une mortalité naturelle affectant celles-ci, sur le degré de résistance du stock à l'exploitation.

2 - METHODES

2.1. LE MODELE DE BASE

Le modèle de base de toute évaluation de la biomasse du stock est à l'instant t :

$$B(t) = N(t) \quad W(t)$$

$B(t)$ = biomasse

N = effectif absolu d'une cohorte

W = poids individuel

Différents auteurs ont développé des estimations de $B(t)$ en fonction du temps, basées sur les lois de $N(t)$ et $W(t)$. RICKER (1958) pour sa part a adopté une approche basée sur le découpage de vie de l'animal en petits intervalles où les divers paramètres sont supposés constants. Nous avons vu que cette méthodologie s'appliquait particulièrement au cas du germon en ce qui concerne les effectifs $N(t)$ et que on avait généralement entre deux instants i et $i+1$:

$$N_{i+1} = N_i e^{-Z_i(t_{i+1} - t_i)}$$

Pour ce qui est de la croissance pondérale RICKER propose également une approche directe selon la loi :

$$W_{i+1} = W_i e^{G(t_{i+1} - t_i)}$$

Ce qui est bien différent du modèle de Von BERTALANFFY, mais aussi bien plus maniable. En effet cette loi permet de ne faire aucune hypothèse sur les courbes de croissance qui peuvent comporter plusieurs phases. Le chapitre 4 a justement montré que c'était le cas du germon.

Enfin G est un terme exponentiel qui simplifie les calculs. En effet la combinaison des lois de $N(t)$ et $W(t)$ amène à

$$B_{i+1} = B_i e^{(G_i - Z_i)(t_{i+1} - t_i)}$$

pour la période i à $i+1$ où G_i et Z_i sont constants. La biomasse est donc décrite au long de la vie de la cohorte par une succession d'arc d'exponentielles.

Les captures en nombre que l'on peut effectuer lors de la période i , limitée par les instants i à $i+1$, sont gouvernées par l'équation de BARANOV soit :

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

$$C = \frac{F_i N_i}{Z_i} (1 - e^{-Z_i(t_{i+1} - t_i)})$$

La somme des captures en nombre sera :

$$C = \sum_i C_i$$

La capture en poids qui constitue la production du stock au sens halieutique, se dénomme Y_i pour la i ème période limitée par i et $i+1$. Et la production totale sera :

$$Y = \sum_i Y_i$$

Dans l'intervalle i à $i+1$, le coefficient de mortalité par pêche F_i est constant, et le taux instantané de production est :

$$\frac{dY}{dt} = F_i N_t W_i = F_i B_t$$

soit sur l'ensemble de l'intervalle

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

d'où

$$Y_i = \frac{F_i}{G_i - Z_i} (B_{i+1} - B_i)$$

ou encore :

$$Y_i = \frac{F_i B_i}{G_i - Z_i} \left[e^{(G_i - Z_i)(t_{i+1} - t_i)} - 1 \right]$$

formulation qui est d'un usage aisé dans les calculs pratiques.

Tous les termes de l'équation sont constants dans l'intervalle i à $i+1$ considéré.

On peut encore raisonner "par recrue" et réduire B_i à W_i d'où :

$$\frac{Y_i}{R} = \frac{F_i}{G_i - Z_i} W_i \left[e^{(G_i - Z_i)(t_{i+1} - t_i)} - 1 \right]$$

également utilisable facilement dans les calculs. Et

$$\sum_i \frac{Y_i}{R} = \frac{Y}{R}$$

Une quantité également nécessaire à l'évaluation du stock est la biomasse féconde. On en a vu l'intérêt au chapitre II. Selon que l'on retient la possibilité de mortalité naturelle différente des femelles, ou non, on utilisera deux types d'évaluations.

Soit l'on considère le stock tout entier et la fécondité par intervalle i à $i+1$ s'écrit :

$$B_{fi} = \bar{B}_i \times Fec_i \times S_i$$

où Fec_i est un indice de fécondité des femelles et varie de 0 à 1. S_i est la proportion de femelles. B_i , la biomasse moyenne de la période i . En vertu des équations précédentes, on peut écrire :

$$B_{fi} = \frac{Fec_i S_i B_i}{G_i - Z_i} \left[e^{(G_i - Z_i)(t_{i+1} - t_i)} - 1 \right]$$

On peut exprimer la fécondité par recrue :

$$\frac{B_{fi}}{R} = \frac{W_i Fec_i S_i}{G_i - Z_i} \left[e^{(G_i - Z_i)(t_{i+1} - t_i)} - 1 \right]$$

Pour la période i .

la fécondité totale sera :

$$B_f = \sum_i B_{fi}$$

$$\text{et } B_f/R = \sum_i B_{fi}/R$$

Mais si l'on considère que les femelles de par leur écologie ont une disponibilité particulière, on sera amené à traiter mâles et femelles comme deux stocks séparés. Les calculs précédents restent valables, mais le coefficient S_i ne sert plus qu'à exprimer l'efficacité de telle ou telle classe d'âge de femelles dans la reproduction. On verra l'usage un peu plus loin.

Fec_i mérite un dernier commentaire. Le coefficient permet d'exprimer facilement les périodes de reproduction des femelles en prenant les valeurs 0 ou 1. L'unité de temps i retenue étant le trimestre on choisit par convention de faire pondre les germes au deuxième trimestre de l'année civile, soit donc les valeurs = 0, 1, 0, 0.

2.2. LA PRODUCTION PAR RECRUE ET LA PRODUCTION TOTALE

La production par recrue est la notion la plus couramment utilisée pour caractériser l'état d'exploitation d'un stock. D'une part l'élimination du terme recrue évite de s'engager dans des estimations du recrutement difficiles. D'autre part, en théorie on peut aisément déterminer des conditions optimales d'exploitation. Soit donc rechercher la fameuse prise maximum soutenue (MSY) que se doit de produire tout stock géré avec rigueur. Et comme corollaire tout état d'exploitation qui ne produira pas ce MSY sera qualifié péjorativement de sous-exploitation ou surpêche.

Ces notions peuvent être considérées comme un peu naïves et l'on a fait remarquer que ce qu'il importait d'optimiser variait selon les critères de l'exploitant : biomasse ou produit financier total maximal, rendement économique des entreprises de pêche ou bénéfice maximum pour la communauté en argent ou en emplois (VARECH, 1979).

Tout ceci s'applique au germon, avec la difficulté qu'il s'agit de réguler trois grandes flottilles exerçant cinq pêcheries.

Le calcul de la production par recrue pour plusieurs pêcheries que l'on veut faire varier indépendamment passe alors par l'usage des techniques de simulation. Cette technique consiste en le calcul des Y_i/R pour chaque classe d'âge (ou tout autre intervalle, tel le trimestre) selon les équations décrites plus haut. Chaque pêcherie j contribue au vecteur F_i par la somme

$$\sum_j F_{ij} = \sum_j q_{ij} f_j$$

et il est même possible de calculer Y_{ij}/R par pêcherie.

On peut même calculer la CPUE par recrue, par classe, par pêcherie

$$\frac{Y_{ij}}{R} / f_{ij}$$

La sommation de toutes ces quantités sur i fournit Y/R la production par recrue totale, la production par recrue par pêcherie ou la CPUE par recrue par pêcherie $Y/R_j / f_j$. Ces calculs sont courts et permettent de dresser des tableaux de Y/R pour toutes sortes de conditions d'effort de pêche par pêcherie, de schéma d'exploitation également par pêcherie, de fermeture d'une saison de pêche etc ...

La multiplication des Y/R , Y/R_j et $Y/R_j / f_j$ par un recrutement quelconque R donne les chiffres absolus de production totale par pêcherie et de CPUE. Ce type de calcul est dit du modèle de simulation à l'équilibre puisque par définition le vecteur F_i est constant quelle que soit l'année.

Si l'on choisit de s'intéresser à la production (ou aux rendements) d'un stock exploité par des pêcheries en évolution, et soumis à un recrutement variable R_k le calcul est plus long. Il faut calculer d'abord en séquence Y_i pour k cohortes (ou Y_{ij} , ou Y/f_{ij}).

Pour connaître les captures et rendements de l'année n on fera la somme de $Y(i, k) + Y(i+1, k-1) + \dots + Y(i+n, k-n)$

Selon que l'on injectera un recrutement constant *ou* variable on obtiendra des résultats sur la séquence des productions et rendements de n années engendrés par le seul jeu des variations des pêcheries, ou par le jeu simultané des pêcheries et du recrutement.

Ce type de modèle de simulation est dit de transition. On conçoit que les calculs soient longs. La quantité de calcul est fonction de la longévité de l'animal. On poursuit généralement les calculs jusqu'à stabilisation des chiffres de production après intervention d'un événement donné sur les pêcheries. Ce temps de stabilisation est également une donnée utile pour la gestion du stock.

Enfin la simulation par cette méthode de l'histoire de la production d'un stock est le critère d'adéquation du modèle. Il n'est toutefois pas décisif puisque les paramètres injectés proviennent justement de l'analyse des données historiques.

2.3. LES MODELES AUTOREGENERANTS

Le calcul de la biomasse féconde β_f peut se faire sur les mêmes principes que les productions. En utilisant cette biomasse dans une relation stock fécond-recrutement, on aboutit à un modèle autorégénérant dont l'idée a été émise en matière de thonidés par SUDA (1966).

Dans le cas du modèle à l'équilibre, l'intégration de cette relation est immédiate en usant de la fécondité par recrue calculée qui engendre R . D'où $Y/R \times R = Y$ sous un état d'exploitation donné.

Tous les calculs nécessaires à l'élaboration du modèle à l'équilibre ont été programmés par les soins de MM. LAUREC et BRANELLEC sous forme d'un programme en FORTRAN IV dit EQUIG. Il est décrit en annexe.

L'intérêt de ce programme est de calculer par pêcherie j , les vecteurs F_{ij} correspondant à autant de multiples d'une situation d'effort de pêche unitaire qu'on le désire. Le jeu des efforts de pêche indépendants de chaque pêcherie est donc infini ce qui constitue un progrès sérieux sur les programmes standard FAO type "RICKER" (ABRAMSON, 1971). Le calcul de Y/R est alors effectué par un sous programme.

Le programme EQUIG est donc très flexible et utilisable pour tout stock exploité par plusieurs pêcheries pourvues d'un schéma des capturabilités propres. Les données nécessaires sont :

- a) - Les vecteurs de capturabilité q_{ij}
- b) - Une courbe de croissance pondérale en fonction de l'âge en valeurs discrètes donc formant un vecteur des poids.
- c) - Un vecteur des mortalités naturelles.
- d) - Dans certains cas, un vecteur des fécondités du stock, défini par Fec_i et S_i comme déjà précisé.
- e) - Les efforts de pêche unitaires de chaque pêcherie, exprimés de façon homogène aux capturabilités.
- f) - Les multiples des efforts unitaires que l'on désire appliquer.
- g) - Le cas échéant, pour disposer du modèle autorégénérant, une relation fécondité-recrutement.

Dans le cas du modèle de transition, le calcul de R_k se fait pour la biomasse féconde présente chaque année n . Cela, évidemment accroît les temps de calcul. On préfère donc user de ce modèle que dans des cas bien précis. Par exemple lorsque le recrutement varie de façon stochastique. L'intérêt du calcul séquentiel est alors évident. Le programme SIMGE d'une telle simulation a été écrit par J. BRANELLEC. Il correspond largement à celui développé par FONTENEAU (1974) pour l'étude de l'albacore atlantique. Les données de SIMGE sont identiques à celles de EQUIG à ceci près que les efforts de chaque année n sont injectés directement. Les recrutements observés peuvent l'être aussi bien, à moins que l'on préfère user d'une relation stock-recrutement. En ce dernier cas un délai correspondant à la phase ponte-apparition des recrues doit être spécifié.

3 - ETAT DE LA PRODUCTION PAR RECRUE

3.1. LES DONNEES

Les données de vecteurs de capturabilités par engins ont été déduites du chapitre 10 et sont portées dans les tableaux 22 et 23. Les vecteurs de poids et de fécondités sont en tableau 31. Les mortalités naturelles sont en tableau 25. Dans tous les cas les intervalles de temps choisis ont été le trimestre. Toutes ces données correspondent à l'hypothèse de base d'âge des adultes dite BASIC, et aux hypothèses évoquées déjà dans le chapitre 12 que l'on peut classer ainsi :

A) CROISSANCE IDENTIQUE DES DEUX SEXES. MORTALITE NATURELLE CLASSIQUE

- 1) Courbe de croissance de BARD (1974), fécondité observée BEARDSLEY (1971) = BASIC
- 2) Courbe de croissance ralentie AG1
 - 2.1) Fécondité constante quel que soit l'âge = AG11
 - 2.2) Fécondité proportionnelle au poids = AG12

B) CROISSANCE DIFFERENTE PAR SEXE AG2

- 1) Mortalité naturelle des femelles identiques aux mâles
 - 1.1) Fécondité proportionnelle au poids = AG21
- 2) Mortalité naturelle forte des femelles : AG22
 - 2.1) Une seule ponte : AG221
 - 2.2) Trois pontes, fécondité proportionnelle au poids : AG222

3.2. LES RESULTATS

Les rendements par recrue à l'équilibre sont donc donnés par EQUIG en fonction de n'importe quel jeu d'effort de pêche des cinq pêcheries. Ce qui amène à la situation embarrassante de l'impossibilité de représenter graphiquement les isophètes d'un espace à cinq dimensions, ou même trois si l'on considère les seules flottilles. Une série d'essais combinant les efforts de pêche dans les limites vraisemblables d'évolution des pêcheries (soit des multiples d'ordre 0 à 2 des efforts actuels) montre que Y/R varierait de 2.5 à 5.5 kg par recrue.

Age	4	5	6	7	8	9	
Fécondités par âge 'Si	0	0.5	0.5	0.23	0.03	0	BASIC
	0	0.5	0.5	0.5	0.5		AG 12
	0	0.5	.39	.33	.32		AG 11
	0	1.	0	0			AG 221 ♀
	0	1.	1.	1.			AG 222 ♀
	0	1.	1.	1.			AG 21 ♀
Poids trimestriels	10.9	15.7	20.8	25.3	29.5	33.7	BASIC
	12.3	16.9	21.5	26.6	30.9	34.7	
	13.1	17.6	22.4	27.2	31.7	35.7	
	13.6	19.4	24.1	28.6	32.7	36.7	
	12.1	16.9	21.9	26.1	28.4		AG 1
	13.1	18.2	23.9	27.1	28.8		
	14.4	19.4	24.1	27.5	29.2		
	15.6	20.6	25.1	28.0	29.6		
	11.6	16.1	23.1	26.0	28.3		AG 2 ♂
	12.6	19.3	24.3	26.5	28.9		
	13.7	20.5	24.8	27.1	30.4		
	14.9	21.8	25.4	27.7	30.8		
	11.8	17.5	23.3	25.8			AG 2 ♀
	12.8	19.4	24.6	26.3			
	13.8	20.7	25.0	26.5			
	15.7	22.0	25.4	27.0			

Tableau 3] - Paramètres de croissance, mortalité, fécondité du germon selon diverses hypothèses sur l'âge et la reproduction des adultes.

Il est alors évident que la palangre seule exploiterait mieux le stock. Mais la pêche de surface n'obère pas la productivité du stock autant que l'on ne l'a cru dans le passé. En effet, la surestimation des taux d'exploitation de la pêcherie de surface avait mené à des visions assez pessimistes de ces deux types de pêcheries qui s'opposaient (HAYASHI *et al.*, 1972).

En fait elles peuvent coexister dans une gamme assez large de situations sans se nuire. Ainsi la réduction récente de l'effort de pêche de surface, compensée par un accroissement de l'effort de pêche palangrier a eu certainement un effet heureux sur le rendement par recrue passé de 3.29 à 4.07 kg/R. Comme nous l'avons dit l'optimisation naïve du rendement par recrue à tout prix ne peut plus être appliquée brutalement. Cependant d'autres critères peuvent être appliqués pour préciser les régimes d'exploitations possibles.

Les prises par unité d'effort de pêche de chaque pêcherie constituent une référence intéressante. En effet dans les conditions actuelles (1980) d'exploitation les CPUE minimales admissibles pour chaque pêcherie sont :

- . Canneur : 0.8 tonne/jour
- . Ligneur : 0.4 tonne/jour
- . Palangrier . : 0.02 tonne par 100 hameçons.

Le calcul des CPUE par recrue découle simplement de l'usage de EQUIG. Pour traduire en CPUE réelle il faut disposer du recrutement. On peut le fixer arbitrairement à $13 \cdot 10^6$ bonites. Il est cependant évident qu'apparaît là le problème de la relation stock-recrutement sous les divers régimes d'exploitation ; ce qui constituera un autre critère important. On choisit ici une coexistence de toutes les pêcheries. Donc avec le recrutement ainsi fixé les isoquantes des CPUE minimales sont portées sur la figure 59. On constate que le domaine des efforts de pêche de surface est réduit, celui de la palangre l'est moins.

Une autre question se pose en matière de production par recrue : En combien de temps un nouvel équilibre serait atteint à la suite d'une modification des efforts de pêche? Le modèle SIMGE transitoire permet d'y répondre. Ce modèle a permis de rendre compte de façon satisfaisante de l'histoire des captures en fonction des efforts de chacune des grandes pêcheries (BARD, 1978). Des projections sur l'avenir avec ce modèle indiquent une stabilisation des captures générales en 3 à 5 ans ; 3 pour la surface, 5 pour la palangre (Fig.60). Ces délais s'appliquent également aux conséquences d'une année de recrutement faible.

Tout cas particulier de combinaison des efforts est calculable immédiatement. Une représentation toutefois utile consiste à opposer la palangre aux pêcheries de surface (LE GALL *et al.*, 1975). Pour ce faire les situations de références ont été prises ainsi :

- Palangre : 10^7 hameçons effectifs par trimestre.
- Canne, ligne : 10.000 et 30.000 jours de pêche au 3ème trimestre.

La pêche de canne d'automne est pour l'instant négligée. La figure 59 résume alors les variations de Y/R. On y a également porté les points correspondant aux situations du stock en 1965-1972 et 1973-1978, qui produisaient respectivement 3.29 et 4.07 kg par recrue.

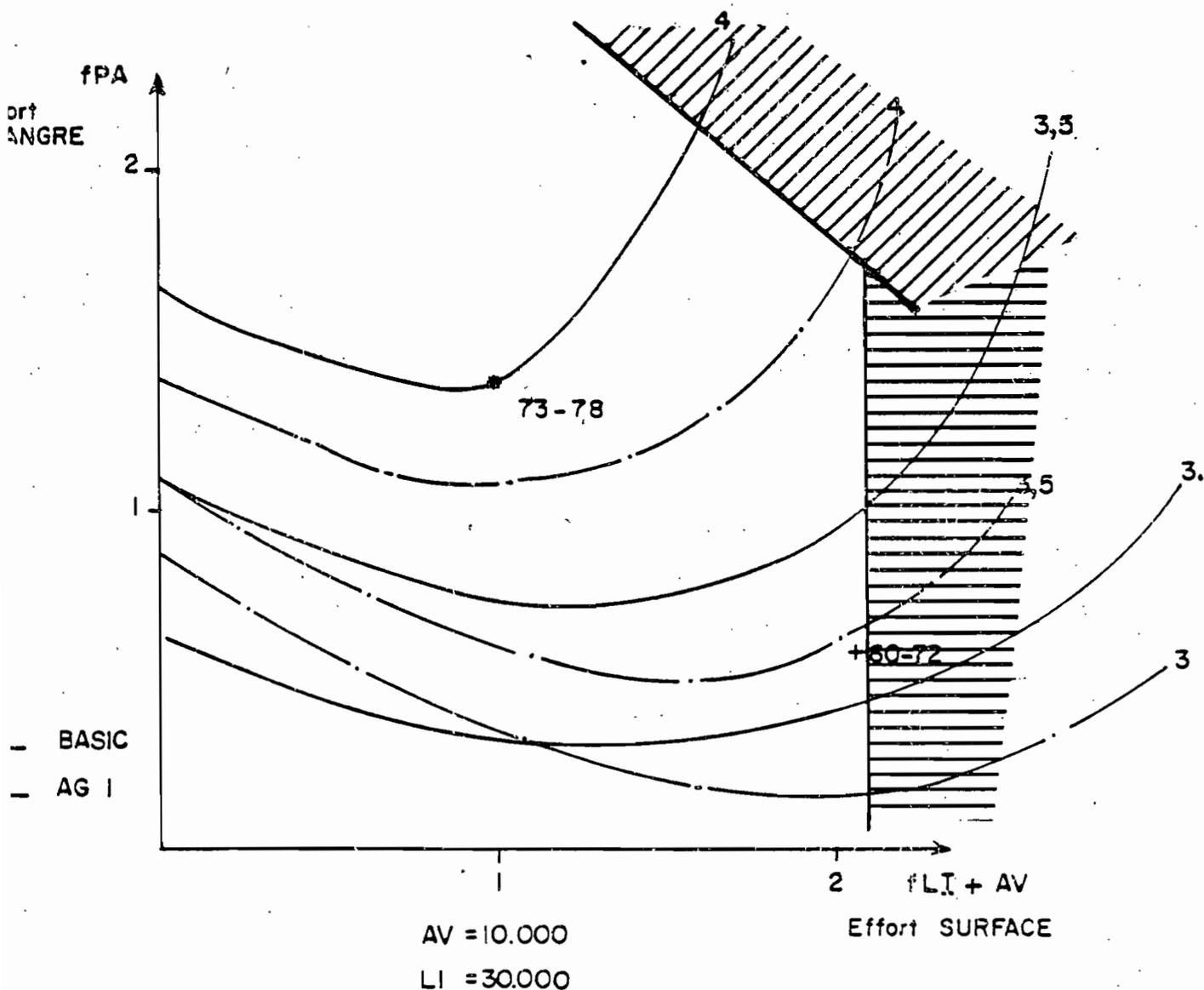


Fig.59 - Rendements par recrue du stock de germon de l'Atlantique Nord en fonction des efforts de pêche de surface et palangre.

||||| ISOCPE SURFACE
minimale

////// ISOCPE minimale
PALANGRE

On peut également se demander si une modification de l'âge à la première capture serait souhaitable. De fait cela pose un problème pratique. Les engins de pêche au germon sont peu sélectifs et un relèvement de l'âge à la première capture passerait par la suppression de la pêcherie des ligneurs, ce qui renvoie aux commentaires précédents. On a par ailleurs vérifié que la suppression de la pêche aux bonites, soit donc en passant de 1 à 2 ans n'amènerait que des accroissements marginaux de rendements par recrue. Ce qui est cohérent avec les taux d'exploitation faibles de cette classe d'âge. On peut alors songer à d'autres aménagements des pêcheries.

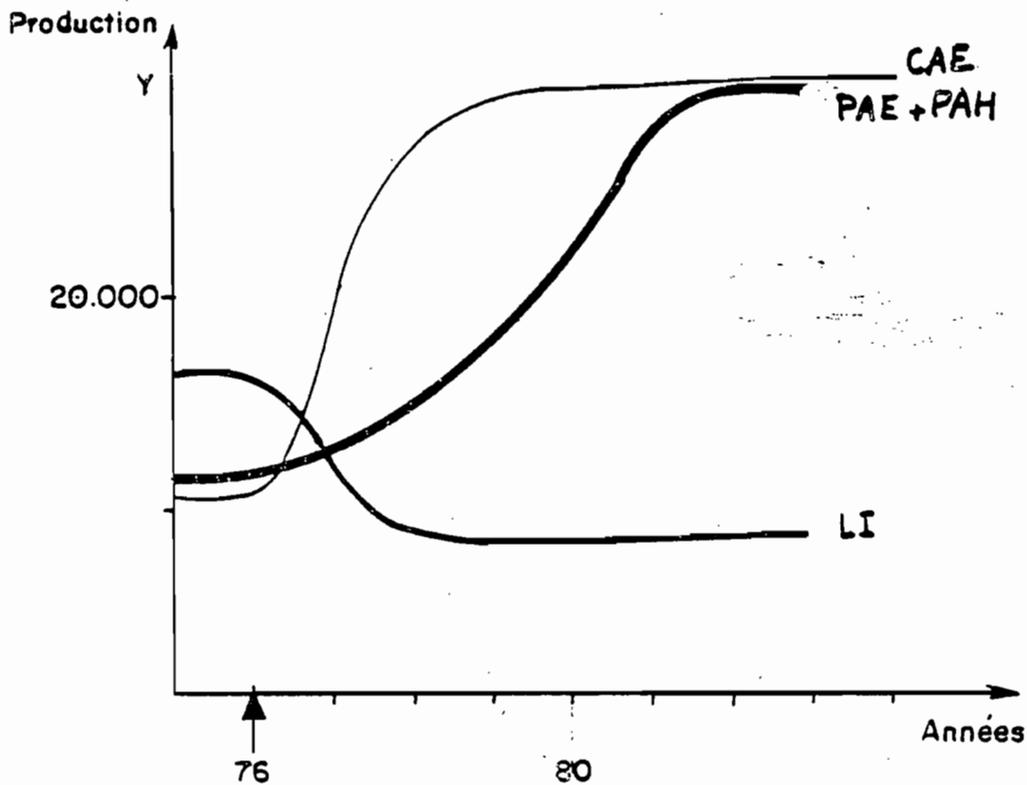


Fig.60 - Exemple de projection des captures après 1976 en modifiant les efforts de pêche, à recrutement donné constant.

$f_{LI} = 10.000 \text{ j}$, $f_{CAE} = 15.000 \text{ j}$, $f_{CAA} = 0$, $f_{PAH} = 30 \cdot 10^6 \text{ hks}$,
 $f_{PAE} = 30 \cdot 10^6 \text{ hks}$.

La constatation que les canneurs présentent une efficacité plus forte que les ligneurs pour les classes d'âge 3, 4 et 5 pouvait amener l'idée qu'une incitation au transfert de l'effort de pêche des ligneurs en canneurs, pourrait accroître la production totale du stock. La condition était évidemment que la rentabilité de la pêcherie de canne ainsi renforcée ne soit pas affectée. Le taux de remplacement peut être chiffré à deux ligneurs pour un canneur en valeur de main d'oeuvre et coûts financiers (BARD, 1979). L'étude des productions de chaque type de flottille et des CPUE en fonction du taux de transfert ligneur-canneur imposé est effectuée aisément par l'usage d'EQUIG. On peut également calculer les différentes valeurs absolues de la biomasse féconde en fonction de ce taux et de l'effort palangrier. On obtient les réponses suivantes. Un transfert total en effort de canneur du potentiel actuel de pêche de surface n'accroîtrait la production totale du stock que de l'ordre de 10%, et cet accroissement n'aurait lieu que pour des faibles niveaux d'effort de pêche palangrier.

L'accroissement de la biomasse féconde serait également de cet ordre. Ce résultat est logique si l'on considère que les canneurs même en capturant des poissons plus âgés que les ligneurs s'attaquent à un segment de la population dont la biomasse est encore inférieure à la biomasse critique. Aussi les gains minimes prédits en production et biomasse féconde du stock ne semblent pas justifier un tel transfert massif. On n'a cependant pas tenu compte dans les calculs de la pêcherie de canne d'automne que la flottille de canneurs ainsi renforcée pourrait exploiter activement. En ce cas un tel accroissement d'effort amènerait un accroissement important des captures pour une faible baisse de la fécondité du stock, ce qui répond à la question posée. Cependant cette pêcherie est encore mal connue parce que trop récente et les chiffres de capturabilités que l'on lui affecte doivent être revus. Les captures de 1974-1976 pourraient être affectées d'un effet de "catching up" caractéristique d'une pêcherie vierge.

On retiendra donc la possibilité d'une amélioration de la production du stock par encouragement de la pêche à la canne au détriment de celle des ligneurs si la flottille ainsi constituée se livre aussi à l'exploitation du germon en automne. Ceci n'exclut toutefois pas la nécessité de ne pas augmenter l'effort global de surface (canne plus ligne) au delà des valeurs définies ci-dessus. La mesure proposée ici ne portant que sur un remplacement des ligneurs par des canneurs. Auquel cas le potentiel de surface défini par 30.000 jours de ligneurs plus 10.000 de canneurs oscille entre 50.000 jours de ligneurs et 25.000 jours de canneurs.

3.3. SENSIBILITE DES MODELES EMPLOYES

On a déjà exposé les diverses hypothèses possibles sur la croissance réelle des germes adultes. En particulier l'hypothèse AGI paraît assez intéressante en ce qu'elle ne fait appel qu'à un élément démontré : le ralentissement de croissance. Il est simple d'en tirer une série de q_{ij} modifiés pour les adultes (Tableau 32).

Un calcul des Y/R selon cette nouvelle hypothèse permet de vérifier un certain décalage des isophètes sur la figure 59. Leur forme n'est pas cependant profondément modifiée ; ce qui permet de garder les conclusions sur la coexistence des pêcheries. Le bénéfice d'une pêcherie de surface réduite est toutefois un peu plus net en particulier grâce à la capturabilité accrue des palangriers. Les autres hypothèses définies au chapitre 12 ont la propriété de modifier les capturabilités et les conditions de survie de la biomasse féconde. Leur impact sur la relation stock-recrutement n'est pas douteux. Elles seront donc étudiées dans le cadre du modèle autorégénérant.

4 - LA RELATION STOCK-RECRUTEMENT

On a débattu au chapitre 11 de la possibilité d'un effondrement du recrutement si la biomasse féconde passe en deçà d'un seuil. La forme de la courbe serait alors de type à saturation, très aplatie avec un seuil critique à $\rho_w = 0.1$ ou moins.

Avec ces éléments nous avons bâti une courbe synthétique, évitant un recours à un ajustement douteux sur nos quelques valeurs observées.

L'équation retenue, dite de BEVERTON et HOLT s'écrit :

$$R = \frac{1}{\alpha + \beta/P}$$

P, biomasse féconde

R, recrutement

$\frac{1}{\beta}$ est la tangente à l'origine de la courbe, soit donc le nombre de recrues maximal par unité de fécondité, $\frac{1}{\alpha}$ est la valeur absolue du recrutement infini R_{∞} induit par une biomasse féconde P_{∞} .

Une construction géométrique simple portée sur la figure 61 permet de calculer β en utilisant $t = \rho\omega$, seuil de fécondité par recrue où le recrutement s'effondre, et la biomasse du stock vierge P_V induisant un recrutement moyen R_V . On a alors $\frac{1}{\beta} = \frac{R_V}{P_V t}$ d'où β .

Puisque par hypothèse la biomasse féconde ne peut dépasser la valeur P_V qui induit un recrutement moyen R_V , de l'équation de base on tire :

$$\beta = \frac{P_V/R_V - \beta}{P_V} = \frac{1 - t}{R_V}$$

Le paramètre $R_\infty = \frac{1}{\alpha}$ s'en déduit. Il n'est que théorique.

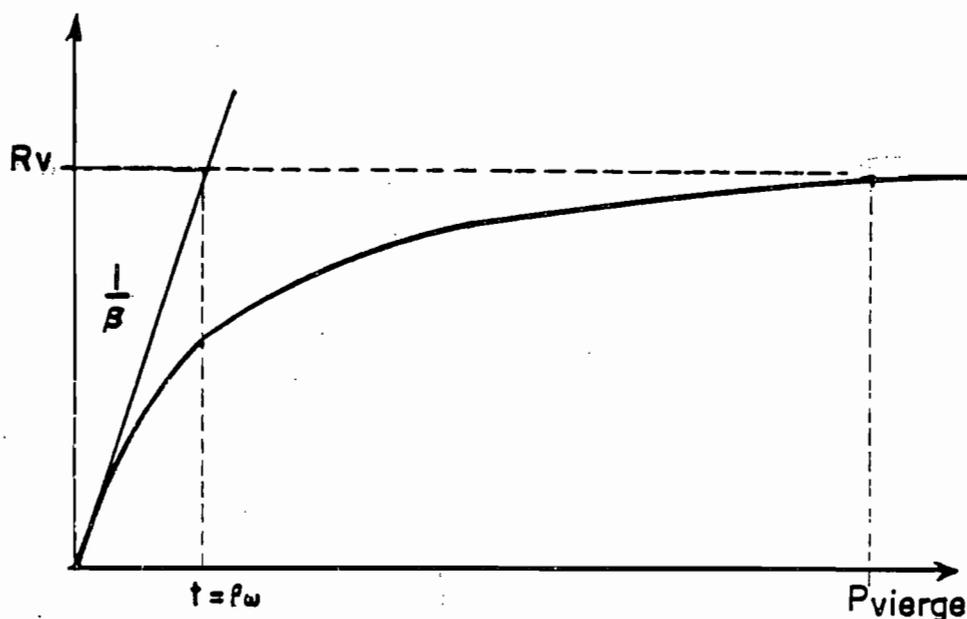


Fig.61 - Construction de la courbe de stock fécond et recrutement du germon.

On peut remarquer que P_V/R_V , la fécondité par recrue du stock vierge ne dépend que des seuls vecteurs de mortalité naturelle, de croissance pondérale et de sex-ratio. Ce qui est donc le cas de β . Le coefficient t gouverne le "ventre" de la courbe, donc la résilience du stock. α dépend du recrutement du stock vierge fixé à $20 \cdot 10^6$ bonites au 1^{er} juillet. Sous les diverses hypothèses de M_i , W_i , S_i , P_V/R_V est calculé directement par le programme EQUIG avec des efforts de pêche nuls.

A ces conditions pour les conditions dites BASIC l'équation stock recrutement s'écrit :

$$R = \frac{1}{4.5 E - 8 + 0.583/P} \quad (P \text{ en kg})$$

Sur la base des coefficients s_i et M_i on pourra calculer de même les paramètres α et β selon d'autres hypothèses décrivant les conditions de reproduction du germon.

Enfin l'examen de la figure 50 suggère l'existence d'un point d'inflexion dans la branche ascendante correspondant à des phénomènes d'autoaccélération des mortalités inversement proportionnelles à la densité aux bas niveaux du stock. Ce qui signifie (GULLAND, 1977) qu'en dessous du point D de la figure, la résilience du stock disparaît totalement et qu'il s'effondre ou se stabilise à un stock résiduel (PETERMANN, 1977).

En fait l'examen des valeurs de fécondité du stock que nous avons cernées montre que sur la figure 51 un tel point D éventuel se situe en deçà du seuil de fécondité critique fixé à 10%.

Ce phénomène n'affectera donc pas les conclusions des simulations puisqu'à la limite 10% la fécondité par recrue n'assure plus une reproduction moyenne dans celles-ci.

Le calcul de la relation stock-recrutement se rattache simplement à la production par recrue en introduisant la fécondité absolue par recrue. Celle-ci peut être calculée puisque nous avons fixé les capturabilités sur toute la vie de l'animal, au besoin selon différentes hypothèses pour les adultes.

De $R = \frac{1}{\alpha + E/P}$ on peut tirer $P/R = \alpha P + \beta$ et en reportant $R = \frac{1}{\alpha} - \frac{\beta}{P/R \alpha}$ qui donnera à tout moment le recrutement correspondant à un régime d'exploitation induisant un P/R précis.

La fonction $R = f(P/R)$ est d'emploi commode dans le programme EQUIG. Elle décrit les recrutements soutenables et s'annule pour $P/R = t PV/RV$. Un inconvénient mineur est qu'elle prend des valeurs négatives ne correspondant en fait qu'à des régimes de reproduction impossibles. Des courbes de cette fonction sont dressées pour les diverses hypothèses d'écologie des femelles utilisées par la suite (Fig.62).

5 - PRODUCTION MOYENNE SOUTENABLE DU STOCK

L'un des buts de ce travail est de pouvoir répondre à la question : quelles sont les productions moyennes soutenables sous diverses configurations des pêcheries ?

Le modèle de simulation ainsi défini permet des conclusions. Comme il l'a été dit, il faut tenir compte des éléments économiques et sociaux actuels. Ce qui limitera les domaines de calcul selon les critères suivants :

- La pêcherie de palangre peut augmenter librement son effort.

- Les pêcheries de surface, traîne et appât vivant peuvent évoluer entre les limites d'effort suivantes :

- . 30.000 < LI < 50.000 jours de pêche

- . 10.000 < CAE < 20.000 jours de pêche

correspondant aux potentiels de pêche actuels et passés des flottilles françaises et espagnoles.

Enfin les CPUE moyennes de chaque pêcherie ne doivent pas tomber en dessous des valeurs définies plus haut.

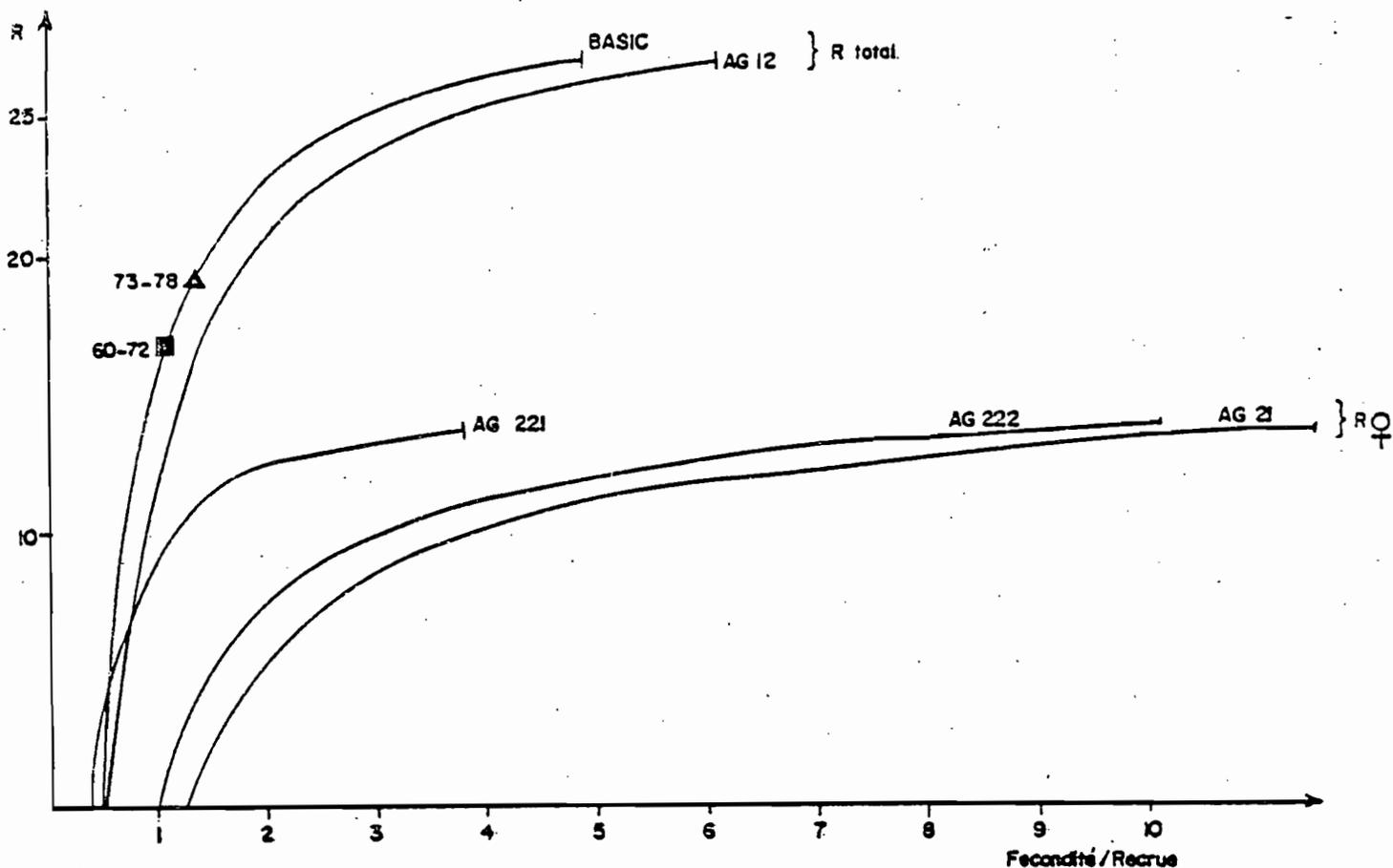


Figure 62 : Courbes de recrutement en fonction de la fécondité absolue par recrue du germon Nord Atlantique selon diverses hypothèses sur la stratégie de reproduction.

Hypothèses	Age	4				5				6				7				8				9				Unités
		TR	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	
AG1	PA			10	31	46	35	35	72	46	28	34	52	36	22	29	32	29	29	29	27					10^{-10} hks
	CAA				4				25				20				17				11					10^{-6} j
AG2 ♂	PA			10	31	38	28	27	61	17	47	57	87	51	31	41	43	46	47	47	42					
	CAA				4				21				33				24				17					
AG21 ♀	PA			10	31	93	68	66	146	47	29	35	53	25	23	21	22									
	CAA				4				49				21				12									
AG22 ♀	PA			10	31	69	51	49	109	17	11	13	20	4	4	4	4									
	CAA				4				36				8				2									

Tableau 32 - Vecteurs des capturabilités moyennes des engins capturant les adultes selon diverses hypothèses d'écologie des femelles. (Hks = hameçons, j = jours).

On a déjà évoqué les différentes hypothèses sur les conditions de reproduction du germon. En particulier il a été indiqué que l'hypothèse courante BASIC est composite et ne rend compte que de sex-ratios observés et non expliqués. Une deuxième hypothèse dite AG1, rend compte d'un ralentissement des taux de croissance commun aux deux sexes. Ce qui amène à modifier les capturabilités des engins de pêche exploitant des adultes. Si l'on admet de plus que le sex-ratio réel des adultes est de 1/1, donc que les observations du chapitre 12 sont des artefacts, on a les conditions d'un modèle autorégénérant simple, à comparer avec celui fondé sur BASIC. On a vu que les Y/R liés à l'emploi de AG1 sont plus fortes. Reste à voir l'impact des relations stock-recrutement, scindées en deux hypothèses AG11 et AG12 selon la fécondité des femelles.

Enfin nous avons également défini des conditions de reproduction plus complexes rendant compte d'un effet sanctuaire (AG21) ou d'un effet sur-mortalité (AG22).

L'analyse d'AG21 et AG22 se fait par des modèles autorégénérants appliqués séparément aux mâles et aux femelles. On obtient les productions et les CPUE de chaque engin par l'usage d'une version particulière de EQUIG. Ces valeurs sont sommables.

La relation stock-recrutement est basée sur l'évolution des seules biomasses femelles. Les données utilisées ont été portées en tableaux 31, 32 et 33. Comme précisé les hypothèses de base sont assez arbitraires. Nous pensons cependant qu'elles représentent un changement suffisamment fort des répartitions démographiques pour vérifier la sensibilité des modèles utilisés.

La représentation des valeurs de production pour ces diverses hypothèses a été restreinte aux combinaisons d'une pêche de surface faible ou forte, fonction d'un effort de pêche palangrier croissant (Fig.63). Cependant les calculs ont été effectués pour toutes les combinaisons possibles.

Enfin il a été vérifié que chacune des hypothèses produit sous la configuration d'effort LI = 60.000, CAE = 20.000, CAA = 0, PAE = PAH = 2 x 5.000, de l'ordre de 50.000 tonnes, ce qui correspond aux efforts et production de la période 1967-1972 pendant laquelle les pêcheries ont été assez stables.

Hypothèse	α	β	Observations
BASIC	4.5 E-8	0.583	Stock total
AG 11	4.5 E-8	0.606	"
AG 12	4.5 E-8	0.751	"
AG 21	9.0 E-8	1.540	Femelles
AG 221	9.0 E-8	0.455	"
AG 222	9.0 E-8	1.258	"

Tableau 33 - Paramètres de la relation stock-recrutement selon les hypothèses sur la stratégie reproduction.

Les résultats des différents essais montrent que la production maximale de 90.000 tonnes ne peut être atteinte que pour une pêche de surface réduite et un développement de la pêche à la palangre. Ce qui n'est pas une surprise. Cependant le domaine des CPUE soutenables est bien plus réduit. En particulier les efforts de surface élevés combinés à un effort palangrier dépassant $4 \times 10.000 \cdot 10^6$ hameçons ne peut permettre une coexistence de celles-ci. En revanche l'effort de pêche réduit de surface permet des efforts palangriers aussi élevés que $4 \times 25.000 \cdot 10^6$ hameçons.

Il est évident que l'usage de tels seuils de CPUE est assez caricatural et qu'une série de recrutements heureux peut permettre l'existence des pêcheries dans un domaine réputé interdit. La dispersion des points observés autour de la relation stock-recrutement déterministe est telle qu'il n'est pas impossible que le recrutement se maintienne quelque temps à un haut niveau malgré une fécondité réduite.

Les domaines ne présentant pas une production et une CPUE soutenable dans les conditions peuvent être interprétés simplement comme des domaines "à risque", où peut aussi bien intervenir un, voire une série de mauvais recrutements. Le choix de t fixé à 10% procède de la même logique. L'existence à long terme d'une configuration des efforts dans un domaine interdit dépend alors de la capacité des pêcheries à absorber une mauvaise classe d'âge. Nous savons pour les pêcheries de surface que cette capacité est réduite. C'est ainsi que pour le régime des efforts de pêche des années 1967-1972, la pêcherie de surface n'a pas pu supporter les deux mauvais recrutements 1968, 1973. Les navires les moins rentables ont quitté la pêcherie.

Enfin, les domaines à véritable risque d'effondrement du stock sont certainement au delà de ceux définis par les CPUE. En conséquence cela signifie que la situation de libre concurrence dans les pêcheries actuelles constitue un garant assez sûr de la survie du stock.

Le choix de l'exclusion d'une ou plusieurs pêcheries ne peut se faire que par l'usage d'un modèle bio-économique dont le modèle de simulation peut servir de base. Cependant les données économiques nécessaires ne sont pas actuellement compilées. De plus cela suppose une volonté internationale d'harmonisation des pêcheries, ce qui est actuellement un peu utopique. Aussi l'exploration de cette voie n'a pas été poussée plus loin.

Nous avons évoqué une possible dépendance de la densité des mortalités naturelles affectant la relation recrue-stock fécond. Si cela est vrai, la résilience du stock fécond est accrue et a fortiori les risques d'une série de mauvais recrutement, soit donc d'un effondrement du stock sont encore réduits. Faute de données nous n'avons pas été plus loin.

6 - EFFET DES STRATEGIES DE REPRODUCTION POSSIBLES

La comparaison de productions prédites par les diverses hypothèses est intéressante (Fig. 62 et 63).

BASIC, fondé sur de simples observations des sex-ratios présente le coefficient β le plus faible qui gouverne la courbe stock-recrutement la plus robuste. Et la courbe des productions soutenables selon cette hypothèse est aussi la plus optimiste.

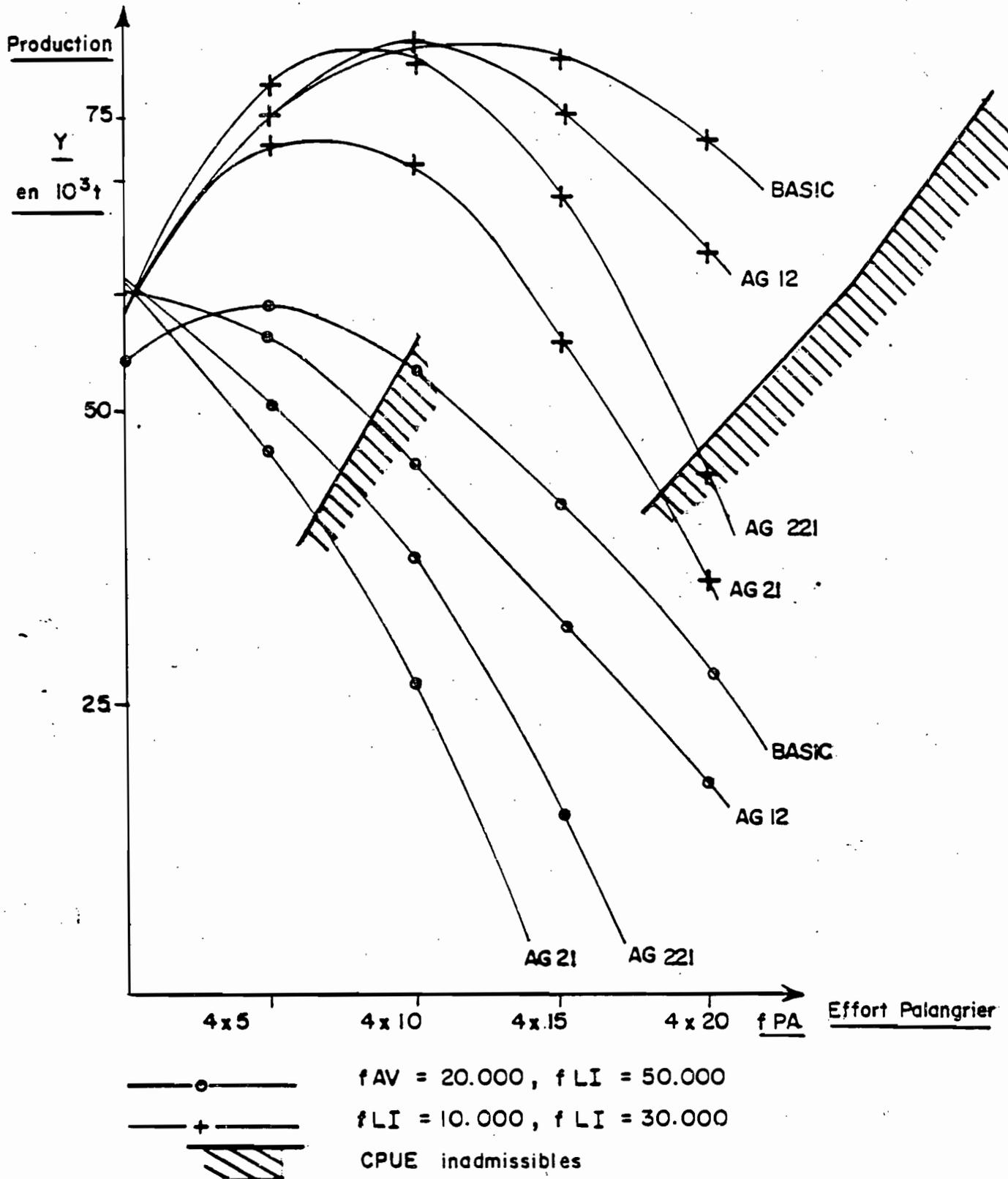


Figure 63 : Production équilibrée du germon Nord Atlantique en fonction des efforts de pêche et des hypothèses sur la stratégie de reproduction.

Or AG11 et AG12 pour leur part présentent des coefficients β plus forts basés sur une explication de l'écologie des femelles. Et la relation stock-recrutement plus pessimiste qui en est déduite prime sur les productions par recrues supérieures fournies par un jeu de capturabilité mieux centrées sur les âges intermédiaires.

De même les courbes de productions issues de AG21 et AG221 montrent-elles des configurations intéressantes. D'une part elles sont systématiquement inférieures à BASIC. D'autre part on constate que les productions équilibrées de ces deux hypothèses sont voisines et ont une sensibilité assez identique à l'exploitation. Or ces deux cas représentent les stratégies de reproduction les plus opposées. Dans le premier cas la fécondité minimale admissible du stock est élevée et donc vite atteinte malgré la faible vulnérabilité des femelles en fin de vie. Les mortalités larvaires et juvéniles peuvent alors être fortes. Dans le second cas, la fécondité minimale est très faible, d'où un β très faible également.

Cette relation stock-recrutement plus robuste (Fig.62) compense ainsi une disponibilité importante des femelles. Elle implique des mécanismes de survie des larves et des juvéniles effectifs.

Cependant dans tous les cas le stock est éteignable sous une forte pression de pêche. Mais avant d'en arriver là, l'une et l'autre stratégie de reproduction présentent des résistances analogues à l'exploitation. Cette conclusion, logique, n'était pas pour autant évidente.

Il restera à vérifier si l'avantage d'une relation stock-recrutement robuste fondée sur une seule classe féconde est toujours réel dans le cas de recrutements aléatoires, et donc de biomasse féconde également aléatoire. C'est ce que fait l'objet du chapitre 11.

L'essentiel de l'analyse consacrée à la dynamique de population proprement dite porte sur le stock de germon Nord Atlantique. Cela est justifié par un degré d'exploitation élevé et complexe. Le stock Sud Atlantique a moins retenu notre attention. Il est exploité par un seul engin, et les efforts de pêche appliqués ont cru de 1956 à 1972, se stabilisant à un haut niveau par la suite et produisant environ 20.000 t/an. Les données de base sont exposées par SHIOHAMA (1980) et LE GALL et HUE (1979). MORITA (1977) a déterminé les taux d'exploitation récents par la méthode de SUDA (1970). Cette méthode admet cependant implicitement une capturabilité constante pour les âges pleinement recrutés. On a vu que cela serait approximativement vrai pour la palangre. Sur ces chiffres on calcule alors un recrutement moyen à 6.5 ans de $1.9 \cdot 10^6$ poissons soit $5.4 \cdot 10^6$ bonites.

L'importance du stock Sud Atlantique serait donc de près du tiers de celle du stock Nord. Il est remarquable que des études sur les stocks Sud Pacifique et Indien respectivement faites par SKILLMAN (1975) et SUDA (1974) concluent directement ou indirectement à des tailles analogues de ces stocks : De l'ordre de $5-7 \cdot 10^6$ individus de 2 kg recrutés annuellement. Ceci est intéressant : Le potentiel en proies mésopélagique de ces régions ne semble pas en cause selon les chiffres de GJOSAETER et KAWAGUCHI (1980). Il pourrait s'agir d'un biais commun aux trois approches. Ces trois stocks sont presque exclusivement pêchés à la palangre et l'évolution de ces pêcheries a été très similaire.

Une des causes de biais pourrait être l'existence d'un comportement profond de germons invulnérables à la palangre (Chap. 12). Une autre serait le problème des âges.

Si cependant la taille réelle du stock Sud Atlantique était bien telle que déterminée, on peut considérer alors que la production est proche du maximum soutenable, ce qu'indiquent à la fois SHIOHAMA (1978) par l'usage d'un modèle de production et BARTOO (1977) par le calcul d'un rendement par recrue élevé (7 kg). Cependant de par une exploitation centrée sur les adultes il est vraisemblable que la fécondité du stock est encore raisonnablement élevée.

8 - CONCLUSION

Ce chapitre peut déjà répondre à certaines questions des exploitants.

Le stock de germon Nord Atlantique a une production potentielle maximale de l'ordre de 90.000 tonnes qui serait atteinte par l'usage quasi exclusif de la palangre. Cependant la coexistence de pêcheries de surface réduite aux niveaux des années 1973-1979 avec une pêcherie de palangre importante permettrait aux exploitants d'atteindre une production totale de l'ordre de 60.000 tonnes. Les rendements financiers des diverses pêcheries seraient alors acceptables.

Par ailleurs le caractère optimiste des productions du stock sous les conclusions BASIC, qui sont on l'a vu empiriques, incite à la prudence dans les conclusions pratiques sur le domaine de coexistence des pêcheries. Il est donc bon de considérer les domaines interdits comme vastes.

On a maintes fois rappelé les risques que l'on prendrait en maintenant concurremment à un niveau élevé les pêcheries de surface et de palangre. L'une des conséquences serait le risque des années de mauvais recrutement qui toucherait en premier la pêcherie de traîne. Puisque par hypothèse les efforts de pêche investis par celle-ci seraient élevés, un mauvais recrutement affecterait d'autant plus une pêcherie dont les rendements ne seraient déjà que médiocres. Ceci est un point à garder à l'esprit en considérant les encouragements à prodiguer à un renouveau des voiliers ligneurs. Une telle flottille ne doit pas dépasser un effectif raisonnable à coordonner avec les Espagnols.

D'après notre expérience nous proposerions le chiffre de 200 unités en France.

CHAPITRE 14
STABILITE DU STOCK
ET STRATEGIE DE REPRODUCTION

1 - METHODE

Le chapitre sur la production du stock de germens a permis d'arriver à des conclusions relativement rassurantes. Les questions que nous nous posons sur la stratégie de reproduction du germon, n'ont donc pas une importance capitale tant que l'on maintient les efforts de pêche des pêcheries à des niveaux proches de ceux des années récentes.

Il est cependant nécessaire de pousser plus avant l'analyse des conséquences des stratégies de reproduction possibles du germon en cas de forte exploitation. Ceci au plan pratique car il faut même prévoir des formes d'exploitation déraisonnables et en mesurer les risques pour la survie du stock. Et au plan théorique pour chercher un avantage démographique, éventuellement décisif, de l'une ou l'autre des stratégies de reproduction distinguées et formalisées dans les chapitres précédents.

Pour cette recherche il est nécessaire de faire usage de modèles autorégénérants en régime aléatoire. Un procédé a été décrit par LAUREC, FONTENEAU et CHAMPAGNAT (1979) sur des stocks théoriques. L'application au germon en découle. Il est bon de noter qu'une partie de la mise en oeuvre dépassant nos capacités mathématiques, nous avons eu largement recours à l'aide de A. LAUREC.

Les hypothèses décrivant les diverses stratégies ont été résumées dans le chapitre 13. Rappelons qu'une partie des paramètres choisis est arbitraire, mais que les variations imposées sont importantes et permettent des conclusions à fortiori.

La méthode retenue consiste à choisir telle ou telle des relations stocks-recrutements synthétiques définies assorties des paramètres gouvernant la reproduction, et de multiplier le recrutement déterminé par un facteur aléatoire R_a d'espérance 1 et d'écart-type σ . Ce facteur R_a est muni d'une loi de distribution des probabilités fixée en fonction de nos quelques connaissances sur la variabilité du recrutement observé.

L'étude de la stabilité du stock se fait alors par la méthode de Monte Carlo en simulant 100 fois le devenir du stock sur une séquence d'années dans des conditions fixées d'exploitation. Lors de chaque simulation le recrutement est le recrutement moyen prédit par le modèle déterministe, multiplié par Ra.

Sur cet échantillon de 100 tirages, la fréquence d'extinctions observées sera une estimation des probabilités d'extinctions réelles du stock. L'extinction est consommée lorsque la biomasse féconde tombe à 1/50 de la biomasse vierge.

On peut de même estimer la distribution des captures totales et des biomasses fécondes par échantillons de 100 tirages.

De par la nature stochastique du modèle on ne peut s'attendre à des chiffres parfaitement constants en fonction du temps, et comme le font remarquer les auteurs précités, la probabilité d'extinction doit être estimée pour un délai donné car elle croît toujours avec le délai imparti ; on fixera la séquence d'années ainsi :

- . 10 ans du stock à l'état vierge pour constituer la population vierge à l'équilibre.
- . 10 ans à régime d'effort divisé par 2 ;
- . 50 ans à régime d'effort de pêche choisi.

Chaque séquence simulée fait donc 70 ans. Et puisqu'il faut faire un choix pour l'examen synthétique des résultats, on privilégiera les années 50 et 70.

Il serait possible de compliquer le modèle en engendrant des capturabilités aléatoires ou non variant avec la taille du stock. On a vu que les pêcheries exploitant le germon sont peu susceptibles d'un tel effet de par leur caractère peu mobile, contrairement à une pêcherie de senne par exemple.

Aussi éviterons-nous l'usage d'une telle complication qui n'est pas susceptible de modifier les conclusions relatives sur la valeur des stratégies démographiques. Ce sera aussi le cas de l'introduction d'une "mortalité dépensatoire" inversement proportionnelle à la densité pour les bas niveaux d'abondance du stock, que les auteurs dont nous ^{nous} inspirons montraient comme possible.

2 - CHOIX DE LA DISTRIBUTION DE Ra

L'examen des recrutements plus ou moins certains dont nous disposons, ne donne guère que des indications.

L'écart-type est de 3.78 pour une moyenne de 12.77. La forme de la distribution observée suggère une asymétrie vers les bons recrutements.

Nous avons évoqué au chapitre 11 les connaissances disponibles sur les recrutements des thonidés. Elles sont faibles et si l'on a quelques idées sur leur amplitude, les séquences d'observations sont trop courtes pour conclure sur une distribution de ceux-ci. L'examen des recrutements de perci-formes longévifs suggère des distributions asymétriques vers les recrutements médiocres. Cependant il est possible qu'une différence de base existe entre les mécanismes de ces poissons boréaux et ceux des thons.

Aussi avons-nous eu recours à une distribution bâtie avec une fonction β incomplète.

L'équation de base s'exprime

$$\beta_x(a, b) = \int_0^x x^{a-1} (1-x)^{b-1} dx$$

et sur l'intervalle 0 - 1 devient la fonction β complète dite $\beta_x(a, b)$.

On peut bâtir une loi de densité de probabilité :

$$P(x) = \frac{x^a (1-x)^b}{\beta(a+1, b+1)}$$

définie sur l'intervalle [0 à 1] dont l'espérance est :

$$E(x) = \frac{a+1}{a+b+2}$$

la variance,

$$\text{Var}(x) = \frac{(b+1)(a+1)}{(a+b+3)(a+b+2)^2}$$

et le mode :

$$M = \frac{a}{a+b}$$

Toutes conclusions que nous admettrons sans démonstration sur la foi de A. LAUREC.

L'espérance, le mode et la variance sont donc gouvernés par deux paramètres a et b que l'on peut relier par le paramètre $C = \frac{a + b + 2}{a + 1}$ qui lui-même mesure le rapport de X_{\max} à $E(x)$. a et b gouvernent donc l'espérance, la symétrie et la variance de la distribution de densité de probabilité que l'on applique à R_a . On peut ainsi bâtir différentes formes de la loi de densité de probabilité.

La combinaison de R_a et du recrutement moyen déterministe R issu d'une loi stock-recrutement classique permet donc d'obtenir à chaque tirage un recrutement d'une cohorte soumise à un régime d'exploitation déterministe de type de transition (Type SIMGE). On doit donc disposer d'un délai entre ponte et recrutement. Il est fixé à 1 an, l'âge présumé des bonites.

L'emploi d'une telle séquence pour les 100 tirages n'est évidemment pas possible sans usage d'un programme. Ce programme dit SIXAV a été mis au point par A. LAUREC.

3 - CHOIX DES PARAMETRES

Les dispositions ainsi prises permettent d'approcher la probabilité d'effondrement d'un stock de germes soumis à différents régimes d'exploitations sous différentes distributions possibles des recrutements aléatoires et sous les différentes stratégies de reproduction possibles.

L'ordre de grandeur du rapport recrutement maximal observé/recrutement moyen est de l'ordre de 2 pour notre stock, ce qui, on l'a vu, est cohérent avec les autres stocks de thonidés. Soit donc $C = 2$.

La symétrie de la distribution est, on l'a vu, douteuse. On essaiera donc successivement trois distributions, symétrique, asymétrique vers les forts recrutements, asymétrique vers les faibles recrutements dites cas 1, 2, 3 ; le cas 3 est évidemment le plus défavorable, le cas 2 le plus favorable. Les paramètres ont donc été fixés dans le tableau 34.

Cas	a	b	c	E(x)	Mode (x)	Var (x)	CV
1	2	2	2	0.5	0.5	.035	0.37
2	3	1	1.5	0.66	.714	.032	0.27
3	1	3	3	0.333	.250	.032	0.54

Tableau 34 - Paramètres de la simulation stochastique. (CV = coefficient de variation)

C varie donc selon que les cas sont heureux ou malheureux. Mais on constate que Var (x) reste à peu près constant et l'ordre de grandeur des coefficients de variations est comparable à celui des recrutements observés (0.30).

Les recrutements aléatoires ainsi engendrés selon ces trois distributions possibles sont appliqués pendant des séquences d'histoire du stock de 70 ans, et ceci 100 fois.

Les situations d'exploitations seront celles d'un effort de pêche de surface important soit :

- . 50.000 jours de pêches ligneurs
- . 20.000 jours de pêches CAE + CAA

et d'un effort de pêche des palangriers de $10 \cdot 10^6$ à $20 \cdot 10^6$ hameçons par trimestre. Ce qui correspond à une pêche très intense. Rappelons que l'effort maximum atteint par les palangriers a été de l'ordre de $15 \cdot 10^6$ hameçons par trimestre, et ceci temporairement.

Les stratégies de reproduction du germon sont celles évoquées plus haut. Enfin la relation stock-recrutement utilisée est identique à celle définie au chapitre 13. Le seuil de chute du recrutement t a été fixé à 0.1. Quelques essais ont été aussi menés avec $t = 0.05$. Les coefficients de capturabilités sont ceux du chapitre 13.

4 - RESULTATS

Les fréquences d'extinction observées à 50 et 70 ans sont portées en tableau 35. Elles permettent des conclusions tant au plan pratique que théorique.

Type de recrutement.		Effort palangre	BASIC	AG 12	AG 21	AG 221	AG 222
1	c = 2	f = 4 x 10	0	20	9	5	74
		10 ⁶ HKS	1	23	31	9	96
	a = b	f = 4 x 20	66	100	100	50	100
		10 ⁶ HKS	94	100	100	53	100
2	c = 1.5	f = 4 x 10	0	1	20	1	75
			0	10	22	2	98
	a > b	f = 4 x 20	48	100	100	32	100
			97	100	100	52	100
3	c = 3	f = 4 x 10	1	10	18	21	76
			3	32	42	21	92
	a < b	f = 4 x 20	68	100	100	62	100
			92	100	100	66	100

Tableau 35 - Pourcentage d'extinctions observées par simulation de 70 ans d'existence d'un stock selon la forme de distribution des recrutements, les efforts de pêche de palangre. Le chiffre supérieur dans chaque case est celui observé à 50 ans, le chiffre inférieur est celui observé à 70 ans. (HKS hameçons.)

Au plan pratique, il se confirme dans tous les cas envisagés que la coexistence des pêcheries de surface et de palangre à de hauts niveaux d'efforts peut mener à des situations dangereuses pour l'existence même du stock. Les probabilités d'extinction de celui-ci varient de 0.3 à 1., selon les cas.

Il se confirme aussi que l'hypothèse empirique BASIC est l'une des plus optimistes. Cela était vrai pour les productions équilibrées du stock, ce l'est aussi pour les probabilités d'extinction. Il est donc prudent de considérer les conclusions issues de celui-ci comme entachées d'une marge d'erreur assez for

Enfin il apparaît que des probabilités d'extinction non négligeables existent pour des efforts de pêche, qui en modèle déterministe permettent des recrutements réduits mais possibles.

Cela aussi incite à la prudence. Concrètement cela signifie que dans les domaines "à risque" qui précèdent l'apparition de probabilités d'extinction on doit s'attendre à des recrutements parfois très bas qui, s'ils ne mettent pas le stock en danger seraient économiquement catastrophiques pour les pêcheries de surface. L'examen des distributions des recrutements confirme cette manière de voir.

On peut s'intéresser à la sensibilité de ces conclusions en fonction de la valeur de t . Pour cela une série de simulations a été faite selon l'hypothèse BASIC pour $t = 0.05$ et $t = 0.1$ en accroissant l'effort palangrier pour un effort de surface élevé. Les taux d'extinction obtenus sont en figure 64. On y voit clairement l'importance du paramètre t sur les réelles probabilités d'extinction du stock. La valeur $t = 0.1$ avait été fixée en tant que limite supérieure d'un domaine dangereux.

Faute de données plus précises, il n'est pas impossible que le seuil de chute du recrutement soit inférieur à cette valeur, surtout si l'on considère nos hypothèses du chapitre 11. Actuellement nous ne pouvons en aucun cas conclure et la seule voie reste le suivi des biomasses fécondes lors des années à venir. Le problème est important. En attendant, toujours selon un parti pris de prudence, on conservera les conclusions relatives à $t = 0.1$.

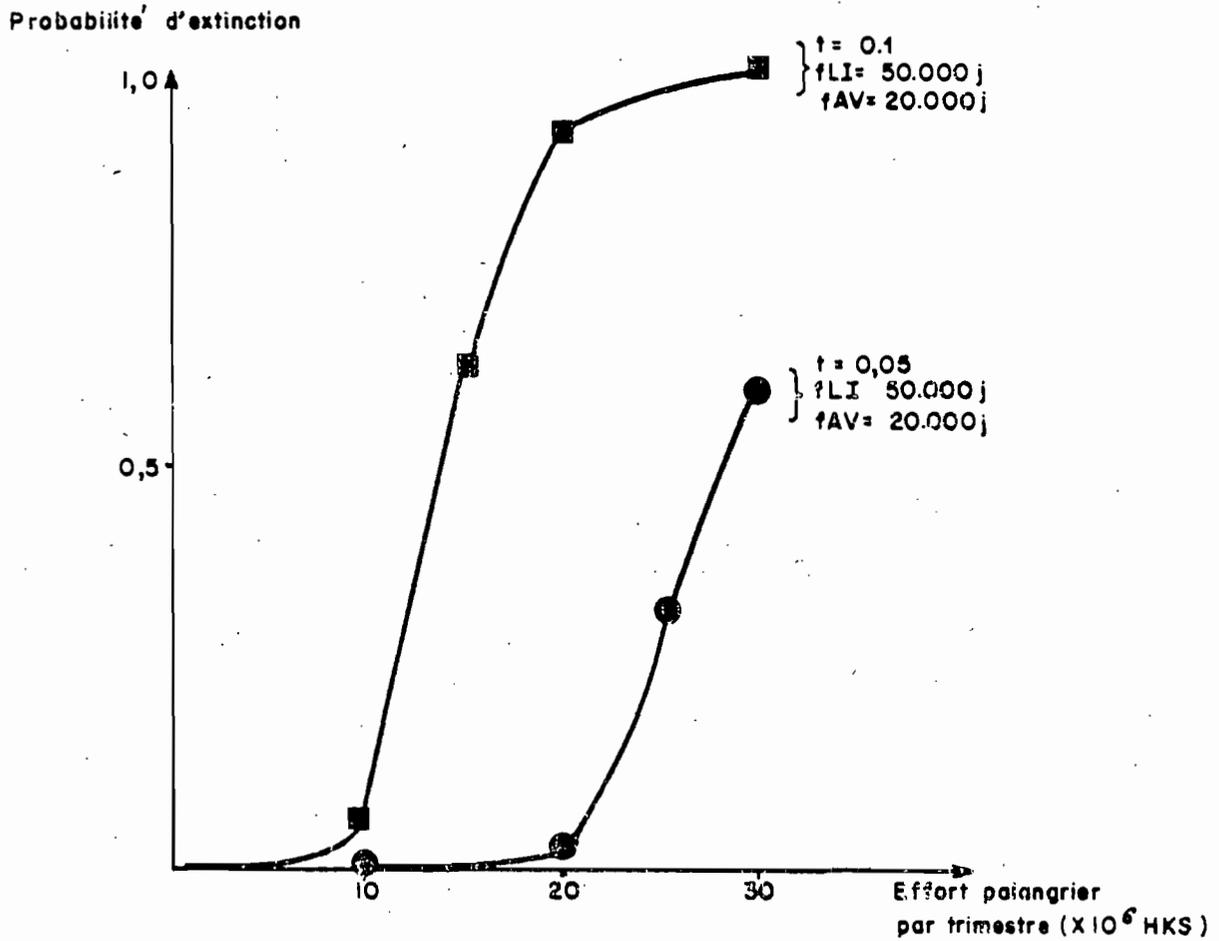


Figure 64 : Fréquence d'extinction du stock de germon Nord Atlantique en fonction de l'effort palangrier pour un effort de surface élevé. $f_{LI} = 50000 j$, $f_{CAE} = 20000$, $f_{CAA} = 0$, et selon deux valeurs attribuées à t .

Au plan théorique, les conclusions sur les stratégies de reproduction sont remarquablement nettes.

Ainsi il apparaît que les probabilités d'extinction les plus faibles, correspondant donc à des stratégies robustes sont associées à deux options radicalement différentes :

- Soit la survie des femelles à la ponte est normale et donc l'espèce investit dans plusieurs pontes successives. Auquel cas la robustesse du stock est assurée par plusieurs classes fécondes (AG 21 et AG 12). Ce qui lui assure une relative insensibilité à la forme de distribution des recrutements aléatoires. Tout ceci est la stratégie normale de bien des téléostéens et il semble logique que l'usage de ce modèle confirme le bien fondé d'une telle possibilité. Il s'y ajoute le phénomène d'invulnérabilité des femelles, propre au germon, qui rend le stock d'autant plus robuste mais non inextinguible puisque des pêcheries l'exploitent avant la première maturité des femelles.

- Si la survie des femelles après la première ponte n'est pas assurée, l'investissement sur une seule ponte rend quand-même le stock très robuste (AG 221). Et c'est là une conclusion assez surprenante car on aurait pu penser qu'une seule classe féconde tombant parfois assez bas pouvait rendre le stock fragile. Or la résilience de celui-ci est bonne, voire le meilleur des cas possibles.

Un mécanisme de régulation qu'est une bonne survie des oeufs, larves et juvéniles, formalisé par un coefficient β très faible suffit donc à assurer au stock une bonne stabilité. La stratégie d'une seule classe féconde est donc possible pour le germon. Elle est même une nécessité en cas de surmortalité des femelles après la ponte. C'est ce qu'on constate en examinant le cas AG 222 à trois classes fécondes. Le stock devient alors très fragile, et présente même la plus faible résilience de tous les cas examinés.

Cependant la stratégie d'une seule classe féconde est plus sensible qu'une autre à la forme de distribution des recrutements aléatoires. En particulier des recrutements médiocres associés à quelques très bonnes cohortes (cas 3) peuvent amener des risques d'extinction plus élevés.

Ceci serait un indice d'une distribution réelle des recrutements plutôt de type symétrique ou asymétrique vers les bons recrutements (cas 1 et 3) si la stratégie d'une seule classe féconde se confirmait. En effet puisque l'espèce germon s'est maintenue jusqu'à nos jours, et résiste dans tous les océans à une exploitation, on peut penser qu'elle dispose d'une stratégie démographique adaptée aux écosystèmes tant au niveau des conditions de reproduction elles-mêmes qu'au niveau des conditions de survie des oeufs, larves et juvéniles.

5 - CONCLUSION

L'usage d'un modèle stochastique confirme bien les conclusions du modèle déterministe, en infléchissant toutefois les seuils d'efforts de pêche dangereux vers des valeurs plus basses.

Il se confirme que le développement simultané de grandes flottilles de surface et de palangre amènerait des risques sérieux pour la survie du stock. Cette situation a eu lieu transitoirement entre 1965 et 1970 et effectivement semble avoir amené des fléchissements de recrutements.

Cependant l'existence possible de mortalités des adultes, dépendantes de la densité, atténuerait la gravité de ce risque. Ceci mériterait d'être exploré.

Sur le plan théorique on peut montrer que deux grands types de stratégie de reproduction sont possibles pour le germon. Mais ce choix doit être radical entre une ponte pluriannuelle de femelles assurées d'une survie raisonnable et une ponte unique remédiant à une survie difficile de celles-ci. Ceci rejoint des conclusions déjà reconnues en écologie terrestre.

C H A P I T R E 15 STRATEGIES DEMOGRAPHIQUES ET ECOLOGIQUES COMPAREES DES THONIDES
--

1 - PRINCIPE

L'objet de ce dernier chapitre est la synthèse des divers éléments de la biologie et de l'écologie des thons auxquels nous avons fait référence au fil de ce travail.

Les caractères reconnus à tel ou tel thon étaient exposés en regard de ceux du germon. Une étude générale revient à examiner l'occupation sélective de niches écologiques pélagiques par ces thons lors d'une évolution depuis un milieu tropical originel vers les eaux tempérées. Et donc à cerner les stratégies démographiques et écologiques qu'ils ont développé pour cela. Ceci n'est toutefois qu'une ébauche destinée à situer le germon dans cette évolution. Un titre aussi ambitieux mériterait une étude considérable.

2 - LES CARACTERES COMMUNS DES THONS

Les membres de la famille des thonidés présentent des caractères communs. Ce sont des poissons prédateurs exploitant les domaines pélagiques des océans. Ils possèdent donc des adaptations efficaces à la nage rapide. Celles-ci sont morphologiques et physiologiques. Leur taille importante est déjà une adaptation à la chasse puisque la vitesse de nage d'un poisson croît avec sa longueur (HUNTER et ZWEIFEL, 1971). Divers dispositifs hydrodynamiques déjà commentés réduisent la trainée et maintiennent une flottabilité nulle. Au plan physiologique, l'existence d'échangeurs de chaleurs par contre courants sanguins est un caractère rare chez les téléostéens partagé avec quelques genres voisins. Des masses importantes de muscles rouges à fonctionnement aérobie présentent une localisation de plus en plus interne par rapport à des muscles blancs à fonctionnement anaérobie. Les différentes dispositions de ces

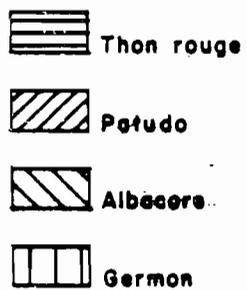
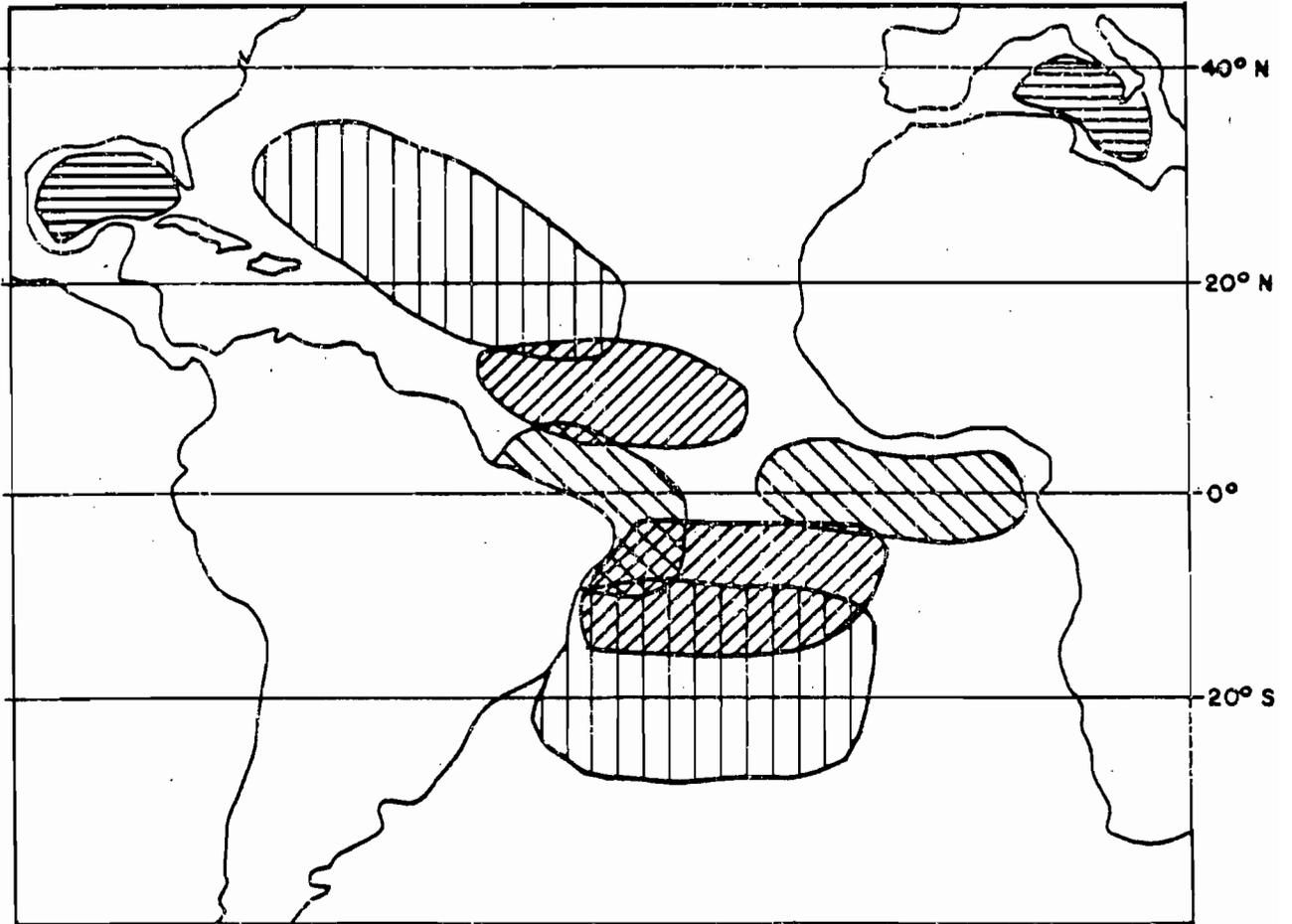


Figure 65 : Aires de pontes des principales espèces de thon de l'Atlantique.

deux types de muscles associés à des échangeurs de chaleur de plus en plus éloignés de l'axe vertébral permettent de définir une phylogénie qui correspond à celle déjà admise fondée sur des caractères anatomiques classiques. L'étude de similarité biochimique des enzymes des deux tissus musculaires confirme ces conclusions (SHARP et PIRAGES, 1978).

Cette phylogénie correspond bien à l'évolution des espèces depuis un modèle équatorial, l'albacore vers un type tempéré, le thon rouge avec deux solutions intermédiaires que sont le germon et le thon obèse. L'évolution vers des habitats nouveaux est liée à l'acquisition de stratégies démographiques et écologiques particulières. Or l'exploitation intense de ces espèces a induit des recherches scientifiques suffisantes sur leur biologie, écologie et démographie, pour que l'on puisse commenter ces stratégies. Nous nous restreindrons à l'Atlantique pour cela.

3 - LE MODELE EQUATORIAL : L'ALBACORE

Le cycle de l'albacore se déroule intégralement dans des eaux tropicales et même équatoriales de plus de 24°C.

L'espèce présente tout au plus deux stocks en Atlantique qui se reproduisent dans la zone équatoriale (Fig.65). La ponte a lieu pendant un laps de temps assez étendu de l'ordre de cinq mois, durant trois années successives pour des femelles matures à partir de 3 ans. Il y aurait plusieurs pontes partielles (ALBARET, 1977). Un phénomène de déséquilibre du sex-ratio apparaît à 4 ans, et les femelles pourraient subir une surmortalité à partir de cet âge (RODRIGUEZ *et al.*, 1980). Les relations taille-poids publiées ne semblent pas indiquer d'engraissement particulier des femelles avant la ponte. Le recrutement annuel du stock Est, le plus important, serait d'environ 30 millions d'individus de 40 centimètres. Nous avons évoqué l'impact possible des conditions trophiques variables de la zone du golfe de Guinée sur une variabilité du recrutement assez forte.

La croissance des juvéniles est rapide jusqu'à 40 centimètres environ. A ce moment il semble, selon FONTENEAU (op.cit.) que le taux de croissance fléchisse tant que les jeunes albacores n'aient pas atteint 60 cm. Ceci serait dû à la difficulté de passer des zones du fond du golfe de Guinée à l'écosystème pélagique équatorial. Selon nos conceptions ceci correspondrait à l'absence de capacités de plongée chez des animaux encore trop petits, qui n'esquivent pas le problème par une migration importante comme c'est le cas pour le patudo. La croissance rapide reprend toutefois passé cette période, et est bonne, amenant les individus à 100 kg en six ans. Lors de cette phase immature puis adulte, les albacores se tiennent généralement dans la couche d'eaux chaudes suprathermoclinales où ils sont continûment pêchés à la senne ou à la canne. La nutrition dans ce biotope serait liée aux phénomènes d'enrichissement océaniques induits par les divergences équatoriales. Cependant les grands albacores peuvent accéder parfois aux couches plus profondes et plus froides jusqu'à -300 m, où ils sont capturés à la palangre. Les échangeurs de chaleurs, même imparfaits le permettent. Durant toute la phase recrues-adultes, la mortalité naturelle est considérée comme constante et élevée ($M = 0.7$). Lors des premières années de la phase adulte les albacores ne présentent apparemment pas de ralentissement de la croissance très marqué avant quatre ans (50 kg) et la fécondité des femelles croît régulièrement avec la taille (ALBARET, 1977).

L'albacore aurait donc les caractères d'une stratégie d'exploitation heureuse des eaux tropicales et équatoriales de surface. Cette solution paraît efficace puisque l'espace présente des effectifs élevés d'individus de forte taille. D'après les éléments actuellement disponibles, la biomasse vierge en Atlantique serait de l'ordre de 1.000.000 tonnes.

4 - LE PATUDO, UNE EVOLUTION VERS LES PROFONDEURS

Les capacités écophysiologiques particulières du patudo ont été évoquées. Elles donnent aux adultes une capacité de plongée au delà de 600 m dans des eaux très froides de l'ordre de 5°C. Ceci leur permet d'exploiter non seulement la faune mésopélagique mais aussi la strate bathypélagique qui commence vers -450 m (GRANDPERRIN, op.cit.). Auparavant la reproduction dépend encore des eaux chaudes de surface.

En Atlantique il existerait deux zones de reproduction fréquentées alternativement durant un semestre par les géniteurs de deux stocks possibles (KUME et MORITA, 1977) (Fig.65). Les juvéniles semblent dériver vers l'est et apparaissent mêlés aux jeunes albacores et listao à la taille de 40 cm dans les pêches de surface. Lors de cette phase la croissance semble rapide mais à la différence de l'albacore se poursuivrait à un taux élevé au delà de 40 cm. Cependant les jeunes patudos migrent vers les latitudes plus élevées. On les retrouve à plus de 50 cm dans des eaux de surface subtempérées de 19° à 22°C et ils suivront le balancement saisonnier de ces isothermes. L'acquisition des capacités de plongée serait rapide puisqu'on peut les capturer en profondeur dès la taille de 1 mètre environ. La maturité est atteinte à trois ans à 120 cm et ne semble affecter que peu la croissance des deux sexes avec toutefois un fléchissement léger de celle des femelles, tardivement. La ponte aura lieu pendant au moins 4 années (ALEEKSEVA, 1976) et la fécondité croît régulièrement avec la taille. Il n'est pas signalé de différence nette de relation taille poids selon les sexes, bien que ceci demande à être confirmé.

La mortalité naturelle est considérée comme constante et modérée ($M = 0.45$). Un phénomène de surmortalité pourrait affecter les femelles, mais il semble tardif (SAKAMOTO, 1969). Le volume du recrutement pour l'un ou l'autre stock en Atlantique est mal connu. Il serait d'au moins 10 millions de recrues par an (MARCILLE, 1979) mais pour les raisons évoquées plus haut de vices des analyses de cohortes, il pourrait être bien supérieur. Cela est confirmé par des analyses de modèles globaux.

Le patudo présente donc les traits d'une espèce longévive, de forte taille échappant assez vite aux contraintes des eaux tropicales. L'acquisition d'adaptations écophysiologicalues lui permet d'exploiter les strates océaniques profondes et son succès évolutif paraît net. On ne peut évaluer sa biomasse atlantique avec précision. Elle pourrait être du même ordre que celle de l'albacore.

5 - LE GERMON. UN ESSAI D'EVASION DES EAUX TROPICALES

Les caractères démographiques et écologiques de l'espèce ont donc été largement exposés. On retiendra quelques faits saillants :

Les adultes exploitent la faune mésopélagique dans le domaine tropical. Leur accès à des eaux inférieures à 500 m est limité par la température et des teneurs faibles en oxygène pourraient lui interdire certaines couches.

La reproduction semble susciter des problèmes énergétiques importants, puisque les taux de croissance déclinent à la maturité sexuelle particulièrement pour les femelles. En revanche celles-ci accumulent des réserves en quantité importante, ce qui les distingue des autres espèces de thonidés. La ponte a lieu durant six mois en deux zones plus élevées en latitude que pour l'albacore et le patudo (Fig.65). Les conditions trophiques y sont stables et cela induirait une variabilité du recrutement faible. La croissance des juvéniles est rapide, comme pour les autres thons, dans les eaux chaudes. La phase immature exploite les eaux de surface dans la zone de balancement des isothermes 16 à 20°C, ce qui les amène à l'orée du domaine tempéré. La poursuite de la croissance ne peut être toutefois assurée par cette ressource et les germons de plus de trois ans rejoignent le domaine mésopélagique.

La première maturité a lieu au début de la cinquième année. Il est possible qu'une surmortalité importante liée à la reproduction affecte les femelles dès la première ponte. Aussi il n'y aurait tout au plus que trois années de ponte. La fécondité serait assez indépendante de la taille.

Les caractères originaux du germon sont donc évidents. Ils correspondent à un essai d'évolution qui donne le sentiment de n'avoir pas pleinement réussi. La biomasse ainsi maintenue est cependant importante : de l'ordre de $750 \cdot 10^3$ tonnes pour les deux stocks atlantiques, à l'état vierge.

La stratégie du germon de Méditerranée semble diverger de celle du germon des grands bassins océaniques : reproduction précoce, petite taille, problème de réserves énergétiques pour la reproduction, moindre. La nutrition semble aussi pouvoir s'effectuer moins en profondeur. Ce qui serait en rapport avec la pauvreté de cette mer en poisson mésopélagique comme signalé par GJOSAETER et KAMAGUCHI (op.cit.).

6 - LE THON ROUGE, L'ACCES AUX EAUX TEMPEREES

Les thons rouges sont les plus volumineux des thons et les plus évolués. Les adultes vivent dans des eaux tempérées de surface entre 10°C et 20°C. Ils ont ainsi la possibilité d'exploiter les concentrations de petits pélagiques à la limite du domaine néritique (Clupeidés).

Pour se reproduire l'espèce a pu se libérer des eaux tropicales, en utilisant deux zones de ponte à réchauffement saisonnier, le golfe du Mexique et la Mer Méditerranée. En revanche la saison de reproduction est très courte. En outre de par ce caractère saisonnier les larves peuvent parfois bénéficier de coïncidences avec des bonnes productions planctoniques, ce qui induit parfois d'excellents recrutements bien supérieurs à la normale.

Le développement des juvéniles reste analogue à celui des autres thons et des migrations, à partir de 40 cm, leur permettent de rejoindre un habitat tempéré. Une forte croissance par la suite peut amener les individus à 500 kg pour 20 ans. Le taux de croissance des femelles ne fléchit que peu, passé 10 ans. Celles-ci présenteraient une différence de relation taille-poids avec les mâles. Elle demande encore à être formalisée (BUTLER *et al.*, 1977). La ponte a lieu à partir de 5 ans et se poursuit jusqu'à au moins 15 ans. La fécondité croît régulièrement avec la taille.

L'espèce thon rouge serait donc bien un sommet évolutif, ayant réussi à s'affranchir des eaux tropicales mieux que les autres espèces de thons. La conquête d'un domaine tempéré permet l'accès à des sources de nourriture abondantes qui garantissent une croissance jusqu'à des tailles élevées et une mortalité naturelle faible ($M : 0.1 \text{ à } 0.2$). Leur stratégie démographique adoptée tend nettement vers le type K de la théorie classique de sélection des populations (PIANKA, 1970). Malgré un faible recrutement (de l'ordre de 2 millions d'individus de 40 cm), la biomasse vierge pourrait dépasser 10^6 tonnes pour le seul stock de l'Atlantique Est.

7 - LE THON NOIR (*THUNNUS ATLANTICUS*)

Cette espèce est cantonnée à l'Atlantique Ouest. Elle est de taille modérée et considérée comme peu abondante. Anatomiquement, elle se rapproche du modèle tropical (Sharp et Pirages, op. cit.). Ceci est un cas intéressant de thonidé dont l'évolution ne semble avoir rencontré que peu de succès. Il reste à savoir pourquoi. Mais les connaissances à son sujet sont encore restreintes. Par comparaison le succès évolutif limité attribué au germon serait plausible.

8 - CONCLUSION

De nombreux faits qui viennent d'être exposés pour les quatre grandes espèces de thon devraient être soumis à confirmation. D'autres arguments ne sont encore qu'hypothétiques d'où l'emploi de conditionnels. Toutefois cet exercice de synthèse montre que l'homogénéité phylogénique du genre *Thunnus* se doublerait d'une cohérence écologique confirmant l'évolution vers les eaux tempérées.

Les adaptations démographiques et trophiques mises à profit suivent une logique : maintien d'une taille importante, mise à profit des capacités eurythermiques ou eurybathiques accrues, aires de pontes s'éloignant de l'équateur.

Le cas du germon s'inscrit dans cette logique et ceci étaye certaines hypothèses émises à son sujet. Il reste souhaitable qu'une telle recherche comparative sur les thonidés soit poursuivie afin de confirmer ou infirmer les stratégies attribuées, et donc celle du germon.

CONCLUSION GENERALE

I Au terme d'une série de chapitres traitant de domaines variés de l'halieutique, nous disposons de faits et conclusions sur la biologie de l'espèce germon, sur son écologie, sur l'état du stock de l'Atlantique Nord et sur la stratégie démographique de l'espèce comparée à celle des autres thonidés. En outre certaines méthodes originales, utilisables en dynamique de population ont été présentées.

Les premières conclusions ont trait aux éléments de la biologie et de l'écologie de l'espèce qui sont nécessaires à une application correcte des modèles de dynamique de population. En effet on a souvent vu l'application directe de faits biologiques bruts formalisés par une quantification sommaire. Cela excluait l'examen du domaine d'application réel de ces faits et corrélativement de la sensibilité des modèles à leurs variations probables. Cette constatation rejoint l'idée actuellement en faveur, que une des grandes voies de progrès en dynamique de population est une meilleure connaissance des phénomènes biologiques et écologiques à l'intention de leur application critique dans les modèles mathématiques. Cette étude du germon présente des résultats dans ce sens.

La deuxième série de conclusions cherche à répondre concrètement aux questions des exploitants et gestionnaires des pêcheries de germon en Atlantique Nord :

Quelles sont les possibilités d'exploitation optimales de ce stock, et en ce cas quels chiffres de productions et rendements est-on en droit d'espérer ? A quelle pression d'efforts de pêche aborde-t-on le domaine des risques réels d'effondrement du stock ?

Pour répondre à cela il a été utilisé du modèle dit "structural" ou "analytique", adapté au cas du germon par certaines méthodes originales. Enfin, en s'intéressant au genre *Thunnus* nous pouvons apporter quelques éléments au grand effort actuel de compréhension de l'écophysiologie et des stratégies démographiques des thonidés. On constate ainsi, que l'évolution des stratégies démographiques des diverses espèces correspond bien à celle définie sur les seuls caractères anatomiques et morphologiques. Et la logique de ces stratégies justifie réciproquement les évaluations démographiques des différents stocks de thons.

II En matière de biologie du germon, le réexamen de quelques conclusions acceptées auparavant pour la commodité d'application des modèles de dynamique a permis d'établir les faits suivants :

- La croissance linéaire moyenne du germon en Atlantique Nord est plus rapide que ce qui était admis, les poissons atteignant la maturité sexuelle à cinq ans, soit 94 cm. A ce point, les taux de croissance fléchissent notablement, et ce bien plus pour les femelles que pour les mâles. En conséquence la gamme des tailles d'adultes soit 94 à 105 cm pour les femelles, 94 à 115 cm pour les mâles peut correspondre à des poissons âgés de 5 à 7 ans pour les femelles et de 5 à 8, exceptionnellement 10, pour les mâles.

- Les relations entre taille et poids varient dans le sens d'un accroissement de la corpulence des animaux. Cette variation de la corpulence peut être mise en évidence par morphométrie et est liée à l'amélioration des capacités écophysiologiques du germon avec l'âge.

Tout ceci permet d'accumuler une forte quantité de réserves métaboliques préalables à la première reproduction. Ce phénomène est particulièrement marqué pour les femelles et semble lié à leur arrêt de croissance.

- Dans la population les mâles et femelles en nombre égal jusqu'à maturité sexuelle, et la décroissance subséquente de la proportion de femelles dans la couche d'eaux tropicales de 0 à 150 m est due soit à une mortalité naturelle supérieure de celles-ci soit à leur émigration vers un compartiment profond où elles seraient invulnérables aux engins de pêche classiques.

- La ponte des femelles en Atlantique a lieu entre avril et septembre dans deux zones situées de part et d'autre de l'équateur et dans les parties ouest de cet océan. Il est possible que cette ponte ait lieu en deux fois dans une même saison, mais les femelles ne peuvent guère pondre plus de deux années de suite. Le nombre d'oeufs émis en chaque saison est indépendant de la taille et est d'environ $2 \cdot 10^6$ oeufs.

- Les jeunes germons sont très dépendants des températures de l'océan dans les couches superficielles ce qui les contraint à des migrations estivales vers les hautes latitudes. En Atlantique Nord au moins, cette migration a lieu surtout dans la partie Est de l'océan de par la répartition des isothermes de surface. Avec l'âge les germons gagnent les profondeurs et évoluent dans des eaux de 26 à 11°C au voisinage de la thermocline permanente. Ils effectuent

toutefois des migrations semestrielles entre une zone d'engraissement hivernale et une zone de reproduction estivale. Lors de cette phase profonde ils peuvent exploiter l'écosystème mésopélagique et bathypélagique

- De par ces liens étroits avec la topographie hydrologique tropicale, les populations de germon en Atlantique forment deux stocks au Nord et au Sud du parallèle 5°N.

Des hétérogénéités affectent la distribution des germons immatures du stock Nord mais se résorbent avec l'âge surtout au delà de deux ans. La population de germon de Méditerranée constitue un stock séparé, ce qui est attesté par des caractères morphologiques et écologiques originaux.

III La nécessité de déterminer correctement la taille du stock Nord Atlantique de germon, et de simuler les effets conjoints d'une série de pêcherie sur ce stock nous a conduit au développement en collaboration avec A. Laurec de deux méthodes d'intérêt général pour les études de dynamique de population. La première est l'analyse simultanée d'une série de cohortes, spécialement adaptée au cas du germon, qui élimine l'imperfection ultime de l'analyse de cohorte. Les résultats dans ce cas précis se comparent favorablement aux analyses de cohortes classiques, mais la méthode, au prix de quelques adaptations est généralisable à l'étude de nombreux stocks. Ce sera tout particulièrement le cas de stocks dont deux classes d'âge successives sont exploitées régulièrement par un engin que l'on suppose peu sensible aux variations de l'abondance. On a montré que des engins passifs comme les lignes de traine ou de palangre répondent assez bien à cette condition. Cette méthode toutefois ne fournit pas d'estimation de la variance associée aux capturabilités moyennes déterminées. Ce pourrait être une voie de recherche.

La seconde méthode a trait à un programme de simulation des productions et rendements à l'équilibre de trois à cinq pêcheries variant indépendamment. Il est généralisable à n pêcheries. L'usage d'un calcul de rendement par recrue en sous programme et d'unités de base des efforts de chaque pêcherie affectés de multiples indépendants rend ce programme dit EQUIG très souple d'emploi et peu exigeant en temps de calcul. Il permet de calculer toute production ou CPUE par engin et par intervalle de temps trimestriel. Son application à quelque stock que ce soit est évidente pourvu que l'on dispose des vecteurs de croissance et de mortalités. Le couplage à une relation stock recrutement quelconque permet les calculs en régime de simulation auto-régénérant.

IV On a mentionné des réponses concrètes aux exploitants du germon en Atlantique. Les chapitres 12 et 13 ont permis d'avancer des chiffres. Rappelons-les :

- le stock du germon Nord Atlantique est considéré comme indépendant. Le recrutement moyen annuel est de l'ordre de 15 millions d'individus de 2 kg avec des écarts entre 10 et 20 millions.

- les taux d'exploitation actuels sont modérés et une coexistence des pêcheries de surface et de palangre est possible tant qu'aucune ne se risque à des efforts de pêche annuels supérieurs à environ 30.000 jours de pêche des ligneurs, 10.000 de canneurs et 60 millions d'hameçons des palangriers. A ces conditions les rendements individuels moyens semblent devoir être rémunérateurs pour tous et le maintien du recrutement moyen assuré. La production totale serait d'environ 75.000 tonnes, dont 20.000 tonnes aux ligneurs, 18.000 aux canneurs, 37.000 aux palangriers.

Au plan de la gestion théorique du stock, l'accroissement de la taille à la première capture ne semble devoir améliorer les productions que de façon modérée. La pêche théorique de la seule palangre s'élèverait à 90.000 tonnes. En ce sens tout déclin de l'une des pêcheries de surface profiterait directement aux pêcheries de palangre. Seul l'investissement dans la pêche d'appât vivant d'automne permettrait aux flottilles de surface de bénéficier d'une telle réduction de la capture des jeunes individus. Toute production obtenue par des efforts de pêche ainsi reportés est calculable par l'emploi du modèle de simulation mis au point dit EQUIG. Les rendements par flottille et par trimestre sont également calculables.

D'autres configurations des efforts de pêche permettent aussi la coexistence des trois grands types de pêcheries. Cependant les critères de choix relèvent alors d'une politique internationale d'harmonisation qui reste assez utopique actuellement. Au vu des niveaux actuels des coûts investis pour toutes les pêcheries et de leur évolution probable, la simple politique de laisser faire économique semble exclure un risque réel de surexploitation. La mise au point de techniques de pêche à rendement minimal économique extrêmement bas, pourrait amener à revoir ce raisonnement et imposer des contraintes à l'exercice de l'effort de pêche de surface. Cependant à part ce cas

particulier peu probable à l'heure actuelle, il est net que la sanction de rendements financiers moyens insupportables interviendrait bien avant un dommage permanent au recrutement. Les chiffres exposés sont des estimations qui s'avèrent robustes aux variations possibles de la véritable stratégie de reproduction et à la croissance différentielle des sexes. Il est bon de rappeler en outre les quelques hypothèses de base utilisées:

- la séparation des deux stocks Nord et Sud en Atlantique n'est certainement pas parfaite, et un échange entre les deux compartiments, surtout si ils sont soumis à des taux d'exploitation différents. Or le stock sud n'est exploité que par les palangres ce qui lui assure un âge à la première capture élevé et une biomasse féconde importante. Cela conforte la situation d'un stock unique de germon en Atlantique si on choisissait cette hypothèse. Les chiffres de production énoncés seraient alors à modifier en conséquence, mais on gardera la conclusion sur le peu de risques actuels d'une extinction.

- L'évaluation du stock nord est fondée sur la constance de la capturabilité des germons "demis et gros" dans la pêche des ligneurs français. On a exposé les risques d'une dérive de ces valeurs. Il serait extrêmement intéressant de se livrer à une évaluation analogue sur les captures des ligneurs espagnols et des canneurs espagnols. L'analyse multicohorte le permet. Dès qu'une séquence suffisante de données sera disponible, il sera bon de faire ces calculs et de comparer les estimées. On aura donc un moyen d'affiner la détermination de la taille du stock.

V La synthèse des éléments descriptifs de la biologie du germon et des paramètres démographiques du stock Nord Atlantique a permis d'aborder la stratégie démographique de l'espèce germon. Une comparaison avec celles des autres thonidés complète cette étude.

Un des résultats essentiels est l'estimation de la séquence du recrutement d'un stock de germon sur vingt ans ce qui est un cas unique chez les thonidés. Malgré une disparité dans la qualité des estimations il est indéniable que pour une variation de l'ordre de 1 à 5 de la biomasse féconde, le recrutement qui en est issu a fluctué sans tendance d'une amplitude de 1 à 2.5. Ce qui est peu si l'on compare aux autres cas connus de stocks de téléostéens.

Des réflexions sur les mécanismes possibles dépendants de la densité qui expliqueraient une aussi faible variance mènent alors à l'hypothèse d'un "modèle tropical" de la phase stock fécond-recrutement différent du "modèle boréal". L'une des différences fondamentales serait une moindre sensibilité à l'effet de coïncidence avec une période de productivité primaire et secondaire limitée dans le temps, à l'inverse de ce qui existe pour les espèces boréales. Il est intéressant de constater que de par leurs aires de reproduction et les quelques estimations disponibles, certains stocks de thonidés semblent suivre cette règle selon un gradient germon, albacore, thon rouge. Ceci peut aider à la connaissance des autres espèces de thons.

L'examen des sex-ratios chez les thonidés et des causes possibles de leur déséquilibre chez les adultes peut être poussé jusqu'à une comparaison avec le germon. Ceci, outre des éléments issus des recherches sur leurs capacités écophysiologiques respectives confirme la conception d'une série de réponses évolutives, des diverses espèces de thons dans leur stratégie démographique.

Cette évolution aurait comme élément initial l'albacore, et comporte deux termes d'évolution vers les profondeurs, le germon et le patudo, et un vers les eaux tempérées, le thon rouge. Cette évolution dans des milieux de productivité variable amènerait des stratégies de reproduction diverses, investissant l'énergie de reproduction de façon inégale entre la survie des femelles et le nombre d'oeufs à chaque ponte. Les deux termes extrêmes de cette option étant le thon rouge et le germon. En ce qui concerne ce dernier le choix possible d'un fort nombre d'oeufs émis au dépens de la survie des femelles pourrait procurer aux stocks une robustesse du recrutement satisfaisante.

Les stratégies démographiques des espèces de thons tel que présentées confirment donc le schéma d'évolution morphologique et anatomique de ceux-ci, ainsi que l'homogénéité du genre. Les implications démographiques de ces constatations font penser que la taille des stocks de thonidés a été en général sous évaluée pour des mêmes raisons que pour le germon. Cela s'est révélé vrai pour l'albacore de l'Atlantique tropical. Cela semble devoir être également vrai pour les stocks de patudos qui comporteraient des compartiments profonds

de grands individus encore très peu exploités. La généralité d'un tel biais de la dynamique de population des thonidés expliquerait que à l'encontre des propos pessimistes de la majorité des auteurs en la décade 1965-1975, on en soit encore à attendre la preuve de l'effondrement d'un stock de thons malgré des efforts de pêche soutenus.

VI Comme de juste ce travail ayant résolu un certain nombre de problèmes, en engendre d'autres pour lesquels les voies de recherches sont précisées. Certaines portent sur l'espèce germon, d'autres sur le seul stock Nord Atlantique. Ainsi un effort de recherche sur la biologie des germens adultes pourrait lever l'indétermination sur la composition par âge, taille et sexe des individus évoluant entre 150 et 500 m. Ceci peut être fait dans le Pacifique Ouest où les palangriers généralisent actuellement l'utilisation de palangres profondes.

En Atlantique, l'accroissement souhaitable de la précision des échantillonnages de germon de palangre par lecture des épines dorsales en fonction du sexe permettrait de mieux évaluer la fécondité absolue réelle. On disposerait alors d'un indicateur précis du degré de proximité du domaine possible d'effondrement du recrutement.

Pour ce qui est du stock Nord Atlantique, on a déjà cité l'intérêt d'une analyse multicohorte usant de séries de données se rapportant à des flottilles différentes dont on peut penser que le mode de pêche est resté constant. Une faible sensibilité aux effets de banc serait également précieuse. Ainsi les données des ligneurs espagnols et des canneurs espagnols sur une séquence d'année suffisante pourrait être comparée à notre analyse de ligneurs français.

Pour le germon de Méditerranée, une étude biologique et écologique approfondie est souhaitable.

Enfin, il est évident que la poursuite du recueil des éléments statistiques de base pour toutes les pêcheries de l'Atlantique s'impose. Ceci est la responsabilité des administrations nationales de tout pays exploitant sous le contrôle effectif de l'ICCAT. Le rôle de ce dernier organisme demeure essentiel pour la continuation régulière de l'évaluation des stocks de germens selon les principes définis ici. Après un délai d'environ 5 à 10 ans nécessaires à la réalisation des recherches suggérées ci-dessus, une remise à jour complète de notre analyse pourra être faite.

BIBLIOGRAPHIE

- ABRAMSON, 1970 - Computer programs for fish stock assessment.
FAO Fish. Tech. Pap. 101 p.
- AGGER, P., BOETIUS, I. et LASSEN, H., 1973 - Error in the Virtual Population Analysis : The effect of uncertainties in the Natural mortality coefficient.
Jour. Cons., 35 (1) : 93-94.
- ALBARET, J.J., 1977 - La reproduction de l'albacore (*Thunnus albacares*) dans le golfe de Guinée.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., XV (4) : 389-419.
- ALEEKSEVA, E.I., 1976 - Maturation and spawning of bigeye tuna, *Thunnus obesus* of the tropical Atlantic.
Trudy AtlanNIRO, 60 : 65-92.
- ALONCLE, H., 1980 - Campagne de prospection du germon de surface dans le Nord Ouest Atlantique (11 juillet - 11 août 1979).
ICCAT, Rec. Doc. Sci. IX SCRS/79/47 : 323-325.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1970 - Populations et activité de *Thunnus alalunga* de l'Atlantique Nord-Est étudiées en fonction du parasitisme stomacal.
Rev. Trav. ISTPM, 34 (3) : 297-300.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1973 - Rythmes alimentaires et circadiens chez le germon *Thunnus alalunga* dans le Nord-Est Atlantique. Les populations de germans dans le Nord-Est Atlantique.
Thèse Doct. es Sciences, Univ. Paris VI, 194 p.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1974 - Données nouvelles sur le germon (*Thunnus alalunga*) dans le Nord-Est Atlantique. Deuxième partie.
Rev. Trav. ISTPM, 38 (1) : 9-102.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1975 - Campagne 1974 de "La Pélagia" aux Açores et premières observations sur le rendement des engins.
Science et Pêche Bull. ISTPM, 243, 1 p.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1976 - Marquages de germans par l'ISTPM, 1967-1974.
ICCAT Rec. Sci. V SCRS/75/20 : 216-220.
- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1977 - Les opérations de marquage de germans à l'ISTPM depuis août 1968.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI SCRS/76/21 : 195-201.

- ALONCLE, H. et DELAPORTE, F., 1979 - Nouvelles remarques sur la structure du stock de germon *Thunnus alalunga* dans le Nord-Est Atlantique. ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII SCRS/78/34 : 261-264.
- ALONZO ALLENDE, J.M., 1975 - Notas sobre la frecuencia de tallas y otros aspectos de la biología de la albacora (*Thunnus alalunga*). Invest. Pesq., 39 (1) : 257-267.
- ANTOINE, L., 1979 - La croissance de la coquille St Jacques (*Pecten maximus*) et ses variations en Mer Celtique et en Manche. Thèse 3^e Cycle. Université Bretagne Occidentale, 148 p.
- ANONYME, 1973 - Report on experiments on the development of tuna culturing techniques (April 1970 - March 1973). Far Seas Fish. Res. Lab. Series 8 : 165 p.
- ARENA P., 1979 - Aspects biologiques et comportements des concentrations génétiques du thon rouge en Méditerranée. Actes Coll. CNEOX 8 : 53-57
- ARENA P., 1980 - Risultati preliminari di studi sull' eta, l'accrescimento e la prima maturita sessuale del l alalunga *Thunnus alalunga* (Bonn., 1738) del Tirreno. Memorie di Biologia e di Oceanografia, Vol.X (3) : 71-81. E
- ASANO, 1964 - Young albacore taken from the Northeastern sea area of Japan in August and September 1963. Bull. Tohoku. Reg. Fish. Res. Lab. n°24.
- BARBAULT, 1976 - La notion de stratégie démographique en écologie. Bull. Ecol., 7 (4) : 373-390.
- BARD, F.X., 1972 - Evaluation de l'effort de pêche et de la prise par unité d'effort de pêche de la flottille française et espagnole depuis 1960. Relations apparentes avec l'effort de pêche des palangriers dans l'Atlantique Nord. ICCAT Rec. Doc. Sci. I SCRS/72/35 :
- BARD, F.X., 1974 - Etude sur le germon *Thunnus alalunga* de l'Atlantique Nord. Eléments de dynamique de population. ICCAT Rec. Doc. Sci. II SCRS/73/66 : 198-224.
- BARD, F.X., 1977 - Commentaires sur l'état du stock de germon (*Thunnus alalunga*) Nord Atlantique. ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (2) SCRS/76/59 : 215-232.
- BARD, F.X., 1978 - Commentaires sur l'état du stock de germon Nord Atlantique. ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) SCRS/77/95 : 246-257.
- BARD, F.X., 1979 - Etude de l'effet sur les captures de germon Nord Atlantique (*Thunnus alalunga*) d'un changement de stratégie d'exploitation. ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (2) SCRS/78/52 : 281-289.
- BARD, F.X. et CORT, J.L., 1979 - Etat de la pêcherie franco-espagnole de thon rouge (*Thunnus thynnus*) du golfe de Gascogne (1972-1978). ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (2) : 314-316.
- BARD, F.X. et CORT, J.L., 1980 - Evaluation du recrutement apparent de thon rouge (*Thunnus thynnus*) en Atlantique est à l'ouest de Gibraltar. ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (2) SCRS/79/59 : 553-556.

- BARD, F.X., CORT, J.L. et REY, J.C., 1978 - Commentaires sur la composition démographique des pêcheries de thon rouge (*Thunnus thynnus*) de l'Est Atlantique et de la Méditerranée 1960-1976.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) SCRS/77/94 : 355-365
- BARD, F.X. et GONZALEZ GARCES, A., 1976 - Estudio de las capturabilidades relativas de las diferentes clases de edad de atun blanco o bonito del norte (*Thunnus alalunga*) en el nordeste atlántico.
Bol. Inst. Esp. Oceanografía, 224 : 1-22.
- BARD, F.X. et GONZALEZ GARCES, A., 1980 - Etat du stock de germon (*Thunnus alalunga*) Nord Atlantique en 1979.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (2) SCRS/79/68 : 379-390.
- BARD, F.X., DAO, J.C. et HAVARD DUCLOS, F., 1972 - Compte rendu de la mission d'assistance biologique à la flottille thonière, campagne 1971.
CNEOX Rapp. Sci. et Tech., 10 : 1-40.
- BARKLEY, R.A., NEILL, W.M. and GOODING, R.M., 1977 - Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, habitat based on temperature and oxygen requirements.
U.S. Fish. Bull. 76 : 653-662.
- BARROS, A.C., 1965 - Alguns aspectos sobre a biologia e pesca da albacora branca (*Thunnus alalunga* Gmelin) N.O. Atlantico tropical.
Boletim do Estudos de Pesca, V (5) : 12-27.
- BARTOO, N.W., 1977 - An examination of the harvest status of South Atlantic *Thunnus alalunga*. (ms).
SCRS/78/77 :
- BATTS, B.S., 1972 - Age and growth of the skipjack tuna in North Carolina waters.
Chesapeake Science, 13 (4) : 237-244.
- BEAMISH, R.J., 1979 - The use of section of fin rays to determine the age of albacore (ms).
Fish. Board of Canada.
- BEARDSLEY, G.L., 1969 - Proposed migrations of albacore *Thunnus alalunga* in the Atlantic Ocean.
Trans. Am. Fish. Soc., 98 (4) : 589-598.
- BEARDSLEY, G.L., 1971 - Contributions to the population dynamics of Atlantic albacore with comments on potential yields.
Fish. Bull. 69 (4) : 845-857.
- BELLOC, G., 1954 - Les thons de la Méditerranée. Première note, germon, pélamide, melva.
C.G.P.M. Débats et Doc. Tech., 2 : 283-318.

- BEVERTON, R.J.H. and HOLT, S.J., 1957 - On the dynamics of exploited fish populations.
Fish. Invest. U.K. Ser.2 (19), 533 p.
- BESNIER, 1978 - Scènes de la vie maritime d'autrefois.
Gallimard Paris, 79 p.
- BLOUCH, 1979 - Contribution à l'étude des interactions océan atmosphère. (ms)
EERM/CMM/Brest. Météorologie Nationale.
- BRILL, W.R., 1978 - Temperature effects on speeds of muscle contraction and stasis metabolic rate in the physiological ecology of tunas.
SHARP and DIZON ed. Academic Press, 485 p.
- BROCK, V.E., 1943 - Contribution to biology of the albacore (*G. alalunga*) of the Oregon Coast and other parts of North Pacific.
Stanford Ichty. Bull. 2 (7) : 199-248.
- BUTLER, M., 1978 - St Margaret's bay bluefin research programme, a progress report.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) SCRS/77/89 : 371-374.
- BUTLER, M., CADDY, J.F., DICKSON, C.A., HUNT, J.J. and BURNETT, C.D., 1977 - Apparent age and growth of giant bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) in the 1975-76 Canadian catch.
ICCAT Rec. Doc. Sci. V (2) SCRS/76/86 : 318-330.
- CADIMA, E., 1977 - L'analyse des cohortes.
In : Les modèles d'évaluation des stocks halieutiques. Annexe au rapport sur le second stage FAO/CNEXO de formation sur les méthodes d'évaluation : 53-70.
- CAREY, F.G. and LAWSON, K.D., 1973 - Temperature regulation in free swimming bluefin tuna.
Comp. Biochem. Physiol., 28 : 205-213.
- CASTANET, J., MENNIER, F. et RICQLES (de A.), 1977 - L'enregistrement de la croissance cyclique par le tissu osseux chez les vertébrés poïkilothermes. Données comparatives et essai de synthèse.
Bull. Biol. France et Belgique CXI (2) :
- CLEMENS, H.B., 1961 - The migration, age and growth of Pacific albacore (*Thunnus germon*) 1951-1958.
Cal. Fish. Game. Fish. Bull., 115 : 1-128.
- CLEMENS, H.B. et CRAIG, 1965 - An analysis of California's albacore fishery.
California Dept. Fish. and Game. Fish. Bull. 128 :
- COLETTE, E.B., 1978 - Adaptations and systematics of the mackerels and tunas.
In : The Physiological ecology of tunas.
SHARP and DIZON ed., 485 p.

- COMPEAN JIMENEZ, G. et BARD, F.X., 1980 - Utilisation de la squelettechronologie chez les thunidés.
Bull. Soc. Zool. France, 105 (2) : 329-336.
- COMPEAN JIMENEZ, G. et BARD, F.X., 1980 - Age and growth of east atlantic bluefin tuna as determined by reading of fin rays cross section.
ICCAT Rec. Doc. Sci., IX (2) SCRS/79/67 : 547-552.
- CONAN, G., 1978 - PHD Thesis University of California San Diego : 1-376.
Dissertation Abstracts International, 39 (1)
- CORDIER, R., 1978 - Conséquences d'une hypothèse de croissance différentielle entre mâles et femelles du germon sur l'estimation de la mortalité par pêche et de la fécondité.
Rapp. DEA Marseille : 1-54.
- CORT, J.L., 1976 - Datos sobre la biología y pesca del atun rojo (*Thunnus thynnus*) en el Golfo de Viscaya, campana de 1975 en el puerto de Fuentarrabia.
ICCAT Rec. Doc. Sci., V (2) : 236-241.
- CORT, J.L., CENDRERO, O. et IRIBAR, J., 1976 - La anchoa (*Engrantis encrasicolus*) del Cantabrico Resultado de las campanas de 1974, 1975 y 1976.
Bol. Inst. Esp. Ocean., 220 : 1-26.
- CUSHING, D.H., 1973 - Dependence of recruitment on parent stock.
Jour. Fish. Res. Bd. Canada, 30 (12) 2 : 1965-1976.
- DAO, J.C. et BARD, F.X., 1971 - L'étude du thon blanc (*Thunnus alalunga*) dans le golfe de Gascogne. Résultats préliminaires des travaux du CNEXO de 1969 à 1970.
CNEXO Rapp. Scient. Tech., 4 : 1-53.
- DAGET, J. et LE GUEN, J.C., 1975- Les critères d'âge chez les poissons : 253-289.
In LAMOTTE, M. et BOURLIERE, F. Problèmes d'écologie : la démographie des populations de vertébrés. (Masso) Paris.
- DAGNELIE, P. - Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques.
Presses Agronomiques de Gembloux, Tomes 1 et 2 : 375 p. et 463 p.
- DICENTA, A. et PICCINETTI, C., 1978 - Desove de atun (*Thunnus thynnus*) en el Mediterráneo occidental, y evaluacion directa del stock de reproductores, basado en la abundancia de sus larvas.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) SCRS/77/74 : 389-395.
- DIETRICH, G., 1963 - General oceanography.
New York. Wiley and sons, 588 p.
- DOLLFUS, R., 1952 - Parasites du germon *alalunga* (Gmlin).
J. Cons., 18 (1) : 42-44.

- DOUBLEDAY, W.G., 1975 - A least squares approach to analyzing catch at age data.
Ann. Meet. Int. Com. NW Atl. Fish. Doc. n°35 Serial n°3514.
- DOTSON, R.C., 1978 - Fat deposition and utilisation in albacore.
In The Physiological ecology of tunas. SHARP and DIZON ed.
Academic Press, 485 p.
- DOTSON, R.C., 1976 - Minimum swimming speed of albacore.
U.S. Fish. Bull., 74 (4) : 955-960.
- DUVIARD, D., 1979 - Groix, l'île des thoniers.
Ed. des quatre Seigneurs. Paris, 260 p.
- EQUALANT, 1976 - EQUALANT I and EQUALANT II Oceanographic atlas Vol.2.
Chemical and biological oceanography.
UNESCO, 355 p.
- FONTANA, A., 1979 - Etude du stock démersal côtier congolais. Biologie et dynamique des principales espèces exploitées. Proposition d'aménagement de la pêche.
Thèse Doct. Etat Univ. Paris VI, 300 p.
- FONTENEAU, A., 1975 - Programme de simulation de la pêche d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., XIII (1) : 79-97.
- FONTENEAU, A., 1979 - Analyse de l'effort de pêche des senneurs FIS.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (1) SCRS/78/70 : 37-66.
- FONTENEAU, A. et MARCILLE, J., 1979 - Analyse de l'état des stocks d'albacore Atlantique (*Thunnus albacares*) au 31 décembre 1977.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (1) SCRS/78/67 : 163-181.
- FOREMAN T.J., 1980 - Synopses of biological data on the albacore tuna *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788), in the Pacific Ocean. IATTC - Special Report 2.
- FREEMAN, B.E. et WALFORD, L.A., 1974 - Angler's guide to the United States Atlantic Coast. Section III and IV US NMFS.
- FREON, P., 1978 - Note sur les relations taille poids et les facteurs de conditions et l'index gonado somatique m.s.
CRODT Dakar.
- GARROD, 1967 - Population dynamics of the arcto Norwegian cod.
J. Fish. Res. Bd Canada, 24 : 145-190.
- GHEO, Y. et LE GUEN, J.C., 1968 - Détermination de l'âge et la croissance de *Sardinella eba* dans la région de Pointe Noire.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., (1) : 70-82.
- GIBBS, R.H. et COLETTE, B.B., 1967 - Comparative anatomy and systematics of the tunas, genus *Thunnus*.
U.S. Fish. Bull., 66 (1) : 65-130

- GJOSEATER, J. and KAWAGUCHI, K., 1980 - A review of the world resources of mesopelagic fish.
FAO Fish. Techn. Pap., 193 : 1-151.
- GOBERT, B., 1976 - Etude de contenus stomacaux et prospection du germon.
Memoire DAA Halieutique. ENSAR : 1-26.
- CONZALEZ GARCES, A. et CORT, J.L., 1975 - La pesca espanola de atun blanco (*Thunnus alalunga*) del nordeste atlantico en 1974.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IV (2) : 185-186.
- GRANDPERRIN, R., 1975 - Structures trophiques aboutissant aux thons de longue ligne dans le Pacifique sud-ouest tropical.
Thèse Doc. Etat. Université de Marseille, ORSTOM, 295 p.
- GRANDPERRIN, R. et LEGAND, M., 1971 - Aperçu de la distribution verticale des germons dans les eaux tropicales du Pacifique Sud.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., IX (2) : 197-202.
- GRIFFITHS, R.G., 1960 - A study of measures of population density and of concentration of fishing effort in the fishery for yellowfin tuna (*Neothunnus macropterus*), in the Eastern tropical Pacific Ocean from 1951 to 1956.
IATTC Bull. IV (3) : 41-136.
- GULLAND, J.A., 1965 - Estimation of mortality rates.
Annex to Rep. Artic. Fish. Working Group, Int. Ounc. Explor. Sea C.M. 1965 (3) : 1-9.
- GULLAND, J.A., 1977 - The stability of fish stocks.
J. Cons. Int. Expl. Mer, 37 (3) : 199-204.
- HANAMOTO, E., 1975 - Fishery oceanography of bigeye tuna. Thermocline and dissolved oxygen content in relation to tuna longline fishing grounds in the eastern tropical Pacific.
La Mer (Bull. Soc. Franco Jap. Océano.), 13 (2) : 58-71.
- HARADA, T., 1979 - Present status of mariculture study in Japan for tuna species.
In Le thon rouge en Méditerranée. Biologie et Aquaculture. Sète 9-12 Mai 1978 - Actes Coll. CNEOX 8 : 163-167.
- HASSELBLAD, V., 1966 - Estimation of parameters for a mixture of normal distributions.
Technometrics 8 : 431-444.
- HASTENRATH, S. et LAMB, J.M., 1977 - Climatic atlas of the tropical Atlantic and Eastern Pacific Ocean.
The University of Wisconsin Press, 112 p.
- HAVARD DUCLOS, F., 1973 - La pêche française de germon du Nord Est Atlantique. Etude des conditions de la pêche.
Thèse 3è cycle Université Paris VI, 160 p.

- HAYASHI, S., HONMA, M. and SUZUKI, Z., 1972 - A comment to rational utilisation of yellowfin and albacore stocks in the Atlantic ocean.
Bull. Far Seas Fish. Lab., 7 : 71-112.
- HERBLAND, A. et VOITURIEZ, B., 1977 - Production primaire, nitrate et nitrite dans l'Atlantique tropical. 1. Distribution du nitrate et production primaire.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., XV (1) : 47-55.
- HUE, S.B., 1979 - Recherches sur l'hétérogénéité du stock de germon *Thunnus alalunga* du Nord-Est Atlantique par électrophorèse.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (2) SCRS/78/71 : 265-271.
- HUE, S.B., 1980 - New knowledge on the migration of albacore (*Thunnus alalunga*) in the Northeast Atlantic.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (2) SCRS/79/71 : 344-352.
- HUE, S.B., 1980 - Remarques sur la croissance du germon.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (2) SCRS/79/35 : 356-364.
- HOOFT et RAMOS, 1972 - Captura y esfuerzo en la pesquera venezolana del atun entre 1960 et 1970.
Serie Recursos y Explotacion Pesqueros, V (2) : 1-39.
- HUNTER, J.R. et ZWEIFEL, J.R., 1971 - Swimming speed, tail beat frequency, tail beat amplitude and size in jack mackerel *Trachurus symmetricus* and other fishes.
U.S. Fish. Bull., 69 : 253-266.
- IDYLL et DE SYLVA, 1963 - Synopsis of biological data on albacore (*Thunnus alalunga*) (Western Atlantic).
FAO Fish. Rep., 4 (6) : 749-754.
- ICCAT, 1976 - Données palangrières recueillies et compilées par le Secrétariat de l'ICCAT concernant les transbordements dans les ports atlantiques 1974-1975. Séries Statistiques 1.
- ICCAT, 1977 - Données palangrières recueillies et compilées par le Secrétariat de l'ICCAT concernant les transbordements dans les ports atlantiques 1975. Séries Statistiques 2.
- ICCAT, 1977 - Données palangrières recueillies et compilées par le Secrétariat de l'ICCAT concernant les transbordements dans les ports atlantiques 1976. Séries Statistiques 3.
- ICCAT, 1978 - Données palangrières recueillies et compilées par le Secrétariat de l'ICCAT concernant les transbordements dans les ports atlantiques 1977. Séries Statistiques 4.
- ICCAT, 1978 - Manuel d'opérations pour les statistiques et l'échantillonnage des thonidés et espèces voisines dans l'océan Atlantique.
2è Ed., 141 p.

- ICCAT, 1979 - Données palangrières recueillies et compilées par le Secrétariat de l'ICCAT concernant les transbordements dans les ports atlantiques 1978. Séries Statistiques 7.
- ICCAT, 1980 - Données palangrières recueillies et compilées par le Secrétariat de l'ICCAT concernant les transbordements dans les ports atlantiques 1979. Séries Statistiques 9.
- ICCAT, 1980 - Bulletin Statistique. Série Historique 1 (Projet), 120 p.
- ICCAT, 1980 - Bulletin Statistique, vol.10, 109 p.
- ISHII, T., 1965 - Morphometric analysis of the Atlantic albacore population mainly its eastern areas.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 31 (5) : 333-339.
- ISHII, K. and INOUE, M., 1956 - Some notes on the ovary of albacore (*T. germo*) taken from Coral Sea.
Bull. Jap. Soc. of Sci. Fish., 22 (2) :
- JONES, R., 1978 - Tagging : Theoretical methods and practical difficulties in Fish Population Dynamics.
GULLAND ed. Wiley and sons : 46-65.
- JOUBIN, L. et ROULE, L., 1918 - Observations sur la nourriture des thons de l'Atlantique (*Germa alalunga*).
Bull. Inst. Océano., 348 : 1-7
- KAWAI, H., 1969 - The relationship between the thermal structure and distribution of longline fishing grounds of tunas in the intertropical Atlantic. I - Analysis based on isotherms on level surfaces, topographies of thermoclines, etc.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 2 : 275-303.
- KEENE, D.F. and PEARCY, W.G., 1976 - Comparison of the most successful and least successful west coast albacore troll fishermen.
U.S. Fish. Bull., 74 (4) : 973-982.
- KEYVANFAR, A., 1962 - Sérologie et immunologie de deux espèces de thonidés (*Germa alalunga* et *Thunnus thynnus*) de l'Atlantique et de la Méditerranée.
Rev. Trav. Inst. Pêch. Marit., 26 (2) : 407-456.
- KIKAWA, S., SHIOHAMA, T., MORITA, Y. and KUME, S., 1977 - Preliminary study on the movement of the North Pacific albacore based on tagging.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 15 : 101-113.
- KISHINOUE, K., 1923 - Contributions to the comparative study of so called scomboïd fishes.
J. Coll. Agric. Imper. Univ. Tokyo, 8 (3) : 293-475.

- KOTO, T., 1969 - Studies on the albacore 14. Distribution and movement of the albacore in the Indian and the Atlantic oceans based on the catch statistics of Japanese tuna longline fishery.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 1 : 115-129.
- KREBS, A., 1936 - Le thon (germon). Sa pêche et son utilisation sur les côtes françaises de l'Atlantique.
Soc. Ed. Géographiques, Maritimes et coloniales, Paris, 115 p.
- KUME, S. et MORITA, Y., 1977 - On the stock structure of bigeye tuna in the Atlantic ocean.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (2) SCRS/76/35 : 162-167.
- KUME, S. et YANG, R.T., 1981 - Estimation on North South breakdown of albacore catch by Taiwanese longline fleet in the Atlantic 1976-1978.
ICCAT, SCRS/80/67, vol.10 (à paraître).
- LAM HOAI, T., 1970 - Gonades de germon prélevées durant la campagne d'assistance aux thoniers 1967.
Université Rennes. Trav. Lab. Halieut., 3 : 19-37.
- LAUREC, A., 1977 - Analyse et estimation des puissances de pêche.
J. Cons. Int. Explor. Mer, 37 (2) : 173-185.
- LAUREC, A. et BARD, F.X., 1980 - Analyse multicohorte sur deux classes d'âge.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (1) SCRS/79/107 : 14-25.
- LAUREC, A. et FONTENEAU, A., 1979 - Estimation de l'abondance d'une classe d'âge. Utilisation des c.p.u.e. de plusieurs engins en différentes zones et saisons.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (1) SCRS/78/86 : 79-101.
- LAUREC, A., FONTENEAU, A. et CHAMPAGNAT, C., 1979 - Etude de la stabilité de modèles stochastiques autorégénérants.
Symposium on biological basis of Pelagic fish stock management, n°20, 30 p.
- LAUREC, A. et LE GALL, J.Y., 1975 - De seasonaling of the abundance index of a species. Application to the albacore (*Thunnus alalunga*) monthly catch per unit of effort (cpue) by the Atlantic Japanese longline fishery.
Bull. Far Seas Res. Lab. (12) : 145-169.
- LAUREC, A. et LE GUEN, 1978 - CPUE des senneurs et abondance. Impact des structures fines.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (1) SCRS/77/97 : 30-54.
- LAURS, R.M., LENARZ, W.M. and NISHIMOTO, R.N., 1976 - Estimates of rates of tag shedding by North Pacific albacore (*Thunnus alalunga*).
U.S. Fish. Bull., 74 (3) :
- LAURS, R.M., and ass., 1974 - Report of Joint National Marine Fisheries Service. American Fishermen Research Foundation. Albacore studies conducted during 1974, 40 p.

- LAURS, R.M. and LYNN, R.J., 1977 - Seasonal migration of North Pacific albacore (*Thunnus alalunga*) into North American coastal waters. Distribution relative abundance and association with transition zone waters.
U.S. Fish. Bull., 75 (4) : 795-822.
- LAURS, R.M., YUEN, H.S. and JOHNSON, J.H., 1977 - Small scale movements of albacore (*Thunnus alalunga*) in relation to ocean features as indicated by ultrasonic tracking and oceanographic sampling.
U.S. Fish. Bull., 75 (2) : 347-356.
- LAURS, R.M., ULEVITCH, R.J. and MORRISON, D.C., 1978 - Estimates of blood volume in the albacore tuna in the physiological ecology of tunas. SHARP and DIZON ed. Academic Press, 485 p.
- LA TOURASSE, G. DE, 1966 - Le germon de méditerranée se distingue morphologiquement de celui de l'Atlantique.
Bull. Inst. Océanogr. Monaco, 66 (1966) : 1-12.
- LE GALL, J., 1949 - Résumé des connaissances acquises sur la biologie du germon.
Rev. Trav. Off. Pêches Marit., 15 (1-4) : 1-42.
- LE GALL, J., 1949 - Germon. Observations complémentaires sur sa biologie.
Ann. Biol. CIEM, 6 : 73-76.
- LE GALL, J., 1951 - Le germon (*Germon alalunga* Gmlin) dans le golfe de Gascogne et en Mer Celtique.
Ann. Biol. CIEM, 8 : 83-88.
- LE GALL, J., 1952 - Le germon dans le golfe de Gascogne et en Mer Celtique.
Ann. Biol. CIEM, 9 : 85-88.
- LE GALL, J. et Coll., 1954 - Scombriformes : Germon, thon rouge.
Rev. Trav. Off. Pêches Marit., 18 (2-4) : 59-67.
- LE GALL, J.Y., 1974 - Evolution spécifique des rendements (cpue) de la pêche palangrière japonaise de germon (*Thunnus alalunga*) de l'Atlantique Nord et de l'Atlantique Sud (1956-1970).
ICCAT Rec. Doc. Sci. II SCRS/73/40 : 177-187.
- LE GALL, J.Y., 1974 - Exposé synoptique des données biologiques sur le germon (*Thunnus alalunga*) de l'océan Atlantique.
Synopsis FAO sur les pêches, 109 : 1-69.
- LE GALL, J.Y., 1975 - Cartographie des poids moyens mensuels des germons (*Thunnus alalunga*) capturés par la flottille de Taïwan pour les années 1968, 1969, 1971, 1972, 1973.
ICCAT SCRS/75/51 :
- LE GALL, J.Y., LAUREC, A., BARD, F.X. et DAO, J.C., 1975 - Etude de l'état du stock Nord Atlantique de germon (*Thunnus alalunga*) par l'analyse des cohortes (Rendement pondéral et fécondité).
ICCAT Rec. Doc. Sci. IV (2) SCRS/74/34 : 109-127.

- LE GALL, J.Y. et SERENE, P., 1968 - Considérations sur les germes *Thunnus alalunga* capturés par le navire d'assistance aux thoniers (campagne 1967).
Université de Rennes. Trav. Lab. Halieut., 1 : 5-13.
- LE GALL, J.Y., 1976 - Contribution à l'étude de la dynamique des populations du thon blanc ou germon (*Thunnus alalunga*). Insertion dans une pêcherie plurispécifique : La pêche palangrière thonière dans l'Atlantique (1956-1973).
Thèse Doc. Etat. Univ. Marseille, 80 p.
- LE GALL, J.Y. et HUE, S.B., 1978 - Estimation des captures de germon (*Thunnus alalunga*) par la pêcherie palangrière thonière totale. (Japon/Taiwan/Corée) Atlantique Nord et Atlantique Sud.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) SCRS/77/56 : 238-245.
- LE GALL, J.Y. et MAUCORPS, A., 1980 - Statistiques des pêches maritimes françaises et niveaux de décision en gestion rationnelle des stocks. La Pêche Maritime n°1233 : 705-713.
- LE GUEN, J.C., 1971 - Dynamique des populations de *Pseudotolithus (fonticulus) elongatus*.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., IX (1) : 3-84.
- LENARZ, W.H. and ZWEIFEL, J.R., 1979 - A theoretical examination of some aspects of the interaction between longline and surface fisheries for yellowfin tuna (*Thunnus albacares*).
U.S. Fish. Bull., 76 (4) : 782-806.
- MAGNUSON, J.J., 1973 - Comparative study of adaptations for continuous swimming and hydrostatic equilibrium of scombrid and xiphoid fishes.
U.S. Fish. Bull., 71 : 337-356.
- MARCILLE, J., 1979 - Niveau d'exploitation du patudo Atlantique (Années 1969 à 1976).
ICCAT Rec. Doc. Sci. VIII (1) SCRS/78/33 : 241-250.
- MATHER, F.J., 1964 - Tunas (*Genus thunnus*) of the western North Atlantic. Part 2. Description, comparaison and identification of species of *Thunnus* based on external characters.
Proceedings of Symposium on Scombroïd fishes. Marine Biological Association of India. Mandapam Camp. Part 1.
- MERLE, J., 1978 - Atlas hydrologique saisonnier de l'océan Atlantique inter-tropical.
Trav. et Doc. ORSTOM n°82 : 1-182.
- MILLER, R., TCHERNIA, P. et CHARNICK, H., 1970 - Atlas de la Mer Méditerranée.
Mac Graw Hill Pub., 99 p.

- MORI, K., 1972 - Geographical distribution and relative apparent abundance of some Scombroid fishes based on the occurrences in the stomach of apex predators caught on longline. 1. Juveniles and young of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*).
Bull. Far Seas Res. Lab. 6 : 111-167.
- MORITA, S., 1976 - An estimation of parameters of Y/R model on albacore stock of longline fishery in the Atlantic Ocean.
ICCAT Rec. Doc. Sci. V (2) SCRS/75/31 : 203-209.
- MORITA, S., 1977a - Estimated age composition of albacore harvests of Japanese and Taiwanese longline fisheries in the Atlantic Ocean.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (2) SCRS/76/32 : 190-194.
- MORITA, S., 1977b - Approximate estimation of population parameters utilizing effort and catch data of South Atlantic albacore stock.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (2) SCRS/76/33 : 202-207.
- MURPHY, G., 1965 - A solution of the catch equation.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 22 : 191-202.
- MURPHY, G. and SHOMURA, R., 1972 - Pre-exploitation abundance of tunas in the equatorial central Pacific.
U.S. Fish. Bull., 70 (3) : 875-913.
- MURPHY, T.C. and SAKAGAWA, G.T., 1977 - A review and evaluation of estimates of natural mortality rates of tuna.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (1) SCRS/76/71 : 117-123.
- NEILL, W.H., CHANG, R.K.C. and DIZON, A.E., 1976 - Magnitude and ecological implications of thermal inertia in skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* L.
Environ. Biol. Fish., 1 : 61-80.
- NEPGEN, Van de, C.S., 1970 - Exploratory fishing for tuna off South West Africa Coast.
Div. Sea. Fisheries. Invest. Rep. 87 South Africa : 1-75.
- NISHIKAWA, Y; KIKAWA, S., HONMA, M. and UEYANAGI, S., 1978 - Distribution atlas of larval tunas, billfishes and related species. Result of larval surveys by R/V Shunyo Maru and Shoyo Maru (1956-1975).
Far Seas Fish. Res. Lab. S. Series 9 : 1-94.
- OTSU, T. et UCHIDA, R., 1959 - Sexual maturity and spawning of the albacore in the Central Pacific Ocean.
U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull. (148) 59 :
- OTSU, T. et UCHIDA, R., 1959 - Studies of age determination by hard parts of albacore from Central North Pacific and Hawaiian waters.
U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull., 59 :
- OTSU, T., 1960 - Albacore migration and growth in the North Pacific Ocean as estimated from tag recoveries.
Pacific Science, 14 (3) : 257-266.

- OTSU, T. and UCHIDA, R., 1962 - Model of the migration of albacore in the North Pacific Ocean.
U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull., 63 (1) : 33-44.
- OTSU, T. and HANSEN, 1962 - Sexual maturity and spawning of the albacore in the South Pacific Ocean.
U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull., 204 :
- PAES de FRANCA, M.L. et CORREIA de COSTA, F., 1976 - Quelques informations sur la pêcherie de thonides dans les archipels de Madère et des Açores.
ICCAT SCRS/76/23 : 1-17.
- PALOHEIMO, J.E., 1961 - Studies on estimation of mortalities. I - Comparison of a method described by Beverton and Holt and a new linear formula.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 18 (5) : 645-662.
- PALOHEIMO, J.E., 1980 - Estimation of mortality rates in fish populations.
Trans. Am. Fish. Soc., 109 (4) : 378-386.
- PEARCY, W.L., PANSHIN, D.A. and KEENE, D.F., 1975 - Catches of albacore at different times of the day.
Fish. Bull., 73 (3) : 691-693.
- PETERMAN, R.M., 1978 - Testing for density dependent marine survival in Pacific salmonids.
J. Fish. Res. Bd. Canada, 35 : 1434-1450.
- PIANKA, E.R., 1970 - On r and K selection.
Amer. Natur., 104 : 592-597.
- PICCINETTI, C. et PICCINETTI-MANFRIN, G., 1979 - Relation entre oeufs et larves de thonidés et hydrologie en Méditerranée.
In : Le thon rouge en Méditerranée.
Sète, 9-12 mai 1978. Actes de Colloques du CNEXO, 8 : 79-86.
- POINSARD, F. et LE GUEN, J.C., 1970 - Observations sur la définition d'une unité d'effort de pêche applicable à la pêcherie de thon de l'Atlantique tropical Africain.
Doc. Scient. Centre CRSTOM Pointe Noire, N.S. 5 (8)
- POPE, J.G., 1972 - An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis.
Res. Bull. Int. Comm. N.W. Atlantic Fish. (9) : 65-74.
- POPE, J.G., 1974 - Note on cohort analysis and age specific fishing mortality.
ICCAT Rec. Doc. Sci. III WTPD/74/25 : 237-239.
- POPE, J.G., 1977 - Estimation of fishing mortality, its precision and implications for the management of fisheries.
In : Fisheries Mathematics Steele J.M. Ed. Academic Press, 198 p.
- POSTEL, E., 1964 - Sur deux lots de germon (*Germon alalunga*) capturés dans le golfe de Guinée par les palangriers japonais.
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., V (2) : 55-60.

- POSTEL, E., 1965 - Répartition des tailles chez le germon (*Germo alalunga*) pêché dans le golfe de Gascogne et débarqué à Concarneau en août-septembre 1965.
Bull. Soc. Sci. Bretagne, 40 (1-2) : 121-124.
- PRIOL, E.P., 1945 - Observations sur les germons et les thons rouges capturés par les pêcheurs bretons.
Rev. Trav. ISTPM, XIII (1-4) : 387-439.
- REY SALGADO, J.C., 1979 - Inter-relations des populations de thon rouge (*Thunnus thynnus*) entre l'Atlantique et la Méditerranée.
Actes Colloques CNEOX n°8 : 87-103.
- RICKER, W.E., 1958 - Handbook of computations for biological statistics of fish populations.
Bull. Fish. Res. Board Canada, 119 : 1-300.
- RICKER, W.E., 1975 - Computation and interpretation of biological statistics of fish populations.
Bull. Fish. Res. Board Canada, 191 : 1-182.
- ROBERT MULLER, 1937 - La pêche et la conserve de tuon en Bretagne et de l'Atlantique.
BAILLÈRE Ed.
- ROBERTS, 1974 - Albacore off the NW of New Zealand Feb. 1972.
New Zealand Journal of Marine and Freshwater Res., 8 (8) :
- ROBSON, D.S., 1966 - Estimation of the relative fishing power of individual ships.
Res. Bull. Int. Comm. N.W. Atlant. Fish. (3) : 5-14.
- ROCHE, G. et ODIN, A., 1889 - La pêche du germon du golfe de Gascogne.
Rev. Sci. Nat. de l'Ouest, 3 :
- RODRIGUEZ RODA, J., 1973 - Contribucion al estudio de la biometria de la albacora (*Thunnus alalunga*) del Nordeste atlantico y sus zonas de pesca.
Invest. Pesq., 37 (3) :
- RODRIGUEZ, A., VALLE, S. y VALDES, R., 1980 - Composicion por largo y proporcion entre los sexos del atun aleta amarilla (*Thunnus albacares*) en el Atlantico centro oriental.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (1) SCRS/79/29 : 143-151.
- ROSA, H., 1963 - Editor Proceedings of the world scientific meeting on the biology of tunas and related species.
FAO Fish. Rep.6, vol.1-4 : 1-2061.
- ROTHSCHILD, B.J. and ROBSON, D.S., 1972 - The use of concentration indices in fisheries.
U.S. Fish. Bull., 70 (2) : 511-513.

- RUDOMIOTKINA, G.P., 1973 - Distribution of larval tunas in the Central Atlantic ocean.
- SAITO, S., ISHII, K. and YONETA, K., 1970 - Swimming depth of large sized albacore in the south Pacific Ocean. 1. Fishing of albacore by a newly designed vertical longline.
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 36 (6) : 578-584.
- SAKAMOTO, H., 1969 - Preliminary review on the regional change in size composition, sex ratio and gonad index on the Atlantic bigeye caught by tuna longline fishery.
Far Seas. Fish. Res. Lab. Bull., 1 : 49-56.
- SANTOS GUERRA, A., 1976 - Resultados preliminares de las pesquerias canarias de tonidos en el primer semestre de 1975.
ICCAT Rec. Doc. Sci V (2) SCRS/75/85 : 165-167.
- SANTOS GUERRA, A., 1976 - Las pesquerias de tunidos en Canarias durante 1974.
ICCAT Rec. Doc. Sci. V (1) SCRS/75/86 : 5-50.
- SANTOS GUERRA, A., 1977 - Las pesquerias de tunidos en Canarias durante 1975.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (2) SCRS/76/49 : 437-438.
- SANTOS GUERRA, A., 1977 - Resultados preliminares de las pesquerias canarias de tunidos en 1976.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VI (2) SCRS/76/50 : 439-440.
- SANTOS GUERRA, A., 1978 - Campana atunera de 1977 en Canarias. Resultados preliminares.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) : 146-148.
- SARA, R., 1973 - Sulla biologia dei tonni (*Thunnus thynnus*) Modelli di migrazione ed osservazioni sui meccanismi di migrazione e di comportamento.
Boll. Pesca. Pesci. Idrobiol., 28 (2) :
- SERENE, P., 1969 - Esterase of the North East Atlantic albacore stock.
CIEM/CM 1969. Biochemical and serological identification of fish stocks : 1-9.
- SIDWELL, V.D., FONCANNON, P.R., MOORE, N.S. and BONNET, J.C., 1974 - Composition of the edible portion of raw (fresh or frozen) crustaceans, finfish and mollusks. 1. Protein, fat, moisture ash, carbohydrate, energy value and cholesterol.
Mar. Fish. Rev., 36 (5) : 21-35.
- SHABOTINIETS, E.I., 1968 - Age determination of Indian Ocean tunas.
Translation by W.C. KLAWE. IATTC m.s. La Jolla, California 1968.
- SHARP, G., 1978 - Behavioral and physiological properties of tuna and their effect on vulnerability to fishing gear.
In : The Physiological ecology of tunas SHARP and DIZON Ed. Academic Press, 485 p.

- SHARP, G.D. and DIZON, A.E., 1979 - Editors of the Physiological ecology of tunas.
Academic Press, New York, 485 p.
- SHARP, G. and DOTSON, R., 1977 - Energy for migration in albacore (*Thunnus alalunga*).
U.S. Fish. Bull., 75 : 447-450.
- SHARP, G.D. and PIRAGES, S.W., 1979 - The distribution of red and white swimming muscles. Their biochemistry and the biochemical phylogeny of selected Scombrid fishes.
In : The Physiological ecology of tunas.
- SHARP, G.D. and VLYMEN, J. III, 1978 - The relation between heat generation, conservation and the swimming energetics of tunas.
In : The Physiological ecology of tunas, SHARP and DIZON Ed. Academic Press, 485 p.
- SHIOHAMA, T., 1971 - Studies on measuring changes in the characters of the fishing effort of the tuna longline fishery. 1. Concentrations of the fishing effort to particular areas and species in the Japanese Atlantic fishery.
Bull. Far Seas Fish. Lab., 5 : 107-130.
- SHIOHAMA, T., 1973 - Studies on the albacore. XV. Length frequency distribution of albacore in the NW Pacific Ocean 1965-1971 and considerations on the treatment of data.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 9 : 143-176.
- SHIOHAMA, T., 1978 - Overall fishing intensity and yield by the Atlantic longline fishery for albacore, 1956-1975.
ICCAT Rec. Doc. Sci. VII (2) SCRS/77/84 : 217-224.
- SHIOHAMA, T., 1980 - Estimation of overall fishing intensity of Atlantic longline albacore, 1959-1977.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (2) SCRS/79/53 : 376-378.
- SHOMURA, R., 1965 - Age and growth studies of four species of tunas in the Pacific Ocean.
In : T. Manar (Ed) Proc. Governov's Conf. Central Pac. Fish. Resources State Hawaii : 203-219.
- SHOMURA, R.S. and KAELA, B., 1963 - Growth and sexual dimorphism in growth of bigeye tuna (*Thunnus obesus*). A preliminary report.
FAO Fish. Rep., 6 (3) : 1409-1427.
- SIMS, S.E. and PARRACK, M.L., 1980 - The effects of unevenly distributed catches on virtual population analysis.
ICCAT Rec. Doc. Sci. IX (1) SCRS/79/83 : 26-39.
- SKILLMAN, R.B., 1975 - An assesment of the south Pacific albacore *Thunnus alalunga* fishery 1953-1972. US Mar. Fish. Rev. 37 (3) : 9-17

- SUDA, A., 1956 - Studies on the albacore III. Size compositions classified by ocean current.
Bull. Jap. Soc. Scient. Fish., 21 (12) : 1194-1198.
- SUDA, A., 1962 - Studies on the albacore. VIII. Ecological considerations on the albacore in the Philippine sea. Considerations on the movement of big sized albacore from distributing ground of immature group (North Pacific Current Area) to supposed spawning ground. North Equatorial current area.
Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 16 : 127-134.
- SUDA, A. and SHIOHAMA, T., 1962 - Studies on the albacore. VII. Some considerations on the relationship between the distribution of albacore and the surface water temperature in the longline fishing ground of the North West Pacific.
Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 15 : 39-68.
- SUDA, A., 1966 - Catch variations in the North Pacific albacore. Considerations on the sustainable yield.
Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 24 : 103-114.
- SUDA, A., 1970 - Approximate estimation of parameters in dynamics of fish population utilising effort and catch statistics with little informations on biological features.
Far Seas Fish. Res. Lab. Bull.3 : 1-14.
- SUDA, A., 1974 - Recent status of resources of tuna exploited by longline fishery in the Indian Ocean.
Far Seas Fish. Res. Lab. Bull. 10 : 27-62.
- SUDA, A., 1974 - A note on the use of length frequency as an estimate of age.
ICCAT Rec. Doc. Sci., III. WTPD Nantes/74/8 : 103-106.
- SUZUKI, Z., WARASHINA, Y. and KISHIDA, M., 1977 - The comparison of catches by regular and deep longline gears in the Western and Central Equatorial Pacific.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 15 : 51-90.
- TALBOT, F.H. and PENRITH, M.J., 1963 - Synopsis of biological data of the genus *Thunnus* sensu lato (South Africa).
FAO Fish. Rep., 6 (2) : 608-646.
- TEISSIER, G., 1936 - Les lois quantitatives de la croissance.
Annales Physiologie et Physicochimie biologiques 12 :
- UEYANAGI, S., 1955 - On the ripe ovary of the albacore taken from the Indian Ocean.
Jap. Soc. Sci. Fish. Bull., 20 (12) : 1050-1053.
- UEYANAGI, S., 1957 - Spawning of the albacore in the Western Pacific.
Rep. Nankai Reg. Fish. Res. Lab., 6 : 113-124.

- UEYANAGI, S., 1969 - Observations on the distribution of tuna larvae in the Indo Pacific Ocean with emphasis on delimitation of the spawning areas of albacore (*Thunnus alalunga*).
Bull. Far. Seas Fish. Res. Lab., 2 : 177-256.
- UEYANAGI, S., 1971 - Larval distribution of tunas and billfishes in the Atlantic Ocean.
FAO Fish. Rep., 71 (2) : 297-305.
- VARECH, 1978 - L'avenir des pêches françaises. Réflexions sur une nécessaire mutation.
Ouvrage collectif. Mar. Marchande, Paris.
- VOHSS, G.L., 1974 - Cephalopods resources of the world.
FAO Fish. Circ. C 149/E : 1-79.
- WETHERALL, J.A. and YONG, M.Y., 1975 - A cohort analysis of the North Pacific albacore stock and an assessment of yield per recruit in the American and Japanese fisheries.
NPALB/75/3 Honolulu : 1-256.
- YAMANAKA, H., MORITA, J. and ANRAKU, N., 1969 - Relation between the distribution of tuna and water types of the North and South Pacific Ocean.
Bull. Far Seas Fish. Res. Lab., 2 : 257-274.
- YANG, R.T., NOSE, Y. and HIYAMA, Y., 1969 - Morphometric studies on the Atlantic albacore and yellowfin tuna.
Bull. Far Seas Res. Fish. Lab., 2 : 23-64.
- YANG, R.T., 1970 - Studies of age and growth atlantic albacore and a critical review on the stock structure.
China Fish. Monthly, 213 : 3-16.
- YOSHIDA, H.O., 1968 - Early life history and spawning of the albacore *Thunnus alalunga* in Hawaiian waters.
U.S. Fish. Wildl. Serv. Fish. Bull., 67 (2) : 205-211.
- YOSHIDA, H.O., 1971 - Distribution, apparent abundance and length composition of juvenile albacore (*Thunnus alalunga*) in the South Pacific Ocean.
U.S. Fish., 69 (4) : 821-827.
- YOSHIDA, H.O., 1975 - The American samoa longline fishery 1966-1971.
U.S. Fish., 73 (4) : 747-765.
- ZAVALA-CAMIN, L.A., 1978 - Distribution del atun blanco (*Thunnus alalunga*) en el sudeste y sur del Brasil (1969-1977).
Bol. Inst. Pesca., 5 (1) : i-50.
- ZAVALA-CAMIN, L.A., 1978 - Algunos aspectos sobre la estructura populacional del rabil (*Thunnus albacares*) en el sudeste y sur del Brasil (1969-1977).
Bol. Inst. Pesca. Sao Paulo, 5 (1) : 1-50.
- ZHAROV, V.L., 1971 - On the biological character of longlin tuna (*Thunnus alalunga*). Concentrations in the Southwest, Southeast and some other areas of the Atlantic Ocean.
C.I.E.M. CM/ 1971/12 : i-13.

TABLE DES FIGURES

- Figure 1 : Localisation des pêcheries de germon en Atlantique.
- Figure 2 : Evolution des lieux de pêche des thoniers ligneurs français.
- Figure 3 : Schéma d'une palangre flottante.
- Figure 4 : Séquence des efforts de pêche palangriers en Atlantique Nord (1956-1977). Efforts exprimés en millions d'hameçons par saison.
- Figure 5 : Carte des occurrences reconnues d'oeufs, larves et juvéniles de germon en Atlantique.
- Figure 6 : Histogrammes des fréquences de taille des germons pêchés par les thoniers ligneurs français (1968-1978).
- Figure 7 : Histogrammes des fréquences de taille des germons pêchés par les thoniers espagnols (1972-1978).
- Figure 8 : Fréquence de taille des germons capturés au cours d'une saison de pêche des ligneurs français.
- Figure 9 : Fréquence de taille des germons capturés en 1974 par les thoniers américains. D'après LAURS *et al.*, 1974.
- Figure 10 : Carte des différents lieux de pêche du germon dans le Pacifique Nord.
- Figure 11a: Fréquence de taille par sexe des germons pêchés à la palangre en Atlantique (zone 31 ICCAT).
- Figure 11b: Fréquence de taille par sexe des germons pêchés à la palangre en Atlantique (zone 32 ICCAT).
- Figure 12 : Fréquence de taille des germons capturés à la canne en automne 1977, aux Açores.
- Figure 13 : Date en jours depuis le 1^{er} janvier du réchauffement maximal des eaux de l'Atlantique Nord-Est (d'après BLOUCH, 1979).
- Figure 14 : Isothermes de surface de l'Atlantique Nord ; a) en été, b) en hiver.
- Figure 15 : Structure thermique classique des eaux de l'Atlantique Nord-Est de 0 à 100 m en été.
- Figure 16 : Schéma de la répartition bathymétrique des germons en Atlantique Nord.
- Figure 17 : Situation du front polaire à -200 m en Atlantique Nord, 1958. D'après DIETRICH (1962).

- Figure 18 : Relation entre la longueur caudale des germons et la largeur de base du premier rayon épineux dorsal.
- Figure 19 : Relations âge-longueur par sexe des germons examinés.
- Figure 20 : Courbes de croissance linéaire sans distinction de sexe des germons en Atlantique Nord.
- Figure 21 : Courbes de croissance composite des germons en Atlantique Nord et Méditerranée.
- Figure 22 : Ellipses de confiance des coefficients des droites de régression, de relation taille-poids des germons.
- Figure 23 : Ellipses de confiance des coefficients des droites d'allométrie de la pectorale des germons.
- Figure 24 : Détail des mensurations morphométriques effectuées sur les germons.
- Figure 25 : Ellipses de confiance des droites d'allométrie de diverses dimensions du corps des germons.
- Figure 26 : Schéma des biais possibles engendrés par les stances d'allométries différentes.
- Figure 27 : Histogramme des fréquences de tailles des germons pêchés à Nice (septembre 1976 et septembre 1977).
- Figure 28 : Voies de migration du germon en Atlantique Nord.
- Figure 29 : Taux d'infestation des germons en *M. fusca* selon leur âge et les voies de migration.
- Figure 30 : Projection sur axe des longitudes des taux de parasitages en *M. fusca* par intervalles de 2°.
S - 45°N = poissons pêchés au Sud du 45° parallèle,
N - 45°N = poissons pêchés au Nord de celui-ci.
- Figure 31 : Fréquences relatives en fonction de la taille des germons pêchés par la PELAGIA avec séparation en composantes açoriennes et classiques.
- Figure 32 : Relation entre CPUE des bonites l'année n et celles des demis l'année n+1.
- Figure 33 : Récupérations à long terme en hiver et été des germons marqués à l'état immature en Atlantique Nord-Est.
- Figure 34 : Comparaison des proportions de demis annuelles déduites des poids moyens et des échantillonnages de taille.
- Figure 35 : Histogrammes de la fréquence des puissances de pêche locales des ligneurs français.

- Figure 36 : Distribution des jauges et effectifs d'équipage des ligneurs français en 1975.
- Figure 37 : Rapport des rendements moyens annuels de ligneurs espagnols à ceux des ligneurs français. Ces coefficients sont utilisés pour standardiser les efforts de pêche totaux des ligneurs consignés en table 8.
- Figure 38 : Relation entre les puissances de pêche locales sur les demis et les gros pour 16 thoniers français. Moyenne 1968-1973.
- Figure 39 : Exemple de distribution de fréquence des rendements journaliers des ligneurs français. Année 1978.
- Figure 40 : Relation entre moyenne et variance des rendements des ligneurs français, toutes catégories commerciales confondues. Résultats bimensuels.
- Figure 41 : Relation identique à la figure précédente pour la catégorie commerciale : demis.
- Figure 42 : Relation identique à la figure 41 pour la catégorie commerciale : gros.
- Figure 43 : Relation entre moyenne et variance des rendements des canneurs français, toutes catégories commerciales confondues. Résultats bimensuels.
- Figure 44 : Relation entre rendement par jour de cpue ou route et jour de pêche des ligneurs français, toutes catégories commerciales confondues. Résultats bimensuels. Celui de 1976 août-septembre correspond à des conditions météorologiques exceptionnelles.
- Figure 45 : Relation identique à la figure précédente pour les canneurs français.
- Figure 46 : Ajustement de la mortalité apparente des demis (Z'_{2k}) en fonction de l'indice d'exploitation E_k . Cohortes 64-75.
- Figure 47 : Ajustement de Z'_{2k} en fonction de E_k pour les données historiques 1919-1949.
- Figure 48 : Schéma des relations stock fécond-recrutement, et recrues-reproducteurs.
- Figure 49 : Histoire des recrutements de germon Nord Atlantique.
- Figure 50 : Relations stock-recrutement observés du germon Nord Atlantique.
- Figure 51 : Relation stock fécond-recrutement et recrutement-reproducteurs proposés pour le germon.
- Figure 52 : Exemple de distribution de taille par sexe des germons adultes pêchés par la pêcherie palangrière de Samoa.

- Figure 53 : Schéma de la distribution espérée du sex-ratio des femelles en fonction de la taille si la croissance de celles-ci ralentit.
- Figure 54 : Relation entre la proportion de femelles en zone 1 et l'effort de pêche des palangriers opérant sur le stock Sud Pacifique.
- Figure 55 : Distribution des tailles en fonction du sexe dans la pêcherie palangrière de germon Sud Pacifique à l'état quasi-vierge (1957-1958). D'après OTSU et HANSEN (1962).
- Figure 56 : Relation poids des ovaires, taille des femelles, germon de l'Atlantique. Données de D. SIMMONS.
- Figure 57 : Taux d'exploitation (E) par âge calculés pour la cohorte synthétique 64-69 en fonction des hypothèses sur la stratégie de reproduction.
- Figure 58 : Surestimation du recrutement par BASIC par rapport aux autres hypothèses évoquées en fonction du F_n injecté.
- Figure 59 : Isoplèthes de rendement par recrue du stock de l'Atlantique Nord en fonction des efforts de pêche de surface et de palangre.
- Figure 60 : Exemple de projection des captures après 1976, en modifiant les efforts de pêche, à recrutement donné constant.
 $f_{LI} = 10000 j$, $f_{CAE} = 15000 j$, $f_{PAH + PAE} = 60000 \cdot 10^6$ Hhs.
- Figure 61 : Construction de la courbe liant le stock fécond et recrutement du germon.
- Figure 62 : Courbes de recrutement en fonction de la fécondité absolue par recrue du germon Nord Atlantique selon diverses hypothèses sur la stratégie de reproduction.
- Figure 63 : Production équilibrée du germon Nord Atlantique en fonction des efforts de pêche et des hypothèses sur la stratégie de reproduction.
- Figure 64 : Fréquence d'extinction du stock de germon Nord Atlantique en fonction de l'effort palangrier pour un effort de surface élevé.
 $f_{LI} = 50000 j$, $f_{CAE} = 20000$, $f_{CAA} = 0$, et selon deux valeurs attribuées à t.
- Figure 65 : Aires de pontes des principales espèces de thon de l'Atlantique.

Année	1952				1961	1969	1977	1977
	B + D (6-7)	B + D (8-9)	G + TG (6-7)	G + TG (8-9)				
Référence (mois)	B + D (6-7)	B + D (8-9)	G + TG (6-7)	G + TG (8-9)	B + D + G (6)	B + D + G (8)	G + TG (9) ♂	G + TG (9) ♀
N	111	115	87	68	110	159	85	71
SX	454.9275	468.5266	377.0710	294.1268	462.0881	659.8793	368.0295	307.5320
SX2	1855.2529	1910.1177	1634.6705	1272.4673	1941.9419	2739.9630	1593.9670	1332.3033
SXY	647.0073	671.2447	786.5829	630.0041	753.5181	1158.5268	772.6718	651.4953
SY2	229.4511	244.0627	380.9863	313.4428	297.5181	498.1011	378.1686	320.3694
SY	157.3487	163.8879	181.2249	145.4966	178.8086	278.2347	178.1062	150.2353
β	2.9067	2.8732	2.9971	2.9016	2.9245	2.8910	3.1927	3.1563
α	-10.4953	-10.2807	-10.9068	-10.4109	-10.6597	-10.2483	-11.7283	-11.5553
R	.9637	.9688	.9686	.9181	.9810	0.9798	.9729	.9709

Table 1a - Données des relations taille-poids examinées.

Année	1977	1977	1961	1970	1970	1952
	B + D (9)	B + D + G Med (9)	B + D + G Med (9)	Adultes ♂ (1-12)	Adultes ♀ (1-12)	Subadultes (3)
N	74	44	88	202	148	92
SX	303.1398	183.9287	364.8684	918.5730	669.5742	413.8468
SX2	1242.6127	769.0425	1513.2015	4179.9573	3030.1838	1861.8425
SXY	427.5654	280.1661	580.0834	2708.1050	1944.1957	1071.4825
SY2	152.6432	103.4074	225.1051	1772.8176	1255.3524	618.6199
SY	103.7919	66.8934	139.6409	593.5972	429.0523	238.0346
β	3.0320	3.0457	3.0736	3.1629	3.5223	3.5245
α	-11.0179	-11.2113	-11.1577	-11.4444	-13.0364	-13.2673
R	0.9760	0.9598	0.9606	0.9760	0.9466	0.9283

Table 1b - Données des relations taille-poids examinées.

Année	1966	1977	1966	1977	1974	1977-79	1977-79
Référence	Méditerranée	Méditerranée	Atlantique	Golfe de Gascogne	Açores	Adultes ♀	Adultes ♂
N	71	65	70	49	104	40	76
SX	450.9368	421.3479	450.5488	321.8951	665.2691	274.70740	526.6519
SX2	2864.4225	2731.6346	2900.5649	2115.6093	4258.4107	1886.94020	3650.0077
SXY	2330.4166	2226.3449	2479.6399	1804.0847	3571.2516	1633.47210	3170.3793
SY2	1896.2056	1814.7659	2120.3191	1539.0665	2997.3352	1414.14040	2753.9970
SY	366.8450	343.3902	385.0886	274.3924	557.5572	237.8000	457.4488
β	1.3578	1.3909	1.6877	1.5943	1.7096	1.2471	1.1566
α	-3.4571	-3.7335	-5.3618	-4.8734	-5.5752	-2.6197	-1.99548
R	0.8751	0.8314	0.9620	0.9663	0.9715	0.8963	0.7889

Table . 2 - Données sur les relations pectorales-longueur caudale examinées.

Caractère	Tête	MP	HD1	HD2	HPi	La	LD1	VI
N	50	50	50	50	50	50	50	50
SX	326.2494	"	"	"	"	"	"	"
SX2	2155.9873	"	"	"	"	"	"	"
SXY	1754.3737	1710.3965	1682.1125	1680.6356	1586.8483	1586.7883	1787.0589	1797.9932
SY2	1427.6089	1453.7991	1312.4761	1310.1973	1168.5604	1167.9745	1481.3433	1499.4715
SY	267.0849	269.5256	256.0662	255.8326	241.5404	241.5522	272.0654	273.7295

TABLE 3a - Données sur les allométries de caractères des germes juvéniles rapportées à la longueur totale. (Valeurs logarithmiques).

Caractère	M A L E				F E M E L L E			
	HD1	HD2	HPi	La	HD1	HD2	HPi	La
N	26	"	"	"	27	"	"	"
SX	181.0028	"	"	"	186.7385	"	"	"
SX2	1260.1355	"	"	"	1291.5706	"	"	"
SXY	1005.7258	1003.7275	946.0971	957.5504	1031.1795	1034.6135	977.1181	977.7730
SY2	802.6999	799.5343	710.8625	727.6491	823.3160	828.8680	739.2852	740.2480
SY	144.4581	144.1716	135.9383	137.5376	149.0886	149.5844	141.2707	141.3682

TABLE 3b - Données sur les allométries de caractères des germes adultes, par sexe, rapportées à la longueur totale. (Valeurs logarithmiques).

Caractère	Tête	MP	VI	LD1
N	53	53	33	45
SX	367.7413	53	227.9468	312.2459
SX2	2551.7061	53	1574.9468	2166.7253
SXY	2095.5199	2109.5392	1321.0363	1815.2789
SY2	1720.9149	1744.0166	1108.2905	1520.8559
SY	301.9961	304.0165	191.2308	261.5991

TABLE 3c - Données sur les allométries de caractères des germes adultes rapportées à la longueur totale. (Valeurs logarithmiques).

TABLE 4 (suite)

ANNEE	FRANCE	ESPAGNE	PORTUGAL	PALANGRIERS	TOTAL
1950	14680	24943			39623
1951	14703	19446			34149
1952	14220	18177			32397
1953	13192	16925			30117
1954	13638	26341			39979
1955	14620	16804	?		31424
1956	16750	24148	?	2	40900
1957	20064	21924	?	135	42123
1958	17279	33924	300	945	52148
1959	18603	30140	570	599	49342
1960	19914	30697	600	1131	51742
1961	17092	24335	600	380	41807
1962	20293	31500	620	5733	57526
1963	16239	28155	970	14629	59023
1964	19486	28500	500	15816	68802
1965	15549	29025	830	14175	58749
1966	13414	25511	340	8145	47070
1967	15534	32429	740	5442	49521
1968	13239	23632	110	5111	42382
1969	9385	22228	500	6866	38479
1970	6163	23730	200	11102	40995
1971	9210	30195	300	9941	49346
1972	9158	25121	300	9229	43508
1973	6859	21100	300	17882	45841
1974	8425	27982	1246	13728	51381
1975	6075	22094	1033	12531	41733
1976	6800	26911	504	14837	49052
1977	6850	24180	108	13723	44861
1978	8437	28243	80	9324	46084
1979	8050	30206	60		

Note - Les chiffres de captures palangrières 1976-1978 sont relevés par KUME et YANG (1981).

TABLE 4 :

CAPTURES DE GERMON NORD ATLANTIQUE

1920-1979

ANNEE	FRANCE	ESPAGNE	PORTUGAL	PALANGRIERS	TOTAL
1920	3100	5500			8600
1921	2900	?			
1922	3850	?			
1923	3650	?			
1924	7200	?			
1925	5600	?			
1926	5800	?			
1927	7050	?			
1928	9700	?			
1929	9400	?			
1930	6950	4300			11250
1931	11600	?			
1932	9000	3850			12850
1933	7600	3850			11450
1934	12100	6780			18880
1935	11750	9000			20750
1936	10000	6800			16800
1937	9500	4000			13500
1938	10622	4000			14622
1939	12370	4708			17078
1940	5160	6328			11488
1941	5600	7644			13244
1942	5850	10930			16780
1943	1125	15639			16764
1944	0	16963			16963
1945	7974	19612			27586
1946	7104	16162			23266
1947	4880	15388			20268
1948	10125	13976			24101
1949	13050	14815			24101

TABLE 5 : TONNAGE LIGNEUR FRANCO-ESPAGNOL

ANNEE	TONNAGE FRAN- CAIS PLEIN	TONNAGE ESPA- GNOL	TOTAL
1953			
1954			
1955			
1956			
1957	13 105	16 923	30 028
1958	8 646	25 299	33 945
1959	6 224	22 572	30 796
1960	10 183	22 889	33 072
1961	9 165	11 742	20 907
1962	12 589	18 354	30 943
1963	9 804	14 821	24 624
1964	12 727	15 331	28 058
1965	11 365	14 179	25 544
1966	9 959	12 832	22 791
1967	11 640	19 029	30 669
1968	11 030	12 963	23 393
1969	7 675	10 248	17 923
1970	4 456	11 250	15 706
1971	7 727	16 302	24 029
1972	8 683	17 834	26 517
1973	5 785	12 927	18 712
1974	7 875	13 083	20 958
1975	4 959	4 515	9 474
1976	5 685	8 233	13 918
1977	6 190	10 291	16 481
1978	8 437	14 130	22 567
1979	7 834	14 232	22 068

TABLE 6 : TONNAGE APPAT VIVANT FRANCO ESPAGNOL

PECHERIE MIGRATOIRE

ANNEE	TONNAGE FRAN- CAIS PLEIN	TONNAGE ESPA- GNOL PLEIN	TOTAL
1953		3 875	
1954		7 250	
1955		3 125	
1956		5 500	
1957	6 959	5 000	11 959
1958	8 633	8 625	17 258
1959	10 697	7 250	17 947
1960	9 414	8 125	17 539
1961	7 927	12 593	20 519
1962	7 704	13 145	20 849
1963	6 435	13 334	19 769
1964	6 759	13 169	19 928
1965	4 183	14 846	19 030
1966	3 454	12 678	16 132
1967	3 893	13 400	17 294
1968	2 209	11 269	13 478
1969	1 710	11 980	13 690
1970	1 707	12 231	13 937
1971	1 483	13 494	14 977
1972	475	6 562	7 037
1973	1 074	6 394	7 468
1974	550	11 157	11 707
1975	707	8 547	9 254
1976	1 115	12 346	13 461
1977	633	9 245	9 878
1978	386	10 113	10 499
1979	220	14 974	15 194

TABLE 7 - CAPTURES ET EFFORT DES PECHERIES DE GERMON D'AUTOMNE A L'APPAT VIVANT

captures en tonnes
effort en jour de pêche d'un thonier appât vivant standard

ANNEE	ESPAGNE				FRANCE	
	pêche appât vivant aux Canaries		pêche appât vivant aux Açores		pêche appât vivant aux Açores	
	Captures	Effort	Captures	Effort	Captures	Effort
1970	250	?	0	0	0	
1971	400	?	0	0	0	0
1972	725	?	0	0	0	0
1973	1300	?	478	740	0	0
1974	2692	?	1050	742	0	0
1975	1332	?	7700	3700	0	0
1976	831	?	5500	4580	10	15
1977	975	?	4644	3668	24	20
1978	1160		450		0	0
1979	604		1000	?	0	0

ANNEE	EFFORT APPAT VIVANT		EFFORT LIGNEUR	ANNEE	EFFORT APPAT VIVANT		EFFORT LIGNEUR
	ACORES	PECHERIE MIGRATOIRE			ACORES	PECHERIE MIGRATOIRE	
1920			18 000	1950	CANARIES		119 609
1921			?	1951			98 063
1922			?	1952			79 142
1923			?	1953			?
1924			?	1954			?
1925			?	1955		?	?
1926			?	1956		?	?
1927			?	1957		15 382	57 000
1928			?	1958		23 394	86 000
1929			?	1959		17 317	78 000
1930			28 000	1960		17 467	78 000
1931			?	1961		22 045	48 000
1932			28 507	1962		19 620	71 000
1933			30 151	1963		18 802	62 000
1934			32 623	1964		18 189	64 000
1935			?	1965		24 416	55 000
1936			?	1966		18 326	66 000
1937			?	1967		15 968	75 144
1938			?	1968		18 544	69 419
1939			40 000	1969		22 359	52 456
1940			20 433	1970		16 445	38 489
1941			21 427	1971		22 836	49 181
1942			22 600	1972		10 642	45 192
1943			?	1973	2750	11 400	43 284
1944			?	1974	2650	8 500	35 800
1945			43 556	1975	4340	10 100	24 352
1946			48 038	1976	5276	11 600	29 902
1947			53 798	1977	4440	8 924	29 858
1948			43 601	1978		10 782	34 500
1949			73 508	1979	0	10 325	26 979

Table 9 - Tableau démographique des germons pêchés par les ligneurs franco-espagnols en nombre.

ANNEE	1 AN	2 ANS	3 ANS	4 ANS	5 ANS
1957	1 240 282	4 406 265	881 253		
1958	1 051 771	4 627 794	1 332 244		
1959	441 220	3 333 666	1 447 309		
1960	700 448	3 393 449	910 582		
1961	710 397	2 525 858	710 397		
1962	486 402	3 296 724	1 567 295		
1963	990 514	2 476 285	1 485 771		
1964	736 221	3 567 841	1 359 178		
1965	603 158	2 865 002	1 357 106		
1966	578 334	3 614 587	626 528		
1967	970 105	4 527 159	970 105		
1968	800 100	2 766 750	1 055 250	21 000	
1969	171 000	2 428 200	555 300	36 000	
1970	749 700	1 367 100	686 980	35 280	
1971	763 600	3 406 300	368 000	27 600	
1972	816 000	2 396 000	1 033 000	207 000	4 000
1973	145 000	1 880 000	1 063 000	116 000	
1974	87 000	1 497 000	1 515 000	119 000	1 000
1975	188 000	551 000	599 000	97 000	6 500
1976	327 881	1 742 416	294 602	168 156	
1977	297 000	2 125 100	692 400	274 600	
1978	1 057 121	2 492 100	787 015	148 700	4 439
1979	527 640	2 856 000	823 760	33 180	3 290

Table 10 - Tableau démographique des germes pêchés par les appâts vivants Franco-Espagnols en nombre (Pêcherie migratoire).

ANNEE	1 AN	2 ANS	3 ANS	4 ANS	5 ANS	6 ANS
1957	75 612	871 077	820 069	167 475		
1958	205 699	1 578 662	921 160	303 569		
1959	224 197	1 677 769	915 641	195 831		
1960	217 823	1 213 299	1 103 076	161 124		
1961	207 733	1 880 771	1 063 616	282 076		
1962	157 282	1 844 250	1 019 999	285 755		
1963	40 409	1 528 848	1 643 504	176 448		
1964	86 273	2 070 737	1 136 090	202 984		
1965	2 498 021	956 870	830 406	31 666		
1966	120 247	1 776 390	700 905	145 370		
1967	603 373	1 717 687	896 719	189 808		
1968	312 080	1 794 773	575 576	132 117	51	
1969	283 425	1 774 155	541 536	163 849	300	
1970	1 771 011	1 076 636	474 184	126 555	3 992	
1971	139 860	2 111 220	473 122	278 832	538	
1972	37 477	418 632	347 263	153 902	16 692	5 302
1973	51 393	374 189	462 059	230 312	7 189	
1974	36 750	367 221	831 958	156 151	8 798	
1975	174 357	347 543	526 617	155 619	33 423	2 365
1976	329 777	590 634	406 869	516 243	75 890	50
1977	123 400	418 000	672 100	281 600		
1978	1 316 844	384 980	442 737	252 366	50 843	1 200
1979	323 519	721 699	927 974	123 172	8 678	5 333

TABLE 11 :

Table démographique des captures palangrières sur le stock

année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ	année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1956					0.00 0.02 0.02	0.00 0.01 0.01					0.1	1965	11.34 2.64 1.13 9.54	18.25 6.34 12.28 13.06	24.36 23.68 31.28 11.69	25.34 81.77 36.37 14.18	17.04 109.05 37.7 9.6	9.91 45.95 15.17 5.84	2.41 16.89 5.41 1.42	6.28 3.72 1.18 0.14	0.09 0.37 0.09 0.05	0.21 0.28 0.08 0.03	558.7
1957		0.00 0.00 0.01 0.06	0.00 0.00 0.14 0.11	0.00 0.04 0.8 0.4	0.00 0.07 0.60 0.5	0.00 0.03 0.60 0.37	0.00 0.01 0.22 0.09	0.00 0.00 0.05 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00	5.	1966	1.27 0.07 0.81 22.65	2.28 0.98 1.72 21.27	4.35 15.67 16.24 23.49	7.18 44.14 18.14 19.57	5.95 45.05 19.20 9.12	3.99 18.00 11.54 4.05	0.97 6.56 2.77 1.02	0.09 1.56 0.60 0.14	0.04 0.20 0.04 0.02	0.05 0.13 0.04 0.04	421.5
1958		0.00 0.03 0.05 0.1	0.03 0.35 14.59 1.76	0.14 1.93 10.00 8.23	0.14 3.29 9.39 8.20	0.1 1.43 2.95 6.05	0.03 0.53 0.91 1.45	0.00 0.12 0.19 0.1	0.00 0.00 0.01 0.05	0.00 0.00 0.01 0.00	47.2	1967	0.27 0.00 0.5 7.32	6.96 0.51 1.20 9.67	18.58 8.72 27.99 8.11	16.69 43.89 28.97 12.24	9.54 31.14 28.88 9.04	5.06 12.74 11.98 5.91	1.30 4.67 4.13 1.44	0.27 1.08 0.89 0.12	0.08 0.13 0.06 0.04	0.49 0.09 0.05 0.00	268.5
1959		0.03 0.05 0.03 0.12	0.51 0.57 17.15 2.11	2.37 3.20 11.27 9.85	2.36 5.45 5.76 9.82	1.74 2.37 1.46 7.24	0.42 0.88 0.54 1.74	0.03 0.19 0.18 0.12	0.02 0.01 0.01 0.06	0.00 0.01 0.01 0.00	59.1	1968	3.21 1.14 2.80 3.93	6.87 2.51 5.66 5.81	17.05 6.46 21.07 6.70	18.84 24.58 39.96 12.47	12.03 36.07 49.77 10.73	10.57 15.44 20.84 8.35	1.50 4.90 7.74 1.23	0.30 1.26 1.67 0.13	0.10 0.11 0.11 0.58	0.47 0.78 0.11 0.00	349.
1960		0.01 0.03 0.07 0.1	0.18 0.35 12.93 1.74	0.84 1.96 14.15 8.09	0.84 3.37 8.50 8.07	0.62 1.46 3.60 5.95	0.15 0.54 1.11 1.43	0.01 0.12 0.24 0.10	0.00 0.01 0.01 0.05	0.00 0.01 0.01 0.05	52.2	1969	0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 0.76 6.37 0.00	16.88 0.76 35.64 7.17	38.4 10.93 17.37 20.2	1.07 63.89 32.08 6.26	0.2 27.08 25.35 1.10	0.00 9.75 11.42 0.07	1.56 2.12 0.00 0.00	0.38 0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00	307
1961		0.01 0.01 0.03 0.03	0.17 0.35 18.47 0.44	0.81 0.65 11.61 2.04	0.80 1.11 5.18 2.03	0.59 0.48 1.72 1.50	0.14 0.18 0.42 0.36	0.01 0.04 0.09 0.03	0.01 0.00 0.01 0.01	0.00 0.00 0.01 0.01	17.6	1970	0.00 0.00 0.00 0.00	0.00 1.56 3.73 0.00	25.17 1.59 18.54 74.63	49.52 19.13 12.33 171.95	1.75 59.74 59.24 8.58	0.31 31.07 49.24 1.59	0.03 9.36 21.99 0.12	0.00 1.25 4.05 0.00	0.00 0.79 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00	626
1962		0.00 0.16 0.93 0.09	0.05 1.75 28.66 0.69	0.24 9.73 69.35 2.58	0.24 10.60 102.10 2.54	0.18 7.21 49.24 18.5	0.04 2.68 16.04 0.44	0.00 0.58 3.49 0.03	0.00 0.04 0.24 0.06	0.00 0.04 0.24 0.00	281.	1971	0.00 0.00 0.00 0.00	6.45 5.09 6.44 4.33	61.80 32.85 52.84 32.87	83.79 40.63 64.98 39.34	38.07 24.44 34.31 36.61	26.27 12.11 0.72 1.76	16.1 11.37 3.05 0.46	1.85 0.92 0.27 0.46	1.85 0.00 0.92 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00	573
1963		0.01 1.33 0.90 0.11	0.09 15.00 31.00 1.90	0.40 83.67 66.72 8.87	0.40 142.63 76.16 8.84	0.30 61.98 31.56 6.52	0.07 22.99 11.28 1.57	0.01 5.00 2.52 0.11	0.00 0.33 0.23 0.66	0.00 0.33 0.18 0.00	545.	1972	0.00 0.00 0.00 0.00	68.5 4.12 0.75 4.94	18.66 14.83 19.39 19.18	45.19 2.77 53.40 14.38	54.64 11.57 19.86 6.45	21.28 9.81 8.39 1.42	13.04 9.21 2.47 0.37	1.50 0.75 0.22 0.37	1.5 0.00 0.75 0.00	0.00 0.00 0.00 0.00	418
1964		0.00 0.00 0.00 13.15	0.17 2.21 0.96 19.85	1.70 21.67 36.40 21.42	1.74 96.66 101.61 21.16	4.80 63.24 69.58 7.91	1.16 23.39 23.55 1.90	0.09 5.16 5.16 0.19	0.04 0.41 0.38 0.06	0.01 0.36 0.35 0.03	241.	1973	0.00 0.00 0.00 0.00	34.56 0.00 0.00 10.37	110.67 10.24 12.39 78.98	60.36 22.66 50.84 119.48	66.43 22.66 12.95 63.22	32.52 11.67 8.94 23.86	16.31 4.25 2.96 3.69	3.56 1.63 1.07 4.35	0.39 0.34 0.80 0.00	0.59 0.64 0.55 4.08	810

TABLE 11

(suite)

âge année	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Σ
1974	0.37	5.17	42.75	43.64	24.24	9.79	8.81	6.38	1.41	1.49	672
	0.09	5.42	17.84	34.47	42.85	28.92	8.07	2.93	0.67	0.12	
	0.12	2.15	48.76	34.43	56.67	56.19	23.15	6.84	2.15	1.17	
	0.00	29.4	54.68	68.95	46.80	7.01	1.97	0.58	0.41	0.79	
1975	0.00	7.28	86.80	80.30	9.70	7.70	7.70	.70	1.1		781
	0.50	5.96	33.40	43.32	42.64	28.70	10.00	3.40	1.10	0.8	
	0.00	1.38	4.56	5.68	26.20	38.40	16.60	8.50	2.24	1.6	
	0.00	20.06	25.90	22.7	64.80	72.20	14.10	10.40	.75	0.	
1976	4.9	62.2	196.7	157.4	44.3	13.80	6.10	5.50			1225.06
	1.8	14.8	35.1	51.0	39.76	16.00	5.2	6.50			
	2.1	7.2	17.2	31.2	34.20	15.30	6.1	.40			
	19.5	58.9	105.2	178.5	67.30	13.10	6.9	.90			

TABLE 12

CAPTURES EN NOMBRE ET AGE DE LA ZONE CANARIES ACORES MADEIRA
PAR LA FLOTTILLE APPAT VIVANT ESPAGNOLE

année	âge									TONNAGE REPRESENTÉ	OBSERVATIONS	
	2	3	4	5	6	3	8	9				
1973	1			-	-						1300	CANARIES
	2			19.0	10.0							
	3			-	-							
	4			37.0	15.0							
1974	1		1.	12.7	42.2	24.5	15.8				3742	CANARIES + ACORES
	2		-	-	-	-	-					
	3		-	-	-	-	-					
	4		6.9	20.0	22.0	20.5	7.9	2.0				
1975	1	-	-	.9	1.6	5.2	1.2	.7			9032	CANARIES + ACORES
	2	10.0	14.9	3.6	.4	-	-	-				
	3			-	-	-	-	-				
	4			7.	45.5	86.3	95.5	31.8	2.5			
1976	1		.4	1.	3.5	2.1	.9	.2	.3		6331	CANARIES + ACORES
	2		-	-	2.2	6.4	1.6	-	-			
	3		-	-	.4	1.0	.2	-	-			
	4		-	40.6	84.8	71.0	40.0	20.0	1.6			
1977	1			-	-	-	-	-	-		4644	ACORES seulement
	2			-	-	-	-	-	-			
	3			-	-	-	-	-	-			
	4			1.1	70.2	27.8	25.2	5.9	1.5			
1978	1			-							450	ACORES seulement
	2			-								
	3			-								
	4			34.0								

COHORTE	1			2			3			4			5			6			7			8			9										
1955	816.6	0	0	0	5277.3	0	0	0	2253.5	.1	.5	.6	213.	7.1	.8	2.0	14.0	0.1	.8	1.11	2.6	2.0	.2	7.2	43.2	10.5	.1	23.0	11.3	1.5	.1	5.1	5.1	.2	
1960	1315.9	0	0	0	6206.5	0	0	.1	2363.	.1	.8	.3	180.0	1.7	.0	.6	11.5	2.0	.2	10.6	99.5	2.5	.3	62.0	30.6	6.5	1.2	23.7	23.5	1.9	.3	3.5	1.2	.1	
1957	1257.5	0	0	0	5011.4	0	0	0	2014.4	.1	.2	.3	300.0	.4	.7	9.7	68.4	2.6	.0	142.6	72.2	8.9	4.0	63.2	63.6	7.9	2.4	16.9	5.4	1.4	.3	1.6	.6	.1	
1956	1655.4	0	0	0	6608.7	0	0	0	1774.3	0	.1	1.7	314.5	.7	.4	81.7	66.7	8.9	6.5	147.6	149.5	14.2	9.9	46.0	15.8	5.8	1.0	6.6	2.8	1.0	.3	1.1	.9	.1	
1958	918.2	0	0	0	4406.6	0	0	.2	2588.2	.1	.1	15.0	217.4	1.9	1.7	96.7	101.6	21.2	17.0	209.1	17.7	9.6	4.0	18.0	7.9	4.0	1.3	4.7	4.1	1.4	.3	1.3	1.7	.1	
1960	918.1	0	0	0	5140.5	0	0	1.3	3130.2	.1	1.7	21.7	239.4	21.4	25.3	81.8	36.4	14.7	5.9	45.1	8.2	9.1	5.1	12.7	12.0	5.9	1.5	4.9	7.7	1.2	1.6	2.1	0.	0.	
1961	643.7	0	0	0	5096.7	0	.2	7.2	496.7	19.8	24.4	23.7	62.9	11.7	7.2	44.1	18.1	19.6	9.5	31.1	25.9	9.0	10.6	15.4	20.8	8.4	0.	9.7	11.4	.1	0.	1.2	4.0	0.	
1962	1030.1	0	0	0	5638.6	13.1	18.3	6.3	2199.8	13.1	6.3	15.7	175.6	73.5	36.7	43.9	29.0	12.2	12.0	36.1	49.8	10.7	.2	27.1	25.3	1.1	.0	9.4	22.0	.1	1.9	.9	.3	4.0	
1963	822.5	0.6	11.3	2.7	3873.0	2.5	2.3	1.7	1329.2	21.3	18.7	8.7	217.8	8.1	18.8	24.6	37.0	12.5	1.1	62.9	32.1	6.3	.3	21.1	49.5	1.6	16.1	11.4	3.0	.5	1.5	.8	.2	.4	
1964	3101.2	.4	1.3	.1	5391.8	22.7	7.0	.5	3868.0	9.7	17.1	6.5	180.0	6.7	38.4	10.8	17.4	20.2	1.8	59.7	58.2	8.6	26.3	12.1	.7	1.0	13.0	3.2	2.5	.4	3.6	1.6	1.1	4.3	
1965	698.6	.9	.3	0	6246.3	7.3	6.9	2.5	2632.0	5.2	15.9	.8	210.0	7.2	49.5	19.1	12.3	171.9	38.1	24.4	34.0	36.6	21.3	9.8	8.4	1.4	16.3	4.2	3.0	3.7	6.4	2.9	4.0	.6	
1966	1573.5	0.3	3.2	1.1	4564.3	3.9	0	.8	3103.0	0	25.2	1.6	150.0	74.6	83.8	40.6	64.0	35.4	54.7	11.6	25.0	6.4	35.3	11.7	8.1	23.8	7.8	8.1	23.1	4.0	7.7	3.4	8.5	12.5	
1967	1112.2	.2	0	0	4202.4	0	0	1.8	1165.0	0	61.6	32.9	340.0	32.9	45.2	2.8	70.0	14.4	66.4	22.7	12.9	63.2	26.0	28.9	67.3	14.9	14.3	10.0	16.6	45.9	5.8	6.5	.4	2.5	
1968	654.4	0	0	0	2443.7	0	6.4	5.1	847.5	4.3	18.7	14.8	170.0	19.2	70.4	22.7	59.1	125.0	48.7	42.8	55.7	47.5	10.9	28.7	38.3	167.7	6.3	5.2	6.1	26.9				1.5	
1969	2520.7	0	0	0	5517.5	0	68.5	4.1	381.0	4.9	129.7	10.2	358.3	98.0	85.8	34.5	44.2	90.9	48.2	42.6	78.6	151.1	14.7	17.6	16.5	53.8				5.9					
1970	501.5	0	0	0	2814.6	0	34.6	0	525.1	10.4	55.5	17.8	323.9	74.7	81.9	47.0	39.0	68.7	65.0	46.2	35.2	138.3													
1971	853.5	0	0	0	2254.2	0	6.2	5.4	349.1	36.3	87.7	37.0	257.1	32.9	168.8	57.8	107.4	263.0																	
1972	196.4	0	.4	.1	1864.3	0	7.3	50.9	125.8	20.6	197.7	35.1	701.6	145.8				702.0																	
1973	123.8	0	0	10.	898.5	0	62.2	04.8	708.7	58.9			556.2	.1				54.6																	
1974	312.3	0	4.9	1.8	2335.1	19.5			364.5				390.0																						
1975	657.7	0			2543.1				229.7																										
1976	420.5				2877.1																														
1977	2373.7																																		
1978																																			
1979																																			

322

Table 13 - Table démographique par cohortes des captures totales de germon Nord Atlantique 1955-1978.

Quinzaine \ Année	Année											
	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
I/6	1.024	1.745	1.238	-	-	-	1.103	1.300	1.312	1.267	1.120	1.819
II/6	1.036	1.402	1.002	1.121	1.328	1.120	1.005	1.660	1.966	1.637	1.073	1.197
I/7	1.130	1.545	1.384	1.204	1.282	1.178	1.107	1.310	1.198	1.294	0.844	1.257
II/7	1.180	1.429	1.198	1.182	1.116	1.368	1.072	1.320	1.107	1.256	1.017	1.158
I/8	1.027	0.898	1.063	1.108	1.082	1.332	1.147	1.100	1.156	1.163	1.158	1.162
II/8	1.060	1.038	1.074	1.090	0.961	1.143	1.270	1.331	1.245	1.052	1.053	1.033
I/9	1.170	1.246	1.274	1.456	1.100	1.377	1.025	1.260	0.989	1.080	0.951	1.219
II/9	1.100	1.132	1.032	1.063	1.074	1.119	1.149	1.063	1.068	0.990	1.239	1.281

Table 14a - Indice de concentration global des thoniers ligneurs français.

Quinzaine \ Année	Année			
	1967	1968	1969	1970
I/7	1.051	0.915	1.419	1.413
II/7	1.453	1.353	.931	1.023
I/8	1.583	0.740	1.460	1.132
II/8	1.464	1.343	1.558	1.240
I/9	1.407	1.109	1.012	1.104
II/9	0.894	1.211	0.815	1.135

Table 14b - Indice de concentration global des thoniers canneurs français.

		Année										
		1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
A) BONITES	I/6	0.895					0.662	1.289	1.013	0.781	.805	-
	II/6	1.064	0.916	1.391	0.386	0.972	1.283	1.160	1.602	1.156	.875	.908
	I/7	0.889	1.343	0.814	1.251	0.981	0.699	0.809	1.139	1.294	.750	.884
	II/7	1.204	1.061	1.578	0.633	1.273	0.771	1.103	0.894	1.296	1.014	1.146
	I/8	0.825	0.435	0.789	0.562	0.902	0.660	0.761	0.969	1.163	1.423	0.822
	II/8	0.872	1.249	0.774	0.529	1.093	1.428	1.660	0.678	1.052	1.082	1.364
	I/9	0.974	1.057	1.656	0.446	1.427	-	1.586	0.722	1.080	0.883	1.338
	II/9	1.310	0.799	1.174	0.987	1.110	0.671	0.939	0.837	0.990	1.383	1.087
	B) DEMIS	I/6	0.857	1.358				1.084	1.215	1.026	1.306	1.362
II/6		1.120	0.997	1.228	1.249	0.950	1.046	1.095	0.969	1.373	1.534	1.569
I/7		1.308	1.292	1.358	1.282	1.178	1.143	1.420	1.026	1.178	1.248	1.396
II/7		1.480	1.215	1.135	1.124	1.393	1.079	0.970	0.908	1.118	1.215	1.320
I/8		0.950	1.184	1.127	1.137	1.542	1.055	1.179	1.032	1.095	1.401	1.232
II/8		0.877	1.238	1.342	1.139	1.130	1.339	1.305	0.922	1.105	1.486	1.359
I/9		1.540	1.040	0.752	1.402	1.233	0.986	1.330	1.109	1.359	1.466	1.649
II/9		1.411	1.792	1.527	1.119	1.015	1.315	1.922	1.162	1.077	1.519	1.490
C) GROS	I/6	1.040	1.642	-	-	-	0.797	1.195	1.167	1.193	.799	-
	II/6	1.250	1.076	0.837	1.502	1.411	1.180	1.717	1.255	1.266	1.132	0.372
	I/7	1.203	1.162	1.173	1.362	1.028	1.008	1.176	1.387	1.039	.983	1.389
	II/7	1.200	1.499	1.030	0.963	0.998	1.228	1.283	1.271	1.272	.895	1.469
	I/8	0.900	0.638	1.457	1.430	0.785	0.997	0.775	1.196	1.114	1.094	0.768
	II/8	0.780	1.210	1.326	0.623	1.119	1.004	1.206	1.330	1.251	1.184	0.694
	I/9	1.212	1.727	0.951	0.722	1.397	0.913	0.853	1.047	1.404	1.162	0.975
	II/9	1.233	0.960	1.272	1.063	2.124	1.401	1.121	1.469	1.357	.846	2.105

Table: 15 - Indice de concentration par classes d'âge des ligneurs français.

Années	Totalité Stock Nord	Adultes	Préadultes
1956	1.09	0.92	
1957	5.66	4.78	
1958	3.57	3.02	
1959	2.61	2.21	
1960	2.81	2.37	
1961	2.13	1.79	3.01
1962	1.82	1.54	1.36
1963	2.03	1.74	7.59
1964	1.67	1.38	3.17
1965	1.42	1.14	2.21
1966	1.68	1.16	2.86
1967	1.79	1.37	2.79
1968	1.87	1.52	2.72
1969	1.56	1.14	2.57
1970	1.51	1.34	2.00
1971	1.33	0.93	2.01
1972	1.25	0.90	1.80
1973	1.32	1.02	1.88
1974	1.36	1.06	1.99
1975	1.36	0.80	2.19
1976	1.53	1.40	2.07
1977	0.90	0.71	1.42

TABLE 16 - Captures en nombre de germans par 100 hameçons effectifs (cpue) des palangriers asiatiques ayant opéré sur le stock Nord Atlantique. (D'après SHIOHAMA, 1980).

	RELATION ECONDITE - POIDS DES GERMONS FEMELLES (en 10 ⁶) (en kg)								AUTEURS	LIEU
W	24.0	22.8	18.1	23.1	20.2	22.4	21.8	23	SIMMONS (comm. pers.)	Océan Atlantique
Fec	1.8	2.8	2.6	2.7	2.2	2.3	2.2	0.8		
W	16.3	17.7	18.6	21.3	24.5	25.8	27.2		OTSU et UCHIDA (1959)	Océan Nord Pacifique
Fec	.9	1.3	.9	1.1	1.6	1.6	1.8			
W	28.1	22.6	24.0							
Fec	1.0	2.1	1.8							
W	2.26	2.4							UEYANAGI	Océan Indien
Fec	2.1	1.85								
W	19.8	19.8							INOUE (1957)	Océan Sud Pacifique
Fec	0.9	0.8								

TABLE 17 - Données sur la fécondité absolue du germon pour une ponte.

A N N E X E 1ECHANTILLONNAGE DES DEBARQUEMENTS DES THONIER FRANCAIS
PAR UTILISATION DES APPELLATIONS COMMERCIALES

Le problème d'un échantillonnage des captures des thoniers canneurs et ligneurs n'a été résolu qu'après une période de tâtonnements et la stratégie suivante a été retenue. Elle tire parti du fait que l'on passe facilement des classes de tailles aux classes d'âges lors de l'examen de captures.

Chaque thonier ligneur ramène de 2000 à 4000 germons à l'issue d'une marée de 30 jours. Un thonier canneur en ramène de 1000 à 5000 lors de marées de durée plus variables. Il nous faut déterminer avec une erreur relative de k la composition en âge de ces germons. Donc retenir une taille minimale d'échantillon.

Si l'on ne s'intéresse qu'aux tailles (ou poids individuels) retenus comme la caractéristique, la solution classique consiste à s'intéresser à la taille (ou poids) moyenne qui sera déterminée avec la précision k au prix de mesures sur un échantillon de n poissons. Cependant la taille ou le poids moyen ne sont pas des statistiques très utilisables.

LE GUEN (1971) a cherché à résoudre ce problème par des essais de réduction successives du nombre de poissons prélevés, comparant les distributions de taille obtenues au hasard lors de chaque épreuve à la distribution totale des poissons d'un chalutier mesurée auparavant. L'adéquation des échantillons successifs à la population origine est mesurée par un test du χ^2 appliqué aux fréquences des classes d'âge calculées à partir de la distribution totale. On peut objecter que la méthode permettrait de retenir pour un effectif bas, des échantillons qui bien que satisfaisant à l'hypothèse nulle ne représenteront que médiocrement la population d'origine. Ainsi pour un échantillon de 500 poissons (*Pseudotolithus elongatus*) comparé à une population origine de 7060 poissons, les effectifs des classes d'âge déterminées ne s'écartaient que de très peu des effectifs déterminés sur la distribution totale. L'erreur commise aurait été effectivement inacceptable avec un échantillon de 100 poissons, bien que les tests de χ^2 aient donné des résultats satisfaisants (LE GUEN, comm. pers.).

Dans le cas qui nous intéresse nous savons qu'il existe dans la population considérée quatre classes d'âge correspondant à des classes commerciales. Axiomatiquement nous considérons que la taille d'échantillon minimale est celle qui fournira avec l'erreur relative k , la fréquence relative de la classe la plus faiblement représentée dans les pêches des thoniers français.

On considère donc la probabilité théorique P_i de cette classe dont la fréquence observée est f_i . La caractéristique de la classe i est donc définie et la probabilité P_i suit une loi binomiale à tirage exhaustif. On procédera donc à une correction pour population finie. Soit N la population, n l'échantillon désiré, P_i la probabilité théorique de la classe, k la précision relative. f_i est alors un estimateur de P_i et la variance de cet estimateur est

$$\sigma_{f_i}^2 = \frac{P_i (1 - P_i)}{n} \frac{N - n}{N - 1}$$

Si n est grand, $\frac{f_i - P_i}{\sigma_{f_i}}$ suit une loi de STUDENT. Soit t_α la valeur du t de STUDENT telle que

$$\text{Probabilité } (|f_i - P_i| \leq t_\alpha \sigma_{f_i}) = 1 - \alpha$$

$$\text{d'où } t_\alpha \sigma_{f_i} \leq k P_i$$

$$\text{et } n \geq \frac{N}{1 + (N-1) \frac{k^2 P_i}{t_\alpha^2 (1-P_i)}}$$

avec α , seuil de probabilité de rejet de l'hypothèse nulle. n est donc l'effectif minimum souhaité.

L'application aux ligneurs conduit à rechercher les effectifs n en fonction de la classe choisie.

D'après nos résultats préliminaires, par classe d'âge les proportions observées donc assimilables à P_i sont de :

Bonites	0.05 à 0.35
Demis	0.30 à 0.80
Gros	0.10 à 0.30
Très gros	0.02 à 0.01

Il est démontré par la suite que les gros et les demis sont essentiellement les classes intéressantes. Les bonites sont par ailleurs très bien décomptées par les patrons pour des raisons traditionnelles.

L'application de la formule précédente pour un K de 0.2 mène à des effectifs prohibitifs pour les très gros qu'il est plus simple de décompter directement (sur 3.000 poissons cela ne fait que 30 à 60 poissons).

Reste comme classe la moins représentée les gros. On peut alors calculer n pour $P_i = 0.1$ d'où les valeurs de n pour $K = 0.2$. ($\alpha = 0.05$).

N	4.000	3.000	2.000
n	778	692	620

Ce qui mène de 1 poisson sur 10 à 1 poisson sur 3. Pratiquement 1 poisson sur 5 est relativement facile à respecter en fonction des conditions de déchargement, et dans le doute on la choisira. Il apparaît que n tombe très vite en fonction de K et donc pour les petites cargaisons le respect de la règle du cinquième ne conduit qu'à une croissance faible de l'erreur relative inférieure dans tous les cas à 0.3. Pour les grandes cargaisons on peut faire tomber le taux à 1/10. Dans bien des cas le patron a "une idée" de sa proportion de gros. Elle peut servir à améliorer les conditions d'échantillonnage.

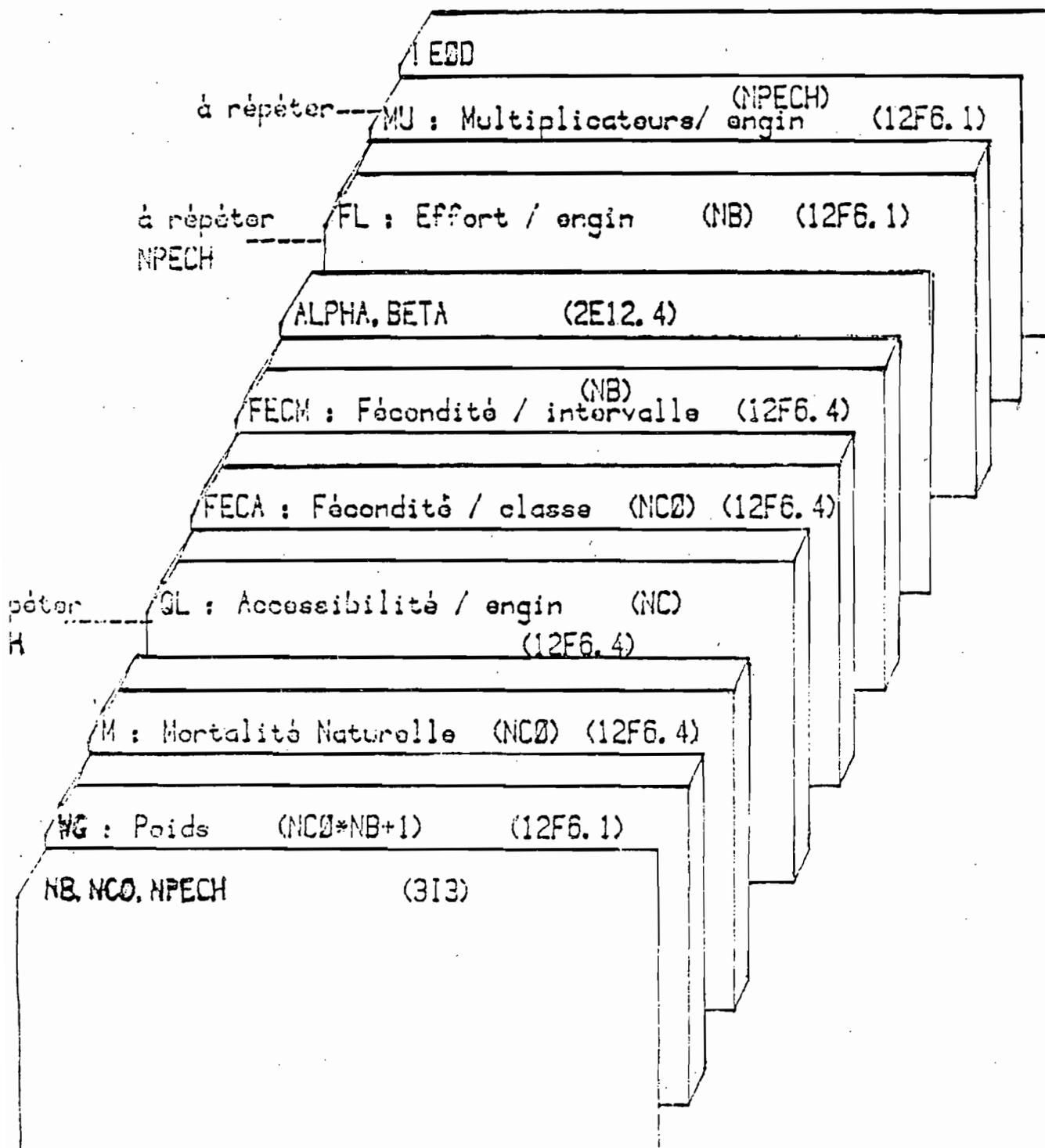
De plus, à l'expérience entre 1969 et 1975, nous avons constaté et admis que les cargaisons des thoniers opérant généralement groupés présentaient peu de variance à l'intérieur de strates temporelles de l'ordre d'une quinzaine. Cette simple constatation permet de se restreindre à environ un échantillonnage de thonier par semaine. Il n'est cependant pas exclu qu'un double échantillonnage simultané n'amène des gains. Cette voie pourrait être explorée.

Enfin comme déjà précisé, le décompte des patrons comparés au échantillonnages s'est révélé jusqu'à présent en bon accord, ce qui limite l'investissement que l'on doit accorder aux procédures d'échantillonnage au port.

Programme EQUIG

NB : Nombre d'intervalles / année
 NCØ : Nombre de cohortes NC = NB * NCØ
 NPECH : Nombre d'engins de poche
 ALPHA
 BETA : Coefficients permettant de calculer le recrutement

Le cas où les multiplicateurs sont égaux à 1 est implicite.



```

1.      REAL M(200),MU(5)
2.      DIMENSION WG(200),G(200),F(200)
3.      DIMENSION FECA(50),FECM(12)
4.      DIMENSION Q(5,200),FL(5,12),F[(5,12),FR(5,200),CR(5,12)
5.      DIMENSION CT(12),GI(5),D(5),DP(5),CPUE(5)
6.      DIMENSION TR(5),FO(14)
7.      DATA TR/20H(1H ,36(1H-),12(   ),
8.      LEC=105 ; IMP=108.
9.
10.     C
11.     C LECTURE DE LA CARTE OPTION
12.     C *****
13.     READ (LEC,1) NB,NCO,NPECH
14.     DEL=1./FLOAT(NB)
15.     WRITE (IMP,2) NB,NCO,NPECH
16.     DO 150 I=1,3
17.     150 FO(I)=TR(I)
18.     K=4
19.     DO 160 I=1,NPECH
20.     FO(K)=TR(4)
21.     FO(K+1)=TR(3)
22.     K=K+2
23.     160 CONTINUE
24.     FO(K)=TR(5)
25.
26.     C
27.     C LECTURE DES POIDS
28.     C *****
29.     NC=NB*NCO
30.     READ(LEC,5) (WG(I),I=1,NC+1)
31.     WRITE (IMP,13)
32.     WRITE (IMP,12) (WG(I),I=1,NC+1)
33.
34.     C
35.     DO 110 I=1,NC
36.     110 G(I)=ALOG(WG(I+1)/WG(I))*NB
37.     WRITE (IMP,14)
38.     WRITE (IMP,12) (G(I),I=1,NC)
39.
40.     C
41.     C LECTURE DES AUTRES DONNEES
42.     C *****
43.     READ(LEC,8) (M(I),I=1,NCO)
44.     WRITE (IMP,15)
45.     WRITE (IMP,12) (M(I),I=1,NCO)
46.
47.     C
48.     DO 50 K=1,NPECH
49.     READ (LEC,8) (Q(K,I),I=1,NC)
50.     WRITE (IMP,16) K
51.     WRITE (IMP,12) (Q(K,I),I=1,NC)
52.     50 CONTINUE
53.
54.     C
55.     C LECTURE DES CARACTERISTIQUES DE FECONOITE
56.     C *****
57.     203 READ (LEC,8) (FECA(I),I=1,NCO)
58.     WRITE (IMP,18)
59.     WRITE (IMP,12) (FECA(I),I=1,NCO)
60.
61.     C
62.     READ (LEC,8) (FECM(I),I=1,NB)
63.     WRITE (IMP,19)
64.     WRITE (IMP,12) (FECM(I),I=1,NB)
65.
66.     C
67.     205 READ (LEC,20) ALPHA,BETA
68.     WRITE (IMP,21) ALPHA,BETA
69.
70.     C
71.     C DETERMINATION DES EFFORTS DE PECHE DANS LA SITUATION DE REFERENCE
72.     C *****
73.     300 DO 55 K=1,NPECH
74.     READ (LEC,5) (FL(K,IS),IS=1,NB)
75.     MU(K)=1.
76.     55 CONTINUE
77.
78.     C
79.     3510 DO 100 IS=1,NB
80.     DO 60 K=1,NPECH
81.     F[(K,IS)]=FL(K,IS)*MU(K)
82.     60 CONTINUE
83.     100 CONTINUE
84.
85.     C
86.     WRITE (IMP,10)
87.     DO 70 K=1,NPECH
88.     WRITE (IMP,22) K,(F[(K,IS),IS=1,NB)
89.     70 CONTINUE
90.
91.     C
92.     3500 IJ=0
93.     DO 3600 ICD=1,NCO
94.     DO 3600 IM=1,NB
95.     IJ=IJ+1
96.     F(IJ)=0.
97.     DO 75 K=1,NPECH
98.     GI(K)=F[(K,IM)*Q(K,IJ)
99.     F(IJ)=F(IJ)+GI(K)
100.    75 CONTINUE
101.    FX=F(IJ)
102.    IF (FX.EQ.0.) GO TO 3601
103.    DO 80 K=1,NPECH
104.    FR(K,IJ)=GI(K)/FX
105.    80 CONTINUE
106.    GO TO 3600
107.    3601 DO 85 K=1,NPECH
108.    FR(K,IJ)=0.

```

```

101.      85 CONTINUE
102.    3600 CONTINUE
103.      C=0.
104.      DO 90 K=1,NPECH
105.        D(K)=0.
106.      90 CONTINUE
107.      DO 3700 ID=1,NB
108.        DO 95 K=1,NPECH
109.          CR(K,ID)=0.
110.      95 CONTINUE
111.    3700 CT(ID)=0.
112.      W=WG(1) ; FECC=0.
113.
114.    C BOUCLE SUR LES COHORTES
115.    C *****
116.    C
117.      I=1
118.      DO 4000 IAN=1,NCO
119.
120.    C BOUCLE SUR LES INTERVALLES
121.    C *****
122.      DO 1000 ID=1,NB
123.
124.    C DETERMINATION DES PRISES ET DE LA FECONDITE
125.    C *****
126.    C
127.      CALL PRISE\CP,G(I),F(I),M(IAN),DEL,W,FECA(IAN),FECM(ID),FECC)
128.      DO 120 K=1,NPECH
129.        DP(K)=CP*FR(K,I)
130.        D(K)=D(K)+DP(K)
131.        CR(K,ID)=CR(K,ID)+OP(K)
132.      120 CONTINUE
133.      C=C+CP
134.      CT(ID)=CT(ID)+CP
135.      I=I+1
136.    1000 CONTINUE
137.    4000 CONTINUE
138.
139.    C SORTIE DES RESULTATS,RECRUE
140.    C *****
141.      WRITE (IMP,23)
142.      WRITE (IMP,17) (K,K=1,NPECH)
143.      WRITE (IMP,FO)
144.      DO 1500 ID=1,NB
145.        DO 130 K=1,NPECH
146.          FT=F(I,K,ID)
147.          IF (FT.EQ.0.) CPUE(K)=0. ; GO TO 130
148.          CPUE(K)=CR(K,ID)/FT
149.      130 CONTINUE
150.      WRITE (IMP,11) ID,CT(ID),(CR(K,ID),K=1,NPECH)
151.      WRITE (IMP,6) (CPUE(K),K=1,NPECH)
152.      WRITE (IMP,FO)
153.    1500 CONTINUE
154.      WRITE (IMP,FO)
155.      WRITE (IMP,9) C,(D(K),K=1,NPECH)
156.      WRITE (IMP,FO)
157.      WRITE (IMP,3) FECC
158.
159.    C CALCUL DU RECRUTEMENT EQUILIBRE
160.    C *****
161.      RE=1./ALPHA-BETA/(ALPHA*FECC)
162.      WRITE (IMP,24)
163.      WRITE (IMP,4) RE
164.      WRITE (IMP,17) (K,K=1,NPECH)
165.      WRITE (IMP,FO)
166.
167.    C RESULTATS DEFINITIFS
168.    C *****
169.      DO 1600 ID=1,NB
170.        CT(ID)=CT(ID)*RE
171.        DO 135 K=1,NPECH
172.          CR(K,ID)=CR(K,ID)*RE
173.          FT=F(I,K,ID)
174.          IF (FT.EQ.0.) CPUE(K)=0. ; GO TO 135
175.          CPUE(K)=CR(K,ID)/FT
176.      135 CONTINUE
177.      WRITE (IMP,11) ID,CT(ID),(CR(K,ID),K=1,NPECH)
178.      WRITE (IMP,6) (CPUE(K),K=1,NPECH)
179.      WRITE (IMP,FO)
180.    1600 CONTINUE
181.      FECC=FECC*RE
182.      DO 140 K=1,NPECH
183.        D(K)=D(K)*RE
184.      140 CONTINUE
185.      C=C*RE
186.      WRITE (IMP,FO)
187.      WRITE (IMP,9) C,(D(K),K=1,NPECH)
188.      WRITE (IMP,FO)
189.      WRITE (IMP,25) FECC
190.
191.    C LECTURE DES MULTIPLICATEURS D'EFFORTS
192.    C *****
193.      READ (LEC,5,END=9999) (MU(K),K=1,NPECH)
194.      GO TO 3510
195.    9999 STOP
196.
197.    C
198.    C

```

```

201. C *****
202. C
203. C          FORMATS
204. C
205. C *****
206. C
207. C          1 FORMAT(3I3)
208. C          2 FORMAT(1H1,' NOMBRE D'INTERVALLES DANS L'ANNEE ',I3,/,
209. C            1 ' NOMBRE DE COHORTES ',I3,/,
210. C            2 ' NOMBRE D'ENGINS ',I3)
211. C          3 FORMAT(2(1H0/),10X,'FECC : ',E10.3)
212. C          4 FORMAT(1H0,10X,'RECRUTEMENT : ',E10.3)
213. C          5 FORMAT(12(F6.1))
214. C          6 FORMAT(12X,'> C P U E *',12X,'*',5(E10.3,' >'))
215. C          7 FORMAT(1H0,5X,'INTERVALLE ',I2)
216. C          8 FORMAT(12(F6.4))
217. C          9 FORMAT(4X,'TOTAL > CAPTURES *',E10.3,' *',5(E10.3,' >'))
218. C          10 FORMAT(1H1,10X,'EFFORTS DE PECHE')
219. C          11 FORMAT(5X,I2,5X,'> CAPTURES *',E10.3,' *',5(E10.3,' >'))
220. C          12 FORMAT(12F8.4)
221. C          13 FORMAT(1H0,10X,'POIDS')
222. C          14 FORMAT(1H0,10X,'CROISSANCE')
223. C          15 FORMAT(1H0,10X,'MORTALITE NATURELLE')
224. C          16 FORMAT(1H0,10X,'ENGIN NO : ',I2,10X,'ACCESSIBILITE')
225. C          17 FORMAT(2(1H0/),46X,'ENGIN',/,
226. C            1 ' INTERVALLE >',10X,'*',4X,'TOTAL *',5(5X,I1,5X,'>'))
227. C          18 FORMAT(1H0,10X,'FECONDITE / COHORTE')
228. C          19 FORMAT(1H0,10X,'FECONDITE / INTERVALLE')
229. C          20 FORMAT(2E12.4)
230. C          21 FORMAT(1H0,1X,'ALPHA = ',E12.4,5X,'BETA = ',E12.4)
231. C          22 FORMAT(1H0,10X,'ENGIN NO : ',I2,5X,I2(2X,F6.3))
232. C          23 FORMAT(5(1H0/),9X,'EN RAISONNANT PAR RECREE')
233. C          24 FORMAT(1H1,9X,'AVEC RECRUTEMENT EQUILIBRE CALCULE ')
234. C          25 FORMAT(3(1H0/),35X,'FECONDITE TOTALE ',E10.3)
235. C
236. C          END

```

```

1. C *****
2. C
3. C          SUBROUTINE PRISE(CP,G,F,FM,DEL,W,FECA,FECA,FECC)
4. C
5. C *****
6. C
7. C
8. C          EX=G-F-FM
9. C          A=EXP(EX*DEL)
10. C          ABEX=ABS(EX)
11. C          IF(ABEX-0.00001) 1,1,2
12. C
13. C          1 Y=DEL
14. C          GO TO 3
15. C
16. C          2 Y=(A-1)/EX
17. C
18. C          3 CP=W*F*Y
19. C          FECC=FECC+(FECA*FECA*W*Y)/DEL
20. C          W=W*A
21. C          RETURN
22. C          END

```