

"INCIDENCE DU BRUIT ACOUSTIQUE DE THONIERES LIGNEURS ET  
SENNEURS FRANCAIS SUR LEURS PERFORMANCES DE PECHE"

C. BERCY - B. BORDEAU - C. DEPOUTOT

RESUME

Les auteurs présentent quelques expertises acoustiques provenant de deux études réalisées par le G.E.R.B.A.M. :

. la première, sur 95 thoniers ligneurs pratiquant la pêche du germon (Thunnus alalunga),

. la seconde, sur 18 thoniers senneurs pratiquant la pêche du listao (Katsuwonus pelamis) et de l'albacore (Thunnus albacares).

La structure spectrale du bruit de chaque navire est analysée corrélativement à ses résultats de pêche et aux capacités auditives du poisson.

Des résultats significatifs mettent en évidence l'effet négatif de raies importantes dans la gamme 200-700 Hz (bande auditive des Thonidés), sur les performances de pêche.

Une étude statistique de la flottille germonière, basée sur l'analyse factorielle des caractéristiques des bateaux (âge, longueur, tonnage, puissance, type de coque, résultats de pêche) confirme ces résultats.

Ces premières mesures constituent une base de réflexion pour la réalisation de navires de pêche "peu bruyants" dans la gamme auditive des espèces qu'ils recherchent.

INTRODUCTION

Ces dix dernières années, le droit international en matière d'exploitation des ressources halieutiques a évolué dans le sens d'une forte augmentation des contraintes pour les professionnels de la pêche : mise en place de zones de pêche et de quotas, limitation des engins de capture...

Les Armements Français doivent donc faire face à des difficultés techniques et économiques croissantes.

La pêche thonière dans son ensemble, confrontée à une compétition internationale très vive, est plus particulièrement exposée. L'ajustement des charges et du chiffre d'affaires est de plus en plus difficile à réaliser. La rentabilité des armements est soumise :

- à la stagnation, voire la baisse des cours du thon sur le marché mondial,
- aux difficultés d'écoulement rencontrées par les conserveurs,
- au prix du carburant (1kg de thon équivaut à 0,85 l de fuel),
- à la diminution des stocks de thonidés.

Ainsi, la pêche germonière connaît un déclin important, le nombre d'unités passant de 480 en 1967 à 106 en 1983.

La grande pêche du thon tropical (30 unités) reste, cependant, un secteur dynamique, mais menacé.

Une intensification de la recherche appliquée dans ce domaine se justifie donc particulièrement.

## I - BRUIT A BORD DES NAVIRES DE PECHE ET PERCEPTION ACOUSTIQUE DES ESPECES

## 1.1. PARAMETRES INFLUANT SUR LES PERFORMANCES DE PECHE D'UN THONIER

De très nombreux facteurs jouent sur le rendement d'un thonier, et il serait vain de vouloir en dresser une liste exhaustive.

La pêche du germon est pratiquée en été dans l'Atlantique Nord par des thoniers ligneurs. Le thon est capturé en surface, au moyen de lignes traînantes (18 lignes par bateau au maximum). Cette technique de pêche est basée sur le comportement alimentaire du thon, et le bruit généré par le bateau, à priori et aux dires des pêcheurs, joue un rôle important sur le rendement.

On distingue trois groupes de facteurs influant sur le débarquement global du thonier (Fig 1.) :

- L'ensemble des caractéristiques du bateau (longueur, puissance, type de coque, tonnage...) conditionne directement l'efficacité du navire en présence du banc de thon -ou "puissance de pêche locale". Notons que des caractéristiques très fines, telles que ligne d'eau et sillage, interviennent également.

- La valeur de l'équipage (expérience du patron, habileté des marins pêcheurs...) joue sur la "puissance de pêche locale", mais surtout sur la "capacité stratégique", c'est-à-dire l'aptitude à repérer et se rendre au bon moment sur les zones de pêche les plus favorables.

- Enfin, les facteurs extérieurs, tels que les conditions climatiques et hydrologiques, la densité et l'accessibilité du poisson, conditionnent en partie le débarquement global.

Le bruit du bateau ne dépend que des caractéristiques du navire et agira donc sur le débarquement par l'intermédiaire de la "puissance de pêche locale".

La pêche à la senne est pratiquée toute l'année dans l'Atlantique tropical et, depuis peu, dans l'Océan Indien. La technique utilisée est beaucoup plus brutale : le banc de thons est encerclé rapidement dans un filet circulaire, la senne, qui couvre plusieurs hectares.

Les principaux facteurs d'échec sont :

- la fuite du banc lors de l'approche du bateau,
- la plongée en profondeur des thons pendant la manoeuvre d'encercllement du banc et le déploiement de la senne, qui dure une trentaine de minutes avant la fermeture totale du filet.

Les mêmes groupes de facteurs jouant sur le rendement, cités ci-avant, se retrouvent avec, en plus, quelques paramètres propres aux senneurs, comme les dimensions du filet, et l'utilisation ou non d'un hélicoptère de recherche.

D'autre part, au bruit généré par l'appareil propulsif du bateau, s'ajoute celui de puissants propulseurs d'étraves (300 CV) qui permettent de positionner le navire lors de la manoeuvre d'encercllement, et de "skiffs" (600 CV), embarcations annexes rapides.

## 1.2. CAPACITES AUDITIVES DES POISSONS

L'appareil auditif présente, chez les poissons, une variabilité macro et micro structurale considérable. Cependant, leur perception sonore dépend principalement de l'oreille interne, de la vessie natatoire et ses annexes, et du système latéral.

La détermination des seuils d'audition soulève des problèmes complexes [1]. Le plus important est sans doute celui posé par l'existence de deux grandeurs liées au phénomène sonore : la pression acoustique et la vitesse particulaire. Actuellement, des dispositifs sophistiqués permettent de contrôler ces deux grandeurs.

II - INCIDENCE DU BRUIT DES THONIERES LIGNEURS (GERMONIERS) SUR LEURS CAPTURES
--

### 2.1. HISTOGRAMMES DES CAPTURES EN FONCTION DU TYPE DE SPECTRE

Nous avons retenu, comme résultats de pêche, les débarquements globaux, en tonnes, des deux premières marées de juillet et août 1983.

A l'examen de l'histogramme des débarquements cumulés sur les deux marées (Fig 6.), on remarque un groupe de 9 bateaux ayant des résultats nettement plus élevés que le reste de la flottille, avec des débarquements cumulés supérieurs à 25 tonnes. Ces unités ont toutes un spectre de type C. De plus, il est frappant de constater que, parmi les 10 meilleures unités, se trouvent 9C et 1B et, à l'inverse, parmi les 10 moins bonnes, se trouvent 7A et 3B.

Les histogrammes par type de spectre montrent une supériorité significative des navires C sur les B, et du type B sur le type A.

D'autre part, les 3 unités à coque polyester se trouvent parmi les 9 meilleures, ce qui confirme la bonne qualité de ce matériau sur le plan de l'acoustique sous-marine.

La figure 7 fait apparaître les résultats de chaque marée. le "nuage" des points représentant les bateaux C se démarque nettement du reste de la flottille, ce qui prouve leur supériorité, pour chacune des deux marées.

Les moyennes calculées sur 62 bateaux sont présentées dans le tableau suivant :

	moyenne générale (Kg)	moyenne des bateaux A (Kg)	moyenne des bateaux B (Kg)	moyenne des bateaux C (Kg)	% augmentation C par rapport à A
1ère marée (64 bateaux)	10 406	9 239 (26)	9 451 (13)	12 349 (23)	+ 33,66-%
2ème marée (63 bateaux)	8 271	7 294 (27)	8 254 (14)	9 480 (22)	+ 29,97 %
Résultats cumulés sur marées 1 et 2 (62 bateaux)	18 710	16 263 (26)	18 049 (14)	22 024 (22)	+ 35,42 %

Ainsi, l'importance du facteur bruit est telle qu'elle apparaît clairement sur les débarquements globaux, bien que, comme nous l'avons vu, de nombreux autres paramètres interviennent.

### 2.2. ANALYSE FACTORIELLE DE LA FLOTTELLIE GERMONIERE

Une méthode d'analyse multivariable a été appliquée aux données recueillies sur les germoniers pour, d'une part avoir une vision synthétique de la flottille, d'autre part pour tenter d'expliquer la différence d'efficacité entre les ligneurs. Pour cette analyse, nous n'avons retenu que les caractéristiques des bateaux obtenues pour la majorité des ligneurs expertisés en 1983: âge, longueur, tonnage du navire, puissance nominale du moteur, débarquements cumulés, nature de la coque, origine géographique. L'ensemble de ces données a été entièrement rassemblé pour 56 ligneurs.

Le seuil, au niveau minimal détectable, est défini comme le niveau de pression sonore minimale pour lequel le poisson répond correctement à la stimulation. Les tracés d'audiogrammes passent par des travaux complexes de conditionnement d'individus. Ils apportent, en dépit de leurs limites, des informations utiles sur le domaine de sensibilité en fréquence du système auditif des poissons. Une dizaine d'audiogrammes intéressant la grande pêche professionnelle est connue à ce jour (Fig 2.).

### 1.3. SEUILS D'AUDITION DES THONIDES ET BRUITS DES BATEAUX

Les deux Thonidés pour lesquels IVERSEN [2] a établi des audiogrammes, l'Albacore (Thunnus albacares) et la Thonine (Euthynnus affinis) présentent une gamme d'audition comprise approximativement entre 100 et 1000 Hz, avec un optimum à 500 Hz (Fig 3.). La différence de niveau acoustique entre les seuils des deux espèces pourrait être due à la présence d'une vessie natatoire chez l'Albacore, inexistante chez la Thonine, et à une vitesse de nage plus élevée de cette dernière.

Les audiogrammes des autres Thonidés font défaut. Cependant, il a été démontré que des espèces taxonomiquement proches ont des audiogrammes semblables. Il est probable que les capacités auditives du Germon (Thunnus alalunga) soient comparables, voire meilleures, à celles de l'Albacore.

Les sources de bruit à bord des bateaux de pêche sont nombreuses : ensemble propulsif (moteur, réducteur, arbre, hélice), moteurs auxiliaires, compresseurs, centrale hydraulique, échappements. La participation des vibrations engendrées au spectre acoustique sous-marin dépend, entre autre, de la qualité des isollements, ainsi que des modes de résonance des structures.

Nous avons enregistré et analysé les bruits sous-marins de 95 ligneurs et de 18 senneurs, dans les mêmes conditions. Le bruit de la mer interférant de manière notable sur la qualité des expertises acoustiques, elles ont été réalisées pour des états de mer inférieurs à 4. Les spectres ont été classés selon leur allure dans la gamme 200-700 Hz, qui correspond à la bande d'audition optimale des Thonidés (Fig 4.) :

- Type A : spectres très perturbés, présentant des pics de plus de 10 dB.
- Type B : spectres dont les pics ont une amplitude comprise entre 5 et 10 dB.
- Type C : spectres réguliers, ne présentant pas de pics de plus de 5 dB.

En rapportant les audiogrammes d'IVERSEN [5] à ces types de spectres (Fig 5.), on constate qu'un bateau de type A sera beaucoup mieux perçu qu'un bateau de type C.

Cette démarche est comparable à celle adoptée par ERICKSON [4], dont l'étude porte sur 154 germoniers américains.

METHODE

Chaque variable est découpée en quatre ou cinq classes, de façon que chacune ait le même "poids" en nombre de bateaux. On définit 24 classes :

CUM1 à CUM5 : débarquements de 9 à 30 tonnes

AGE1 à AGE4 : âge des bateaux de 1946 à 1982

LON1 à LON4 : longueur des bateaux de 15 à 31 mètres

JAU1 à JAU4 : tonnage " " de 29 à 143 tonneaux

PUS1 à PUS4 : puissance " " de 150 à 510 CV

COQB, COQA, COQP : bateaux à coque en bois, acier ou polyester.

Le découpage des variables en classes permet de bâtir deux matrices :

- . un "tableau disjonctif complet",
- . un "tableau de contingence" (tableau de BURT) qui croise les 24 classes entre elles.

A partir du tableau de BURT, on construit un nuage de 24 classes dans un espace à 24 dimensions, chaque dimension correspondant à une classe. La distance entre deux points du nuage représentant deux classes, traduit le degré de liaison entre elles, celle-ci étant d'autant plus forte qu'elles seront proches dans l'espace.

Comme il est impossible de se représenter visuellement un espace à 24 dimensions, on analysera le nuage de points par coupes successives. Un plan de coupe est appelé plan factoriel et défini par deux axes orthogonaux correspondant à deux valeurs propres du tableau de BURT.

La figure 8 représente l'axe 3 croisé à l'axe 4, le plan factoriel ainsi considéré représente 20,15 % de l'inertie du nuage. L'analyse de ce plan conduit à distinguer quatre quadrants déterminés en fonction de la variable CUM, qui représente les résultats de pêche.

RESULTATS

La figure 9 montre, en fonction du type de spectre A, B, C, le nombre de bateaux (exprimé en pourcentage) corrélés avec leurs résultats de pêche.

Deux résultats significatifs ressortent :

- . 58 % des bateaux A ont des performances CUM1, ainsi que 55 % en CUM2,
- . 83 % des bateaux C ont des performances CUM5.

L'opposition pyramidale des bateaux A et C est tout à fait représentative (Fig 10.).

L'influence de la composition spectrale du bruit, entre 200 et 700 Hz, sur les résultats globaux de pêche est confirmée par cette analyse.

D'autres remarques peuvent être déduites de cette analyse factorielle :

- la particularité des navires à coque polyester, corrélés à de grandes dimensions (LON4, JAU4), de fortes puissances (PUS4), récents (AGE4), et de très bons rendements (CUM5);
- les navires de petites dimensions et de faible tonnage (JAU1, LON1, PUS2) ont de faibles résultats;
- les bateaux moyens (LON3) réalisent de fortes captures (CUM5), les grandes unités ayant, elles, des résultats (CUM4) inférieurs à ce qu'une relation linéaire longueur-efficacité laisserait prévoir.

Enfin, une distinction des navires par origine géographique (29 unités du Finistère, 4 du Morbihan, 23 de Vendée) met en évidence la supériorité des navires finistériens sur les vendéens.

Dans le quadrant 4 de la figure 8, il n'y a ainsi que 3 vendéens sur 10 unités.

III - THONNIERS SENNEURS. RESULTATS DE PECHE EN LIAISON AVEC LA QUALITE ACOUSTIQUE
---

En raison de l'importance économique de la pêche à la senne tournante, l'étude de l'incidence des bruits des bateaux sur leurs résultats a paru évidente.

Actuellement, une trentaine d'unités industrielles opèrent dans le Golfe de Guinée et l'Océan Indien. Dix-huit senneurs de cette flottille franco-ivoiro-sénégalaise ont été expertisés en 1983.

On peut distinguer trois classes de bateaux :

- la classe 1 comprend 7 senneurs de grande dimension (70m), de forte puissance (3600 à 4000 CV), de grosse capacité de stockage (1300 m<sup>3</sup>);

- la classe 2 compte 9 senneurs de taille moyenne (50 à 60m) et de puissance moyenne (2000 à 3000 CV);

- la classe 3 est représentée par 2 petites unités d'autonomie réduite.

Dans un même groupe, d'un bateau à l'autre, les spectres peuvent être très différents (Fig 11.).

L'analyse des signatures acoustiques retenue est basée sur la typologie A, B, C, déjà utilisée pour les germoniers.

Les chiffres de tonnage global débarqué étant insuffisants pour apprécier l'efficacité des senneurs, nous utiliserons un indice représentant la "puissance de pêche globale". Cet indice est défini comme un rendement de pêche indépendant des facteurs extérieurs.

La figure 12 fait apparaître assez clairement que la puissance de pêche globale, et par conséquent le tonnage moyen, est d'autant plus forte que la taille et la puissance des navires sont importantes.

Cependant, le bruit intervient lui aussi sur les puissances globales : les rendements de pêche des navires de spectre C sont supérieurs de 34,64 % à ceux des bateaux de spectre A, et de 47,41% à ceux des bateaux de spectre B.

Il semblerait qu'une bonne qualité acoustique confèrerait aux bateaux C une "puissance locale" importante, leur "capacité stratégique" ayant alors moins d'importance sur leur "puissance globale".

IV - CONCLUSION

Il est évident que le problème de l'amélioration acoustique des navires de pêche ne se pose pas de la même façon, selon la taille et le type de bateau.

Dans tous les cas, il doit être abordé DES LA CONCEPTION du navire, et particulièrement au moment du montage du moteur principal.

- Divers points sont importants pour la réduction du bruit :
- . choix du matériau pour la coque (acier, bois, fibre de verre),
  - . choix du moteur,
  - . type de longerons du bâti moteur,
  - . choix de la suspension (souple ou solide),
  - . dégagement de l'hélice,
  - . choix du système d'échappement (vertical, direct ou à injection d'eau),
  - . isolation acoustique du compartiment moteur,
  - . isolation antivibratile systématique de toute la machinerie.

La conception d'un navire de pêche "silencieux" doit maintenant être abordée, et faire appel aux techniques antivibratiles les plus sophistiquées. Après une sensibilisation accrue des professionnels de la pêche aux problèmes acoustiques, un dialogue constructif doit s'instaurer entre eux et les chantiers navals, les industriels, les scientifiques, afin de prendre en compte les résultats significatifs présentés ci-avant.

R E M E R C I E M E N T S

La réalisation de ce travail n'aurait pu se faire sans le concours actif de la Direction des Pêches/Secrétariat d'Etat à la Mer, de l'ORSTOM/Département C, de l'IFREMER/COB statistique, du Comité Interprofessionnel du Thon, et de tous les Armements et Patrons qui ont accepté de donner leur concours, ainsi que les organisations professionnelles CCPM et UAPF.

B I B L I O G R A P H I E

- [1] TAVOLGA, W.N., POPPER, A.N., FAY, R.R., 1981 (Eds).  
"Hearing and sound communication in fishes".  
Springer Verlag, New-York.
- [2] IVERSEN, R.T.B., 1967.  
"Response of yellowfin tuna (Thunnus albacares) to underwater sound".  
In : Marine Bio-Acoustics, Vol 2, 105-121, TAVOLGA, W.N.(Ed)  
Pergamon Press, Oxford.
- [3] IVERSEN, R.T.B. 1969.  
"Auditory thresholds of Scombrid fish: Euthynnus affinis,  
with comment on the use of sound in tuna fishing".  
FAO Fish REP., 62, (3), 849-859.
- [4] ERICKSON G.J., 1979.  
"Some frequencies of underwater noise produced by boats  
affecting albacore catch".  
J.A.S.A., Vol 66 (1), 296-299.
- [5] DEPOUTOT C., 1983.  
"Typologie acoustique des germoniers français en liaison  
avec leurs captures. Etude préliminaire".  
Rapport GERBAM. Thèse ENSA/Rennes.
- [6] BERCY C., 1984.  
"Campagne germonière 1983. Synthèse de l'étude acoustique  
menée sur 65 bateaux de la flottille de pêche".  
Rapport GERBAM. Université P. et M. Curie.
- [7] BERCY C., MEPHON D., DEPOUTOT C., 1984.  
"Etude statistique de la flottille germonière vendéo-bretonne.  
Analyse factorielle des caractéristiques des bateaux en  
liaison avec leurs performances et qualité acoustique".  
Rapport GERBAM. Université P. et M. Curie.

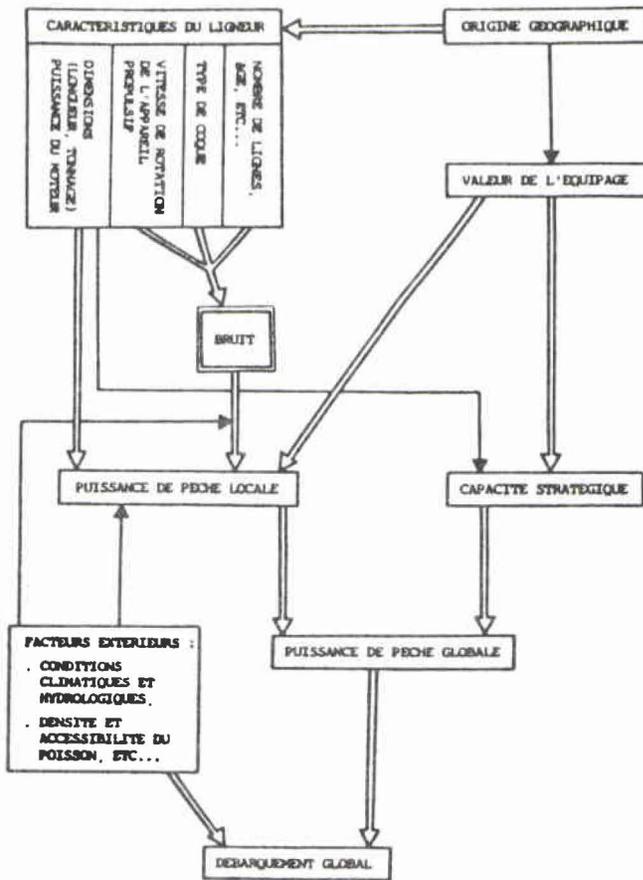


Figure 1

Paramètres influant sur les performances de pêche d'un thonier ligneur.

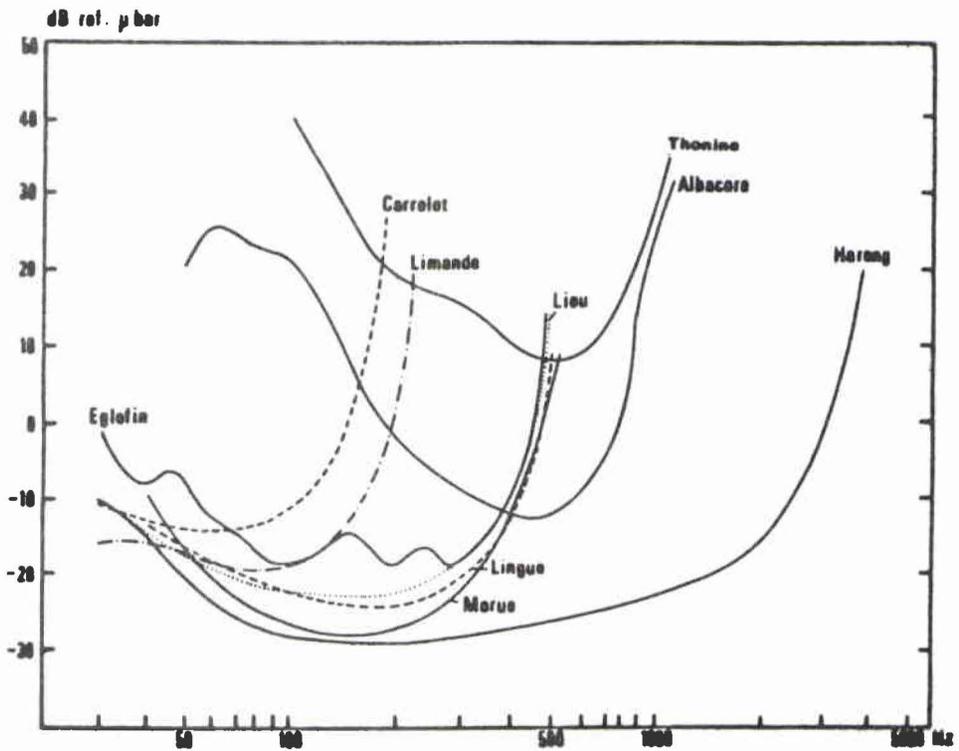


Figure 2 : Audiogrammes de quelques espèces intéressant la pêche  
 Thonine et Albacore : d'après IVERSEN (1967,1969)  
 Limande et Carrelet : " CHAPMAN et SAND (1973)  
 Lingue, Lieu , Eglefin : " CHAPMAN (1973)  
 Morue : " CHAPMAN et HAWKINS (1974)  
 (les niveaux de pression sonore sont établis à 1m et pour 1Hz).

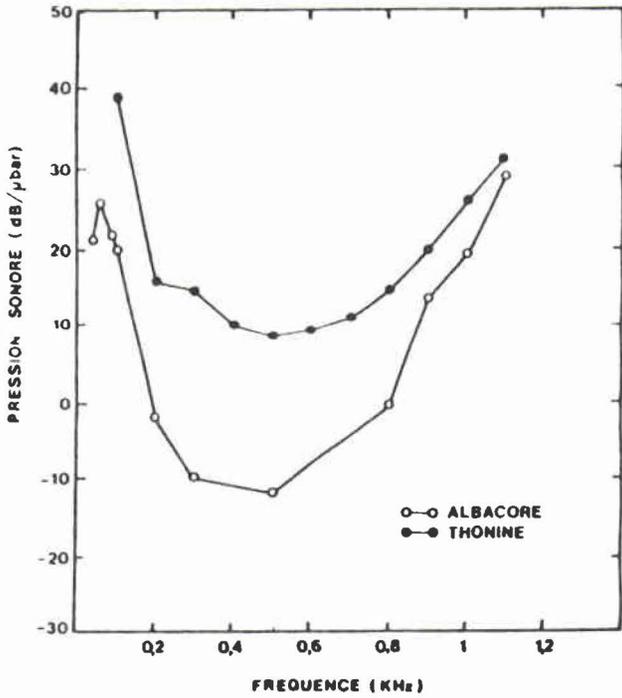


Figure 3

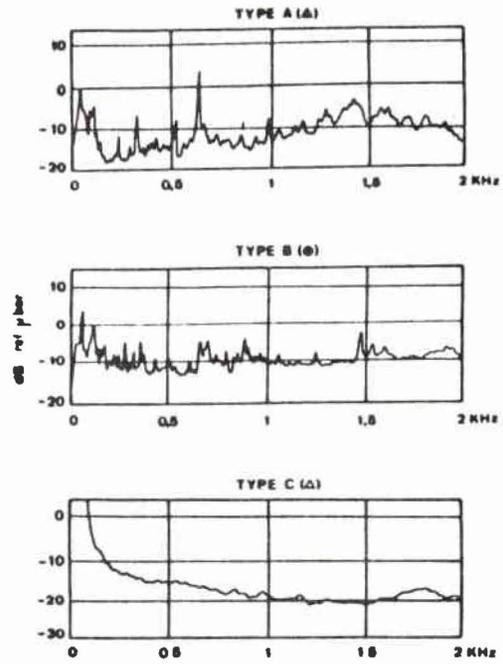


Figure 4

Audiogrammes de l'Albacore (*Thunnus albacares*) et de la Thonine (*Euthynnus affinis*) d'après IVERSEN (1967,1969) ( seuils en dB/μbar/m/Hz ).

Classement des spectres des thoniers selon la typologie A, B, C. (les niveaux sonores sont ici à 35m de l'hydrophone, on obtient le niveau à 1m en ajoutant 30dB).

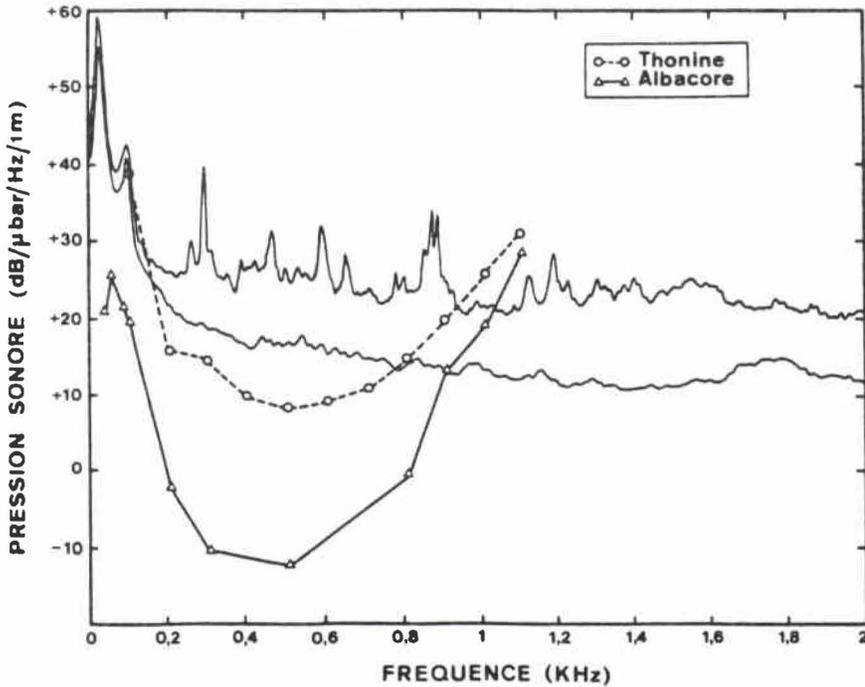
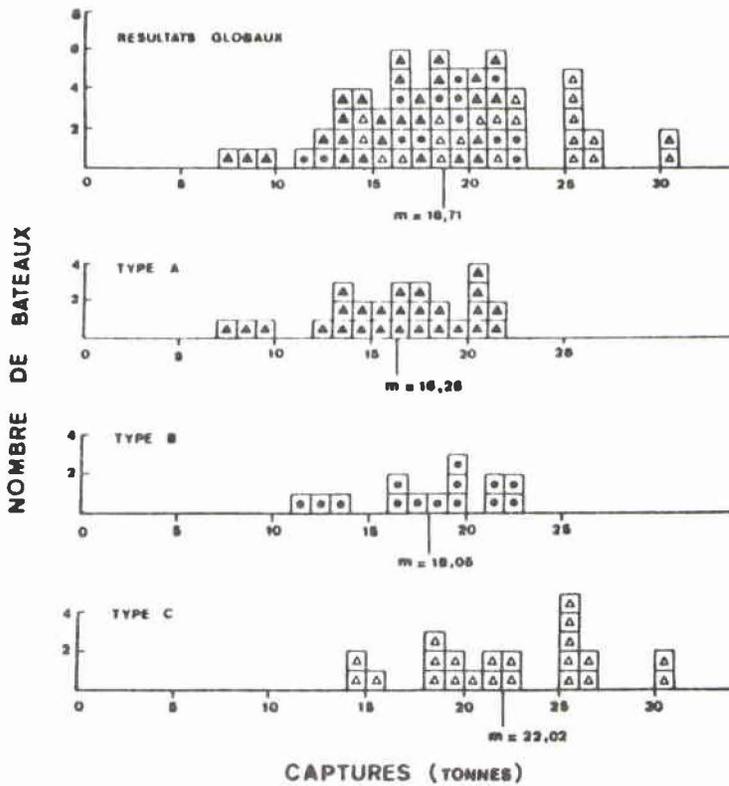


Figure 5 : Perception du bruit des navires par les Thonidés.



Augmentation des captures des bateaux C par rapport à A :  
+ 35,42 %

Figure 6 : Histogramme des captures des germoniers par type de spectre (marées 1983).

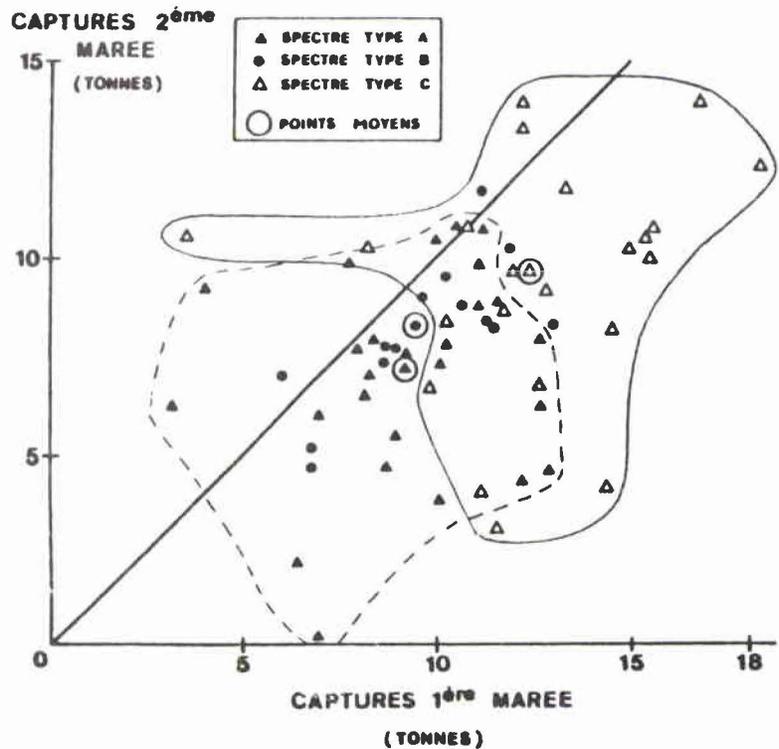


Figure 7 : Corrélation entre les captures des première et deuxième marées 1983.

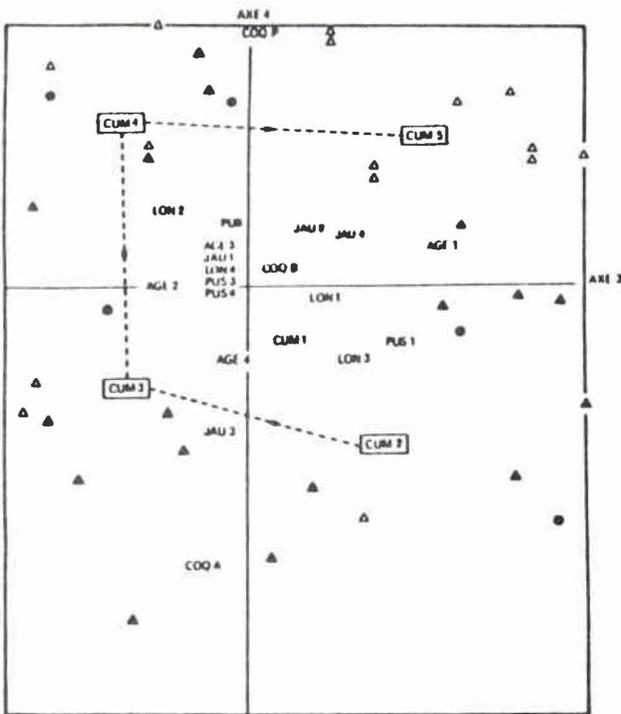


Figure 8  
Analyse factorielle de la flottille germonière

	CUM 1	CUM 2	CUM 3	CUM 4	CUM 5
A	58 %	55 %	36 %	40 %	8 %
B	25 %	27 %	27 %	30 %	8 %
C	17 %	18 %	36 %	30 %	83 %
	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Figure 9

Catégories de résultats de pêche en fonction du type de spectre.

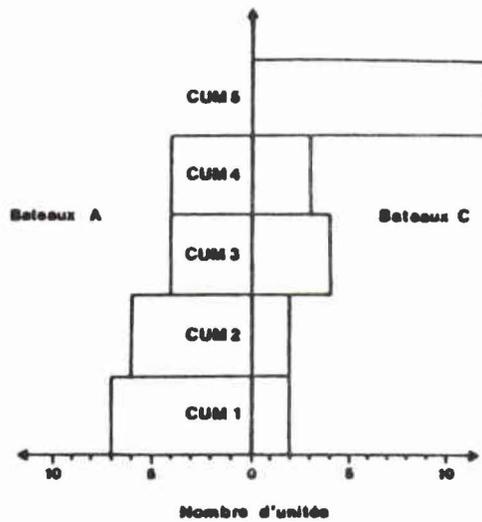


Figure 10

Proportion de bateaux ayant un spectre de type C dans les cinq classes de captures.

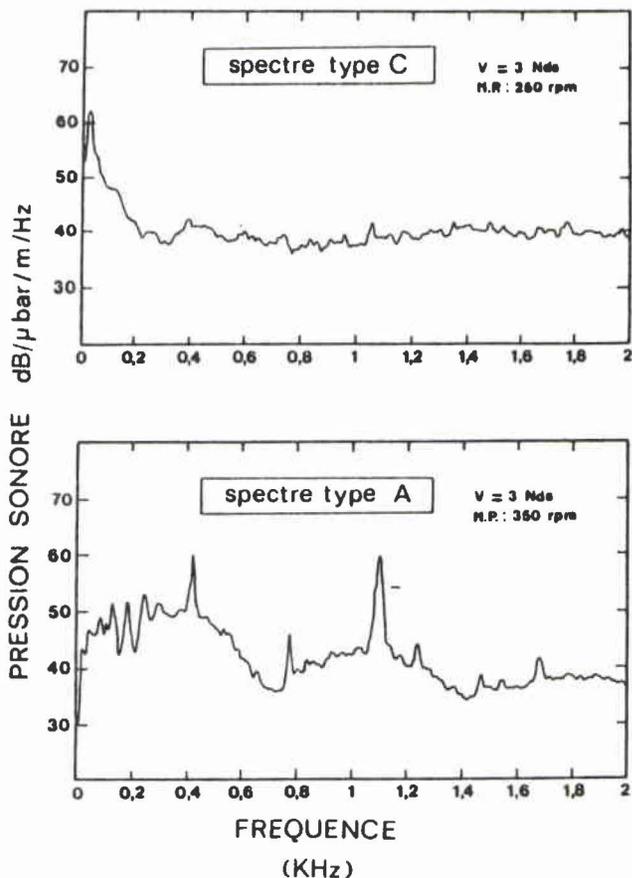


Figure 11

Spectres A et C de deux thoniers senneurs en vitesse d'approche de bancs.

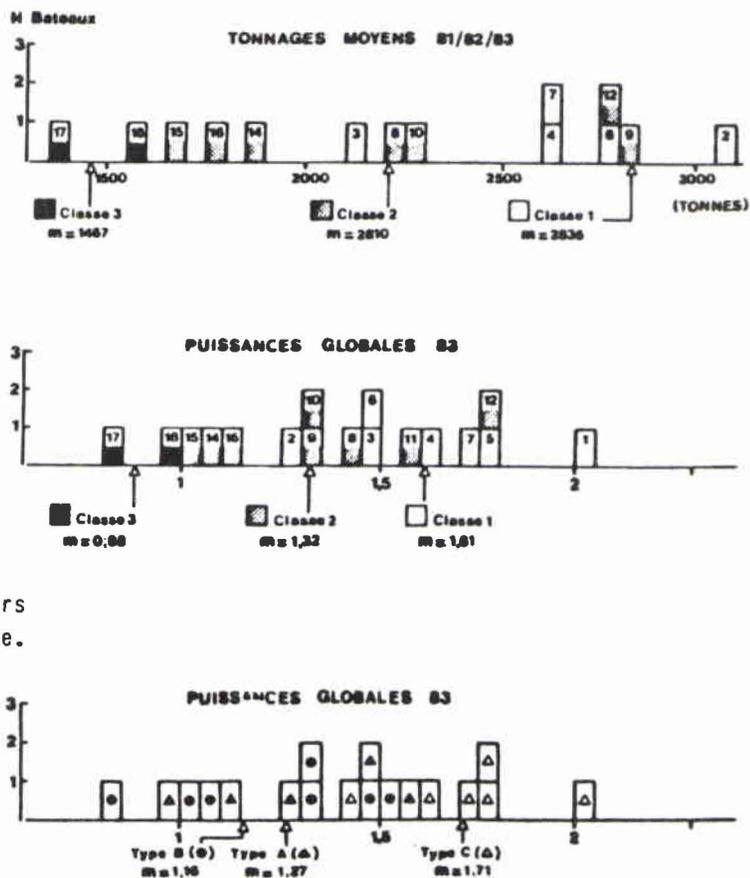


Figure 12

Résultats de pêche des thoniers senneurs en liaison avec leur qualité acoustique.

Augmentation des captures  
 C par rapport à A : 34,64 %    C par rapport à B : 47,41 %

DISCUSSION

J.H. Janssen (Netherlands): Just to be sure: What were the distances at which the underwater noise spectra were measured? Were they measured in deep water and under the ship?

C. Bercy: The underwater noise spectra were measured at approximately 50 m for the tuna line-fishing boat and at 100 m for the tuna trawler fishing boat. Our apparatus was located in a stationary rubber launch (Zodiac), with the fishing boat circling around the launch. All records were made in the Atlantic (Azores or Gulf of Guinea) in a water depth of 4000 m. Our hydrophone was placed 5 m below the launch. The levels presented in micropascals were at these distances.

B. Schmalfeldt (Germany): Did you correct the radiated noise spectra you showed to 1 m distance?

C. Bercy: The radiated noise of each fishing boat was measured at approximately 50 m (line) or 100 m (trawl). The distance was measured using an optic telemeter (precision  $\pm 5$  m). Except for Fig.3, where the levels are referenced to  $1\mu$  bar/1 m, the spectra were not corrected to 1 m but were referenced to  $1\mu$  Pa. Because we are mainly interested in relative noise levels between three kinds of spectra (type A, B or C) it is not of prime importance to correct noise spectra to 1 m.