

# PROSPECTION THONIERE ET ORGANISATION DES FLOTTILLES

Par P. Soisson (1)

## R E S U M E

L'industrialisation de la pêche thonière et l'organisation des flottilles vont devenir bientôt une nécessité sous la contrainte de réglementations internationales qui commencent à apparaître et n'iront qu'en se développant dans les prochaines années.

Une méthode est proposée pour une utilisation optimale des bateaux d'une flottille assistée ou non par une prospection aérienne. Les deux cas extrêmes sont envisagés : quadrillage aérien total de l'aire de pêche d'une part, et d'autre part, support aérien nul.

## A B S T R A C T

International fisheries regulations which are now being developed will lead the tuna fisheries to improve their fleets management.

An optimised fishing strategy is proposed for a tuna fleet, with or without an aircraft prospection. Two extreme situations are discussed : a complete coverage of the fishing area by planes , or no coverage at all.

(1) Ingénieur Agronome diplômé d'halieutique, V.S.N. a l'ORSTOM  
Centre de Recherches Océanographiques. B.R. V 18 Abidjan

## INTRODUCTION

La pêche thonière est une activité économique encore très peu industrialisée. Les engins, actuellement utilisés, bateaux et tout leur matériel de détection sophistiqué, avions..., ne lui ont pas permis de dépasser le stade de l'artisanat en ce qui concerne l'organisation.

L'état industriel ne se définit pas seulement par les outils, mais également et surtout par les méthodes. Ces dernières n'ont pratiquement pas évolué du petit canneur glacier de moins de 100 tonnes de capacité qui opérait en 1955-1960 au grand senneur moderne de plus de 1000 tonnes de capacité.

Des propositions d'organisation ont été faites (Hynd. 1963), elles n'ont pas connu vraiment d'application. Mais des réglementations internationales commencent à apparaître et n'iront qu'en se développant (taille limite de la capture, contingentement, saisons de pêche).

Seule l'industrialisation et ses méthodes permettront aux sociétés intéressées dans la pêche thonière de supporter les conséquences des limitations auxquelles ces réglementations ne manqueront pas d'aboutir, en améliorant notablement la rentabilité de cette activité.

Dans le cas de l'utilisation de l'avion en particulier, de nouvelles méthodes de travail sont nécessaires. La rivalité entre les bateaux s'accommode mal d'un instrument de travail commun.

L'organisation de la flottille est la base de l'utilisation optimale de la recherche aérienne.

### 1.- PROSPECTION AERIENNE ET DECOUVERTE DES BANCS

Le but de l'utilisation d'un avion dans la pêche thonière est, bien évidemment, une prospection plus rapide. Ainsi, pour la couverture d'une surface donnée, il a pu être évalué que les efficacités respectives d'un bateau et d'un avion étaient dans le rapport de 1 à 20 (Hynd. 1963).

Dans les conditions actuelles, l'avion selon un plan de vol préétabli, concerté ou non, rencontre un certain nombre de bancs de poisson au cours de sa sortie. Les bancs découverts sont signalés aux bateaux qui décident individuellement de se déplacer ou non et se rendent donc en nombre variable sur les lieux indiqués. On assiste alors, en général, soit à une densité trop importante de bateaux par rapport à la quantité de poisson disponible, soit à l'inverse, trop peu de bateaux se déplacent, avec comme conséquence dans les deux cas un gaspillage d'énergie et surtout une mauvaise

utilisation de l'information, car il semble que quelle que soit l'importance des bancs signalés, la réaction des bateaux reste identique.

Il a été montré à plusieurs reprises (dont SOISSON, 1971) que les bancs sont disposés dans l'espace selon une loi exponentielle négative, de la forme  $n = ke^{-\alpha dt}$  ( $n$  = nombre de bancs,  $k$  et  $\alpha$  = coefficients fonction de la strate spatiotemporelle,  $dt$  = temps de recherche entre deux bancs qui peuvent être assimilés à des distances entre bancs). Ces concentrations peuvent être représentées de la manière suivante:



Fig.1 - Type de distribution spatiale contagieuse (SOUTHWOOD, 1968)

L'importance de ces différentes concentrations peut être évaluée avec une certaine précision par un observateur aérien entraîné. La mise au point et le développement de technologies telles que celle du laser ou des caméras à très haute sensibilité pour la détection nocturne vont permettre de rendre ces estimations plus précises pour certaines espèces. L'estimation du tonnage d'un banc à partir d'un avion intervient dans une méthode de détermination d'un indice d'abondance des thonidés = le tonnage repéré par minute de vol (GULLAND, 1974).

Nous nous intéressons maintenant au cas théorique extrême d'une couverture aérienne pratiquement totale de l'aire de pêche.

Dans cette aire de pêche, il existe donc une flottille de  $N$  bateaux, supposée organisée. L'état de cette flottille est connu à un instant donné = position en mer, au port, ... de chaque bateau, sa capacité disponible en cale, ses limitations en taille ou en rayon d'action...

Chaque bateau  $F_i$  ( $i = 1...N$ ) a donc à un instant donné une capacité en cale  $f_i$  disponible. Nous considérons cet instant comme celui de la prise de décision d'orienter les bateaux vers un banc ou un autre. L'avion, lui, a repéré un certain nombre de concentrations  $S_j$  ( $j = 1...n$ ) dont les tonnages estimés respectifs sont  $s_j$ .

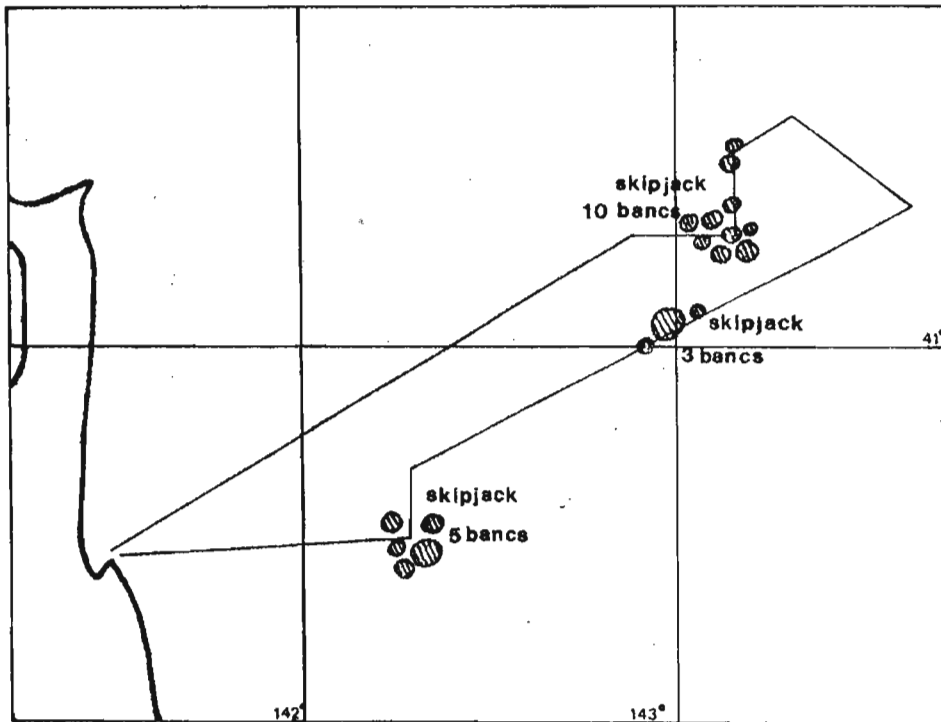


Fig.2.- Vol de détection effectué le 10 septembre 1957 au nord du Japon.

Trois cas peuvent se présenter:

1. - La capacité disponible de tous les bateaux de la flottille est inférieure au tonnage total des concentrations de poisson rencontrées:

$$\sum_{i=1}^N f_i < \sum_{j=1}^n s_j$$

En raison du nombre de bateaux en pêche, ce cas est sans doute relativement peu fréquent; alors un certain nombre de concentrations excédentaires sont laissées de côté et réparties entre les bateaux dans un deuxième temps, si le contact a pu être maintenu.

2. - Le plus fréquemment, la capacité totale disponible dans la flottille est supérieure au tonnage total de poissons découvert:

$$\sum_{i=1}^N f_i > \sum_{j=1}^n s_j$$

Dans cette situation, tous les bateaux ne pourront être guidés vers les concentrations repérées et seront dirigés selon d'autres critères (ch chapitre 3).

3. - Le cas idéal, mais assez peu probable, est celui de l'égalité des capacités et disponibilités:

$$\sum_{i=1}^N f_i = \sum_{j=1}^n s_j$$

## 2.- UTILISATION OPTIMALE DES BATEAUX

Le but est donc d'éviter toute concentration excessive ou insuffisante de bateaux sur les bancs de thons qui ont été reconnus. La situation est supposée parfaitement connue tant du côté pêcheurs que du côté poisson. Il faut trouver un critère de répartition optimum.

### Critère de décision

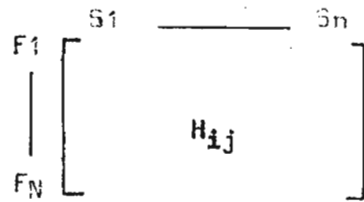
Celui que nous utilisons est le coût. C'est un critère important pour un gestionnaire d'armement: prendre le maximum de poisson à un coût minimum.

Pour un bateau  $F_i$ , le coût d'aller pêcher un banc  $S_j$  découvert par l'avion est  $H_{ij}$ . Ce terme est fonction des coûts fixes du bateau ( $C_i$ ) de la distance entre sa position actuelle et une concentration donnée ( $d_{ij}$ ) et de la quantité de poisson à prendre ( $x_{ij}$ ).

$$H_{ij} = f \left( C_i, d_{ij}, \frac{1}{x_{ij}} \right)$$

Dans le cas optimum, la capacité du bateau  $f_i$  devra être égal à la prise qu'il sera susceptible d'effectuer sur la concentration  $x_{ij}$ .

Dans le calcul des coûts de chaque bateau vis à vis de chaque banc, il est possible de tenir compte des conditions restrictives telles que l'impossibilité pour un bateau d'aller sur certaines concentrations, de la non réalisation de l'optimum ( $x_{ij} = f_i$ ) noté ci-dessus:  $x_{ij} < f_i$ . Une matrice de coûts est ainsi définie:



Reprenons les deux premières situations évoquées au § 1.

$$1 - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^N f_i < \sum_{j=1}^n s_j$$

Un certain nombre de bancs ne pouvant être pêchés, dans un premier temps nous les attribuerons d'abord à un bateau fictif ( $F_{n+1}$ ) de capacité:

$$f_{n+1} = \sum_{j=1}^n s_j - \sum_{i=1}^N f_i$$

Les coûts attribués à ce bateau seront à priori très élevés de manière à ce qu'il ne prenne pas place dans la répartition optimale recherchée, des bateaux effectifs.

$$2 - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n x_{ij} = \sum_{i=1}^N f_i > \sum_{j=1}^n s_j$$

Tous les bateaux ne sont pas dirigés vers une concentration donnée. Il faut alors introduire une concentration fictive,  $S_{n+1}$ , dont le tonnage de poisson sera:

$$s_{n+1} = \sum_{i=1}^N f_i - \sum_{s=1}^n s_j$$

Les coûts des différents bateaux qui seront affectés à cette concentration fictive seront égaux aux coûts fixes des bateaux:

$$H_{i \ n+1} = C_i \quad (v_i)$$

Les bateaux en surnombre seront affectés à des zones de pêche données selon d'autres critères. Ces zones pouvant à la rigueur correspondre également à la zone prospectée par l'avion qui n'a pu découvrir tous les bancs lorsqu'ils étaient hors de sa route.

#### Modèle de répartition des bateaux en cas de soutien aérien

Connaissant donc, la matrice des coûts  $[H_{ij}]$ , le vecteur des concentrations  $[s_{ij}]$  et le vecteur des capacités disponibles  $[f_i]$ , il est possible de déterminer la matrice de répartition optimum  $[x_{ij}]$ . Il n'est en général pas possible de connaître la répartition optimum par simple considération des coûts minima. En effet, une concentration peut être favorable (coût minimum) à plusieurs bateaux. Il convient donc de retenir en priorité celui pour lequel l'orientation vers un autre banc augmenterait le plus le coût.

L'affectation doit donc tenir compte, en ordre croissant, des coûts supérieurs au coût minimal, et des différences relatives entre ces coûts. Le bateau qui le premier est pris en considération est celui pour lequel la différence ( $m_i$ ) entre le coût minimum et le coût immédiatement supérieur est la plus grande.

Par exemple:  $F_1$  et  $F_2$  sont deux bateaux qui doivent se répartir les bancs  $S_1$  et  $S_2$  -  $H_{11} < H_{12}$  et  $H_{21} < H_{22}$  - mais  $m_1 = (H_{12} - H_{11}) > m_2 = (H_{22} - H_{21})$ . Dans ce cas, le premier bateau affecté est  $F_1$  qui sera dirigé sur  $S_1$ . Le coût global de la pêche est ainsi plus faible.

Donc:

$$\begin{bmatrix} f_i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{ij} \\ s_j \end{bmatrix} \begin{bmatrix} m_i \end{bmatrix}$$

$m_i$  est la matrice des différences entre le coût minimum et le coût immédiatement supérieur au coût minimum pour chaque bateau.

Supposons que  $m_2$  est le plus grand des  $m_i$  et que  $H_{23}$  est le coût minimum correspondant, le bateau  $F_2$  est donc orienté vers la concentration  $S_3$  et l'élé-

ment  $x_{23}$  de la matrice d'attribution  $[x_{ij}]$  est déterminé.  $s_3$  devient alors  $(s_3 - x_{23})$ .

Tenant compte de cette attribution, les différentes matrices sont transformées: en particulier  $H_{ij}$ , car le retrait de  $s_{23}$  à  $s_3$  peut transformer totalement le coût des autres bateaux vis à vis de  $S_3$ .

Avec les nouvelles matrices, la même procédure que ci-dessus est répétée jusqu'à remplissage total de la matrice  $[x_{ij}]$ . Ce travail d'attribution peut à priori paraître fastidieux, mais un programme d'ordinateur peut en un temps très bref se charger de l'accomplir.

### Commentaires sur $[s_j]$

Alors que nous considérons pour l'attribution des concentrations, un critère de coût, la valeur de chaque concentration est estimée par son tonnage de poisson. Ceci bien évidemment suppose une pêche monospécifique. C'est le cas par exemple des zones Angola et nord Dakar où, pratiquement seul le listao est présent. Par contre, dans la zone intermédiaire, listaos et albacores sont en mélange.

Toutefois, si on considère, comme c'est le cas, qu'à un moment donné le taux de mélange est à peu près uniforme entre bancs, tout en sachant qu'il évolue au cours de l'année, il est possible de raisonner comme dans le cas d'une pêche monospécifique.

Si la bispécificité de la pêche était reconnue, bancs nettement séparés d'albacores et listaos, les deux espèces ayant une valeur monétaire différente, les différentes composantes du vecteur  $[s_j]$  doivent être exprimés en valeur.

### 3.- FLOTTILLE TRAVAILLANT SANS SUPPORT AERIEN

Nous nous situons maintenant dans le cas extrême inverse:

Les informations connues par la flottille ne doivent rien à une prospection aérienne. Elles sont nombreuses toutefois: Données statistiques des années antérieures, connaissances hydrologiques de l'aire de pêche et évolution au cours de la période, prospection et pêches en cours...

B.J. ROTHSCHILD (1972) a développé un modèle d'allocation maximisant les profits par optimisation du remplissage.



L'approche ci-dessous est quelque peu différente, mais tient compte comme dans le travail de ROTHSCCHILD et comme signalé à la fin du chapitre 2, des valeurs respectives des différentes espèces. Cette considération est d'autant plus nécessaire que l'aire d'étude est plus vaste.

#### L'aire de pêche

L'aire de pêche est maintenant considéré dans son ensemble.

D'année en année, on peut constater, avec un décalage plus ou moins variable dans le temps les mêmes évolutions des zones de pêche. La figure 3 illustre ce phénomène dans le cas de la saison de pêche dans le secteur du Cap des Trois Pointes en juillet, août et septembre.

On peut donc envisager d'affecter, à priori, à chaque carré  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  de la zone de pêche une prise moyenne par jour de pêche et par bateau (en valeur). Au fur et à mesure que la pêche se développe dans la région, ces valeurs affectées à chaque carré, sont corrigées par les données de l'année. Il faut noter que des relevés de température et de profondeur de thermocline notées par la flottille et centralisées peuvent permettre d'améliorer ces situations.

Pour les zones non encore prospectées dans l'année, le nombre attribué sera la moyenne des années précédentes. Quant aux zones qui n'ont jamais été prospectées, on peut à priori leur attribuer des valeurs équivalentes à celles des zones connues de même conditions hydrologiques (en particulier, en se basant sur les conditions de thermocline).

#### Répartition des bateaux dans l'aire de pêche

Comme dans les chapitres 1 et 2, à tout moment, position et capacité en cales des bateaux composant la flottille sont connues.

A chacun d'eux, il est possible d'attribuer un coût pour se rendre dans une partie de l'aire de pêche où la prise journalière potentielle d'un bateau est estimée comme dans le paragraphe précédent.

Un facteur correctif lié aux performances propres du bateau peut être utilisé pour transformer la valeur moyenne affectée à la zone considérée. Selon la même méthode d'affectation que celle du chapitre 2, il est possible de répartir les bateaux dans les zones qui leur permettront respectivement une prise optimale. Le critère reste le coût global minimum pour rapporter un certain tonnage de poisson. Mais la perte de temps qu'entraîne un changement d'aire du bateau, intervient comme un nouveau facteur dans les coûts. Le ba-

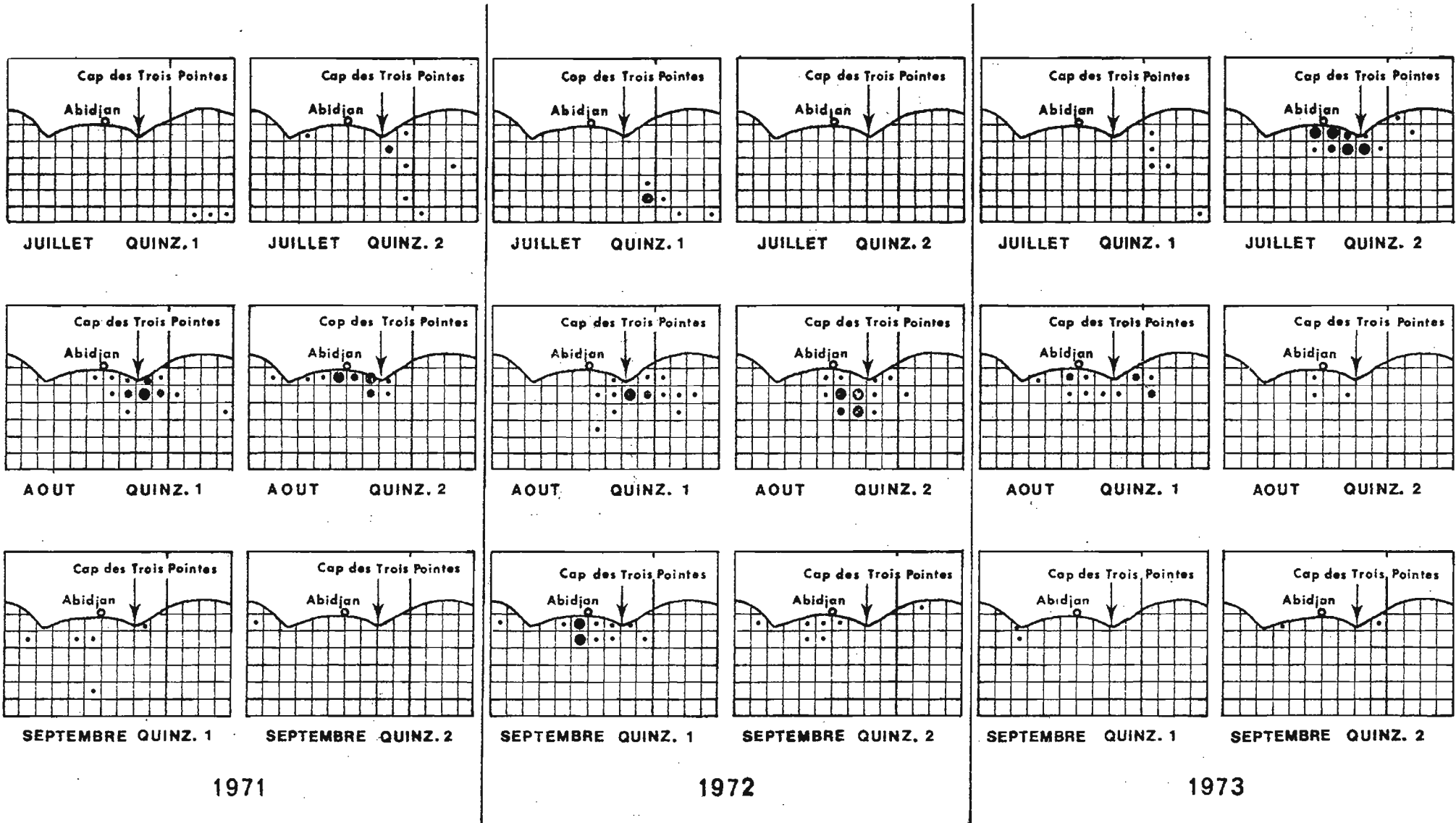


Fig. 3 - La saison de pêche de juillet, août, septembre au Cap des Trois Pointes en 1971, 1972, 1973

teau se trouve en effet au moment de la prise de décision des affectations, dans une zone possédant sa propre potentialité de pêche. Celle-ci peut être plus intéressante qu'une zone à plus forte potentialité mais vers laquelle le bateau devra faire route pendant un certain nombre d'heures.

Le coût s'établira donc maintenant sous la forme suivante:

$$H_{ij} = g \left( C_i, d_{ij}, \frac{1}{x_{ij}}, \left( HT - \frac{d_{ij}}{v_i} \right) / HT \right)$$

Avec  $C_i$ ,  $d_{ij}$  et  $x_{ij}$  gardant la même signification qu'au chapitre 2 et  $(HT - \frac{d_{ij}}{v_i}) / HT$  est un coefficient traduisant la proportion d'heures de travail effectuées dans la journée, dans la zone d'affectation ( $v_i$  est la vitesse du bateau -  $HT$  est le nombre d'heure de travail dans une journée). Si le bateau ne change pas de zone, ce coefficient  $(HT - \frac{d_{ij}}{v_i}) / HT = 1$ .

Les deux cas extrêmes de la prospection thonière ont été étudiés: Celui de la couverture aérienne totale découvrant pratiquement tous les bancs, où les bateaux n'ont plus que le rôle de capteurs du poisson repéré et celui où tout le travail de prospection et de capture est assuré par les bateaux. La réalité est plus proche du second cas en ce qui concerne la pêche thonière dans l'est de l'Atlantique Tropical où un seul avion assure le support aérien. L'organisation de base devrait donc être celle du 2<sup>e</sup> cas extrême étudié avec une organisation du type 1 dans la zone de travail de l'avion. A noter que l'avion peut également fournir des renseignements importants sur l'hydrologie par exemple, par relevés des températures de surface dont on connaît les relations avec la présence du thon (DUFOUR et STRETTA, 1973).

## CONCLUSION

La méthode d'optimisation utilisée avec le critère retenu de coût minimal a permis de proposer une approche d'organisation en flottille des bateaux pratiquant la pêche thonière. D'autres méthodes doivent compléter le modèle ci-dessus dans le cadre de l'industrialisation de cette activité économique (SOISSON, 1972 - YOSHIHARA et SOISSON, 1973).

Compte tenu des modèles biologiques de simulation des populations de thonides et d'évolution de la pêcherie (FONTENEAU, 1974), des prévisions au niveau de l'organisation de la flottille peuvent être faites à long et à moyen terme. En particulier un plan de campagne annuel doit être établi puis modifié et affiné en cours d'exercice, la méthode exposée ici permettant d'améliorer à court terme les rendements moyens.

BIBLIOGRAPHIE

- DUFOUR (Ph.), STRETTA (J.M.), 1973.- Fronts thermiques et thermohalins dans la région du Cap Lopez (golfe de Guinée). Juin-Juillet 1972: Phytoplancton, Zooplancton, Micronecton et pêche thonière. Doc. Scient. - Centre Rech. Océanogr. Abidjan, vol.IV, n°3, Septembre 1973, pp. 99-142
- FONTENEAU (A.), 1974.- Modèle de simulation de la pêcherie d'albacores (Thunnus albacores) de l'Atlantique. Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr. (in Press)
- GULLAND (J.A.), 1974.- La prise par unité d'effort comme moyen d'évaluer l'abondance. ICCAT - WTPD - Nantes 74/1
- HYND (J.S.), 1963.- On the number of tuna vessels or aircraft required to search a given area effectively. In Fisheries Management Seminar CSIRO, Canberra, 1963
- ROTHSCHILD (B.J.), 1971.- A system view of fishery management with some notes on the tuna fisheries. FAO Fish. Tech. Pap., 106, 33p.
- ROTHSCHILD (B.J.), 1972.- An exposition on the definition of the fishing effort. Fishery Bulletin, vol.70, n°3
- SOISSON (P.), 1971.- La pêche thonière dans l'Atlantique africain. Univ. Rennes, Océano, halieutique, Conf. et Doc. 5, 1971 (1972)
- SOISSON (P.), 1972.- The survey of fishing areas in the case of pole and line fishing for decisions in the field of the management of boats. La mer (Bulletin de la Société Franco-Japonaise d'Océanographie), t.10, n°4, Novembre 1972
- SOUTHWOOD (T.R.E.), 1966.- Ecological methods. METHUEN & C° LTD, 391p.
- YOSHIHARA (T.), SOISSON (P.), 1973.- Short-term forecast in pole and line fishing. Journal of the Tokyo University of Fisheries, vol.60, n°1, December, 1973

\*

\* \*