

5.5 Contribution de la télédétection aérospatiale à l'étude des thonidés du Pacifique occidental

par
Michel PETIT¹,
Jean-Michel STRETTA¹,
Cécile DUPOUY²

SOMMAIRE

1. Intérêt et potentiel de la télédétection dans le Pacifique occidental pour les études thonières :

- 1.1. Rappels succincts
- 1.2. Analyse de la problématique
- 1.3. Limites et atouts des études de télédétection dans le Pacifique occidental

2. Bilan des recherches en halieutique-télédétection dans le Pacifique sud lors des dix dernières années :

- 2.1. Le programme de radiométrie aérienne et prospection thonière :
 - 2.1.1. Méthodologie et bilan des opérations
 - 2.1.2. Résultats directs
 - 2.1.3. Utilisation des données RAPT comme vérité-terrain des données satellitaires
- 2.2. Autres programmes
 - 2.2.1. Le programme Germon du Pacifique sud
 - 2.2.2. Emploi de la télédétection pour les unités de pêche japonaises
 - 2.2.3. Les stations AVHRR australiennes

3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Nous avons vu dans ce même ouvrage (chapitre II section 2.3) que le Pacifique tropical sud ouest recèle l'un des plus importants stocks de thonidés de la planète pour lequel l'accroissement rapide et brutale de l'exploitation n'est pas exempt de problèmes. Nous essaierons d'analyser ici dans quelle mesure la télédétection aérospatiale peut être un des moyens de contrôle de la situation halieutique thonière dans cette région.

¹ Océanographes du Centre ORSTOM de Montpellier
BP 5045
34032 Montpellier Cedex
France

² Océanographes à l'Antenne ORSTOM au COB
IFREMER BP 337
29273 Brest Cedex
France

1. INTERET ET POTENTIEL DE LA TELEDETECTION DANS LE PACIFIQUE OCCIDENTAL POUR LES ETUDES THONIERES

1.1. Rappels succincts

Précédemment (chapitre II section 2.3), nous avons mis en évidence les faits suivants :

a) Plus de 450 000 tonnes de thons tropicaux sont capturés chaque année dans le Pacifique occidental (fig. 1) dont 80 % en surface (70 % par les senneurs – 10 % par les canneurs). Les principales flottilles, américaines et japonaises, ont augmenté leurs prises et leurs efforts de pêche à la senne de façon fulgurante ces dernières années. Par exemple, de 1980 à 1984, le nombre de senneurs américains dans la zone a été quintuplé et les prises ont quasiment doublé chaque année.

b) La région couverte par ces pêcheries est immense : 10°N à 10°S et 130°E à 170°W. Bien qu'essentiellement concentrées au nord de notre zone d'étude, ces pêcheries, de par leur présence et leur importance, ne peuvent pas ne pas avoir une influence sur le reste de la zone.

c) L'état des stocks des différentes espèces – thons jaunes (*Thunnus albacares*) notamment – ne bénéficie pas d'une connaissance suffisante en regard de l'augmentation rapide de l'exploitation de ces dernières années.

d) Les problèmes, actuels ou à venir, de géopolitique locale liés aux ZEE³, font que l'on doit ou l'on devra prospecter de nouvelles zones.

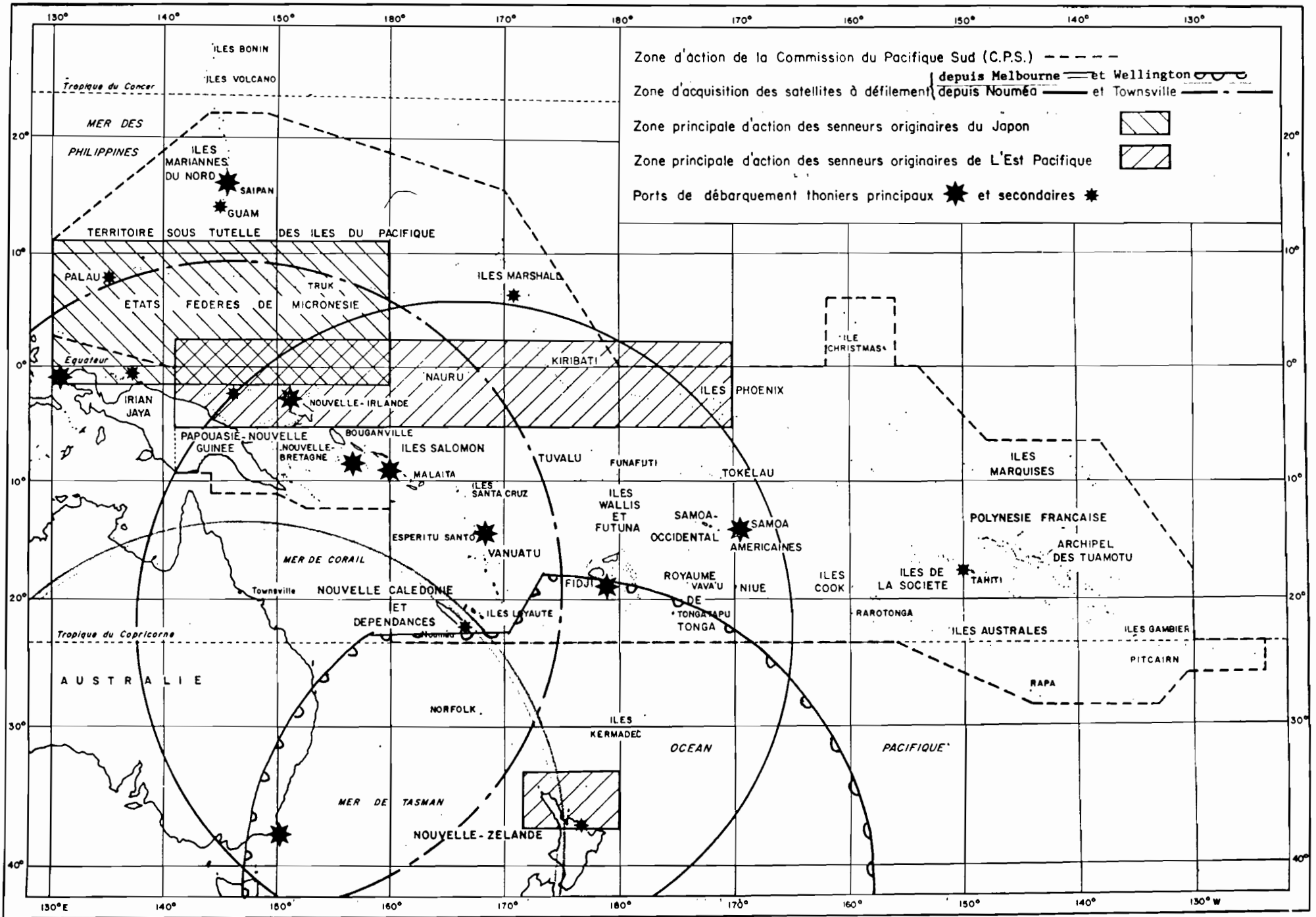
e) Les données d'environnement acquises par les études classiques d'océanographie et de biologie des pêches sont, en fait, récentes et ne suffisent pas pour expliquer la relation thon-environnement et sa variabilité dans cette partie du monde.

1.2. Analyse de la problématique

a) L'immensité de la zone occupée par les pêcheries est souvent rédhibitoire pour toute étude classique d'océanographie ou de biologie des pêches. Les changements très rapides que nous avons observés dans le paysage halieutique de la région rendent trop souvent ces études inadaptées ou amoindrissent leur intérêt. Par

³ ZEE Zone économique exclusive

Fig. 1. Carte du Pacifique Sud-Ouest. Pêche thonière et télé-détection



exemple, l'important programme de marquage réalisé par la CPS⁴ à partir de la fin des années 70, a demandé, de par sa méthodologie propre, plusieurs années avant de pouvoir tirer des conclusions sur l'ensemble de la zone (Kearney, 1980 et 1987). Ce programme, dont l'importance et l'intérêt ne sauraient être remis en cause, ne serait-ce que par son innovation régionale, a cependant eu quelques difficultés à répondre aux préoccupations socio-économiques des pays de la région qui assistaient à tous ces changements. D'une façon plus générale d'ailleurs, les bouleversements constatés dans la répartition mondiale des pêcheries — mouvement des flottilles FIS⁵ et espagnole de l'océan Atlantique vers l'océan Indien, mouvement de la flottille thonière du Pacifique est vers le Pacifique ouest, restructuration technologique de la flottille japonaise — devraient amener une réflexion profonde pour essayer d'élaborer une véritable halieutique opérationnelle; mais ceci sort du cadre de cet article.

b) Le contexte spécifique du Pacifique occidental étant ainsi établi, l'objectif des études thonières reste le même à savoir comprendre la dynamique des bancs de thons par l'évaluation de leur nombre, de leur concentration et de leur déplacement. Comme il n'est pas possible, à l'heure actuelle, d'observer directement ces phénomènes, les études s'orientent vers le déterminisme des mécanismes physico-chimiques qui les régissent. La plupart du temps, les modèles employés (Maugham, 1972; Petit, 1976; Stretta et Slepoukha, 1983; Mendhelson et Roy 1986) se ramènent à l'étude des cellules ou volumes optimaux dans lesquels les bancs de thons se répartissent et y trouvent des conditions euphoriques (Postel, 1969). Les migrations se ramènent alors à un déplacement de ces cellules, déplacement qui peut être dû à :

- un déplacement « physique » du volume d'eau dans les trois dimensions;
- et/ou un déplacement continu des conditions optimales dans le temps;
- et/ou un déplacement continu des conditions optimales dans l'espace.

1.3. Limites et atouts de la télédétection

Bien entendu la télédétection aérospatiale n'est pas et ne peut pas être la panacée universelle qui devrait résoudre tous les problèmes. De par sa méthodologie propre, la télédétection ne permet pas d'avoir des données directement utilisables. C'est là que la notion de modèle prend toute sa valeur, modèle où sont analysées simultanément les données principales et secondaires recueillies en temps réel et les données historiques. Cette intégration se fait, de façon opérationnelle en météorologie, et doit désormais prévaloir en halieutique. Il s'agit donc seulement de contribuer à l'étude de l'environnement des thonidés par la surveillance des paramètres météorologiques et océanographiques (PMO) à moyenne échelle et en temps quasi réel (3 à 5 jours).

La bonne adéquation des échelles spatiales entre la zone d'étude et les moyens actuels de la télédétection

d'une part, le potentiel d'évolution de cette technique dans la région et son adaptation aux problèmes posés d'autre part, constituent les principaux atouts de la télédétection dans l'halieutique du Pacifique sud.

2. BILAN DES RECHERCHES EN HALIEUTIQUE-TELEDETECTION DANS LE PACIFIQUE SUD LORS DES DIX DERNIERES ANNEES

2.1. Le programme de radiométrie aérienne et prospection thonière (RAPT) :

2.1.1. Méthodologie et bilan des opérations

Entre 1979 et 1984, l'ORSTOM a développé un important programme de télédétection aéroportée sur l'ensemble des territoires français du Pacifique sud ainsi qu'au Vanuatu et en Nouvelle Zélande.

TABLEAU 1 : Le programme de Radiométrie Aérienne et Prospection Thonière.
Bilan chiffré des opérations.

Année	Région	Heures de vol réalisées (heures)	Superficie couverte 10 ³ milles ²	Avions utilisés
79-82	Nouvelle Calédonie Vanuatu	1 450	1 000	Britten Norman BNIIA
79-80	Wallis et Futuna	100	70	Britten Norman BNIIA
80	Polynésie française	550	380	BNIIA et Aerocommander Shrike
83	Nouvelle Zélande	250	180	Aerocommander Shrike et CESSNA
	TOTAL	2 350	1 630	

Altitude entre 300 et 1 000 pieds vitesse de 115 nds à 130 nds.
Budget total : près de 4.5 MFF.

TABLEAU 2 : Evaluation du potentiel thonier à partir des opérations de Radiométrie Aérienne et Prospection Thonière dans la région Nouvelle-Calédonie/Vanuatu.

Zone d'étude	Nouvelle Calédonie 14°30-26°00S// 158°00-175°00E	Vanuatu 12°50-22°00S// 165°00-174°00E
Surface prospectée dans l'aide d'étude (1)	222 309 milles ²	121 431 milles ²
Surface de la ZEE (2) (lettre d'information n° 14 de la CPS)....	1 540 000 km ²	670 000 km ²
Intersection de (1) et (2).....	env. 200 000 milles ²	env. 100 000 milles ²
Tonnage estimé dans l'aire d'étude (tonnes) et densité (tonnes/km ²)	88 848 tonnes (51 988-126 055)	47 910 tonnes (27 971-68 032)
	0.117 (0.068-0.165)	0.115 (0.067-0.163)
Tonnage estimé pour la ZEE	154 566 tonnes (90 440-219-295)	67 663 tonnes (39 502-96-082)

4 CPS Commission Pacifique sud (Noumea, Nouvelle-Calédonie)

5 FIS Flottille thonière française, ivoirienne et sénégalaise



Fig. 2. Identification des strates d'abondance des thonides de surface dans la région Nouvelle Calédonie-Vanuatu à partir des opérations de radiométrie aérienne et prospection thonière. Plus le « caractère » est dense, plus la zone correspondante présente un fort potentiel en concentration de thonides (Petit, 1984b)

Historiquement le territoire de Nouvelle-Calédonie a signé avec l'ORSTOM une convention, plusieurs fois reconduite entre 1979 et 1982, pour exécuter des études de radiométrie infra-rouge et d'observations aériennes.

Le principal objectif de ces recherches financées par le FIDES⁶ et la Marine marchande, était d'évaluer les potentialités des ressources thonnières des régions centrées sur les ZEE de Nouvelle Calédonie et de Wallis et

Futuna en vue d'un développement de la pêche.

Ces régions, comme l'ensemble du Pacifique sud, avait à l'époque une thermographie de surface mal connue et une pêche thonière limitée à celle des canneurs japonais.

Dès 1979, les premiers résultats exposés à la commission Pacifique sud ont suscité des demandes d'opérations du même type de la part de certains pays membres. L'ORSTOM a ainsi passé un accord avec le Vanuatu (1980, financement par le ministère des Ressources Primaires) puis avec la Polynésie française (1981, fi-

⁶ Fonds d'investissement pour le Développement Economique et Social

nancement Fides). Enfin, en été austral 1983, le gouvernement néo-zélandais a demandé à l'ORSTOM la mise en place de cette technique sur l'avion affrété par les senneurs américains, l'objectif devenant alors l'aide à la pêche directe.

Au total, près de 2 400 heures de vol ont été réalisées dans la région (tableau n° 1). Notons que cette technique de radiométrie aérienne et prospection thonière (RAPT) est utilisée globalement ou partiellement depuis longtemps par de nombreux laboratoires français (ORSTOM, IFREMER, Universités, Météorologie nationale) et étrangers (Japon, USA, Australie...) (Marsac *et al.* 1987).

Brièvement, le mode opératoire est le suivant : le plan de vol est établi après examen des données historiques variées (hydrologie générale, statistiques de pêche), des divers documents décrivant la situation thermique récente (température de surface transmise par les navires marchands, cartes satellites), des enseignements tirés des vols précédents (température de surface relevée, pêche, météorologie locale). La zone à prospecter est donc définie, mais le trajet au sein de cette zone peut toutefois être modifié au cours du vol en fonction des évolutions thermiques ou météorologiques qui se manifestent : la recherche des conditions optimales de prospection est un élément fondamental du succès et de la rentabilité des vols.

Un vol est composé d'une succession de trajets linéaires ou radiales effectués à une altitude de 500 pieds (150 mètres); chaque relevé est effectué le long de ces radiales.

Au cours du vol, toutes les cinq minutes (soit tous les 10 milles), ou à chaque événement rencontre (par événement, nous entendons tout banc de thons, objet flottant, ou phénomène particulier survolé, à savoir : les fronts thermiques, les changements de couleur de l'eau, les mammifères marins, les oiseaux, les épaves, thoniers en pêche...) sont relevés :

- la nature de l'événement lui-même
- l'heure
- la nébulosité (pour la correction atmosphérique)
- la température de surface de la mer après les corrections instrumentale et atmosphérique
 - la position
 - le cap suivi
 - l'état de la mer
 - la couleur de l'eau
 - la vitesse et la direction du vent
 - la distance d'observation des bancs par rapport à l'axe de vol.

Ces données sont saisies en cours de vol, en partie automatiquement en ce qui concerne la valeur de la température de surface issue du radiomètre et la position, en partie manuellement sur le micro-ordinateur pour les autres paramètres.

2.1.2. Résultats directs

La radiométrie aérienne infra-rouge, en permettant de localiser les anomalies thermiques de surface, focalise l'observation aérienne sur les zones privilégiées où les thonidés présents ont tendance à se rassembler. Par

l'inventaire de ces sites, cette méthode de prospection donne trois types de résultats qui concernent l'écologie des thonidés, l'évaluation et la répartition d'abondance, et l'estimation, en temps réel, de la richesse de la région prospectée, pour la pêche (Petit et Kulbicki, 1983; Petit et Henin, 1982; Petit, 1984).

Notamment, il a été confirmé que, dans la région, lorsque zones frontales et thonidés sont présents, ceux-ci se concentrent près de celles-là. L'effet agrégatif des îles et hauts-fonds a également été mis en évidence. L'ensemble de ces observations a permis d'élaborer une théorie unitaire sur le comportement des thonidés (Petit, 1985).

L'évaluation en temps réel du potentiel halieutique des zones survolées à l'aide à la pêche directe ont été pratiquées à plusieurs reprises au cours de ces opérations : en Nouvelle-Zélande avec les senneurs américains, à Tahiti avec les bonitiers ou encore avec les compagnies locales de pêche à la canne en Nouvelle-Calédonie.

Le résultat principal de ces opérations est la mise au point d'une méthode d'évaluation du stock de thonidés de surface et son application à la Nouvelle-Calédonie et au Vanuatu. Cette méthode intègre un modèle mathématique qui tente de tenir compte aussi bien de l'influence des différents paramètres du vol (heure, température de surface, nébulosité, état de la mer, distance à la côte, distance entre bancs, saison) que du caractère discontinu des observations (bancs de thons, oiseaux, baleines, dauphins...). Ce modèle définit une distance mathématique « δ » qui ramène à une dimension l'ensemble des paramètres retenus pour l'analyse. Par ajustement d'une courbe à ces données, on peut alors calculer la relation existant entre cette distance δ et la probabilité d'observation (« P.O. = potentiel observable »), utilisée comme indice d'abondance. Il s'en déduit une relation entre δ et la densité en thons à partir de l'évaluation de la taille des bancs et de la surface prospectée. Il a été montré que ces deux relations sont de forme exponentielle.

Enfin, à partir de cette densité estimée, l'évaluation du potentiel en thons de surface peut être faite. Le tableau n° 2 donne le résultat de l'application de cette méthode à la région Nouvelle Calédonie/Vanuatu. (Petit, 1984a et b). Selon ce modèle, le stock de surface s'élève pour la ZEE de Nouvelle-Calédonie à 155 000 tonnes (avec un intervalle compris entre 90 000 et 220 000 tonnes) et pour celle du Vanuatu à 68 000 tonnes (avec un intervalle compris entre 40 000 et 96 000 tonnes) ce qui représente une densité d'environ 0,12 tonnes/km². Les résultats obtenus par le programme de marquage de la CPS, pour toute la zone CPS, donne une densité comparable pour l'ensemble du stock (surface + profondeur) de 0,1 tonne/km². La figure 2 visualise bien l'identification des strates spatiales à fort pouvoir de concentration en thonidés qu'a permise l'emploi du modèle précédemment décrit.

2.1.3. Utilisation des données RAPT comme vérité-terrain des données satellitaires :

Dans une région aussi mal connue que le Pacifique sud-ouest, nous avons eu quelques difficultés à optimi-

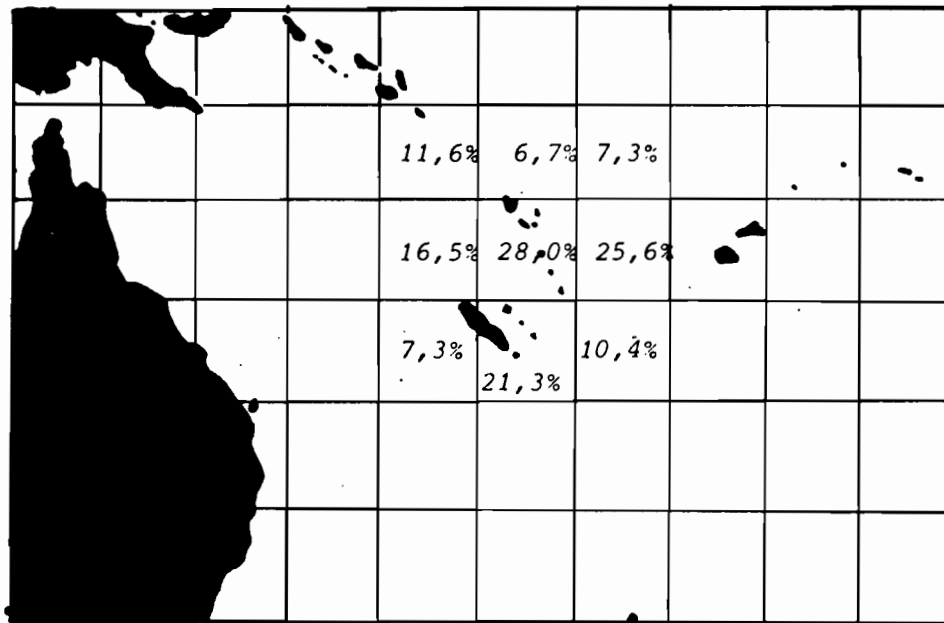


Fig. 3. Fréquences des semaines présentant un front de type 3 ou plus en % des 164 semaines étudiées (voir texte)

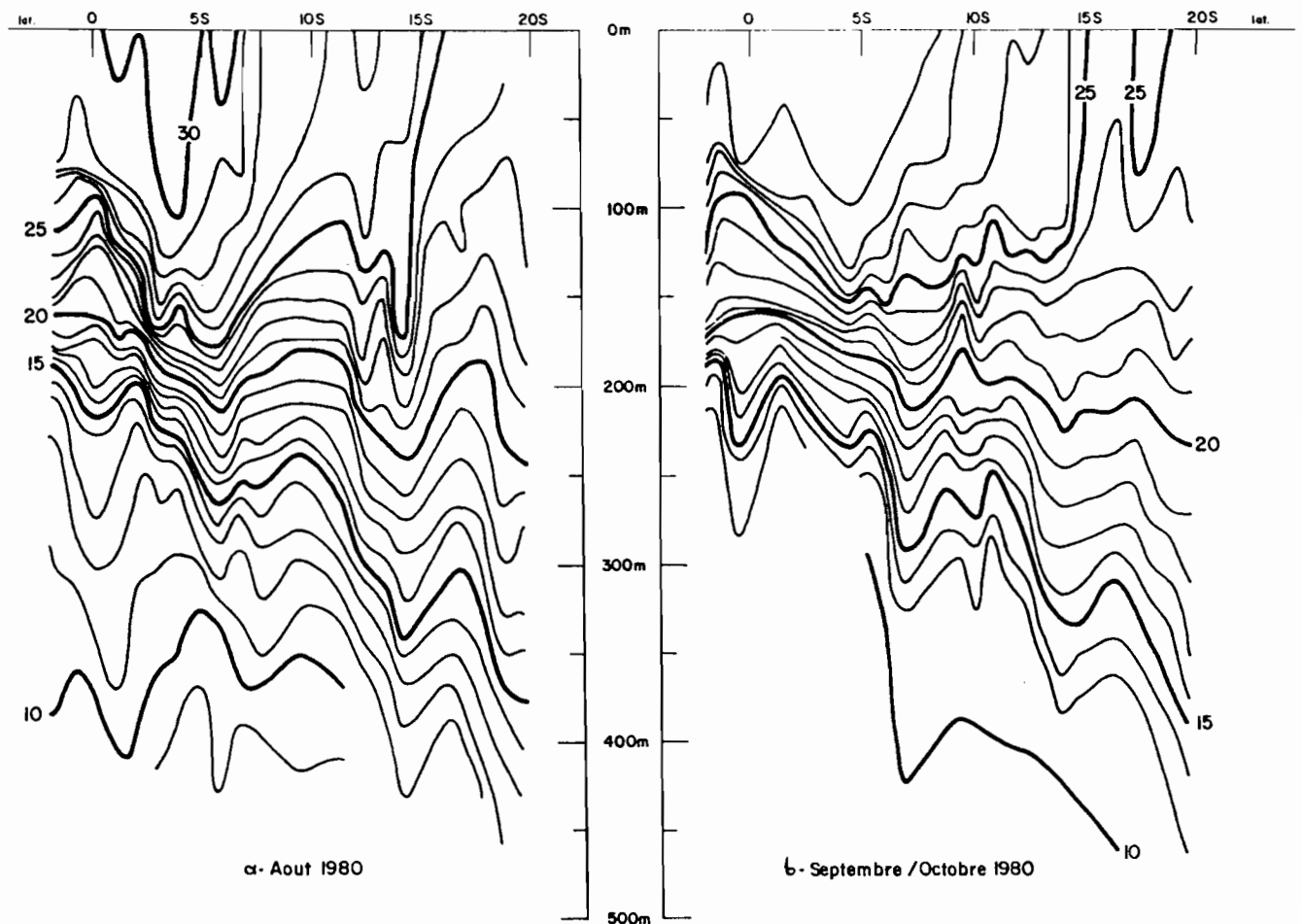
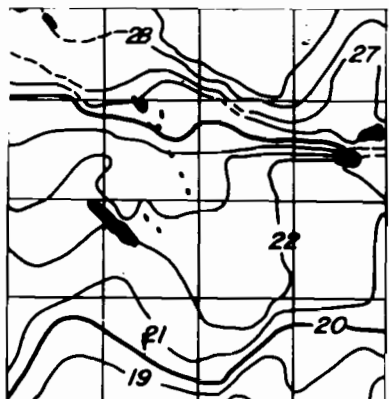


Fig. 4. Coupe thermique établie à partir des données des navires marchands de la ligne Noumea-Japon

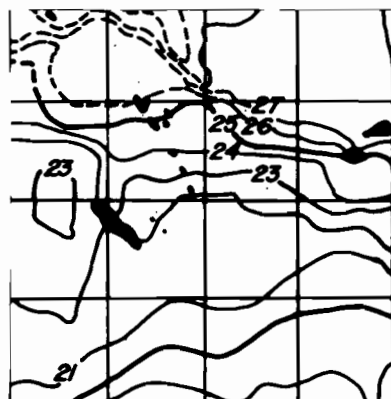
ser la programmation des vols et dès 1979, nous avons essayé d'obtenir des données satellitaires en temps réel. Compte tenu de l'altitude de l'avion, des techniques d'observation et de la précision thermique que nous obtenons du radiométrique (0,2°C), la méthode RAPT assure partiellement sa « vérité-terrain ».

En 1979, les seules données thermiques satellitaires disponibles étaient les cartes Gosstcomp⁷ fournies par la NOAA par voie postale. A partir de ces cartes hebdomadaires de température de surface une étude

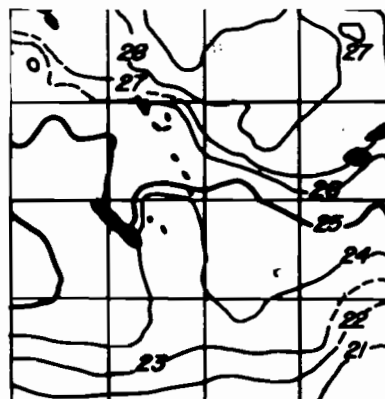
⁷ GOSSTCOMP Global Operational Sea Surface Temperature Computation



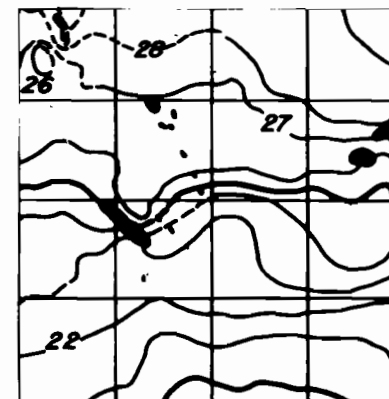
Semaine
du 15.10.80
au 21.10.80



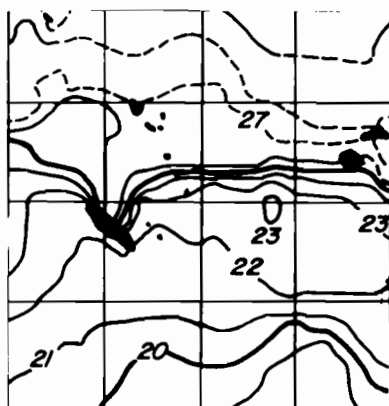
Semaine
du 22.10.80
au 28.10.80



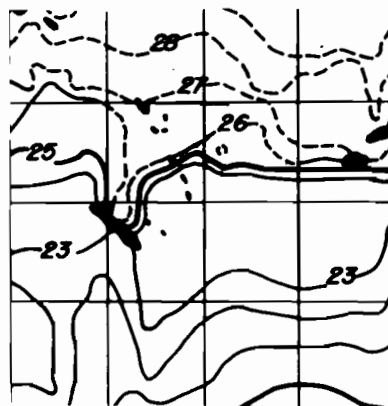
Semaine
du 29.10.80
au 04.11.80



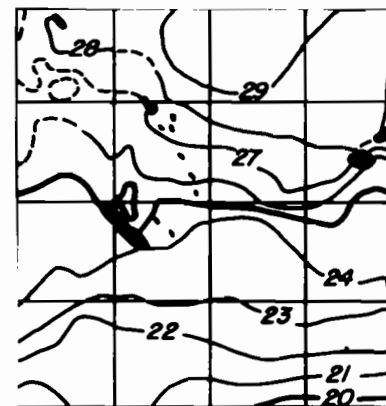
Semaine
du 05.11.80
au 12.11.80



Semaine
du 13.11.80
au 18.11.80



Semaine
du 19.11.80
au 25.11.80



Semaine
du 26.11.80
au 02.12.80

Fig. 5. Température de surface entre le 15-10-80 et le 2-12-80
(cartes NOAA-GOSSTCOMP dans la région du Vanuatu)

(Petit et Henin, 1984) a été faite dans le cadre de la convention avec le Vanuatu : « L'analyse porte sur 16 semaines (de janvier 1979 à juin 1982) et montre que l'est de la mer de Corail est le siège de fronts thermiques superficiels qui traversent les archipels ni-vanuatu et fidjien. Ces fronts peuvent se déplacer rapidement selon les conditions hydroclimatiques, ce qui laisse supposer une advection rapide des eaux de surface.

Nous considérons la zone allant de 10° à 25° et de 160°E à 180°. Notre analyse est faite par région de cinq degrés-carré. Par définition, nous estimons qu'il y a un front thermique lorsque trois isothermes ou plus traversent une surface de 5° de longitude par 30' de latitude. Nous parlerons alors de « fronts de type 3 ou supérieur à 3 ». Les résultats dans la zone considérée sont les suivants (figure 3) :

- sur 164 semaines étudiées de 1979 à 1982, il y en a 118 (soit 72 %) qui présentent au moins une situation frontale de type égale ou supérieure à 3. Les fronts de type 4 représentent le tiers de ces situations;

- plus de 80 % des fronts affectent l'isotherme 25°C et 41 % sont centrés sur l'isotherme 25°C;

- la fréquence la plus élevée (28 %) de situations frontales est rencontrée dans le carré centré sur le Vanuatu;

- lorsqu'une situation frontale est présente dans la zone d'étude, le nombre moyen de carrés (5° X 5°) affectés par celle-ci est de 1,87;

- en moyenne la fréquence des semaines à situation frontale est de :

2 semaines/mois en janvier, février, mars

3 semaines/mois en avril, mai

3,5 semaines/mois en juin

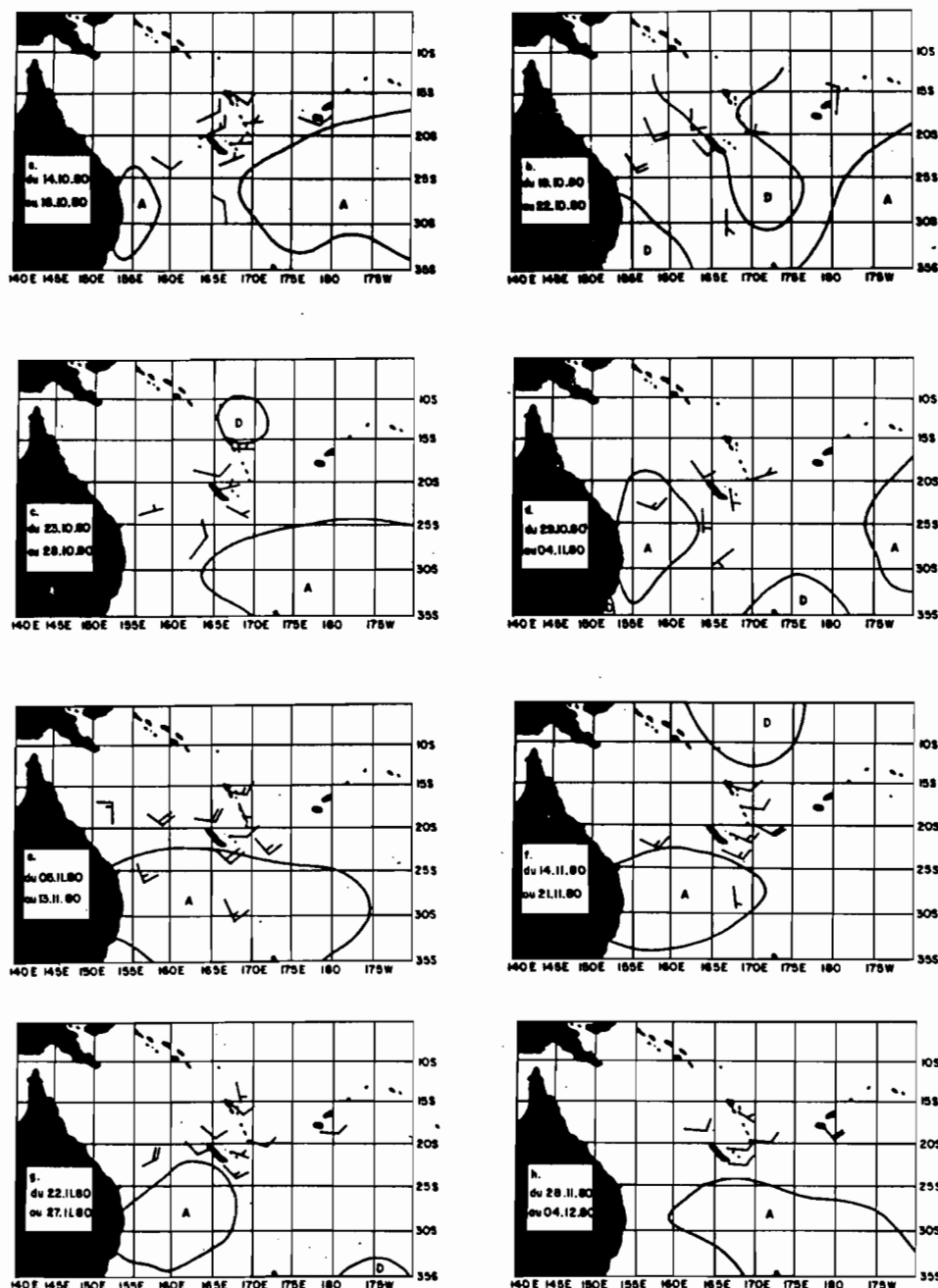


Fig. 6. Conditions météorologiques entre le 15-10-80 et le 4-12-80 dans le Sud Ouest Pacifique

4 semaines/mois de juillet, août, septembre
4,6 semaines/mois en octobre
4,3 semaines/mois en novembre
4 semaines/mois en décembre.

Deux types de situation se sont souvent répétées :

– La première correspond à un front zonal très marqué, stable et situé souvent dans le nord de la région. Nous le trouvons par exemple, entre août et octobre 1980 vers 15°S. Les relevés thermiques (bathythermographe et température de surface) des navires marchands de la ligne Nouméa-Japon ont permis de vérifier son existence et la coupe verticale correspondante (fig. n° 4) montre l'épaisseur importante des masses d'eau en présence (120 m). Ce type de situation est probablement dû au système Courant/Contre-Courant Equatorial Sud (CES et CCES). Sa durée de vie est comprise entre deux et trois semaines mais en 1980 sa stabilité a atteint 10 semaines (août à octobre). Pour les 164 semaines analysées, 48 situations frontales ont été répertoriées et 36 % correspondaient à ce type.

– la seconde (31 % des fronts répertoriés) concerne généralement le chenal des Hébrides. Sa durée de vie est également comprise entre deux et trois semaines. Elle est caractérisée par la forme en langue des isothermes. Les campagnes océanographiques (Hydrothon 03, Circal, etc) (Henin et al, 1982; Henin, 1980) ont pu établir qu'il s'agissait généralement d'un front thermohalin et que la thermocline se situait alors entre 60 et 80 m. L'action du vent et du courant est déterminante pour la frontogénèse dans ce secteur. Compte-tenu de son importance pour la pêche des thonidés, nous donnons ici un exemple de relation étroite entre régime d'alizé, courant sud-est et formation d'un front de ce type (fig. n° 5 et 6) :

La période qui s'étend d'octobre à décembre 1980 constitue une intersaison marquée par un réchauffement progressif que l'on suit aisément par les isothermes 24, 25 et 26°C. L'effet du Contre Courant Tropical Sud (CCTS) portant au sud-est est bien mis en évidence à l'est de la Grande Terre.

Jusqu'au 4 novembre 1980, le réchauffement s'opère régulièrement. L'isotherme 23°C est repoussé jusqu'à 27°S à la longitude de la Nouvelle Calédonie. Le vent de sud-est reste faible (autour de 5 nœuds).

Dès le 5 novembre 1980, un fort anticyclone centré au nord de la Nouvelle Zélande dirige vers la Nouvelle Calédonie des alizés de 15 à 20 nœuds. Ce flux intense persiste jusqu'au 21 novembre, puis commence à faiblir dans les semaines qui suivent. À l'est de la Nouvelle Calédonie, l'avancée des eaux chaudes se heurte alors à un mouvement vers le nord d'eaux plus fraîches (marquée pour les isothermes 22 et 23°C). On assiste à une « compression » des isothermes de 23 à 26°C, qui se relâche lorsque le vent faiblit (du 19 au 25 novembre). Le front finit par disparaître dans la semaine du 26 novembre au 2 décembre 1980.

Ce type de front est donc très lié au régime du vent : il naît sous l'effet d'alizés suffisamment forts (autour de 20 nœuds) et se disloque lorsque ceux-ci faiblissent.

Compte-tenu de la régularité du scénario de frontogénèse dans ce secteur la prévision de la formation des structures frontales est envisageable ».

Cette étude a également mis en relation la présence des fronts avec les concentrations en thonidés et donné une explication partielle à leur variation spatio-temporelle d'abondance.

Les cartes GOSSTCOMP, dont la qualité n'a fait que croître entre 1979 et 1984, restaient les seules données thermiques satellitaires que nous recevions régulièrement par courrier avec 2 à 3 semaines de retard. Ce retard en limitait sérieusement l'exploitation.

Ceci explique pourquoi dès 1979 nous avons cherché à obtenir des données satellitaires en temps réel et que la convention avec la Nouvelle Calédonie a comporté l'étude d'un projet de la mise en place d'une station de réception secondaire (APT⁸) qui est finalement à l'origine du projet d'installation d'une station HRPT⁹ à Nouméa (projet TEMPO).

Des 1980, des contacts ont été établis avec la station de réception HRPT de Wellington et en 1983 les vols de radiométrie ont servi occasionnellement de vérité-terrain pour l'établissement de cartes de température de surface (fig. 7). Cependant la zone d'acquisition de cette station était un peu trop sud par rapport à notre zone d'étude (fig. 1). C'est également le cas avec celle de Melbourne qui nous a cependant fourni la première image HRPT de la province néo-calédonienne.

Devant l'absence de station HRPT dans la région – puisque à part celles de Wellington et de Melbourne, les autres (Nouméa, Townsville...) étaient en projet et ne sont toujours pas opérationnelles – nous nous sommes tournés vers l'exploitation en différé de données GAC¹⁰ acquises par satellites de la série TIROS N de la NOAA. Ce type de données correspond à une dégradation de la résolution spatiale des données haute résolution en moyennant quatre points sur cinq pris toutes les trois lignes. Cela ramène la résolution à 4 km environ au nadir. Cet échantillonnage est fait à bord du satellite où il est stocké pour l'ensemble du globe. La retransmission en différé est faite chaque jour aux stations de commande de Wallops (Virginie, USA) et de Gilmore Creeck (Alaska, USA). Notons que seule la résolution spatiale est dégradée et qu'en revanche, le pouvoir séparateur et le nombre de canaux acquis sont conservés.

Une petite étude sur une dizaine d'orbites type GAC a été réalisée en 1984 (Champagne, 1984) avec des moyens calculs très peu adaptés pour ce travail. Son but était de savoir s'il serait possible, à partir d'une station HRPT, de suivre les zones de convergences et de divergences et d'améliorer nos connaissances sur la circulation superficielle par l'établissement de cartes de températures de surface. Là encore, les données de radiométrie aérienne ont servi de vérité-terrain (fig. 8). La principale conclusion de cette étude est que, contrairement à une opinion répandue (mais comme l'avait laissé prévoir les résultats des opérations de RAPT), il est possible de mettre en évidence et de suivre un nombre important de phénomènes océaniques régionaux à partir de données satellitaires tels que la position et l'intensité des zones de divergences et de convergences. En plus de l'halieutique hauturière, ceci devrait également susciter de l'intérêt en hydroclimatologie pour les études des phénomènes de type ENSO (El Niño Southern Oscillation).

⁸ APT Automatic Picture Transmission

⁹ HRPT High Resolution Picture Transmission

¹⁰ GAC Global Average Cover

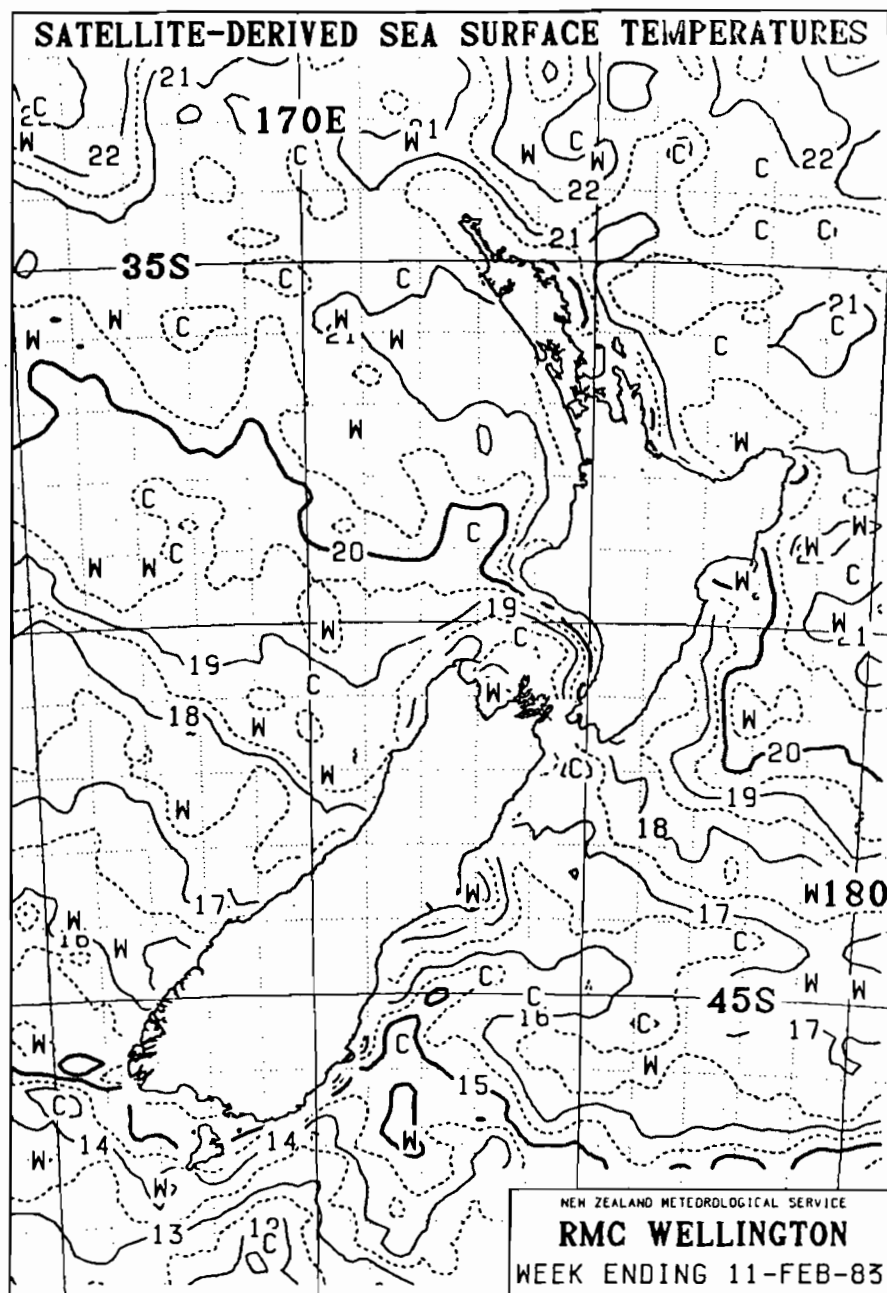


Fig. 7. Carte de température de surface établie à partir des données satellitaires GAC et comparées aux données RAPT. Fin août 81

Enfin les opérations RAPT ont encore fourni, de façon plus inattendue, à deux reprises les données de vérité terrain.

Tout d'abord ces vols ont permis de visualiser le phénomène de surchauffe, par temps très calme, de la pellicule superficielle de l'océan en créant ainsi les différences de températures de l'eau de plusieurs degrés entre cette mince pellicule et la masse d'eau sous-jacente ou voisine. Ceci intéresse surtout les études de bilan radiatif et se trouve un peu éloigné des préoccupations de l'halieutique.

En revanche, plus intéressant a été l'exploitation du paramètre couleur de l'eau relevé au cours des vols de RAPT. En effet, dès les premiers vols en février 1979, nous avons remarqué — et décidé de coder — la présence en surface de filaments de plusieurs kilomètres de long sur quelques mètres de large — leur couleur,

souvent hétérogène, va du jaune vert au brun, parfois orangé. Ces filaments sont généralement observés près des lignes de courants et par mer calme, dans la partie chaude des fronts thermiques. L'origine de ces filaments a pu être identifiée à des blooms phytoplanctoniques de type *cyanobacteria*. Il a été démontré (Petit et Henin, 1982; Dupouy *et al.* 1988) que ces formations phytoplanctoniques sont statistiquement plus importantes en saison chaude dans la région est calédonienne-sud-hébraïde. C'est dans ces régions que la fréquence des fronts thermiques, établie à partir de l'analyse des cartes GOSSTCOMP (cf § 2.13), est plus élevée. Ce phénomène, bien qu'intéressant pour l'halieutique, puisque qu'il met en évidence des zones à forte productivité, restait anecdotique tant que l'on ne pouvait évaluer son ampleur et sa répartition. Une étude récente réalisée par Dupouy *et al.* (1988) vient de valoriser pleinement ces observations par l'exploitation d'images concomitantes

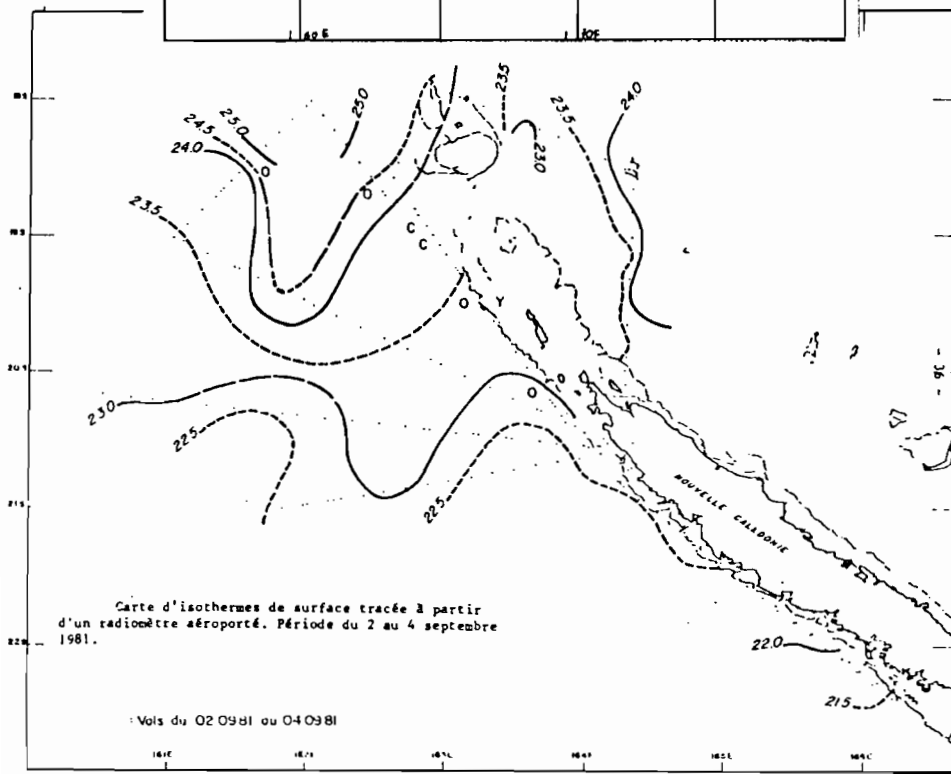
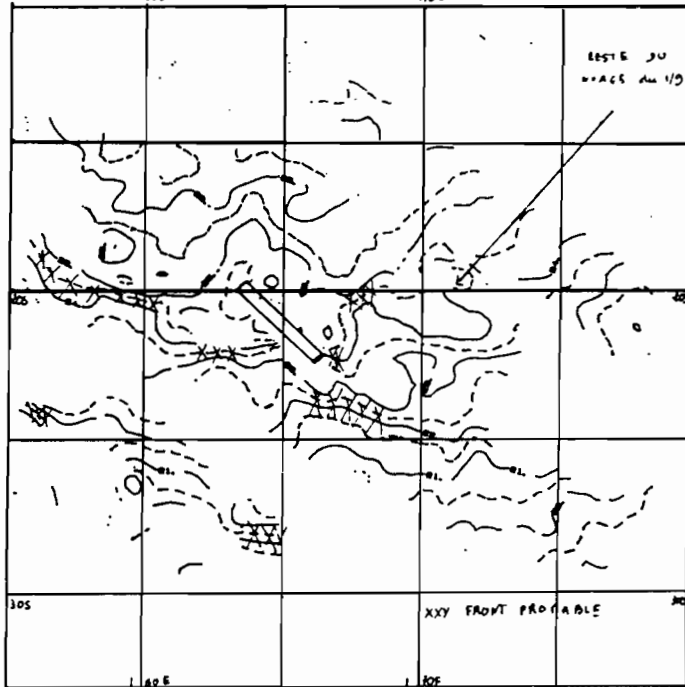
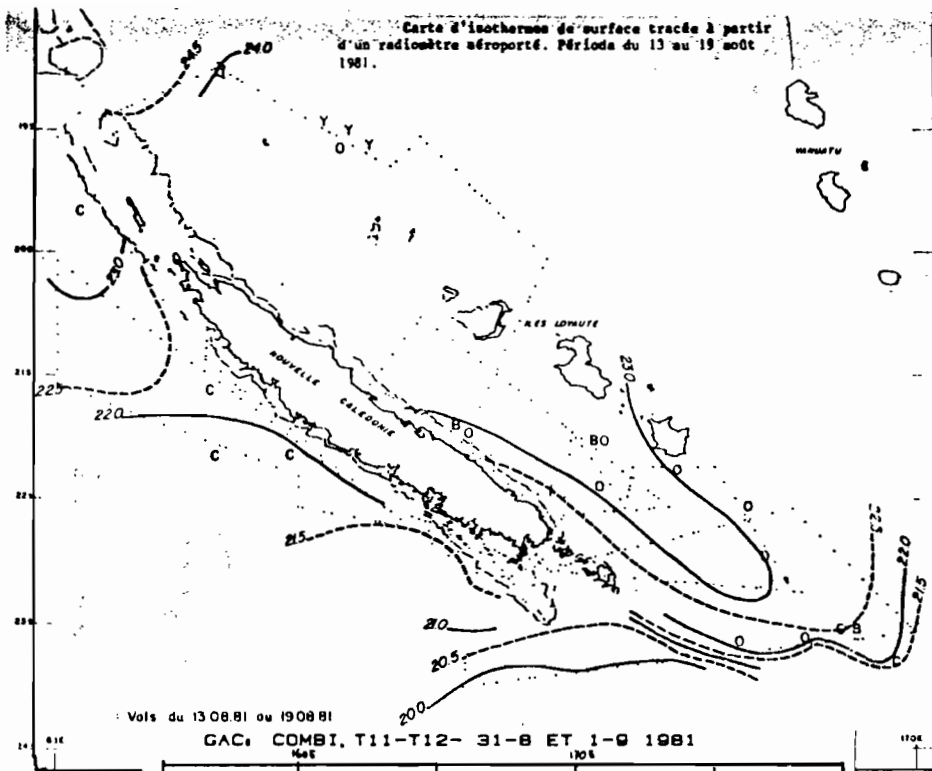


Fig. 8

du capteur CZCS¹¹ du satellite NIMBUS⁷. L'une d'entre elles montre que le bloom phytoplanctonique, repéré par les observations de radiométrie aérienne, s'étend sur une surface de 90 000 km autour de la Nouvelle Calédonie et du Vanuatu. A partir de ces images, les auteurs ont pu estimer que la fixation d'azote liée à la présence de ce bloom représenterait 60 % de la fixation annuelle pour le Pacifique dans sa totalité, alors que ce phénomène était supposé mineur (Capone et Carpentier 1983). Ainsi, les images satellites sont probablement l'outil idéal pour observer et évaluer les aires atteintes par ce type de bloom et surtout pour recenser la fréquence du phénomène.

Ces deux derniers exemples montrent bien combien la télédétection aérienne et la télédétection spatiale peuvent être complémentaires particulièrement dans une région aussi vaste et mal connue que le Pacifique ouest.

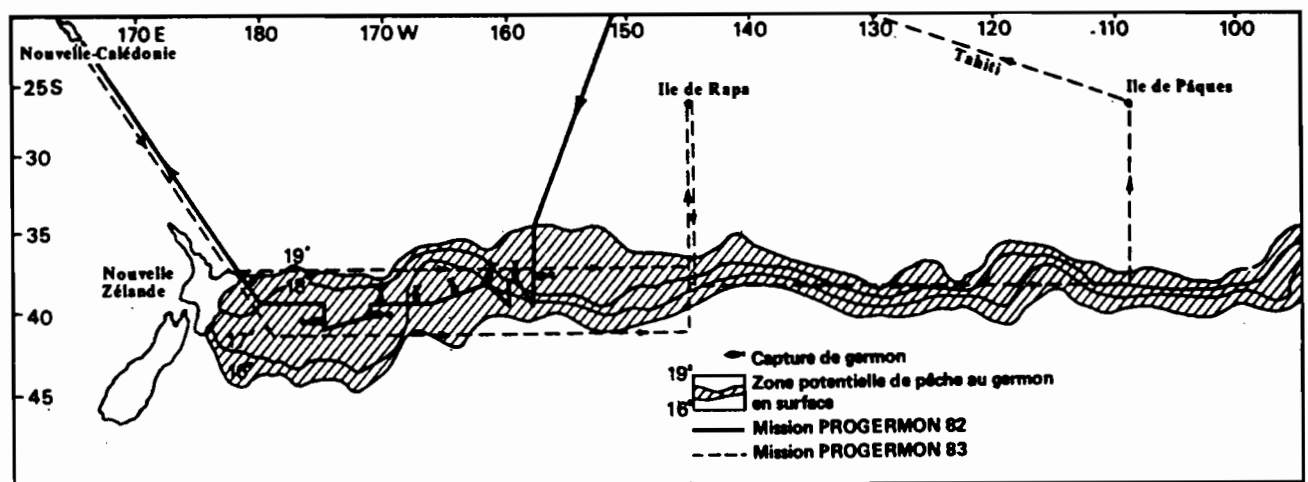


Fig. 9. Zone de pêche potentielle du germon dans le Pacifique sud central (in Hallier et Legall, 1983)

télédétection aérospatiale (Petit, 1976). Dans le Pacifique sud, il a été démontré que les prises de germon étaient réalisées dans la zone de convergence subtropicale qui correspond à un front thermique (entre 16 et 19°C) très net parfaitement identifiable sur les cartes issues de données satellite même si elles ont la qualité des cartes GOSSTCOMP (fig. 9).

2.2.2. Emploi de la télédétection pour les unités de pêche japonaises

Depuis une dizaine d'années environ, l'intérêt des scientifiques japonais à l'intégration des données de télédétection aérospatiale en océanographie et halieutique n'a fait que croître (Doumenge, 1987). Ceci s'est manifesté par une série de programmes, durant le plan quinquennal de 1976 à 1981, chargé justement de cette intégration. Dans ce cadre, les premières zones-tests ont été localisées près du Japon (fig. 10) : par exemple le suivi de la limite du KURO SHIO réalisé par l'équipe du professeur Toba de l'Université de Tohoku en liaison avec le TRFRL¹⁴.

Avec le lancement du satellite MOS 1 en 1987 et la préparation de MOS 2, la dynamique de recherche s'est fortement accélérée : la création de groupe de travail

2.2. Autres programmes

D'autres programmes de recherche concernant peu ou prou la télédétection et l'halieutique hauturière ont été développés dans les régions voisines de celle qui nous intéressent.

2.2.1. Le programme Germon du Pacifique sud

Conçu depuis la campagne exploratoire du NO Coriolis en 1982 (Hallier et Le Gall, 1983), ce programme est à l'initiative de quatre organismes : l'ORSTOM (France), la FRD¹² (Nouvelle-Zélande), le NMFS¹³ (USA) et la CPS. Le germon (*Thunnus alalunga*) est l'un des thons les plus sensibles, dans la phase immature de son cycle, aux variations de température de surface (Aloncle, 1973; Le Gall 1974) et, dès lors, sa pêche et sa prospection ont beaucoup à attendre de la

tant pour les capteurs classiques (MOS 2 Ocean Colour Temperature Working Group) que les capteurs actifs (scatteromètre) et la parution de nombreuses publications (Akiyama *et al.*, Hirozawa, 1984) en sont la démonstration.

Compte tenu (a) de la pratique traditionnelle de la pêche en flottilles intégrées où toutes les unités communiquent et travaillent ensemble en permanence, (b) de l'imbrication entre applications et recherches et (c) de l'importance économique de la pêche au Japon, on peut penser que les programmes japonais, notamment ceux du JAFIC¹⁵ devraient s'étendre rapidement sur l'ensemble des pêcheries thonières.

2.2.3. Les stations AVHRR australiennes

Le WAIT¹⁶ a développé à partir de sa station HRPT, opérationnelle depuis juillet 1982, un programme triennal (1984-1987) de surveillance de l'environnement océanique en collaboration avec les pêcheurs de thon rouge, les compagnies de prospection aérienne et les armateurs. L'approche est des plus classiques : on étudie la couverture nuageuse et la température de

¹¹ CZCS Coastal Zonal Color Scanner

¹² FRD Fisheries Research Division (Nouvelle Zélande)

¹³ NMFS National Marine Fisheries Service (USA)

¹⁴ TRFRL Tohoku Regional Fisheries Research Laboratory

¹⁵ JAFIC Japan Fisheries Information Service Centre

¹⁶ WAIT Western Australian Institute of Technology

TYPE DE PRÉVISION HÉBOMADAIRE SUR LA LOCALISATION DE ZONES PRODUCTRICES POUR LA PÊCHE PÉLAGIQUE

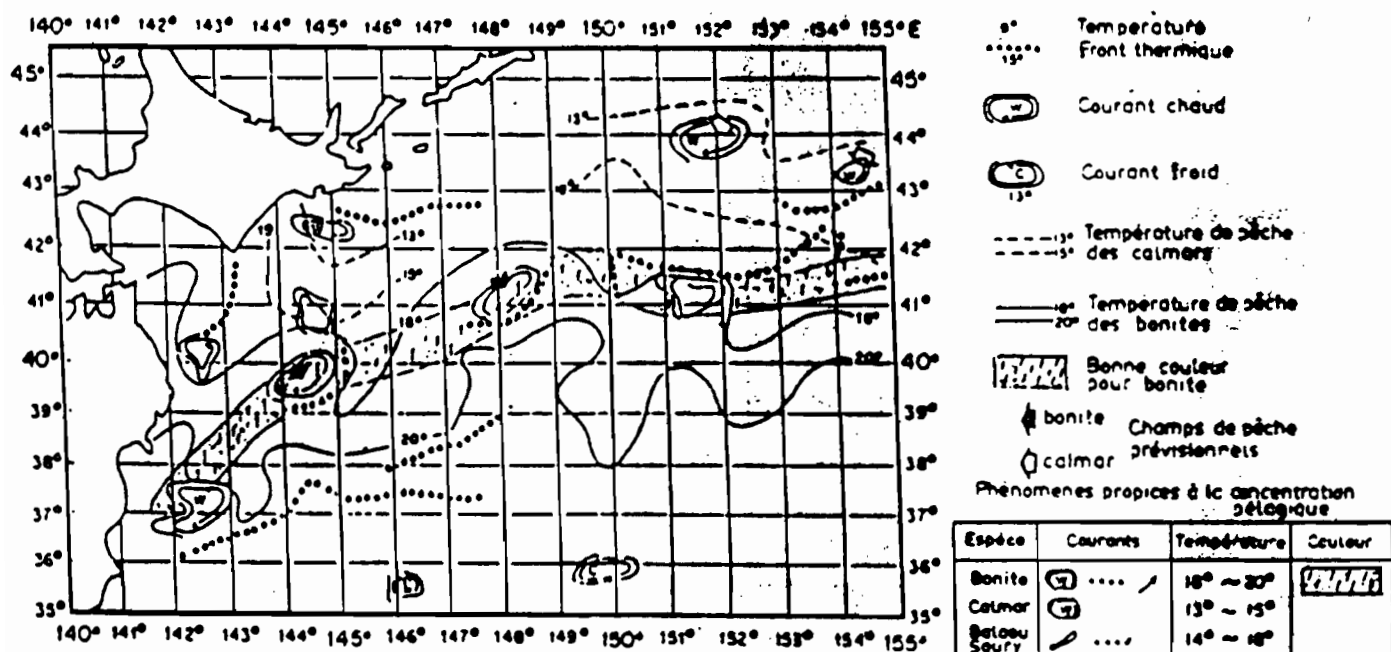


Fig. 10. Informations de prédiction de zones de pêche diffusées par le Japan Fisheries Center (JAFIC)

surface à partir des données des satellites NOAA; la vérité terrain (température, nuages et prises de thonidés) est fournie par les cahiers de pêche, les cartes issues des images satellites sont transmises par fac-similé aux pêcheurs (Podmore *et al.*, 1984). Bien que la station de Perth ne concerne que l'océan Indien est et le sud de l'Australie et soit donc en dehors de notre zone d'étude, il faut savoir que le NADIS¹⁷ s'est équipé, à Townsville, mi-87, d'un système de réception AVHRR¹⁸ de type SAT-TRAC tout-à-fait comparable à celui de Perth. La zone d'acquisition depuis Townsville est, à l'heure actuelle, celle qui intéresse le plus notre zone d'étude (fig. 1) pour la réception des données NOAA-AVHRR (anonyme, 1987).

3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La télédétection aérienne en halieutique hauturière — i.e. les opérations de RAPT pour l'essentiel — en gestation pendant plusieurs années dans les centres ORSTOM africains et dans les centres du NMFS (USA) sur la côte Californienne, s'est épanouie dans le Pacifique sud ouest avant d'être exportée dans l'océan Indien. Cette évolution, apparaît logique lorsque l'on se réfère à l'ordre de grandeur des surfaces respectives à prospector, à la comparaison du coût d'une donnée « bateau » et d'une donnée « avion » et aux faibles possibilités d'acquisition de données satellitaires de bonne qualité. Ces opérations de RAPT ont rempli leur rôle de prospection tout en développant une méthode originale d'évaluation de l'abondance des thonidés de surface et contribuent à l'élaboration des bases d'une océanographie et halieutique aéroportées qui tendent à voir le jour actuellement.

Les opérations de RAPT, ont dès l'origine, essayé d'intégrer les données de télédétection spatiale en insistant sur la complémentarité « bateau-avion-satellite ». Au vu de l'installation prochaine de nouvelles stations de réception NOAA-HRPT (Townsville et Nouméa) et des futurs capteurs (capteur de couleur de l'eau, scatteromètre, SAR¹⁹) embarqués à bord des futurs satellites (MOS, SPOT, TOPEX/POSEIDON), la télédétection aérospatiale devrait se développer fortement dans cette région du globe et contribuer au passage attendu d'une halieutique hauturière expérimentale vers une véritable halieutique opérationnelle.

4. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aloncle H. et F. Delaporte (1975). Données nouvelles sur le germon dans le Nord-Est Atlantique. *Rev. Trav. Pêches marit.* 37 (4) : 475, 572.
- Anonyme (1987). ACRES NEWS, juin 87.
- Capone D.J. and E. Carpenter (1982). Nitrogen fixation in the marine environment. *Sciences New York*, 217, 1140.
- Champagne M. (1984). Rapport d'activité (juillet 83 - déc. 84), non publié. ORSTOM Nouméa.
- Doumenge F. (1987). Deux yeux pour la pêche japonaise : transmission en fac-similé et cartographie thermique satellitaire. *La Pêche maritime* nov. 87.
- Dupouy C., M. Petit et Y. Dandonneau (In press). Satellite detected cyanobacteria bloom in the SW Tropical Pacific. Implication for Nitrogen fixation. *Int. Remote Sensing*.
- Hallier J.P. et J.Y. Legall (1983). Campagne de pêche exploratoire au germon de surface dans l'océan Pacifique sud central et occidental. *Lettre d'Inf. sur les Pêches* n° 24. CPS Nouméa.

17 NADIS North East Australian Satellite Imagery System
18 AVHRR Advanced Very High Resolution Radiometer

19 SAR Synthetic Aperture Radar (Radar à Ouverture Synthétique)

- Henin C. (1980). Résultats de la campagne HYDROTHON 03. RST océano n° 10. ORSTOM Nouméa.
- Henin C., L. Chabert et J.M. Guillermin (1982). Observation de surface à bord du N.O. Vauban. R.S.T. océano n° 25. ORSTOM Nouméa.
- Kearney R.E. (1978). Le programme d'étude et d'évaluation des stocks de bonites de la CPS. Document de travail n° 11. Conférence annuelle. CPS-Nouméa.
- Kleiber P., A.W. Argue and R.E. Kearney (1987). Assessment of Pacific Skipjack tuna resources by estimating stocks and components of population turnover from tagging date. *Can. Journ. Fish. Aquat. Sci.* 44 (6) : 1122-1134.
- Legall J.Y. (1974). Exposé synoptique des données biologiques sur le Germon de l'océan Atlantique. Synopsis FAO. FIRS/S109.
- Marsac F., M. Petit et J.M. Stretta (1987). Radiométrie aérienne et prospection thonière à l'ORSTOM, méthodologie, bilan et prospective. IDT n° 68. Télédétection 12. ORSTOM Paris.
- Maugham P.M. (1972). The impact of remote sensing data on the U.S. menhaden and shrimp fisheries. Final report prepared for spacecraft oceanography project. n° 62306-71-C-0173 Earth Sat. Corporation, Washington.
- Mendhelson R. and C. Roy (1986). Environmental influences on the FISM tuna catches in the gulf of Guinea, pp. : 170-188. *In* Proceedings of the ICCAT Conference on the International Skipjack Program. (P.E.K. Symons, P.M. Miyake and G.T. Sakagawa Editors) ICCAT 388 pp.
- Petit M. (1976). Ecologie du Germon et Télédétection aérospatiale. DAA halieutique à l'Ecole Nat. Sup. Agronomie. 72p. ENSAR-Rennes.
- Petit M. (1984a). Méthode d'évaluation des stocks de thoniés de surface à partir des données de radiométrie aérienne et prospection thonière. Application en Nouvelle Calédonie et Vanuatu. Conférence extraordinaire sur le thon CPS Nouméa.
- Petit M. (1984b). Aerial radiometry and tuna survey: a method for evaluation of surface tuna stocks in New Caledonia and Vanuatu aera. 35th Annual tuna conference. Lake Arrowhead. LATTTC NMFS.
- Petit M. (1986). Coherent theory on tuna behaviour. 37th Annual tuna conference. Lake Arrowhead. IATTC-NMFS.
- Petit M. et C. Henin (1982). Radiométrie aérienne et prospection thonière. Rapport Final Vanuatu. Notes et documents d'océanographie n° 3 ORSTOM Port-Villa Vanuatu.
- Petit M. et M. Kulbicki (1983). Radiométrie aérienne et prospection thonière dans la ZEE de Polynésie française. Notes et documents d'océanographie n° 20 ORSTOM-Tahiti.
- Podmore L., F.R. Honey, P.T. Hyck and D.G. Myers (1984). An evaluation of the potential of NOAA-AVHRR data within tuna industry on the south coast of western Australia. Landsat 84 conference. Proceeding 3rd Australasian Remote Sensing conference.
- Postel E. (1969). Répartition et abondance des thons dans l'Atlantique tropical. 109-138. *In* Actes du symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical, Abidjan 20-28 octobre 1966. Organisé conjointement par l'Unesco, la FAO et l'OUA. Editions de l'Unesco (Paris).
- Stretta J.M. et M. Slepoukha (1983a). Les satellites, l'ordinateur et l'aide à la pêche. La Pêche maritime janvier 1983. n° 1258 : 38-41.