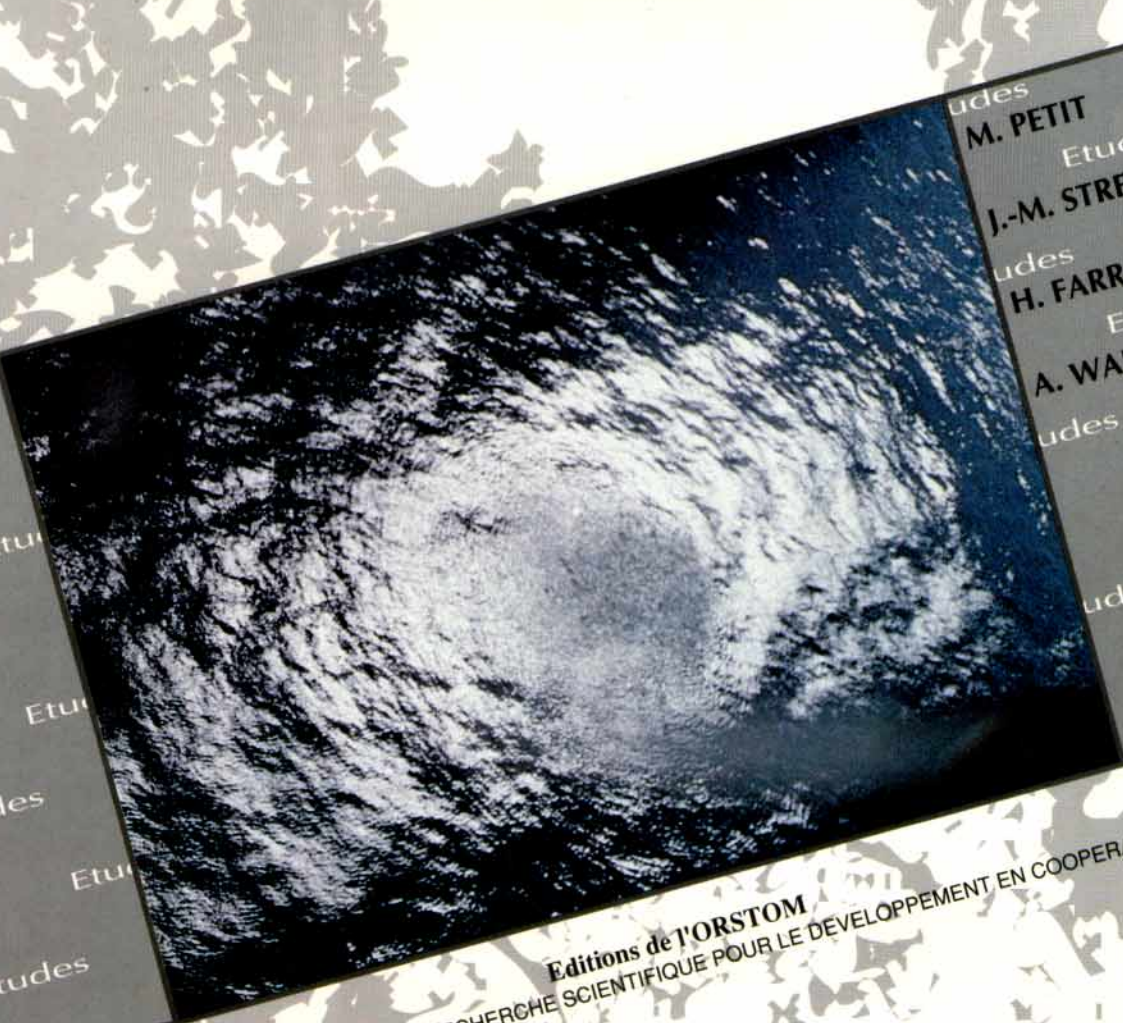




# HAREM HALIEUTIQUE ET RADAR, EXPERIMENTATION EN MEDITERRANEE

Potentialités du radar SAR en halieutique  
Application à la pêche thonière de surface  
et à la pêche artisanale



Etudes  
M. PETIT  
Etudes  
J.-M. STRETTA  
Etudes  
H. FARRUGIO  
Etudes  
A. WADSWORTH  
Etudes  
Etudes  
Etudes

Editions de l'ORSTOM  
INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

**HAREM**

**HALIEUTIQUE ET RADAR : EXPERIMENTATION EN MEDITERRANEE**

**Potentialités du radar SAR en halieutique - application à la pêche thonière de surface et à la pêche artisanale**

*La photographie de couverture, prise au cours de l'expérience HAREM depuis l'avion, représente un banc de thons rouges qui sautent à la surface de l'eau. Ce cliché, qui a la particularité d'être pris dans le reflet spéculaire, explique et résume aux "radaristes" toute l'hypothèse de base de l'expérience, comme cela est développé par les auteurs dans ce document.*

---

*Cette étude est la publication du rapport de conventions dont a fait l'objet l'expérience HAREM, réalisée en août 1989.*

---

*Maquette de couverture : Philippe Azzaretti*

*Crédit photo : Graham Bell, Henri Farrugio, Michel Petit, Jean-Michel Stretta.*

---

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les "copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective" et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, "toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite" (alinéa 1er de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

# HAREM

## HALIEUTIQUE ET RADAR, EXPÉRIMENTATION EN MÉDITERRANÉE

Potentialités du radar SAR en halieutique  
Application à la pêche thonière de surface  
et à la pêche artisanale

---

Michel PETIT\*  
Jean-Michel STRETTA\*  
Henri FARRUGIO\*\*  
Alain WADSWORTH\*\*\*

---

ORSTOM IFREMER GDTA ONPTR SEMER MAE REGION-Languedoc-Roussillon INTER-THON-Méditerranée

---

### **Editions de l'ORSTOM**

INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

*Collection Etudes et Thèses*

PARIS - 1990

---

\* ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier CEDEX.

\*\* IFREMER, 1 Rue Jean Vilar, 34200 Sète.

\*\*\* GDTA, 18 Avenue Edouard Belin, 31055 Toulouse CEDEX.

*Cette présente étude est dédiée à Louis Calviera, observateur expert de la société Inter-thon-Méditerranée, décédé lors de l'accident d'avion survenu ce printemps aux Açores, après un vol de prospection thonière. Loulou, bien connu et estimé de tout le petit monde de la pêche thonière méditerranéenne, est, par ses grandes qualités humaines et son professionnalisme rare, pour une grande part dans le bon déroulement et le succès de l'expérimentation HAREM.*

## TABLEAUX ET FIGURES

### *Tableaux :*

Tableau 1 : Résumé des conditions météorologiques au large dans le golfe du Lion entre le 26 juillet 1989 et le 8 août 1989.

Tableau 2 : Inventaire complet des acquisitions sélectionnées de la campagne HAREM

### *Figures :*

Figure 1 : Fonctionnement du radar imageur à visée latérale (SLAR).

Figure 2 : Principaux modes d'apparitions des thons en surface.

Figure 3 : Schéma synoptique des hypothèses servant de bases à l'expérimentation HAREM.

Figure 4 : Principales manoeuvres effectuées lors d'un coup de senne, d'après FARRUGIO (1981).

Figure 5 : Schéma d'ensemble d'une capéchade.

Figure 6 : Quelques types d'assemblages de capéchades.

Figure 7 : Constitution des tables à coquillages, d'après HAMON et TOURNIER (1981).

Figure 8 : Situations météorologiques du 1er au 10 août 1989.

Figure 9 : Situation thermique relative du 9 août 1989 dans le golfe du Lion.

Figure 10 : Principaux vols effectués avec le Partenavia d'Inter-thon-Méditerranée durant HAREM-thon.

Figure 11 : Principaux vols effectués avec le Dornier du DLR durant HAREM-thon.

Figure 12 : Vols effectués au cours de HAREM - étangs.

Figure 13 : Position des capéchades relevées à partir d'un vol à basse altitude.

Figure 14 : La cible banc de thon : exemples de résultats acquis après prétraitement et traitement des données E-SAR.

Figure 15 : La cible cétacé : exemple de résultats acquis après prétraitement et traitement des données E-SAR.

Figure 16 : La cible senne et senneur en action de pêche : exemples de résultats acquis après prétraitement et traitement des données E-SAR.

Figure 17 : Acquisition radar E-SAR dans la région de BAGES-SIGEAN.

Figure 18 : Extrait de l'acquisition radar E-SAR de la région de Sète.

Figure 19 : Acquisition radar E-SAR sur l'étang de Thau.

Figure 20 : Correction de la dérive de l'avion et simulation d'un angle de visée DR non nul lors de l'intégration des données brutes.

Figure 21 : Acquisition radar VARANS de l'étang de Thau, le 2 avril 1986 (bande X, polarisation VV, altitude 5 600 m, résolution 3 m).

Figure 22 : Caractéristiques du vecteur : le Dornier 228.

Figure 23 : Caractéristiques techniques sur le capteur : le radar E-SAR.

Figure 24 : Géométrie du radar E-SAR en opération.

Figure 25 : Organigramme du prétraitement SAR utilisé par le DLR pour le radar E-SAR.

# SOMMAIRE

Tableaux et figures	6
Sommaire	7
Sigles employés	8
Remerciements	9
Avant-propos	11
<b>CHAPITRE I : CONTEXTE GENERAL DE L'EXPERIMENTATION</b>	<b>13</b>
1 Préambule : théorie et méthodologie expérimentale	15
1.1 Capteurs	15
1.2 Cibles	18
1.2.1 Bancs de thons	18
1.2.2 Engins de pêche artisanale	24
2 Conditions d'exécution	26
2.1 Equipes et programmes	26
2.1.1 ORSTOM-Montpellier	26
2.1.2 IFREMER-Sète	27
2.1.3 GDTA-Toulouse	27
2.2 Matériel radar	28
3 Contextes météorologique, océanographique et halieutique	29
3.1 Météorologie et océanographie	29
3.2 Contexte halieutique	30
3.2.1 Pêche thonière méditerranéenne occidentale	30
3.2.2 Pêche artisanale et conchyliculture dans les étangs du Languedoc Roussillon	33
<b>CHAPITRE II : REALISATION ET RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION</b>	<b>39</b>
1 Stratégie expérimentale : HAREM - Thon	41
2 Stratégie expérimentale : HAREM - Etangs	59
<b>CHAPITRE III : TRAITEMENT DES DONNEES SAR, ACQUIS ET DISCUSSION</b>	<b>65</b>
1 Prétraitement et traitement des scènes acquises	67
1.1 Prétraitement	67
1.2 Traitement SAR	69
2 Acquis de l'opération HAREM - thon ; discussion	69
3 Acquis de l'opération HAREM - étangs ; discussion	78
3.1 Difficultés rencontrées	78
3.2 Les acquis	86
<b>CHAPITRE IV : RECOMMANDATIONS - PROSPECTIVES</b>	<b>91</b>
1 Recommandations : de l'expérience à l'opérationnel	93
2 Prospective : radar spatial et halieutique	93
Références bibliographiques	97
<b>ANNEXE A : RAPPORT DE GRAHAM BELL, EXPERT EN OBSERVATIONS AERIENNES</b>	<b>99</b>
<b>ANNEXE B : CARACTERISTIQUES DU VECTEUR ET DU CAPTEUR EMPLOYES AU DLR</b>	<b>109</b>
<b>ANNEXE C : HAREM : VALORISATION ET PUBLICATIONS SCIENTIFIQUE</b>	<b>119</b>

## SIGLES EMPLOYES

AVHRR : - Advanced Very High Resolution Radiometer.  
BAP : - Bureau d'aide à la pêche.  
BDPA : - Bureau pour le développement de la production agricole.  
BRGM : - Bureau de recherche géologique et minière.  
CCRS : - Canadian Center of Remote Sensing.  
CCT : - Computer Compatible Tape.  
CEE : - Communautés économiques européennes.  
CNES : - Centre national d'études spatiales.  
CSIRO : - Commonwealth Scientific and Industrial Research Organism.  
DLR : - Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt.  
ERS-1 : - Earth Remote Sensing Satellite n° 1.  
ESA : - European Space Agency.  
E-SAR : - Experimental SAR.  
GARS : - Groupe *ad hoc* pour le radar spatial.  
GDTA : - Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale.  
GNS : - Global Navigation System.  
HAREM : - Halieutique et radar : expérimentation en Méditerranée.  
HDDT : - High Density Digital Tape.  
HH (polarisation) : - Horizontale (à l'émission), horizontale (à la réception).  
HV (polarisation) : - Horizontale (à l'émission), verticale (à la réception).  
IATTC : - Inter-American Tropical Tuna Commission.  
ICCAT : - International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas.  
IFP : - Institut français du pétrole.  
IFREMER : - Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.  
IGARSS : - International Geosciences and Remote Sensing Symposium.  
IGN : - Institut géographique national.  
ISOFO : - International Symposium of Operational Fisheries Oceanography.  
JAFIC : - Japan Fisheries Information Service Center.  
MAE : - Ministère des affaires étrangères.  
MRT : - Ministère de la recherche et de la technologie.  
NMFS : - National Marine Fishery Service.  
NOAA : - National Oceanographic and Atmospheric Administration.  
ONPTR : - Office national des professionnels du thon rouge.  
ORSTOM : - Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération.  
RAR : - Real Aperture Radar.  
SAR : - Synthetic Aperture Radar.  
SEMER : - Secrétariat d'état à la mer.  
SLAR : - Side Looking Airborne Radar.  
SPOT : - Satellite probatoire pour l'observation de la terre.  
VH (polarisation) : - Verticale (à l'émission), horizontale (à la réception).  
VHF : - Very High Frequency.  
VV (polarisation) : - Verticale (à l'émission), verticale (à la réception).



## REMERCIEMENTS

Outre tous les participants, bailleurs de fond et prestataires,

- AERO-MARINE SURVEYS AND CONSULTANTS,
- DLR,
- GDTA,
- IFREMER,
- INTER-THON-Méditerranée,
- MAE-MRT,
- ONPTR,
- ORSTOM,
- Région LANGUEDOC-ROUSSILLON,
- SEMER,

les auteurs tiennent à remercier également de façon bien plus sincère que formelle :

- les personnels du DLR-Munich, du GDTA, de l'IFREMER-Sète, et de l'ORSTOM-Montpellier,
- les pilotes et membres d'équipage du DLR et d'INTER-THON-Méditerranée,
- la météorologie de l'aéroport de Fréjorgues pour les conseils et les facilités que le personnel nous a prodigués,
- le personnel de l'aéroclub de Montpellier,
- tous les patrons de pêche thonière sétois dont la compétence a été indispensable,
- Messieurs J.C. MORIN, D. BURETTE et A. FONTANEL, du GDTA, qui ont accepté de partager les risques lors de prises de décisions délicates,
- Messieurs J.P. LACOUR (INTER-THON-Méditerranée) et M. VINZANT (ONPTR), chevilles ouvrières dans la collaboration entre pêcheurs et scientifiques,
- Monsieur G. BELL (AERO-MARINE SURVEYS AND CONSULTANTS, Nouvelle-Zélande) dont le professionnalisme a été encore une fois un atout nécessaire pour ce type d'expérience,
- Monsieur D. MASSONNET et toute son équipe du CNES, pour l'intérêt qu'il a porté à l'expérience et la pertinence de son aide lors du traitement des données.

## AVANT-PROPOS

Ce document expose les résultats obtenus lors de l'expérimentation menée en août 1989 selon le projet HAREM (Halieutique et Radar : Expérimentation en Méditerranée), présenté précédemment (PETIT, 1987). Cette expérimentation a été financée avec le concours :

- du SEMER (Secrétariat d'état à la mer ; référence n° 888502),
- du MAE et du MRT (Ministère des affaires étrangères et Ministère de la recherche et de la technologie ; référence n° 115/ ST/R/88),
- de la Région Languedoc-Roussillon ( référence n° 881434),
- du GDTA (Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale ; référence n° AW/pp/338/88),
- de l'ONPTR (Office national des professionnels du thon rouge ; référence n° AF/02/88),
- de l'IFREMER (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer ; référence n° HF/03/02/88),
- de l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération ; référence n° SF/JK/gg/144/88).

En outre, le GDTA a été le prestataire de service (référence n° AW/YV/706/88) pour la mise à disposition du matériel – avion et radar – de télédétection élaboré par le DLR (Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt), agence spatiale allemande. L'ORSTOM a assuré l'organisation scientifique de l'expérience, en collaboration avec l'IFREMER pour les études de pêches artisanales.

*L'objectif de cette expérience est l'évaluation du potentiel d'un radar aéroporté, à synthèse d'ouverture, en halieutique thonière pour la détection des bancs de surface et en pêche artisanale pour la détection des engins de pêche de tous types en lagunes et étangs.*

Après avoir décrit le contexte général de l'opération, seront exposées les principales conclusions du traitement actuel des données, de façon à pouvoir jeter les bases de la suite à donner à cette expérience.

## **CHAPITRE I**

### **CONTEXTE GENERAL DE L'EXPERIMENTATION**

# 1 PREAMBULE : THEORIE ET METHODOLOGIE EXPERIMENTALE

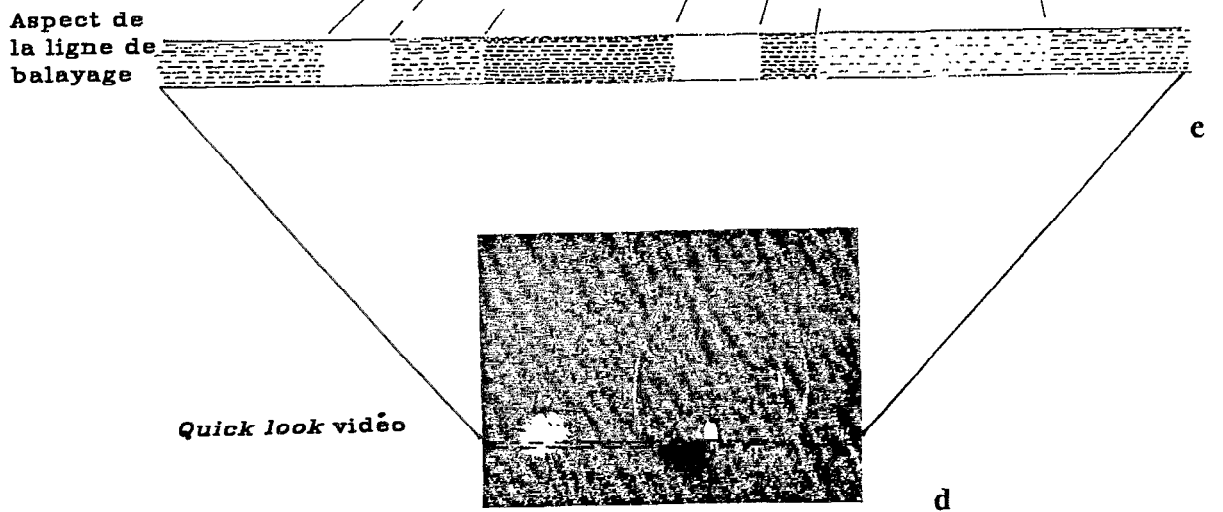
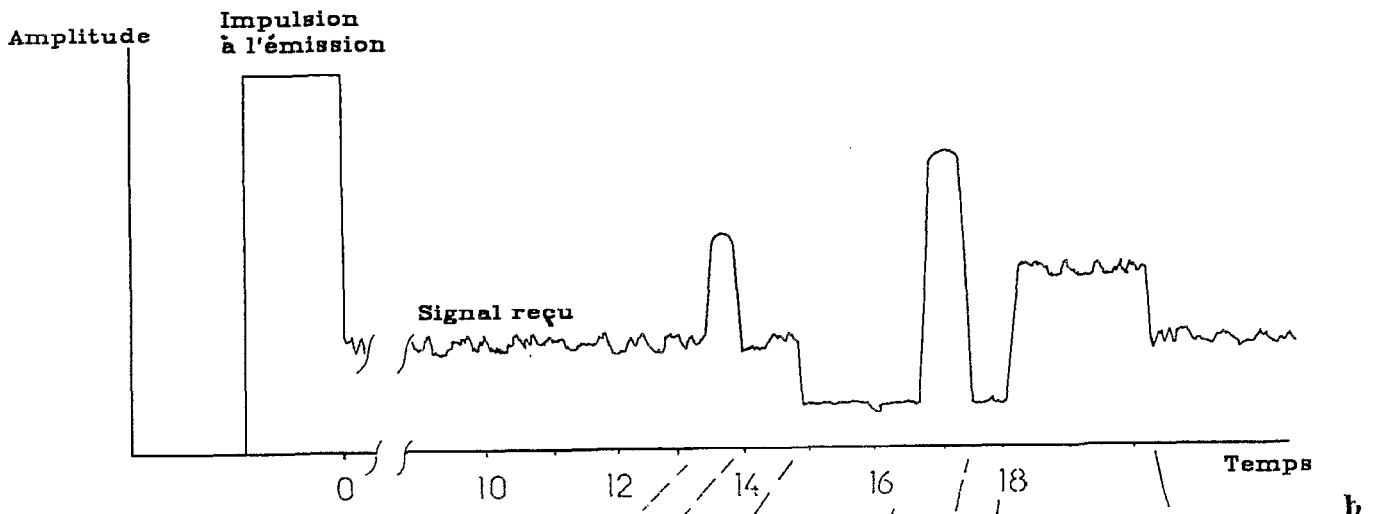
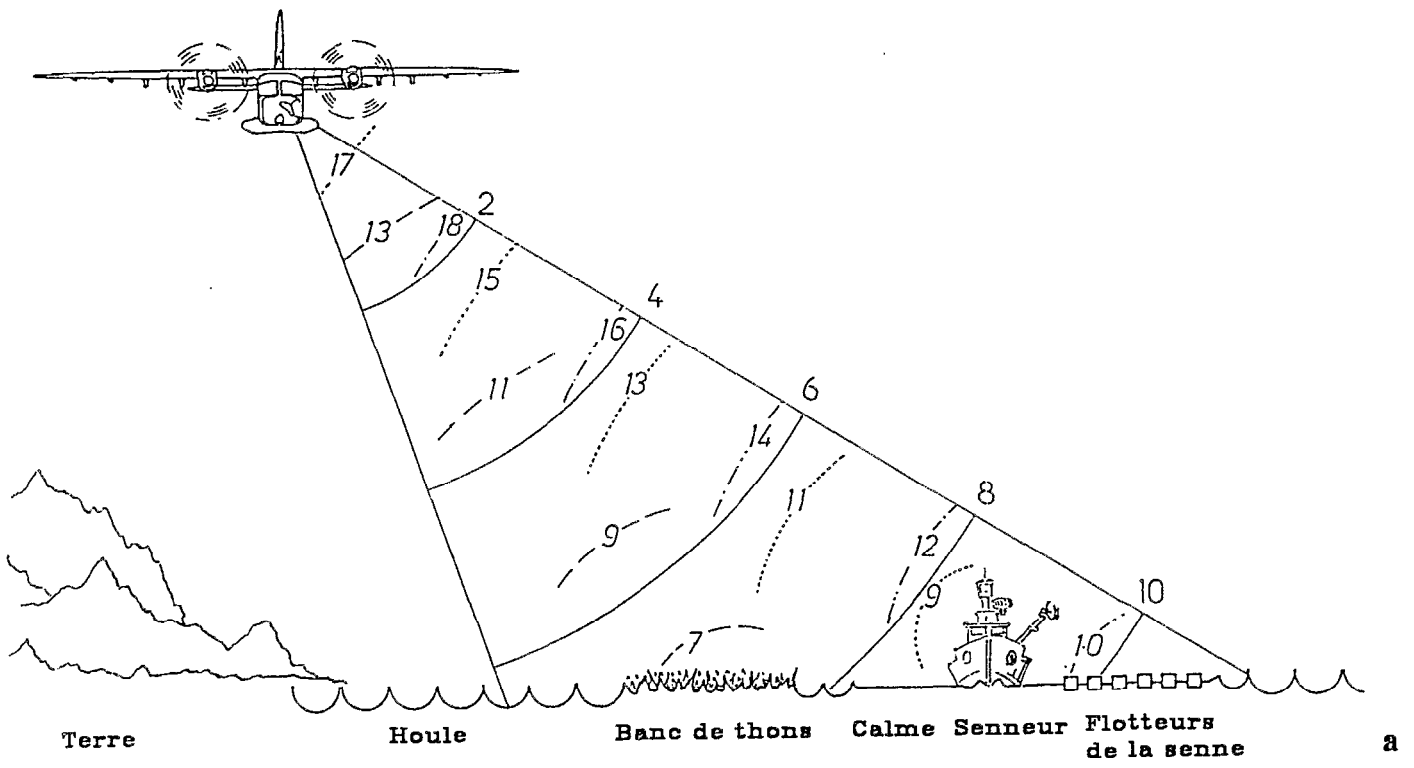
## 1.1 Capteurs

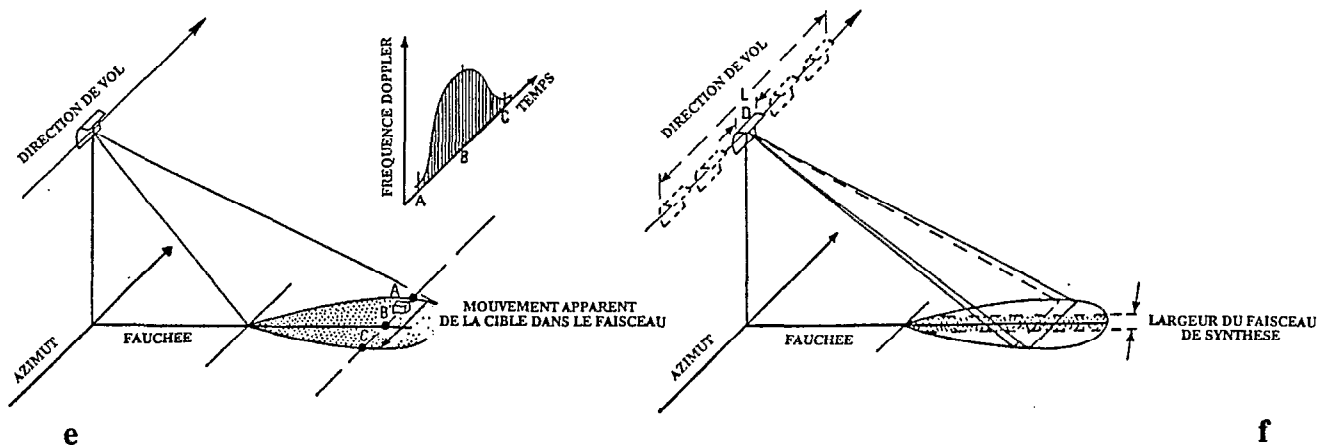
Qu'ils soient embarqués à bord d'avion ou de satellite, les radars imageurs sont des dispositifs fonctionnant dans le domaine des hyperfréquences. Ils permettent de restituer les données acquises sous forme d'images à deux dimensions, en niveaux de gris. Les longueurs d'onde utilisées, nettement en dehors du domaine du visible, jointes à la géométrie d'acquisition, font apparaître des phénomènes nouveaux ou vus sous un aspect différent de ce que fournissent télédétection et photogrammétrie classiques. De plus, le signal enregistré est peu ou pas sensible à la teneur en eau de l'atmosphère, ce qui rend cette technique utilisable même par forte nébulosité.

Le fonctionnement schématisé d'un radar imageur est indiqué sur la figure 1. Il commence avec l'émission d'une impulsion relativement étroite, se propageant perpendiculairement à l'axe de vol du vecteur, l'antenne étant fixée latéralement sur ce même vecteur. Cette impulsion balaye ensuite les cibles et crée autant d'échos en retour, qui sont enregistrés (première ligne de l'image) après commutation du radar en réception. Une autre impulsion suivra, créant en retour une autre ligne de l'image. L'émission des impulsions ayant lieu au fur et à mesure de l'avancement de l'avion, donc de l'émetteur, créera, en réception, une succession de lignes d'analyse du paysage, lignes qui, mises les unes à côté des autres, créeront l'image radar de la zone survolée.

Cette fabrication simple de l'image radar permet d'obtenir une résolution géométrique typique de l'ordre de 20 à 30 mètres pour une largeur de zones couvertes de 10 à 50 kilomètres. C'est celle des premiers radars imageurs, connus généralement sous l'appellation de SLAR (*Side Looking Airborne Radar*). Dans ce type de radar, on doit allonger l'antenne pour augmenter la résolution géométrique. Il est bien évident que l'on se heurte rapidement à des contraintes techniques liées au porteur et à la rigidité de l'antenne. De plus un tel système n'est pas utilisable en spatial car la résolution géométrique le long de l'axe de vol est fonction de la distance à la cible.

Une étape décisive a été franchie avec la mise au point du mode "synthèse d'ouverture" (dit SAR = *Synthetic Aperture Radar*) qui utilise le déplacement de capteur à bord du porteur pour simuler une antenne fictive de très grande dimension ainsi que des techniques spécifiques de traitement du signal telles que la démodulation cohérente de l'écho. Le SAR, qui reste toujours un SLAR, emploie une antenne de relativement





**Figure 1 : Fonctionnement du radar imageur à visée latérale (SLAR).**

La propagation dans le temps de l'impulsion radar est matérialisée ici (a) par des arcs de cercle (trait plein) de même que le signal retour (trait en pointillés et tirets). Le numéro de l'intervalle de temps est indiqué, le temps zéro correspondant à l'émission de l'impulsion. Par exemple, le signal retour, généré par le sennear (au temps 9), atteint l'antenne au temps 17 ; son amplitude est fonction de la réflexion et de la rétrodiffusion du signal incident (b). Il en est de même des signaux retour, générés par le banc de thons (au temps 7) et les flotteurs du filet (au temps 10), qui atteignent l'antenne respectivement aux temps 14 et 20. Le traitement de ces signaux se traduit par une ligne de niveau de gris (c) et, avec le déplacement de l'avion, une série de lignes est obtenue pour constituer une image, objet de l'interprétation (d). Dans le cas du SLAR à antenne réelle (RAR), la résolution géométrique (e) dépend de la période de l'impulsion et de la largeur du faisceau. La durée de l'impulsion conditionne, en fait, le chevauchement entre les signaux retour des cibles adjacentes et, de là, le pouvoir séparateur. La largeur du faisceau est directement proportionnelle à la largeur d'onde émise et donc inversement proportionnelle à la longueur de l'antenne. Aussi les RAR ont-ils typiquement une résolution faible, même en opérant à basse altitude. Dans le cas du SLAR à synthèse d'ouverture (SAR), un allongement de l'antenne physique est simulé par calcul et intégration du décalage Doppler des fréquences des signaux retour qui dépendent des vitesses relatives de l'antenne et des cibles. Ce traitement du signal nécessite l'enregistrement non seulement de l'amplitude comme dans le cas du RAR, mais encore de la fréquence ou plutôt de la phase de chacune des cibles pendant tout le temps où elles sont dans le faisceau de l'antenne en mouvement. Par la moyenne pondérée des multiples signaux retour d'une cible, est "synthétisée" une antenne plus grande que l'antenne physique. Notons que la résolution en azimut n'est alors plus fonction de la distance entre le porteur et la cible. Dès lors des applications à partir de satellite sont envisageables pour des résolutions métriques.

petite taille qui émet donc un faisceau relativement large. La haute résolution en fauchée étant acquise, celle en azimut (soit dans le sens de la trajectoire de l'avion) est obtenue par traitements numériques et analyse Doppler sur les données enregistrées (figures 1d et 1e). La résolution géométrique est alors typiquement de l'ordre du mètre et est indépendante de la distance entre le porteur et la cible.

Remarquons enfin que le pouvoir discriminatoire, quant à la rugosité de la surface de la cible, est de l'ordre de la longueur d'onde, soit quelques centimètres, pour tous les radars de type SLAR, qu'ils soient en mode RAR ou en mode SAR. En fait pour des raisons de résolution géométrique, ceci n'est perçu qu'en mode SAR.

La théorie complète du SAR a été publiée il y a quelques années (HOVANESSIAN, 1980 ; VAILLANT, 1984) de même que la description technique précise des radars civils qui l'utilisent, tels que le VARAN-S du CNES (VAILLANT, 1985 ; VAILLANT et WADSWORTH, 1987) ou l'E-SAR du DLR (HORN, 1989).

*De tout cela, il faut retenir que les capteurs micro-ondes qui travaillent en mode SAR sont des outils d'acquisition par tout temps d'images à résolution très fine indépendamment de la distance qui les sépare de la cible. Cependant, la difficulté réside, lors de la synthèse de l'image, dans la masse de données à traiter et dans le contrôle du signal en rapport avec les mouvements du capteur (corrections) ou avec la radiométrie (calibration).*

## 1.2 Cibles

### 1.2.1 Bancs de thons

Les premières observations de poissons (harengs, thons...) par dirigeable, avion ou ballon captif remontent au début du siècle, en Tunisie et au Canada. Depuis une trentaine d'années les flottilles thonières opérant dans les eaux tropicales utilisent systématiquement le concours d'avions et d'hélicoptères spécialement équipés et dédiés à la prospection des bancs de thon. Cette technique est également utilisée depuis 1974 par les thoniers méditerranéens français et italiens. Sur le plan scientifique, quelques observations intéressantes sur le comportement des bancs ont pu être réalisées en Méditerranée à partir de survols des secteurs de pêche. Mais c'est essentiellement dans les eaux tropicales qu'ont été développés des travaux systématiques fondés sur l'utilisation de la télédétection aérienne.

Au cours des vols effectués tant dans l'Atlantique tropical que dans le Pacifique Sud ou l'océan Indien, il nous a été donné d'observer, dans le cadre de programmes de Radiométrie Aérienne et Prospection Thonière (R.A.P.T.) confiés à l'ORSTOM, des centaines de bancs de thonidés à proximité ou non d'actions de pêche. Les milliers d'heures de vols réalisées ont constitué une possibilité d'échantillonnage suffisante pour introduire une étude sur le comportement des bancs de thonidés en surface (PETIT et STRETTA, 1989). Entre 1974 et 1984, plus de 4 350 heures de vols ont été réalisées dans les trois océans par le Groupe de Radiométrie de l'ORSTOM. Initiées et mises au point dans l'Atlantique, la méthodologie et la technique ont été développées et améliorées dans le Pacifique et enfin, plus récemment appliquées dans l'océan Indien. Il s'agit de prospections aériennes effectuées à bord d'avions bimoteurs spécialement aménagés pour le survol maritime et volant entre 100 et 200 noeuds à une altitude comprise entre 200 et 1 500 pieds. Dans le meilleur des cas, ces avions sont équipés d'une centrale de positionnement précise reliée à un radiomètre infrarouge thermique chargé de mesurer la température de surface. Ce système, en permettant de localiser les anomalies thermiques de surface, focalise l'observation aérienne sur des zones privilégiées où les thonidés présents ont tendance à se rassembler. Par l'inventaire de ces sites favorables, cette méthode donne trois types de résultats qui concernent l'écologie des thonidés, l'évaluation et la répartition de l'abondance et l'estimation, en temps réel, du potentiel halieutique de la région prospectée.

Parmi toute l'information recueillie, sont notées quelques paramètres de l'environnement (état de la mer, vitesse et direction du vent, couleur de l'eau, nébulosité...) et les paramètres décrivant l'événement "banc de thon" lorsqu'il se produit (mode d'apparition du poisson, espèce, tonnage estimé, présence de cétacés ou d'oiseaux...). L'information relevée en continu à bord de l'avion est discrétisée et enregistrée semi-automatiquement par l'ordinateur de bord. La surface réellement prospectée est ensuite calculée et corrigée en fonction des conditions météorologiques (état de la mer, nébulosité...). Cette méthode de traitement de l'information a été éprouvée et explicitée dans diverses publications (PETIT et HENIN, 1982 ; PETIT, 1984 ; PETIT *et al*, 1989). La grande majorité des vols ont été faits en compagnie d'un observateur expert en prospection aérienne capable de donner des informations précises sur l'espèce, la taille du banc et celle du poisson. Nous nous limiterons ici à un exposé qualitatif des types comportementaux des bancs en surface les plus couramment observés.



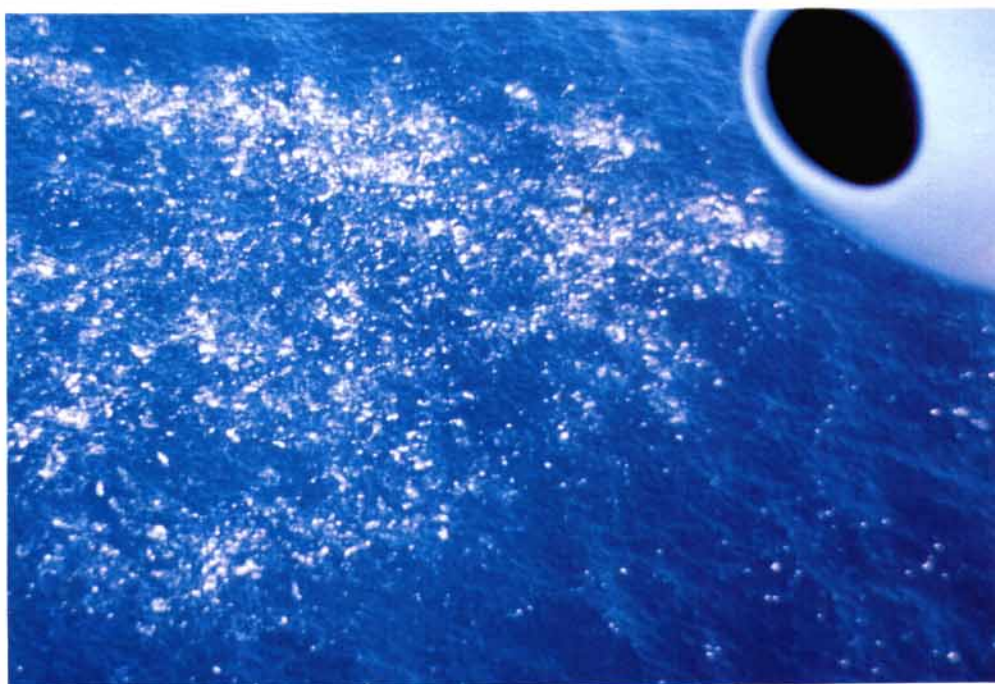


a. **Balbaya (bleezer) de thons à nageoires jaunes**  
(*Thunnus albacares*) - 120 t.



b. **Sardara (splasher) de thons rouges**  
(*Thunnus thynnus*) - 15 t.

**Figure 2. Principaux modes d'apparition des thons en surface**



**c. Petit brisant (*boiler*) de bonites (*Katsuwonus pelamis*) - 25 t.**



**d. Gros brisant (*foamer*) de thons à nageoires jaunes - plus de 150 t.**

Les différents modes d'apparition du thon en surface (figure 2) sont détaillés ci-dessous et incluent ceux observés du haut d'un nid de pie ou à la jumelle de la passerelle d'un senneur. Pour ces derniers, une nomenclature existe, de fait, dans toutes les langues de pêcheurs thoniers. Elle fait référence à un comportement du groupe ou au comportement individuel :

- *Balbaya* (en américain : *breezer*) :

Le banc est en subsurface et se déplace dans une même direction créant ainsi des frémissements et des rides à la surface de l'eau. Aucune partie du corps des poissons ne crève la surface, il n'y a donc pas d'éclaboussure. Ce mode d'apparition est particulièrement visible d'avion par temps calme (au maximum force 2) en lumière rasante ou en incidence spéculaire.

- *Sardara et sauts de poissons* (en américain : *splasher, finner, jumper*) :

Sous ces termes, on regroupe toute une série de comportements fugaces, instables et intermédiaires entre le balbaya et le brisant. La dorsale et la caudale du poisson dépassent la surface induisant quelques éclaboussures ou des lignes blanches. Des poissons peuvent sauter hors de l'eau en retombant toujours la tête la première. Généralement ces poissons sont en chasse près d'un banc de petits pélagiques en surface. Les thons à nageoires jaunes (*Thunnus albacares*) effectuent alors des zigzags rapides contrairement aux listaos (*Katsuwonus pelamis*) plus synchronisés et coordonnés dans les sauts. Le comportement du thon rouge (*Thunnus thynnus*) de Méditerranée est proche de celui du thon à nageoires jaunes.

- *Petit brisant* (en américain : *boiler* ou *meat ball*) :

Dans ce cas là, le banc est en grande activité de prédation. L'eau très agitée en surface et très blanche semble bouillir. Les sauts des poissons deviennent chaotiques. Ce type d'apparition en surface est beaucoup plus durable que le précédent.

- *Gros brisant* (en américain : *foamer* ou *smoker*) :

Il s'agit du même comportement que dans le cas précédent mais sur une étendue plus grande soit parce que le nombre de poissons est plus élevé, soit parce que le banc dans sa totalité est étalé en surface.

Nous avons souvent noté que les bancs sont plus denses lorsqu'ils se nourrissent de crustacés (Nouvelle-Zélande, Cap Lopez) que lorsqu'ils sont sur des petits pélagiques ou céphalopodes à tel point qu'une fois capturé, le poisson présente des nageoires caudales et dorsales abîmées. Lorsque le banc est dans une zone où la nourriture est relativement rare, le poisson a tendance à se disperser (*scattered school*) et il est possible de repérer chaque individu séparément.

D'avion, il est également possible d'apercevoir un banc immergé à plusieurs mètres et qui ne trouble pas la surface. La couleur de la tâche (*spot*) vue peut varier du :

- *bleu-sombre au noir* : selon les circonstances c'est une caractéristique de l'espèce (souvent le thon à nageoires jaunes) ou du tonnage (alors très important, supérieur à soixante tonnes).

- *bleu-vert à bleu-violet* : cette couleur correspond davantage à de gros bancs de listao.

Bien qu'en profondeur, les poissons, en présentant leur flanc au soleil, peuvent induire des reflets brillants (*shiner*) qui, lorsqu'ils sont à l'unisson indiquent alors la présence de thon à nageoires jaunes, contrairement au listao pour lequel ces reflets sont irréguliers.

Quelquefois, lorsque la tache est dense et le tonnage important (100 tonnes et plus), le banc se meut selon un lent mouvement hélicoïdal.

Aux modes d'apparition des bancs que nous venons de schématiser viennent s'ajouter un certain nombre d'actions possibles ; nous avons déjà vu que le banc pouvait être en train de se nourrir (*feeding*) ou encore de flotter en subsurface (*floating*) et présenter une grande densité pour les bancs de fort tonnage. Dans ce cas là, le bruit de l'avion interfère peu sur le comportement des animaux et les senneurs peuvent réaliser dans ces conditions de très bonnes prises. Dans d'autres cas, le poisson est effrayé et son comportement imprévisible et nerveux (*scared, touchy*). Le bruit de l'avion peut provoquer l'éclatement du banc ou son regroupement ou encore la plongée du banc tout entier. Avec de l'expérience, devant ce comportement variable, l'avion ou l'hélicoptère en descendant très bas peut être utilisé pour faire "monter" le poisson. Inversement, s'il y a doute, il est conseillé de monter en altitude (1 500 à 2 000 pieds) et de réduire le bruit du moteur.

Souvent les patrons de pêche ont remarqué qu'un banc pouvait être composé d'un petit groupe de poisson, ou "tête" (*leaders*), suivi par le reste du banc quelles que soient les circonstances. Conséquence pratique : si un senneur met dans son filet le banc sauf la "tête", le reste du banc sonde et passe sous la senne du pêcheur qui réalise ainsi un coup nul.

Nous n'allons pas évoquer ici les nombreuses observations faites sur les bancs de thon en relation avec les oiseaux, les cétacés ou les épaves. Les articles à ce sujet sont nombreux. Nous ferons exception pour un comportement que nous avons très souvent

remarqué et qui pourtant n'est pas référencé, à notre connaissance, dans la littérature : lorsqu'oiseaux et listaos "travaillent" sur un banc de petits pélagiques, le plus souvent, les oiseaux sont au-dessus de ce banc, mélangé ou non à quelques listaos, ou se dirigent vers lui alors que les listaos sont situées de l'autre côté.

L'étude fine du comportement du banc peut avoir des conséquences sur la pêche, voire le mode de pêche (un canneur préférera un banc nerveux et affamé alors qu'un senneur sera heureux de trouver une tâche serrée flottant entre deux eaux etc.). Cela fait partie de la connaissance intuitive du pêcheur comme le montre l'équivalence des différents termes qu'ils emploient.

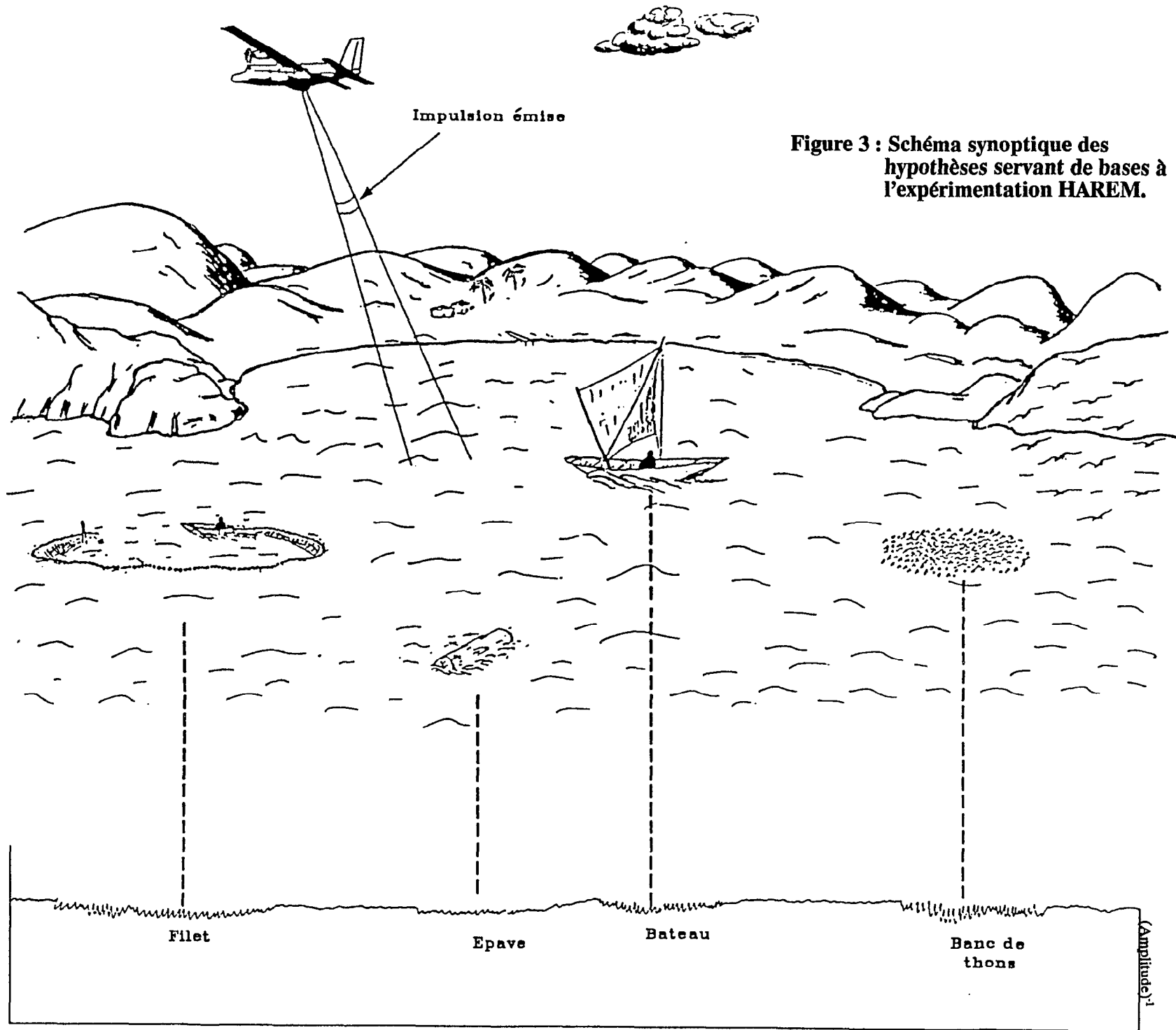
Ce sont donc ces modifications diverses de la surface de l'eau qui traduisent les différents comportements des bancs de thons que le SAR est susceptible de repérer.

### 1.2.2 Engins de pêche artisanale

Les pêches artisanales des zones tempérée et tropicale utilisent quasiment toutes des pièges à poisson côtiers, lagunaires ou estuariens. Il s'agit le plus souvent de filets fixes, faiblement immergés, dans lesquels les poissons viennent se mailler ou bien encore sont dirigés de cage en cage (chambre) jusqu'à la dernière qui est relevée régulièrement. La convergence dans la construction et la forme de ces pièges-labyrinthes, quelque soit le lieu, est remarquable. Les "capéchades", par exemple, décrits dans le prochain chapitre, sont tout à fait comparables à un grand nombre d'engins passifs fort répandus dans les milieux lagunaires du monde entier. Dans les régions tropicales en particulier, certaines techniques de pêche traditionnelles n'en diffèrent que par la nature des matériaux utilisés : murs de barrage et nasses terminales y sont souvent constitués d'entrelacs de bois ou de palmes dont la partie supérieure émerge à la surface de l'eau. Les filets, ainsi que les pieux et les flotteurs qui servent à les maintenir, perturbent l'agitation de la surface de l'eau et forment pour la propagation radar autant de "vides cylindriques" c'est-à-dire de réflecteurs, l'image étant acquise à une incidence élevée (figure 3). Là encore, ce sont ces changements à la surface de l'eau que le SAR est susceptible de repérer.

Ces pêcheries se rencontrent très fréquemment dans des régions inhospitalières où leur recensement et leur cartographie posent d'importants problèmes de logistique et l'idée d'utiliser les reconnaissances aériennes n'est pas neuve (HURAUULT, 1965).

*D'une façon générale, nous avons cherché à analyser la modification du signal radar engendrée par les engins de pêches artisanales ou les filets des senneurs ainsi que celle liée à l'agitation en surface des bancs de poissons. Ces modifications de la rétrodiffusion et/ou la réflexion de l'énergie émise, schématiquement, se traduisent par une variation d'intensité de gris dans l'image radar.*



## 2 CONDITIONS D'EXECUTION

### 2.1 Equipes et programmes

La Méditerranée occidentale est immédiatement apparue comme un lieu privilégié pour l'expérimentation HAREM. S'y trouvent en effet, sur une aire réduite, les deux types de pêches recherchés : pêche artisanale en étang et pêche thonière à la senne. La profession qui les anime tous deux est bien connue pour son sérieux et son efficacité. Ainsi, tant par les techniques employées que par la valeur humaine, l'environnement professionnel a été des plus favorables. Indépendamment, une certaine concentration régionale des compétences scientifiques au travers d'équipes et de programmes a été essentielle à la réalisation de l'expérimentation HAREM.

#### 2.1.1 ORSTOM-Montpellier

Au Centre ORSTOM de Montpellier, l'équipe représentant l'unité de recherche "Environnement et ressources hauturières" participe au programme de recherche sur l'analyse et la synthèse des applications de la télédétection à la pêche thonière au cours de la dernière décennie. Ce programme intègre à la fois l'exploitation des résultats des opérations de radiométrie aérienne et prospection thonière (évoquées ci-dessus) et celle du système de prévision de pêche utilisé entre 1978 et 1984 à Abidjan par le Bureau d'aide à la pêche (BAP). Il se doit de présenter les bases d'une véritable halieutique thonière opérationnelle, au vu des résultats acquis, par l'intégration d'outils et de techniques de pointe, tels que télédétection et systèmes-experts et par la mise au point de méthodologies nouvelles telles que les méthodes directes d'évaluation de stock. Le projet HAREM a été proposé afin de lever le doute sur l'une des hypothèses de travail dans l'élaboration de ces méthodologies et s'insère donc complètement dans ce programme. Au delà de l'aspect technique, subsistent le volet économique et la demande de pays en voie de développement pour l'évaluation du potentiel halieutique de leurs zones économiques. Si cette évaluation peut plus ou moins se faire par des méthodes indirectes (statistiques de pêche), cela suppose alors qu'une pêcherie, étrangère ou non, soit déjà en place. Les méthodes directes, telles celles dans la perspective de HAREM, présentent des atouts évidents pour ces pays car elles ne sont pas tributaires d'une pêcherie préexistante.

### 2.1.2 IFREMER-Sète

A la station IFREMER de Sète, l'étude et le suivi de la pêcherie méditerranéenne de thon rouge se poursuivent depuis de nombreuses années. Les résultats obtenus, tant dans le domaine biostatistique qu'en matière d'écologie ou de technologie des pêches, sont destinés à fournir aux décideurs des éléments pour orienter la gestion de la ressource et de la flottille, tant au plan national qu'auprès des instances internationales.

Depuis quelques années, les programmes de recherche sur le thon accordent une place plus importante à l'étude du comportement des poissons en intégrant en particulier un certain nombre de données recueillies au cours des vols commerciaux de prospection aérienne.

Par ailleurs, dans le cadre d'un programme d'étude des interactions entre pêcheries démersales, un effort de recherche particulier est dédié à l'étude des pêches artisanales en mer et en étang. L'un des problèmes primordiaux est celui de la quantification de l'effort de pêche et de l'étude spatio-temporelle de sa dynamique. En matière d'engins fixes, qui sont les plus utilisés dans les zones lagunaires, une solution à ce problème d'envergure consiste en l'utilisation de la télédétection aérienne. Les premiers recensements et cartographies de ces engins sur une base saisonnière ont pu être effectués en 1984 à partir de relevés réalisés à vue lors de survols systématiques périodiques des étangs. Cette étude a bénéficié d'un co-financement de la CEE et de l'IFREMER (FARRUGIO et LE CORRE, 1985).

### 2.1.3 GDTA-Toulouse

Le GDTA, quant à lui, est un groupement d'intérêts économiques (GIE) qui regroupe le CNES, l'IGN, l'IFP, le BRGM et le BDPA et dont le but est le développement de la télédétection aérospatiale. Le service des opérations aéroportées – service qui a organisé les vols de l'expérience HAREM – a débuté en mettant en oeuvre des capteurs infra-rouge thermique dans les années soixante dix, puis poursuivi avec les essais et les simulations des données de SPOT. En même temps, ce service initiait une activité radar, tout d'abord avec le SLAR VIGIE, puis avec le SAR VARAN-S. Par la suite, beaucoup de travaux dans le domaine des hyperfréquences ont été entrepris grâce à une étroite collaboration avec des organismes allemands. Le GDTA a maintenant un rôle reconnu de prestataire lors de campagnes aéroportées ou même de coordinateur de grandes opérations incluant des moyens aériens, marins et



terrestres, telle celle en cours de préparation pour la validation du satellite océanographique ERS-1, prévue à l'automne 1991, au large de la Norvège.

L'intérêt du GDTA pour la campagne HAREM a résidé dans l'utilisation nouvelle des radars imageurs dont le groupement voulait évaluer les possibilités et ce, dans une optique opérationnelle de suivi et de gestion du stock. L'emploi possible par tout temps de ce capteur, joint à une géométrie d'acquisition contrôlable dans certaines limites ont fait que les résultats de cette expérimentation étaient très attendus.

*Bien que HAREM ne soit qu'une expérience et non un véritable programme scientifique, il apparaît que la problématique qu'elle pose s'insère parfaitement dans les préoccupations des trois "organismes-acteurs". Notons, également, que HAREM n'aurait pu être que très difficilement réalisée par un seul de ces partenaires et que la mise en synergie de leurs compétences, alliée à un contexte professionnel de valeur, a été beaucoup plus efficace.*

## 2.2 Matériel radar

Lors de la présentation du projet en octobre 1987, il avait été établi que le couple vecteur/capteur qui devrait être utilisé serait l'avion B17 de l'IGN et le radar VARAN-S du CNES. Notons, que compte tenu de l'importance des études d'intégration d'un matériel de type SAR sur un avion, il était hors de question dans le cadre d'une expérimentation comme HAREM d'envisager l'utilisation d'un couple vecteur/capteur qui n'aurait pas déjà été éprouvé tant pour des raisons de coût que de temps et de fiabilité. C'est pour cette raison que, lors de la défection du radar VARAN-S en juillet 1988 nous avons dû reporter l'expérimentation d'une saison. De même, lors de la mise hors de disponibilité de l'avion B17 en avril 1989 pour l'été suivant, nous avons décidé conjointement – ORSTOM, IFREMER et GDTA – d'utiliser le radar allemand E-SAR et l'avion Dornier 228 du DLR. Les détails de ces péripéties ont été relatés par une série de notes d'information conjoncturelles adressées aux participants et bailleurs de fonds de l'expérimentation.

Issu d'une technologie moderne, le Dornier 228 est un monoplane à ailes hautes et train rentrant, mû par deux turbopropulseurs puissants. Il est remarquable par sa très grande maniabilité, ses possibilités de changement rapide d'altitude et une excellente visibilité tant à l'avant qu'à l'arrière. Pour une autonomie de 8 heures (soit 2600 km), il offre près de 700 kg de charge utile, avec une vitesse maximale de croisière de 231

noeuds. Toutes ces caractéristiques, détaillées dans l'annexe B, en font, comme nous le verrons, un avion parfaitement adapté à notre expérimentation. L'annexe B donne également les caractéristiques du radar E-SAR. Les différences essentielles, par rapport au VARAN-S, portent sur la fréquence utilisée (bande C au lieu de bande X), sur la fauchée (4 km au lieu de 10 km), une compensation inférieure des mouvements de l'avion, ainsi qu'un traitement en temps réel et en temps différé beaucoup moins optimisé. Le radar E-SAR est cependant en plein développement et des améliorations sensibles sont attendues à court terme. Par rapport au VARAN-S, il a également présenté l'avantage essentiel d'être disponible pour le créneau proposé (juillet-août), saison de pêche thonière en Méditerranée.

### 3 CONTEXTES METEOROLOGIQUE, OCEANOGRAPHIQUE ET HALIEUTIQUE

#### 3.1 Météorologie et océanographie

L'ensemble de l'expérimentation a pu se dérouler en Méditerranée occidentale sur les étangs du Languedoc-Roussillon (pour le volet pêche artisanale) et dans le Golfe du Lion (pour la partie pêche thonière).

Dans le Bassin liguro-provençal, au milieu de l'été, la stratification des masses d'eau est généralement bien en place et la plupart des fronts thermiques sont associés à la circulation verticale et horizontale, les mouvements liés au courant modifiant les pentes des couches isothermes (PHILIPPE et HARANG, 1982). A partir de là, les gradients thermiques horizontaux apparaissent. En période de mistral ou/et de tramontane des gradients thermiques liés à des *upwelling* locaux peuvent également donner naissance à des fronts. Enfin, d'autres fronts sont liés à la circulation cyclonique et se manifestent à la limite des eaux froides produites par la divergence et des eaux chaudes qui s'enroulent autour de ces dernières. L'amplitude atteinte par les gradients à cette saison peut aller jusqu'à trois à quatre degrés Celsius pour cinq kilomètres, particulièrement dans le sud du Bassin liguro-provençal.

Compte-tenu du comportement de concentration des bancs de thons près de ces fortes anomalies thermiques, on comprendra pourquoi cette région, *a priori*, constitue pour notre expérimentation un excellent terrain d'essai, d'autant plus que les surfaces concernées sont restreintes.

La difficulté, cependant consiste à éviter les grandes périodes de calme d'été ou les coups de vent (mistral) qui se produisent souvent mi-août début septembre. En effet, en cas de calme prolongé, si les pêcheurs réalisent de bonnes prises, les bancs de thon rouge se manifestent peu dans ces eaux surchauffées en surface et se tiennent en subsurface. En cas de coup de vent, les senneurs restent à quai et notre réalité de terrain ne pouvait alors être assurée. De plus, si le vent est supérieur à douze noeuds, cette dernière serait difficile à réaliser à cause des "moutons" : les bancs en surface sont alors difficiles à repérer à vue.

## 3.2 Contexte halieutique

### 3.2.1 Pêche thonière méditerranéenne occidentale

Une flottille d'une trentaine de senneurs pratiquent de façon plus ou moins importante la pêche du thon rouge le long des côtes françaises méditerranéennes. Basés dans les ports du golfe du Lion, ils sont concentrés principalement à Agde, Sète, Port-de-Bouc et Marseille. Les premières unités qui se livrèrent à la pêche à la senne furent des chalutiers réaménagés et la principale modification dans leur équipement de pêche consista en l'installation d'une poulie automotrice du type *power-block* pour le relevage de la senne. Rapidement des modifications plus importantes furent apportées à la conception des superstructures et de l'appareillage de pont, afin de rationaliser au maximum les manoeuvres spécifiques aux filets tournants. Depuis 1986, les nouveaux navires thoniers sont des senneurs spécialement conçus, dès l'origine pour ce type de pêche.

La flottille thonière française utilise le concours d'un avion pour améliorer le repérage des bancs de thons rouges. Un bimoteur Partenavia de la société Inter-thon-Méditerranée effectue quotidiennement une prospection systématique par quadrillage. Ces vols se déroulent à une vitesse de 130 noeuds et une altitude de 300 pieds, dans un rayon d'une trentaine de milles autour de la flottille. L'avion, équipé d'un important appareillage de radiocommunication et de radionavigation, reste en liaison phonique permanente avec les navires auxquels il signale la position, la taille et le déplacement des bancs. Outre une réduction de la dépense en carburant des navires, cette technique contribue à une meilleure distribution de l'effort de pêche en permettant la répartition de la flottille sur l'ensemble des bancs présents dans le secteur.

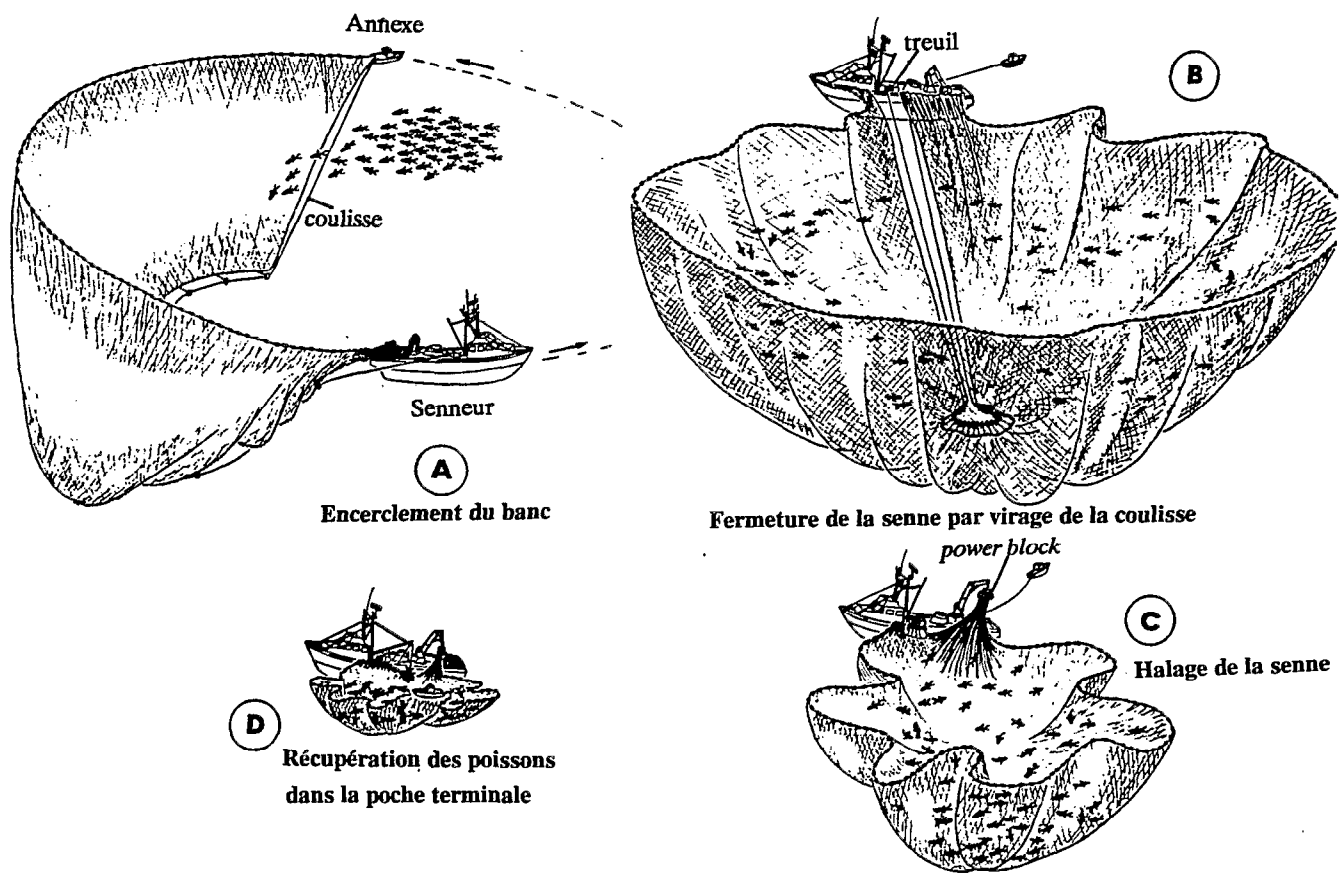
On notera que, quasiment, les appareils de détection ultrasonore ou hydroacoustique ne sont pas utilisés pour le repérage des bancs de thons. Il en va d'ailleurs de même pour la majorité des flottilles de pêche aux thonidés, en Méditerranée ou dans les autres mers ou océans. Bien que ces instruments puissent parfois repérer les bancs de thon rouge (LOZANO CABO, 1958 ; DELLA CROCE, 1969), l'opinion générale qui prévaut dans les milieux spécialisés de la pêche thonière accorde relativement peu d'importance aux sondeurs et aux sonars pour la détection du poisson.

Il arrive parfois que le senneur mette à profit la fixation d'un banc de thons autour d'un individu pris à la ligne à partir d'une annexe ou d'un autre bateau. En effet, lorsque la prise est maintenue dans l'eau, le banc entier se concentre souvent sous le bateau traîneur. Un senneur averti peut alors mettre à profit cette situation pour larguer son filet autour du ligneur qu'il encercle en même temps que le banc. Une technique très voisine consiste à caler autour de bateaux ne se livrant à aucun type de pêche mais au-dessous desquels il arrive que les thons se maintiennent, à quelques mètres sous la surface (FARRUGIO, 1981). Cette technique est tout à fait analogue à la pêche sur épaves dérivantes employée par les senneurs tropicaux.

Les sennes tournantes utilisées en Méditerranée sont à l'heure actuelle en forme de rectangle. Une série de flotteurs de polystyrène garnit leur bord supérieur, tandis que leur ralingue inférieure est lourdement lestée d'olives de plomb et de chaînes. Le long de cette ralingue est répartie, à intervalles réguliers, une centaine de pantoires sur chacune desquelles est frappé un anneau métallique. Une coulisse en câble d'acier traverse l'ensemble des anneaux.

Sans vouloir entrer dans les détails de la construction des sennes tournantes et de leur mise en oeuvre, à propos desquelles existe une bibliographie spécialisée, nous rappellerons simplement ici les phases principales de la capture d'un banc au moyen de ce filet : lorsque le navire est en route vers les lieux de pêche, la senne est repliée sur la plage arrière, flotteurs et plombs étant disposés chacun sur un bord. Le jeu d'anneaux est enfilé sur une barre pivotante installée à l'arrière du navire, le long de la lisse, ou "canon à anneaux". Lorsqu'un banc a été aperçu en surface et sa direction repérée, une embarcation annexe est mise à l'eau. A cette annexe sont reliés l'une des extrémités du filet et l'un des bouts de la coulisse (les extrémités opposées restant à bord du navire).

Le reste de la nappe est alors largué à très vive allure par l'arrière du senneur qui encercle les poissons en leur coupant la route avant de revenir à son point de départ. De



**Figure 4 : Principales manoeuvres effectuées lors d'un coup de senne d'après FARRUGIO (1981).**

retour à l'annexe, le navire y récupère les extrémités libres du filet et de la coulisse, laquelle est immédiatement virée sur un treuil, provoquant ainsi la fermeture de la senne à sa partie inférieure, de la même façon que l'on ferme une bourse en agissant sur ses cordons. Le filet est ensuite progressivement halé à bord au moyen du *power-block* et rangé à nouveau, au fur et à mesure, sur la plage arrière. L'opération se poursuit jusqu'à ce qu'il ne reste plus contre le flanc du bateau qu'une poche de dimension suffisamment réduite pour le puisage (salabardage) ou le crochetage des thons captifs. Les principales manoeuvres effectuées lors d'un coup de senne sont représentées sur la figure 4.

La durée de l'encerclement est très rapide, de l'ordre de quelques minutes. La remontée du filet à bord varie essentiellement selon la quantité de thons capturés et se termine souvent au bout de plusieurs heures. Durant cette seconde phase, l'annexe est généralement utilisée pour tirer le senneur dans la direction opposée au filet (figure 4b et 4c) dont le poids considérable, de même que l'action des courants, tendent souvent à entraîner le navire à l'intérieur du filet. Une seconde annexe sert le plus souvent, en décrivant des cercles rapides et bruyants autour de la senne, à empêcher les thons de s'échapper en sautant par dessus les flotteurs.

La description de tous ces éléments de séquences de pêche au thon à la senne, favorisera la compréhension et l'interprétation des images radar correspondantes.

### *3.2.2 Pêche artisanale et conchyliculture dans les étangs du Languedoc Roussillon*

Les pêcheries dans les étangs en Méditerranée ont fait l'objet d'une littérature abondante ; FARRUGIO et LECORRE (1985) font une description détaillée de celles du Languedoc-Roussillon. Il en ressort que deux grands types de pêches sont pratiqués : celle depuis des navires de taille moyenne ou petite se trouvant en mer, à proximité plus ou moins grande de la côte, et, d'autre part, une activité de pêche lagunaire utilisant des moyens propres. Nous ne nous intéresserons ici qu'à la seconde catégorie, ainsi qu'aux cultures conchyloles pratiquées dans ces étangs.

Parmi les engins de pêche statiques les plus utilisés, nous retiendrons les capéchades (ou encore capétchades). Ces engins sont composés (figure 5), de filets verticaux ou paradières, pouvant mesurer de quelques mètres à quelques centaines de mètres de long. Ils sont lestés au fond et atteignent la surface où ils sont soutenus par

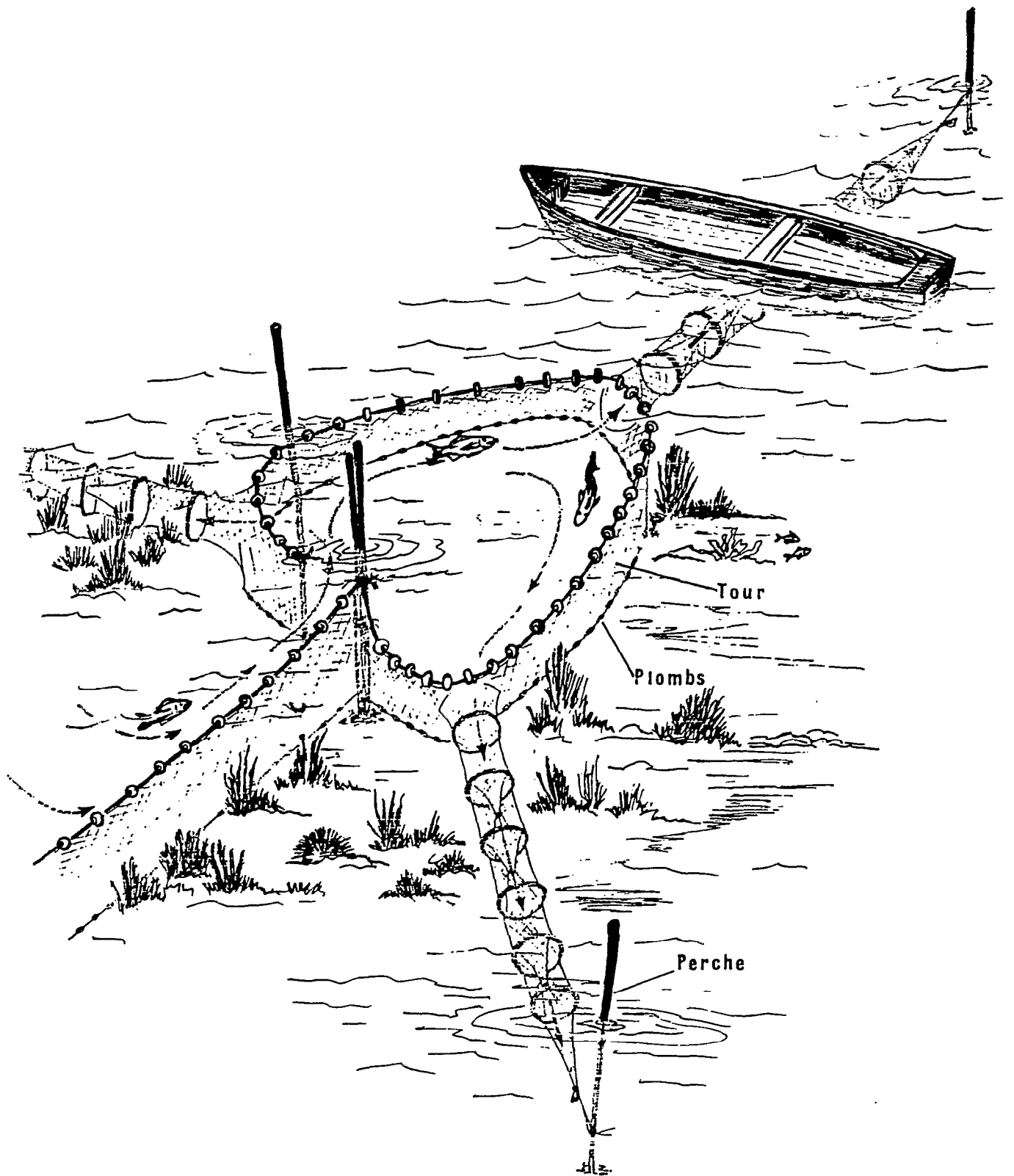
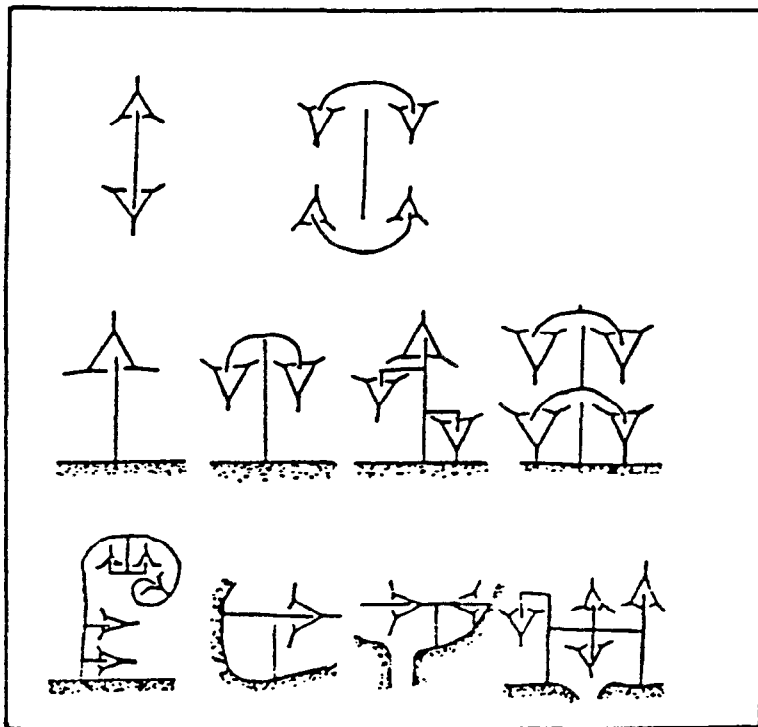


Figure 5 : Schéma d'ensemble d'une capéçhade ; les flèches indiquent les mouvements des poissons.

des flotteurs. Au bout de chaque mur, se trouve un "tour", enceinte verticale de section triangulaire ou arrondie qui n'est munie que d'une seule entrée, le long de la capéchade. Enfin, pour compléter le piège, le "verveux" constitue la nasse à proprement parler.

Tous les éléments de cet engin de pêche sont maintenus en place par des perches de bois, verticales, plantées dans le fond, de 5 à 10 cm de diamètre environ. Les capéchades, qui peuvent être de plusieurs sous-types différents et comporter plusieurs verveux (figure 6), ne sont donc matérialisées en surface que par des petits flotteurs et des perches qui apparaissent à l'observateur depuis un bateau comme une forêt sans structure évidente, d'où la difficulté pour lui de compter ces engins de pêche. Le nombre total de ces filets fixes, qui peuvent rester à l'eau plusieurs semaines avant d'être relevés, varie fortement d'une saison à l'autre. A certaines époques, correspondant essentiellement aux migrations des populations de poissons entre les étangs et la mer, l'effort de pêche dans les lagunes méditerranéennes peut représenter plusieurs milliers de ces installations.



**Figure 6 : Quelques types d'assemblage de capéchades  
(FARRUGIO & LE CORRE, 1985)**



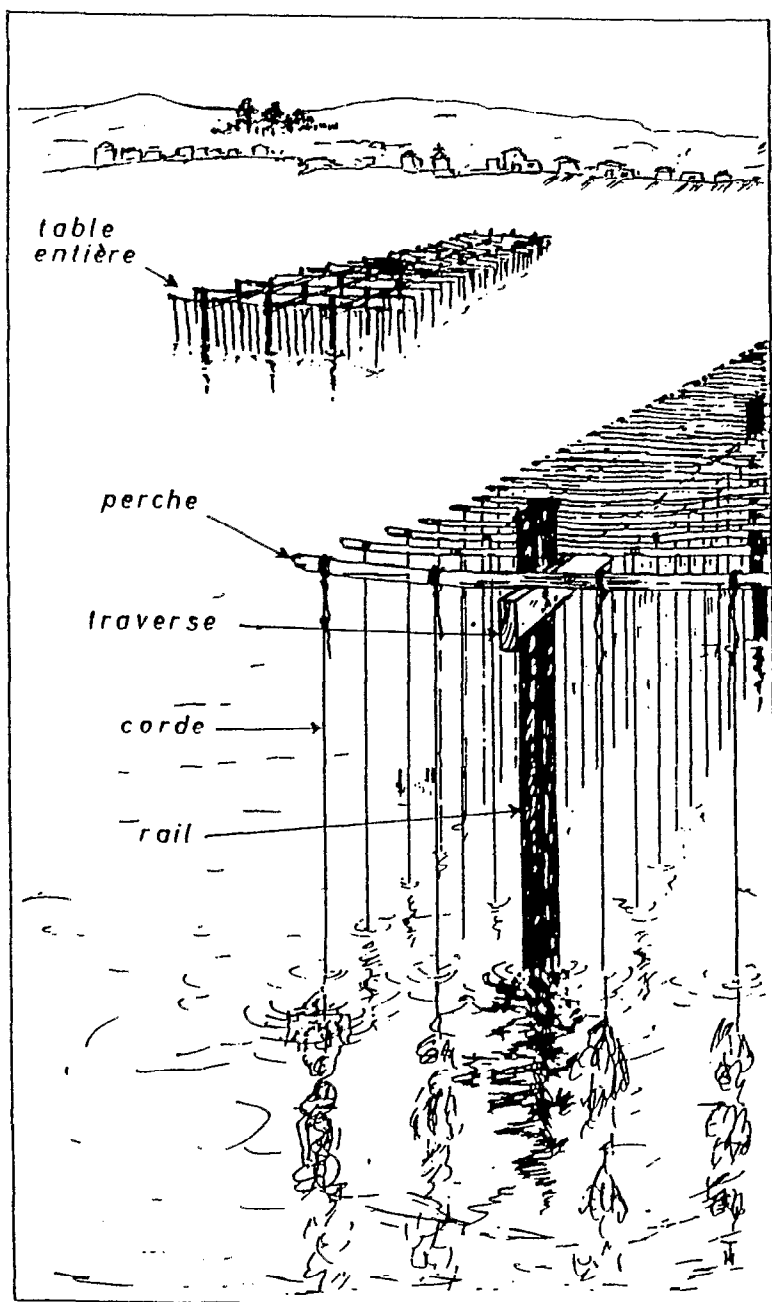
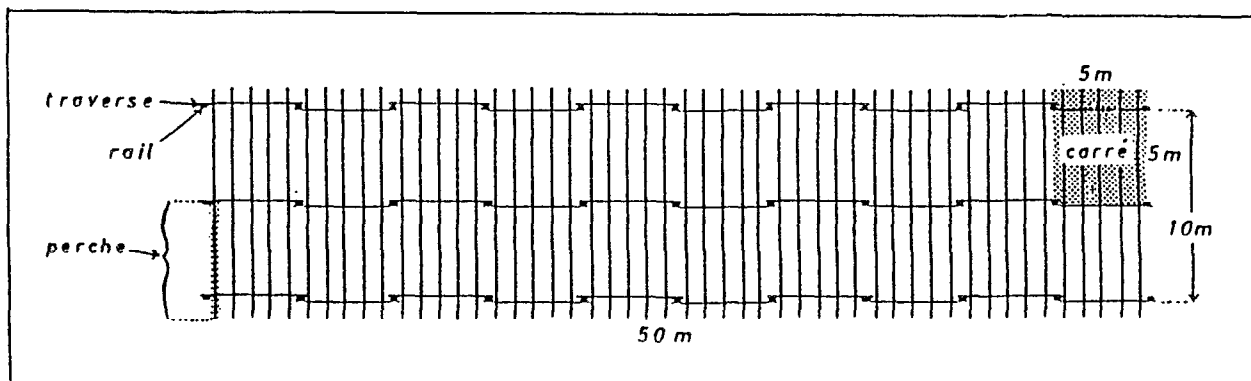


Figure 7 :

Constitution des tables à coquillages, d'après HAMON et TOURNIER (1981).

Quant à l'activité conchylicole, la figure 7 montre la façon dont sont construites les tables de culture de coquillages. Celles-ci, au nombre de deux mille huit cents environ, mesurent douze mètres par cinquante mètres et sont faites de rails plantés dans le sédiment sur lesquels sont posées, longitudinalement, trois structures de la longueur de la table supportant transversalement un ensemble de perches métalliques ou en bois, espacées d'environ un mètre les unes des autres. Le long de ces perches, sont fixées, des cordesensemencées en naissain. Ces cordes deviennent ainsi le support des cultures d'huîtres ou de moules ; une table en un endroit donné peut indifféremment porter une espèce ou une autre. Les tables les plus récentes sont souvent munies de perches métalliques.

Lors d'un vol de calibration réalisé par le GDTA sur l'étang de Canet, le Boeing B17 de l'IGN, équipé du SAR VARAN-S du CNES, a survolé l'étang de Thau en avril 1986 et acquis une image où parcs à huîtres et engins de pêches étaient détectables (WADSWORTH, 1986). Cette image sera analysée dans le chapitre suivant.

## **CHAPITRE II**

### **REALISATION ET RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION**

## 1 STRATEGIE EXPERIMENTALE : HAREM - THON

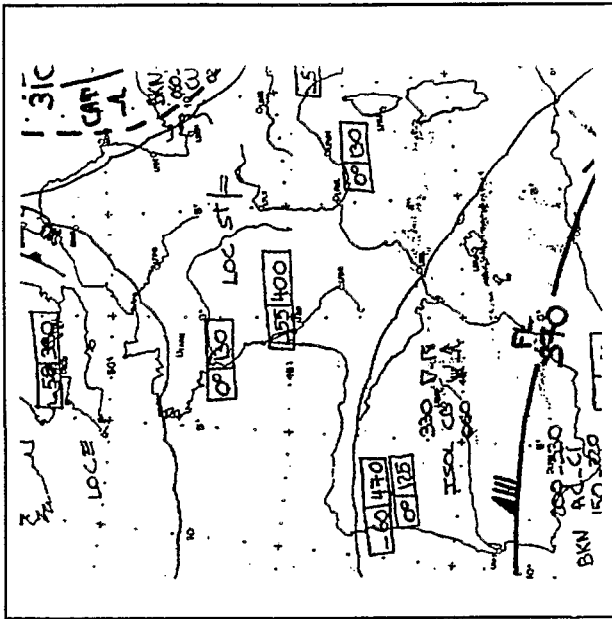
Par accord avec le DLR, nous disposons de l'avion et du radar pendant six jours durant la période comprise entre le 1<sup>er</sup> et le 14 août 1989. Il est donc décidé de mettre en alerte à Munich, avion, matériel et équipage dès le 31 juillet 89, l'ensemble pouvant être opérationnel à Montpellier avec un préavis de seulement vingt quatre heures. Priorité absolue est

donnée à l'opération "thon" car le survol des étangs ne réclame aucune contrainte particulière.

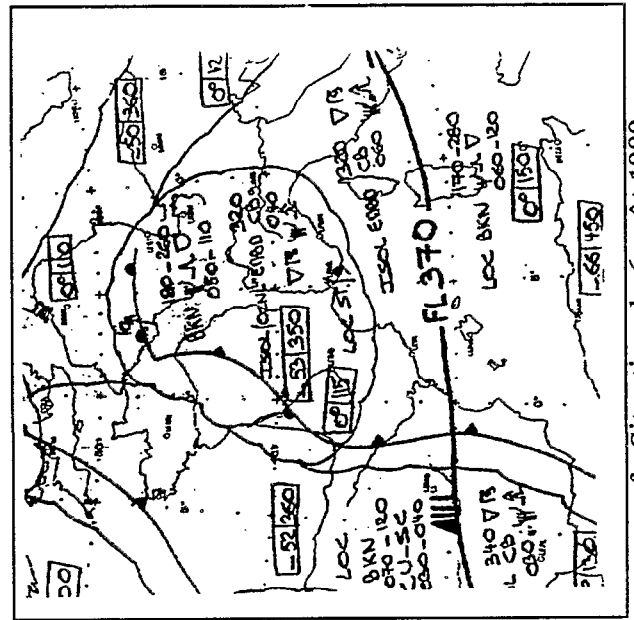
Les conditions météorologiques du 26 juillet au 2 août sont plus que mauvaises avec des coups de vent de secteur Nord à Nord-Ouest (avis N° 47-48-49 et 50) dans les zones Lion, Provence et Nord Baléares allant jusqu'à force 8 ou plus (figure 8, tableau 1). Tous les senneurs sont à quai et l'avion Partenavia d'Inter-thon Méditerranée, utilisé par les pêcheurs, reste cloué au sol. Le 31 juillet, 90 % des senneurs sont à Sète ou à Cap d'Agde. On peut alors estimer qu'après le coup de vent, la pêche a de bonnes chances de redémarrer dans le golfe du Lion d'autant plus que, comme nous l'avons vu, ce type de coup de vent y génère des gradients thermiques importants, favorisant les concentrations de bancs. Si ces dépressions estivales engendrent une mer très forte en un temps très court, en revanche, dès que le vent tombe, les conditions de mer redeviennent très rapidement navigables et favorables à la prospection thonière.

*La difficulté principale a été d'estimer les créneaux météorologique d'abord, puis halieutique, favorables de quelques jours de façon à avoir synchrones pêcheurs, bancs de thons et acquisitions radar.*

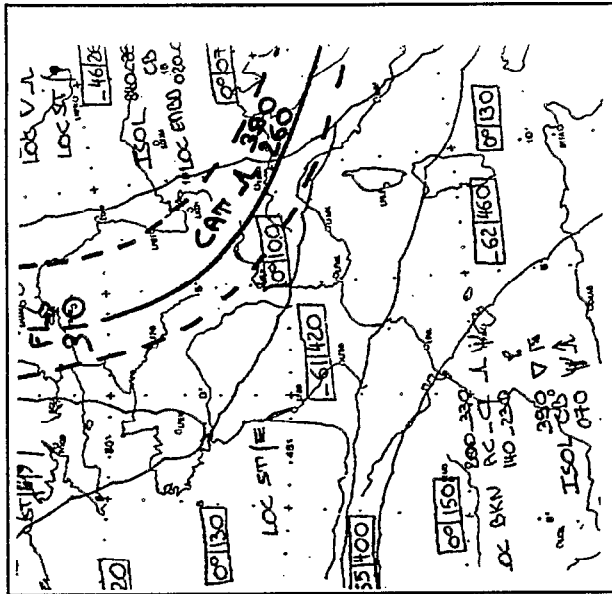
Le vendredi 4 août, un vol à bord de l'avion Partenavia des pêcheurs (avec l'expert en observation Graham BELL) nous confirme la possibilité d'avoir ce créneau pour les jours qui suivent. Bien que les prévisions météorologiques à 5 jours fassent état d'une nouvelle aggravation de secteur Nord à Nord-Ouest pour les 8 et 9 août et de la présence de très nombreux foyers orageux, décision est prise de faire venir le Dornier du DLR pour le samedi 5 août.



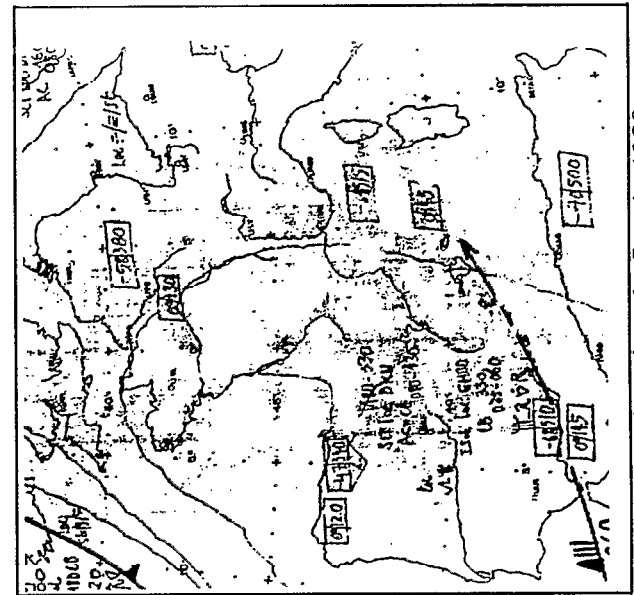
c - Situation du 3 août 1989



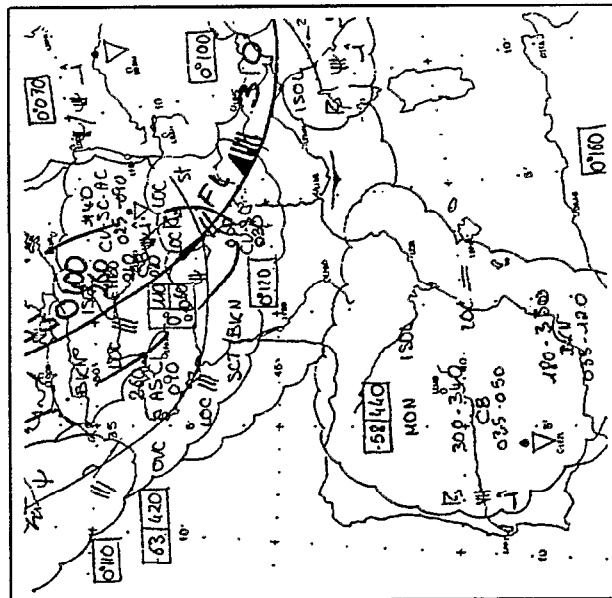
f - Situation du 6 août 1989



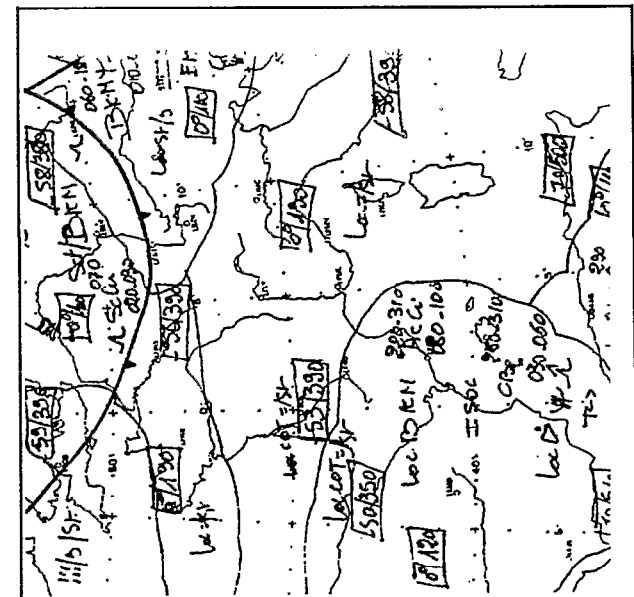
b - Situation du 2 août 1989



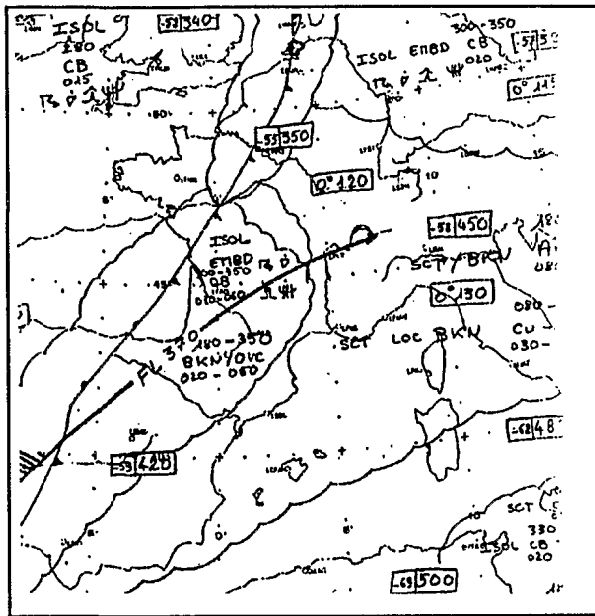
e - Situation du 5 août 1989



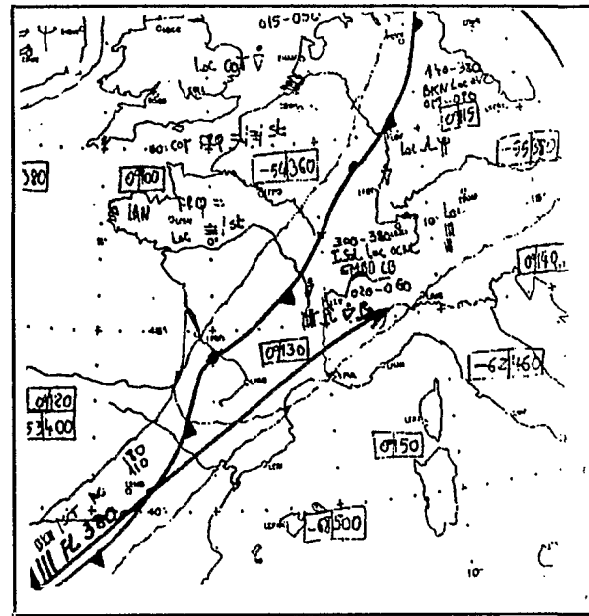
a - Situation du 1er août 1989



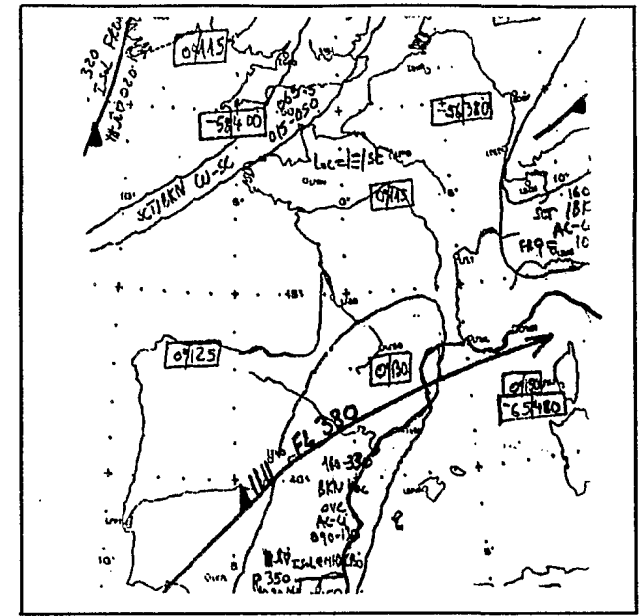
d - Situation du 4 août 1989



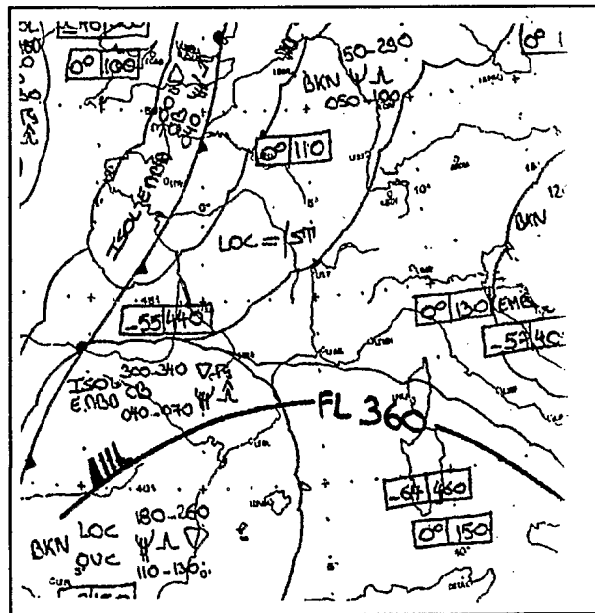
g - Situation du 7 août 1989



h - Situation du 8 août 1989



i - Situation du 9 août 1989



j - Situation du 10 août 1989

Figure 8 : Situations météorologiques du 1<sup>er</sup> au 10 août 1989,

extraites des "TEMPSI", fournis trois fois par jour par le centre météorologique de l'aéroport de Montpellier-Fréjorgues pendant la période encadrant l'expérimentation.

### *Vol du samedi 5 août 1989*

Un premier vol radar est réalisé, l'après-midi du 5 août, après un décollage à l'extrême limite de la visibilité. Des orages locaux et les vents qui les accompagnent nous gênent beaucoup. Les bateaux sont tout de même sur la zone et pêchent de petits bancs qui ne restent pas en surface – environ cinq tonnes pour chacun des bancs composés de petits poissons d'une dizaine de kilos ou moins. Néanmoins, ce vol, grâce à la compréhension et la compétence des équipages du Partenavia et du Dornier a été suffisant pour bien saisir la stratégie d'expérimentation que nous proposons :

- contact radio permanent sur VHF aviation entre les deux avions ;
- contact permanent également entre les bateaux et le Partenavia sur VHF marine;
- décollage différé d'environ une heure du Dornier par rapport à celui du Partenavia de façon à connaître les conditions de pêches, la position des bateaux et d'éventuels bancs de thons.

Ce vol du 5 août a aussi permis de constater que sont parfaitement détectés sur le *quick look* à bord du Dornier les senneurs, *skiffs* et sennes. De plus, le Dornier s'est montré très adapté pour le type de travail que nous souhaitions avec ses facultés de changement très rapide d'altitude et de survol possible à basse altitude.

### *Vols du dimanche 6 août 1989*

Le vol du matin s'est effectué dans de bonnes conditions de vent (moins de 10 noeuds, mer belle). Une douzaine de petits bancs de thons rouges ont été repérés depuis le Dornier, en liaison avec le Partenavia dans la zone de pêche des senneurs. Après avoir constaté l'identification aisée des bancs déjà sur le *quick look*, les premières scènes radar ont été enregistrées :

- à 9h 47 : deux cachalots;
- à 10h 12 : deux bancs de thons d'environ cinq tonnes chacun;
- à 10h 49 : un banc de thon près d'une traînée d'huile (pollution);
- à 11h 05 : un banc de thon près de deux bateaux de pêche.

**Tableau 1**

Résumé des conditions météorologiques au large dans le golfe du Lion entre le 26 juillet 1989 et le 8 août 1989.

Dates	Avis de coup de vent n°	Vent moyen au large	Visibilité moyenne au large
26 juillet 1989	47	NW 35-40 nd	10 nm
28 juillet 1989	-	N 15-25 nd	8 nm
29 juillet 1989	-	WNW 10-15 nd	8 nm
31 juillet 1989	48-49	WSW 28-40 nds	6-9 nm
01 août 1989	49	WSW à W 47-55 nds	8-12 nm
02 août 1989	50	NW à W 28-40 nds	8-10 nm
03 août 1989	-	NW à W 10-15 nd	6-10 nm
04 août 1989	-	Variable < 10 nd	3-6 nm
05 août 1989	-	SE instable 5-15 nd	4-8 nm
07 août 1989	-	variable 5-12 nd	6-8 nm
08 août 1989	-	variable 5-10 nd	4-6 nm



Pour le vol de l'après-midi, nous décidons de réaliser l'expérience inverse :

- détection par le radar de bancs de thon dans une zone sans pêcheur;
- identification de ces bancs par descente rapide du Dornier;
- transmission de ces informations aux professionnels.

Le peu de renseignements donnés par les cartes de températures de surface (figure 9) ainsi que les conditions hydro-météorologiques des jours précédents laissent toutefois penser que la zone située à l'est de la pêcherie actuelle est potentiellement intéressante. Cette prévision est vérifiée par le repérage radar entre 16h et 17h30, à quatre vingt milles à l'est des senneurs, de plusieurs mattes de cinq à dix tonnes et d'une plus grosse de trente à quarante tonnes. Sur la position indiquée, les pêcheurs ont capturé, le lendemain, près de cent cinquante tonnes.

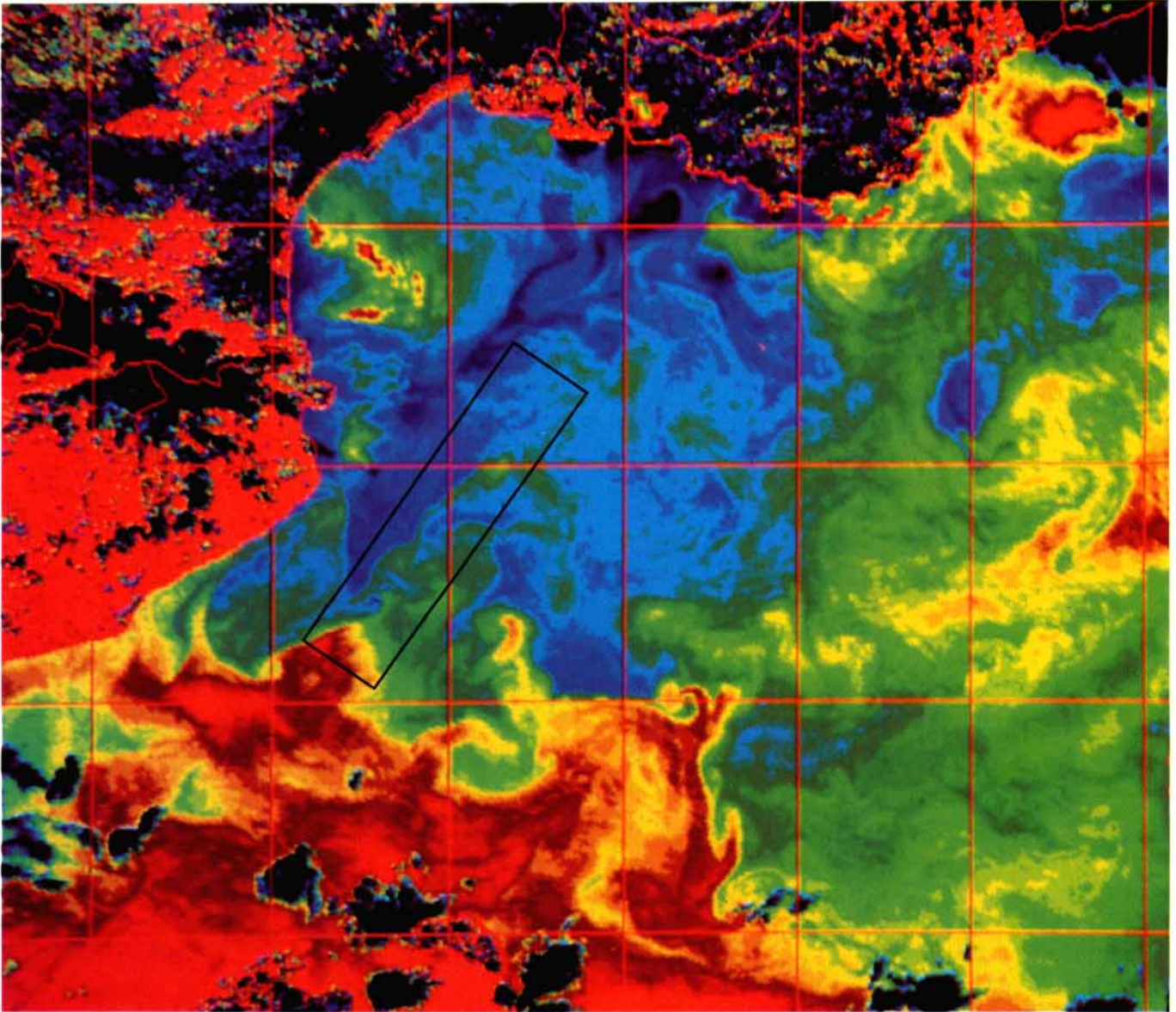
#### *Vols des 7, 8 et 9 août 1989*

Les matinées de ces trois jours ont été consacrées également à l'opération thon afin de confirmer les résultats obtenus précédemment. Notamment, le vol du 8 août, a été conduit, dans sa quasi-totalité, entièrement au dessus de la couche de nuages, le Dornier ne faisant de percée que lorsque des bancs étaient repérés au radar. Malheureusement, ce jour-là, ces derniers étaient particulièrement "nerveux" et sondaient rapidement à l'approche de l'avion. Ce vol aurait pu être davantage optimisé si nous avions reçu à temps la carte de température de surface. Au cours du vol du 9 août, un cameraman a pu être embarqué pour tourner un film vidéo professionnel sur l'expérimentation.

Vu le succès obtenu dès les premiers vols et compte tenu du fait que le traitement des images, hormis le *quick look*, ne peut se faire en temps réel, nous avons décidé de limiter l'opération thon à ces vols et donc de réduire le nombre d'heures de vol par rapport à ce qui avait été prévu. L'économie ainsi réalisée nous a laissé plus d'autonomie pour choisir et diversifier les prétraitements et approfondir le traitement des données acquises.


#### *Récapitulatifs des vols*

Les principaux vols sont détaillés dans la figure 10 pour ceux effectués avec le Partenavia et dans la figure 11 pour ceux réalisés avec le Dornier.



**Figure 9 : Situation thermique relative du 9 août 1989 dans le golfe du Lion donnée par le capteur satellitaire AVHRR/NOAA.**

Les données nous ont été fournies par le DLR et traitées au centre ORSTOM de Montpellier. Le courant liguro-provençal est bien visible et les fronts sont bien marqués. Ceci correspond à une situation normale après un fort régime de nord et nord-ouest. La pêcherie thonière étudiée au cours de cette expérimentation est en bordure de ces forts gradients (cadre noir). La limite entre bleu et vert correspond à l'isotherme 23°C

**Figure 10 : Principaux vols effectués avec le Partenavia  
d'Inter-thon-Méditerranée durant HAREM-Thon** 

Les bancs de thons les plus remarquables  
ont été repérés par le symbole "T", le symbole "B"  
étant utilisé pour les cétacés.

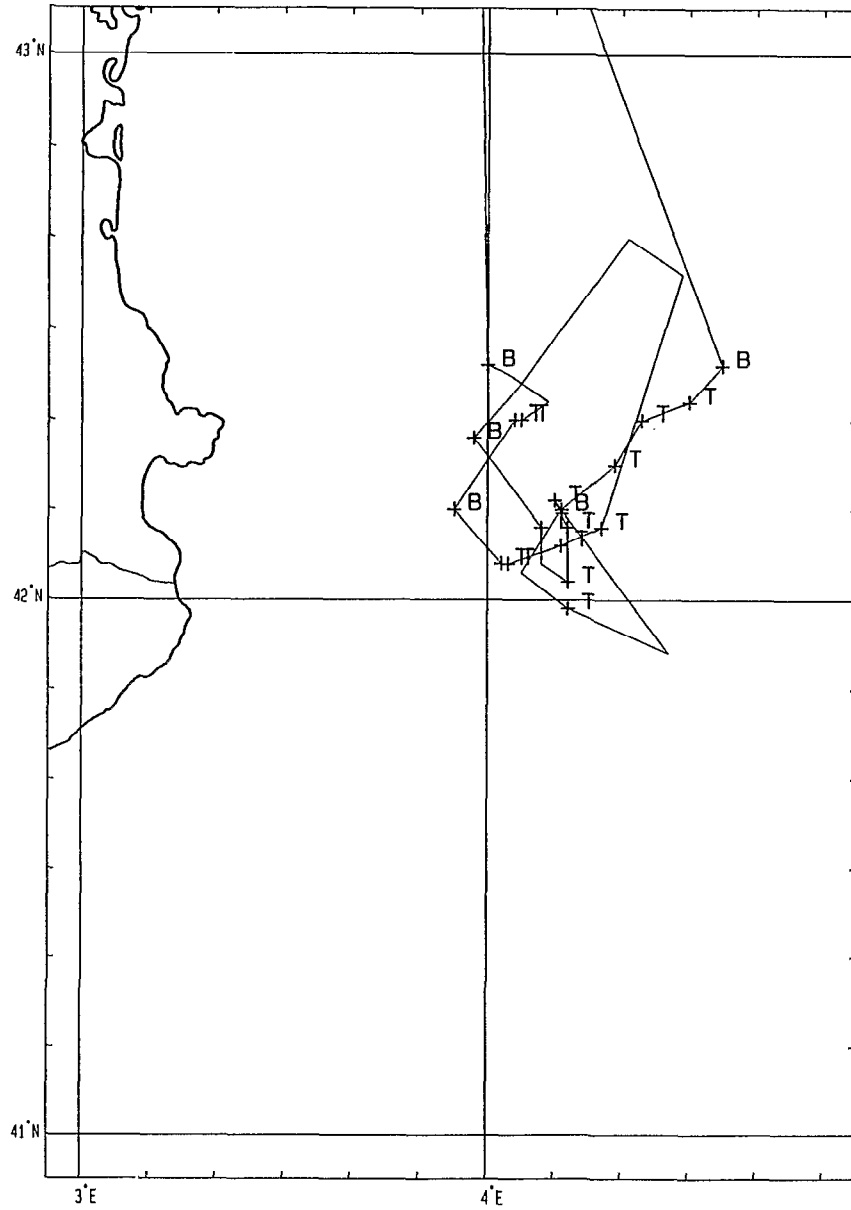


Figure 10 a : Vol du Partenavia le matin du 4 août 1989

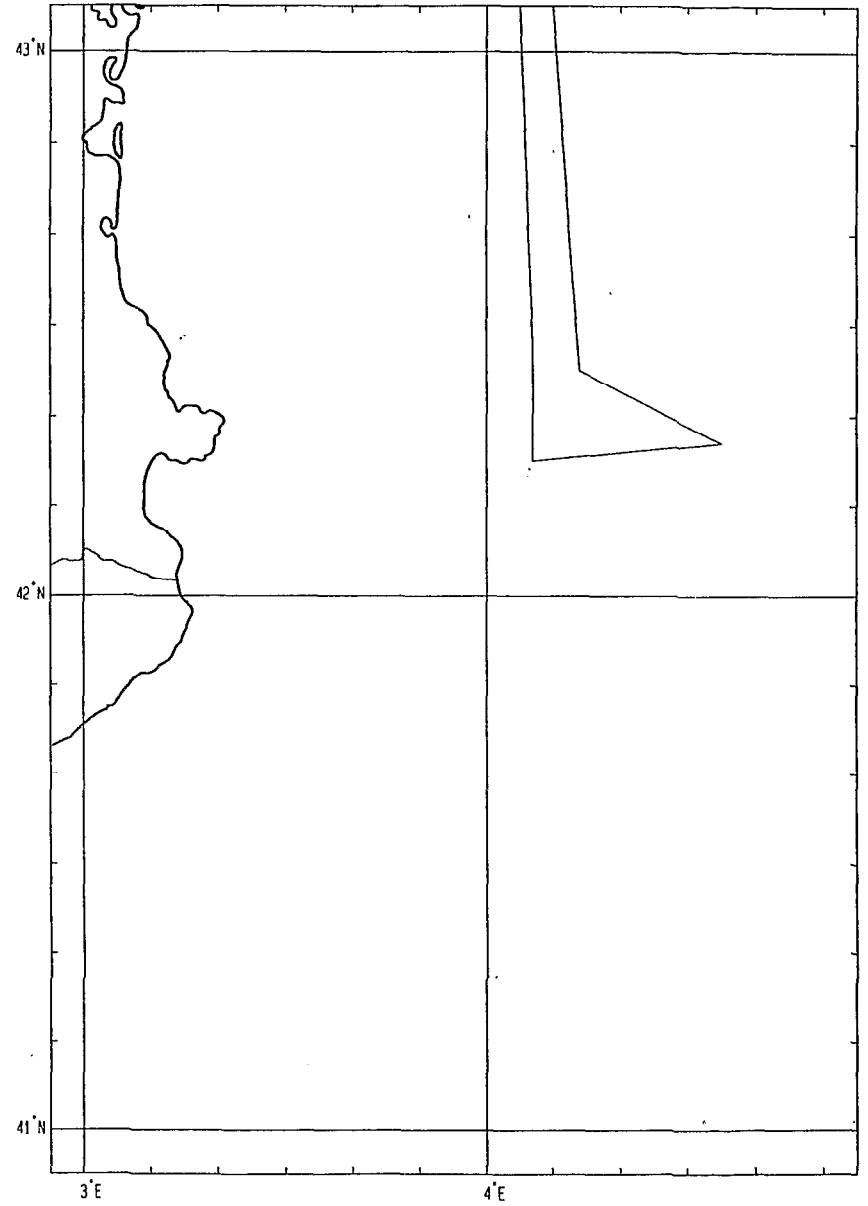


Figure 10 b : Vol du Partenavia l'après-midi du 4 août 1989

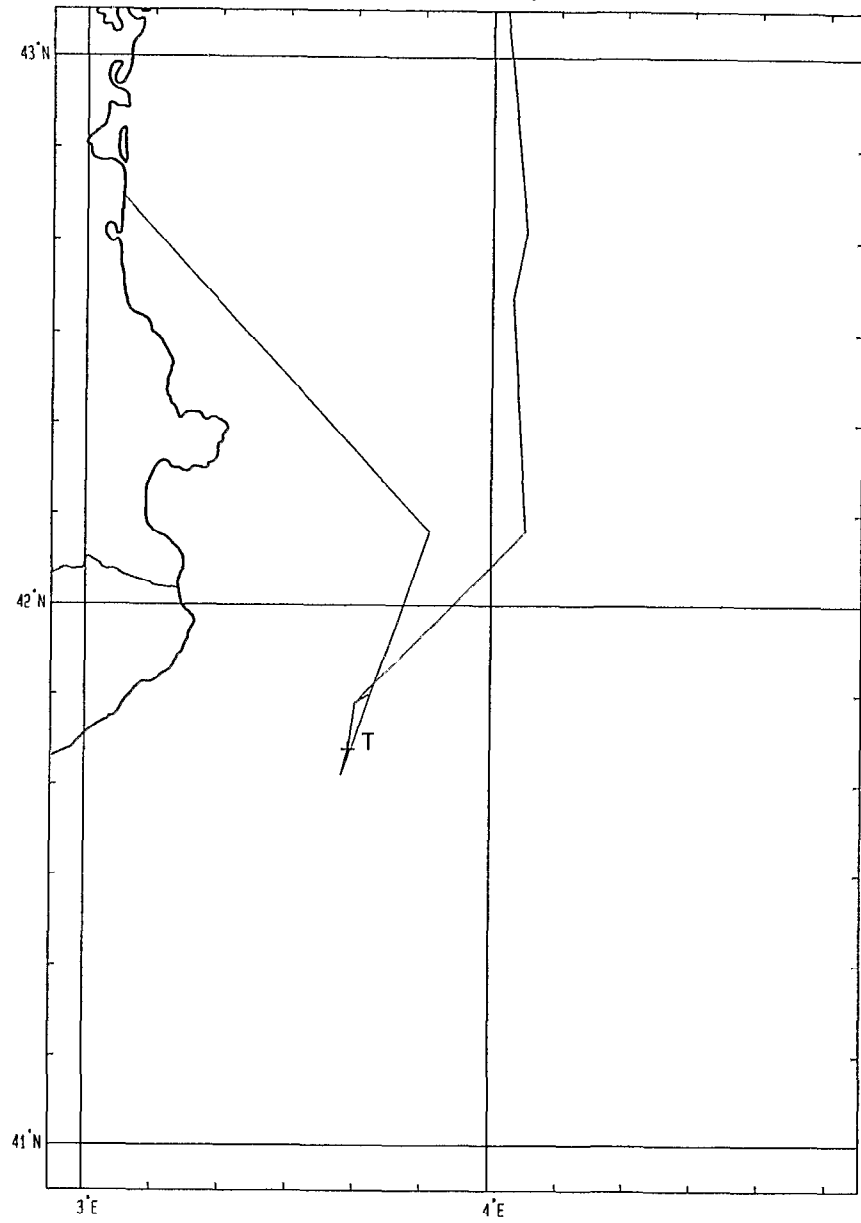


Figure 10 c : Vol du Partenavia le matin du 5 août 1989

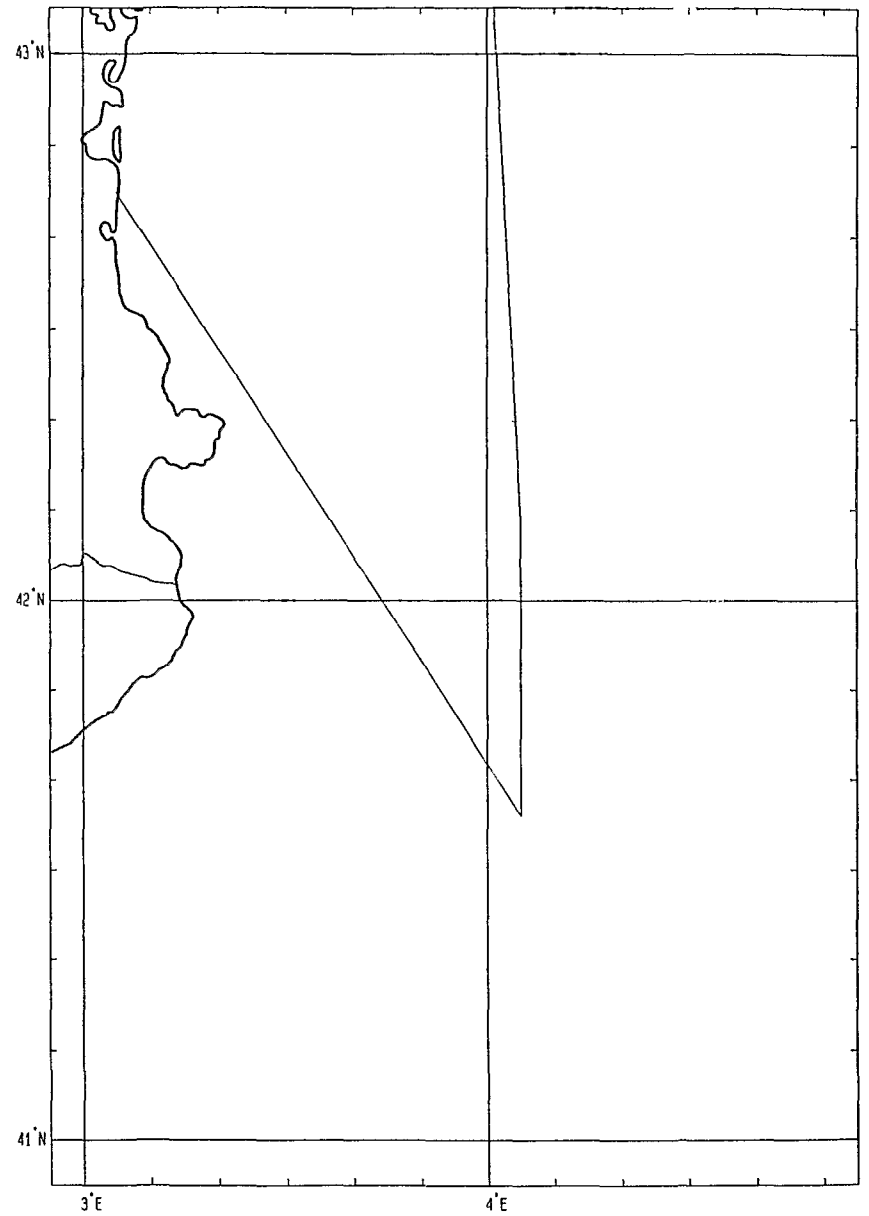


Figure 10 d : Vol du Partenavia l'après-midi du 5 août 1989

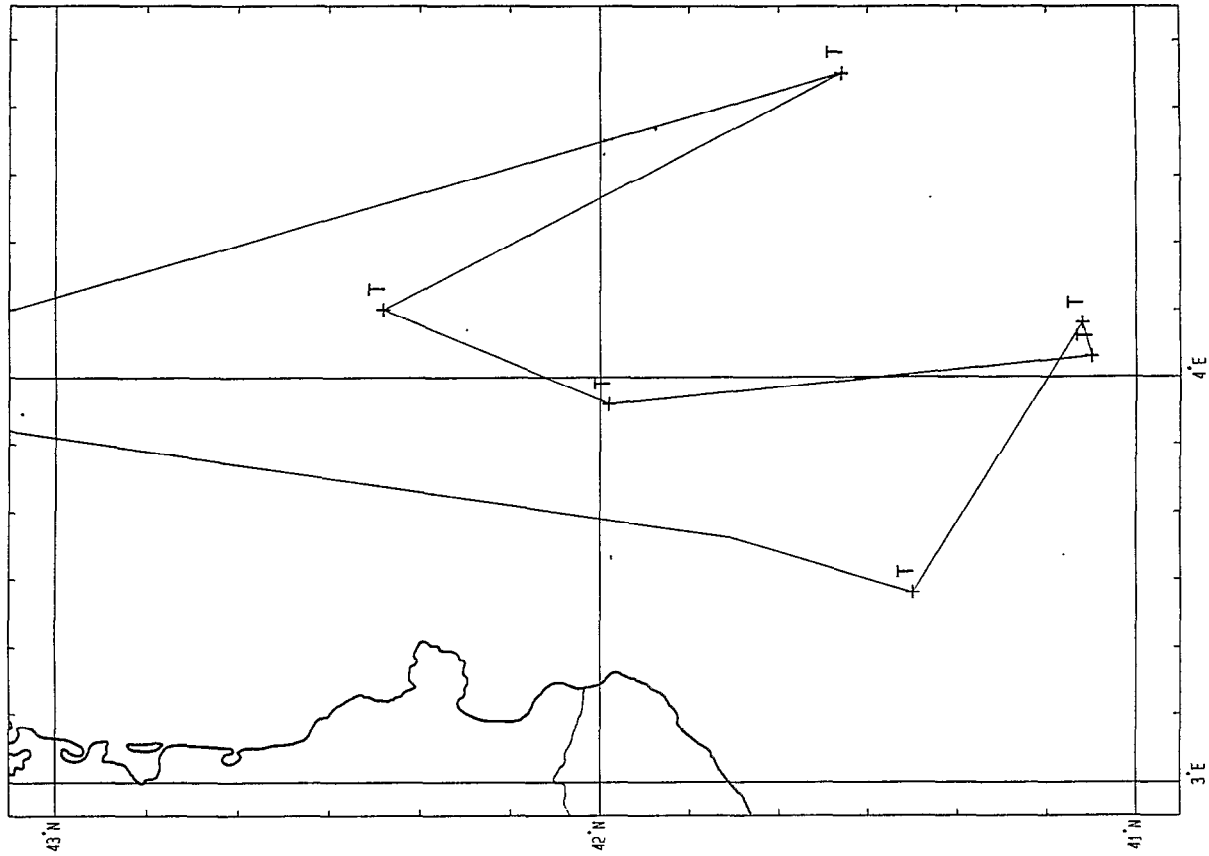


Figure 10 f : Vol du Partenavia l'après-midi du 6 août 1989

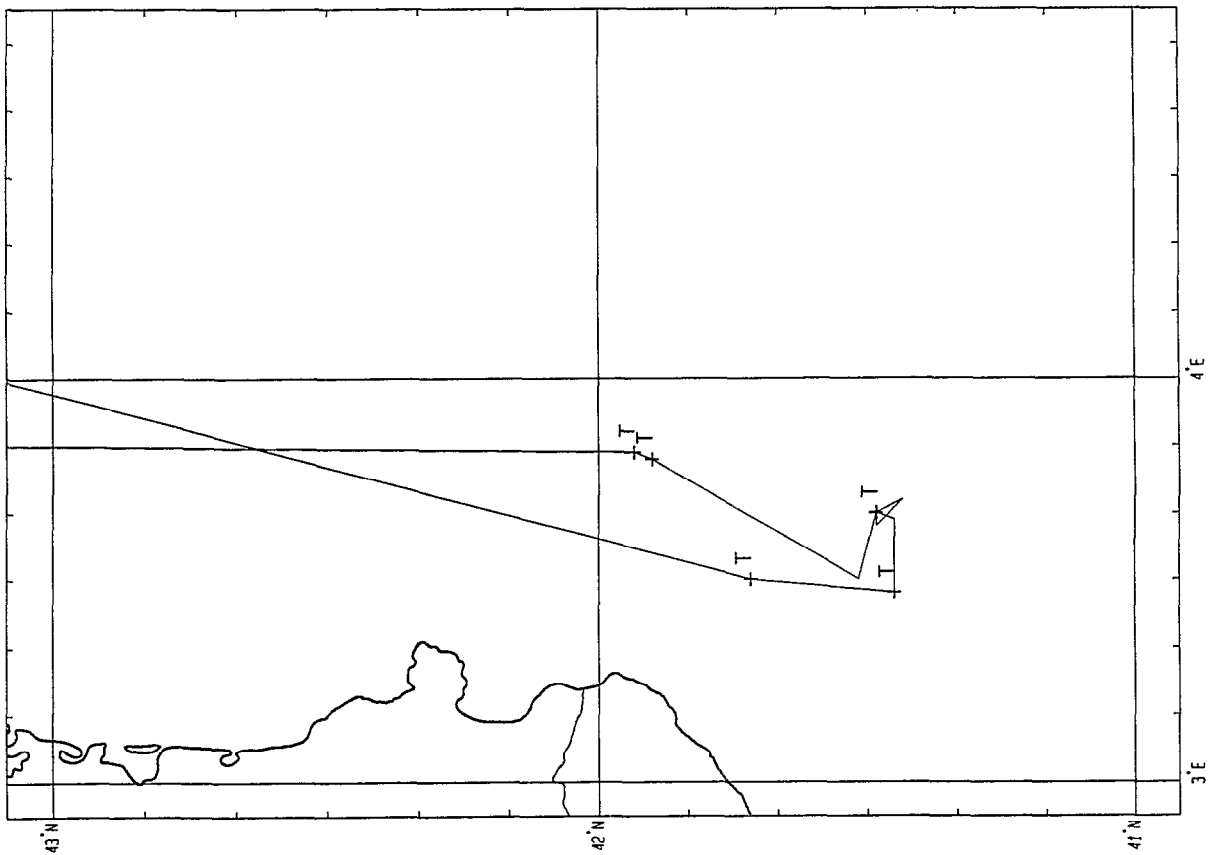


Figure 10 e : Vol du Partenavia le matin du 6 août 1989

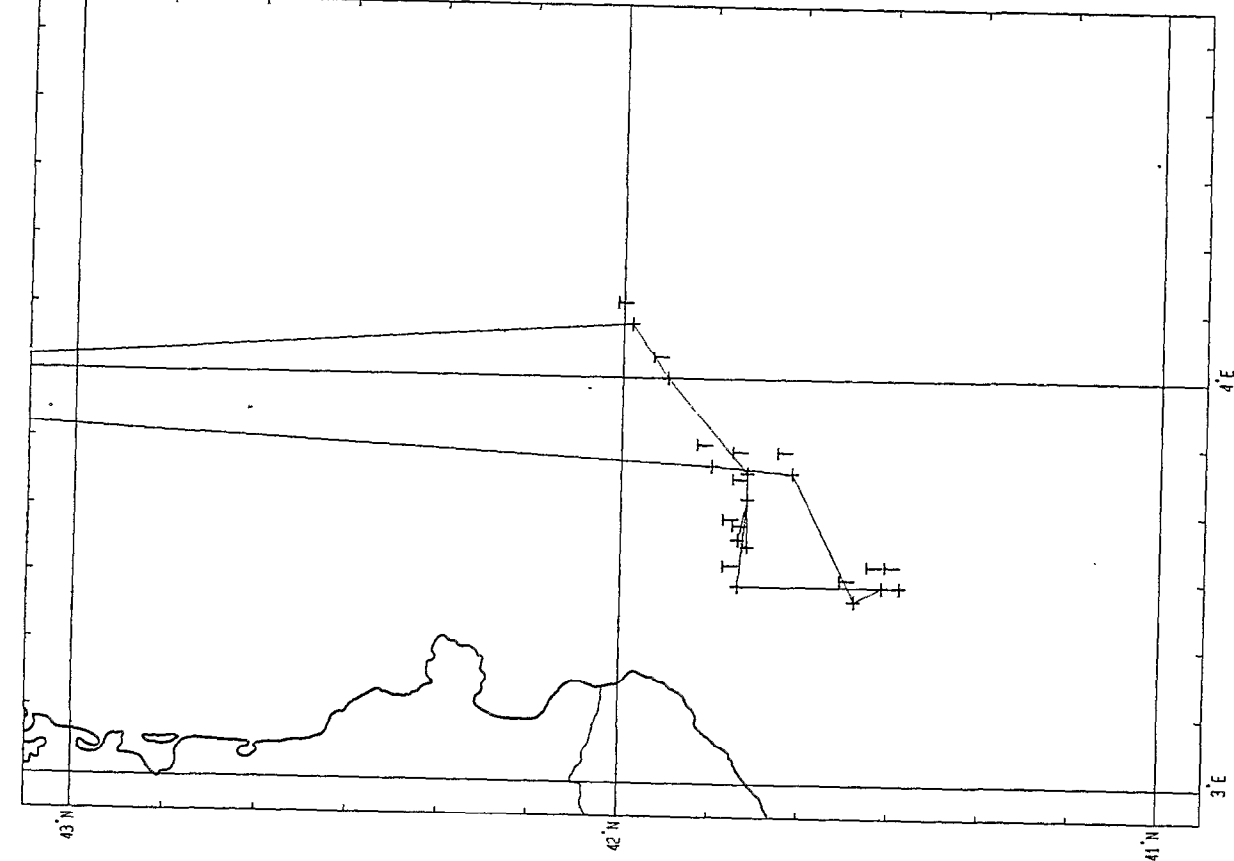


Figure 10 h : Vol du Partenavia le matin du 9 août 1989

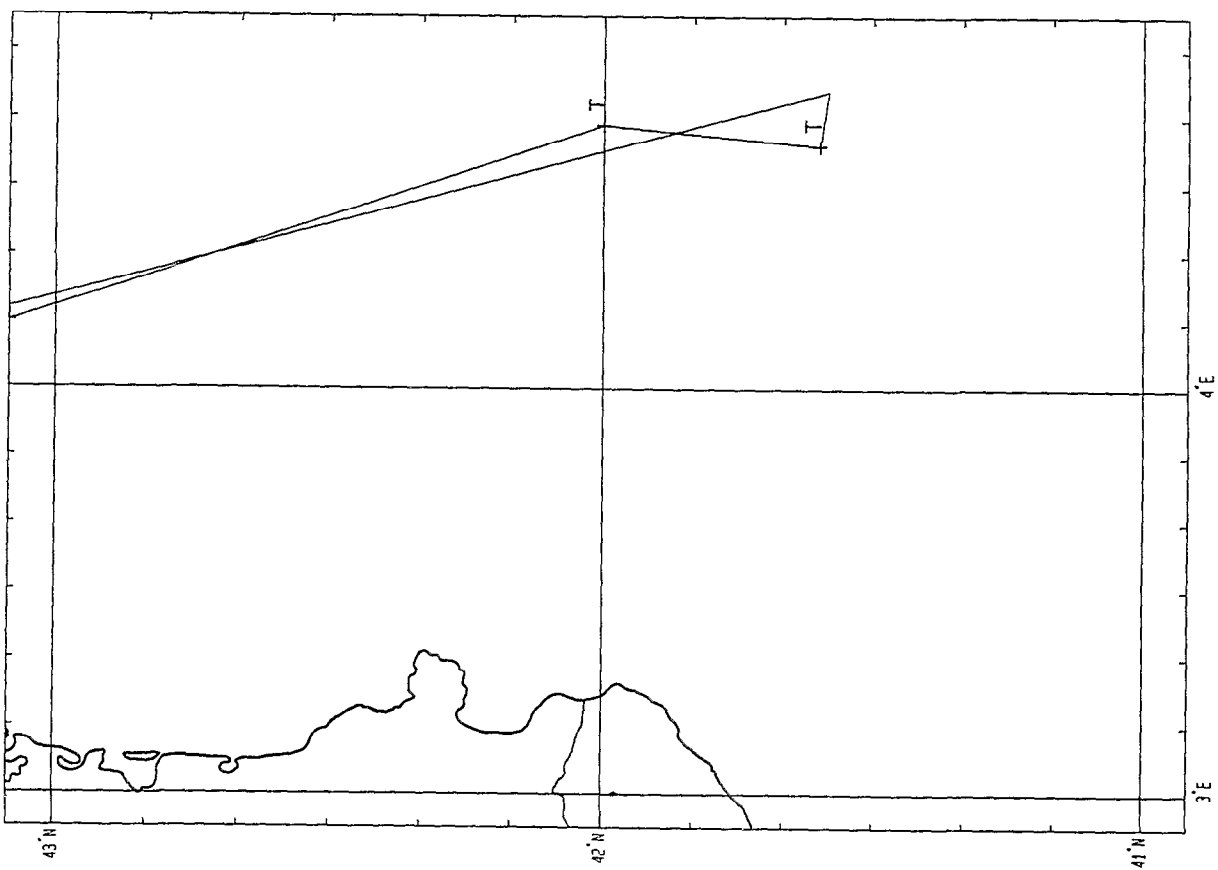


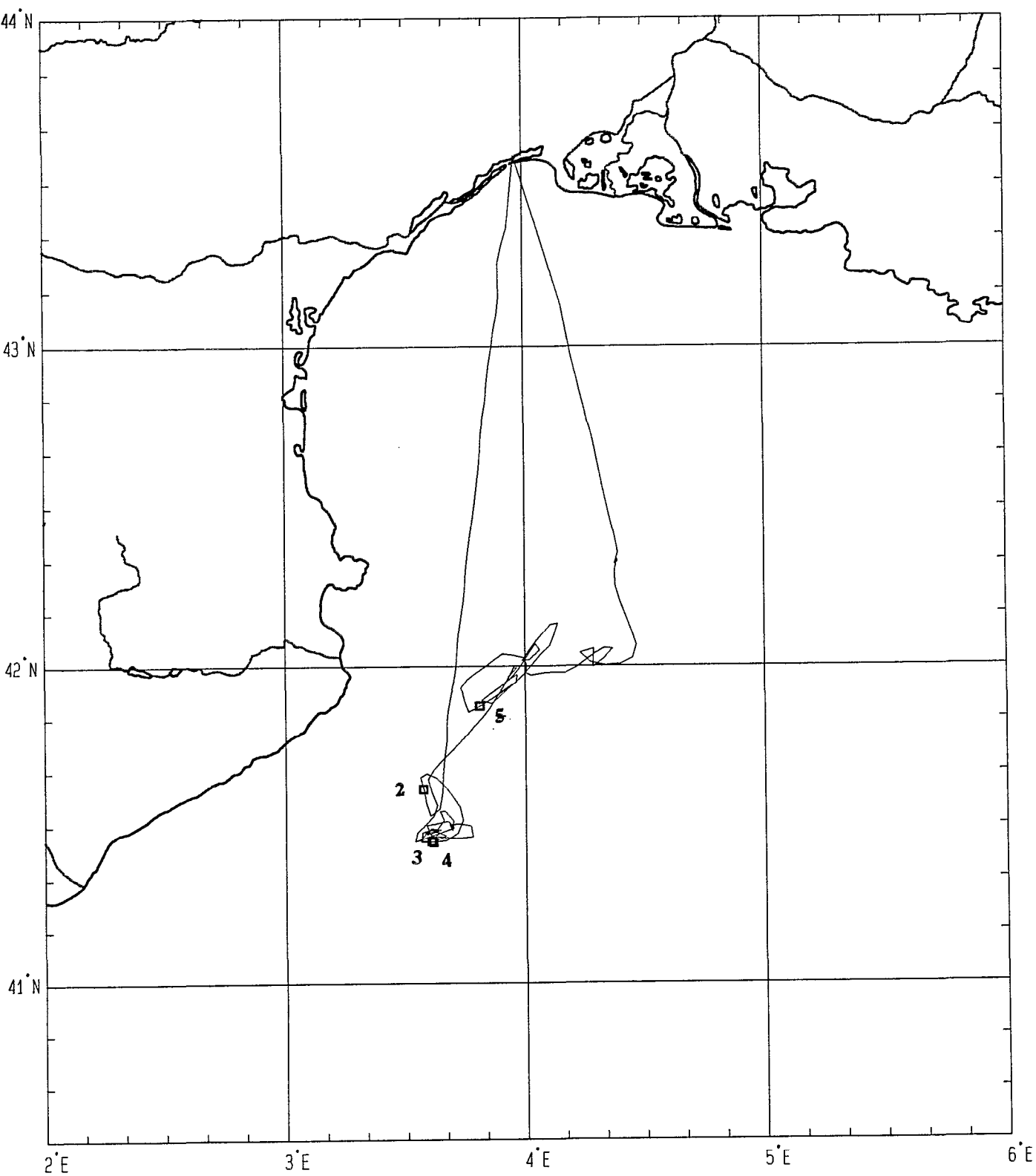
Figure 10 g : Vol du Partenavia le matin du 7 août 1989

**Figure 11 : Principaux vols effectués avec le Dornier  
du DLR durant HAREM-Thon**

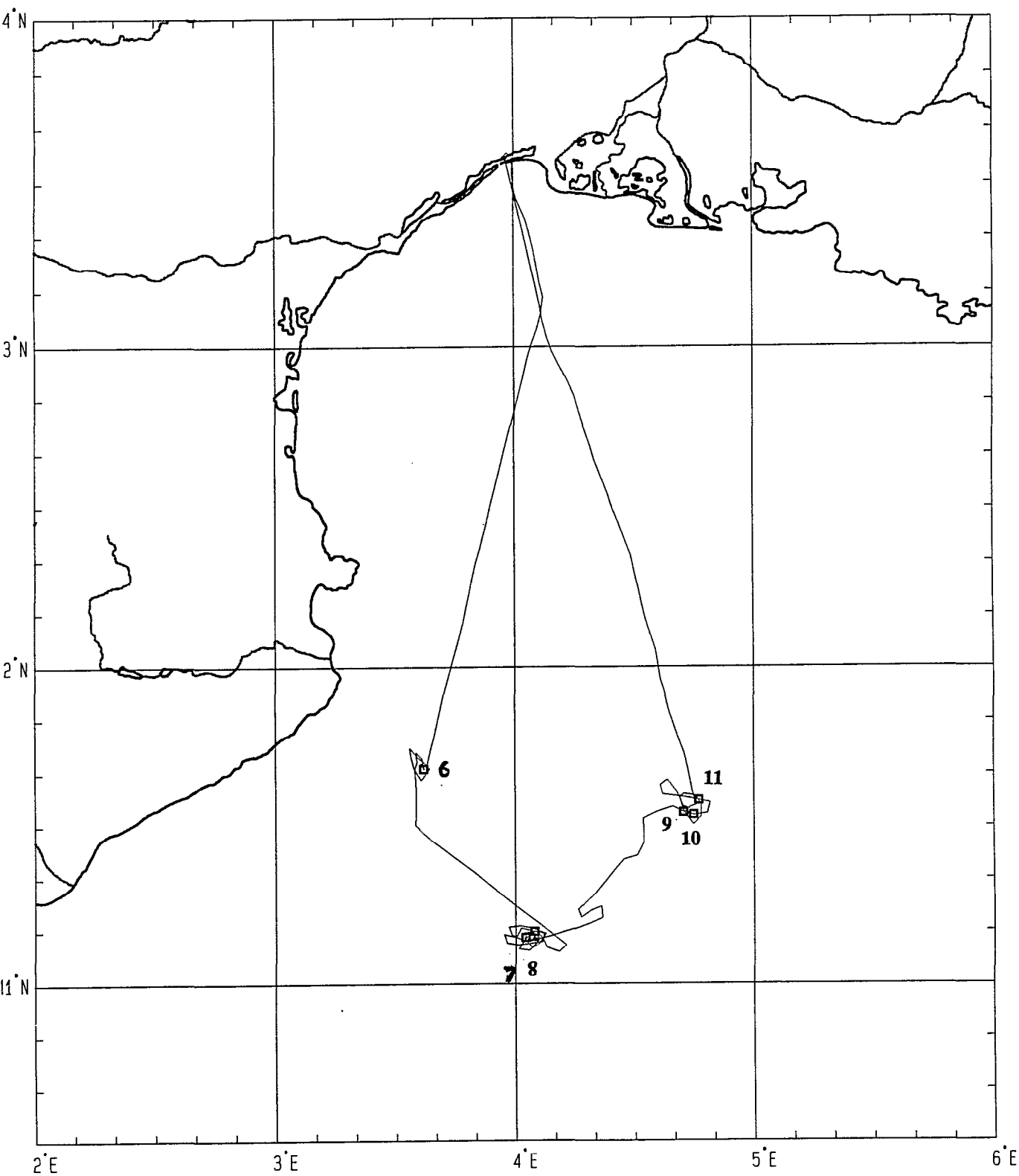


Les petits carrés symbolisent les lieux  
d'acquisition des scènes sélectionnées *a posteriori*.  
Le numéro correspond à l'identification donnée  
dans le tableau 2.

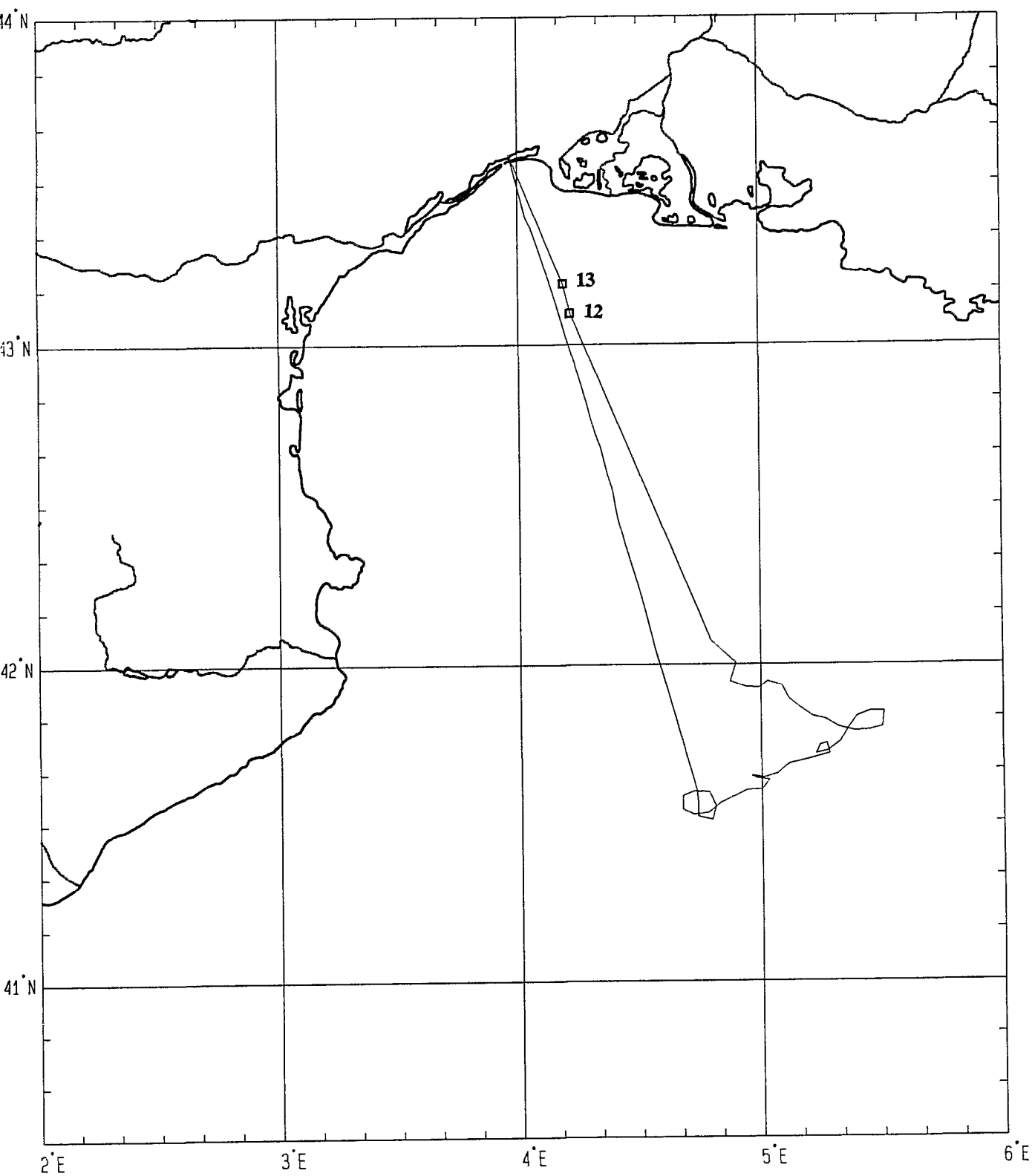




**Figure 11 a : Vol du Dornier le matin du 6 août 1989**

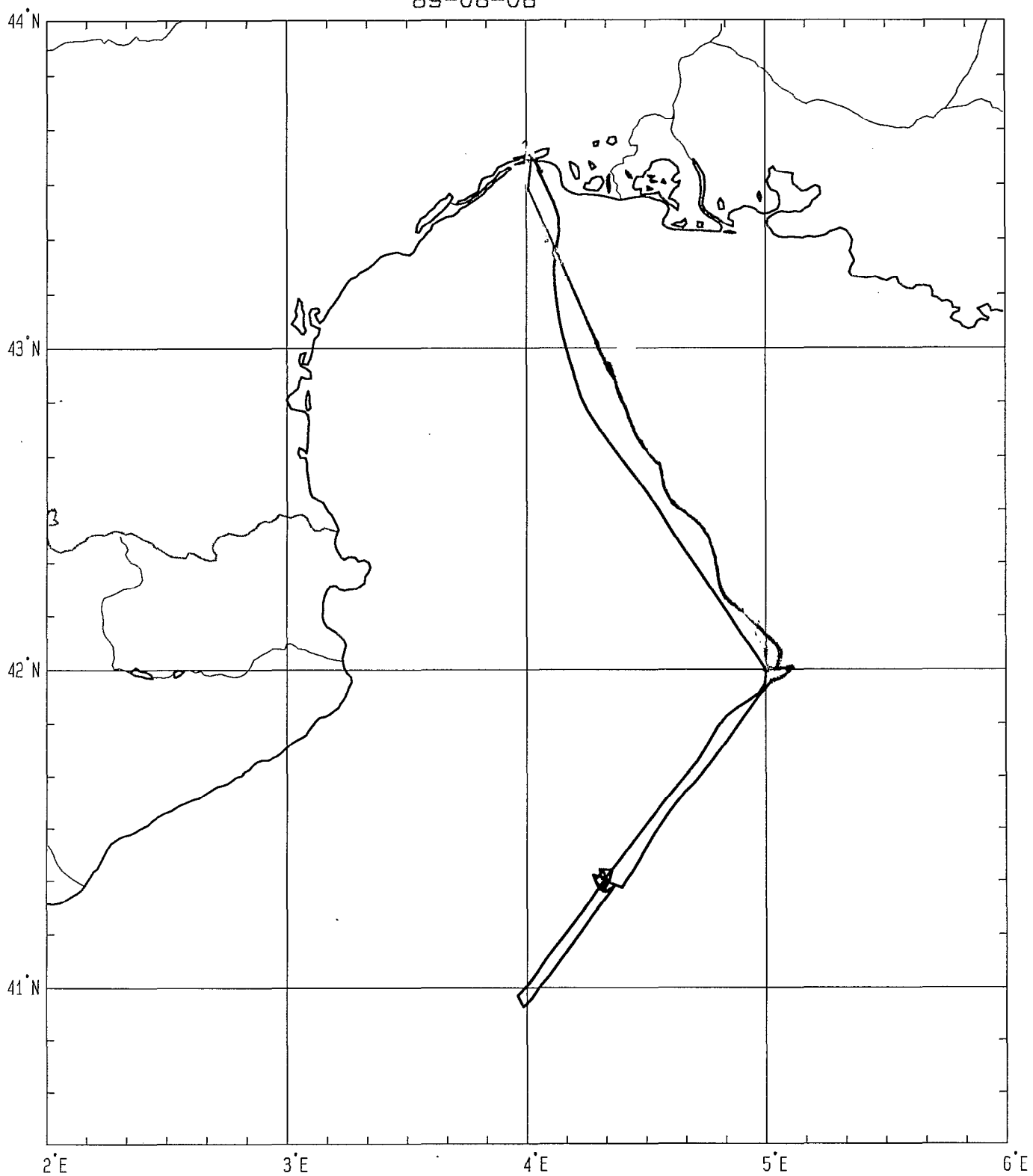


**Figure 11 b : Vol du Dornier l'après-midi du 6 août 1989**



**Figure 11 c : Vol du Dornier le matin du 7 août 1989**

89-08-08



**Figure 11 d : Vol du Dornier le matin du 8 août 1989**



Antenne SAR (bande C)

Avion Dornier 228 du DLR



Avion Partenavia d'Inter-Thon-Méditerranée

## **2 STRATEGIE EXPERIMENTALE : HAREM - ETANGS**

L'acquisition des données radar sur les engins fixes a eu lieu au cours d'un vol réalisé par le Dornier le 9 août 1989.

Les étangs de Thau et de Bages-Sigean ont été choisis comme secteur-test pour l'expérimentation, en raison de leur importance prépondérante dans la pêche lagunaire en Méditerranée occidentale.

Afin de préparer l'expérience, des survols à basse altitude de ces étangs ont été réalisés le 7 août 1989 selon la technique d'observation visuelle du laboratoire IFREMER de Sète, au moyen d'un monomoteur Cessna 172 opérant à vitesse réduite (70 noeuds) et à basse altitude (300 à 1000 pieds).

L'ensemble des filets fixes installés dans chacun des deux étangs a été recensé et cartographié par l'observateur embarqué. Un effort particulier (figure 12) a été développé pour relever le plus précisément possible les positions et les types des filets afin que les documents obtenus (figure 13) puissent constituer une base fiable pour l'élaboration du plan de vol du Dornier d'une part et servir de référence la plus complète possible en vue des traitements ultérieurs des images numériques.

A partir de ces données, deux radiales d'acquisition SAR ont été accomplies à haute altitude par le Dornier sur chacun des deux étangs (figure 12), orientées de telle sorte que la fauchée du radar (quatre kilomètres, visée à gauche) puisse couvrir les zones de concentration maximale des engins de pêche présents.

Enfin deux autres survols d'observation à vue ont été effectués le 10 août 1989 par le Cessna, afin de confirmer la cartographie de la réalité de terrain et de préciser la disposition et l'orientation des filets dans la zone de travail.

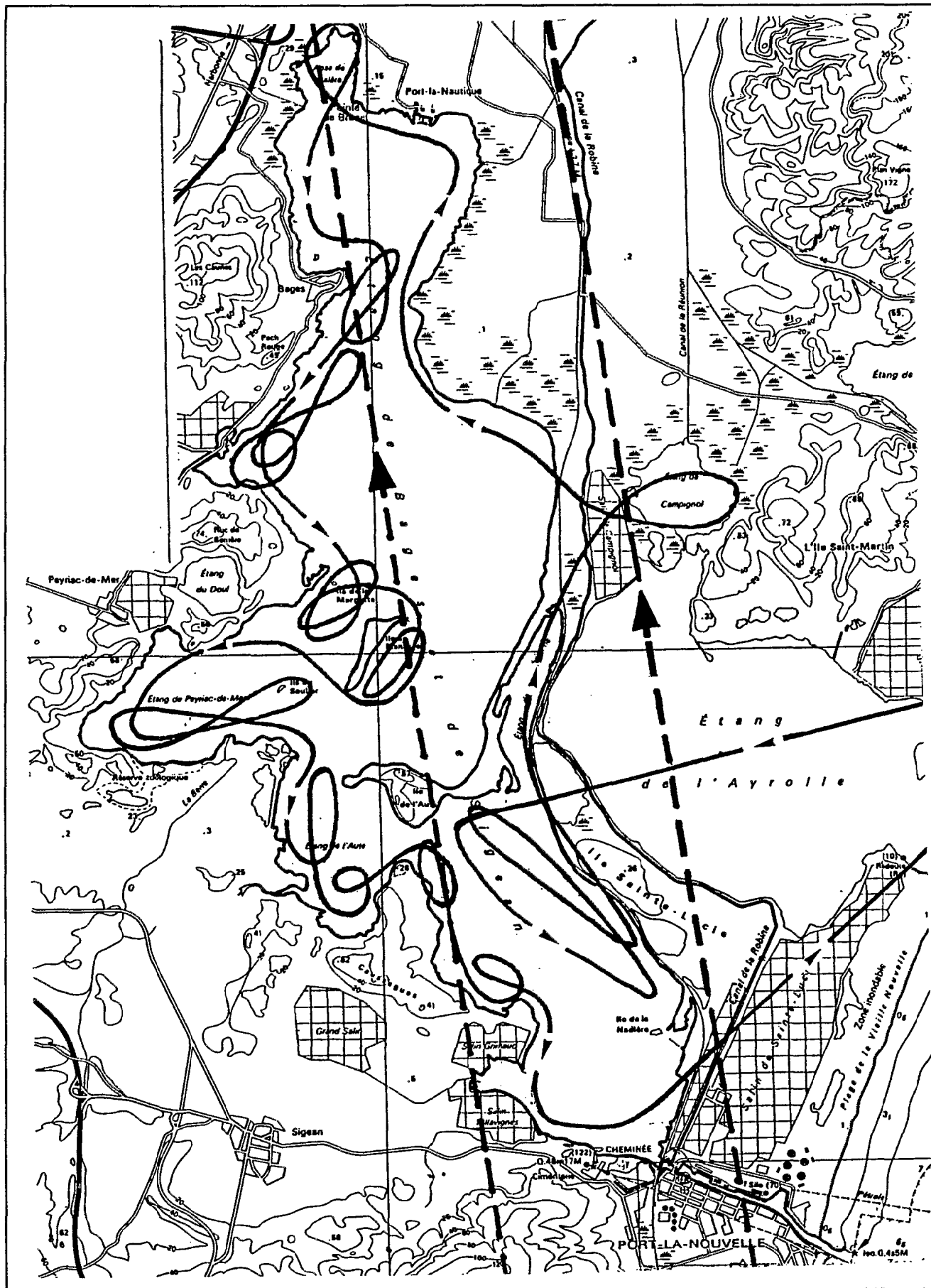
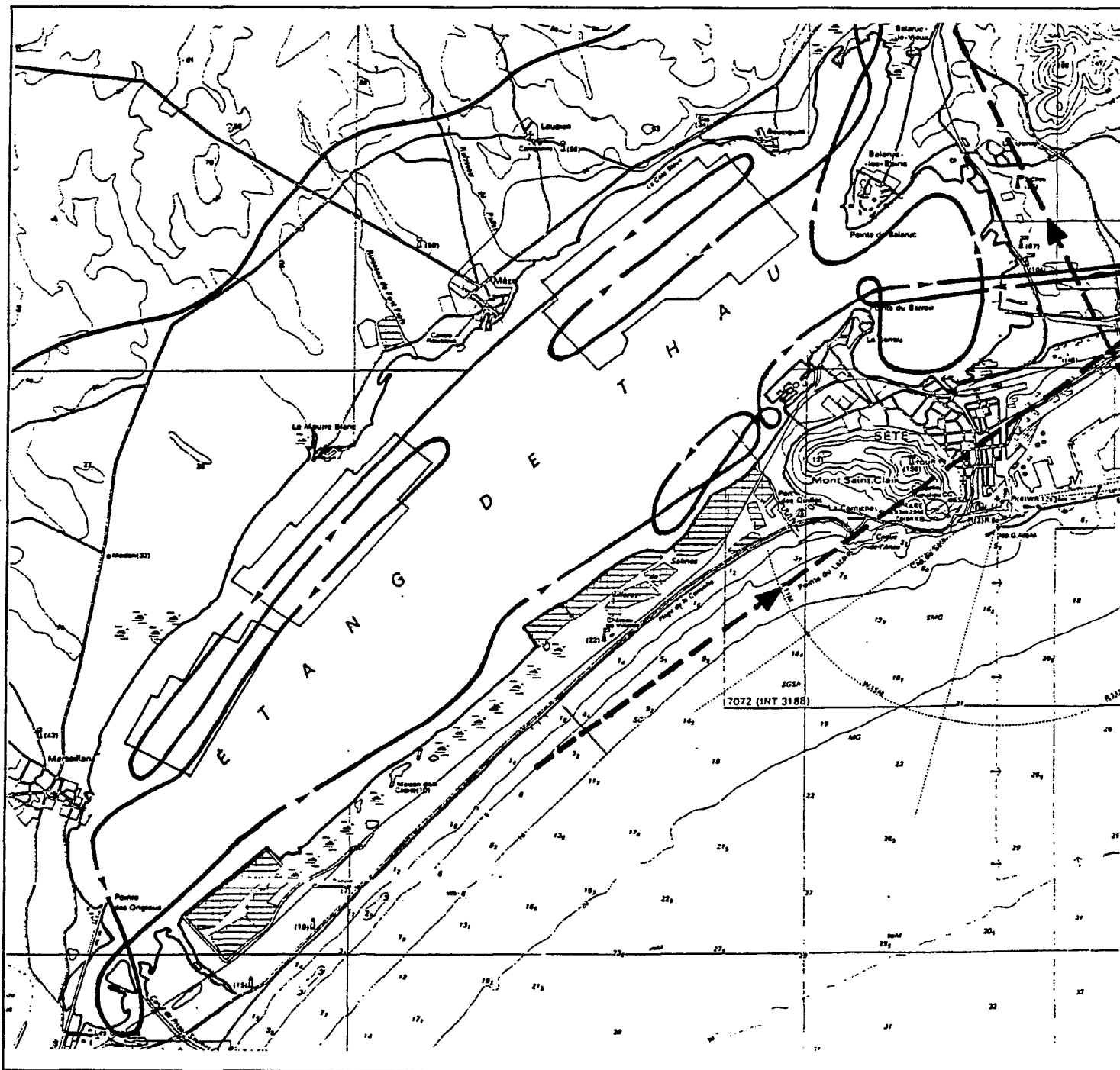


Figure 12a : Etang de Bages et Sigean



**Figure 12b : Etang de Thau**

**Figure 12 : Vols effectués au cours de HAREM - étangs,**  
 avec un Cessna (trait plein) pour le relevé des positions des  
 capéchades et avec le Dornier (tirets) pour l'acquisition radar .



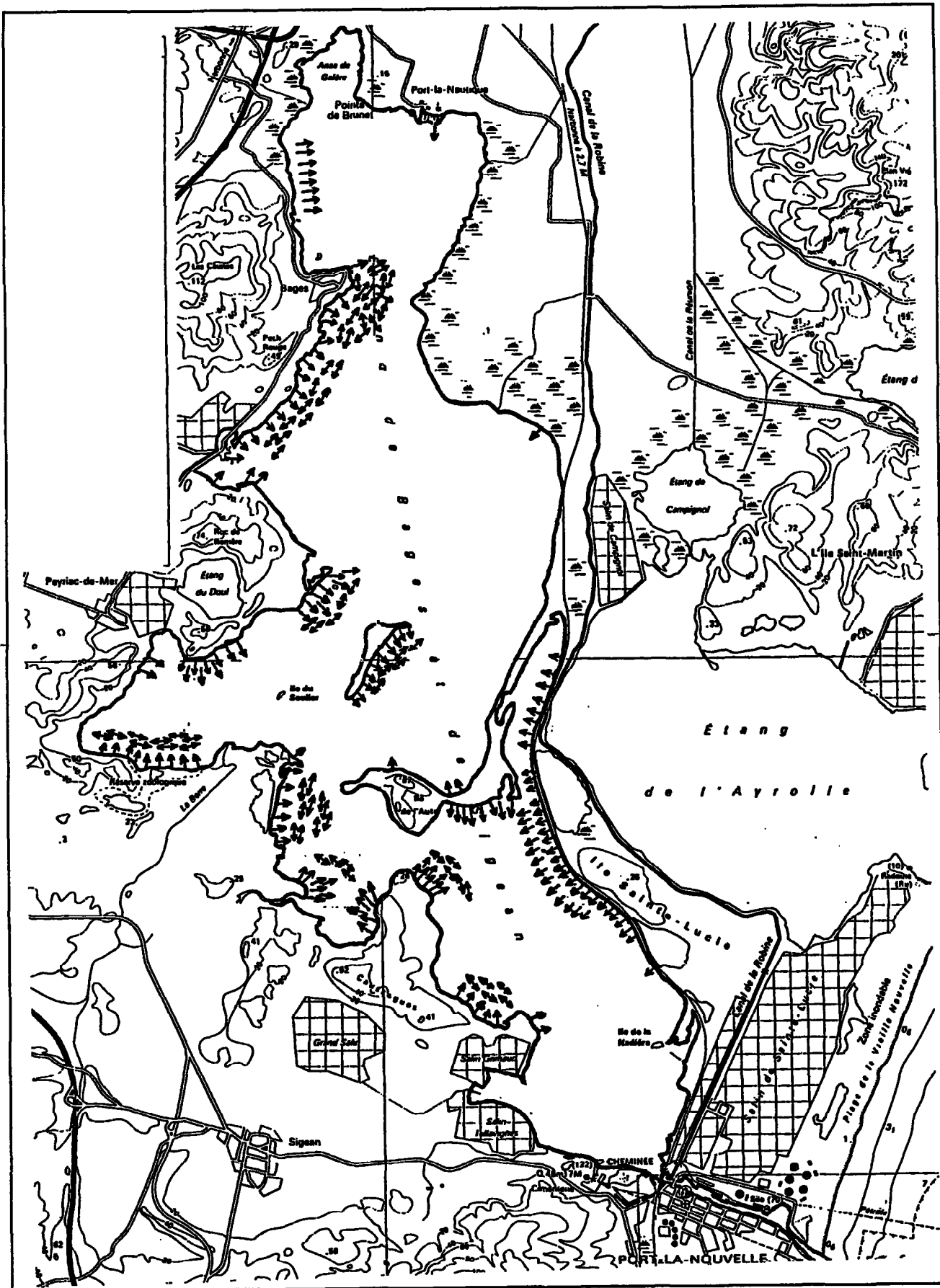
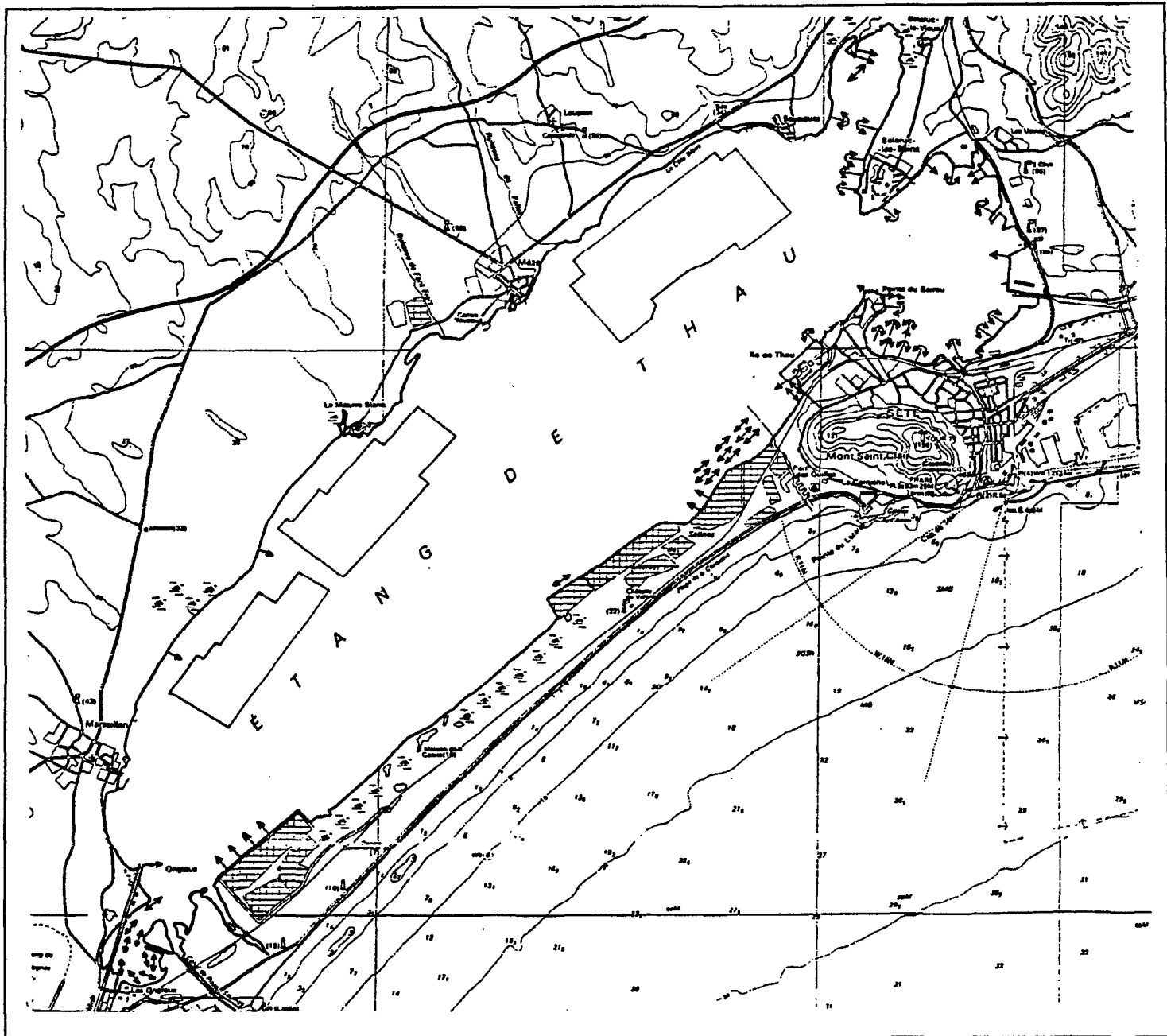


Figure 13a : Etang de Bages et Sigean



**Figure 13b : Etang de Thau**

**Figure 13 : Position des capéchades, relevées depuis le Cessna volant à basse altitude.**

## **CHAPITRE III**

### **TRAITEMENT DES DONNEES SAR, ACQUIS ET DISCUSSION**

Rappelons que HAREM est une expérimentation dont le déroulement et les résultats sont rassemblés dans ce document. Cette expérience n'a pas l'envergure d'un véritable programme scientifique et les résultats attendus ont été clairement limités lors du protocole proposé (PETIT, 1987).

## 1 PRETRAITEMENT ET TRAITEMENT DES SCENES ACQUISES

### 1.1 Prétraitement

Sur l'ensemble des enregistrements effectués au cours des vols, une sélection de vingt scènes a pu être établie (tableau 2), après visualisation sur *quick look*. Cette opération a été rendue très délicate à cause d'une désynchronisation survenue entre les divers types d'enregistrements à bord (vidéo, *quick look*, enregistrement des données brutes HDDT).

Le prétraitement effectué par le DLR (HORN, 1989) s'est avéré beaucoup trop long, même sans le calcul des compensations des mouvements de l'avion : plus de dix heures CPU (sur VAX) par scène, ce qui explique en partie que neuf mois après les opérations de terrain nous n'avons pu disposer que de dix scènes prétraitées. Sans parler de chaîne de traitement opérationnelle, même d'un point de vue expérimental, ces temps de calcul sont rédhibitoires. Une solution de prétraitement plus rapide nous a été fournie par le CNES en collaboration avec le GDTA, qui, suite à la mise hors disponibilité du VARAN-S et du B17, a réalisé les expériences de simulation radar-satellite en décembre 1989 et avril 1990 avec le couple E-SAR / Dornier 228 du DLR ; pour ces expériences, le CNES a décidé d'adapter son logiciel de prétraitement radar aux données E-SAR. Ce logiciel permet de prétraiter une scène en à peu près une heure (au total) avec une puissance de calcul accrue de seulement 60 % par rapport au système allemand. A l'heure actuelle, nous terminons le transfert de l'ensemble des données brutes du DLR vers le CNES où elles seront disponibles. Selon les scènes, nous présenterons ici l'un ou l'autre des deux traitements.

Globalement, les différentes étapes du prétraitement que requièrent les données brutes après leur transfert des bandes HDDT sur bandes CCT 6250 bpi ou sur cassette exabyte, correspondent à une calibration du signal avec correction radiométrique, suivie d'une correction géométrique qui tient compte des mouvements du vecteur dans les trois dimensions et de sa variation de vitesse réelle (liée au vent).

**Tableau 2**

**Inventaire complet des acquisitions sélectionnées de la campagne HAREM**

**1. HAREM - thon : 14 scènes**

Date du vol	N° du vol (avion DLR)	Heure locale Début de scène	Mission/Pass	N° localisation de la scène (figure 11)	Cibles principales
5-8-89	1	16:31:15	M3/P1	1	réflexion spéculaire
6-8-89	2	9:23:10	M4/P6	2	pollution + thon thon + filets filets pollution + bateaux
		10:42:10	M4/P3	3	
		10:47:08	M4/P5	4	
		10:57:10	M4/P6	5	
	3	15:52:50 16:18:20 16:23:27 17:13:13 17:21:21 17:24:08	M5/P4	6	dauphins
			M5/P5	7	thons
			M5/P6	8	baleines + thons
			M5/P3	9	thons (30 t)
			M5/P6	10	thons (10-20 t)
			M5/P7	11	thons (10-20 t)
7-8-89	4	10:07:37	M6/P1	12	thons) 10-20 t, ) poissons thons) de 5-10kg.
		10:11:15	M6/P3	13	
9-8-89	6	9:50:30	M9/P1	14	thons (gros poissons sous petits poissons)

**2. HAREM étang : 6 scènes**

Date du vol	N° du vol	Heure locale Début de scène	Mission/Pass	N° localisation de la scène (fig. 25)	Cibles principales
8-8-89	5	16:07:42	M8/P1	15	Thau
		16:20:23	M8/P2	16	Thau
		16:28:50	M8/P4	17	Mont St Clair
		16:34:44	M8/P5	18	Balaruc
		17:05:30	M8/P6	19	Bages
		17:26:14	M8/P7	20	Sigean

## 1.2 Traitement SAR

Le produit résultant du prétraitement est typiquement une matrice-image en complexes à partir desquels il est possible de travailler soit sur l'amplitude après calcul du module soit sur la phase. Compte tenu des caractéristiques des cibles qui nous intéressent, les données sur la phase sont peu ou pas exploitables en l'état actuel de notre étude. Les calculs d'amplitude, qui correspondent, de fait, aux variations du signal retour par rapport à son émission, aboutissent à une image anamorphosée codée en entiers sur 16 bits. Les résolutions en azimut et portée sont respectivement de l'ordre de 70 cm et 150 cm. L'obtention d'image à résolution plus grossière est réalisée selon la technique *multilook* qui consiste à moyenniser des carrés de  $x$  pixels par  $x$  pixels. Ceci améliore la radiométrie en diminuant l'effet de *speckle* de  $\sqrt{x^2} = x$  fois, en corrélation avec la réduction de la surface radar apparente  $\sigma_0$ . Les images ainsi constituées subissent ensuite un traitement d'image classique, sur SUN et micro-ordinateur au CNES et à l'ORSTOM Montpellier.

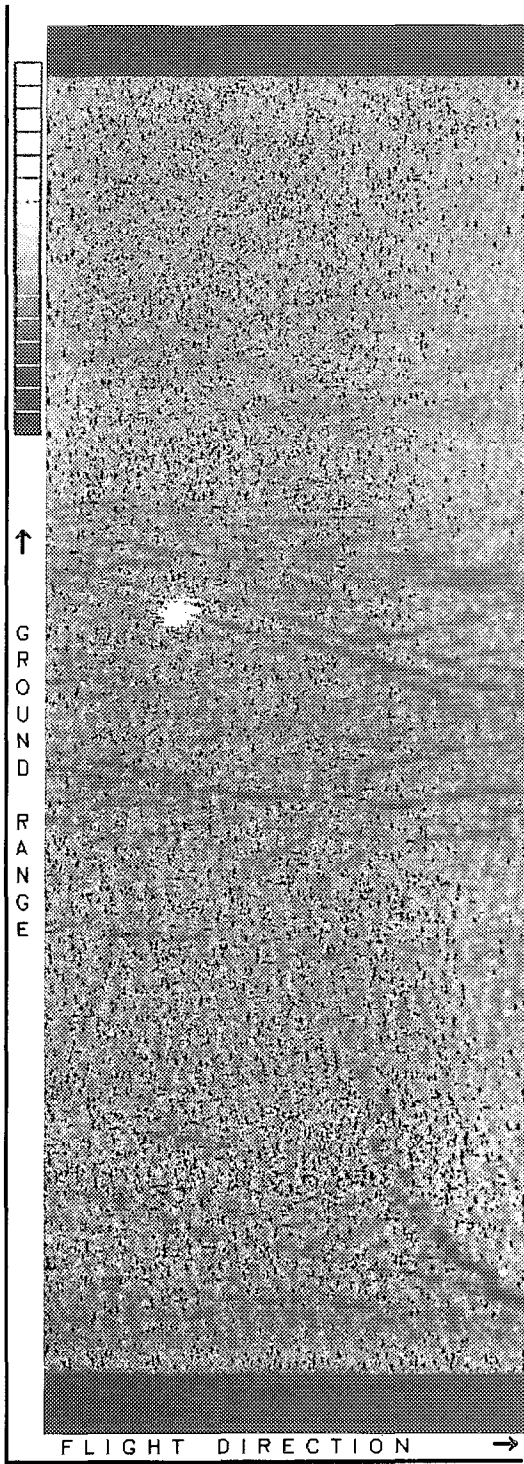
*Conceptuellement, sont à noter les différences essentielles suivantes, entre l'imagerie radar et l'imagerie de télédétection passive (visible ou infrarouge) :*

- 1. Les données SAR constituent une base de données beaucoup plus exploitable d'un point de vue à la fois mathématique et physique.*
- 2. L'interprétation de l'image ne peut s'appuyer sur des critères de perception humaine comme pour le visible ou l'infra-rouge, c'est ce qui fait la richesse ou plutôt la complémentarité de l'imagerie SAR, mais aussi sa difficulté.*
- 3. Avant de passer à un traitement d'image classique, l'ensemble du prétraitement des données SAR comporte la construction de l'image en "choisissant" les résolutions géométriques et radiométriques ainsi que l'angle de vue, dans certaines limites. Toutes ces possibilités sont très limitées ou inexistantes en télédétection visible ou infra-rouge.*

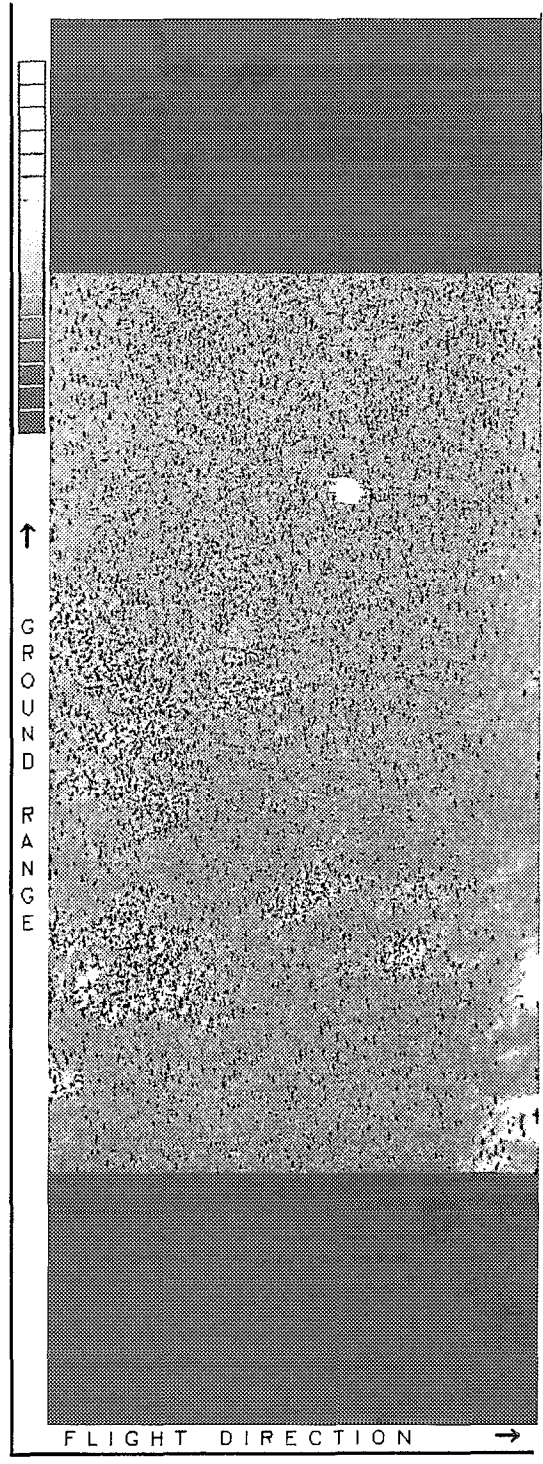
## 3.2 ACQUIS DE L'OPERATION HAREM - THON ; DISCUSSION

Les figures 14, 15 et 16 donnent quelques exemples de résultats des prétraitements et traitements décrits précédemment. Il y apparaît ainsi que :

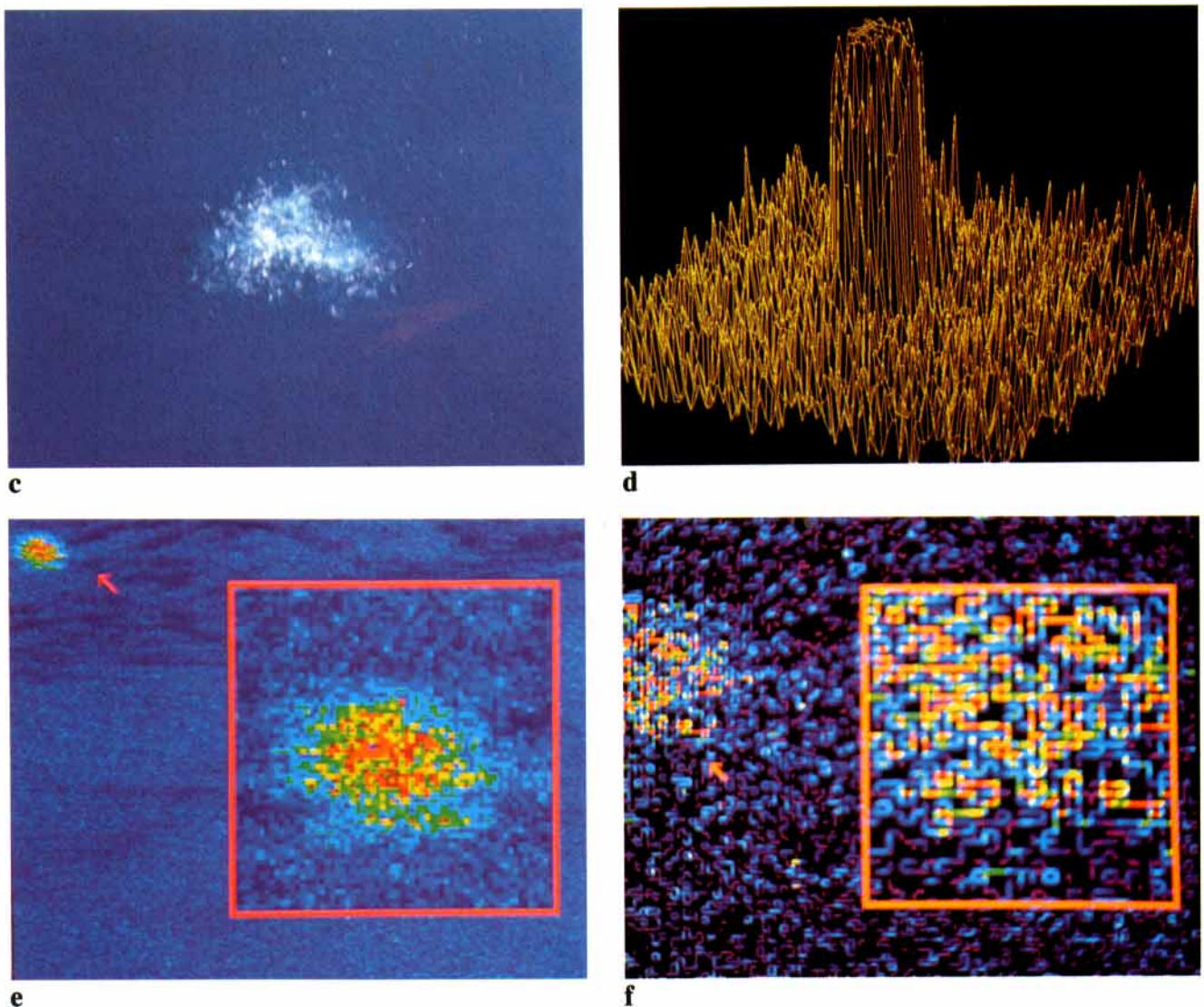
*les bancs de thons, les cétacés (baleines et dauphins), les unités de pêche en action (senneurs et leur filets), sont détectables et discriminables par un radar aéroporté de type SAR. Ces résultats, jamais encore obtenus, sont le point essentiel de l'expérience.*



a



b



**Figure 14 : La cible banc de thon : exemples de résultats acquis après prétraitement et traitement des données E-SAR.**

Les images (a) et (b) correspondent aux données acquises (respectivement scènes n° 9 et 10, cf. tableau 2 et figure 11) sur des bancs de thons de 15 à 30 tonnes composés de poissons de 5 à 10 kg. Ces bancs (c) se repèrent, sur le *quick look* vidéo à bord de l'avion comme sur les images issues du prétraitement, par des tâches blanches quasi circulaires. Les deux scènes ont été enregistrées depuis une altitude de 1550 m, sous un angle de l'incidence de  $35^\circ (\pm 17^\circ)$  avec une vitesse sol de  $85 \text{ ms}^{-1}$ . Les figures a et b résultent du prétraitement en compensation de mouvement élaboré par le DLR (version 1.5). La résolution a été ramenée en fauchée comme en azimut à 1,5 m. Le premier exemple (a) révèle nettement la houle ainsi que les ondes internes (traînées noires) au resserrement desquelles se trouve d'ailleurs le banc de poissons. Notons qu'il est classiquement possible de déterminer le sens de la houle : chaque strie est composée d'une partie claire et d'une partie sombre ; la partie claire correspond à l'avant dans le sens du déplacement de la houle. Le second exemple (b) intègre des conditions de calme plat et les traînées blanches viennent en conséquence de l'effet de miroitement de la surface de l'eau. L'histogramme bidimensionnel du signal (d) met en évidence à la fois le rapport bancs/surface et la saturation du signal banc. Par traitement du signal, on peut opérer une désaturation (e) qui a pour effet d'éliminer les autres signaux tels que les traînées blanches précédemment décrites et de mettre à jour une certaine structure à l'intérieur de l'image banc. Sont à l'étude actuellement les meilleurs opérateurs, pour décrire cette structure en vue de l'obtention possible d'un brevet. Un exemple est donné en (f). Dans les deux cas (a) et (b), les surfaces occupées par les bancs sont d'environ 0,75 hectare bien que leur taille relative aille du simple ou double. Cette catégorie de banc (e) de 15 à 30 tonnes pour du poisson de 5 à 15 kg correspond au banc moyen rencontré par les senneurs dans l'océan Indien.

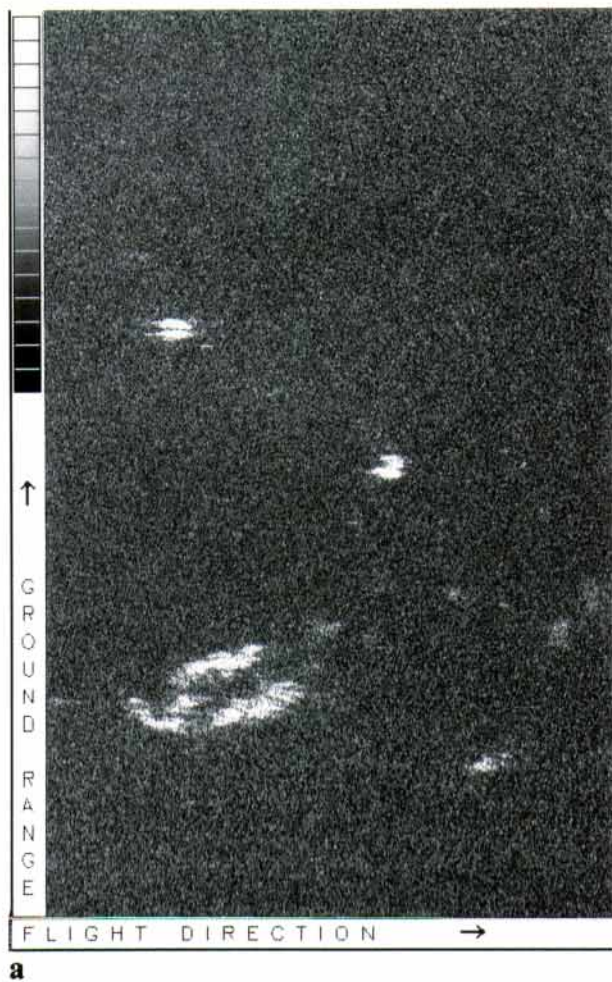


Pour la cible "banc de thon" (figure 14) après désaturation du signal, il est possible de l'analyser en terme de texture. Nous nous attachons actuellement à trouver les opérateurs adéquats (qui pourront faire l'objet d'un brevet) donnant les caractères de cette texture (figure 14f). En effet, cette dernière dépend de la déformation de la surface de l'eau et nous avons vu plus haut (chapitre I) que la façon de sauter des poissons est un critère de l'identification de l'espèce. Cette voie de recherche semble très prometteuse. Plus difficile est l'analyse du rapport entre le signal et la taille du banc : un banc de cinq tonnes dont tous les poissons sautent en surface provoquera bien évidemment une rétrodiffusion plus conséquente que celle provoquée par un banc de cent tonnes en *balbaya* (figures 2 et 14). La seule voie actuelle de recherche qui transparaît au travers des données de HAREM pour l'évaluation du tonnage tient à la remarque suivante : toutes choses égales, dans un gros banc, le nombre de poissons sautant au centre du brisant semble plus élevé qu'en périphérie, ce qui se traduit au niveau de l'imagerie radar, par un gradient radial de la rétrodiffusion (figure 14e).

*Pour aller plus avant dans l'identification de l'espèce et la mesure de la taille des bancs, un véritable programme scientifique comportant plusieurs protocoles, incluant une réalité de terrain variée, est nécessaire. L'expérience HAREM, compte tenu de la monospécificité des bancs (thons rouges) et de l'homogénéité en taille des bancs enregistrés (dizaine de tonnes) ne peut que suggérer des voies de recherche. Il faut prendre conscience du parallèle qui existe entre la mise à jour de potentiel du SAR en halieutique avec le début de l'utilisation de l'échosondeur, il y a une trentaine d'années, dans ce même domaine. Les premiers résultats ne peuvent qu'être améliorés car, si plusieurs programmes de recherches sont nécessaires pour en saisir les limites, les outils actuels tant mathématiques ou conceptuels qu'informatiques sont sans comparaison avec ceux dont nous disposons il y a 30 ans.*

La cible "cétacé" (figure 15) est facile à identifier bien que le signal rétrodiffusé soit saturé probablement à cause de la peau lisse et recouverte d'une pellicule d'eau que présentent ces mammifères. Dans certains contextes, il peut y avoir ambiguïté d'identification entre cette cible et celle d'un petit bateau à voile à l'arrêt ou en route à vitesse faible.

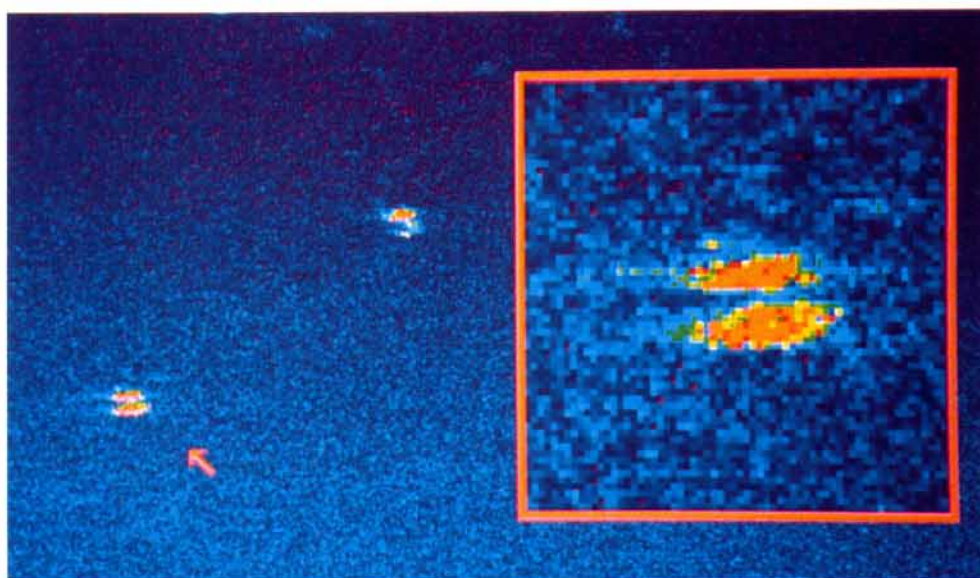
*Compte tenu du temps de présence en surface des cétacés, les potentialités du SAR sont des plus prometteuses et méritent à elles seules un programme de recherche.*



**a**



**b**



**c**

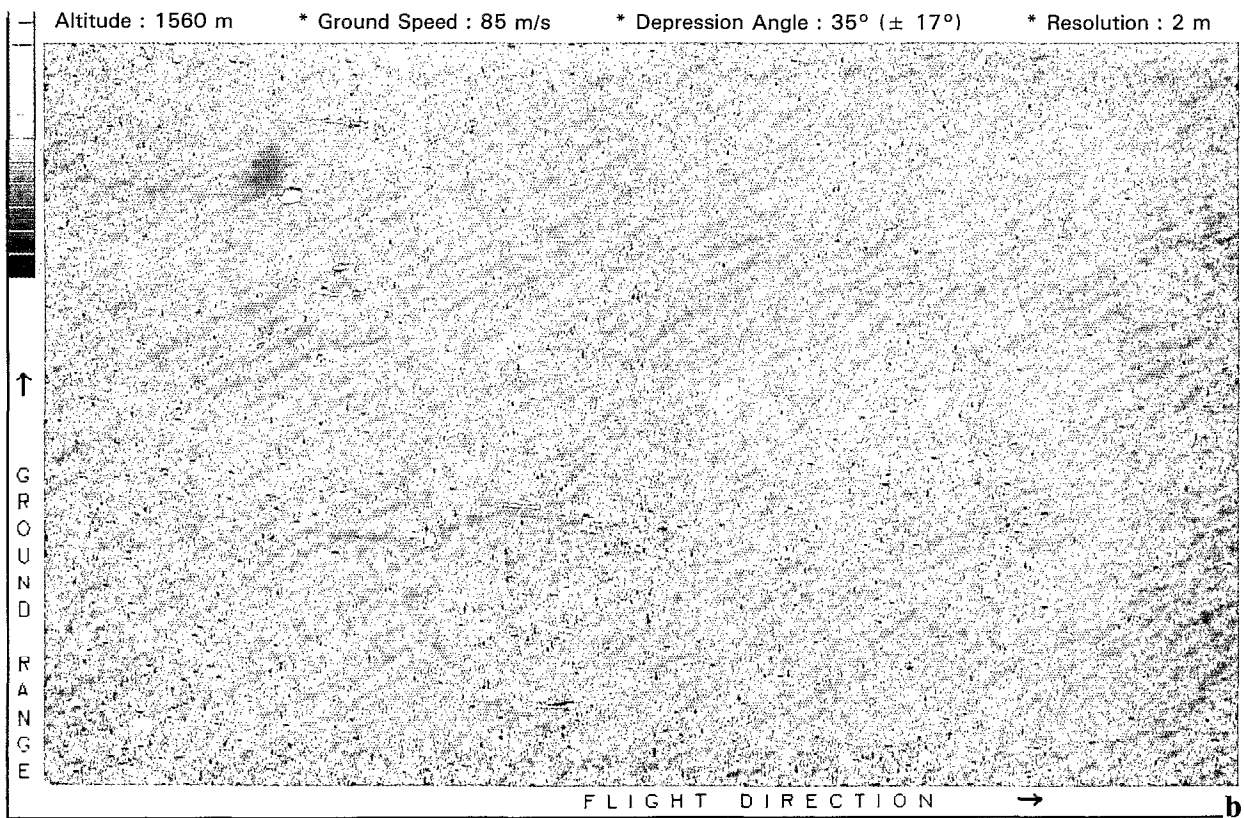
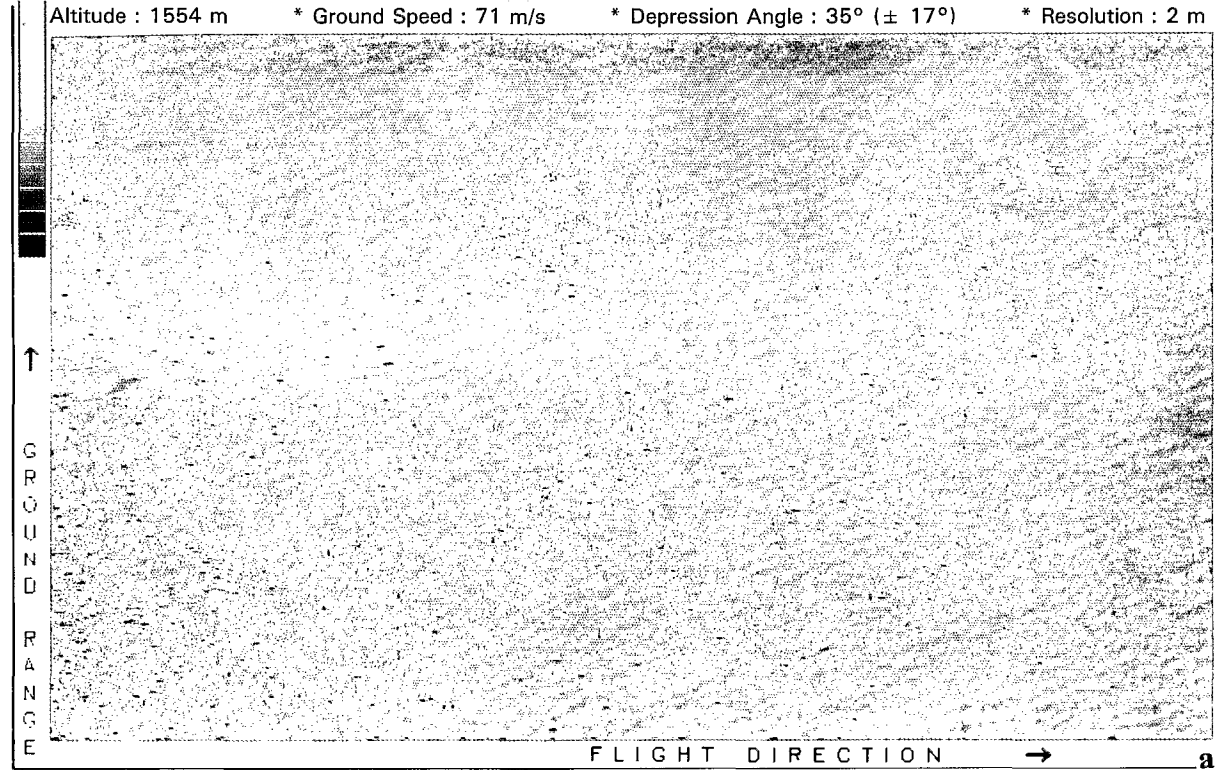
**Figure 15 : La cible cétacé : exemple de résultat acquis après prétraitement et traitement des données E-SAR.**

L'image (a) du couple de baleines détectées (scène n° 8, cf tableau 2, figure 11) présente les mêmes caractéristiques d'acquisition et de traitement que la figure 14b. La réponse correspondante occupe une surface radar d'environ 60 m par 20 m. La photo (b) donne une idée de la déformation de l'eau provoquée par un gros cétacé en surface. Malgré un traitement comparable à celui effectué pour les bancs de thons, la désaturation du signal reste difficile (c).

Quant à la détection des senneurs en action de pêche, elle s'avère particulièrement efficace (figure 16) par l'imagerie SAR. Un résultat inattendu : la trace que laisse le bateau lors du bouclage de la senne – c'est-à-dire quand sa vitesse est la plus grande et son action de lissage sur l'eau la plus forte – est rémanente. Ainsi l'on peut connaître à quelle étape du sennage on se trouve. Ceci est intéressant dans la mesure où le temps de sennage est une fonction du tonnage capturé. Une cible avec une structure aussi caractéristique nous a laissé penser qu'elle devait être détectable par satellite porteur d'un SAR, même s'il s'agit d'un satellite expérimental et non dédié tel que ERS-1 qui devrait être lancé en 1991. Aussi avons nous fait un essai de dégradation type ERS-1, à partir des données HAREM, selon le logiciel de simulation (radiométrique et géométrique) utilisé par le CNES. Cet essai s'est révélé positif (figure 16e).

*L'identification, sans ambiguïté, des actions de pêche par avion ou satellite porteur d'un SAR ouvre une voie nouvelle d'halieutique opérationnelle et de gestion des pêcheries. Cette voie, complémentaire des méthodes classiques d'évaluation de l'effort de pêche, présente l'avantage de ne pas dépendre de l'obtention ou de la valeur des statistiques de pêche. A une époque où une polémique sur les filets maillants peut atteindre les plus hauts niveaux décisionnels, cet avantage peut être déterminant. En suite directe à la présentation des résultats de HAREM, les canadiens (CCRS et département des pêches) devraient expérimenter, dès l'été 1990, leur SAR en vue de la détection des filets maillants dans le Pacifique Nord (P. VACHON et G. BORSTAD, communication personnelle).*

D'une façon générale, pour l'ensemble de ces cibles (thons, cétacés, senneurs en pêche), un simple *quick look* en temps réel suffit déjà pour les repérer. Pour des raisons de disponibilités de matériel, nous n'avons pu bénéficier que d'un radar à fauchée limitée : seulement quatre kilomètres. Il n'est pas techniquement difficile de porter cette dernière à vingt kilomètres ou plus. De même, l'altitude choisie pour les vols - 1 500 à 2 000 m - nous a été dictée par la volonté de pouvoir vérifier avec le même avion la réalité des cibles repérées. Un survol à 3 000 m ou plus, par principe même du SAR, n'affecterait en rien la résolution des images.

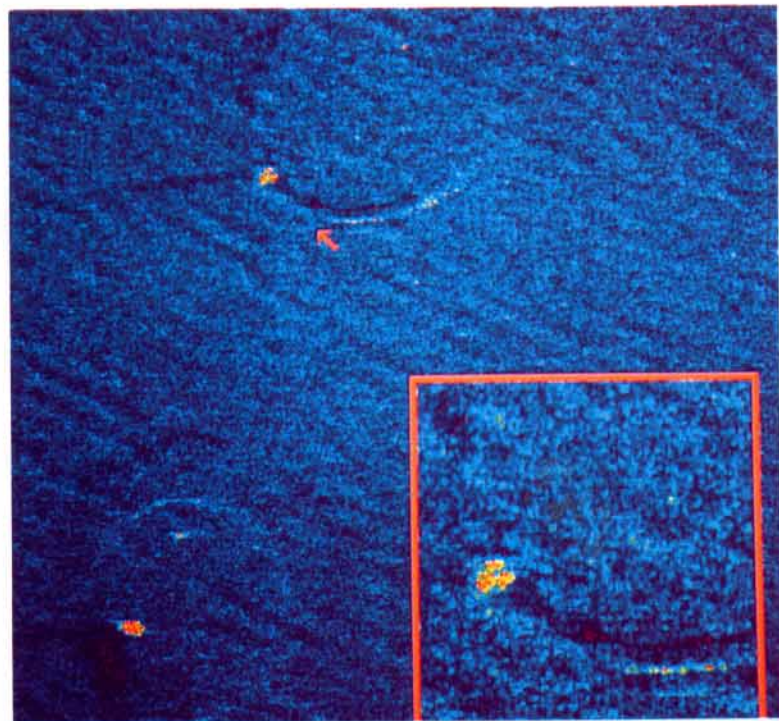


**Figure 16 : La cible senne et senneur en action de pêche : exemples de résultats acquis après prétraitement et traitement des données E-SAR.**

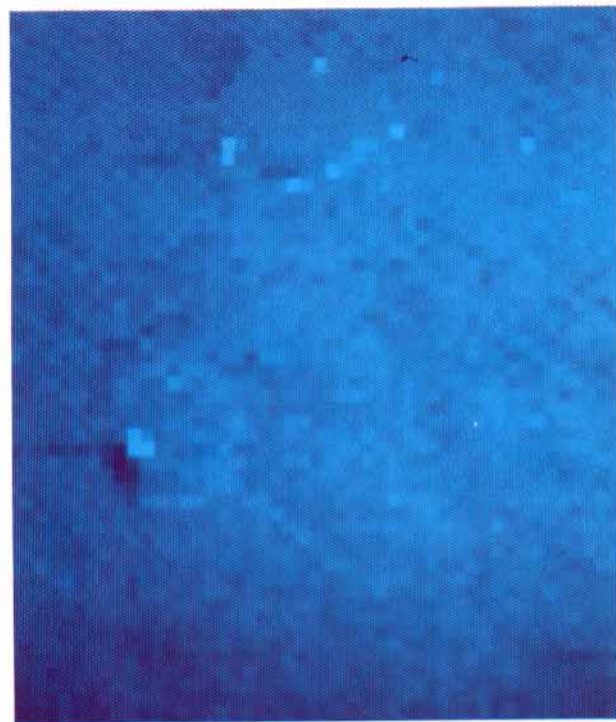
Les deux images (a) et (b) présentées correspondant aux scènes 3 et 4 (cf. figure 11, tableau 2) découvrant les senneurs méditerranéens en action de pêche (c). On note une amélioration entre l'ancienne version du prétraitement en compensation du mouvement (MC 1.8) et la plus récente (MC 1.5) utilisées par le DLR. Un traitement d'image simple (d) favorise l'interprétation : sont alors aisément identifiables le bateau lui-même, le filet et ses flotteurs qui se comportent comme des réflecteurs, ainsi que la zone de calme (en sombre) sous le vent du bateau et sur sa route lors de la mise à l'eau du filet. A l'intérieur de la senne, les petites annexes sont également visibles. Les traces noires rectilignes qui aboutissent au bateau sont des *artefacts* liés à la saturation du signal par la cible lors de l'intégration. Une dégradation (e) géométrique et radiométrique de l'image (b) selon les spécifications du satellite ERS1 démontrent qu'un senneur en action de pêche constitue une structure qui devrait être identifiable dans les données de ce satellite dont le lancement est prévu pour 1991.



c



d



e

## 3 ACQUIS DE L'OPERATION HAREM - ETANGS ; DISCUSSION

### 3.1 Difficultés rencontrées

Le traitement et les résultats des données sur les étangs, saisies par le E-SAR, ont présenté quelques difficultés inattendues. Le taux de *speckle* (scintillement) s'est avéré très élevé dans certaines régions et il est difficile d'y faire ressortir les filets et autres engins de pêches. Trouver un compromis correct entre la dégradation de la résolution géométrique et l'augmentation de la radiométrie a été difficile compte tenu de la taille apparente des cibles. Ces problèmes n'étaient pas survenus lors du traitement de l'image VARAN-S collectée en avril 1986. Les causes génératrices de ces difficultés ont cependant pu être identifiées et la façon de les résoudre, pour certaines, cernées. Ces causes sont de trois sortes :

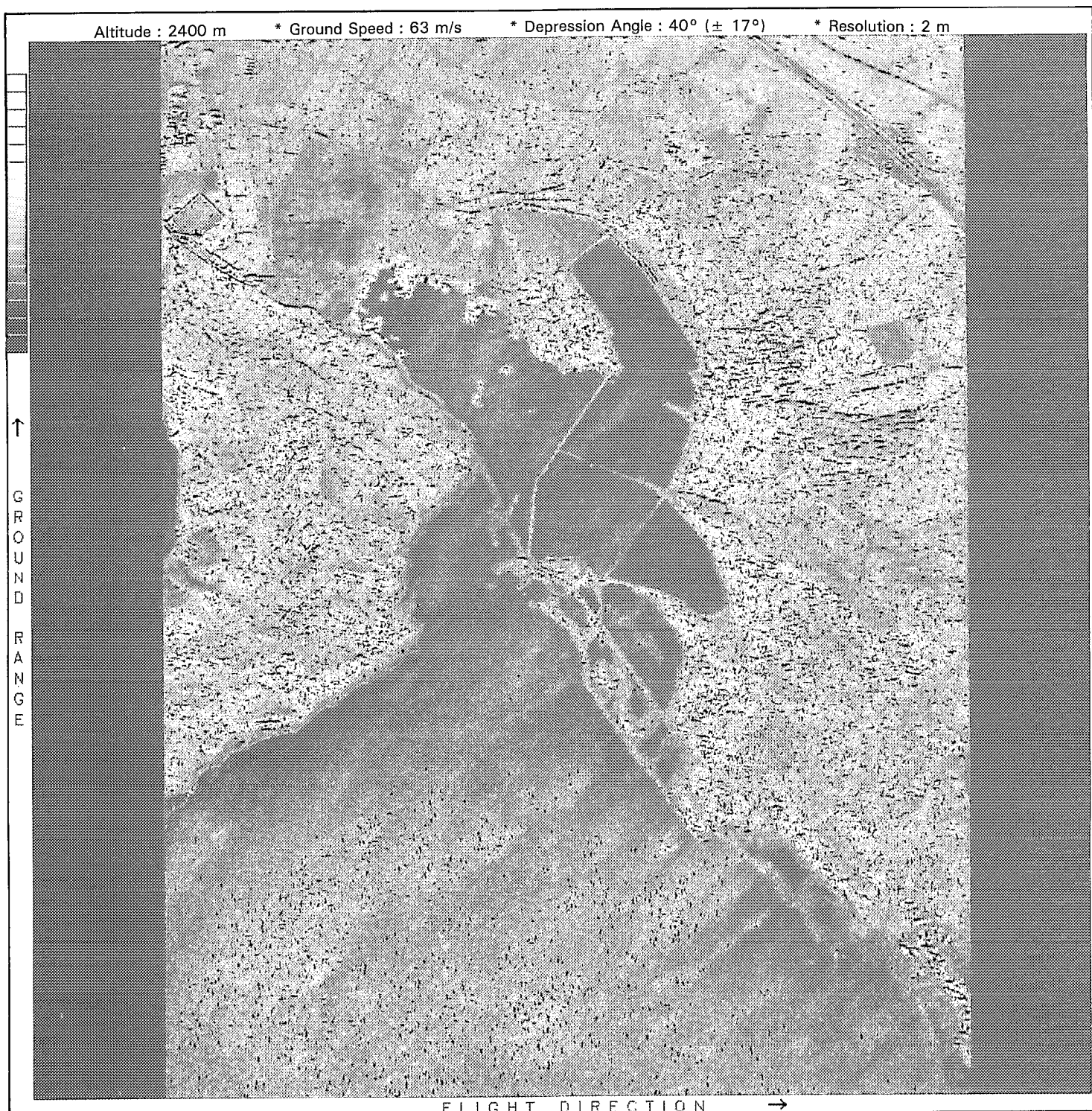
#### - Cause instrumentale

Le SAR utilisé semble avoir eu quelques défaillances au cours de l'intégration des données de certaines scènes, pour des raisons difficiles à déterminer. Ce phénomène produit un décalage et une inversion des parties réelles et imaginaires lors de la génération des données complexes. C'est le cas sur l'ensemble de la scène de l'étang de Bages Sigean (figure 17), particulièrement chaotique et difficile d'interprétation alors que la réalité de terrain révèle une grande densité de filets (figure 13). C'est peut être partiellement aussi le cas sur la scène présentée dans la figure 18 (région de Sète) où le taux de *speckle* sur l'eau est très fort.

Des essais sont en cours pour essayer de repérer dans les données brutes où se situent le décalage et l'inversion des paramètres afin de restituer l'image correcte. Bien que longs et difficiles, ces essais présentent l'intérêt de confirmer la défaillance instrumentale, encore hypothétique, ainsi que de trouver une méthode de correction si le problème devait se représenter lors de prochains vols.

#### - Causes liées au prétraitement

Au cours de HAREM, les paramètres pour la correction des mouvements de l'avion (roulis, tangage, lacet) n'ont pas été saisis avec suffisamment de précision (en qualité et quantité) compte tenu de la taille apparente des cibles (pieux, flotteurs, etc.). Ceci rend le calcul des compensations de mouvement peu efficace et l'extraction de l'information "filets" difficile, bien qu'elle soit contenue dans les



**Figure 17 : Acquisition radar E-SAR dans la région de BAGES-SIGEAN.**

Le prétraitement en compensation de mouvement (MC 1.8) employé par le DLR donne le même résultat qu'avec le prétraitement du CNES : le taux de *speckle* («scintillement») est anormalement élevé et la distinction des capéchades quasiment impossible (voir texte).



**Figure 18 : Extrait de l'acquisition radar E-SAR de la région de Sète.**

Dans cet extrait comme dans la figure 17, le taux de *speckle* est anormalement élevé et rend l'interprétation de l'image difficile (prétraitement CNES).



données comme le montrent certaines parties des scènes exploitées (figure 19). La recherche de méthodes fines de traitement est donc nécessaire. Dans ce cadre, l'un des traitements mis au point par D. MASSONNET (CNES) pour l'extraction de certaines informations sur les images terrestres semble bien adapté. Il s'agit, lors de la compensation de dérive de l'avion dans le prétraitement, de décaler l'angle de visée du radar par rapport à la trajectoire de l'avion. Cela revient à simuler, pour une même cible et un même jeu de données, plusieurs images de cette cible vue sous des angles différents. Cette méthode convient bien au radar allemand bande C, car sa grande ouverture de seize degrés (contre quatre degrés pour le VARAN-S, par exemple) autorise une simulation d'angle de vue variable en théorie de  $-8^\circ$  à  $+8^\circ$ . En fait, au-delà de plus ou moins six degrés, l'intégration du signal qui correspond au lobe secondaire d'antenne, fait apparaître une réplification des cibles, créant ainsi des images "fantômes" (figure 20f).

La série d'images présentées dans la figure 20 correspond donc à des simulations de différents angles et, pour certaines valeurs, les filets surgissent dans l'image alors qu'ils ne sont pas visibles pour d'autres. Ce type de traitement devrait donc aboutir à l'extraction de l'information qui nous intéresse et les études en cours portent sur l'identification des bons opérateurs. Notons que ces résultats pourront également servir pour l'identification de filets marins aux caractéristiques moins typées que celles des sennes tournantes, par exemple les filets dérivants.

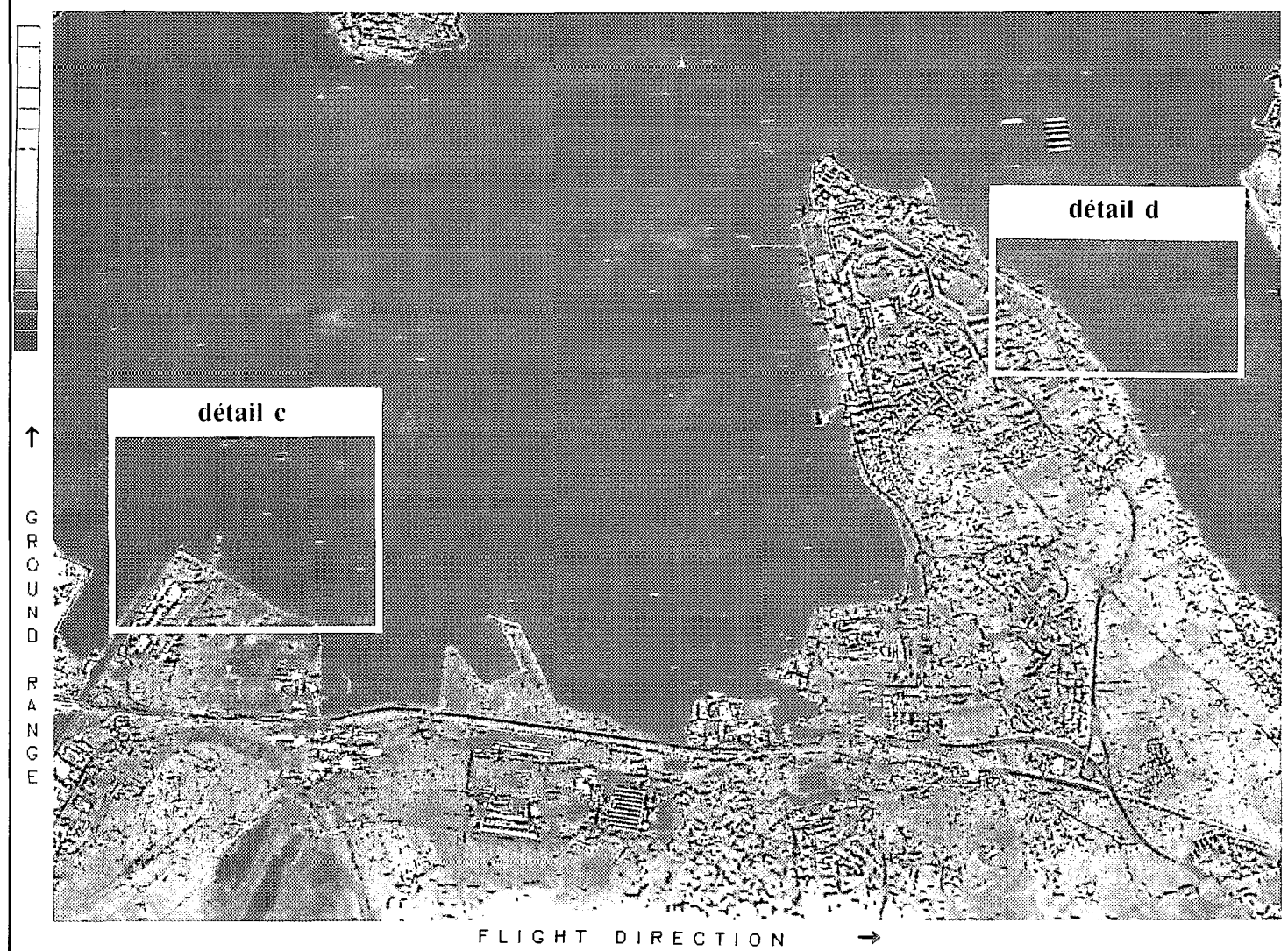
#### *- Causes liées aux phénomènes physiques*

Comment expliquer que les filets soient plus facilement extractibles à partir des données VARAN-S (figure 21) qu'à partir des données E-SAR ? Tout d'abord intervient la différence de longueur d'onde utilisée (3,2 cm pour la bande X contre 5,6 cm pour la bande C) : la résolution, quant à la surface apparente, des cibles est fonction de la puissance quatrième de la longueur d'onde et donc augmente rapidement lorsque la longueur d'onde diminue. D'autre part, la puissance émise par le VARAN-S peut atteindre 6 KW en pointe contre 0,1 KW pour le E-SAR. Le signal retour en est d'autant diminué en terme de puissance reçue.

Un autre champ de recherche devra être prospecté dans de prochaines expérimentations : le changement de polarisation de VV à HH\* pour une cible donnée

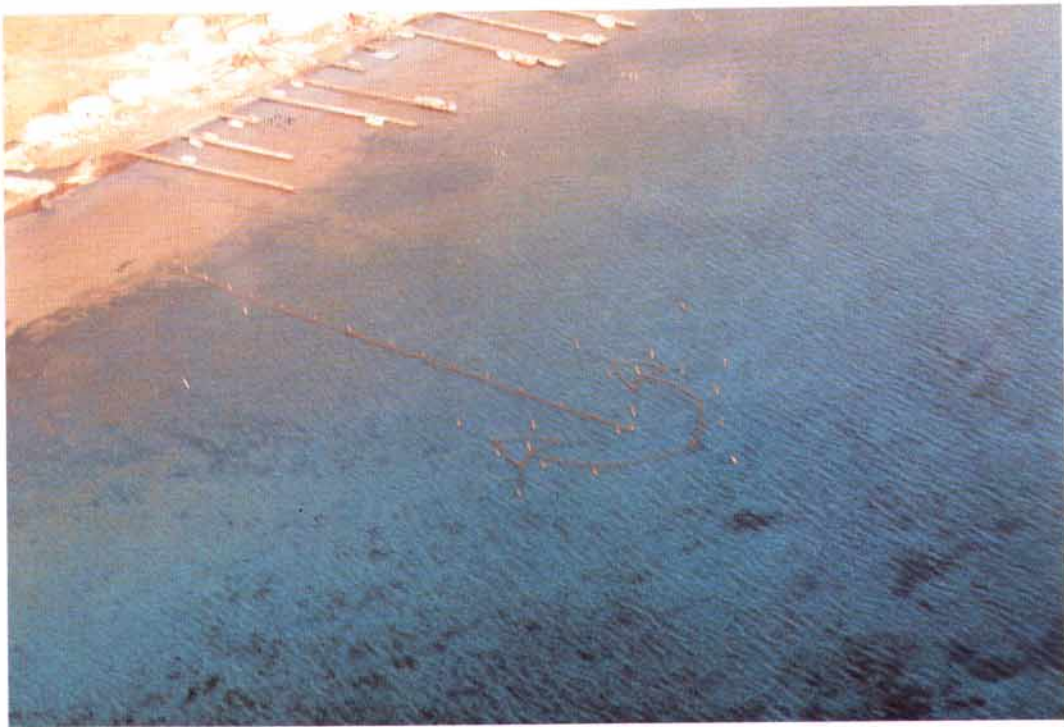
---

\* HH (polarisation) : Horizontale à l'émission, horizontale à la réception.  
VV (polarisation) : Verticale à l'émission, verticale à la réception.



**Figure 19 : Acquisition radar E-SAR sur l'étang de Thau.**

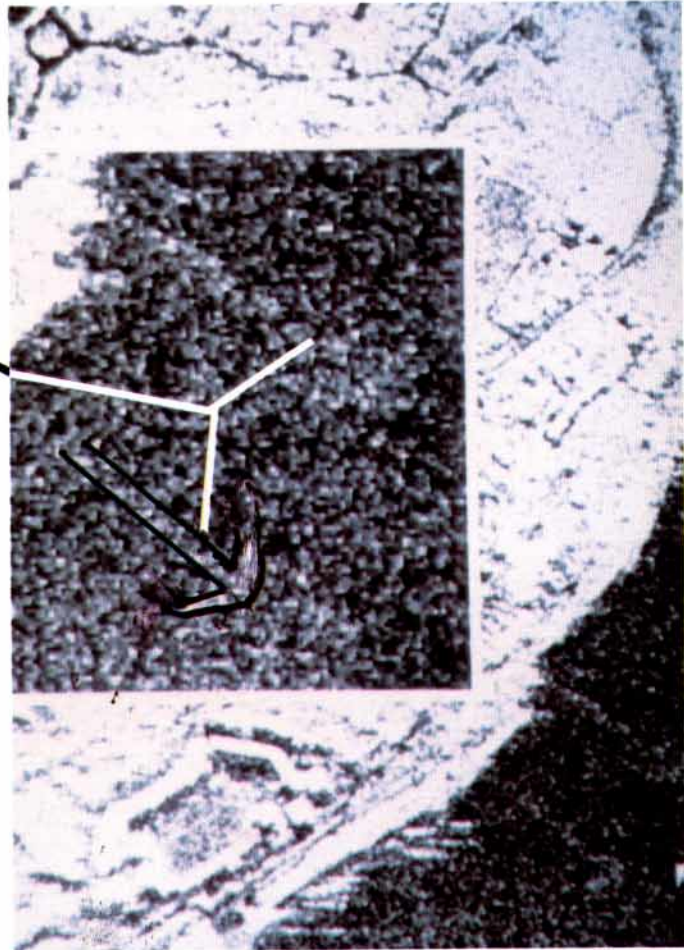
Dans cette scène (a) prétraitée par le DLR (avec compensation de mouvement, version MC 1.8), on peut observer quelques bateaux, une cage à poisson (en haut à droite) et quelques filets de type capéchade (b). Deux exemples sont détaillés (c,d). Le premier (c) se traduit par une trace sombre, l'effet d'eau calme provoqué par les filets chargés d'algues étant prédominant. Par contre, dans le second exemple (d), l'effet réflecteur des picux et flotteurs qui agissent comme vides cylindriques vis-à-vis de l'impulsion radar l'emporte et les filets apparaissent en clair. La capéchade en (c) et l'un des filets de (d) ont été contourés lors du traitement des images pour en améliorer la lisibilité fortement dégradée par un taux de *speckle* élevé (voir texte).



**b**



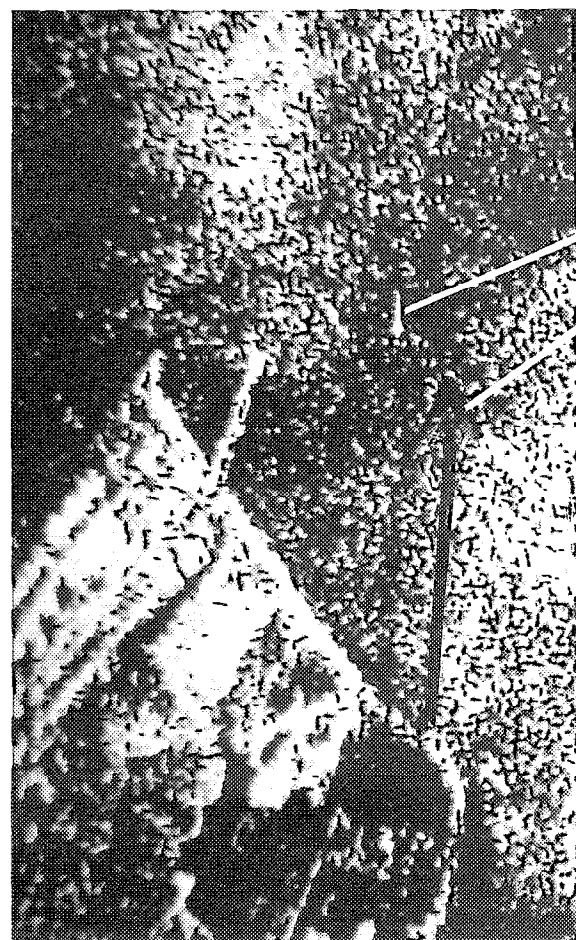
**c**



**d**

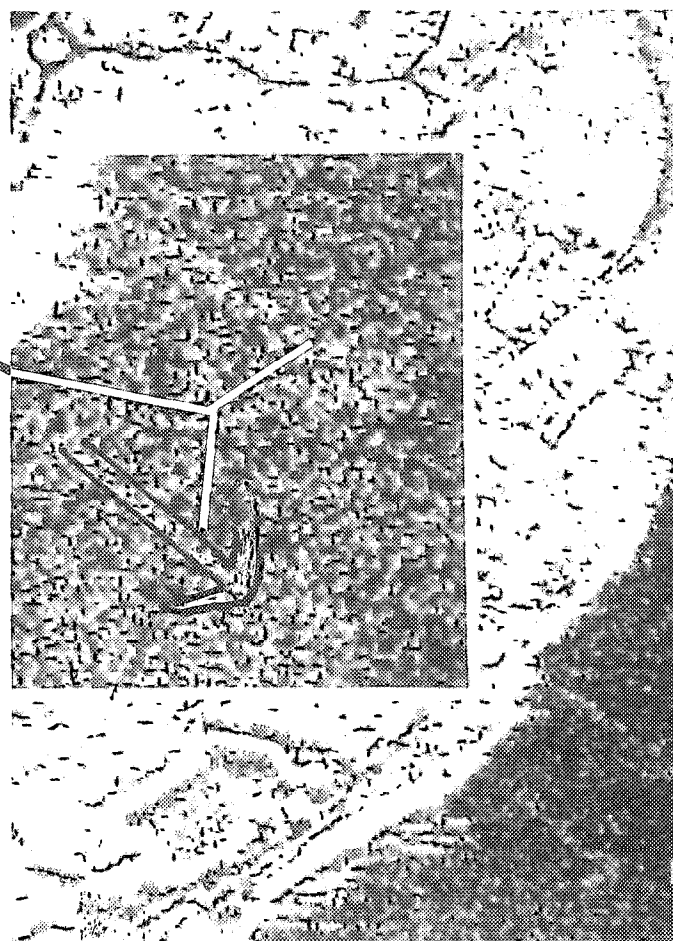


**b**



**c**

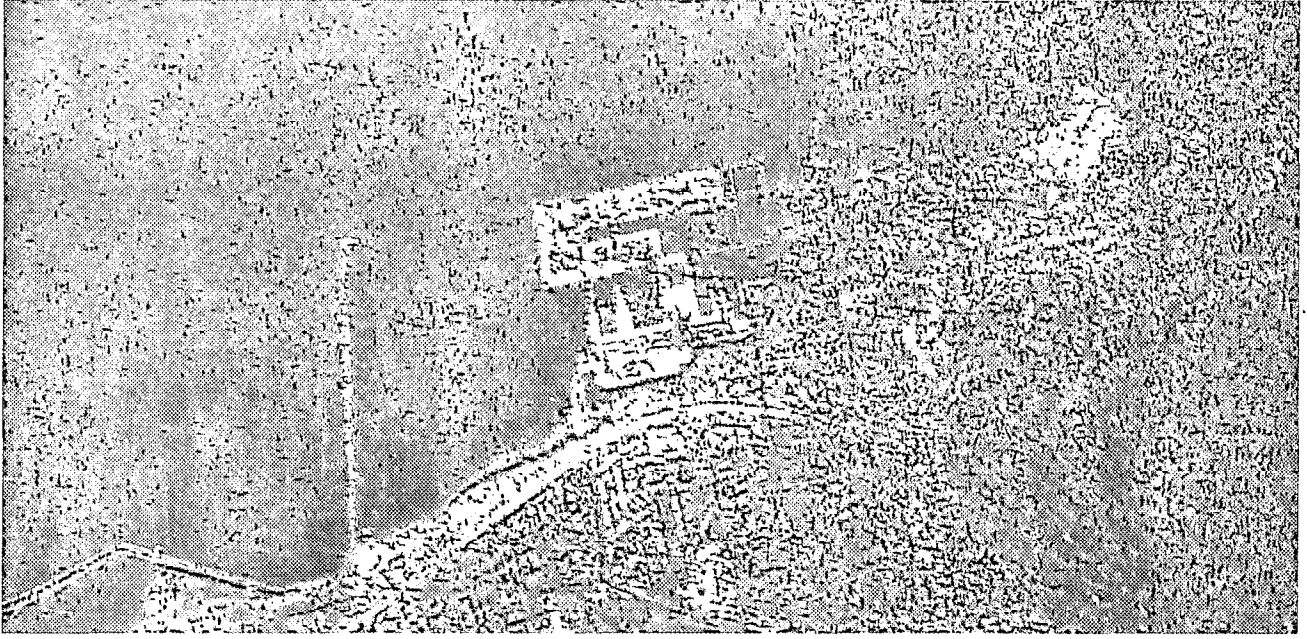
**barque**  
**capéchades**



**d**



c) angle DR = + 3°



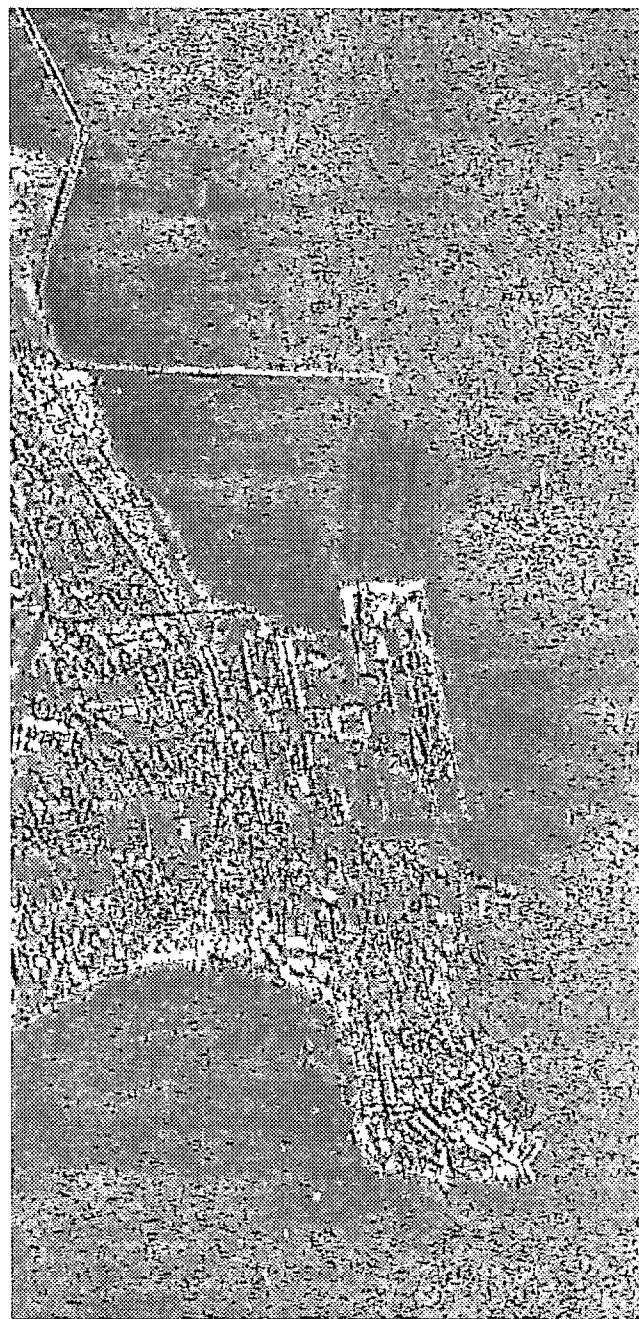
b) angle DR = + 5°



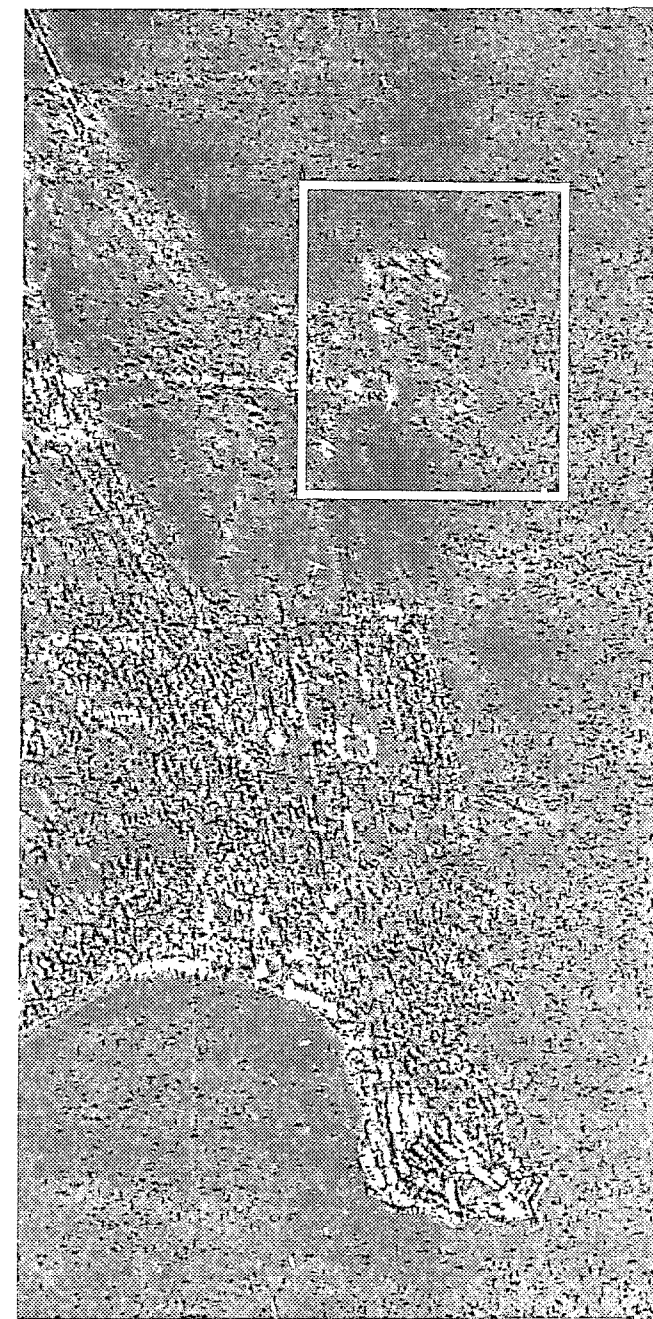
a) angle DR = + 7°



d) angle DR =  $-1^\circ$



e) angle DR =  $-3^\circ$



f) angle DR =  $-7^\circ$

**Figure 20 : Correction de la dérive de l'avion et simulation d'un angle de visée DR non nul lors de l'intégration des données brutes.**

La capéchade isolée au nord de l'île de Thau (figure 13b) n'apparaît que pour une valeur de DR égale à  $3^\circ$  (c). Il en est de même des filets parallèles à la côte en double flèche (figure 6) près des Salines au Sud. Au delà de  $6^\circ$  de correction (f), l'interférence avec le lobe secondaire génère des «images fantômes».

au cours du même vol devrait apporter quantité d'informations supplémentaires discriminantes.

Nous noterons enfin que des conditions de forte eutrophisation (charge en algues) et de pollution (charge en tensio-actifs) étaient présentes dans les étangs survolés. Les algues ont tendance à faire couler les filets (qui apparaissent alors en sombre) et les produits tensio-actifs génèrent des traînées (*slicks*) qui contribuent fortement au bruitage de l'image. Ces conditions ne sont cependant pas exceptionnelles en milieu lagunaire.

### 3.2 Les acquis

*Les engins fixes lagunaires, dont seules certaines parties non métalliques (perches, flotteurs) émergent de la surface, ainsi que les tables d'élevage, les cages d'aquaculture, les petits appontements côtiers et les embarcations de petite taille sont détectables au moyen du radar imageur.*

Comme dans le cas de la pêcherie thonière, l'opération HAREM a donc levé le doute sur les potentialités du radar SAR dans ce domaine.

Au cours des vols d'acquisition, les *quick looks* sont apparus, là encore, comme suffisants, quoique dans une moindre mesure, pour observer en temps réel les détections des structures fixes présentes dans les étangs.

L'objectif que nous nous étions imposé dans le cadre de cette expérimentation peut donc être considéré comme atteint. En dépit de quelques difficultés, les premiers traitements d'images réalisés à titre expérimental laissent bien augurer des possibilités de mise au point d'une technique d'investigation banalisée qui pourrait se révéler performante.

Dans le domaine de la pêche artisanale, les principaux aspects à retenir sont les suivants :

- *le grand rayon d'action du radar SAR,*

dans les bandes côtières marines et la périphérie des lagunes, les activités de pêche artisanale s'exercent souvent dans la largeur d'une seule fauchée;

- *la rapidité de l'acquisition des données,*

compte tenu de la fauchée du radar et de la vitesse moyenne de l'avion porteur en croisière, le taux de couverture obtenu dans les conditions de l'expérience est de

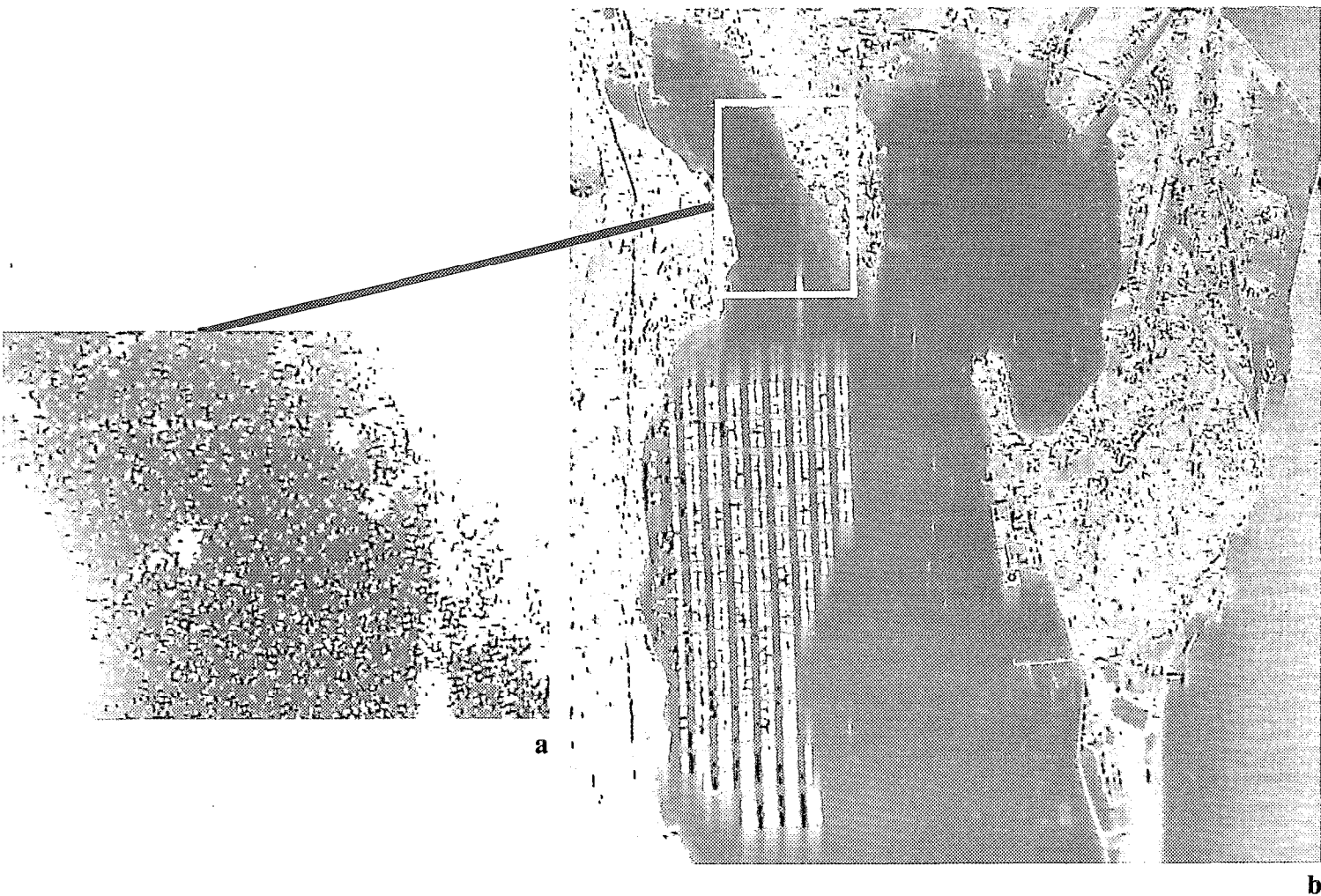
l'ordre de vingt kilomètres-carrés par minute et peut être largement amélioré, comme nous l'avons vu plus haut;

*- l'affranchissement par rapport aux conditions météorologiques,*

l'indifférence du radar et celle du niveau de vol opérationnel vis-à-vis de la couverture nuageuse et des perturbations dans les basses couches sont des atouts majeurs. Ils permettent de s'affranchir aisément des contraintes liées à la réalisation de cartographies à vue ou par photographie aérienne.

C'est en particulier pour ces raisons qu'une méthodologie dérivée de l'opération HAREM pourrait trouver un champ d'application non négligeable dans l'étude des pêcheries fixes de certaines régions tropicales ou équatoriales peu accessibles par des moyens conventionnels.

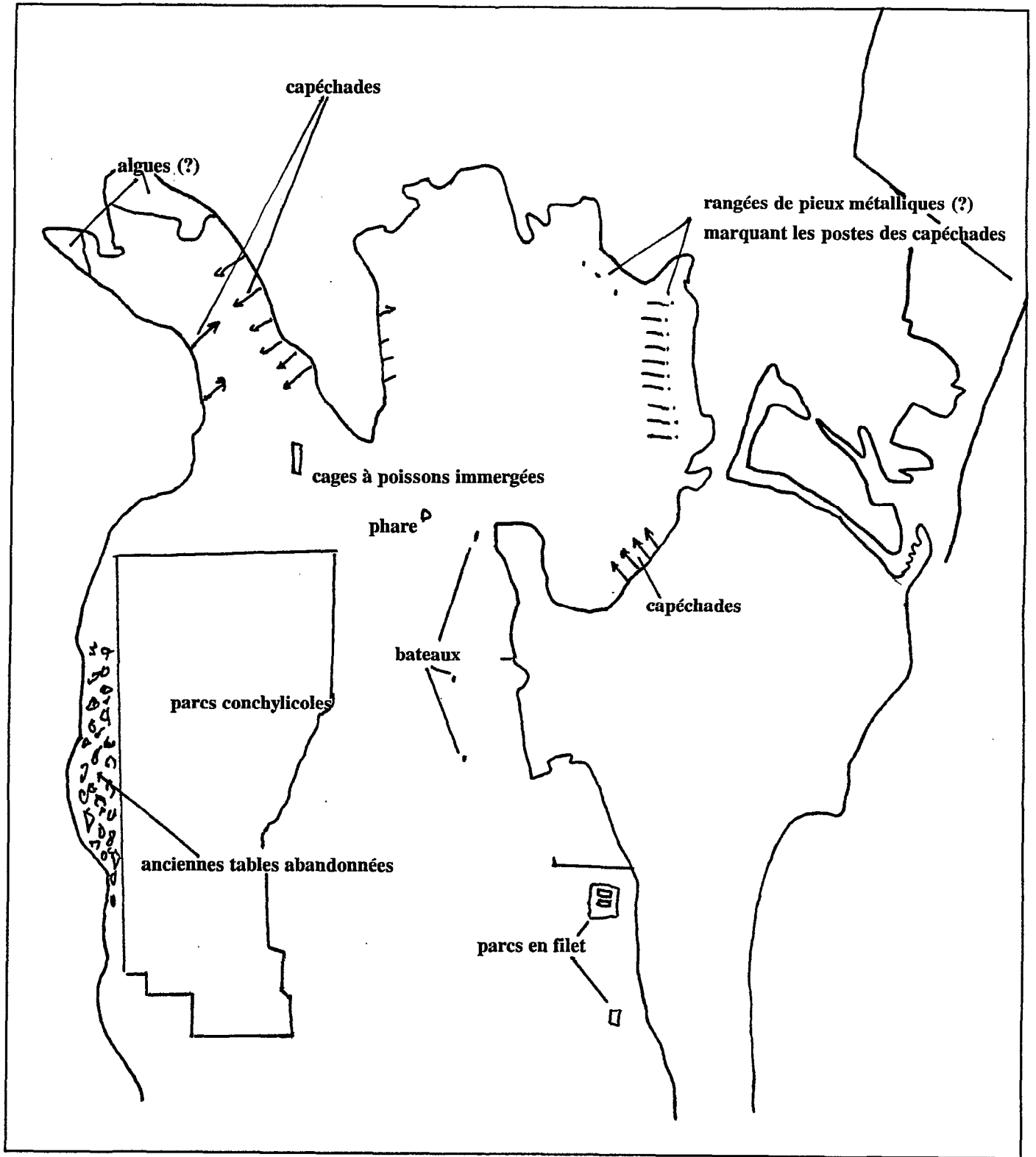




**Figure 21 : Acquisition radar VARAN S de l'étang de Thau, le 2 avril 1986.  
(bande X, polarisation VV, altitude 5 600 m, résolution 3 m).**

L'observation générale de cette image (b) situe avec netteté, les parcs conchylicoles de la rive nord ouest. Une analyse plus fine de la radiométrie donne trois niveaux de gris, intermédiaires entre l'eau (en sombre) et les tables les plus réfléchantes (blanches). Le premier niveau correspond à des emplacements laissés libres (en noir). Le second sous-ensemble d'un gris un peu moins dense est celui des tables équipées de perches en bois. Elles se différencient nettement des tables à perches métalliques qui saturent la réponse radar (blanc). Le troisième niveau (gris très clair) semble correspondre aux tables non cultivées.

Les grandes capéchades de Bouzigues (450 m environ), comme celles plus petites (100 m) de Balaruc ou de Sète apparaissent clairement sans traitement d'image particulier (a). D'autres éléments détectés sont interprétés en (c) et sont suivis d'un « ? » s'ils n'ont pas alors été vérifiés. (D'après Wadsworth, 1986).



c

## **CHAPITRE IV**

### **RECOMMANDATIONS - PROSPECTIVES**

## **1 RECOMMANDATIONS : DE L'EXPERIENCE A L'OPERATIONNEL**

Dans la mesure où HAREM est une expérience, nous n'avons développé ni matériel ni logiciel et avons cherché à utiliser ce qui était disponible. Les résultats étant positifs (Cf. chapitre III), un véritable programme de recherche doit être initié. Dans ce cadre, il sera indispensable d'améliorer le système capteur ou plutôt de l'adapter aux spécificités propres à la recherche halieutique par:

- *l'utilisation de plusieurs fréquences (bandes X, C et L) et polarisations (HH et VV),*
- *l'augmentation notable de la fauchée,*
- *un traitement des données effectué le plus possible en temps réel,*
- *une augmentation de l'efficacité des opérations à bord de l'avion par simplification des tâches à accomplir lors des acquisitions,*
- *une diminution notable des temps de traitement du signal SAR en adoptant un matériel informatique puissant et adapté (machines et logiciels).*

Toujours dans le cadre d'un programme véritable, l'ensemble des méthodes qui permettront d'évaluer le stock à partir de l'échantillon de surface (*transect line*, distance mathématique, etc.) devront être testées. Pour cela, il sera nécessaire également de réaliser des études quantitatives sur la relation existant entre le tonnage et l'espèce d'une part et le signal SAR reçu. Bien entendu, ceci devra être fait dans différents environnements météorologiques, océanographiques et halieutiques.

Dans le contexte des pêches artisanales, outre les études ponctuelles sur le signal lui-même (par exemple, en couvert légèrement arboré), des modèles devront être développés pour intégrer les données SAR, dites d'observations directes, aux données d'enquêtes (méthode indirecte).

Enfin, dans la mesure où l'imagerie SAR, se révèle dans le domaine des pêches comme un outil puissant, bien qu'encore très lourd, les études de gestions halieutiques devront être favorisées. Ceci nous semble correspondre à l'une des meilleures façon de se servir de cet outil.

## **2 PROSPECTIVE : RADAR SPATIAL ET HALIEUTIQUE**

La pêche dans le monde c'est quatre vingt millions de tonnes de poissons capturés, soit une des plus importantes sources de protéines animales. C'est aussi deux

cents millions de personnes qui vivent du travail induit par cette capture, ou encore trente pour cent des activités maritimes. Un autre chiffre à garder à l'esprit : un grand thonier-senneur tropical est une véritable unité de production d'environ huit à neuf millions d'écus et qui travaille avec seulement une vingtaine de personnes. Malgré cela, et surtout à cause de la spécificité du milieu océanique, les progrès en matière de pêche sont venus principalement de l'expérience accumulée par les pêcheurs eux-mêmes ; la difficulté à développer des méthodes scientifiques efficaces, tant pour la rentabilité des engins que pour la gestion des ressources, demeure grande. En particulier, les investigations de la télédétection depuis une quinzaine d'années dans le domaine halieutique sont restées sur des bases limitées : quelques expériences sur le thon, le saumon ou le menhaden aux Etats Unis, ou sur le germon en Europe ; deux exceptions sont cependant à noter : le Bureau d'aide à la pêche (BAP) de l'ORSTOM et d'INTERTHON en Côte d'Ivoire, de 1978 à 1984 (STRETTA *et al*, 1989) et le programme en cours de réalisation par le Japon au sein du JAFIC qui ont tous deux fonctionné sur des bases opérationnelles et sont sortis des visions simplistes et classiques "d'aide à la pêche", très à la mode, il y a une dizaine d'années, du type : "paramètre(s) identifié(s) par le satellite = poisson capturable". La problématique est bien évidemment plus complexe et c'est pour cela qu'il faut bannir le terme "d'aide à la pêche" au profit de "halieutique opérationnelle" ou encore "d'océanographie des pêches opérationnelle".

Dans cette optique, le premier symposium international d'océanographie opérationnelle des pêches (ISOFO) s'est tenu fin octobre 1989 au Canada (St John's, Terre Neuve) et a montré l'actuelle mutation des professionnels de la pêche et la rapide progression des groupes interfaces "professionnels / recherche". La part tenue par la télédétection, associée à celle de la diffusion de l'information en temps réel y était largement prépondérante.

Compte tenu de ce qui a été réalisé au Japon, en Côte d'Ivoire et aux Etats Unis, il faut se restreindre, dans un premier temps, au thon tropical comme groupe cible ; et ceci d'autant plus que son marché reste au meilleur niveau et qu'il est, somme toute, un produit de luxe vendu aux pays industrialisés (Etats Unis, Japon, Europe). Il peut ainsi supporter un certain budget "recherche" et favoriser des études d'avant garde pour les autres pêches.

Dans le système pêche, il est primordial de distinguer trois niveaux d'intervention sur le poisson concernant sa présence dans une zone, la concentration des bancs et leur vulnérabilité.

Le premier niveau (présence de poisson) met en oeuvre la connaissance de l'environnement général du poisson et des valeurs létales des différents paramètres qui caractérisent cet environnement. Par exemple, on sait que telle espèce de thon est présente à 95% dans une gamme thermique de surface comprise entre 20 et 28°C. Il est donc possible, dans beaucoup de cas, par télédétection de caractériser les aires de répartition des espèces.

Le troisième niveau (vulnérabilité) ne concerne plus directement les halieutes mais les pêcheurs puisqu'il se traduit en terme d'efficacité de l'engin de pêche par rapport au mode d'apparition du poisson. Dans ce cadre, beaucoup d'applications de télédétection hyperfréquence, utilisées dans d'autres domaines du secteur océanique seraient utilisables (hauteur des vagues, routages des navires...) mais concernent de façon limitée le radar spatial comme dans le cas du premier niveau.

Quant au second niveau (concentration des bancs), il est lié à la connaissance de l'environnement euphorique du poisson, c'est-à-dire des cellules spatio-temporelles où le complexe des paramètres de l'environnement est optimisé par rapport à la physiologie de l'espèce. Suite au programme de radiométrie aérienne et prospection thonière dans le Pacifique Sud (RAPT), il nous a été possible d'établir une théorie cohérente sur le comportement du thon qui se synthétise dans cette proposition : si, dans une zone donnée, le thon est présent, il aura tendance à se concentrer vers toutes les zones de forts gradients (thermiques, halins, bathymétriques – hauts-fonds –, de courant, etc.). L'enregistrement, par télédétection de ces gradients, quelqu'ils soient, fournira donc une donnée-clé dont l'intégration dans le système pêche rendra les prévisions performantes.

En conséquence, beaucoup d'applications des techniques en hyperfréquences spatiales pourraient être étudiées en collaboration directe avec les exigences des autres domaines (topographie, hauteurs des vagues, fronts, etc.), la priorité restant à la détection des limites de courants.

A l'intersection des recherches en halieutique et en télédétection active hyperfréquence, les seules expériences scientifiques ont eu lieu en 1989 et portent sur l'utilisation du radar dans le cadre d'évaluation/gestion de stock par méthode dite directe : il s'agit de voir dans quelle mesure un radar aéroporté est capable de détecter engins de pêches et bancs de poissons, directement, par l'intermédiaire de la déformation générée de la surface de l'océan.

Ces expériences se ramènent à l'utilisation d'un SLAR à antenne réelle par un laboratoire du CSIRO (Hobart, Australie) et à l'expérimentation HAREM dont nous venons d'exposer les résultats. Le SLAR australien permet la détection des bancs de thons et quelques autres pélagiques en surface, mais la très faible discrimination du signal correspondant lié à la géométrie de l'image, limite fortement les résultats de l'expérience. La résolution du SLAR semble trop faible dans ce cas, si le stade expérimental et qualitatif doit être dépassé.

Enfin, nous ferons quelques remarques sur l'organisation de l'halieutique opérationnelle. Il est légitimement prévisible qu'à terme, pour des raisons de coûts de la recherche et de souplesse des structures, cette halieutique ne pourra se développer qu'au sein d'interfaces entre professionnels de la pêche et chercheurs, dans le cadre de groupement d'intérêt ou de filiales mixtes. L'Europe a certainement une carte à jouer, avec ses flottilles thonières espagnoles, italiennes, françaises et associées. Elle reste bien placée face au géant asiatique et concurrentielle face aux Etats Unis.

Dès à présent, il est indispensable de noter que la stratégie de distribution des données des satellites sur l'océan hauturier ne peut être réalisée sur les mêmes bases que pour le domaine côtier ou terrestre : il est difficilement concevable de faire payer une image complète alors que l'information utile n'est contenue que dans quelques centaines de pixels, d'autant plus que l'exploitation classique par *quick look* sera rarement utilisable ici. Il lui sera préféré, par exemple, un petit système expert simple capable d'analyser les structures de surface de façon systématique sur les images brutes de l'océan et de sélectionner les images potentiellement intéressantes pour un examen ultérieur.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DELLA CROCE (N.), 1969. - Nota su un avvistamento di tonni nel mar Ligure. *Consiglio naz. Ricer. Comm. Ital. Oceanog.*, B, 30, (ROME, Italie), 11 p.
- FARRUGIO (H.), 1981. - Exploitation et dynamique des populations de thon rouge Atlantique Méditerranéennes. *Thèse d'état*, Université des Sciences et techniques du Languedoc (Montpellier, France), 266 p.
- FARRUGIO (H.) & LE CORRE (G.), 1985. - Les pêcheries de lagune en Méditerranée. Définition d'une stratégie d'évaluation. Rapport final de convention CEE XIV-B-1-84/2/M03 P1. *DRV - 85 - 1/PE/SETE*, IFREMER éditeur (Sète, France), 251 p.
- HORN (R.), 1989. - C-band SAR results obtained by an experimental airborne SAR sensor. *Proc. IGARSS'89 Symposium, Vancouver, Canada, July 1989*, IGARSS édition, pp. 566-568.
- HOVANESSIAN (S.A.), 1980. - Introduction to synthetic arrays and imaging Radars. Artech house Editions, 382p.
- HURAUULT (J.), 1965. - Les pêcheries akadjas du lac Nokoué (Dahomey). *Doc. IGN*, Editions IGN (Paris, France), 11 p.
- LOZANO CABO (F.), 1958. - Applications des échosondeurs à l'étude des migrations de thon. *CGPM. Tech. pap. 8, 5<sup>th</sup> meeting* (Rome, Italie), 4 p.
- PETIT (M.) & HENIN (C.), 1982. - Radiométrie Aérienne et Prospection Thonière Rapport Final Vanuatu. *Notes et documents d'océanographie*, 3, ORSTOM Port-Vila, 96 p.
- PETIT (M.), 1984. - Aerial radiometry, and tuna survey : a method for evaluation of surface tuna stocks in New-Caledonia and Vanuatu area. *Proceedings of the 35<sup>th</sup> Annual tuna conference - Lake Arrowhead - IATTC/ NMFS* (La Jolla, San Diego, USA), pp. 40-42.
- PETIT (M.), 1987. - Projet HAREM (HALieutique Radar Expérimentation en Méditerranée) : Synopsis - octobre 1987. *Centre ORSTOM* (Montpellier, France), 10 p.
- PETIT (M.) & STRETTA (J.M.), 1989. - Sur le comportement des bancs de thons observés par avion. *Recueil Documents Scientifiques. ICCAT*, 30, 2, (Madrid, Espagne), pp. 488-490.
- PETIT (M.), STRETTA (J.M.) & PLANET (R.), 1989. - Télédétection aérospatiale et pêche thonière dans le Pacifique sud-ouest. In *Synthèse Télédétection satellitaire et pêcheries thonières océaniques*, FAO doc. tech. pêches, 302, (Editions ORSTOM/IFREMER/FAO, Rome), 225p.
- PHILIPPE (M.) & HARANG (L.), 1982. - Surface temperature in the Mediterranean sea from infrared satellite imagery. In *Hydrodynamics of semi enclosed seas. Elsevier Oceanography Series*, 34. (ed. J. Nihoul)
- STRETTA (J.M.) & PETIT (M.), 1989. - Télédétection spatiale et pêche thonière en Atlantique Intertropicale. In *Synthèse Télédétection satellitaire et pêcheries thonières océaniques*, FAO doc. tech. pêches, 302, (Editions ORSTOM/IFREMER/FAO, Rome), 225p.
- HAMON (P.Y.) & TOURNIER (H.) 1981. - Estimation de la biomasse en culture dans l'étang de Thau (été 1980). *Science et pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, 313, pp.37-45.



VAILLANT (D.) & WADSWORTH (A.) 1987. - Preliminary results of some remote sensing campaigns of the french airborne SAR VARAN-S. *Proceedings of IGARSS'87 Symposium, Ann Arbor MI, USA, may 1987*, IGARSS édition, pp. 18-21 .

VAILLANT (D.) 1984. - Traitement des données du radar à synthèse d'ouverture, in *Cours de mathématiques spatiales, mars 1984*, CNES (Toulouse, France), CEPADUES Editions (Toulouse, France), pp. 983 - 1013.

VAILLANT (D.) 1985. - Varan-S : an airborne synthetic aperture radar for research in microwave remote sensing. *Doc. ESA SP - 233, may 1985*, ESA Editions .(Paris, France), p. 47.

WADSWORTH (A.) 1986. - Radar imageur VARAN-S ; Acquisitions sur les étangs du Languedoc, *doc. GDTA*, GDTA éditions (Toulouse, France), 18p.

**ANNEXE A**

**RAPPORT DE GRAHAM BELL, EXPERT EN OBSERVATIONS AERIENNES**

**(original, non traduit)**

# MARINE SURVEY REPORT

## MEDITERRANEAN SEA AUGUST 1989

**CLIENT :** ORSTOM-Montpellier

**PURPOSE :** To locate, identify and provide tonnage estimates of pelagic species in support of the HAREM EXPERIMENT.

**PERIOD :** AUGUST 1 to AUGUST 14 1989

**AIRCRAFT :**

Flights 1,2,3, & 4	Partenavia	F-GCJP
Flights 5,6,7, & 8	Dornier 228	D-CALM
Flight 9	Partenavia	F-GCJP

### SPECIES IDENTIFICATION AND ASSESSMENTS :

Capt. Graham R.Bell  
AERO-MARINE SURVEYS  
WHAKATANE NEW ZEALAND

### ORSTOM OBSERVERS :

Michel Petit  
Jean-Michel Stretta

## SURVEY FLIGHT FINDINGS :

Extracts from Flight Logs: recording in local time.

### *FLIGHT #1 AUGUST 4 1989*

Aircraft Partenavia F-CGJP  
Pilot CAPT. Benoit Schlecht; Spotter Louis Calviera  
Altitude 300 ft maintained during entire survey  
Conditions in survey area: 15-20 km visibility wind 5 kts

07h57 Departure from Montpellier  
08h30 Whale  
08h36 1<sup>st</sup> Tuna sighting. Small school Bluefin jumpers. 2 tonnes 10 kg fish, feeding, relatively stable.  
08h45 Whale  
08h59 Bluefin small school, 1 tonne 2 kg fish  
09h01 Bluefin small school, two tonnes 2 kg fish  
09h12 Bluefin 8-10 tonnes, 10 kg fish  
10h13 Bluefin approximately 20 fish in a tight feeding frenzy.  
10h35 Bluefin approximately 10 fish  
10h39 Observed purse seine vessels in successful set.  
10h53 2 Whales  
11h00 Bluefin school 10-12 tonnes. 10 kg fish very active and do not appear to be affected by aircraft noise. Most fish at the surface. No density evident. Water just a little off colour and showing reasonably good for purse seining.  
11h05 Bluefin school 5 tonnes 10 kg fish.  
11h13 Bluefin school 5 tonnes small fish 2 kg. Disappeared with the approach of aircraft noise.  
11h57 Arrival in Montpellier.

### *FLIGHT #2 August 4 1989*

Aircraft Partenavia F-CGJP

14h08 Departure from Montpellier  
14h57 Small school of very small fish, possibly Bonito. Unable to identify positively as we flew straight past and did not return.  
15h03 Whale  
15h22 Whale. Seas becoming rather rough. Wind 15 kts. Not particularly good for spotting.  
15h47 Whale. Still rather windy.  
17h36 Arrival in Montpellier

### *FLIGHT #3 August 5 1989*

Aircraft Partenavia F-CGJP

10h30 Departure from Montpellier  
11h10 At 42.20N:04.06E Wind SE 24 kts. Rough seas.  
11h28 Wind now 12 kts. Bluefin good spot, 10-15 tonnes. Fish 10-12 kg.  
12h16 At 41.44N:03.39E & 03.38E. Two good schools of Bluefin but unable to obtain an assessment as the aircraft would not stay over the schools.  
13h42 Arrival in Perpignan

*FLIGHT #4 August 5 1989*

Aircraft Partenavia F-CGJP

15h15 Departure from Perpignan  
17h15 Large flock of birds working. Advised the crew. They did not seem interested and continued past. It would have been very interesting to have investigated the feed source and check for colour density at depth. Wind averaging 12 kts in most of the area. Spotting altitude too low for really effective coverage.  
18h24 Arrival in Montpellier

*FLIGHT #5 August 6 1989*

Aircraft Dornier 228  
Pilot CAPT. Peter Vogel

08h15 Departure from Montpellier  
08h45 At 42.21N:04.24E Bluefin 10 tonnes. Found by visual sighting from 5 000 ft. Weather conditions, visibility 20 km in slight haze.  
08h56 Whale. Sighted from 5000 ft  
08h59 Bluefin Sighted from 5000 ft  
09h05 Bluefin Sighted from 5000 ft  
09h09 At 41.59N:04.10E Bluefin no estimate. Visual contact with the school was lost during the turn.  
09h12 At 41.58N:04.02E Bluefin 10-12 tonnes. Sighted from 4200 ft  
09h14 At 42.00N:4.00E Bluefin 5 tonnes. Sighted 4200 ft.  
09h25 At 41.52N:03.49E Bluefin 5 tonnes Sighted 5000 ft.  
09h29 At 41.59N:03.58E Bluefin jumpers Sighted 5000 ft.  
09h36 At 41.57N:03.57E Bluefin 12-15 tonnes Sighted 5000ft. Descent to 1000 ft for tonnage estimate, and behavior pattern assessment- i.e. stable, not affected by aircraft noise and would be quite catchable by purse seine.  
09h47 At 42.01N:03.59E Two whales. Sighted 5000 ft.  
09h47 At 42.01N:03.59E Bluefin 10 tonnes.  
09h49 At 42.03N:04.04E whale and small school of jumpers.  
09h52 At 42.01N:04.00E Bluefin jumpers.  
09h53 At 41.49N:03.58E Bluefin jumpers and whale. Sighted 5000ft.  
10h00 At 41.54N:03.53E Bluefin jumpers. Sighted 5000 ft.  
10h01 At 41.52N:03.51E Bluefin 5 tonnes. Sighted 5000 ft.  
10h01 At 41.52N:03.51E 2 Bluefin, 3 tonnes and 5 tonnes. 5000 ft.  
10h07 Radio call from Juliet Papa advising they have sighted schools at 41.56N:03.49E and 41.54N:03.48E.  
10h12 At 41.32N:03.37E 2 Schools of Bluefin. Also showed on radar.  
10h15 At 41.27N:03.32E Bluefin 1 tonne  
10h17 At 41.29N:03.38E Bluefin 2 tonnes  
10h23 At 41.28N:03.39E Bluefin 2 tonnes  
10h23 At 41.28N:03.39E 2 Bluefin, 3 tonnes and 5 tonnes.  
10h25 At 41.28N:03.48E Observed vessel in set with estimate 15 tonnes in net.  
10h28 At 41.30N:03.41E 2 Schools 3 tonnes each.  
10h35 At 41.28N:03.35E 2 Schools 3 tonnes & 5 tonnes. Now 5000 ft.  
10h55 At 41.37N:03.40E 2 Schools 5 tonnes each. Sighted 5000 ft.  
11h40 Arrival in Montpellier

*FLIGHT#6 August 6 1989*

Aircraft : Dornier 228

15h00 Departure from Montpellier  
15h45 At 41.44N:03.39E 2 Schools Bluefin. Descended to 1000 ft for estimate, 15 tonnes each. Very active, not sensitive to noise.  
16h30 At 41.08N:04.03E School Estimate between 5 and 10 tonnes of surface jumpers. From altitude of 5000 ft colour density indicative of 30-40 tonnes. (First indication of real density)  
17h30 At 41.31N:04.44E A few small spots of fish scattered around this area. Average 2 tonnes.  
18h16 Arrival in Montpellier

*FLIGHT#7 August 7 1989*

Aircraft Dornier 228

08h04 Departure from Montpellier  
08h57 At 41.36N:04.47E Whale. Sighted at 5200 ft.  
09h08 At 41.39N:04.59E 2 Whales.  
09h13 At 41.42N:05.10E Whale.  
09h14 At 41.42N:05.14E Whale.  
09h27 At 41.47N:05.23E Whale.  
09h31 At 41.52N:05.10E 2 Whales.  
09h42 At 42.07N:04.46E 3 Whales.  
09h45 Bluefin small school.  
09h47 Bluefin small school.  
09h48 Bluefin small school.  
10h04 At 41.32N:04.28E 3 Bluefin 10 tonnes, 10 tonnes, 20 tonnes(5 kg fish)  
10h07 Bluefin 15 tonnes, 10 kg fish (estimated after descent) not sensitive to noise. Catchable.  
10h16 2 Bluefin 30 tonnes, 30 tonnes x 10 kg fish.  
10h18 2 Bluefin 20 tonnes each. 10 kg fish.  
11h00 Arrival in Montpellier

*FLIGHT#8 August 8 1989*

Aircraft Dornier 228

09h26 Departure from Montpellier  
10h27 At 41.11N:04.11E Bluefin jumpers(flew past no estimate).  
10h29 At 41.07N:04.07E Bluefin jumpers.  
10h30 At 41.06N:05.5E Bluefin jumpers. active.  
The search pattern during this flight was conducted mostly over the cloud layer in order to determine if the radar was able to detect the schools without visual aid.  
11h30 Juliet Papa reported school sightings at positions:- 42.15N04.10E, 41.20N:05.50E, 41.32N:04.28E.  
13h05 Arrival in Montpellier

*FLIGHT#9 August 9 1989*

**Aircraft Partenavia**

- 07h55      Departure from Montpellier  
08h45      At 41.50N:04.08E Bluefin very small school.  
08h52      At 41.55N:04.00E Bluefin also very small.  
09h09      At 41.46N:03.46E Bluefin school, affected by aircraft noise at 300 ft.  
09h12 to 09h31      At 41.46N:03.35E Quite a few schools scattered around this area. Most seiners in set or approaching schools. Estimate the average school at 10-12 tonnes.  
  
09h35      At 41.47N:03.36E Sea conditions very calm, no wind or white caps, visibility 30 km, and survey altitude 300 ft. ?  
  
09h50      REQUESTED CHANGE OF SURVEY ALTITUDE to 1000 ft.  
09h50      At 41.29N:03.29E Bluefin small school.  
09h53      At 41.36N:03.29E Bluefin small school.  
09h54      At 41.31N:03.29E Flock of birds working with school of very small fish, 1-2 kg or less.  
09h57      Bluefin 3 tonnes, 10 kg fish, stable.  
10h02      At 41.39N:03.27E Bluefin 5 tonnes, 10 kg.  
10h07      Bluefin very small school.  
10h08      Bluefin 3 schools, 3 tonnes each. 5 kg fish.  
10h21      At 41.41N:03.46E Bluefin school, small fish, no estimate.  
10h24      Bluefin school, 10 tonnes, very active.  
10h27      Bluefin school, 3 tonnes, stable.  
10h29      At 41.50N:03.47E Bluefin 3 schools, 5, 5, and 10 tonnes. 10 kg fish. Circled twice, not affected by aircraft noise.  
10h29 to 10h45      Wind increasing, sea becoming rougher, white caps. Poor spotting conditions.  
12h03      Arrival in Montpellier

## SUMMARY

### *SPOTTING CONDITIONS*

Most flights were conducted in favorable weather with only a small proportion of the total flight time being spent in areas where sea conditions were unfavorable for both spotting and fishing by purse seine, or above cloud for radar detection effort. The water over the entire area was just a little off colour and considered good for purse seining.

### *SIGHTINGS*

On each flight bluefin tuna were found. The schools varying in size and in individual fish size. No schools sighted in association with logs (ocean flotsam). Whales were sighted on each flight. No tunas observed in close association with whales, but whale sightings tended to be more prevalent in areas of bluefin concentration. Occasional dolphin schools were also in the area. No other pelagic species were identified positively. Birds were associated with less than 50% of the schools and were not generally in large numbers.

### *TUNA ESTIMATES*

Bluefin schools varied in size from 1 to 40 tonnes. Most feeding schools in the 1 to 10 tonnes size were all surface fish. Only the occasional school showed any colour density, these were in the 20 to 40 tonnes range. Individual fish size was within the range of 2 kg to 12-15 kg maximum. Only one school showed evidence of mixed fish by size and this could have possibly been Bonito with Bluefin. The aircraft was not available to spend time over any particular school in order to obtain more detailed information as to size, species and behavior. School sizes were generally small by international standards.

### *SIDE SCANNING RADAR*

As the writer is non-technical in this field the effective use of radar will be discussed in "Conclusions".



## **CONCLUSIONS AND PERSONAL ASSESSMENT**

I would like to take this opportunity to thank my colleagues in ORSTOM for their enthusiastic help which they extended to me both professionally and personally. This goes a long way towards achieving a successful conclusion.

For this project, my particular field of expertise was requested in order to provide support information. To (a) detect by visual sighting, identify the species and provide estimates of the school size in tonnes so that once located the technicians operating the side scanning radar would be confident that these targets (if observed) were in fact pelagic species. And (b) to confirm radar targets detected for example when flying above cloud at 5000 ft., as pelagic species by visual methods after descent to clear altitude.

I have used simple weather radar for many years as a useful tool to provide low level (1 500ft) assistance in pelagic species location during conditions of calm seas where backscatter or wave reflection is not produced but visual sighting is not possible due to thin layers of sea fog. The results have always been entirely successful under these particular circumstances. The technical principal of the two types of radar are different but due to the success of my own experiments with use of airborne weather radar used in the ground scanning mode I felt quite confident prior to my arrival in Montpellier, that the project proposed by Michel Petit under the HAREM experiment would prove successful. The availability to personally compare side scanning radar returns with visual sightings leaves me in no doubt now that there is a vast potential for future work and development in this field.

**ANNEXE B**

**CARACTERISTIQUES DU VECTEUR ET DU CAPTEUR  
EMPLOYES PAR LE DLR**

**(Cette annexe a été rédigée d'après les indications  
fournies par Ralph HORN, ingénieur du DLR)**

1. Le cahier des charges initial du développement du radar expérimental, type SAR, aéroporté du DLR, appelé E-SAR comporte les directives suivantes :

- le radar doit pouvoir être intégré dans un petit avion ;
- il doit être opérationnel à basses altitudes (moins de 3500 m) ;
- l'antenne, fixe, est intégrée au fuselage ;
- l'électronique doit supporter un système multicanal (4), multifréquences (L, C et X) et multipolarisation (HH, VV, HV et VH) ;
- l'informatique doit assurer, à bord, une compensation des mouvements de l'avion et le traitement SAR ;
- les résolutions escomptées, géométriques et radiométriques, doivent être grandes.

2. La configuration actuelle du système E-SAR est la suivante :

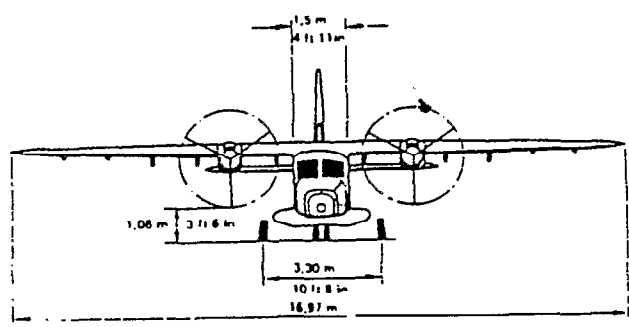
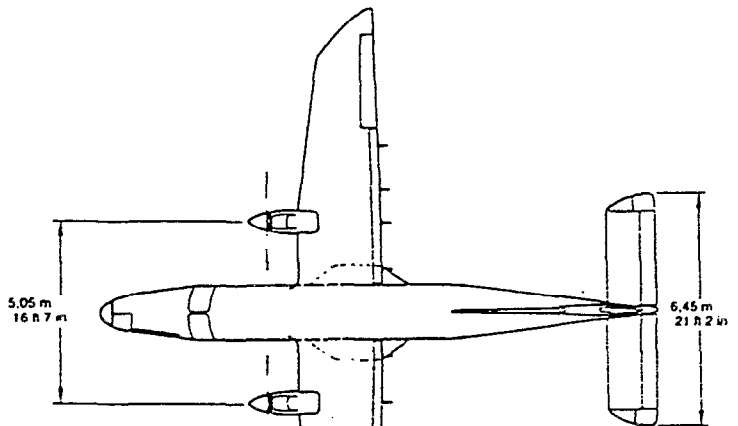
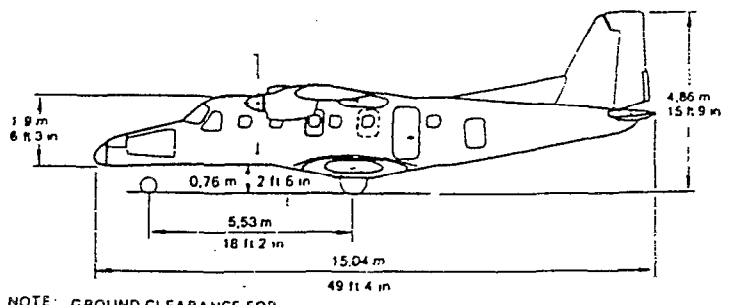
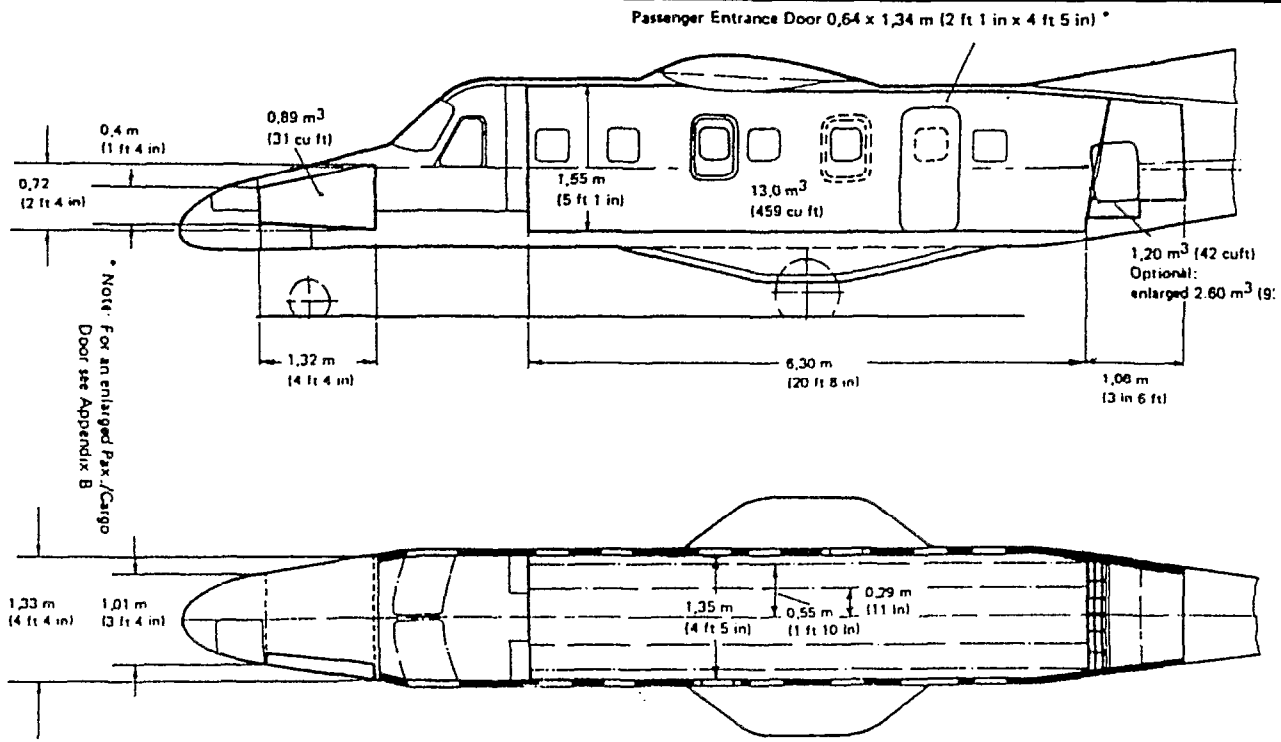
- *La plate forme* : un Dornier 228, spécialement conçu pour le transport de matériel scientifique, de faible coût et largement disponible au DLR.

- *Le capteur* ; un système multifréquence : bandes X, C et L. La bande L n'est pas encore opérationnelle. La bande C utilise la technologie des tableaux de capteurs. Le calcul en temps réel des compensations de mouvements est à l'étude.

- *Le traitement au sol* ; un système de transcription des bandes HDDT, un prétraitement sur Micro Vax II et un traitement classique sur Micro Vax, avec restitution sur film (FIRE 240). Un prétraitement sur IBM/Cray est à l'étude.

3. Quelques données techniques sur le Dornier 228 (figure 22):

- *Dimension de la cabine* :
  - . longueur : 6,30 m
  - . largeur : 1,35 m
  - . hauteur : 1,55 m



**Figure 22 :**  
**Caractéristiques**  
**du vecteur :**  
**le Dornier 228**

- *poids* :
  - . poids à vide : 3 411 kg
  - . poids maximum au décollage : 5 980 kg
  - . capacité en fuel maximum : 1 885 kg
  - . poids réservé à l'équipage et le matériel : 684 kg
  
- *Altitude maximum* :
  - . 8 000 m (avec oxygène)
  - . 3 500 m ( sans oxygène)
  
- *Vitesse de croisière à 3 000 m* :
  - . 231 nds (438 km.h<sup>-1</sup>)
  
- *Consommation maximum du fuel à 3 000 m* :
  - . 198 kg par heure
  
- *Autonomie maximum à 3 000 m* :
  - . 1 440 milles marins (2 600 km) soit 8 heures
  
- *Alimentation électrique disponible pour le matériel scientifique* :
  - . 28 VDC, 280 A
  - . 220 VAC, 2 kVA, 50 Hz

#### 4. Données techniques du capteur E-SAR en opération sur le Dornier 228 :

- *Bilan des charges* :
  - . équipages (2 pilotes + 2 opérateurs) 320 kg
  - . équipement 680 kg
  - . fuel 1 569 kg
  
- *Altitude maximum* :
  - . 3 500 m
  
- *Vitesse sol minimale* :
  - . 140 noeuds (soit 70 m.s<sup>-1</sup>, ou 252 km.h<sup>1</sup>)

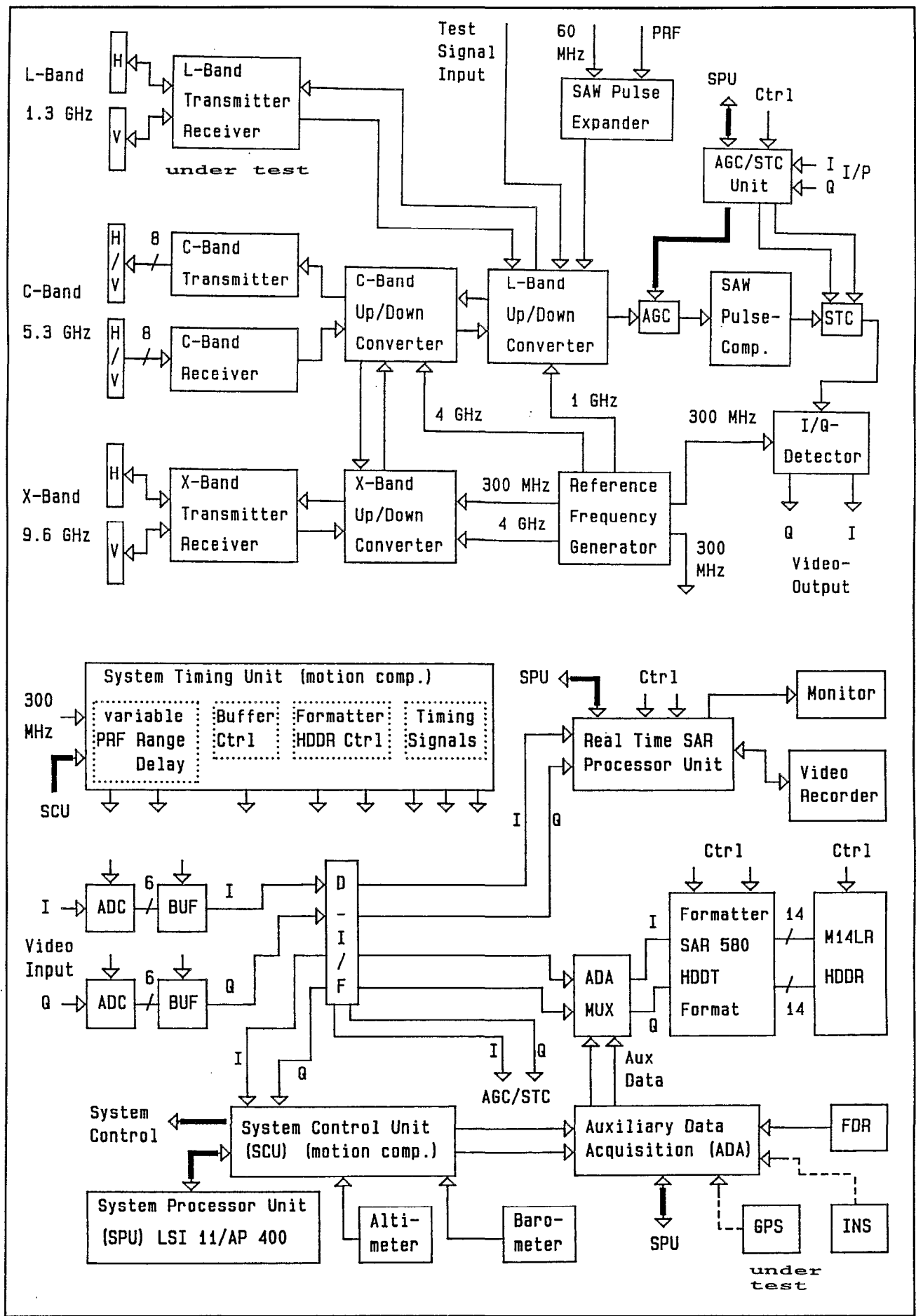
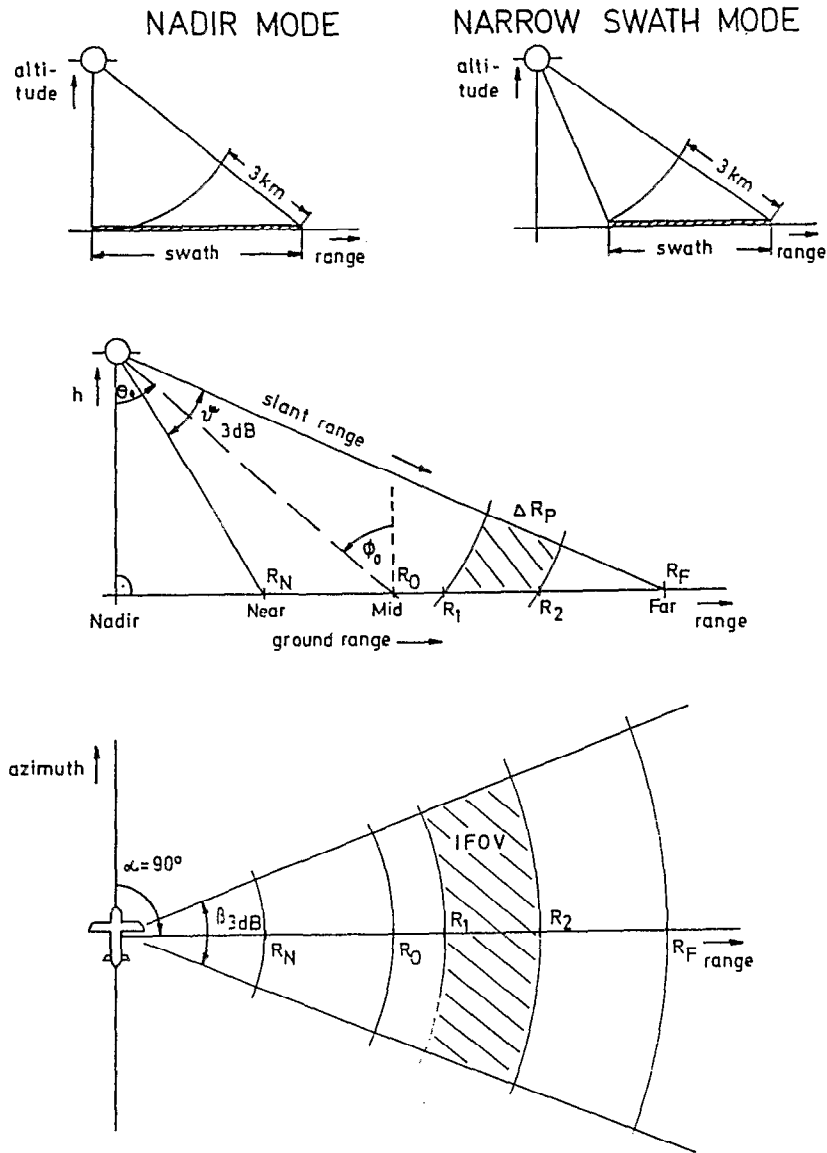


Figure 23 : Caractéristiques techniques sur le capteur : le radar E-SAR.

- *Consommation moyenne* :
  - . 190 kg par heure
  
- *Autonomie estimée* :
  - . 8h15
  
- *Consommation électrique* :
  - . 28 VDC, 80 A
  - . 220 VAC, 1 500 VA, 50 Hz
  
- *Equipement standard* :
  - . OMEGA/VLF
  - . GNS 1000
  - radar altimètre
  - enregistreur digital de vol
  - caméra vidéo et magnétoscope
  
- *Equipement dédié au SAR* :
  - . altimètre de précision ROSEMOUNT
  - . centrale de navigation à inertie (qui n'était pas disponible lors de HAREM)

## 5. Données techniques sur le E-SAR (figure 23) :

- *Performances* :
  - . bruit en rétrodiffusion : -33 dB
  - . résolution radiométrique (en 4 looks) : 2 dB
  - . résolution géométrique typique, en fauchée : 4 m, en azimut : 4 m
  - . calibration interne (précision 1 dB) et externe (précision 3 dB)
  
- *Caractéristiques* :
  - . fréquences : bande L (1,2 GHz), bande C (5,3 GHz), bande X (9,6 GHz). Pour HAREM, seule la bande C était disponible.
  - . puissance de transmission (en pointe) 500 W (bande L), 100 W (bande C) et 3 000 W (bande X)
  - . gain d'antenne : 18 dBi (bandes L et C), 20 dBi (bande X)
  - . élévation d'antenne : 35° en bandes L et C et 30° en bande X



Flight altitude (MSL), min.:	1000 m
max.:	3500 m
Antenna depression angle range:	20 to 50 Deg
Incidence angle range, Nadir Mode:	0 to 80 Deg
Narrow Swath Mode:	20 to 80 Deg
Number of range samples to be processed:	2048
Slant range pixel spacing:	1.5 m
Max. slant range distance ( $h = 3000$ m, $SNR = 0$ dB):	
- Land surface, L-band:	20000 m
C-band:	7000 m
X-band:	15000 m
Swath widths (ground range):	
- Nadir mode:	5200 m
- Narrow swath mode:	4300 m



Figure 24 : Géométrie du radar E-SAR en opération.



- . angle d'incidence : 40 à 70°
- . *buffer* de mémorisation : 2 560 mots
- . densité d'enregistrement sur bande : 28 Mbit.s<sup>-1</sup>

- *Géométrie en opération* :

- . voir figure 24

- *Prétraitement* :

- . voir figure 25

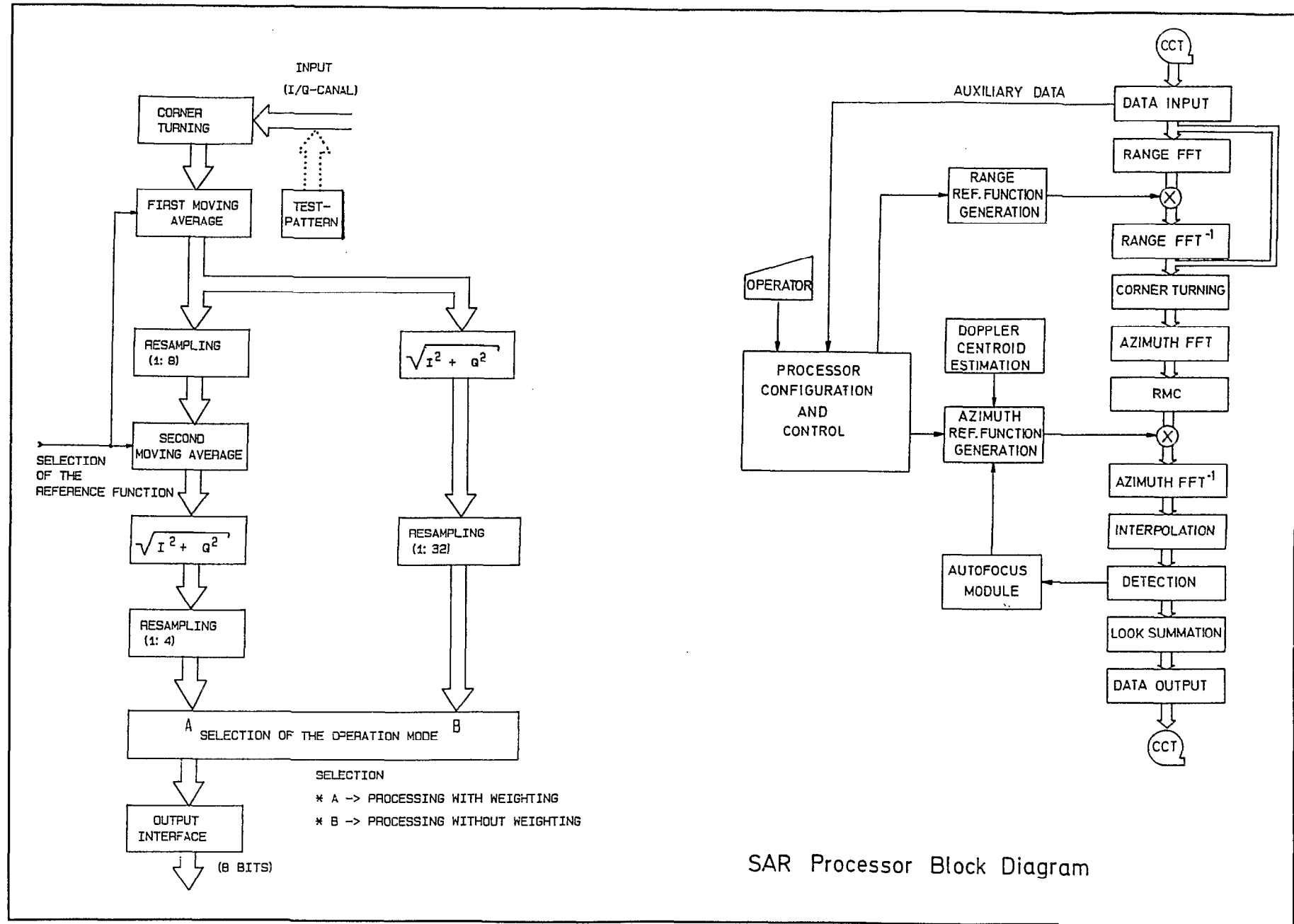


Figure 25 : Organigramme du prétraitement SAR utilisé par le DLR pour le radar E-SAR.

## **ANNEXE C**

### **HAREM : VALORISATION ET PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES**

L'équipe rédactrice du présent document a produit plusieurs communications et articles concernant l'expérience HAREM.

Dans sa phase projet, HAREM a été présentée au cours :

- du cinquième colloque scientifique franco-japonais (deuxième colloque d'océanographie) à SHIMIZU, en octobre 1988.
- du symposium européen sur le rôle de la technologie aérospatiale en océanographie, organisé à MALTE en décembre 1988 par le Conseil de l'Europe.
- du congrès de la Société Zoologique de France à Perpignan en juin 1989.

Ces présentations ont ensuite donné lieu à des articles parus respectivement dans *La Mer*, *International Journal of Remote Sensing* et le *Bulletin de la Société Zoologique de France*.

Après une première exploitation des données, les résultats ont fait l'objet d'articles et de communications différentes selon les divers aspects de l'expérimentation : gestion des pêches, télédétection hyperfréquences et traitement du signal. Les articles sont parus ou sous presse dans le *Bulletin de l'Institut Océanographique*, les recueils des documents scientifiques de l'ICCAT, *Tuna newsletter*, ainsi que dans les *proceedings* des différentes conférences où les résultats de HAREM ont été exposés :

- Premier symposium international pour l'océanographie opérationnelle des pêches (ISOFO, St John's, Canada, novembre 1989).
- Conférence Thonière annuelle de l'ICCAT (Madrid, Espagne, novembre 1989)
- Symposium international de géosciences et de télédétection (IGARSS'90, Washington, Etats Unis, mai 1990)
- Conférence Thonière annuelle du NMFS (Lake Arrowhead, Etats Unis, mai 1990)

Un article de synthèse est en cours de soumission dans une revue de grande diffusion scientifique.

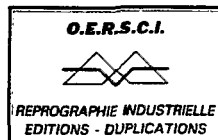
Dans un second ordre d'idée, les buts et résultats de HAREM ont été largement explicités et diffusés dans l'Océan Indien, au cours de la Foire Internationale de l'Océan Indien (La Réunion, septembre 1989) sous forme de film vidéo et de *poster* ainsi qu'au cours de la réunion de l'Association thonière de l'Océan Indien à Madagascar (mai 1990). Ceci a été fait dans la perspective d'un programme, en suite directe à HAREM, à réaliser en collaboration avec les flottilles de pêches tropicales et les pays gestionnaires des pêcheries correspondantes.

D'autre part, ces résultats et ce document ont été notifiés au groupe GARS du CNES (Groupe Ad hoc sur le Radar Spatial) dont deux des auteurs font partie et qui étudie la possibilité de disposer sur SPOT d'un radar spatial à l'horizon 2000.

Enfin, ces mêmes résultats sont un bon support pour participer à la soumission d'un projet pilote d'utilisation des données ERS-1, dans le cadre du second appel d'offre de l'Agence Spatiale Européenne concernant ce satellite.

**Achévé d'imprimer le 28 septembre 1990  
sur les presses de l'imprimerie O.E.R.S.C.I.**

*Office d'Édition de la Recherche Scientifique  
et Coopération Internationale*



*Parc Modulopolis H 1 Zone Euromédecine  
Montpellier 67.52.20.05*

**ORSTOM Editeur  
Dépôt légal : 4 trimestre 1990**

**ORSTOM MONTPELLIER**

## RESUME

En matière d'halieutique artisanale côtière et industrielle hauturière, deux problèmes se posent souvent, respectivement :

- Les bancs de thons, ou "mattes", ont la particularité de déformer la surface de la mer (bouillonnement, friselis, etc.), de façon différente selon le tonnage ou l'espèce. Cette propriété est bien connue et utilisée tant pour l'aide à la pêche directe (survol commercial d'avion ou d'hélicoptère) que pour la prospection de nouvelles zones (opérations de radiométrie aérienne et prospection thonière). Associée à la connaissance des paramètres de l'environnement (température de surface, distance à la côte, etc.), l'exploitation des observations aériennes de thonidés par les méthodes d'échantillonnage, donne une estimation grossière du stock de surface. Cette estimation sera d'autant plus précise que l'on aura un inventaire complet des bancs présents dans la surface échantillonnée.

- L'acquisition périodique du nombre et de la position des engins de pêche en action sur un étang ou un estuaire, c'est-à-dire la connaissance exhaustive de l'effort de pêche et de sa répartition spatiale, est un paramètre fondamental en biologie des pêches que l'on tente d'estimer avec beaucoup de difficultés par un système d'enquête. Ceci est particulièrement vrai dans les pays du tiers monde et intervient directement dans la gestion tant écologique qu'économique des pêches artisanales.

Bien que ces deux problèmes semblent n'avoir aucun rapport, en fait, chacun d'eux se matérialise physiquement par une déformation de la surface de l'eau : en effet, barques, pirogues, filets ou tout engin de pêche artisanale, de même que les bancs de thons quand ils viennent en surface ou en subsurface provoquent cette déformation.

D'après les essais et pré-expérimentations faites, ces déformations, aussi faibles soient-elles, sont détectables par un radar à synthèse d'ouverture (SAR). L'expérimentation HAREM (HALieutique et Radar : Expérimentation en Méditerranée), en prélude à un véritable programme, a évalué, pour la première fois, les potentialités, la qualité et l'originalité des données acquises en mer par ce type de radar en matière de biologie des pêches et d'environnement halieutique. HAREM a été menée en août 1989, avec le radar allemand E-SAR du DLR monté sur un avion Dornier 228. La difficulté principale a été d'estimer le créneau météorologique d'abord, puis halieutique, favorable sur quelques jours, de façon à disposer simultanément et en un même lieu des pêcheurs, des bancs de thons et des acquisitions radar. Dès les premiers vols, nous avons pu vérifier notre hypothèse : bancs de thons, cétacés, ainsi qu'engins de pêche (bateaux, filets, pièges à poissons) sont détectables et identifiables avec un radar SAR (bande C, polarisation VV) par l'intermédiaire du signal généré par la déformation de la surface de l'eau. L'objectif de HAREM a été ainsi complètement atteint. A partir des données recueillies, des simulations de type ERS-1, par dégradation géométrique des données, ont été effectuées et semblent prometteuses en ce qui concerne la pêche thonière.

Les perspectives sont immédiates et considérables :

- La connaissance de l'effort de pêche exhaustif, même sur une durée limitée, est un paramètre fondamental pour toute étude et gestion de pêches artisanales partout où les statistiques classiques sont insuffisantes, ce qui, outre-mer, est souvent une réalité.

- Avec l'identification des bancs de thons et des sennes par imagerie SAR, il est possible d'inventorier les potentialités thonières de toute région, en très peu de temps, qu'il y ait ou non exploitation.

## ABSTRACT

During the HALieutics Radar Experimentation Mediterranean sea (HAREM), conducted in August 1989 in the golfe du Lion off the western Mediterranean coast of Europe, synthetic aperture radar (SAR) images of the sea and lagoon surface and concurrent sea-truth observations and measurements were collected in order to test the potential of some applications of SAR imaging theories to halieutics. These theories have been developed to explain the SAR signal modulation in relationship with small variations of water roughness induced by internal wave or current or wind field variations.

Analysis of the HAREM data indicates that the marine surface life (here tuna schools and marine mammals) and fishing activities (here, nets and fish traps) can generate a SAR signal modulation of the comparable order of magnitude for the C-band. This has confirmed the expectation of SAR, after the preliminary experiment made in X-band with French radar VARAN-S in 1986.

HAREM was supported by leading French organizations in the field of fisheries and used successfully the German aerospace organization's radar (E-SAR), flown on a Dornier 228 aircraft and well known as a typical tool of ERS1 approach. From the HAREM data, the results of satellite simulations, considering ERS1 characteristics, are presented and suggest promising views for fishing activity surveys.

This high detection power of SAR provides unique opportunities to obtain direct information on fishing and surface marine life activities in large survey areas. From that, we assume that the aerial SAR data and, under certain conditions, satellite SAR data may dramatically enhance and complement classical methods (statistics) used in fishery management, the essential goal in halieutics.

ISSN : 0767-2888  
ISBN : 2-7099-1013-6

**ORSTOM, 213 rue La Fayette, 75480 Paris Cedex 10**  
**Diffusion : ORSTOM, 73 route d'Aulnay, 93143 Bondy Cedex**  
**2051 Avenue du Val de Montferand, 34032 Montpellier Cedex**