UNIVERSITE DE CORSE

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Diplôme d'Etude Supérieure Spécialisée
« Ecosystèmes Littoraux Méditerranéens »

Année Universitaire 2000/2001

Contribution à l'étude de la prédation des moules exploitées sur filières en mer ouverte

Mémoire présenté le 21/09/2001 à Corté

par Fabien SANGUINEDE

Sous la direction de D. PETIT et P. BREHMER

Centre de Recherche Halieutique Méditerranéen et Tropical
Avenue Jean Monnet – BP 171 – 34 203 Sète cedex

IRD

UNIVERSITE MONTPELLIER II
SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

Ifremer

UNIVERSITE DE CORSE

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES

Diplôme d'Etude Supérieure Spécialisée
« Ecosystèmes Littoraux Méditerranéens »

Année Universitaire 2000/2001

Contribution à l'étude de la prédation des moules exploitées sur filières en mer ouverte

Mémoire présenté le 21/09/2001 à Corté
par Fabien SANGUINEDE

Sous la direction de D. PETIT et P. BREHMER

Centre de Recherche Halieutique Méditerranéen et Tropical
Avenue Jean Monnet – BP 171 – 34 203 Sète cedex

IRD

UNIVERSITE MONTPELLIER II
SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

Ifremer

REMERCIEMENTS

C'est à Dr. PETIT et à M. BREHMER qu'iront tout d'abord mes sentiments respectueux pour avoir dirigé mon stage de recherche. Je voudrais également exprimer ma profonde gratitude à Dr. GERLOTTO pour m'avoir permis de continuer à parfaire mon apprentissage au sein de l'IRD.

Je tiens à remercier l'équipe du laboratoire des Ressources Halieutiques (IFREMER, Sète) : Dr. PERODOU pour son aide indispensable sur l'étude des débarquements ainsi que M. LESPAGNOL et Mlle JADAUD qui m'ont accordé l'opportunité d'embarquer à bord d'un chalutier, d'effectuer une visite à la criée de Sète et de me donner libre accès à leurs données.

Un grand merci à Dr. BUESTEL, directeur du laboratoire des Ressources Aquacoles (IFREMER, Sète), à Dr. MARIN, halieute au laboratoire des Ressources Halieutiques (IFREMER, Sète), à Dr. BACH (IRD, Sète), à Me SIMIER (IRD, Sète), à Mlle DEBOS (IFREMER, Palavas-les-flots) et à Mlle TOSTIN, chargé de mission à la Section Régionale de la Conchyliculture en Méditerranée pour leurs prêts d'ouvrages bibliographiques.

Je remercie très vivement M. MAURAN, conchyliculteur et président de l'ASA des cultures en mer ouverte, et M. MORENO, patron de pêche, pour leur accueil chaleureux et patient qu'ils m'ont réservé à bord de leur navire et pour les très intéressants échanges de vue qui ont eu suivi.

J'associe également M. GUENNEGAN et à Dr. LIOURZOU, halieutes au laboratoire des Ressources Halieutiques (IFREMER, Sète) pour leur soutien et leur bonne humeur au cours des campagnes Daudo.

Je veux aussi assurer de ma très vive gratitude Dr. LASSERRE, enseignant-chercheur à l'université Montpellier II et "spécialiste" de la daurade , Mlle VICENS (IRD, Sète) et M. REGLER, Directeur de la SRCM, pour leur disponibilité.

Et enfin une profonde reconnaissance à mes parents qui m'ont soutenu moralement et financièrement.

SOMMAIRE

I. INTRODUCTION **1**

II. MATERIEL **3**

A. Le contexte de l'étude **3**
1. Le développement de l'activité conchylicole en mer ouverte 3
2. La zone d'étude : le lotissement conchylicole de Sète-Marseillan 4

B. Sonar et acoustique **5**
1. Notions d'acoustique sous-marine 5
2. Le sonar multifaisceaux RESON Seabat 6012 6
a. L'émetteur-récepteur 6
b. Le transducteur 6
c. L'enregistreur 6

C. Description de la base de données halieutiques **7**

III. METHODES **9**

A. Les données acoustiques **9**
1. La récolte des données en mer 9
a. La campagne 2000 (Dorade) 9
b. Les campagnes 2001 (Daudo1 et Daudo2) 10
2. La mise en forme des données acoustiques au laboratoire 11
3. Le traitement des données acoustiques au laboratoire 11
a. L'acquisition des paramètres 11
b. L'analyse statistique 12

B. Les données halieutiques de capture et d'effort **14**
1. Les requêtes utilisées 14
a. Description des modalités de pêche et des lieux de débarquement étudiés 14
b. Les espèces de poissons susceptibles d'intervenir dans le phénomène de prédation 14
2. L'analyse statistique 16

IV. RESULTATS **17**

A. L'observation des bancs de poissons **17**
1. Les variables morphologiques des bancs de poissons observés 17
a. La largeur 17
b. La hauteur 19
c. La longueur 20
d. La surface relative 21
e. Le volume relatif 22
2. Les variables de position des bancs de poissons observés 24

a. La bathymétrie 24
b. L'altitude 25
c. La distance au navire 26
d. La distance à la filière 28
B. L'observation des filières à moules 29
1. Filière en vue transversale et en vue longitudinale 29
a. Filière en vue transversale 29
b. Filière en vue longitudinale 30
2. Stade d'évolution et état de remplissage 31
a. Caractérisation de l'étude 31
b. Exemples d'application 32
C. Analyse historique des données de pêche commerciale 35
1. Les débarquements de daurade royale (Sparus aurata) dans les criées d'Agde et de Sète 35
a. L'évolution mensuelle des débarquements 35
b. L'évolution annuelle des débarquements 35
2. Les débarquements de pageot dans les criées d'Agde et de Sète 36
a. Le pageot acarné (Pagellus acarne) 36
b. Le pageot commun (Pagellus erythrinus) 37
3. Les débarquements de sar commun (Diplodus vulgaris) dans les criées d'Agde et de Sète 38
a. L'évolution mensuelle des débarquements 38
b. L'évolution annuelle des débarquements 39

V. DISCUSSION 40

A. Variabilité comportementale des bancs de poissons observés 40
1. La structure des bancs 40
2. Le positionnement des bancs 41
B. L'observation des filières à moules en mer ouverte 43
C. Etude des débarquements de prédateur potentiel de moules 44

VI. CONCLUSION 46

VII. BIBLIOGRAPHIE 48

I. INTRODUCTION

La conchyliculture méditerranéenne a connu pendant plusieurs décennies une extraordinaire prospérité à l'abri des lagunes. Pourtant au cours des années 70, pour échapper à un milieu étroit et saturé, elle a cherché en mer l'espace dont elle avait besoin pour se développer. Bien qu'ayant connu une désaffectation depuis quelques années du fait des difficultés d'exploitation, la mytiliculture en mer ouverte reste une activité très importante en région Languedoc Roussillon. La production estimée est de 8 à 10 000 t sur les lotissements conchylicoles de Sète-Marseillan et des Aresquiers. Cette activité concerne 105 entreprises et près de 300 salariés directs du secteur avec un nombre de filières exploitées d'environ 300 (Schlama, 2001). Or, depuis quelques années, l'activité est mise en péril par la voracité de certains poissons prédateurs. Bien que ne disposant encore que de peu d'informations sur ce phénomène, on peut avancer les éléments suivants : la prédation s'observe de la fin du mois de février à la fin du mois d'octobre. Les mois de mars-avril et de septembre-octobre sont les époques de grande prédation (Tostin, 2000). Si le naissain est plus particulièrement touché, les moules de taille commerciale sont aussi concernées ce qui implique une grande taille des poissons prédateurs. Les pertes sont parfois très importantes : 50 t de moules en quelques jours (Buestel, 1998). On les a estimé à 53 Millions de francs sur ces quatre dernières années. 3 000 t ont été ainsi perdues en 2000 (Alléguède, 2001). Le nombre de concessionnaires diminue d'année en année… La situation risque d'empirer si des solutions ne sont pas trouvées pour limiter ces pertes de ressource et c'est donc l'activité globale qui risque d'être remise en question. Face à ce problème complexe, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, ex-ORSTOM) et l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), en collaboration avec l'Association Syndicale pour l'Aménagement et la gestion des cultures en mer ouverte et la région Languedoc Roussillon, ont décidé de s'associer au travers d'un programme d'études halieutiques recouvrant différents champs d'application. La société HYTEC s'est d'ailleurs aussi intéressée au problème en proposant un projet de système répulsif.

Le facteur le plus limitant pour toutes les études *in-situ* des populations marines tient au fait que la mer est un milieu difficilement pénétrable par les ondes lumineuses. Dans le meilleur des cas, la visibilité ne dépasse pas une cinquantaine de mètres. L'observation des peuplements aquatiques y est donc très difficile et nécessite de recourir aux ondes acoustiques, seules capables de se propager sur de grandes distances et de véhiculer en retour une information après réflexion sur un obstacle (Gerlotto, 1996). De plus, la présence des filières et de leur gréement gène l'emploi d'engins de pêche (Gerlotto *et al*., 2001).

Notre étude a pour objectif principal d'examiner, à partir des campagnes de prospection acoustique réalisées durant l'été 2000 et le printemps 2001, les bancs de poissons présents à proximité des filières à moules du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan. Les données recueillies avec un sonar multifaisceaux à haute résolution type *RESON Seabat 6012* ont été traitées au Centre de Recherche Halieutique Méditerranéen et Tropical (CRHMT) de Sète. Les variables morphologiques et les variables de position ont été mesurées pour chaque banc. Elles ont été rassemblées en base de données et ont donné lieu à des analyses statistiques afin d'observer les variabilités journalière et saisonnière des bancs. Les différents éléments de cette étude ont une portée conceptuelle plus large que le seul aspect "banc de poissons" : les filières à moules ont été détectées au sonar et nous en présenterons l'analyse et l'intérêt d'une observation acoustique. Enfin, si aucune donnée permettant d'identifier l'espèce prédatrice n'existe, de forts soupçons pèsent sur la daurade

royale *Sparus aurata* (Linné, 1758). Néanmoins, il est vraisemblable que d'autres espèces de poissons comme les sars et les pageots soient potentiellement impliquées, au moins dans la prédation des naissains (Buestel, 1998). A ce jour, aucune donnée précise n'existe sur les stocks de ces poissons en cause. Nous mènerons une étude des débarquements des criées d'Agde et de Sète et les mettrons en relation avec les pertes recensées depuis ces dernières années.

II. MATERIEL

A. Le contexte de l'étude

L'élevage des coquillages en Méditerranée s'est longtemps cantonné dans les lagunes profondes (étangs de Thau et de Leucate) qui bordent le littoral. Les capacités spatiales et biologiques de ces milieux sont désormais saturées. L'expansion de l'activité n'a du donc être envisagée que hors du cadre exigu des lagunes : en mer ouverte.

1. Le développement de l'activité conchylicole en mer ouverte

En 1976, la conquête des espaces maritimes est entreprise par quelques pionniers sensibles à l'attrait du large. Ils ont rencontré de nombreux problèmes pour l'huître plate *Ostrea edulis* (Linné, 1758) et se sont alors tournés très vite vers l'élevage de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1819).

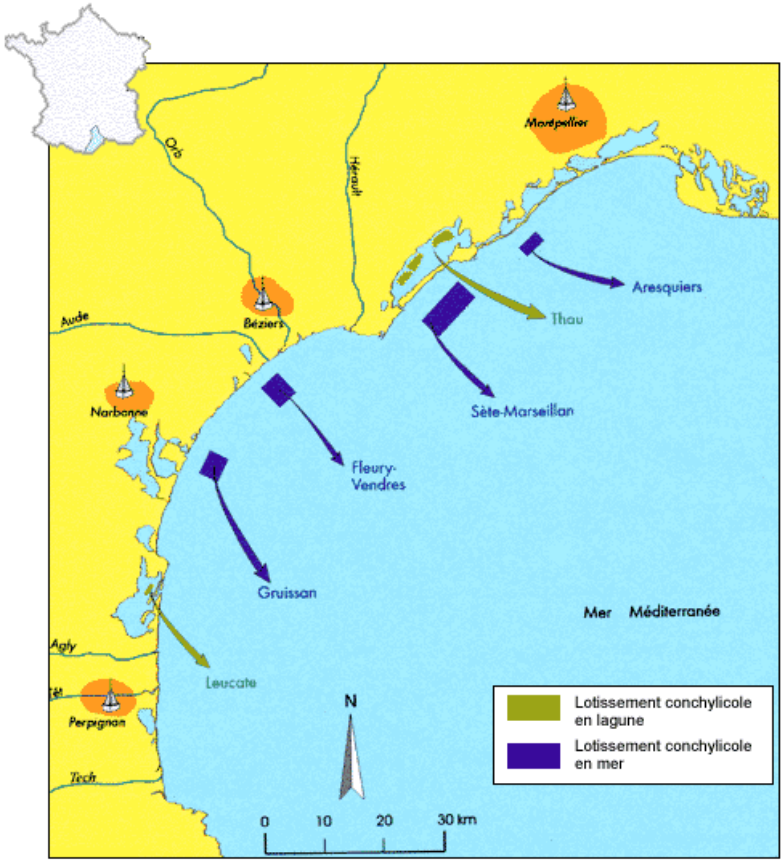


Figure 1 : Situation des élevages conchylicoles en Languedoc-Roussillon (d'après Loste et Cazin, 1993).

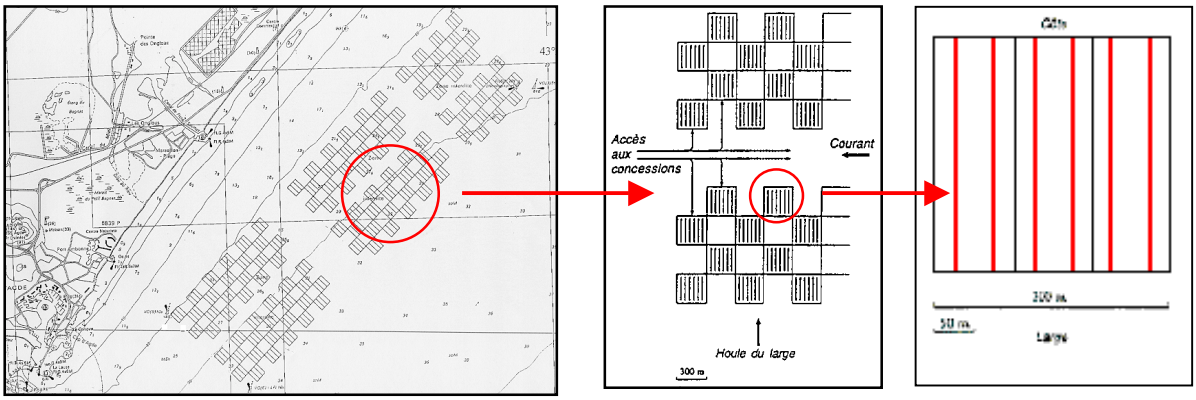
Ayant l'habitude d'élever cette espèce en étang, les conchyliculteurs ont transposé leur savoir-faire en mer. Ils se sont dans un premier temps orientés vers la technologie des cadres, structures rigides ressemblant en plus petit aux tables utilisées en étang. Ces cadres reposaient par 20 m de fond et permettaient la suspension des cordes de moules. Les résultats obtenus ont été très positifs, mais, en 1979, une grosse tempête a détruit la totalité des cadres immergés. Cela a eu pour conséquence l'abandon définitif de ce mode d'élevage en mer et l'essai de nouvelles techniques.

La phase de mise au point des techniques s'est déroulée de 1980 à 1987. Durant cette période, le dynamisme d'une cinquantaine de conchyliculteurs et le soutien des partenaires institutionnels ont permis d'établir les bases de la conchyliculture en mer ouverte avec la conception d'une structure d'élevage adaptée : la filière de subsurface, la mise au point d'embarcations spécialisées, la fiabilité des techniques d'élevage et l'abaissement des coûts de production. En 1982, une nouvelle tempête a fait rage. Seule la filière de subsurface mise en place a résisté et a fait ainsi preuve de son efficacité. La première récolte de moules sur filière a été réalisée en 1983. En 1987, la phase de pré-développement s'est achevée avec une production de 1000 t de moules de mer. Ce succès technologique a incité l'ensemble des partenaires à poursuivre leurs efforts pour faire de la mytiliculture en mer ouverte une activité économique à part entière.

La phase de développement économique a débuté dès 1988 par l'organisation des structures de production : 4 lotissements en mer ont été créés (Fig. 1), une flottille de barges est entrée en activité tandis que 3 bases à terre étaient construites. Les techniques s'affinent et les volumes produits augmentent. A l'heure actuelle, 8 000 à 10 000 t/an sont produites ce qui génèrent un chiffre d'affaire de 45 Millions de francs à la production.

2. La zone d'étude : le lotissement conchylicole de Sète-Marseillan

Le lotissement de Sète-Marseillan est le plus important. Il occupe une superficie de 2754 ha. 348 concessions sont disponibles et 171 sont attribuées soit un taux d'occupation de 49,1%. Il y a 95 concessionnaires. 274 filières sont exploitées sur les 462 potentiellement exploitables, soit un taux d'exploitation de l'ordre de 59,3%. Le marché de la moule est très attractif puisque près de 40% de la consommation française est importée (Paquotte, 1995).



A **B** **C**

Figure 2 : Concessions du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan.
A : lotissement conchylicole, **B :** concessions disposées en damier et **C :** concession de base, en rouge les filières.

Chaque concession élémentaire a une superficie de 3 ha et possède 2 filières de 250 m de longueur utile. Ces concessions sont regroupées par 3 formant des concessions de base représentant des carrés de 9 ha (Fig. 2). La disposition en damiers permet une meilleure circulation des eaux et laisse libre de larges chenaux d'accès (Menella, 1989).

Le principe de base de la filière de subsurface a été directement inspiré par les longues lignes utilisées au Japon pour la culture d'algues et de coquille Saint Jacques. Elle est formée d'une corde maîtresse horizontale de 200 à 300 m appelée aussière (Fig. 3). Elle

est immergée à 5 m de profondeur pour la protéger de l'action de la houle et des courants de surface. Elle est disposée perpendiculairement à la côte pour diminuer la prise à la houle côtière.

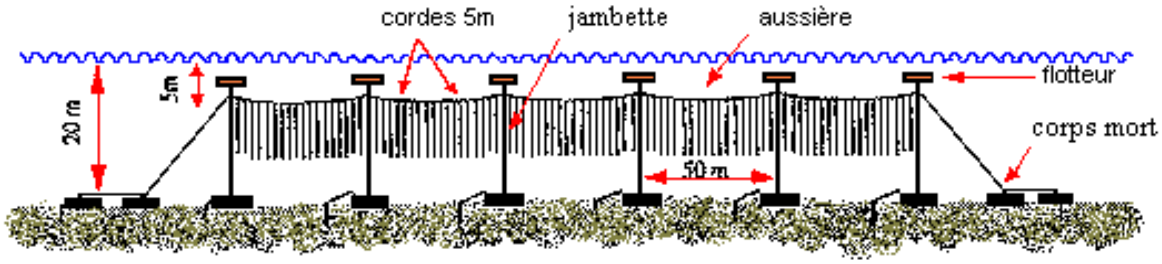


Figure 3 : Schéma de la filière de subsurface (d'après Gerlotto et Brehmer, 2000).

Cette aussière est fixée par des corps morts (blocs de béton posés sur le fond). Elle est également reliée au fond par d'autres cordes, appelées jambettes, pourvues d'un corps mort et d'un flotteur. La filière est ainsi partagée en tronçons de 50 m. Les flotteurs disposés le long de l'aussière contribuent à la maintenir en subsurface. C'est donc sur l'aussière que sont pendues les cordes à moules. Une filière peur contenir 500 cordes et produire 25 à 30 t de moules par an. L'itinéraire technique de l'élevage est présenté en Annexe A. L'exploitation se fait en bateau avec une barge conchylicole. La souplesse de l'aussière permet d'en tirer une portion jusqu'à la surface pour la mise en place des cordes ou la récolte des moules. Certains travaux de maintenance se font néanmoins par plongée. Le coût moyen d'une filière était en 1992 de 70 000 F HT auquel il fallait ajouter 10 000 F pour la pose si elle était sous-traitée. Cette filière "standard" telle que nous venons de la décrire a servi de base pour normaliser l'activité. Cependant, de nombreuses modifications, souvent astucieuses, issues d'observations personnelles, sont apportées pour répondre aux contraintes et aux stratégies propres à chaque entreprise.

B. Sonar et acoustique

Depuis 1930, l'acoustique sous-marine est couramment utilisée pour la navigation, la pêche mais également dans la recherche océanographique. Son intérêt est de permettre de caractériser les fonds marins et la biomasse (plancton, poissons isolés, bancs de poissons, regroupement de bancs) présente dans la colonne d'eau. Elle est devenue une méthode d'analyse pertinente permettant aux halieutes d'estimer la biomasse globale d'une région, d'étudier la répartition et la migration des poissons en relation avec les facteurs de l'environnement ou de suivre des stocks en fonction de leur exploitation (Mitson, 1983).

1. Notions d'acoustique sous-marine

Le son peut se définir comme une vibration transmise par la compression et l'expansion périodique des molécules du fluide environnant. Il est donc généré par un mouvement analogue des particules d'eau à son contact. Cette perturbation se propage de proche en proche sous la forme d'ondes sonores à une vitesse, ou célérité, propre à la densité du milieu considéré. Cette vitesse n'est pas constante, elle varie en fonction de plusieurs paramètres du milieu : la température, la salinité et la pression c'est-à-dire la profondeur. Comme on utilise le temps qui s'écoule entre l'émission et la réception d'un écho pour connaître sa localisation, il est important de connaître la célérité. Corriger ce paramètre ne s'avère néanmoins nécessaire que pour des secteurs extrêmes (Antarctique ou équateur). On utilise généralement une valeur de 1 500 $m.s^{-1}$ (Diner et Marchand, 1995).

Le principe d'un équipement acoustique est basé sur l'émission d'une courte impulsion sonore émise dans l'eau à partir d'un appareil spécial, le transducteur. Lorsqu'elle rencontre une cible -le fond de la mer, un poisson, un banc de poissons- une partie de l'énergie est réfléchie et parvient au transducteur. On utilise le temps écoulé entre l'émission et la réception, le niveau du signal réfléchi et sa direction pour obtenir les différents paramètres qui caractérisent la cible (Sanguinede, 2000).

2. Le sonar multifaisceaux *RESON Seabat 6012*

Toutes les données que nous avons traitées proviennent du sonar multifaisceaux *RESON Seabat 6012*. Il permet de pallier aux limites du sondeur vertical qui présente un faisceau unique partagé et qui donc ne permet pas une vision instantanée pluridimensionnelle des cibles dans la masse d'eau (Boutry et Compois, 2000). Son fonctionnement dépend de trois éléments : l'émetteur-récepteur, le transducteur et l'enregistreur.

a. L'émetteur-récepteur

L'émetteur-récepteur génère et reçoit des signaux électriques vers et depuis le transducteur. La portée disponible reste relativement faible (jusqu'à 100 m). Nous avons utilisé une durée d'impulsion de l'ordre de 0,06 ms avec une fréquence d'émission de 455 MHz, ce qui augmente la résolution en distance et donc la discrimination des échos (Diner et Marchand, 1995). Le signal reçu est amplifié par la fonction *Time Varied Gain* (TVG) qui compense la perte de propagation du son liée à l'éloignement de la cible.

b. Le transducteur

La fonction principale du transducteur est de transformer l'énergie électrique fournie par l'émetteur-récepteur en énergie acoustique lors de l'émission et inversement lors de la réception d'un écho. Il constitue un véritable interface entre la mer et le navire. Il sert également à concentrer l'énergie sonore qu'il émet dans le milieu sous la forme d'un faisceau. Ce dernier est caractérisé par son angle d'ouverture et son diagramme de directivité ("*beam pattern*"). Le sonar *RESON* comporte 60 faisceaux présentant chacun un angle d'ouverture verticale de 1,5°, ce qui permet un angle total d'observation verticale de 90°. L'angle d'ouverture horizontale est de 12°. Afin d'éviter la couche turbulente de surface, les bulles du sillage, et la propagation sonore perturbée par la coque du navire, le transducteur a été immergé lors de son fonctionnement à un mètre au dessous de la surface. De plus, comme on recherche des performances très élevées en détection, cela exige un faible niveau de bruit, peu de turbulences ou de bulles autour du transducteur.

c. L'enregistreur

L'enregistreur affiche les différents échos et, tout comme le transducteur, constitue un élément essentiel de l'équipement. Différents types d'enregistreurs sont employés. Tous comportent trois fonctions essentielles : la conversion du temps en distance, l'affichage des signaux reçus et la constitution d'une mémoire tampon en conservant les images pendant quelques minutes. A l'heure actuelle sont presque uniquement utilisés des enregistreurs à affichage sur écran couleur. L'écran du sonar *RESON Seabat 6012* affiche également les réglages standards employés (Fig. 4). Sa résolution est de 1024x768 *pixels*. Les niveaux d'échos sont codés en monochrome selon 256 nuances de jaune de 8 octets. L'affichage sur

un tel écran, où le balayage électronique est utilisé comme base de temps, présente l'avantage de pouvoir offrir des gammes très petites d'une haute résolution.

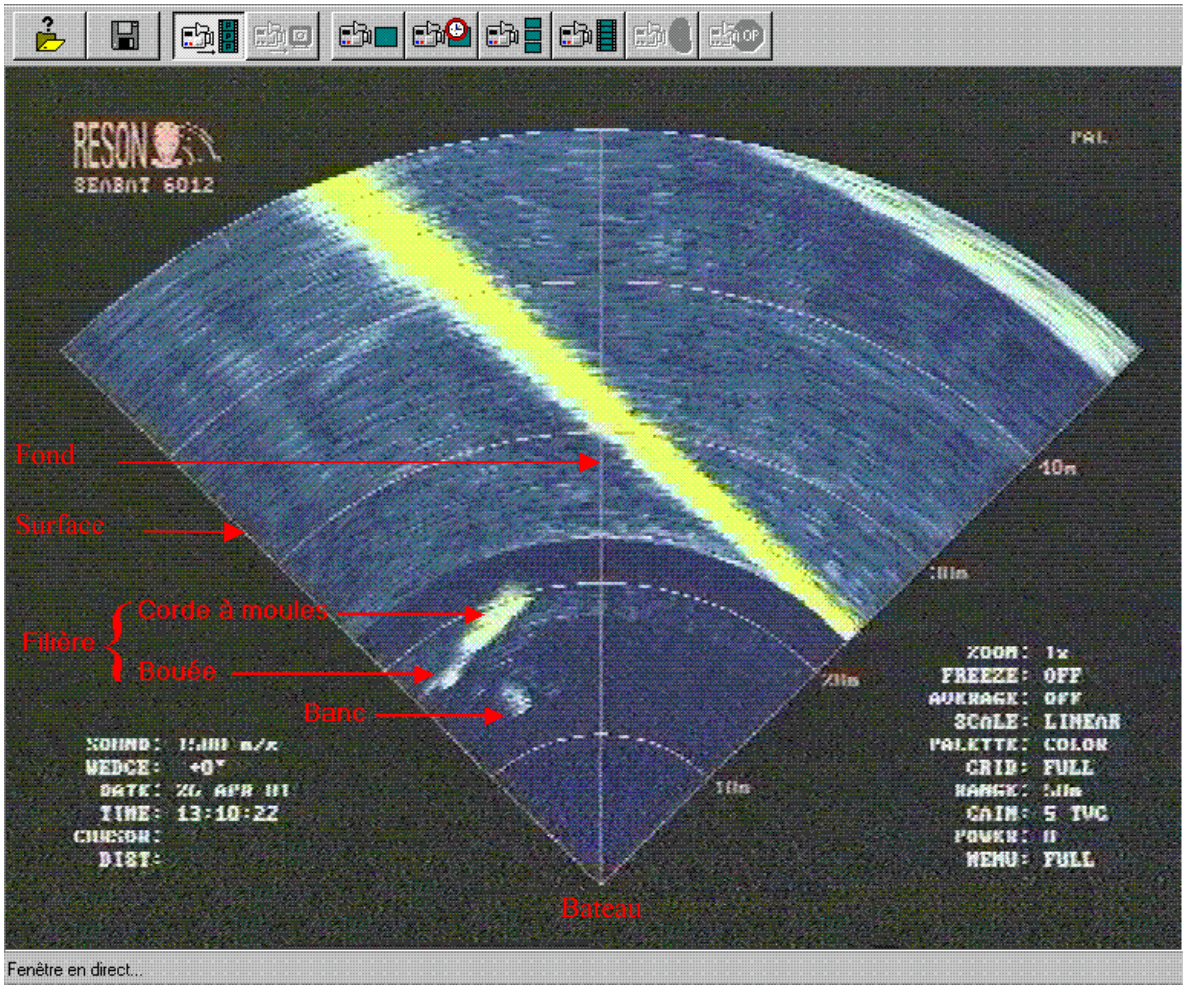


Figure 4 : Ecran du sonar *RESON Seabat 6012* tel qu'il a été utilisé au cours des campagnes Daudo1 et Daudo2.

C. Description de la base de données halieutiques

Les données halieutiques de capture et d'effort utilisées ont été recueillies récoltées par l'Office Interprofessionnel des Produits de la Mer et de l'Aquaculture (OFIMER). Cet établissement public a pour mission de collecter les informations de la première mise sur le marché enregistrée dans les halles à marée. Il constitue un Réseau Inter-Criées (RIC) qui est censé fournir en temps réel les informations de première vente de toutes les criées françaises ce qui permet les transactions inter-criées. Cet organisme contribue ainsi à alimenter le système national des statistiques de pêche.

Les débarquements sont triés par espèce et par catégorie commerciale locale dans un premier temps, puis divisés en lots de vente. Chaque lot est vendu aux enchères et donne lieu à une saisie informatique transmise au RIC. Le RIC se charge d'assurer une standardisation des codes employés et de contrôler la vraisemblance des informations transmises par les différentes criées. Les informations contenues sont les suivantes : le jour et le lieu de vente (criée), l'immatriculation du navire, l'espèce vendue et sa classe de taille, les quantités, le prix, l'état sanitaire et la qualité de présentation. Les données issues des

Organisations de Producteurs (associations de droit privé dont le but est d'élaborer des plans de capture et de favoriser la concentration de l'offre et la régulation des prix) ne sont intégrées au RIC qu'à partir de 1997 et concernent principalement les clupéidés, sardines et anchois.

Les données initiales fournies par le RIC en format "*.txt*" sont importées dans le logiciel de base de données *Access*. La base contient six années de données, de 1994 à 1999 soit 2 600 000 enregistrements qui proviennent des six criées du Golfe du Lion : Agde, Grau-du-Roi, Port-de-Bouc, Port-la-Nouvelle, Port-Vendres et Sète (Fig. 5).

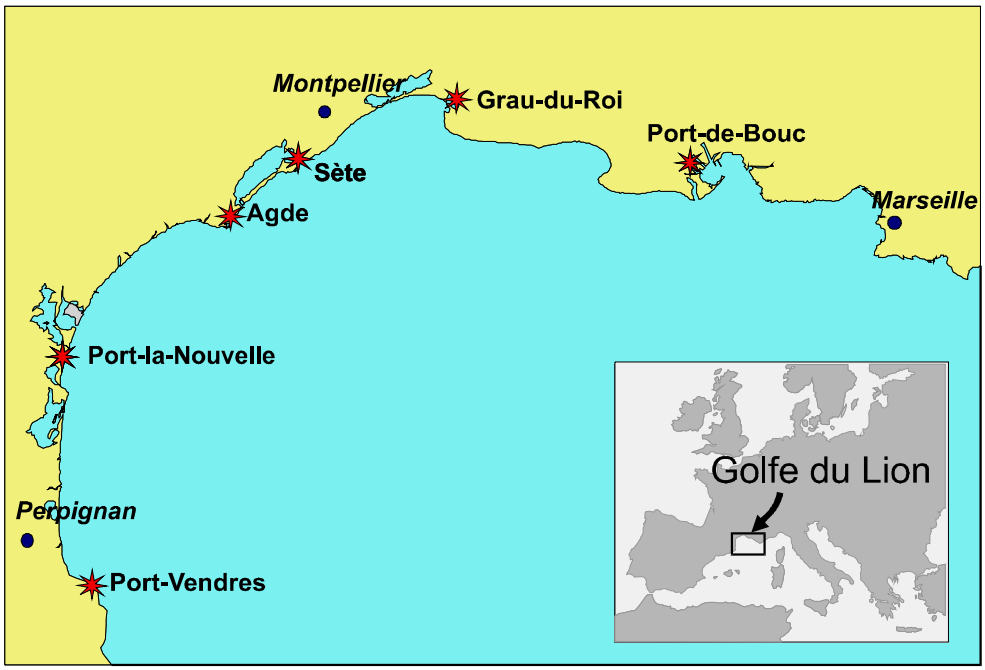


Figure 5 : Les criées du Golfe du Lion
✷ : Criée, ● : Ville sans criée.

Ces données ont servi à alimenter une base de données halieutiques mise au point et décrite par Pérodou (1999). Chaque champ principal provenant du RIC fait appel à un fichier de référence qui fournit des informations sur le champ en question. Les fichiers de référence sont alors constitués autour de ce fichier principal comme l'indique l'Annexe B.

III. METHODES

A. Les données acoustiques

Bien que disposant d'un sondeur (*Biosonics DT5000* pour la campagne Dorade et *EY500* pour les campagnes Daudo1 et Daudo2), nous nous sommes intéressés uniquement aux données fournies par le sonar multifaisceaux (bancs de poissons). Faute de temps, nous n'avons pas pu réaliser une étude des échos détectés au sondeur (poissons nageant isolément). Les données fournies par le sondeur sont disponibles pour les missions Dorade et Daudo2, celles de la campagne Dorade ont déjà été traitées (Gerlotto et Brehmer, 2000). La méthode de travail comprend trois étapes principales qui sont la récolte, le tri et le traitement des données.

1. La récolte des données en mer

La récolte des données acoustiques a été réalisée au cours de trois campagnes de prospection initiée durant l'été 2000 et poursuivie au cours du printemps 2001. Elles ont été menées conjointement par les chercheurs de l'IRD et de l'IFREMER du CRHMT de Sète en collaboration avec le Centre National de la Recherche Scientifique (Annexes C et D).

a. La campagne 2000 (Dorade)

A la demande de L'IFREMER (laboratoire des Ressources Aquacoles, Sète), l'équipe IRD du laboratoire d'Halieutique et Ecosystèmes Aquatiques a réalisé une série d'observations préliminaires en vue de mesurer la faisabilité d'une prospection acoustique sur la zone des filières à moules immergées au large de Sète-Marseillan.

A **B**

Figure 6 : A : PC scientifique installé à bord du "Julie's", **B** : le transducteur du sonar multifaisceaux installé sur la perche (Photos Brehmer, 2000).

Cette campagne s'est déroulée les 25 et 26 août 2000. Elle a permis de réaliser des prospections de jour et de nuit. Des identifications de poissons ont été faites le dernier jour par des plongeurs embarqués à bord du "Gryphéa", unité de l'IFREMER. Le matériel a été installé à bord du "Julie's", barge conchylicole de 21 m de long et 6 m de large. Nous avons utilisé un sonar multifaisceaux *RESON Seabat 6012*. Le moniteur était relié à un magnétoscope S-Vhs permettant l'enregistrement en continu des images. Le transducteur

était placé sur une perche fixée à tribord à environ un mètre de la surface (Fig. 6). L'angle d'ouverture de 90° des 60 faisceaux était dirigé vers le fond de telle sorte que sa bissectrice soit perpendiculaire au fond. Notons qu'en l'absence de GPS il n'a pas été possible d'identifier avec certitude notre position (surtout de nuit). Mais la très bonne connaissance de la zone par le pilote a néanmoins permis de tracer approximativement le parcours effectué par le navire (Annexe E). La bathymétrie de la zone d'étude allant de 19 à 34 m, la portée utilisée était de 50 m.

b. Les campagnes 2001 (Daudo1 et Daudo2)

Daudo1 et Daudo2 se sont déroulées respectivement du 24 au 27 avril et du 16 au 17 mai 2001. L'objectif premier de ces missions était de détecter par technique acoustique la présence de bancs de prédateurs de moules (daurades royales en particulier) sur et aux alentours des filières du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan (Guennégan et Brehmer, 2001). Elles s'insèrent dans un vaste programme de recherche concernant le problème de la prédation des moules exploitées sur filières et qui comprend une série d'interventions cohérentes (Buestel, 2001).

Les observations ont été effectuées à partir d'un sonar multifaisceaux *RESON Seabat 6012* installé à bord du "Chlamys", unité de l'IFREMER de 9 m de long équipée de deux moteurs de 110 CV (Fig. 7). La méthodologie employée étant plus rigoureuse que celle de la campagne Dorade, nous avons réalisé des radiales de prospection parallèles aux filières, c'est-à-dire dans le sens côte-large (Annexe E).

A **B**

Figure 7 : A : Le "Chlamys" à quai au CRHMT de Sète, **B** : le transducteur du sonar multifaisceaux fixé sur le bras articulé (Photos Sanguinede, 2001).

Le transducteur du sonar était positionné sur le côté bâbord à environ un mètre sous la surface (Annexe F). Il était fixé sur un bras articulé qui s'est avéré très fonctionnel (le transducteur pouvant être facilement sorti de l'eau, nous avons pu rejoindre la zone d'étude à vive allure). L'angle d'ouverture était parallèle à la surface et perpendiculaire au fond. Le sonar a ainsi balayé toute la masse d'eau de la surface au fond perpendiculairement à la route du navire. Nous avons utilisé les portées 50 et 100 m. Les images obtenues correspondent à des coupes successives sur 90° en deux dimensions (Fig. 8).

Durant les campagnes de prospection acoustique (Dorade, Daudo1 et Daudo2), les données ont été enregistrées sur des cassettes vidéo S-VHS. Le transfert des données

analogiques du sonar sur le support vidéo s'est fait par l'intermédiaire d'une vidéo-carte ISVRIII. Un microphone a permis d'ajouter les commentaires des halieutes sur la bande d'enregistrement et des informations ont été notées sur les feuilles de quart.

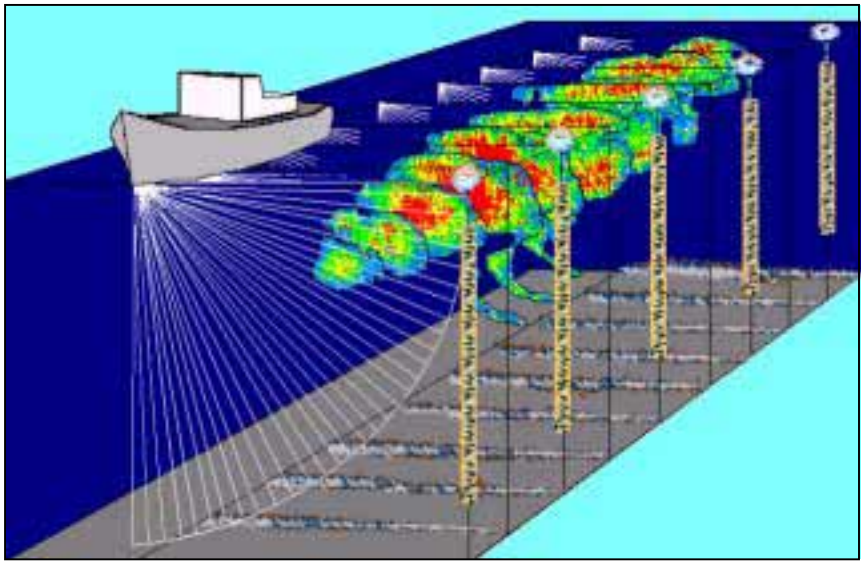


Figure 8 : Schéma de l'observation acoustique d'un banc de poissons le long d'une filière à moules durant les campagnes Daudo1 et Daudo2.

2. La mise en forme des données acoustiques au laboratoire

Le tri des données s'est réalisé au laboratoire en deux étapes successives. Nous avons tout d'abord effectué un re-jeu complet des campagnes. Il est en effet apparu nécessaire de visionner une nouvelle fois l'enregistrement sonar et de noter les informations (présence de bancs, évènements…) qui n'ont pu être observées en mer. Une nouvelle série de feuilles de quart post-campagne a donc été réalisée (Annexe G). Nous avons ensuite numérisé les images vidéo sélectionnées au magnétoscope sur PC à partir d'une carte d'acquisition vidéo (ISVR III). Les images ainsi sélectionnées (bancs de poissons, filières…) ont été numérisées grâce au logiciel *Asymetric DVP Captures*. Elles ont été enregistrées sur un fichier au format *Bitmaps windows* ("*.Bmp*") à l'aide d'un logiciel de capture numérique.

3. Le traitement des données acoustiques au laboratoire

Nous avons dans un premier temps recueilli les caractéristiques des bancs directement sur l'écran du téléviseur à l'aide d'un compas à pointe sèche et de papier millimétré. Un traitement statistique a été appliqué à l'ensemble de ces variables.

a. L'acquisition des paramètres

Les paramètres recueillis sont les variables de position et les variables morphologiques (Fig. 9).

- Les variables morphologiques

Largeur du banc (Larg, en m) : dimension centrale de l'écho parallèle au fond.
Hauteur du banc (Haut, en m) : dimension centrale de l'écho perpendiculaire au fond.

Longueur du banc (Long, en m) : paramètre calculé grâce à la durée d'observation du banc et à la vitesse du navire que nous avons pris comme étant égale à 2 nœuds soit 3 704 $m.h^{-1}$.
Surface relative du banc (Surf, en m²) : paramètre calculé en multipliant la largeur du banc par sa hauteur. Nous avons posé l'hypothèse suivante : les bancs sont rectangulaires.
Volume relatif du banc (Vol, en m^3) : paramètre calculé en multipliant la largeur par la hauteur et par la longueur du banc. Nous avons retenu l'hypothèse supplémentaire : la vitesse du bateau est constante.

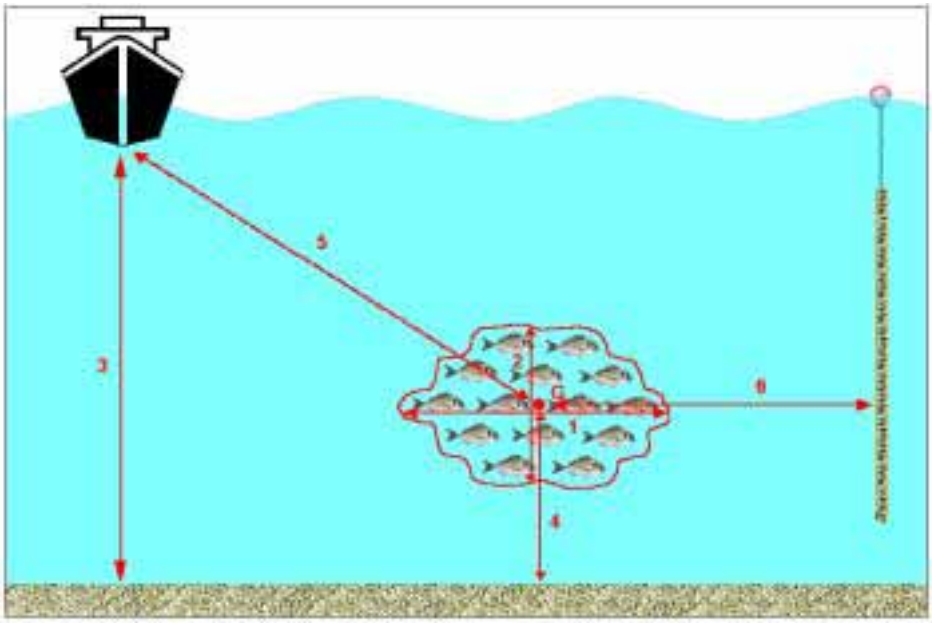


Figure 9 : Paramètres recueillis : **1** : Larg, **2** : Haut, **3** : Bath, **4** : Alt, **5** : Dnav, **6** : Dfil (**G** : centre de gravité du banc).

- Les variables de position

Bathymétrie (Bath, en m) : profondeur (sonde) locale relevée lors de la détection du banc.
Altitude du banc (Alt, en m) : distance séparant le centre de gravité du banc du fond.
Distance au navire (Dnav, en m) : distance séparant le centre de gravité du banc du navire.
Distance à la filière (Dfil, en m) : distance minimale entre le centre de gravité du banc et la corde à moules la plus proche. Cette variable a été mesurée pour les bancs sur filière. Ils diffèrent des bancs hors filière par le fait qu'une filière est visible à proximité d'eux sur l'image sonar.

b. L'analyse statistique

Soulignons que dans cette étude, le terme d'individu désigne non pas un poisson mais un ensemble de poissons, c'est-à-dire un banc. Il définit un regroupement provisoire d'individus de la même espèce et de classe de taille identique. Les poissons, unis par une attraction mutuelle, maintiennent constamment des contacts le plus souvent visuels et peuvent manifester à n'importe quel moment des actions organisées qui sont autant de conduites biologiques utiles pour tous les membres du groupe (Soria, 1994).

- Statistique descriptive

Afin de décrire les paramètres morphologiques des bancs de chaque journée de campagne, nous avons appliqué les outils statistiques fournis sous *Excel*. Les paramètres de

position des bancs ont été ordonnés par classes et leurs distributions ont été dressées sous *Excel*.
Nous avons défini l'intervalle inter-banc moyen pour chaque prospection. Il est égal à la durée de prospection divisée par le nombre de bancs observés. La durée de prospection diffère de la durée de campagne du fait qu'on a enlevé de cette dernière le temps consacré aux opérations de plongée (reconnaissance des bancs), aux poses déjeuner…

- Analyse de variance (ANOVA)

Afin de comparer les caractéristiques des bancs des jours d'une même campagne (étude intra-campagne) et de campagnes différentes (étude inter-campagne 2000-2001), nous avons utilisé l'analyse de variance à un critère de classification. Elle a été réalisée grâce au logiciel *Statistica* (Statistica,1997). Les journées d'une même campagne ont ainsi été regroupées dans le but de comparer deux périodes d'observation : été 2000 et printemps 2001. Cette analyse inter-campagne n'a concerné que les campagnes Dorade et Daudo1.

Une condition importante de l'analyse de variance est que les variances dans les différents groupes doivent être égales (homogènes). Afin de le vérifier, nous avons effectué le test de Levene : pour chaque variable dépendante, une analyse de variance est réalisée sur les écarts absolus des valeurs aux moyennes des groupes respectifs. Si le test de Levene est statistiquement significatif ($p < 0,05$), l'hypothèse d'homogénéité des variances doit être rejetée au seuil de 5%. Nous avons alors poursuivi notre étude par un test non paramétrique. Dans le cas contraire, les variances étant homogènes, nous avons continué l'analyse de variance. L'ANOVA est une méthode qui permet de comparer les moyennes μ de k échantillons indépendants. Nous cherchons ainsi à tester l'existence de différence significative entre les moyennes. L'hypothèse nulle est $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \ldots = \mu_k$ et comme hypothèse alternative H_1 : au moins une moyenne diffère des autres. Afin de tester ces hypothèses, la dispersion totale des échantillons (somme des carrés des écarts à la moyenne) est partagée en composantes de différentes sources : la dispersion intra-groupe ou résiduelle appelée moyenne des carrés de l'erreur (ou Erreur MC) et la dispersion inter-groupe appelée moyenne des carrés de l'effet (ou Effet MC). Un test F permet de comparer l'écart entre la dispersion à l'intérieur des échantillons et la dispersion entre les échantillons (Scherrer, 1984). Le logiciel *Statistica* calcule directement un niveau de probabilité p. C'est à partir de cette valeur que nous formulerons nos conclusions : si $p > 0,05$ l'hypothèse principale est acceptée et dans le cas contraire H_0 est rejetée avec un risque d'erreur établi à 5%.

- Test non paramétrique

Nous avons utilisé le test de Kolmogorov-Smirnov. Son application a été également réalisée grâce au logiciel *Statistica*. Il s'agit d'un test non paramétrique de conformité qui peut être utilisé pour comparer deux échantillons indépendants. Comme tout test non paramétrique, il ne dépend d'aucune condition d'application particulière. Il s'applique aux variables quantitatives continues et possède l'avantage d'être puissant. Ce test consiste à calculer les différences existant entre les distributions de fréquences relatives cumulées de deux échantillons et à vérifier si la plus grande des différences peut être le fruit de fluctuations fortuites d'échantillonnage. Si tel n'est pas le cas, l'écart peut provenir d'une différence de position des deux distributions, ou encore d'une différence de dispersion, d'asymétrie ou autre. Ce test s'avère donc très sensible pour détecter des différences entre deux distributions prises dans leur ensemble. Les hypothèses relatives sont formulées comme suit :

H_0 : $f_{rel.\ cum.}(x_{i1}) = f_{rel.\ cum.}(x_{i2})\ \forall\ x_i$, les deux distributions sont identiques.

H_1 : $f_{rel.\ cum.}(x_{i1}) \neq f_{rel.\ cum.}(x_{i2})$ pour au moins une valeur de x_i (Scherrer, 1984).

Statistica donne un niveau de probabilité p. Si $p > 0{,}05$ alors H_0 est acceptée. Dans le cas contraire, H_0 est rejetée au seuil de 5%.

B. Les données halieutiques de capture et d'effort

Les données halieutiques de capture et d'effort ont fait l'objet de sélections en fonction de la zone géographique concernée mais aussi en fonction des espèces de poissons étudiées. Nous avons ensuite appliqué les outils statistiques afin d'analyser les données fournies.

1. Les requêtes utilisées

Nous avons utilisé des requêtes pré-établies par la base de données halieutiques afin de sélectionner les lieux de débarquement et les espèces de poissons.

a. Description des modalités de pêche et des lieux de débarquement étudiés

La prédation des moules de pleine mer restant un problème local (elle touche en effet uniquement les lotissements conchylicoles de Sète-Marseillan et des Aresquiers), nous avons étudié les débarquements des poissons prédateurs dans les criées d'Agde et de Sète. La criée de Sète est la plus importante de tout le Golfe du Lion puisqu'elle recense 78 bateaux soit 50% de la flotte. Sans tenir compte des autres pratiques de pêche exercées en étang, notre étude s'est limitée aux navires des ports d'Agde et de Sète (chalutiers et petits métiers). La zone d'action des chalutiers s'étend sur l'ensemble du plateau continental de 10 à 150 m de profondeur et parfois jusqu'à 300 m. La durée d'un trait de chalut varie entre 2 et 3 h. Un chalutier fait habituellement 3 traits par marée à la vitesse de 3 nœuds pour une largeur balayée estimée à 15 m. La criée de Sète est presque exclusivement alimentée par des chalutiers ce qui limite les résultats à une seule aire de prospection. En effet, la flottille étudiée n'exploite qu'un seul secteur de pêche à savoir le Golfe du Lion. Elle regroupe les mises à terre du port de Sète, le dixième de France et le premier du littoral méditerranéen pour cette activité ce qui lui confère une représentativité importante. De plus, près de la moitié des débarquements de sparidés du Golfe du Lion est effectuée dans le quartier de Sète (Divanach, 1985).

b. Les espèces de poissons susceptibles d'intervenir dans le phénomène de prédation

Nous avons voulu étudier les débarquements des espèces prédatrices de lamellibranches donc de moules et potentiellement responsables des pertes. A ce jour, il n'existe aucune donnée scientifique permettant d'identifier les prédateurs. Néanmoins, selon divers témoignages recueillis auprès des mytiliculteurs, des chasseurs sous-marins et des pêcheurs, de forts soupçons pèsent sur la daurade royale(Annexe H).

- La daurade royale

Au plan zoogéographique, cette espèce euryhaline présente une large répartition. Elle est très commune en Méditerranée et s'étend en Atlantique des Iles Britanniques à

celles du Cap Vert (Fischer *et al.*, 1987). En Méditerranée française, elle est fortement représentée dans le Golfe du Lion, notamment dans les zones d'échanges mer-lagune et dans le secteur côtier influencé par les eaux du Rhône (Campillo, 1992). Au plan écologique, elle est essentiellement côtière jusqu'à 30 m de profondeur pour les juvéniles. Cependant, des adultes ont été capturés par 150 m de fond. Elle colonise tous les types de substrats qu'ils soient sableux, sablovaseux ou rocheux, ainsi que les herbiers à posidonies (Divanach, 1985). Son mode de vie évolue suivant un cycle annuel parfaitement en phase avec les changements climatiques caractéristiques de chaque saison. Jusqu'à l'age de 4 ans, la daurade royale pénètre très fréquemment après les premiers réchauffements printaniers dans les lagunes littorales dont elle sort à l'automne (Lasserre, 1974). Sédentaire et assez solitaire, elle vit seule ou en petits groupes. Les juvéniles forment néanmoins de grands rassemblements mais, comme chez beaucoup de grandes espèces, les bancs semblent se réduire à mesure de la croissance. Cette espèce est caractérisée par un hermaphrodisme protandrique c'est-à-dire elle est d'abord mâle puis femelle. La première maturation testiculaire a lieu à l'age de 2 ans et l'inversion sexuelle se réalise à partir de la troisième année. La reproduction se produit en Méditerranée de novembre à décembre au large (Quero et Vayne, 1997). La dentition avec grosses molaires et le tube digestif court sont ceux d'un carnivore se nourrissant de mollusques dont il broie la coquille dès 6 mois (Lasserre, com. pers.). Le régime alimentaire est assez varié (annélides polychètes, décapodes, poissons, algues) mais les lamellibranches en constituent 59% (Rosecchi, 1985). Au plan morphologique, l'espèce est assez grosse et peut atteindre une dizaine de kilos en région tempérée mais dépasse rarement les 11 ans. Sa croissance est relativement rapide surtout en zones lagunaires (Chauvet, 1979).

D'après les récents travaux de Buestel de l'IFREMER (installation de nasses sur filière), les pageots et les sars (Annexe H) interviendraient également dans le phénomène de prédation. Ils mangeraient les moules de petites tailles alors que les daurades royales s'attaqueraient aux plus grosses (Alléguède, 2001).

- Les pageots

Nous nous sommes intéressés à deux espèces de pageots qui sont : le pageot acarné *Pagellus acarne* (Risso, 1826) et le pageot commun *Pagellus erythrinus* (Linné, 1758). Ces deux espèces démersales constituent près de 99% des débarquements de pageots dans les criées du Golfe du Lion (le 1% restant représente les prises de pageot rose *Pagellus bogaraveo* (Brünnich, 1768). Le pageot acarné est connu dans tout le bassin méditerranéen, depuis la côte jusqu'aux fonds de 420 m. Dans le Golfe du Lion, il s'observe sur tout le plateau et jusqu'à près de 500 m. C'est également une espèce hermaphrodite protandrique. Sa reproduction a lieu de juillet à octobre. La maturité sexuelle serait atteinte à 2 ans. Le pageot commun, ou pageot érythrin, fréquente des fonds variés depuis la côte jusqu'à 320 m de profondeur. Dans le golfe du Lion, la période de reproduction de cette espèce protérogyne s'étale de mai à août. L'inversion sexuelle interviendrait entre la troisième et la quatrième année. Les aires de ponte se situerait en dehors des zones exploitées par les chalutiers (Campillo, 1992). A partir de 30-35 m de profondeur, les jeunes comme les adultes forment des bancs qui se déplacent au dessus de fonds sablonneux ou rocheux, puis sur le sédiment. Ils y prélèvent leur nourriture parmi la faune benthique (vers, petits crustacés, mollusques...). Comme chez beaucoup d'autres espèces, les jeunes peuvent former de vastes bancs alors que les adultes ont tendance à devenir solitaires en fin de croissance.

- Les sars

La nomenclature utilisée en criée définit théoriquement pour chaque espèce un nom français précis. Si l'appellation "daurade" correspond à l'espèce *Sparus aurata*, le mot "sar" recouvre 4 espèces : *Diplodus vulgaris* (Geoffroy St. Hilaire, 1817) et *Diplodus sargus* (Linné, 1758) majoritaires, *Diplodus cervinus* (Lowe, 1838) et *Diplodus puntazzo* (Cetti, 1777) plus rares (Barnabé et Billard, 1984). De plus, ces espèces de valeur marchande voisine sont parfois mélangées à d'autres lorsqu'elles sont débarquées en quantité insuffisante sous la codification de "bouillabaisse" ou "soupe". Une étude précise des débarquements de chaque espèce est donc délicate. Nous nous contenterons d'axer notre étude à *D. vulgaris* ou sar commun, seule espèce de sar dont les quantités débarquées sont fournies par le RIC. *D. vulgaris* est très commun en Méditerranée. Il a un habitat côtier mais peut être trouvé jusqu'à 90 m de profondeur. Il se tient de préférence dans les endroits rocheux ou à proximité de ceux-ci, sur du sable (Campillo, 1992). On peut le trouver dans les grandes lagunes littorales mais il n'entre guère dans les lagunes plus petites et les étangs salés sauf quelques juvéniles isolés. La croissance est relativement lente et l'espèce dépasse rarement 500 g. La ponte a lieu en période automnale, exceptionnellement en janvier ou avril. Il est considéré comme hermaphrodite rudimentaire mais des individus bisexués ont été constatés. La denture à incisives plates et grosses molaires et le tube digestif court sont ceux d'un mésocarnivore se nourrissant d'annélides, de mollusques, de crustacés et de végétaux (Divanach, 1985).

2. <u>L'analyse statistique</u>

L'analyse statistique a porté sur les débarquements et les efforts de pêche exercés sur les poissons prédateurs de moules dans les criées d'Agde et de Sète afin d'étudier les variations saisonnières et annuelles. Nous avons obtenu les quantités débarquées par mois en lançant la requête "Production selon Espèce Criée / Mois". Les pourcentages mensuels de capture par année ont alors été calculés et ont permis d'obtenir les pourcentages mensuels moyens de 1994 à 1999. La requête "Production selon Espèce Criée / An" a fourni les mises à terre annuelles.

Les pêcheurs méditerranéens n'ont pas comme en Atlantique pris l'habitude de remplir des journaux de bord permettant de situer les distributions spatio-temporelles des captures et d'obtenir les efforts de pêche. Cependant, la flottille étudiée n'exploite qu'un seul secteur de pêche formant un écosystème bien délimité, le Golfe du Lion. D'autre part, la durée d'une marée est constante, elle dure un jour. Ainsi, les seuls bordereaux de vente des navires auprès des criées permettent de mesurer l'effort de pêche : en effet, un bordereau de vente équivaut à un jour de pêche réalisé dans le Golfe du Lion (Pérodou, 1999). Nous avons obtenu ce paramètre en appliquant les requêtes "Effort de pêche / Espèce / Criée / Mois" et "Effort de pêche / Espèce / Criée / An". Les calculs des moyennes de jours de pêche par mois et par an ont complété les données sur les débarquements précédemment citées.

IV. RESULTATS

A. L'observation des bancs de poissons

Les campagnes de prospection acoustique réalisées en 2000 et 2001 ont permis une prospection du lotissement de Sète-Marseillan pendant 12 h 41 mn 06 s sur les 16 h de campagne (Tab. I). Nous avons observé 61 bancs de poissons au cours de la mission Dorade (août 2000), 73 au cours de Daudo1 (avril 2001) et 6 au cours de Daudo2 (mai 2001). Au total, ce sont 140 bancs qui ont été détectés au sonar multifaisceaux dont 37 sur filière et 103 hors filière. Il est important de signaler qu'aucun banc n'a été détecté au cours de la prospection de nuit réalisée durant la campagne Dorade mais un grand nombre de poissons nageant isolés (Annexe I).

Tableau I : Informations sur l'observation des bancs de poissons au cours des campagnes acoustiques (Heure en GMT : local + 2h).

	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
H début de campagne	07:16:30	07:05:00	11:13:30	08:02:15	11:30:35	
H fin de campagne	10:52:00	09:27:50	13:24:00	14:44:50	12:44:00	
Durée de campagne	03:35:30	02:22:50	02:10:30	06:42:35	01:13:25	16:04:50
Durée de prospection	03:35:30	01:41:25	02:10:30	04:13:33	01:00:08	12:41:06
Nombre de bancs	42	19	26	47	6	140
bancs sur filière	11	7	3	16	0	37
bancs hors filière	31	12	23	31	6	103
Intervalle inter-banc moy	00:05:08	00:05:20	00:05:01	00:05:24	00:10:01	00:05:26

Les intervalles inter-bancs moyens sont quasi-identiques pour les campagnes Dorade et Daudo1 et oscillent entre 05 mn et 05 mn 24 s. Par contre, il est égal au double pour la mission Daudo2.

Les plongées réalisées durant la campagne Dorade ont permis d'identifier quelques bancs de poissons. Il s'agit de bancs de bogues *Boops boops* (Linné, 1758), de chinchards *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) et de sardines *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792). Au cours de la mission Daudo1, des plongées ont été effectuées sur trois sites où des détections de bancs de poissons avaient été signalées au sonar mais la turbidité de l'eau n'a pas pu donner lieu à des reconnaissances spécifiques. Les mauvaises conditions météorologiques rencontrées durant la campagne Daudo2 n'ont pas permis d'effectuer de plongée sur zone.

Les analyses intra et inter-campagnes sur les variables morphologiques et les variables de position ont fait appel à des tests statistiques dont les résultats sont fournis en Annexe J.

1. Les variables morphologiques des bancs de poissons observés

a. La largeur

Les informations sur la largeur des bancs observés au cours des jours de chaque campagne sont présentées dans le Tableau II.

Tableau II : Statistiques descriptives des largeurs de bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
Moyenne (m)	4,6	7	7,1	4,6	4,6	5,4
Médiane (m)	4,1	5,6	6,6	4	4,6	4,6
Écart-type	2,39	5,01	4,48	2,44	1,42	3,43
Variance de l'échantillon	5,22	25,11	20,03	5,95	2,02	11,76
Kurtosis	2,68	0,96	7,54	2,03	0,22	7,57
Coefficient d'asymétrie	1,44	1,29	2,11	1,50	-0,54	2,23
Plage (m)	11	17,6	22,9	11,5	4	23,1
Minimum (m)	1,6	2,2	1,1	0,9	2,4	0,9
Maximum (m)	12,6	19,8	24	12,4	6,4	24
Nombre d'échantillons	42	19	26	47	6	140

- Analyse intra-campagne

Pour la campagne réalisée au cours de l'année 2000 (Dorade), la largeur moyenne des bancs est différente entre le premier et le deuxième jour de prospection. En effet, elle va de 4,6 m pour J1 à 7 m pour J2. La médiane, qui se trouve au centre de l'ensemble des nombres, est plus élevée pour J2 (5,6 m) que pour J1 (4,1 m). On retrouve également des valeurs plus élevées pour l'écart type et la variance. Le Kurtosis est positif dans les deux cas, ce qui caractérise une distribution assez pointue. L'étendue, ou plage, de la distribution des largeurs va de 11 m pour J1 à 17,6 m pour J2. C'est donc durant le deuxième jour de campagne que nous avons observé le banc le plus large (il s'agit du banc n° 6 présenté en Annexe K). Le coefficient d'asymétrie est positif pour les deux journées, ce qui indique une distribution unilatérale légèrement décalée vers les valeurs les plus élevées. Le test de Levene est statistiquement significatif puisque $p < 0,05$. L'hypothèse H_0 d'homogénéité des variances est donc rejetée et les conditions d'application de l'ANOVA ne sont pas respectées. Nous avons donc appliqué le test de Kolmogorov-Smirnov qui donne un niveau $p > 0,05$. H_0 est donc acceptée : la différence de largeurs des bancs observée entre les deux jours de la mission Dorade ne peut donc être considérée comme significative.

Pour la campagne Daudo1, c'est durant le premier jour que la largeur moyenne des bancs est la plus importante. C'est d'ailleurs la plus élevée de tous les jours d'observation (7,1 m). La médiane est très différente d'un jour à l'autre : elle est égale à 6,6 m pour J1 et à 4 m pour J2. Ces valeurs représentent respectivement le maximum et le minimum de l'ensemble des jours de campagne. Ce n'est pas le cas pour les écarts types (4,48 et 2,44) et les variances (20,03 et 5,95). Le Kurtosis indique dans les deux cas une distribution assez pointue surtout pour J1 (7,54). Le coefficient d'asymétrie est positif pour J1 et J2 avec une valeur plus élevée pour J1. La plage est également plus importante pour la première journée (22,9 m). Si les largeurs minimales sont à peu près égales, il n'en va pas de même pour les maximales : c'est en effet au cours de J1 que l'on a observé le banc le plus large avec 24 m (Annexe K, banc n° 19). La valeur du test de Levene est inférieur à la valeur critique à 0,05 et l'hypothèse principale d'homogénéité des variances est donc rejetée au seuil de 5%. Le test de Kolmogorov-Smirnov confirme la différence des largeurs des bancs observés durant les deux jours de la campagne Daudo1 puisque p est inférieur à 0,05.

Pour la campagne Daudo2, arrêtée en raison du mauvais temps et limitée à une seule journée, les bancs présentent une largeur moyenne de 4,6 m. C'est également la valeur de la médiane. L'écart type est de 1,42 et la variance de 2,02. Le Kurtosis (0,22) et le coefficient d'asymétrie (-0,54) sont proches de 0. L'étendue de la distribution est de 4 m avec une largeur minimale de 2,4 m et une largeur maximale de 6,4 m.

- Analyse inter-campagne (2000-2001)

Le test de Levene appliqué aux largeurs des bancs observés au cours des années 2000 et 2001 (Dorade et Daudo1) donne un niveau de probabilité largement supérieur au seuil 0,05. L'hypothèse d'homogénéité des variances est donc acceptée. L'analyse de variance qui en découle fournit également un niveau de probabilité supérieur à 0,05. L'hypothèse principale de l'égalité des moyennes est donc acceptée : les largeurs des bancs observés en 2000 et 2001 sont similaires.

b. La hauteur

Les hauteurs des bancs observés au cours des jours de prospection sont décrites dans le Tableau III.

Tableau III : Statistiques descriptives des hauteurs de bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
Moyenne (m)	1,8	3,3	3,9	3,3	2,3	2,9
Médiane (m)	1,1	2,7	3,6	2,9	2,2	2,6
Écart-type	1,40	2,63	1,94	1,93	1,16	2,03
Variance de l'échantillon	1,97	6,93	3,76	3,71	1,35	4,12
Kurtosis	3,53	6,68	-0,85	6,83	1,17	4,28
Coefficient d'asymétrie	1,92	2,27	0,37	2,07	0,59	1,66
Plage (m)	6	11,5	6,9	11	3,5	11,8
Minimum (m)	0,4	0,7	0,7	0,6	0,7	0,4
Maximum (m)	6,4	12,2	7,6	11,6	4,2	12,2
Nombre d'échantillons	42	19	26	47	6	140

- Analyse intra-campagne

La campagne Dorade présente des hauteurs moyennes qui diffèrent d'un jour à l'autre (1,8 m pour J1 et 3,3 m pour J2). La médiane est située à 1,1 m pour le premier jour et est plus élevée pour le second (2,7 m). L'écart type et la variance sont respectivement égaux à 1,40 et 1,97 pour J1 et 2,63 et 6,93 pour J2. Les Kurtosis sont relativement élevés ce qui témoigne d'une distribution assez pointue pour les deux journées. Les coefficients d'asymétrie sont positifs dans les deux cas. La plage reste faible (6 m) pour J1 alors que 42 bancs ont été observés. Celle de J2 est quasiment égale au double (11,5 m) pour un nombre de banc presque réduit de moitié. Notons que c'est durant J2 que l'on a observé la hauteur maximale de 12,2 m (Annexe K, banc n° 16). Le niveau de probabilité fourni par le test de Levene ($p = 0,0368$) nous mène à rejeter l'hypothèse principale d'homogénéité au seuil de 5%. Le test de Kolmogorov-Smirnov de comparaison des hauteurs est significatif au seuil 5%, les hauteurs moyennes de J1 et J2 ne sont donc pas identiques.

Les bancs observés au cours de la campagne Daudo1 présentent des hauteurs moyennes assez voisines (3,9 m le premier jour et 3,3 m le deuxième). La médiane diffère légèrement (3,6 m et 2,9 m). Les valeurs de l'écart type et de la variance sont relativement proches (1,94 et 3,76 pour J1 et 1,93 et 3,71 pour J2). Les Kurtosis sont complètement différents : négatif dans un cas (J1), positif dans l'autre (J2). L'asymétrie est plus marquée pour J2 (2,07) que pour J1 (0,37) qui présente une plage moins importante. Le test de Levene permet d'accepter H_0 ($p > 0,05$) et d'appliquer l'analyse de variance. L'ANOVA donne un niveau de probabilité supérieur à 0,05. La hauteur des bancs ne varie donc pas entre les deux jours de la campagne Daudo1.

Les bancs observés au cours de la campagne Daudo2 sont caractérisés par une hauteur moyenne de 2,3 m et une médiane de 2,2 m. L'écart type est égal à 1,16 et la variance à 1,35. Le Kurtosis est de 1,17 et le coefficient d'asymétrie de 0,59. L'étendue de la distribution des hauteurs est faible (3,5 m) et limitée par le nombre d'effectifs (6 bancs).

- Analyse inter-campagne (2000-2001)

Le niveau de probabilité issu du test de Levene est largement supérieur à 0,05. L'hypothèse d'homogénéité des variances est donc acceptée. Les résultats de l'ANOVA ($p = 0,0002$) montrent que les hauteurs des bancs observés au cours de l'année 2000 et 2001 ne sont pas identiques. Les bancs en 2001 sont en général plus hauts qu'en 2000.

c. La longueur

Les informations sur les longueurs des bancs observés au cours des jours de prospection sont présentées dans le Tableau IV.

Tableau IV : Statistiques descriptives des longueurs de bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
Moyenne (m)	6,6	13,4	12	7,7	7,2	8,9
Médiane (m)	6,2	10,3	9,3	6,2	4,6	6,7
Écart-type	3,87	13,76	10,13	4,75	5,82	7,93
Variance de l'échantillon	14,98	189,43	102,71	22,59	33,88	62,95
Kurtosis	3,83	6,68	3,57	3,13	-0,67	14,41
Coefficient d'asymétrie	1,64	2,34	1,83	1,48	1,04	3,16
Plage (m)	18,5	57,6	43,2	23,8	14,4	57,6
Minimum (m)	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Maximum (m)	20,6	59,7	45,3	25,7	16,5	59,7
Nombre d'échantillons	42	19	26	47	6	140

- Analyse intra-campagne

Les longueurs des bancs observés au cours des deux jours de la mission Dorade varient puisque la moyenne double de J1 à J2. J1 présente un écart type de 3,87 et une variance de 14,98 et J2 de 13,76 et de 189,43. Les coefficients de Kurtosis et d'asymétrie sont tous deux positifs pour les deux journées avec des valeurs supérieures pour J2. Si les longueurs minimales sont identiques, les longueurs maximales ne le sont pas avec la présence le second jour d'un banc de 59,7 m de long. Le test de Levene nous conduit à

poursuivre l'analyse vers un test non paramétrique. Ce dernier montre que les longueurs des bancs des deux jours de la campagne Dorade ne sont pas égales puisque $p < 0,05$.

Les bancs détectés durant le premier jour de la campagne Daudo1 ont une longueur moyenne de 12 m, ceux du deuxième jour de 7,7 m. Les valeurs de la médiane, l'écart type et la variance restent supérieures pour J1. Les coefficients de Kurtosis et d'asymétrie sont tout de même assez proches. La plage est deux fois plus importante pour J1 que pour J2. Le test de Levene rejette l'hypothèse nulle de l'homogénéité des variances. Le test de Kolmogorov-Smirnov fournit néanmoins un niveau $p > 0,05$. Les longueurs des bancs sont donc égales au cours de deux journées de la mission Daudo1.

Les bancs de la campagne Daudo2 ont une longueur moyenne de 7,2 m. La médiane se situe à 4,6 m. L'écart type est égal à 5,82 et la variance à 33,88. Le Kurtosis est négatif et le coefficient d'asymétrie est tout juste égal à 1. L'étendue de la distribution reste peu élevée (14,4 m).

- Analyse inter-campagne (2000-2001)

Le test de Levene donne une probabilité largement supérieure à 0,05. H_0 est donc acceptée : les variances sont homogènes. L'analyse de variance fournit une probabilité $p = 0,69$. Les longueurs des bancs rencontrés au cours des années 2000 et 2001 sont donc identiques.

d. La surface relative

Les informations sur la surface relative des bancs observés au cours des jours de prospection sont décrites dans le Tableau V.

Tableau V : Statistiques descriptives des surfaces relatives de bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
Moyenne (m²)	9,7	29	29,8	17,1	11,5	18,6
Médiane (m²)	5,2	15,4	25	10,9	10,1	10,5
Écart-type	12,18	35,03	30,32	16,67	8,16	22,97
Variance de l'échantillon	148,36	1227,02	919,58	278,02	66,51	527,62
Kurtosis	9,69	5	12,60	2,43	3,48	14,15
Coefficient d'asymétrie	2,81	2,13	3,14	1,79	1,39	3,20
Plage (m²)	64	137,9	156,3	67,6	24,9	156,3
Minimum (m²)	0,8	1,6	0,8	2,2	1,7	0,8
Maximum (m²)	64,8	139,5	157,1	69,8	26,6	157,1
Nombre d'échantillons	42	19	26	47	6	140

- Analyse intra-campagne

Les bancs observés au cours de la campagne Dorade présentent des surfaces relatives moyennes très différentes entre J1 et J2 (9,7 m² pour J1 et 29 m² pour J2). Les médianes se situent respectivement à 5,2 m² et à 15,4 m². Les écart types et les variances sont égaux à 12,18 et 148,36 pour J1 et à 35,03 et 1227,02 pour J2. Le Kurtosis est plus élevé pour J1 que pour J2. Les coefficients d'asymétrie sont positifs dans les deux cas et sont d'ailleurs assez

proches. Les étendues diffèrent par contre énormément puisque elle est égale à 64 m² pour J1 et à 137,9 m² pour J2. Notons la présence d'un banc ayant une surface relative assez conséquente (139,5 m²) observé durant le deuxième jour de campagne (Annexe K, banc n° 16). La probabilité donnée par le test de Levene permet de rejeter l'hypothèse d'homogénéité des variances au seuil de 5%. Le test de Kolmogorov-Smirnov fournit un niveau p inférieur à 0,05. Les surfaces relatives des bancs observés durant J1 diffèrent donc de celles des bancs observés durant J2. Rappelons qu'entre les deux jours les hauteurs étaient déjà significativement différentes.

Les bancs détectés au cours de la campagne Daudo1 présentent des surfaces relatives moyennes de 29,8 m² pour le premier jour et de 17,1 m² pour le jour suivant. Les médianes sont respectivement égales à 25 m² et 10,9 m². Les surfaces relatives des bancs J1 présentent un écart type de 30,32 et une variance de 919,58 et celles des bancs J2 de 16,67 et de 278,02. Le Kurtosis est élevé pour J1 (12,6) et plus faible pour J2 (2,43). Dans une moindre proportion, on retrouve cette supériorité de J1 sur J2 pour les coefficients d'asymétrie (3,14 et 1,79). La plage de la distribution des valeurs est très importante pour J1 puisqu'on a une surface relative minimale inférieure au m² et une surface relative maximale de plus de 150 m² (Annexe K, banc n°19). Selon les résultats du test de Levene, les variances sont homogènes et d'après les résultats de l'ANOVA, les bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Daudo1 présentent des surfaces relatives différentes au seuil de 5% ($p = 0,0233$). Rappelons que déjà les largeurs des bancs étaient significativement différentes entre les deux jours, celle de J1 étant en moyenne plus larges.

Les bancs de Daudo2 sont caractérisés par une surface relative moyenne de 11,5 m². La médiane est égale à 10,1 m². Les valeurs de l'écart type et de la variance sont de 8,16 et 66,51. Le Kurtosis et le coefficient d'asymétrie sont de 3,48 et 1,39. L'étendue de la distribution s'élève à 24,9 m².

- Analyse inter-campagne

Le niveau de probabilité fourni par le test de Levene est supérieur à 0,05. H_0 est donc acceptée : les variances sont homogènes. L'analyse de variance donne une probabilité de 0,145 ce qui est supérieur au seuil requis de 5%. Les bancs observés durant les campagnes de prospection 2000 et 2001 présentent donc des surfaces relatives qui ne sont pas différentes statistiquement : les différences intra-campagne des largeurs (Daudo1) et des hauteurs (Dorade) se complètent en quelques sortes.

e. Le volume relatif

Les volumes relatifs des bancs détectés au cours de chaque jour de campagne sont décrits dans le Tableau VI.

- Analyse intra-campagne

La mission Dorade présente des volumes relatifs moyens qui diffèrent entre le premier jour (70 m^3) et le second durant lequel la valeur moyenne est très élevée (548,1 m^3). Il en va de même pour la médiane égale à 29,8 m^3 et 174 m^3. L'écart type et la variance sont égaux à 106,28 et 802,87 pour J1 et à 11 296,28 et 644 608,16 pour J2. Le Kurtosis et le coefficient d'asymétrie apparaissent néanmoins plus élevés pour J1. L'étendue de la distribution est plus importante pour J2 avec un banc dont le volume atteint les 3000 m^3

(Annexe K, banc n° 4). L'indice volumique varie énormément d'un jour à l'autre puisqu'il augmente de plus de 5 fois le second jour. Le test de Levene révèle une hétérogénéité des variances avec un p largement inférieur à 0,05. D'après les résultats du test de Kolmogorov-Smirnov, les volumes relatifs des bancs observés durant la mission Dorade ne sont pas identiques, ils sont plus "gros" le second jour.

Tableau VI : Statistiques descriptives des volumes relatifs de bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
Moyenne (m^3)	70	548,1	408,4	165,2	102,6	231,1
Médiane (m^3)	29,8	174	160,7	74,3	46,5	71,3
Écart-type	106,28	802,87	482,70	271,86	122,38	428,19
Variance de l'échantillon	11296,28	644608,16	232997,75	73909,10	14977,22	183344,37
Kurtosis	9,33	4,02	1,42	14,01	2,35	15
Coefficient d'asymétrie	2,90	1,97	1,51	3,49	1,64	3,47
Plage (m^3)	530,8	3015	1728,4	1517,3	325,1	3016,67
Minimum (m^3)	2,5	3,3	1,6	6,5	3,5	1,63
Maximum (m^3)	533,3	3018,3	1730	1523,8	328,6	3018,3
Somme (m^3)	2938,2	10412,9	10617	7766,1	615,5	32349,7
Indice volumique ($m^3.h^{-1}$)	818,06	4374,15	4881,38	1157,44	503,02	2550,24
Nombre d'échantillons	42	19	26	47	6	140

Pour la campagne Daudo1, les bancs ont des volumes relatifs qui sont plus élevés pour J1 avec une moyenne de 408,4 m^3 alors que celle de J2 est de 165,2 m^3 ce qui se traduit par une médiane 160,7 m^3 pour J1 et de 74,3 m^3 pour J2. L'écart type et la variance sont égaux à 482,7 et à 232 997,75 pour le premier jour et à 271,86 et à 73 909,1 pour le second. Alors que le Kurtosis reste faible pour J1, il devient élevé pour J2 en atteignant la valeur de 14,01 ce qui traduit une distribution pointue. Le coefficient d'asymétrie est égal à 1,51 pou J1 et à 3,49 pour J2. Les plages restent voisines avec tout de même un volume relatif minimum 4 fois plus important pour J2. Inversement, l'indice volumique est 4 fois plus élevé pour J1. Les variances ne sont pas homogènes puisque $p < 0,05$. Et, d'après le test de Kolmogorov-Smirnov, les volumes relatifs ne sont pas identiques entre les deux jours de la campagne Daudo1, ils sont plus volumineux le premier jour.

La mission Daudo2 présente des bancs dont le volume relatif moyen est de 102,6 m^3. La médiane se situe à 46,5 m^3. L'écart type est de 122,38 et la variance de 14 977,22. Les coefficient de Kurtosis et d'asymétrie présentent des valeurs positives. La plage reste assez faible avec un volume relatif maximum établi à 328,6 m^3. L'indice volumique apparaît comme le plus faible de tous les jours de prospection.

- Analyse inter-campagne (2000-2001)

Le test de Levene montre que les variances des volumes relatifs des bancs sont homogènes. L'ANOVA donne une probabilité égale à 0,6649. Les volumes relatifs des bancs sont donc identiques entre les campagnes 2000 et 2001. Les différences constatées entre les jours d'une même campagne n'apparaissent plus au niveau des campagnes.

2. Les variables de position des bancs de poissons observés

a. La bathymétrie

Les bancs de la campagne Dorade ont été détectés à des bathymétries présentées par la Figure 10. Le premier jour, ils ont été observés sur des fonds de 19 à 33 m avec une fréquence maximale entre 32 et 33 m donc vers le large. Le deuxième jour, les bancs ont été observés entre 23 et 29 m soit plus près de la côte.

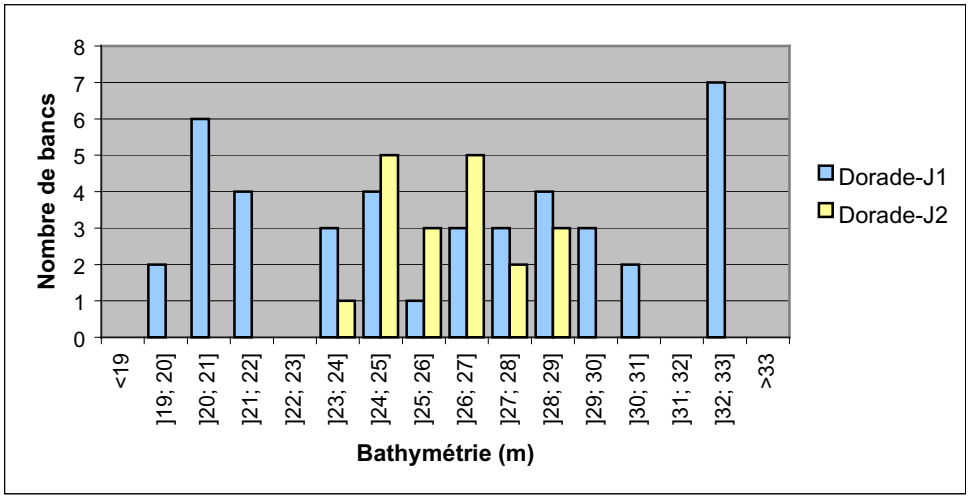


Figure 10 : Histogramme des bathymétries des bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Dorade.

Au cours de Daudo1, le premier jour de campagne a permis de repérer des bancs entre 22 et 31 m de profondeur tandis que pour le deuxième jour, les bancs ont été observés entre 20 et 33 m (Fig. 11). Notons que durant J2 aucun banc n'a été signalé à 26-27 m de bathymétrie.

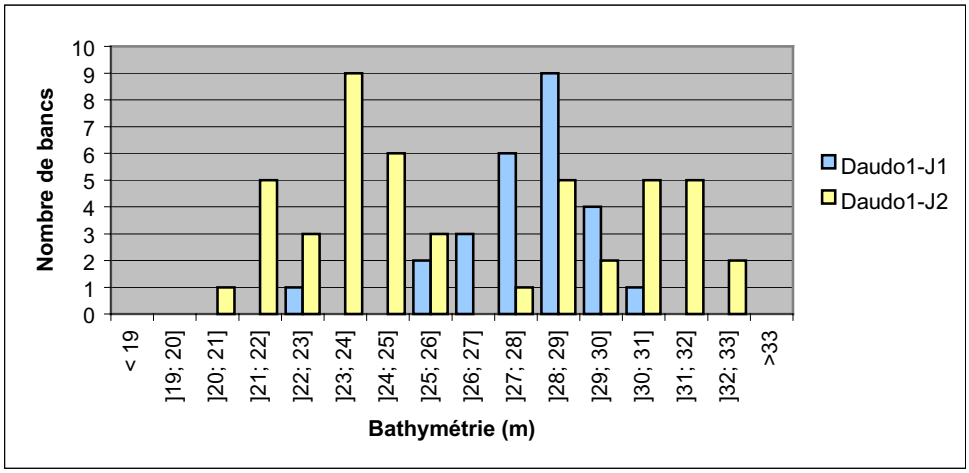


Figure 11 : Histogramme des bathymétries des bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Daudo1.

Durant la mission Daudo2, les quelques bancs qui ont été repérés l'ont été à des bathymétries situées entre 20 et 21 m mais surtout entre 28 et 31 m (Fig. 12).

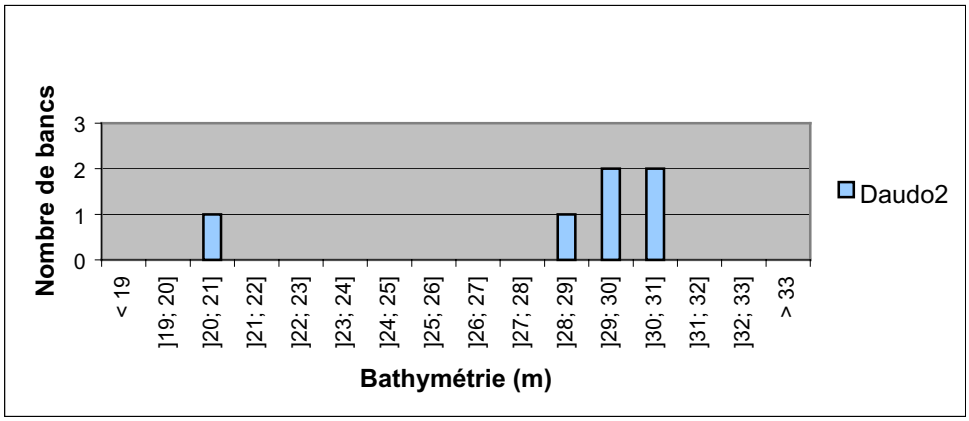


Figure 12 : Histogramme des bathymétries des bancs observés au cours de la campagne Daudo2.

b. L'altitude

- Analyse intra-campagne

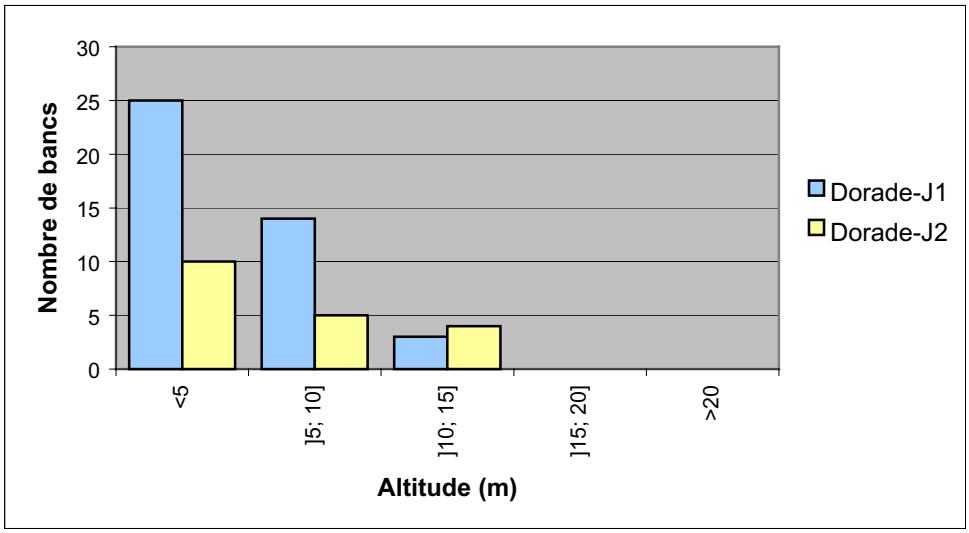


Figure 13 : Histogramme des altitudes des bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Dorade.

Plus de la moitié des bancs observés au cours du premier jour de la campagne Dorade sont à moins de 5 m du fond (Fig. 13). Ils constituent ainsi la classe modale tout comme pour les bancs détectés durant J2. Pour les deux journées, il n'y a pas eu de banc au dessus de 15 m du fond. La distribution des altitudes est étalée à droite dans les deux cas. Le test de Levene révèle une homogénéité des variances. L'ANOVA donne une probabilité supérieure à 0,05. Les altitudes des bancs observés durant les deux jours de la mission Dorade sont donc identiques et suggèrent une forte liaison avec le fond.

Au cours de la campagne Daudo1, les altitudes des bancs de J1 présentent une classe modale située entre 5 et 10 m au dessus du fond. Ce qui n'est pas le cas pour les altitudes des bancs J2 fortement représentés par la classe < 5 m (Fig. 14). Le test de Levene révèle une hétérogénéité des variances. D'après le test de Kolmogorov-Smirnov, les altitudes des bancs observés au cours de la mission Daudo1 ne sont pas différentes. Ici encore, 56% des bancs sont à moins de 5 m du fond.

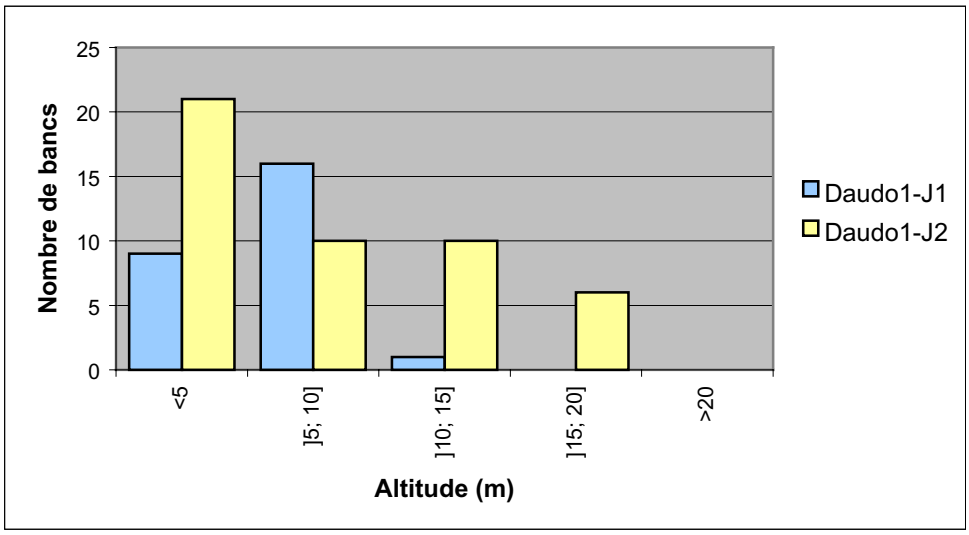


Figure 14 : Histogramme des altitudes des bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Daudo1.

Au cours de la campagne Daudo2, les quelques bancs qui ont été détectés l'ont été en majorité entre 20 et 25 m du fond, une position nettement différente des autres jours (Fig. 15).

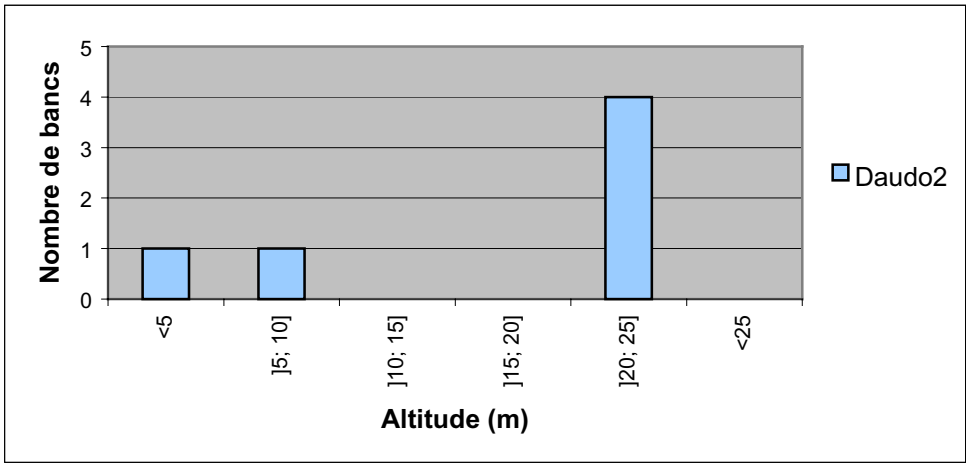


Figure 15 : Histogramme des altitudes des bancs observés au cours de la campagne Daudo2.

- Analyse inter-campagne (2000-2001)

Les résultats du test de Levene montre une homogénéité des variances puisque $p > 0,05$. L'ANOVA permet de conclure qu'il existe une différence significative entre les altitudes des bancs détectés en 2000 et 2001.

c. <u>La distance au navire</u>

Les bancs observés au cours de la campagne Dorade forment pour chaque journée une distribution unimodale (Fig. 16). Notons qu'aucun banc n'est présent à moins de 10 m et à plus de 35 m du bateau. D'après le test de Levene, les variances des deux échantillons

sont homogènes. Les distances au navire ne sont pas différentes entre J1 et J2 puisque l'ANOVA donne un p > 0,05.

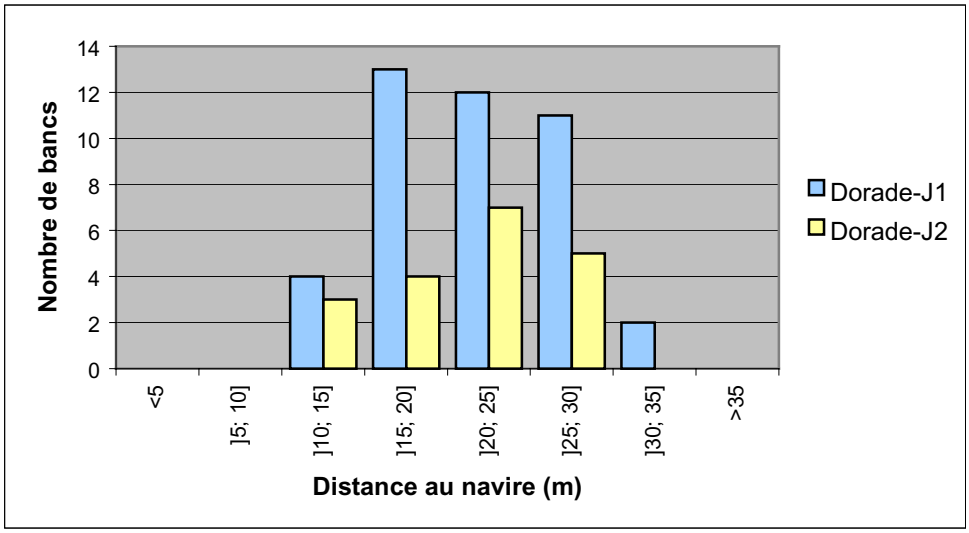


Figure 16 : Histogramme des distances au navire des bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Dorade.

Les distributions des distances au navire des bancs détectés au cours des deux jours de la campagne Daudo1 sont de type bimodal avec une première classe modale à 25-30 m pour J1 et à 20-25 m pour J2. Le second mode est à 45-50 m pour les deux jours. Aucun banc n'est présent à moins de 10 m du bateau et les effectifs au delà de 50 m paraissent faibles (Fig. 17). Le test de Levene révèle une homogénéité des variances. L'ANOVA donne une probabilité de 0,10. Les distances des bancs au navire sont donc identiques entre J1 et J2 de la mission Daudo1.

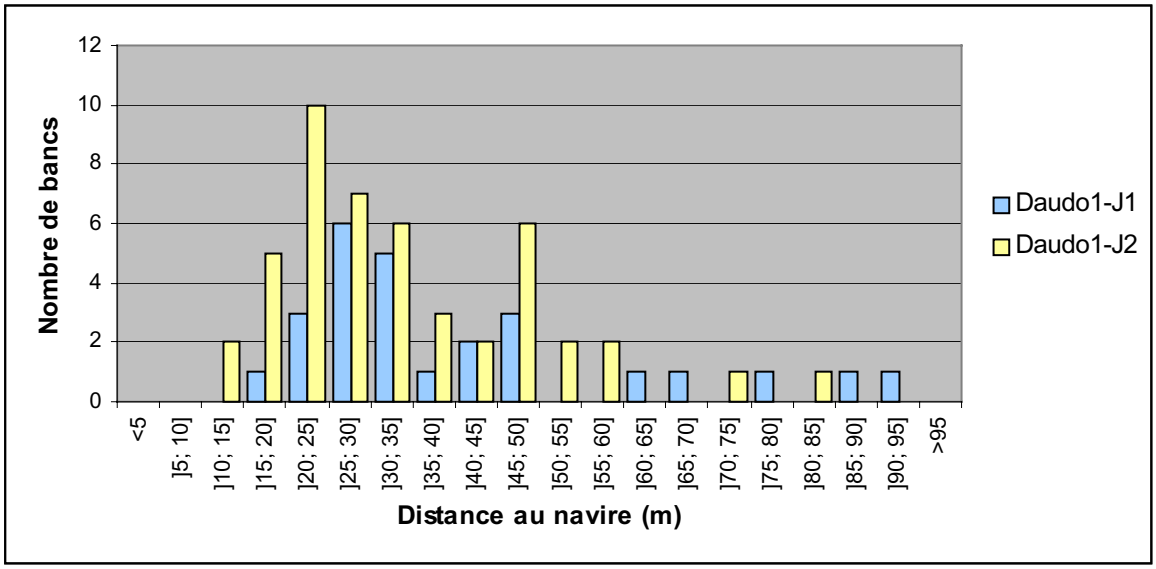


Figure 17 : Histogramme des distances au navire des bancs observés au cours des deux jours de prospection de la campagne Daudo1.

Au cours de la campagne Daudo2, le banc le plus proche a été détecté entre 5 et 10 m du navire (Fig. 18).

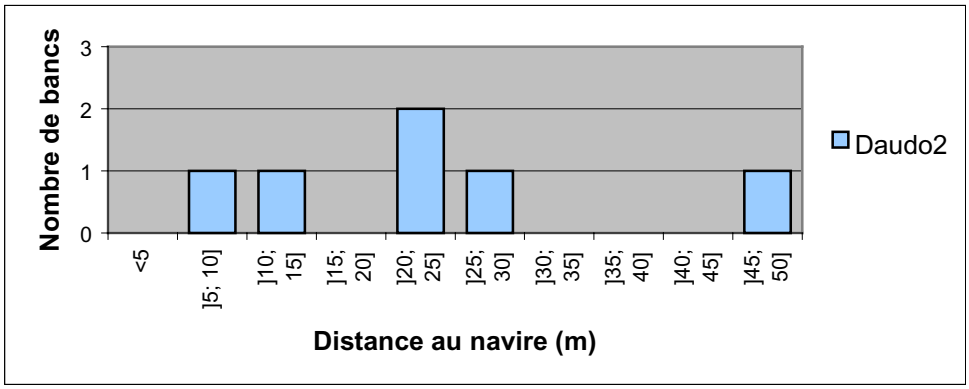


Figure 18 : Histogramme des distances au navire des bancs observés au cours de la campagne Daudo2.

d. <u>La distance à la filière</u>

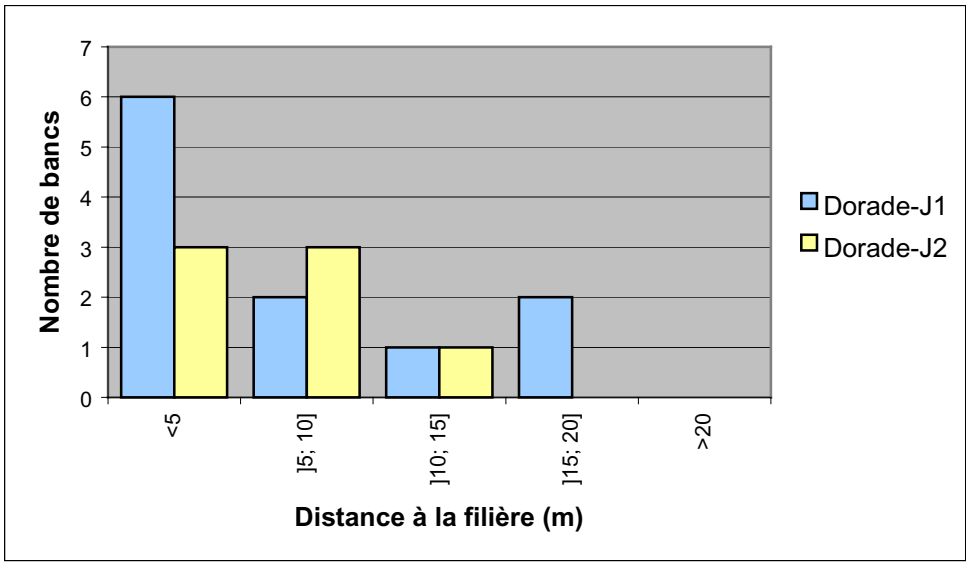


Figure 19 : Histogramme des distances à la filière des bancs observés au cours des deux jours de la campagne Dorade.

Durant le premier jour de la campagne Dorade, 8 bancs ont été détectés à moins de 10 m de la filière soit 19% du nombre total de bancs observés au cours de cette journée. De même, 6 bancs ont été repérés dans le même intervalle durant J2 soit environ 35% (Fig. 19).

Au cours de Daudo1, 4% des bancs étaient à moins de 10 m de la filière lors du premier jour de campagne alors qu'ils représentaient 13% durant le second jour (Fig. 20).

Rappelons qu'aucun banc n'a été détecté sur filière au cours de la campagne Daudo2.

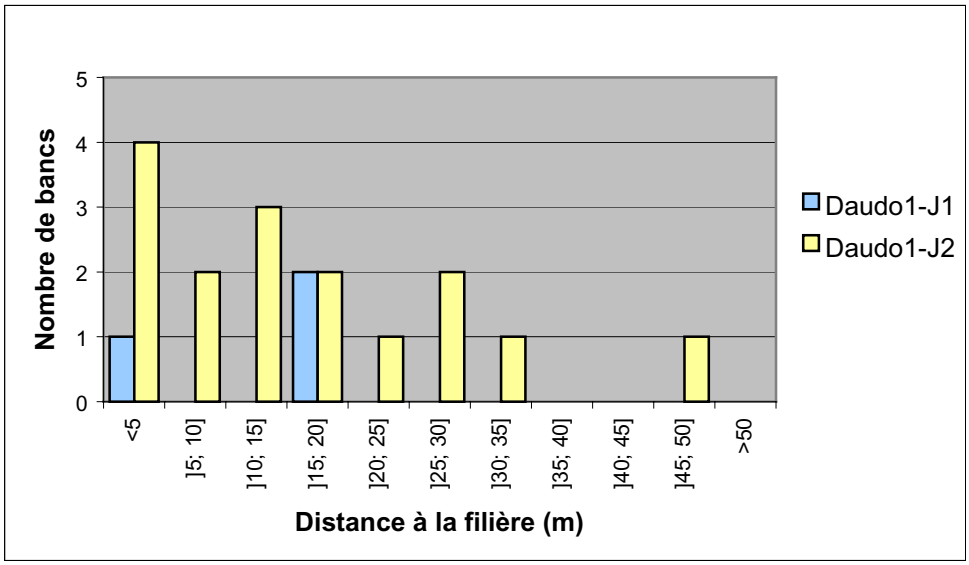


Figure 20 : Histogramme des distances à la filière des bancs observés au cours des deux jours de la campagne Daudo1.

B. L'observation des filières à moules

L'objectif principal des campagnes d'observation acoustique Dorade (2000), Daudo1 et Daudo2 (2001) était la détection des bancs de poissons prédateurs de moules sur les filières et aux alentours immédiats de celle-ci. Durant les prospections, le sonar a balayé toute la colonne d'eau de la surface au fond. Outre les échos des bancs de poissons (et des cibles isolées), les filières à moules ont été détectées. Au cours des 16 h 04 mn et 50 s de prospection sur le lotissement conchylicole, 115 filières ont été observées (Tab. VII).

Tableau VII : Informations sur l'observation des filières à moules au cours des campagnes acoustiques.

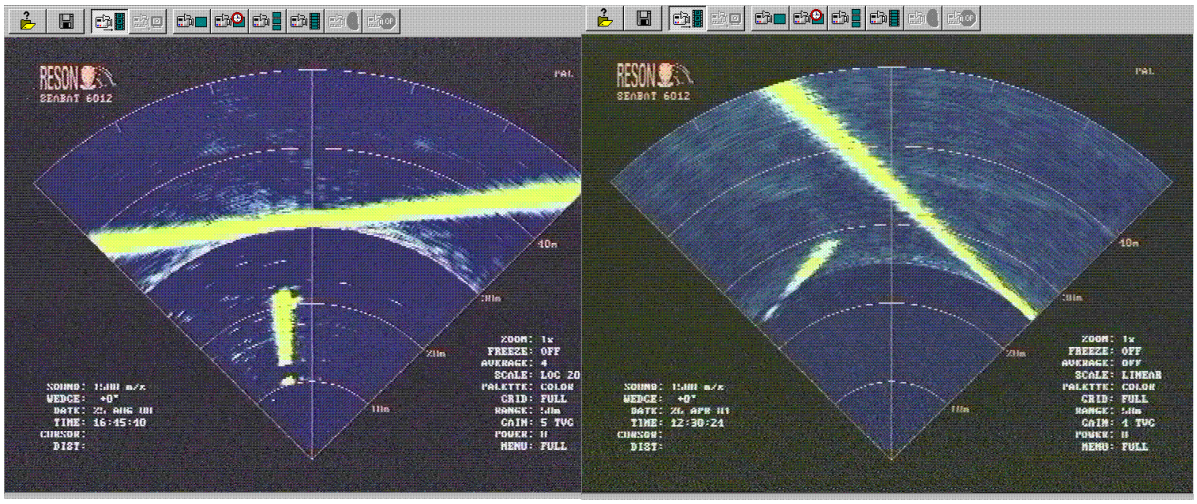
	Dorade-J1	Dorade-J2	Daudo1-J1	Daudo1-J2	Daudo2	Total
Durée de campagne	03:35:30	02:22:50	02:10:30	06:42:35	01:13:25	16:04:50
Nb de filières observées	48	7	19	29	12	115

1. Filière en vue transversale et en vue longitudinale

L'image sonar de la filière dépend de l'orientation suivant laquelle on l'observe. Au cours de nos radiales de prospection, le navire suivait une route parallèle à la filière. La vue était donc transversale. Au cours de la campagne Dorade, lorsque le navire arrivait face à la filière, cette dernière était observée en vue longitudinale. De même, lors de changement de radiale au cours des campagnes Daudo1 et Daudo2 (passage d'une radiale large-côte à une radiale côte-large), la manœuvre a permis d'observer la filière longitudinalement.

a. Filière en vue transversale

La vue transversale permet d'observer la filière "corde par corde". Ainsi, on peut voir sur chacune des vues de la figure 21 une corde à moules. La portée du sonar était de 50 mètres.

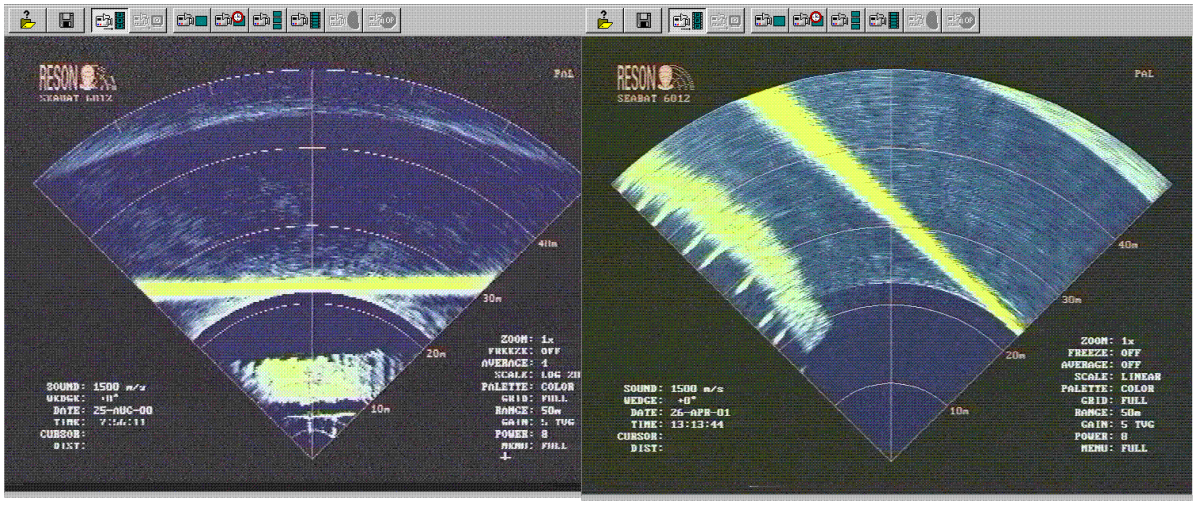


A **B**

Figure 21 : Images sonar de filières observées transversalement au cours des campagnes Dorade (en **A**) et Daudo1 (en **B**).

La première (en A), observée au cours de la campagne Dorade, n'est qu'à quelques mètres du navire. En fait, le bateau arrive sur elle et elle est pratiquement dessous. On distingue très nettement la corde à moules de l'aussière placée au dessus et située à 10 m de la surface. Cette corde fait environ 10 m de long. La bathymétrie locale est de 30 m. On peut noter la présence de cibles isolées autour de la corde. La deuxième corde (en B), observée au cours de la campagne Daudo1, est située à environ 25 m du navire. Apparaît l'aussière sur laquelle est suspendue la corde à moules à une profondeur d'environ 5 m. Cette corde est longue de 10 m. La bathymétrie locale est de 25,5 m.

b. <u>Filière en vue longitudinale</u>



A **B**

Figure 22 : Images sonar de filières observées longitudinalement au cours des campagnes Dorade (en **A**) et Daudo1 (en **B**).

En vue longitudinale, on observe la filière sur toute sa longueur. Pour les filière ci-dessous (Fig. 22), nous ne les avons pas dans leur totalité puisque la portée utilisée était ici de 50 m. Comme dans le cas précédent, on distingue nettement les cordes à moules de l'aussière. En A, elle est soutenue par des bouées situées à quelques mètres au dessous de la

surface, ce qui paraît donner une assez bonne contribution au maintien horizontal de l'aussière. L'état de remplissage de cette filière (du moins du tronçon visible) semble homogène puisque toutes les cordes visibles, de 8 m de long, sont bien remplies. En B, on voit très bien les bouées au dessus des cordes qui sont toutes bien garnies et ont une longueur de 8 m également. Mais l'aussière n'est pas visible. Dans les deux cas, l'état de remplissage est tel que les bouées sont immergées. La bathymétrie locale relevée pour les deux filières se situe aux alentours de 22 m.

2. Stade d'évolution et état de remplissage

a. Caractérisation de l'étude

Nous parlerons de stade d'évolution d'une corde à moules et d'état de remplissage d'une filière. Le stade d'évolution d'une corde dépend du degré de développement des moules. L'état de remplissage d'une filière dépend du taux d'exploitation que le conchyliculteur lui confère, du nombre de cordes qu'il y installe. Les figures 23, 24 et 25 sont extraites de la campagne Daudo1. La portée du sonar était de 50 m.

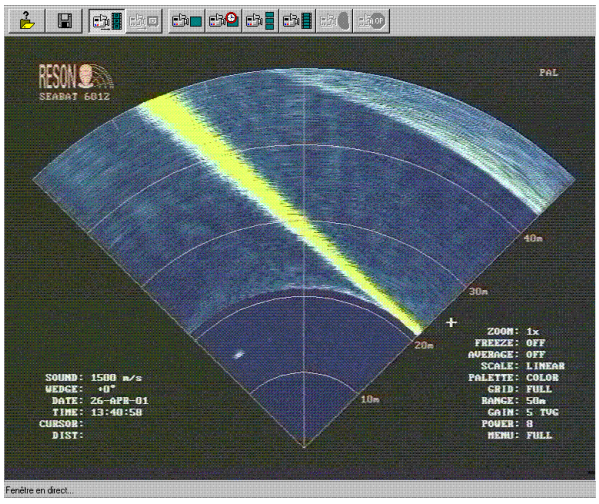


Figure 23 : Image sonar d'une aussière dépourvue de corde à moules.

La figure 23 montre une aussière sur laquelle aucune corde à moules n'est pendue. Elle est située à 15 m du navire et immergée à environ 5 m de la surface. Elle fait parti d'une des filières les plus proches de la côte puisque la bathymétrie locale est de 21 m.

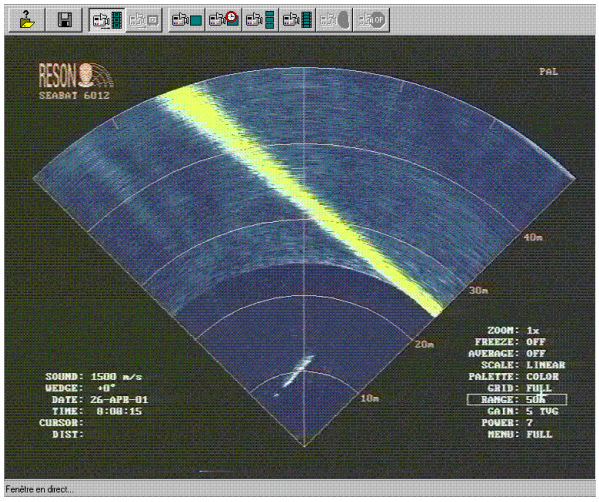


Figure 24 : Image sonar d'une corde à moules en croissance.

La figure 24 montre une corde de moules en croissance. En effet, elle est remplie de moules mais son épaisseur reste tout de même peu conséquente. Elle est située à 8 m du bateau et la longueur de la corde est d'environ 7 m.

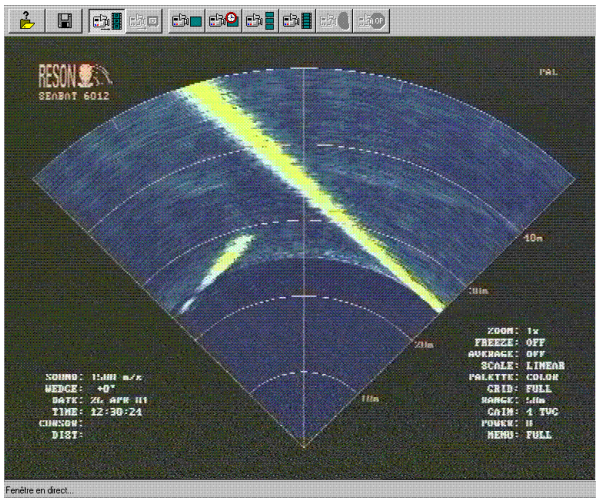


Figure 25 : Image sonar d'une corde à moules en fin de production

La figure 25 montre une corde à moules en fin de production et située à 25 m du navire. Les moules forment ici un paquet beaucoup plus dense ce qui témoigne de l'avancement de leur stade de développement.

b. Exemples d'application

Nous avons appliqué cette technique d'observation à deux filières suivies transversalement dans leur totalité. Les images fournies par le sonar nous ont permis d'établir une schématisation (Fig. 26 et 27).

La filière n°14 possède 6 jambettes chacune soutenues au sol par un corps mort et présentant un flotteur. Elles sont séparées par des distances égales estimées à environ 45 m. Le stade d'évolution est le même pour toutes les cordes à moules de la filière. L'état de remplissage est constant pour les 5 segments. Les cordes du premier segment ont une longueur de 8 à 9 m. Celles des segments suivants paraissent un peu moins longues (7,5 à 8,5 m). Elles sont immergées à 4 m de la surface. La bathymétrie locale varie de 29,5 m au premier corps mort à 30,6 m au dernier corps mort. Notons que des cibles isolées ont été repérées sur le quatrième segment.

La filière n°9 présente de nombreuses dissemblances avec la précédente puisqu'on observe 13 jambettes séparant 12 segments par des intervalles de temps différents. Le stade d'évolution reste néanmoins le même pour toutes les cordes exploitées sur un même segment. L'état de remplissage n'est pas constant le long de la filière. En effet, 2 segments sont vides (segments n°9 et n°11) et 2 sont à moitié remplis (segments n°8 et n°10). On observe une hétérogénéité des longueurs des cordes allant de 6,5 m pour celles du segment n°8 à 13 m pour celles du segment n°2. Elles sont immergées à 5 m au dessous de la surface. La bathymétrie locale va de 23,6 m au premier corps mort à 24,7 m au dernier corps mort. Par ailleurs, nous avons détecté des poissons nageant isolément sur le segment n°8 et un petit banc de poissons sur le segment suivant.

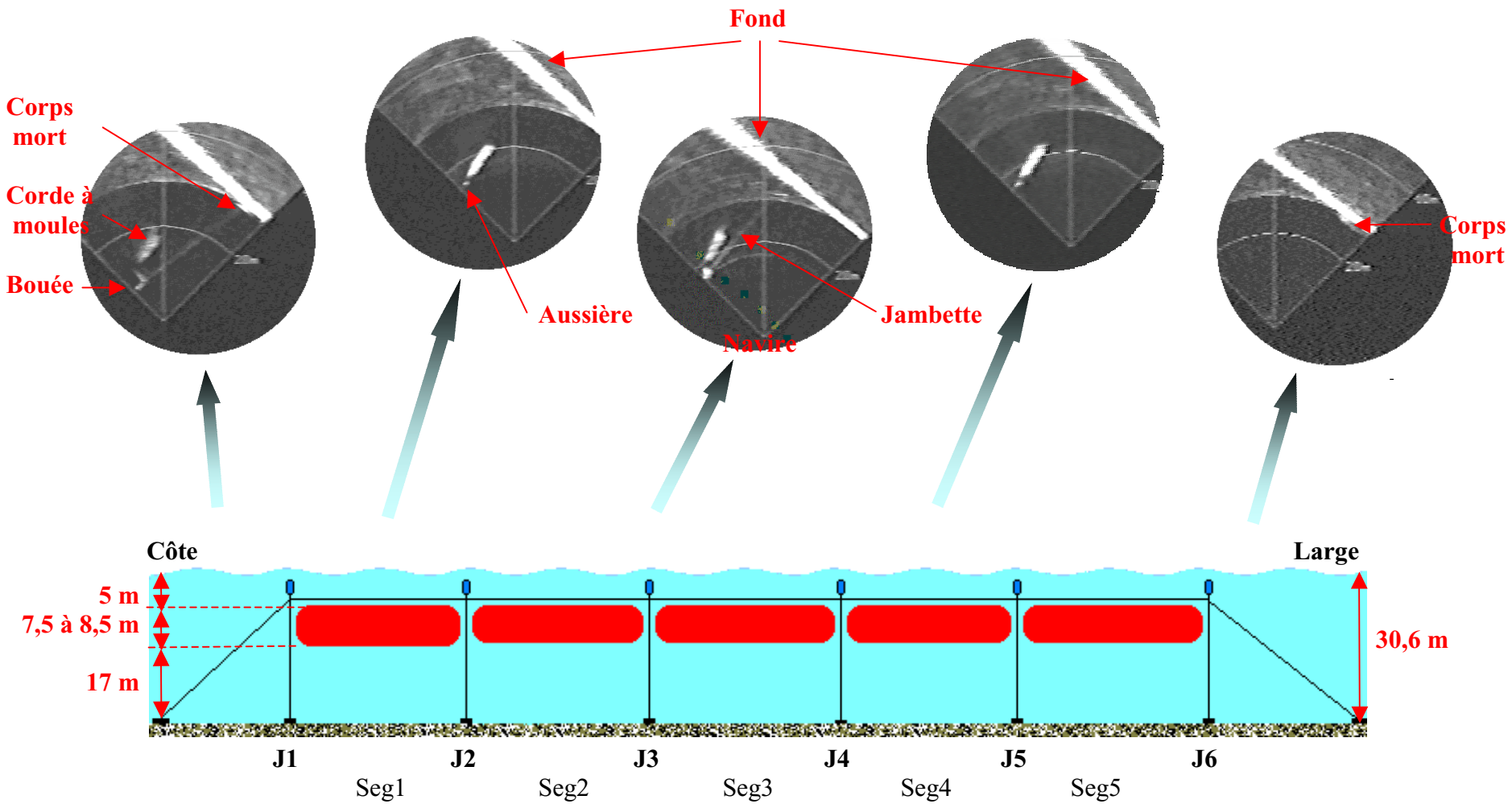


Figure 26 : Schéma de la filière n°14 d'après son observation au sonar,
moules en fin de production.

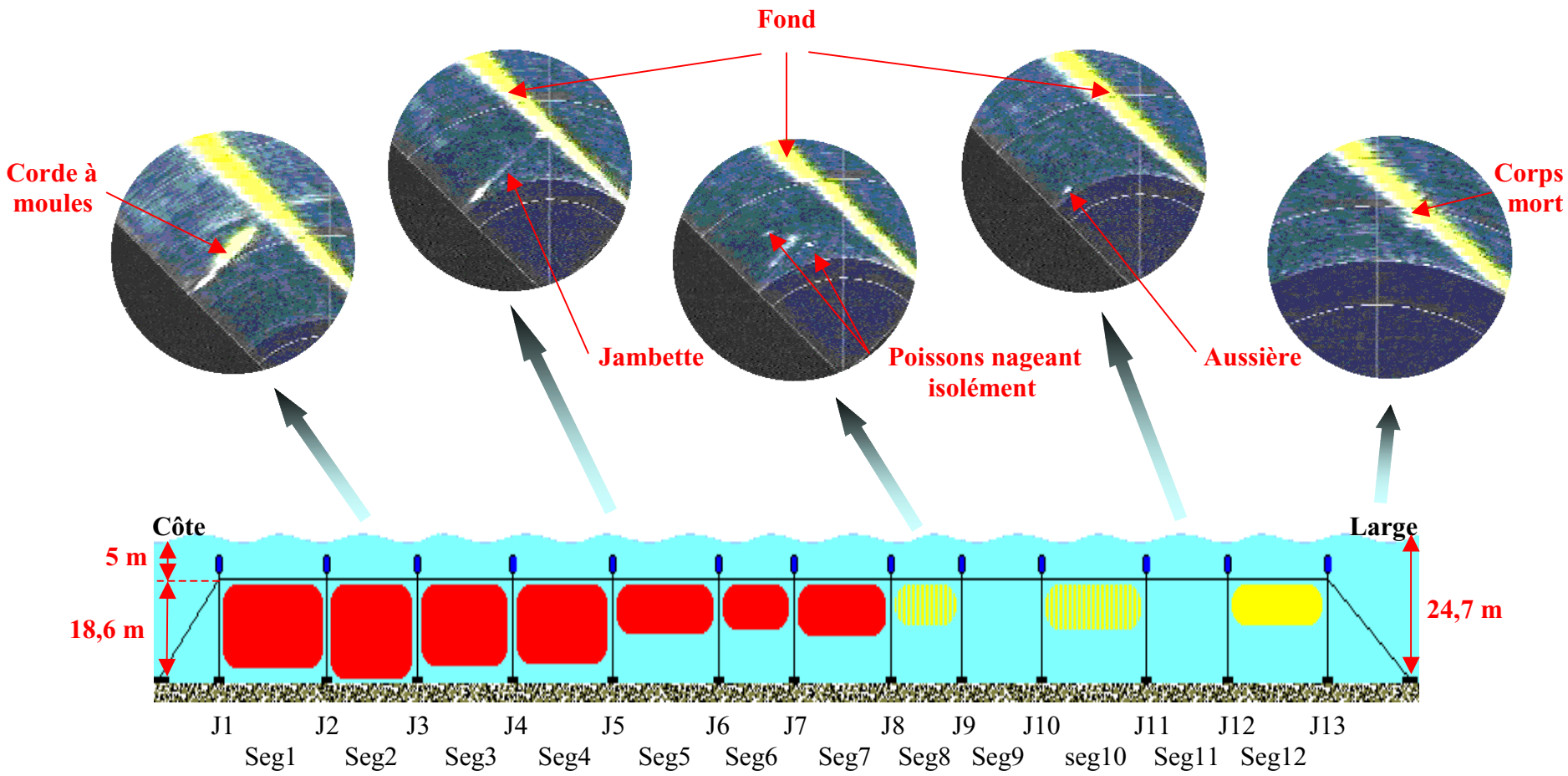


Figure 27 : Schéma de la filière n° 9 à partir de son observation au sonar, moules en fin de production, moules en croissance, segment à moitié rempli.

C. Analyse historique des données de pêche commerciale

Comme toute activité de cueillette, la pêche au chalut dans la région d'Agde et de Sète est soumise à des fluctuations élevées qu'il est important de cerner.

1. Les débarquements de daurade royale (*Sparus aurata*) dans les criées d'Agde et de Sète

a. L'évolution mensuelle des débarquements

L'étude des variations mensuelles des captures de daurades royales réalisées de 1994 à 1999 montre que les débarquements présentent deux périodes maximales et deux périodes minimales (Fig. 28). En effet, 12,7% des captures annuelles totales ont été effectuées durant le trimestre s'étalant de mars à mai et 80,3% de septembre à janvier. Par opposition, le reste du temps, les mises à terre sont très faibles. Ainsi, les mois de février, juin, juillet et août ne représentent à eux quatre que 7% des captures annuelles. Tout comme les débarquements, l'effort de pêche exercé sur la daurade royale présente une saisonnalité marquée par deux pics : l'un au printemps (mars-avril-mai) et l'autre dès l'automne (de septembre à janvier). C'est d'ailleurs au cours de cette deuxième période que l'effort de pêche est le plus prononcé.

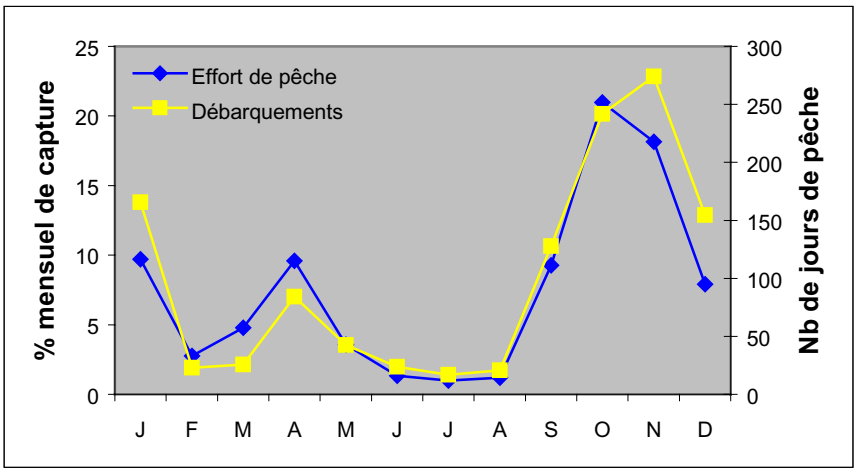


Figure 28 : Variations saisonnières des débarquements de daurade royale et de l'effort de pêche exercé sur elle dans les criées d'Agde et de Sète.

b. L'évolution annuelle des débarquements

La tendance générale semble aller vers une augmentation des captures depuis 1994 (Fig. 29). On est passé de 16,18 t en 1994 à une valeur maximale de 108,92 t en 1999. On observe néanmoins en 1997 et 1998 une baisse des quantités débarquées par rapport à 1996. Les prise annuelles suivent les variations de l'effort de pêche. Néanmoins, si le nombre de jours de pêche a doublé de 1994 à 1999, les quantités de daurade royale débarquées ont été multipliées par 6,7.

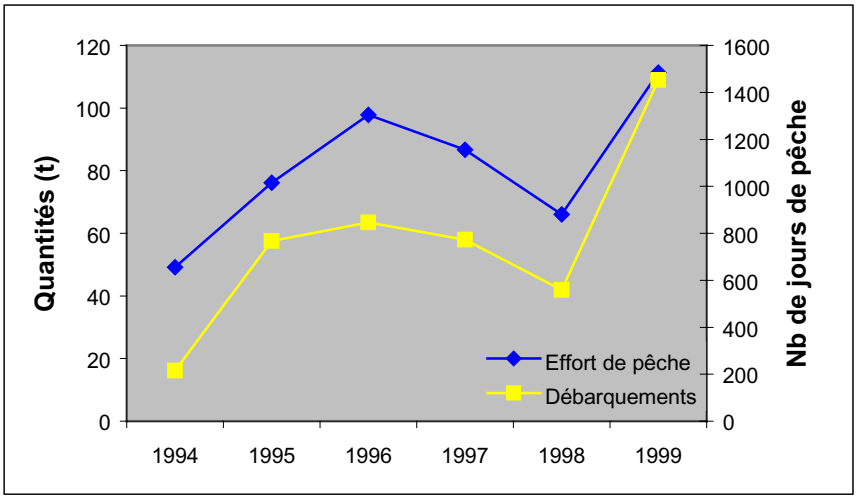


Figure 29 : Variations annuelles des débarquements de daurade royale et de l'effort de pêche exercé sur elle dans les criées d'Agde et de Sète.

2. Les débarquements de pageot dans les criées d'Agde et de Sète

a. Le pageot acarné (*Pagellus acarne*)

- L'évolution mensuelle des débarquements

Pour les pageots acarnés, 74,5% des débarquements se font d'août à janvier avec tout de même des quantités moins importantes en décembre (Fig. 30). Le pic printanier (mars-avril-mai) regroupe 15,3% des mises à terre. La tendance générale des débarquements suit celle de l'effort de pêche.

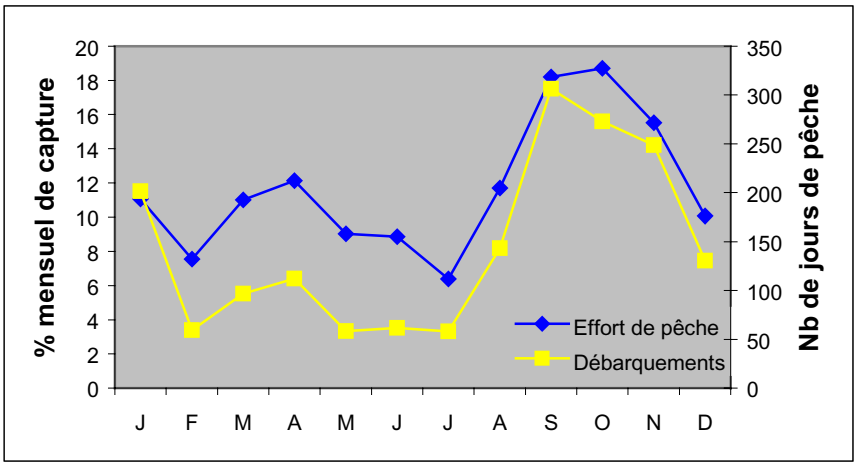


Figure 30 : Variations saisonnières des débarquements de pageot acarné et de l'effort de pêche exercé sur lui dans les criées d'Agde et de Sète.

- L'évolution annuelle des débarquements

Jusqu'en 1998, la tendance à la baisse de l'effort de pêche a été suivie par une diminution des captures (Fig. 31). De même, l'accroissement du nombre de jours de pêche de 1998 à 1999 a été accompagné d'une élévation des quantités débarquées. Or, si les efforts de

pêche pratiqués en 1994 et 1999 sont quasi identiques, les débarquements de pageots acarnés ont été multipliés par 2.

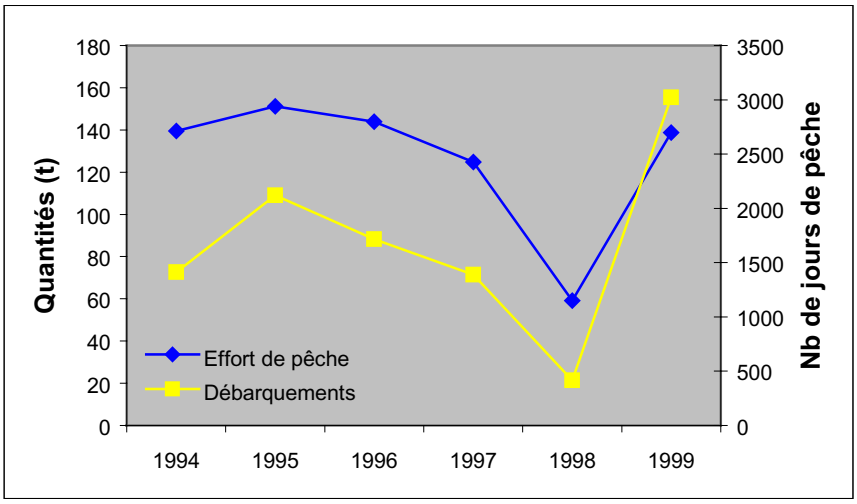


Figure 31 : Variations annuelles des débarquements de pageot acarné et de l'effort de pêche exercé sur lui dans les criées d'Agde et de Sète.

b. Le pageot commun (*Pagellus erythrinus*)

- L'évolution mensuelle des débarquements

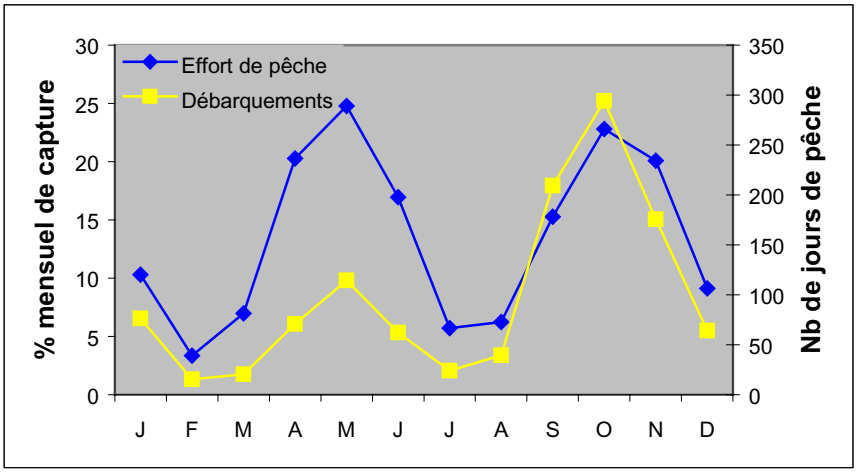


Figure 32 : Variations saisonnières des débarquements de pageot commun et de l'effort de pêche exercé sur lui dans les criées d'Agde et de Sète.

Pour les pageots communs, plus de 70,3% des débarquements sont effectués de septembre à janvier formant un pic saisonnier qui atteint son apogée en octobre (Fig. 32). Avril, mai et juin sont également de bons mois de capture puisqu'ils représentent à eux trois plus de 21% des prises. Les minima sont observés en février, mars et juillet. On retrouve ces deux périodes maximales pour l'effort de pêche mais avec une intensité égale puisqu'ils représentent chacun environ 40% de l'effort annuel.

- L'évolution annuelle des débarquements

De 1994 à 1999, les débarquements de pageots communs ont connu un fort accroissement puisque les tonnages ont plus que quintuplé (Fig. 33) alors que l'effort de pêche ne s'est accru que de 34,3%. Tandis que le nombre de jours de pêche a baissé de 1995 à 1998, les tonnages débarqués en criée ont commencé à augmenter dès 1997.

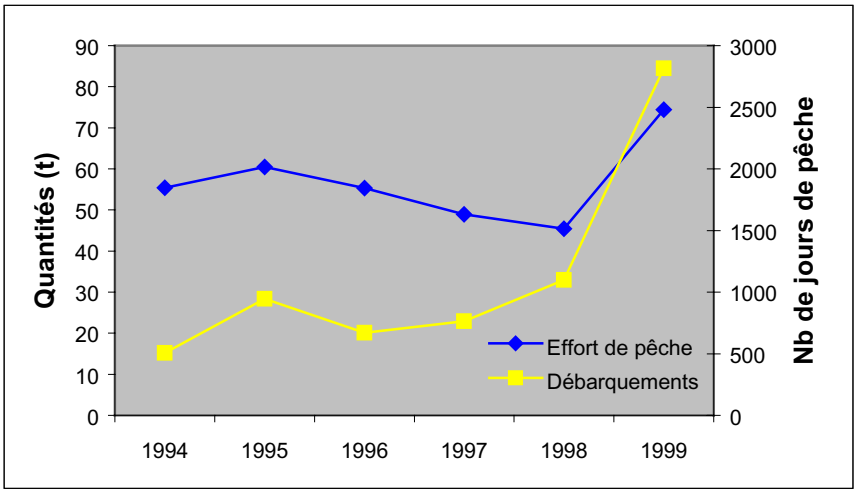


Figure 33 : Variations annuelles des débarquements de pageot commun et de l'effort de pêche exercé sur lui dans les criées d'Agde et de Sète.

3. Les débarquements de sar commun (Diplodus vulgaris) dans les criées d'Agde et de Sète

a. L'évolution mensuelle des débarquements

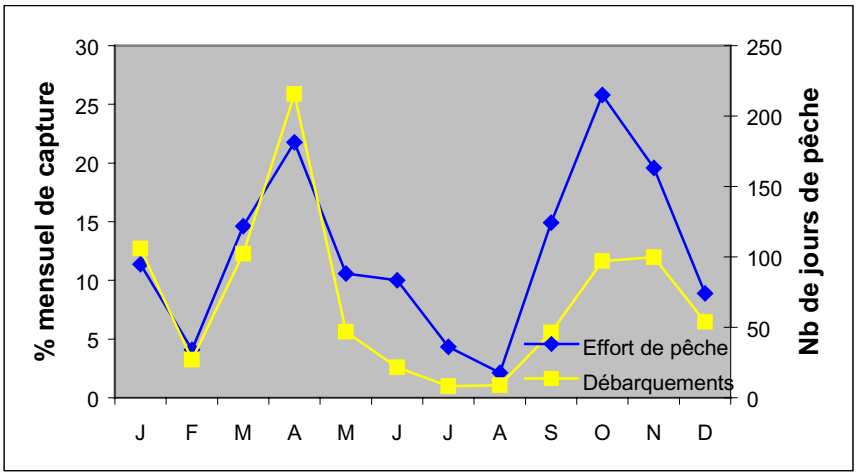


Figure 34 : Variations saisonnières des débarquements de sar commun et de l'effort de pêche exercé sur lui dans les criées d'Agde et de Sète.

Les débarquements de sars communs dévoilent une saisonnalité marquée par deux périodes maximales. 43,8% des captures annuelles se font en mars-avril-mai alors que le second pic (de septembre à janvier) représente 48,3% des prises (Fig. 34). Mais contrairement aux résultats précédents sur les autres espèces, c'est durant le pic printanier que l'on observe

le pourcentage maximum (avril : 25,9%). L'effort de pêche est tout aussi saisonnier avec néanmoins un nombre de jours de pêche plus important au cours du deuxième pic.

b. L'évolution annuelle des débarquements

L'effort de pêche ne présente pas de grandes variations de 1994 à 1999 mise à part une légère baisse du nombre de jours de pêche en 1998 (Fig. 35). Cependant, les débarquements de sar commun ont augmenté en 1995. Le tonnage le plus faible s'observe en 1998.

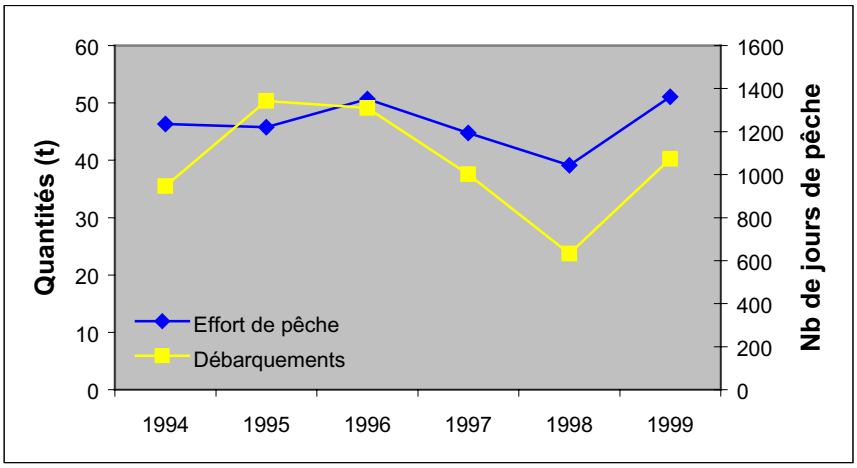


Figure 35 : Variations annuelles des débarquements de sar commun et de l'effort de pêche exercé sur lui dans les criées d'Agde et de Sète.

V. DISCUSSION

Les travaux réalisés au cours des campagnes de prospection acoustique Dorade (2000), Daudo1 et Daudo2 (2001) ont montré que l'utilisation du sonar multifaisceaux était tout à fait appropriée dans la zone des filières à moules. Nous avons ainsi pu nettement distinguer les peuplements ichtyologiques des structures de production conchylicoles.

A. Variabilité comportementale des bancs de poissons observés

Les missions effectuées en 2000 et 2001 ont permis de détecter un grand nombre de bancs. L'intervalle inter-banc apparaît comme un bon indice d'abondance des bancs. Il a permis ainsi de mettre en évidence une abondance relative quasi-identique entre août 2000 et avril 2001. La campagne Daudo2 présente des résultats différents du fait sans doute des mauvaises conditions climatiques dans lesquelles elle s'est déroulée (houle et courant fort) ; nous l'avons écarté des analyses inter-campagne (2000-2001). En effet, la direction et la force du courant de sud-est ont eu deux conséquences sur la réalisation de nos travaux. D'une part sous l'effet du courant, les filières à moules se trouvaient dans une position inclinée par rapport à la verticale et les conditions de détection se trouvaient sérieusement perturbées : la visée du sonar n'était plus perpendiculaire à la filière mais en biais d'environ 40°. La distinction filière à moule-bancs de poissons était beaucoup moins évidente ce qui explique peut être en partie le faible nombre de bancs détectés au sonar. D'autre part, le cap du bateau était parfois très difficile à tenir à faible vitesse (40° de la route à suivre).

L'unique prospection nocturne a permis de constater une variation nycthémérale du comportement des poissons présents sur la zone : dispersés la nuit, ils deviennent beaucoup plus grégaires le jour. Ce comportement général des bancs a déjà été mentionné par Gerlotto (1993) sur des bancs de poissons pélagiques.

1. La structure des bancs

On a observé globalement une grande variabilité des paramètres morphologiques des bancs. Pour les largeurs, la majorité des bancs présentent des valeurs relativement faibles. Elles sont homogènes pour les bancs de la mission Dorade alors qu'elles diffèrent entre les deux jours de la campagne Daudo1. Cette hétérogénéité intra-campagne est liée à la présence de quelques bancs de largeur importante.

Les hauteurs des bancs restent peu élevées à l'exception de quelques cas qui semblent être à l'origine de l'hétérogénéité du paramètre "Haut" entre les deux jours de la mission Dorade puisqu'un banc présentant une hauteur de 11,5 m a été observé. Il faut remarquer que les largeurs et les hauteurs des bancs ont été évaluées selon une méthodologie différente de celle employée par Misund (1991) basée sur des mesures prises le long du faisceau (*along wise beam dimension*) et à travers le faisceau (*across wise beam dimension*). Cette méthode était difficilement applicable dans notre étude, les mesures ont pu faire l'objet de quelques erreurs de précision mais qui semblent cependant négligeables.

Pour les longueurs, on a observé des différences significatives entre les bancs des deux jours de prospection de la campagne Dorade liées semble-t-il à la présence d'un banc de près de 60 m de long. Il est important de signaler que le paramètre "Long" présente des valeurs plus élevées que celles des largeurs et des hauteurs. Cela peut être lié à un comportement de

structuration interne des bancs sous l'effet d'une perturbation (approche du navire), leur forme devenant alors longiligne. Les longueurs ont été calculées à partir de la durée d'observation des bancs et de la vitesse du navire. Faute d'enregistrement de cette vitesse, elle a été supposée constante et égale à 2 nœuds mais il est possible qu'il y ait eu des variations temporaires de vitesse.

Les analyses intra-campagne des surfaces et des volumes relatifs des bancs réalisées pour les campagnes Dorade et Daudo1 ont montré des différences significatives entre les jours de prospection. Si la plupart des bancs observés ont des surfaces et des volumes relativement faibles, d'autres sont beaucoup plus importants. L'hétérogénéité intra-campagne peut s'expliquer par le fait que nous n'avons pas suivi le même parcours d'un jour à l'autre et il est fort possible que nous ayons observé des bancs dont certains avaient une morphologie particulière. On a donc, semble-t-il, une distribution hétérogène des types de bancs dans la zone des filières. Cela est encore plus vrai au regard des valeurs de l'indice volumique qui diffèrent d'un jour à l'autre (autrement dit d'un trajet à l'autre). Les surfaces et les volumes ont été estimés en considérant que les bancs étaient rectangulaires ce qui n'est bien évidemment pas le cas. Un traitement numérique à l'aide du logiciel *SBI Viewer* (Lecornu *et al.*, 1999) aurait permis de reconstituer les bancs en trois dimensions comme cela a été réalisé par Gerlotto *et al.* (1999) ; l'absence de carte d'acquisition vidéo ne nous a pas permis d'enregistrer les données sonar directement en numérique et de procéder à cette reconstitution.

En se plaçant à une échelle supérieure au jour qui est celle de la saison, on retrouve une homogénéité des paramètres morphologiques des bancs entre l'été 2000 et le printemps 2001 à l'exception des hauteurs. Il semblerait donc que les mêmes types de structures agrégatives se retrouvent les deux années successives à deux saisons différentes. Il reste à identifier des particularités des bancs détectés de façon à mieux préciser la caractérisation de paramètres spécifiques s'ils existent.

2. Le positionnement des bancs

Malgré l'absence de GPS permettant de localiser les bancs et d'en dresser une cartographie, les bathymétries locales ont donné un positionnement relatif satisfaisant des agrégations (une cartographie bathymétrique est fournie en Annexe L). On a constaté que les bancs sont plus fréquents à certaines bathymétries plutôt qu'à d'autres ; la répartition des peuplements ichtyologiques apparaît donc hétérogène sur le lotissement conchylicole. Autrement dit, certaines concessions présentent des concentrations de poissons non négligeables à proximité de leurs filières et il aurait été intéressant de pouvoir comparer la cartographie des bancs et celle des filières exploitées, chose qui n'a pu être réalisée faute de précision et surtout en raison de l'insuffisance de la prospection. Il est tout de même intéressant de constater que la plupart des "bancs sur filières" ont été détectés sur des structures en exploitation présentant un bon état de remplissage. On ne peut malheureusement pas écarter totalement le fait que cette hétérogénéité ne soit pas la conséquence d'un sur-échantillonage de certaines strates bathymétriques. D'un jour à l'autre, les trajets n'ont pas été les mêmes et nous n'avons pas pratiqué d'analyse intra et inter-campagne sur cette variable. Au cours de Dorade-J1, les bancs ont été observés des concessions les moins profondes (côté terre) à celles les plus au large, mais l'hétérogénéité existe (Fig. 10). Pendant Dorade-J2, seules les concessions proches de la côte ont été balayées au sonar, ce qui explique la distribution des bathymétries avec banc représentée. Ici encore, une relative hétérogénéité des fréquences laissent supposer une disparité dans la distribution des bancs. Le doute n'est plus

permis avec les résultats de la campagne Daudo1-J1 où l'ensemble des bathymétries a été prospecté de façon homogène : la distribution des bancs, unimodale, va de 25 à 31 m et l'on peut valider l'hypothèse selon laquelle les bancs sont inégalement distribués. Pour Daudo1-J2, durant lequel la distribution est bimodale, l'hétérogénéité est évidente. Le creux central correspond à la zone du chenal dont la profondeur moyenne est d'environ 26-28 m dans cette partie du lotissement conchylicole. Ainsi, au cours de Daudo1-J1 et de Daudo2, les bancs sont répartis sur les concessions du large, après le chenal dont la bathymétrie moyenne est de 26 m. Il semblerait que le mauvais temps (petite houle durant Daudo1-J1, houle et courant fort durant Daudo2) soit à l'origine de cette répartition.

La majorité des bancs observés par temps calme (Dorade et Daudo1-J2) sont à moins de 5 m du fond, c'est-à-dire en dessous des cordes à moules. Peu nombreux sont les bancs dont l'altitude est supérieure à 15 m. On est donc en présence d'une population grégaire semi-démersale. Cependant, un certain nombre de bancs sont présents à hauteur des filières. Même si la majorité des bancs se trouvent sous les cordes, il semble donc exister un comportement exploratoire des bancs sur toute la hauteur des cordes. D'autres observations sont donc nécessaires pour choisir entre les hypothèses et la saisie de profils de température ne serait pas inutile.

En mer agitée, il semblerait que les bancs se répartissent en dessous et au dessus des cordes à moules. Cela est sans doute lié à l'action des courants marins entraînant une relative mobilité des cordes et donc un évitement des bancs vers les tranches d'eau supérieures et inférieures (Brehmer, 2001). La différence de turbulence pourrait donc être à l'origine de l'hétérogénéité des altitudes des bancs observés entre 2000 et 2001. Quoiqu'il en soit, l'altitude des bancs ne semble pas être liée aux paramètres morphologiques (Annexe M).

En ce qui concerne les distances des bancs au navire, nous n'avons pas réalisé d'analyse inter-campagne : les méthodologies employées au cours des missions 2000 et 2001 (orientation des faisceaux) étaient différentes. En effet, au cours de la campagne Dorade, l'angle de visée du sonar, dirigée vers le fond, offrait une observation limitée (à 25-30 m) par la bathymétrie. On a obtenu une distribution des distances au navire de type unimodal pour Dorade et bimodal pour Daudo1 et Daudo2. Ces ensembles de comportement bien que différents pourraient s'expliquer par les phénomènes d'évitement en double vague décrit par Soria *et al.* (1996) et schématisés en Annexe N. Les bancs relativement proches fuient le navire activement à la vue de ce dernier et sont détectés à 15-20 m au cours de Dorade-J1, à 20-25 m durant Dorade-J2, Daudo1-J2 et Daudo2 et à 25-30 m au cours de Daudo1-J1. Ces différences observées sur les distances de la première vague d'évitement pourraient être liées à une différence des conditions du milieu (turbidité). La deuxième vague d'évitement est purement acoustique, les bancs fuyant non pas le bateau proprement dit, mais l'onde de bruit qu'il génère. Le stimulus est alors détecté à grandes distances et les bancs se trouvent sur-représentés à 45-50 m du navire au cours des missions 2001. Cependant, nous avons suivi une route parallèle aux filières à des distances quelque peu privilégiées et il est fort possible que l'effet attracteur de ces dernières sur les poissons puisse également influencer la répartition spatiale des bancs. Il aurait donc été nécessaire de mener une étude sur la dynamique comportementale comme nous l'avons réalisée (Sanguinede, 2000) à partir du logiciel *Infobancs* (Brehmer et Gerlotto, 2000).

Un certain nombre de bancs ont été détectés à proximité immédiate des filières. Malheureusement, nous ne pouvons affirmer que cette proximité n'est pas aléatoire. S'agit-il d'une relation trophique ou encore de l'effet protecteur des filières qui concentrerait cette

biomasse pélagique ? Le faible nombre de bancs sur filière au cours de Daudo1-J1 et Daudo2 est en adéquation avec l'hypothèse formulée précédemment selon laquelle les bancs fuiraient les obstacles mobiles que constituent les cordes à moules par mauvais temps. Les distances des bancs à la filière restent tout de même limitées à des distances proches puisque plus la filière est éloignée du bateau moins il est possible d'observer sur l'image sonar un banc à proximité. C'est pourquoi nous n'avons pas réalisé d'analyses approfondies intra et inter-campagne.

B. L'observation des filières à moules en mer ouverte

Nous avons également observé au cours des campagnes acoustiques menées en 2000 et 2001 un grand nombre de filières à moules. L'application de l'outil acoustique à l'observation des filières s'est avérée très intéressante permettant de distinguer les différents éléments de chaque structure : aussière, cordes à moules, jambettes, bouées et corps morts (Gerlotto F., Brehmer P. , Buestel D., Sanguinede F., 2001). De plus, le sonar a permis de détecter des filières non visibles en surface (les bouées étant coulées) et probablement difficiles à recenser par les administratifs locaux. La méthodologie employée au cours des missions Daudo1 et Daudo2 (orientation des faisceaux) apparaît comme la plus adaptée car elle permet de prospecter à une distance raisonnable les filières et d'éviter ainsi les flotteurs de surface. Si la vue longitudinale peut permettre d'avoir une vision quasi instantanée de la filière, elle ne permets pas cependant de connaître avec précision l'état de remplissage sur sa totalité : d'une part les échos proches peuvent masquer la détection derrière ces dernières (absorption), d'autre part la portée sonar ne peut permettre de voir l'ensemble de la filière. La vue transversale apparaît mieux adaptée à l'observation des filières à moules. Parmi les filières observées, certaines sont exploitées, d'autres ne le sont pas. Nous avons pu constater une relative hétérogénéité des structures de production par rapport à la filière de subsurface standard représentée par la filière n°14. Ainsi, la filière n°9 diffère de la première par un grand nombre de segments. Une telle structuration s'explique par les moyens techniques que doit posséder le propriétaire. En effet, en l'absence de grue hydraulique nécessaire à la traction de l'aussière, l'exploitation se fait par plongée et un grand nombre de jambettes permet de réduire les interventions en mer pour accroître la flottabilité au fur à mesure de la prise de poids des moules (Moran, com. pers.). De plus, les 12 segments de la filière n°9 ne sont pas tous exploités : certains sont vides, d'autres à moitié remplis. La stratégie de production peut en être la cause, à moins qu'une prédation ait eu lieu. Elle peut d'ailleurs être à l'origine des différences de longueurs de corde des segments (Annexe O). Les stades d'évolution ne sont également pas homogènes entre tous les segments exploités et les deux hypothèses que nous venons de formuler sont totalement valables pour l'expliquer. Nous avons axé la distinction des stades d'évolution des moules d'une corde sur la largeur de celle-ci. Or, une corde à moules en fin de production peut subir une prédation partielle (grignotage) et présenter une largeur moins importante. Il aurait donc fallu connaître ce qui a été mis en exploitation et ce qui a été recueilli pour attester du passage des prédateurs et estimer le cas échéant les pertes engendrées. Il est clair que pour une bonne interprétation on ne peut se limiter à une seule observation.

Enfin, il est important de signaler la présence de filières dont la flottabilité n'est pas du tout convenable et donc complètement déformées (Annexe P). Les flotteurs sont coulés et certaines cordes à moules traînent sur le fond. Ces filières ne sont semble-t-il pas abandonnées puisqu'elles présentent bien souvent un bon état de remplissage. Elles seraient donc mal protégées des intempéries (mer agitée).

C. Etude des débarquements de prédateur potentiel de moules

Au cours de notre étude sur les données historiques de capture des poissons prédateurs de moules, nous avons estimé l'effort exercé par les navires en nombre de jours de pêche. Or, les jours durant lesquels aucun poisson des espèces étudiées n'est capturé ne sont pas pris en compte. En ne comptabilisant pas les captures nulles, on sous-estime l'effort réel. Cependant, ce biais n'est pas très important. Pour preuve est le fait que ces espèces sont considérées comme secondaires par les pêcheurs sauf à certaines périodes de l'année (Lespagnol, com. pers.). L'effort de pêche est marqué par une forte saisonnalité qui témoigne de la variabilité épisodique, dans les pratiques de pêche des chalutiers d'Agde et de Sète. En effet, Sylla (2001) a récemment montré qu'un certain nombre de chalutiers s'orientent vers une pêche démersale côtière au cours des mois d'octobre et de novembre pour diriger leurs captures vers la daurade royale mais aussi d'autres espèces à affinité littorale tels que les pageots et les sars. L'augmentation de l'effort de pêche au cours de cette période est liée à une augmentation de la capturabilité de la ressource à cet endroit à cette époque de l'année (les daurades royales sortent des étangs). D'ailleurs, les rendements sont plus élevés au cours de cette période pour la daurade royale et les pageots. Le maximum de captures printanières de daurades royales correspond à l'entrée dans les lagunes qui précèdent ainsi des faibles mises à terre estivales (Barnabe et Billard, 1984). Les raisons des fluctuations mensuelles enregistrées pour les pageots sont nombreuses et pas toutes identifiées. Des conditions météorologiques particulières et le désir des professionnels d'exploiter au maximum des accumulations locales temporaires peuvent augmenter les fluctuations mensuelles saisonnières. Pour les sars communs, il semblerait que les variations saisonnières des débarquements soient liés à des captures d'autres espèces de sars. En effet, les corrélations intensité de débarquements-période de ponte montrent une similitude frappante : le pic printanier serait lié à des prises de *D. sargus* dont la période de ponte à Sète s'étale de mars à mai et le pic automnal à des captures de *D. puntazzo* et *D. vulgaris* dont les pontes ont lieu respectivement en septembre et en octobre-novembre (Divanach, 1985). Si cette hypothèse était vérifiée, la dénomination "Sar commun (*D. vulgaris*)" fourni par le RIC n'est pas satisfaisante car il apparaît très difficile de distinguer les différentes espèces de sars en criée et à réaliser une standardisation nationale.

Cependant, la baisse des efforts de pêche exercés sur les espèces de poissons prédateurs de moules en 1998 montre que le déterminisme des métiers n'est pas seulement lié à la disponibilité de la ressource mais sans doute aussi à des facteurs économiques et sociologiques. On peut supposer que certains pêcheurs se soient plutôt orientés vers des espèces benthiques du large ou pélagiques, présentant un attrait économique supérieur au cours de cette année. Inversement, la daurade royale, les pageots et les sars semblent des espèces recherchées en 1999.

Il apparaît très intéressant de corréler ces résultats à ceux obtenus sur les pertes de coquillages occasionnées par la prédation et recensées par Alléguède (2001) et Tostin (2000). En effet, les prédations se répartissent autour du mois de mars d'une part et autour du mois de novembre d'autre part. Selon les conchyliculteurs, il y a deux périodes maximales, l'une au printemps et l'autre à l'automne tout comme nous l'avons observé pour les débarquements des espèces incriminées. Pour la daurade royale, la zone des filières constituerait donc un lieu de passage privilégié précédent et postérieur à la période estivale en lagunes littorales. Mais, n'oublions pas que les fortes prédations s'observent également à des périodes maximales de capture de pageots et de sars. L'élévation des mises à terre et des rendements de pêche des daurades royales et des pageots (surtout pour 1999) peuvent sans doute être liée à une

augmentation de l'abondance relative pouvant expliquer l'évolution des tonnages de moules perdus. Car, si le phénomène de prédation a débuté dès 1996 sur les exploitations installées en mer ouverte, il s'est accentué au cours de ces dernières années (Annexe Q). De plus, l'augmentation des efforts de pêche conduisant à une élévation des prises régulières nous laisse penser que les stocks de prédateurs de moules sont sous-exploités ce qui confirme les travaux menés par Campillo (1992). Enfin, on ne peut pas dire au vue de nos résultats que la pression de pêche sur ce type de stock ait diminué comme l'avait auparavant soupçonné Buestel (1998).

V. CONCLUSION

Notre étude nous a permis d'utiliser l'outil acoustique à l'intérieur du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan qui s'est avéré très satisfaisant. Les bancs de poissons détectés ont dévoilé des différences morphologiques significatives entre les jours de prospection d'une même mission. Cette hétérogénéité intra-campagne s'explique par la présence de bancs dont certains avaient une morphologie particulière. L'absence de reconnaissance spécifique simultanée ne nous a pas permis d'identifier les espèces dont il s'agissait. De même, l'adjonction de l'information fournie par un sondeur *split-beam*, pendant les prospections, aurait pu apporter une information supplémentaire sur la taille des individus nageant isolément.

Certaines concessions présentent des concentrations de poissons plus importantes que d'autres à proximité de leurs filières. Il semblerait donc qu'il y ait une disparité dans la distribution des bancs à l'intérieur de la zone d'exploitation. L'analyse inter-campagne a révélé une homogénéité des bancs tant en abondance qu'en morphologie. En l'état de nos connaissances, les bancs ne semblent pas avoir le même comportement d'occupation de l'espace selon les conditions météorologiques locales. Par temps calme, ils se répartissent principalement à moins de 10 m du fond alors que par mer agitée (houle et courant) les bancs sont plutôt présents vers les concessions du large et dans des tranches d'eau différentes de celles occupées par les cordes à moules. Au niveau méthodologique, nous avons pu constaté qu'il était très difficile de travailler en mer formée.

Au regard de nos résultats, il semblerait donc que la zone des filières constitue un immense récif artificiel comme l'avait déjà supposé Buestel (2000). Elle semble avoir abouti à enrichir le milieu et plusieurs espèces de poissons se sont adaptées à cette nouvelle source alimentaire (cette nourriture n'est pas seulement constitué de moules mais de nombreuses petites espèces animales et végétales). L'absence de structures agrégatives dans le chenal témoigne de l'effet concentrateur des cordes à moules. Une cartographie des bancs aurait sans doute permis de préciser le lien étroit avec les cordes à moules en exploitation. Ces hypothèses ne peuvent être validées que par des investigations plus vastes : il serait ainsi judicieux de quantifier les peuplements ichtyologiques à l'extérieur de la zone conchylicole afin de confirmer l'effet concentrateur que semblent jouer les filières et de réaliser un suivi de l'observation dans l'année. En fait, c'est une étude générale et intégrée au tissu régional qui serait à mener sur ce lotissement conchylicole.

L'observation acoustique des filières par un sonar multifaisceaux à haute résolution semble bien adaptée pour permettre de discriminer les différents éléments des structures, définir les stades d'évolution des cordes à moules et l'état de remplissage général de la filière. Là aussi, un suivi des concessions dans le temps est indispensable. Nous avons pu observer une relative hétérogénéité des filières liée aux contraintes et aux stratégies propres à chaque entreprise. Un recensement détaillé des concessions du lotissement peut donc être pleinement réalisable ; quelques essais méthodologiques complémentaires avec l'utilisation d'un GPS et d'un gyrocompas seraient néanmoins indispensables.

L'étude des débarquements des poissons prédateurs potentiels de moules dans les criées d'Agde et de Sète a montré la forte corrélation unissant la saisonnalité de capture à celle de la prédation elle-même. En effet, on observe pour chacune d'entre elle deux périodes

maximales : l'une au printemps, l'autre à l'automne. Il est apparu que les stocks semblent sous-exploités malgré une tendance à l'augmentation de l'effort de pêche.

Enfin, les nombreux moyens de lutte testés jusqu'à présent (répulsion sonore, filet blanc, pièce de filet, filet entourant la concession) l'ont été que très ponctuellement et sans réelle préparation. La mise en place d'une action de lutte efficace, durable et rationnelle contre les prédateurs passe par une étude approfondie de type comportementale afin d'en permettre la capture par une meilleure connaissance de leur vulnérabilité à un engin de pêche. Les champs d'investigation sont larges. Les intérêts scientifiques (dynamique d'agrégation des bancs, étude de l'effet "récif artificiel") et économiques (importance des pertes occasionnées, ressources disponibles à la pêche) devraient motiver des études plus vastes. Ces dernières devraient servir de modèle et fournir une masse d'informations utiles pour résoudre le problème de la prédation des moules exploitées sur filières par les mytiliculteurs locaux. Par ailleurs, la méthodologie d'observation directe que nous avons employée permet d'entrevoir de multiples explorations dans le cadre de la gestion du littoral languedocien.

BIBLIOGRAPHIE

ALLEGUEDE V., 2001 – Impact de la prédation par les daurades royales sur la production de moule de pleine mer et recherche de nouvelles solutions. Mémoire CREUFOP. 48 pages.

BARNABE G., BILLARD R., 1984 – L'aquaculture du bar et des sparidés. INRA Publ., Paris. Pages 513 à 527.

BOUTRY M., COMPOIS B., 2000 – Etude du comportement d'évitement des bancs de poissons pélagiques côtiers par acoustique sous-marine au Venezuela. Rapport de stage Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université Montpellier II. 20 pages.

BREHMER P., 2001 – Observations acoustiques de bancs de poissons autour des filières à moules en mer ouverte à l'aide d'un sonar multifaisceaux à haute résolution (455kHz), application au lotissement conchylicole de Sète-Marseillan. Rapport ASA de fin d'activité. 60 pages.

BREHMER P., GERLOTTO F., 2000 – Methodology concept and preliminary analysis on omnidirectional sonar data. Europ. Conf. Under-water Acoustics 2000, 13-17/09/2000, Lyon, France. Pages 1527-1532.

BUESTEL D., 2001 – Propositions d'action de l'IFREMER et de l'IRD en 2001 concernant le problème de la prédation des daurades sur filières. Doc. Sci. IFREMER/RA 14/02/2001. 4 pages.

BUESTEL D., 2000 – Prédation des moules en mer ouverte, note d'information et avis. Doc. Sci. IFREMER/RA 07/2000. 6 pages.

BUESTEL D., 1998 – Prédation des moules de filières en mer ouverte par les daurades, réflexions et propositions de l'IFREMER. Doc. Sci. IFREMER/RA 10/1998. 4 pages.

CAMPILLO A., 1992 – Les pêcheries françaises de Méditerranée : synthèse des connaissances. Rapport interne IFREMER/RV N° 92/019-RH Sète. 206 pages.

CHAUVET C., 1979 – Préliminaire à l'étude de la biologie et à la dynamique du stock tunisien de *Sparus aurata* (L., 1758) Pisces, Sparidae. Synopsis de la croissance Groupes 0^+, 1^+, 2^+. Bull. Off. Natn. Pêch., Tunisie, 1979, 3 (**2**). Pages 241 à 253.

DINER N., MARCHAND B., 1995 – Acoustique et pêche maritime. Edition IFREMER. 147 pages.

DIVANACH P., 1985 – Contribution à la connaissance de la biologie et de l'élevage de 6 sparidés méditerranéens : *Sparus aurata*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Diplodus annularis*, *Lithognathus mormyrus*, *Puntazzo puntazzo* (poissons téléostéens). Thèse de doctorat en Sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc Montpellier II. 479 pages.

FISCHER W., SCHNEIDER M., BAUCHOT M.L., 1987 – Méditerranée et mer noire, zone de pêche 37, révision 1. Fiches FAO d'identification des espèces pour le besoin de la pêche. Pages 1374 à 1375.

GERLOTTO F., 1996 – Le grégarisme et le comportement des bancs de poissons pélagiques : impact sur les évaluations acoustiques et la pêche. Océanis. Volume 22. Pages 93 à 115.

GERLOTTO F., 1993 – Méthodologie d'observation et d'évaluation par hydroacoustique des stocks tropicaux de poissons pélagiques côtiers : impact du comportement et de la distribution spatiale. Thèse de Doctorat en Océanologie, Université de Bretagne. 189 pages.

GERLOTTO F., BREHMER P., BUESTEL D., SANGUINEDE F., 2001 – A method for monitoring of a mussel longline ground using vertical echosounder and multibeam sonar. ICES Annual Science Conference, Oslo. 14 pages (in press).

GERLOTTO F., BREHMER P., 2000 – Rapport de mission Dorade 2000. IFREMER/IRD/SRCM. Ref. HORIZON 94550. 24 pages.

GERLOTTO F., SORIA M., FREON P., 1999 – From two dimensions to three: the use of multibeam sonar for a new approach in fisheries acoustics. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, Vol.12 n°1. 12 pages.

GUENNEGAN Y., BREHMER P., 2001 – Rapport de mission Daudo1. IFREMER/IRD/CNRS, ASA. 18 pages.

LASSERRE G., 1974 – Recherches sur la dynamique des populations des daurades royales *Sparus auratus* L. des régions de Sète et d'Arcachon. Thèse de doctorat en Sciences (Hydrobiologie marine), Université des Sciences et Techniques du Languedoc Montpellier II. 214 pages.

LECORNU L., TOGNI S., DERRODE S., HAMITOUCHE-DJABOU C., 1999 – Segmentation 3D et analyse de bancs de poissons à partir d'une séquence d'images acquise par un sonar multifaisceaux. GRETSI'99 13-17/09/1999, Vannes, France.

LOSTE C., CAZIN F., 1993 – La conchyliculture en mer ouverte en Languedoc Roussillon, situation en 1992. CEPRALMAR. 183 pages.

MENELLA J.Y., 1989 – Mytiliculture de pleine mer en Languedoc-Roussillon : suivi de la qualité des moules de mer et mise au point d'une analyse technico-économique. Rapport de stage, Institut Supérieur des Productions Animales. 98 pages.

MISUND O.A., 1991 – Swimming behaviour of schools related to fish capture and acoustic abundance estimation. Phd. Thesis. Univ. Dpt. of fisheries and marine biology. Bergen, Norway. 132 pages.

MITSON R.B., 1983 – Fisheries sonar. Fishing new books Ltd. Farnham, Surrey, England. 287 pages.

PAQUOTTE P., 1995 – Le marché de la moule en France : évolution de l'offre et de la demande. VIIIèmes Rencontres Interrégionales de l'AGLIA 14-15/09/1995, Talmont Saint Hilaire, France. 16 pages.

PERODOU J.B., 1999 – Puissance de la pêche et relations avec les caractéristiques techniques des navires. Exemple de flottilles pratiquant le chalutage en Méditerranée. Rapport interne IFREMER/RV, N° DRV/RH/RST/99-10. 56 pages.

QUERO J.C., VAYNE J.J., 1997 – Les poissons de mer des pêches françaises. Les encyclopédies du naturaliste, édition Delachaux et Niestlé. Pages 192 à 193.

ROSECCHI E., 1985 – L'alimentation de *Diplodus annularis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris* et *Sparus aurata* (Pisces, Sparidae) dans le Golfe du Lion et des lagunes littorales. Rev. Trav. Inst. Pêches marit., 49 (3 et 4). Pages 125 à 141.

SANGUINEDE F., 2000 – Dynamique du comportement naturel des bancs de *Sardinella aurita* au Venezuela oriental. Rapport de stage, MST "Valorisation des ressources naturelles", Université Pascal Paoli. 44 pages.

SCHERRER B., 1984 – Biostatistique. Edition Gaëtan Morin. 850 pages.

SCHLAMA O., 2001 – Extrait de presse : édition de Sète du Midi Libre du 22/06/2001. Page 3.

SORIA M., 1994 – Structure et stabilité des bancs et agrégations de poissons pélagiques côtiers tropicaux : application halieutique. Thèse de doctorat en Sciences de la vie et Environnement. Université de Rennes I. 284 pages.

SORIA M., FREON P, GERLOTTO F., 1996 – Analysis of vessel influence on spacial behaviour of fish schools using a multi-beam sonar and consequences for biomass astimates by echo-sounder. ICES, Journal of marine science, 53 : pages 451-458.

STATISTICA, 1997 – Manuel de l'utilisateur. Statsoft, Inc., Tulsa, USA.

SYLLA G., 2001 – Variabilité saisonnière dans les pratiques de pêche des chalutiers du port de Sète. Rapport de stage, MST "Valorisation des ressources naturelles", Université Pascal Paoli. 59 pages.

TOSTIN N., 2000 – Résultats de l'enquête menée en 2000 auprès des mytiliculteurs. Doc. Int. Section Régionale de la Conchyliculture de la Méditerranée. 7 pages.

ANNEXES

Annexe A : Itinéraire technique de la mytiliculture de pleine mer (d'après Loste et Cazin, 1993).

Annexe B : Schéma relationnel de la base de données (d'après Pérodou, 1999).

Annexe C : Personnel embarqué à bord du "Julie's" et du "Gryphéa" lors de la campagne Dorade.

Annexe D : Personnel embarqué à bord du "Chlamys" et du "Gryphéa" lors des campagnes Daudo1 et Daudo2.

Annexe E : Radiales de prospection effectuées au cours des campagnes Dorade, Daudo1 et Daudo2.

Annexe F : Photos de la campagne Daudo1 (Sanguinede, 2001).

Annexe G : Exemple de feuille de quart.

Annexe H : Espèces de poisson intervenant dans le phénomène de prédation des moules sur filières exploitées (d'après Porché, 1999).

Annexe I : Image sonar de la campagne Dorade-Nuit montrant un grand nombre d'individus nageant isolés.

Annexe J : Analyses statistiques intra et inter-campagne.

Annexe K : Catalogue des bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

Annexe L : Carte bathymétrique du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan.

Annexe M : Matrice de corrélation des variables caractéristiques des bancs.

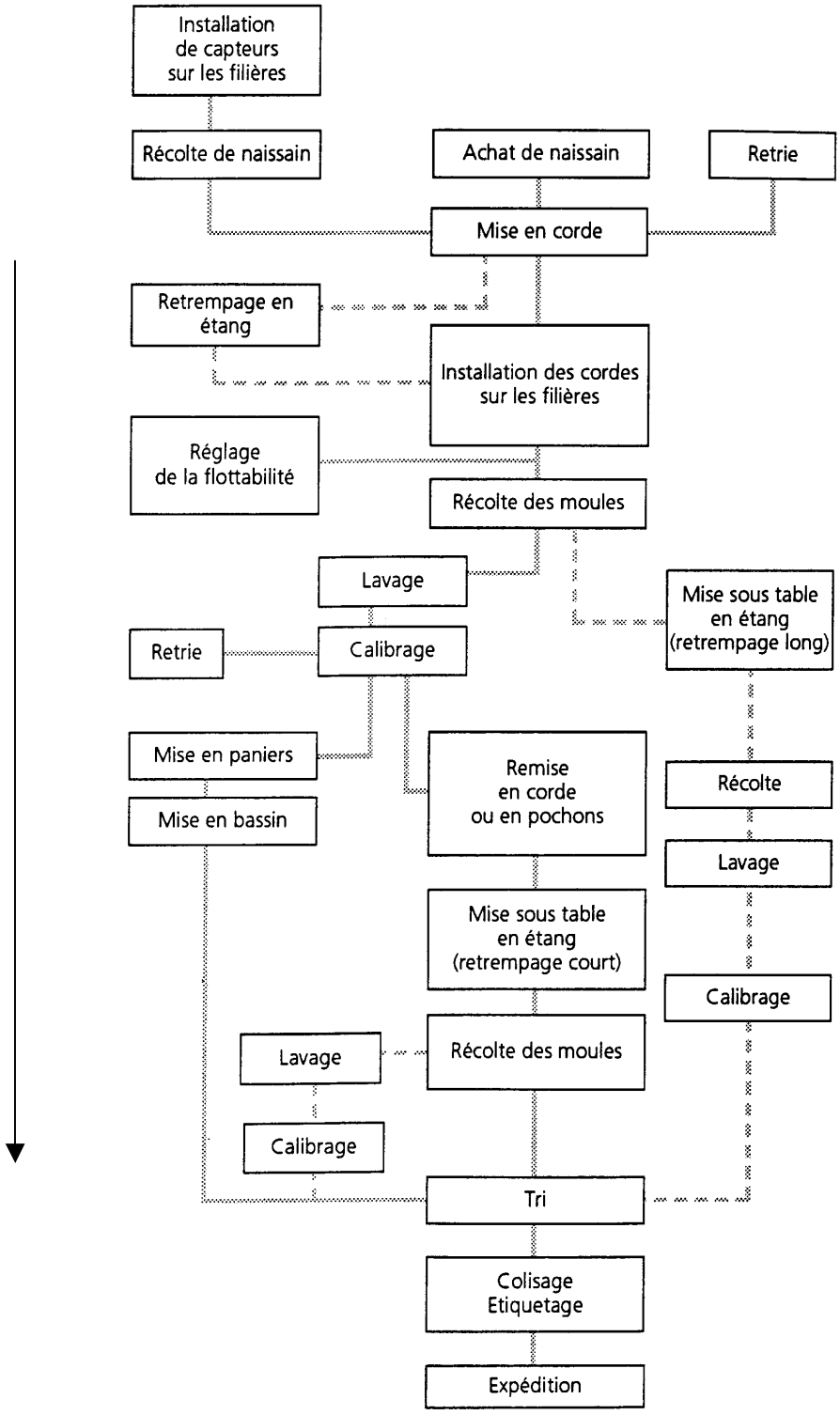
Annexe N : Diagramme schématique de la "double vague d'évitement" (d'après Soria *et al.*, 1996).

Annexe O : Corde à moules ayant subi une prédation (Sanguinede, 2001).

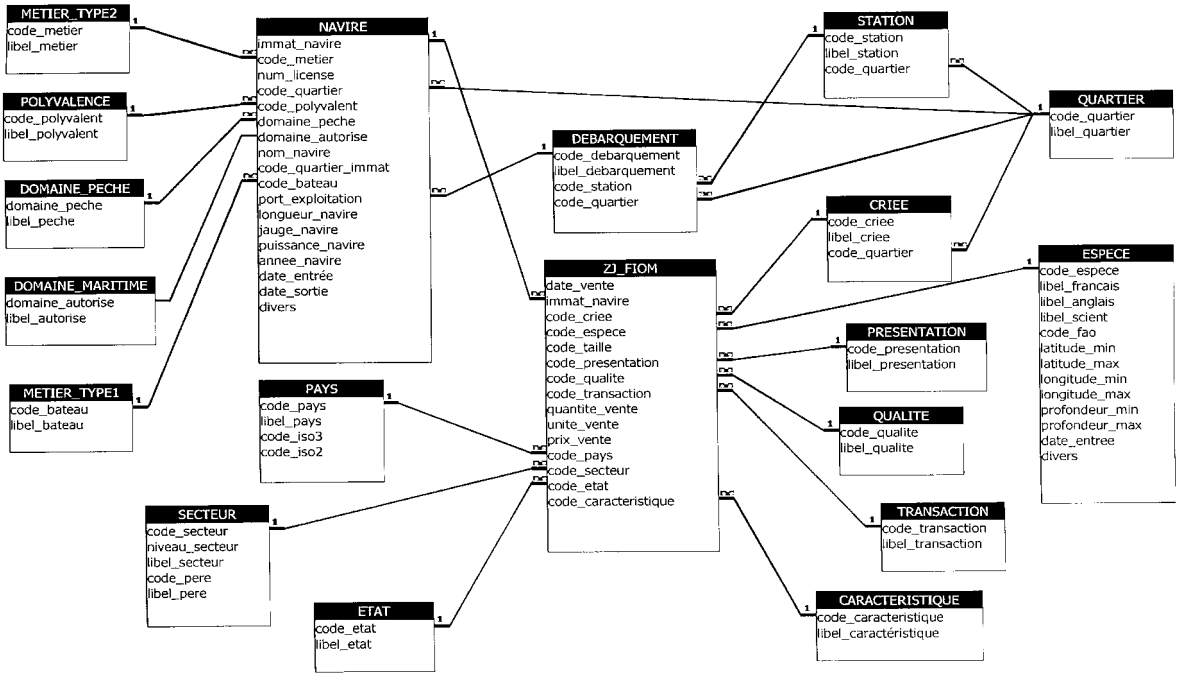
Annexe P : Image sonar d'une filière déformée observée au cours de la campagne Daudo2.

Annexe Q : Evolution des pertes de moules de 1997 à 2000 (Tostin, 2000).

Annexe A : Itinéraire technique de la mytiliculture de pleine mer (d'après Loste et Cazin, 1993).



Annexe B : Schéma relationnel de la base de données (d'après Pérodou, 1999).



Les fichiers de la base sont tous composés d'enregistrements homogènes dont l'organisation de l'ensemble répond à l'application des trois règles suivantes : premièrement il n'y a pas de redondance entre les éléments d'information d'un même fichier, deuxièmement il n'y a pas de redondance entre les éléments d'information des différents fichiers, troisièmement les données intra-fichier sont homogènes entre elles et se rapportent à un même ensemble.

Annexe C : Personnel embarqué à bord du “Julie’s” et du “Gryphéa” lors de la campagne Dorade.

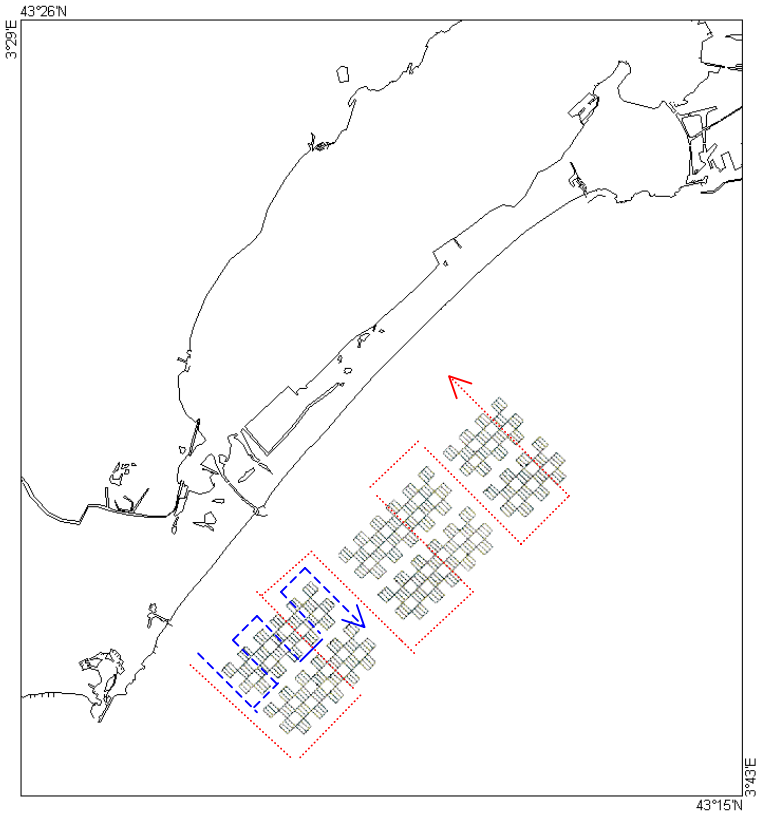
Julie’s			Gryphéa		
Personnel	Poste	Organisme	**Personnel**	Poste	Organisme
F. GERLOTTO	Directeur de recherche	IRD	D. BUESTEL	Plongeur	IFREMER
P. BREHMER	Eco-éthologiste	IRD			
Y. GUENNEGAN	Chercheur halieute	IFREMER			
N. TOSTIN	Chargé de mission	SRCM			
J. ALEXIS	Pilote				
J.L. SALEMME		SRCM			
M. GAILLARD					

Annexe D : Personnel embarqué à bord du “Chlamys” et du “Gryphéa” lors des campagnes Daudo1 et Daudo2.

Chlamys			Gryphéa		
Personnel	Poste	Organisme	**Personnel**	Poste	Organisme
Y. GUENNEGAN	Chef de mission	IFREMER	D. BUESTEL	Plongeur	IFREMER
D. PETIT	Halieute acousticien	IRD	J. OHEIX	Plongeur	IFREMER
P. BREHMER	Eco-éthologiste	IRD-ASA	P. LEGAL	Plongeur	IFREMER
B. LIOURZOU	Halieute acousticien	IFREMER			
J.P. LAGARDERE	Acousticien	CNRS			
F. SANGUINEDE	Stagiaire	IRD			

Chlamys		
Personnel	Poste	Organisme
Y. GUENNEGAN	Chef de mission	IFREMER
P. BREHMER	Eco-éthologiste	IRD-ASA
F. SANGUINEDE	Stagiaire	IRD

Annexe E : Radiales de prospection effectuées au cours des campagnes Dorade, Daudo1 et Daudo2.



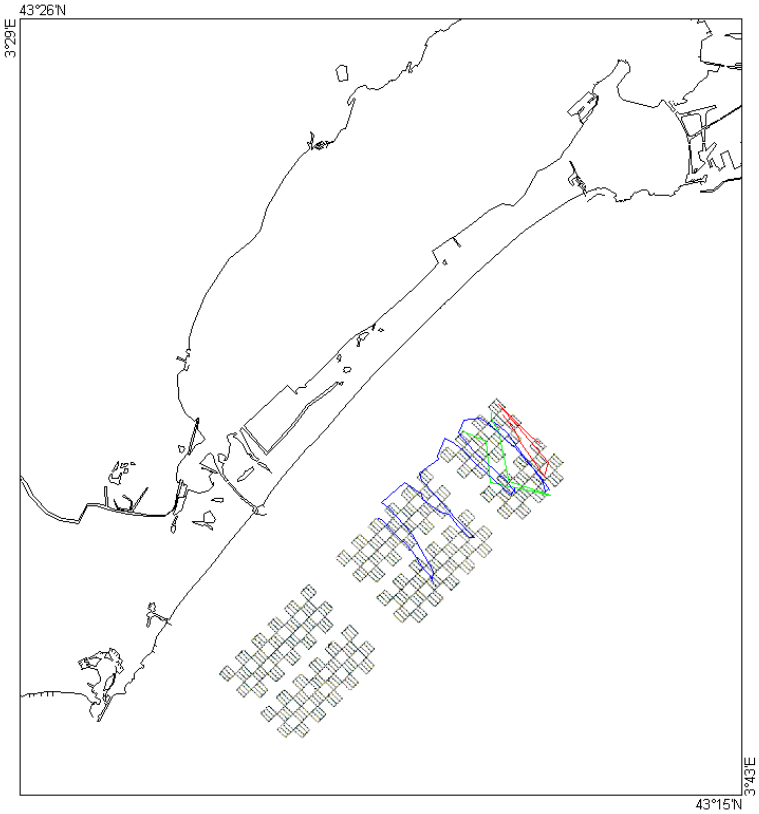
Trajet réalisé au cours de Dorade-J1

Trajet réalisé au cours de Dorade-J2

Trajet réalisé au cours de Daudo1-J1

Trajet réalisé au cours de Daudo1-J2

Trajet réalisé au cours de Daudo2



Annexe F : Photos de la campagne Daudo1 (Sanguinede, 2001).

Sonar multifaisceaux fixé sur le bras articulé

Bouée de surface

Passage d'un chalutier à proximité du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan

Heure UTC (hh:mm:ss)	N° K7	N° Filière	GPS Lat.	GPS Long.	Action	Vitesse	T° surface (°C)	Observations Banc	Observations Cibles isolées	Remarques
12:22:05	1	0			P					Range 100m (beaucoup de parasites)
12:23:09	1	0			P			Banc 14 observé pendant 14s		
12:23:47	1	0			P			Banc 15 observé pendant 24s		Très joli banc qui apparaît sous le bateau
12:24:50	1	0			P			Banc 16 observé pendant 8s		Très joli banc
12:25:16	1	Début Filière 11			P			Banc 17 observé pendant 6s		Filière 11 bien remplie
12:25:34	1	11			P			Banc 18 observé pendant 13s		
12:25:51	1	11	43°19,72	3°39,24	P	3	13,8			
12:26:34	1	11			P				Echos multiples observé pd 4s	
12:26:40	1	11			P				Cibles isolées observées pd 22s	Cibles isolées proches des cordes
12:27:56	1	Fin Filière 11			P					
12:34:08	1	Début Filière 12			P					Filière 12 à 30m à moitié remplie
12:34:24	1	Début Filière 13, 12			P					
12:36:08	1	12, 13			P				Cibles isolées observées pd 10s	Cibles isolées autour de la Filière 13
12:36:19	1	12, 13	43°19,54	3°39,16	P	3	13,8	Banc 19 observé pendant 5s		Très joli banc entre 2 filières

Date : 16/05/2001 **Personnel embarqué : Y.G., B.L., P.B., D.P., F.S.** **Page N° 6**

Annexe G : Exemple de feuille de quart.

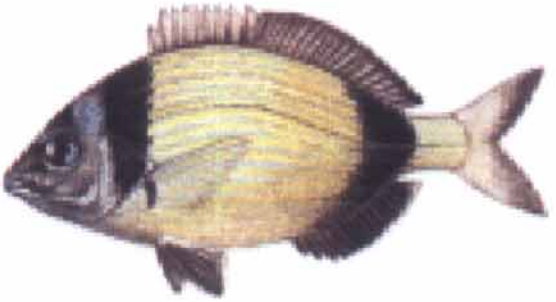
Annexe H : Espèces de poisson intervenant dans le phénomène de prédation des moules sur filières exploitées (d'après Porché, 1999).

La dorade royale *Sparus aurata* (Linné, 1758)

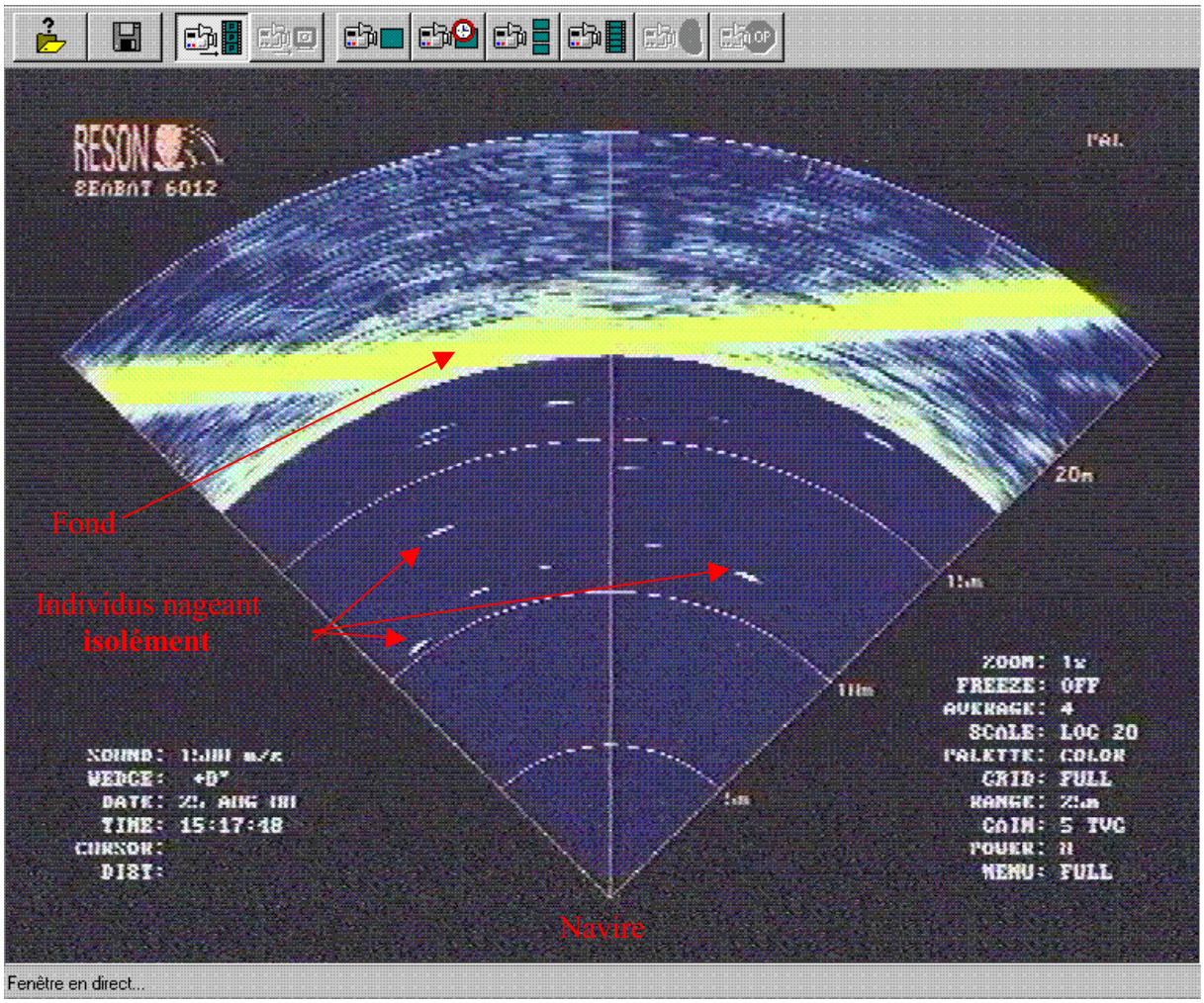
Le pageot acarné *Pagellus acarne* (Risso, 1826)

Le pageot commun *Pagellus erythrinus* (Linné, 1758)

Le sar commun *Diplodus vulgaris* (Geoffroy St. Hilaire, 1817)



Annexe I : Image sonar de Dorade-Nuit montrant
un grand nombre d'individus nageant isolés.



Annexe J : Analyses statistiques intra et inter-campagne.

Tests de Levene

		ddl	Effet MC	Erreur MC	F	p
Analyse intra-campagne Dorade-J1/J2	**Largeur**	59	63,481	4,330	14,660	**0,0003**
	Hauteur	59	7,749	1,697	4,566	**0,0368**
	Longueur	59	530,559	34,491	15,382	**0,0002**
	Surface relative	59	3468,701	237,460	14,608	**0,0003**
	Volume relatif	59	3655900	87018	42,013	**2,03E-08**
	Altitude	59	5,282	4,283	1,233	**0,2713**
	Distance au navire	59	0,045	7,209	0,006	**0,9371**
Analyse intra-campagne Daudo1-J1/J2	**Largeur**	71	26,423	5,507	4,798	**0,0318**
	Hauteur	71	0,964	1,576	0,612	**0,4368**
	Longueur	71	222,952	22,284	10,005	**0,0023**
	Surface relative	71	644,878	284,063	2,270	**0,1363**
	Volume relatif	71	829262	61563	13,470	**0,0005**
	Altitude	71	160,840	5,347	30,081	**6,00E-07**
	Distance au navire	71	275,626	117,702	2,342	**0,1304**
Analyse inter-campagne Dorade-Daudo1	**Largeur**	132	0,052	6,030	0,009	**0,9261**
	Hauteur	132	0,054	1,724	0,031	**0,8604**
	Longueur	132	0,630	38,004	0,017	**0,8978**
	Surface relative	132	18,443	303,139	0,061	**0,8056**
	Volume relatif	132	10941	113003	0,097	**0,7562**
	Altitude	132	19,447	6,340	3,067	**0,0822**

Analyse de variances

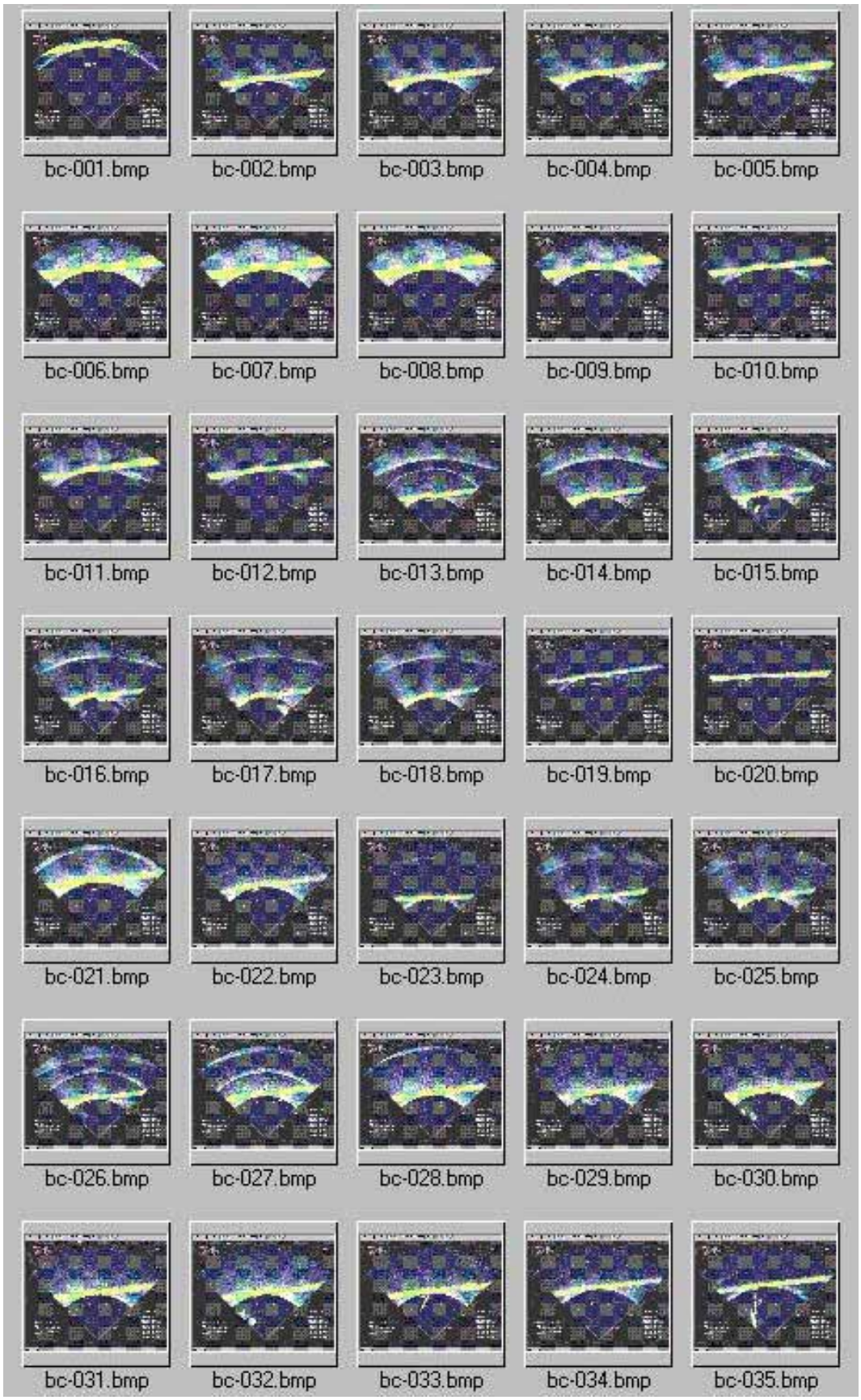
		ddl	Effet MC	Erreur MC	F	p
Analyse intra-campagne Dorade-J1/J2	**Altitude**	59	36,553	13,358	2,736	**0,1034**
	Distance au navire	59	12,945	25,471	0,508	**0,4787**
Analyse intra-campagne Daudo1-J1/J2	**Hauteur**	71	6,233	3,728	1,672	**0,2002**
	Surface relative	71	2707	503,921	5,373	**0,0233**
	Distance au navire	71	819,933	308,681	2,656	**0,1076**
Analyse inter-campagne Dorade-Daudo1	**Largeur**	132	0,454	12,272	0,037	**0,8479**
	Hauteur	132	55,374	3,851	14,377	**0,0002**
	Longueur	132	9,681	64,794	0,149	**0,6997**
	Surface relative	132	1163,280	541,831	2,147	**0,1452**
	Volume relatif	132	34088	180843	0,189	**0,6649**
	Altitude	132	136,446	18,060	7,555	**0,0068**

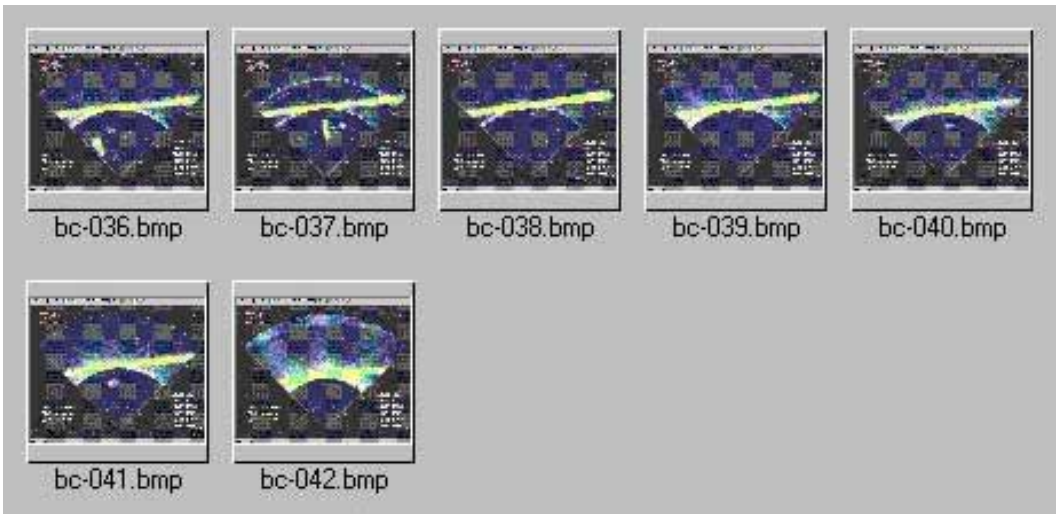
Tests de Kolmogorov-Smirnov

		Max Nég Diff.	Max Pos Diff.	N J1	N J2	Niveau p
Analyse intra-campagne Dorade-J1/J2	**Largeur**	-0,317	0,006	42	19	**p > 0,10**
	Hauteur	-0,471	0	42	19	**p < 0,01**
	Longueur	-0,402	0,005	42	19	**p < 0,05**
	Surface relative	-0,394	0	42	19	**p < 0,05**
	Volume relatif	-0,436	0,029	42	19	**p < 0,025**
Analyse intra-campagne Daudo1-J1/J2	**Largeur**	-0,056	0,441	26	47	**p < 0,005**
	Longueur	0,000	0,223	26	47	**p > 0,10**
	Volume relatif	-0,039	0,339	26	47	**p < 0,05**
	Altitude	-0,331	0,183	26	47	**p < 0,10**

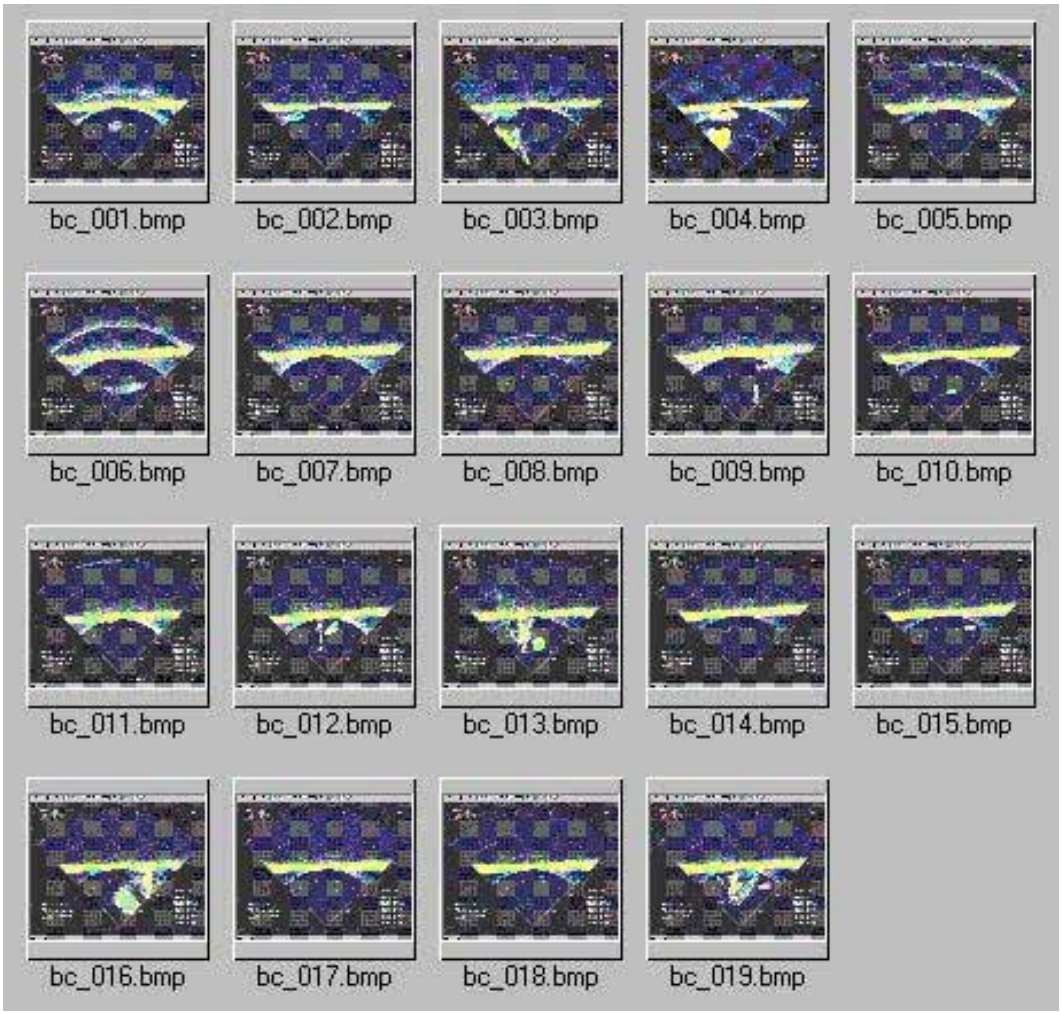
Annexe K : Catalogue des bancs observés au cours des campagnes acoustiques.

Bancs observés au cours de Dorade-J1.



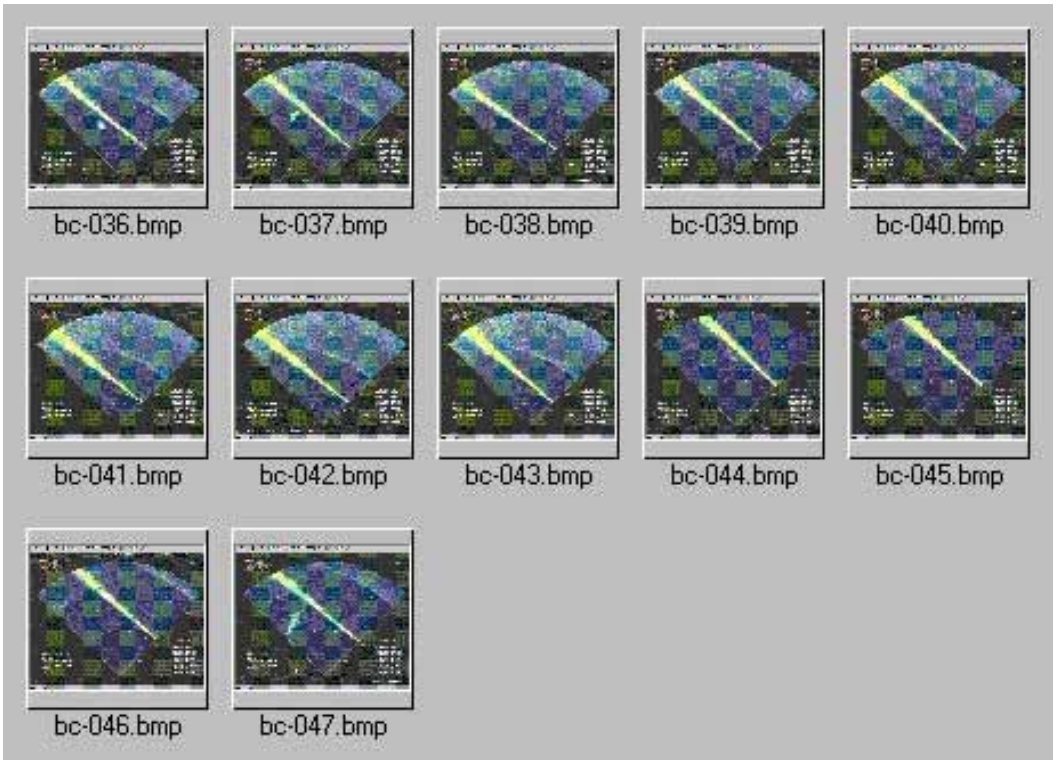


Bancs observés au cours de Dorade-J2.



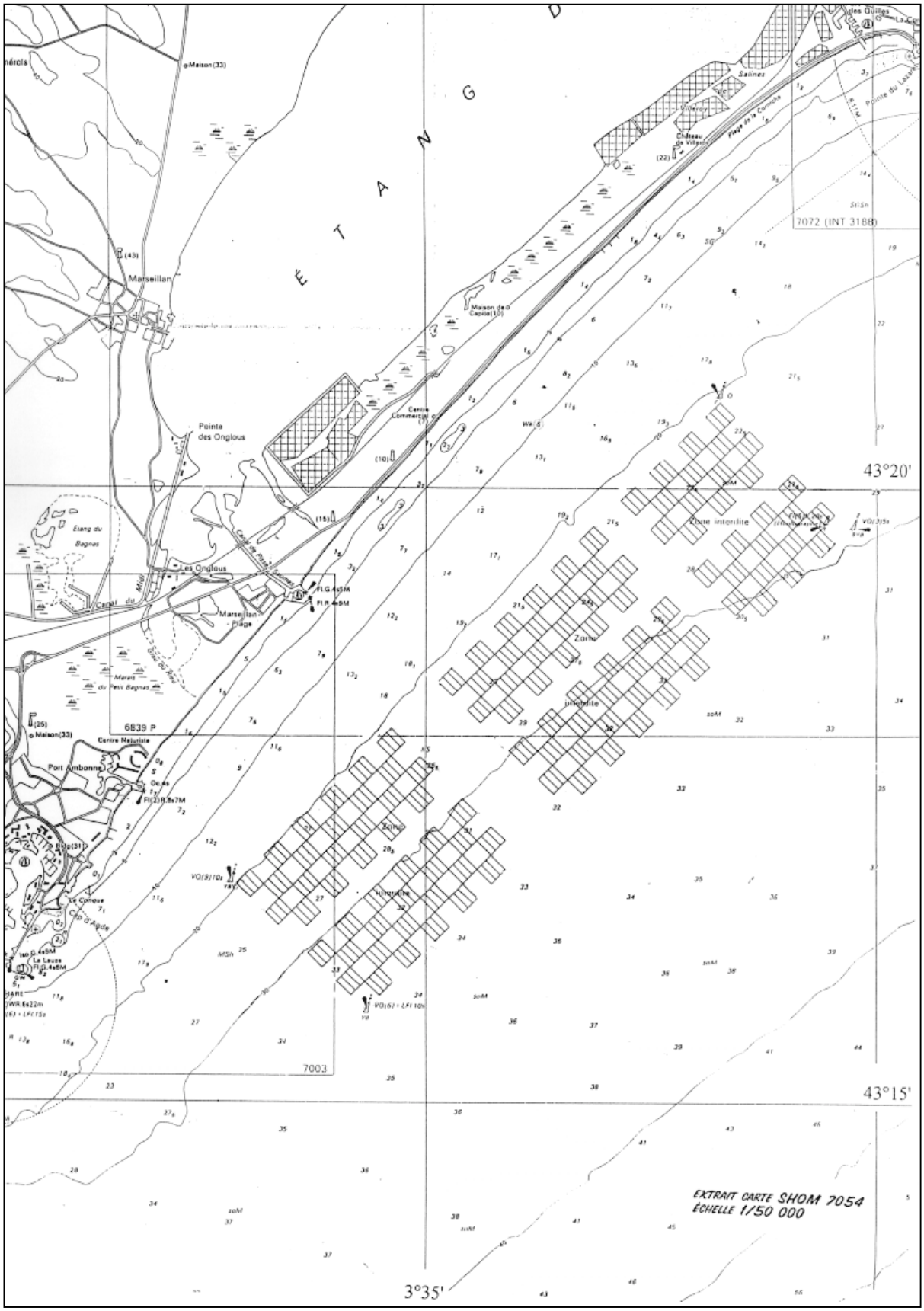
Bancs observés au cours de Daudo1-J1.

Bancs observés au cours de Daudo1-J2.



Bancs observés au cours de Daudo2.

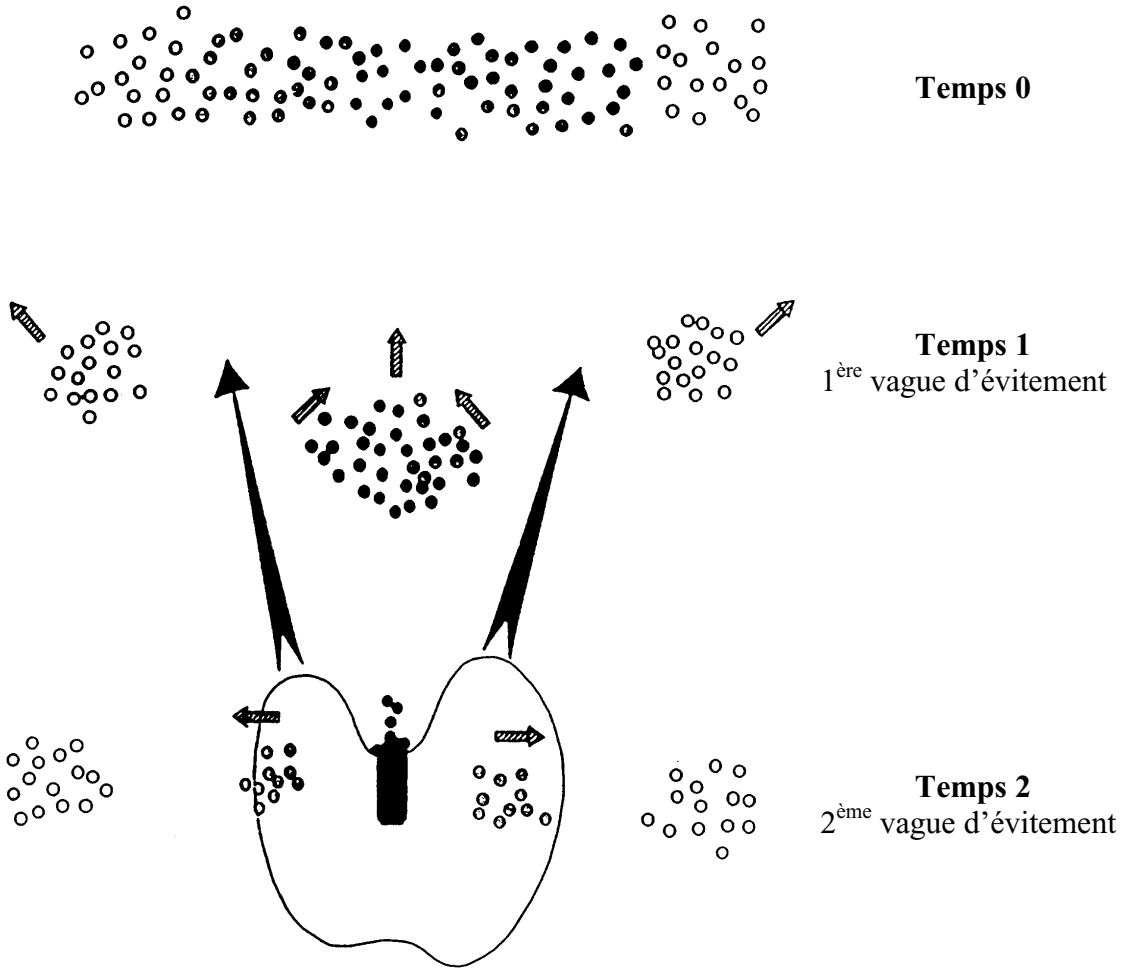
Annexe L : Carte bathymétrique du lotissement conchylicole de Sète-Marseillan.



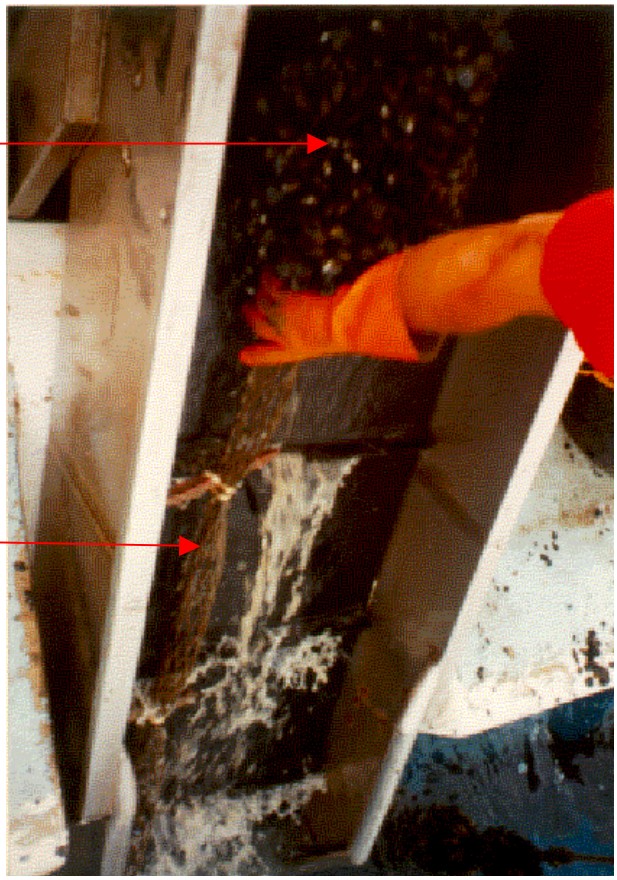
Annexe M : Matrice de corrélation des variables caractéristiques des bancs (corrélation significative marquée à $p < 0,05$, $N = 140$).

	Largeur	Hauteur	Longueur	Altitude	Dnav	Dfil	Bathymétrie	Surface	Volume
Largeur	1	0,412	0,405	-0,040	-0,060	0,129	0,043	0,826	0,645
Hauteur	0,412	1	0,355	0,174	0,422	0,125	0,068	0,771	0,596
Longueur	0,405	0,355	1	-0,091	0,220	-0,023	0,182	0,356	0,838
Altitude	-0,040	0,174	-0,091	1	-0,127	-0,050	0,110	0,106	0,007
Dnav	-0,060	0,422	0,220	-0,127	1	-0,064	0,298	0,117	0,133
Dfil	0,129	0,125	-0,023	-0,050	-0,064	1	-0,149	0,175	0,033
Bathymétrie	0,043	0,068	0,182	0,110	0,298	-0,149	1	0,076	0,098
Surface	0,826	0,771	0,356	0,106	0,117	0,175	0,076	1	0,704
Volume	0,645	0,596	0,838	0,007	0,133	0,033	0,098	0,704	1

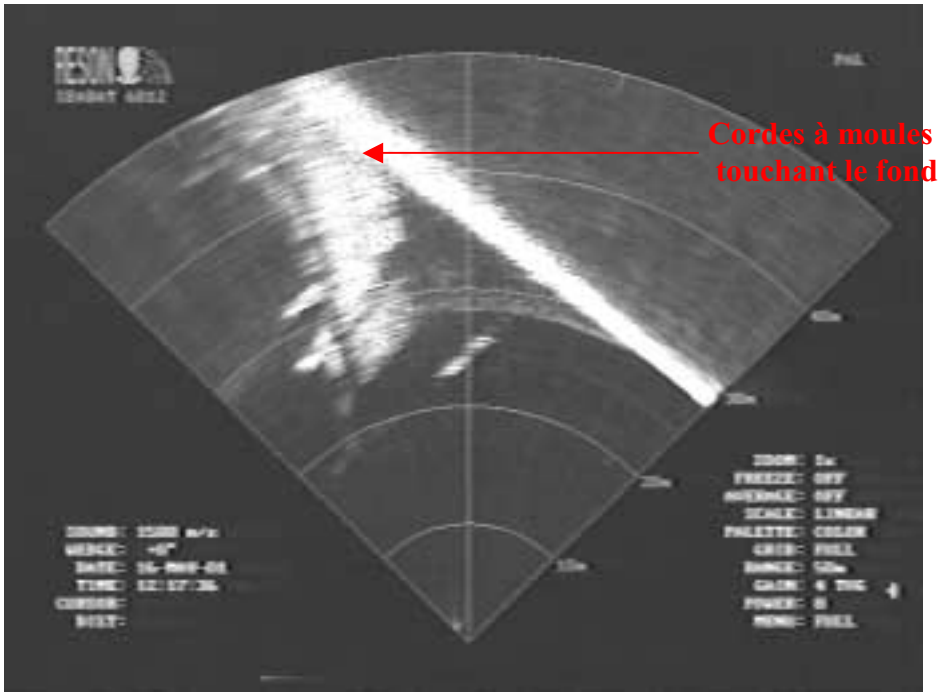
Annexe N : Diagramme schématique de la “double vague d’évitement” (d’après Soria *et al.*, 1996).



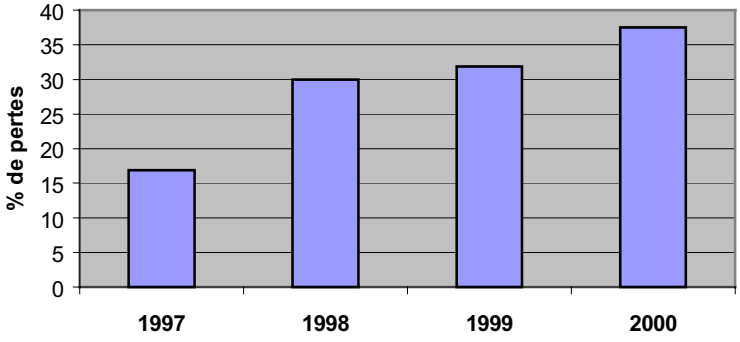
Annexe O : Corde à moules ayant subi une prédation (Sanguinede, 2001).

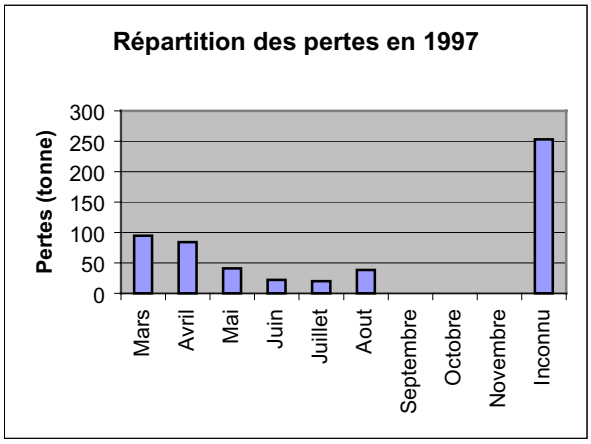


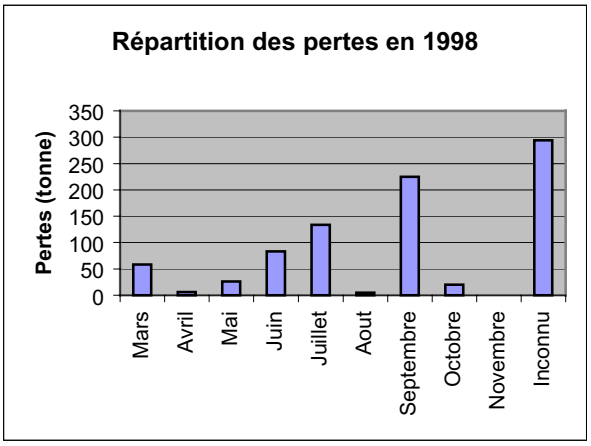
Annexe P : Image sonar d'une filière déformée observée au cours de la campagne Daudo2.

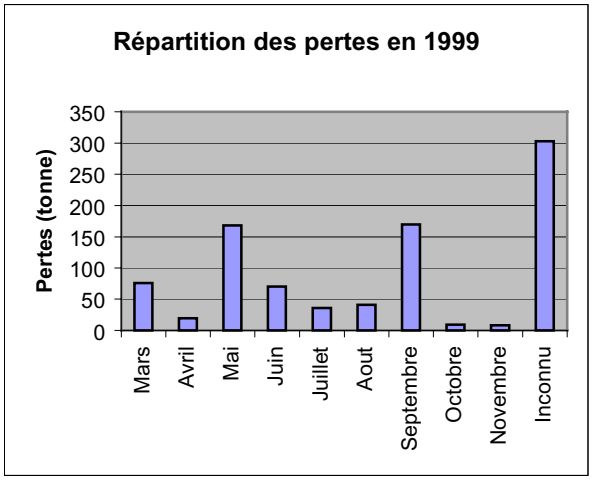


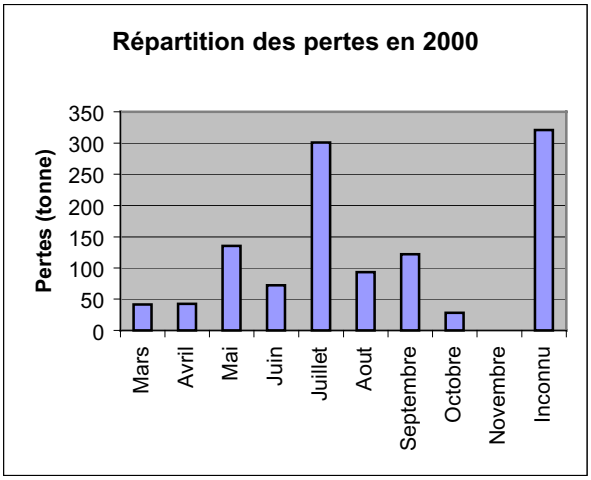
Annexe Q : Evolution des pertes de moules de 1997 à 2000 (Tostin, 2000).











RESUME

La mytiliculture sur filières exploitées en pleine mer est devenue une activité très importante en Languedoc Roussillon. Or, depuis 1996, on observe des pertes conséquentes en élevage dues à la prédation de poissons identifiés comme étant des daurades royales, des pageots et des sars. Le phénomène a augmenté de telle façon qu'il met en danger l'activité en elle-même. Les campagnes Dorade, Daudo1 et Daudo2 menées durant l'été 2000 et le printemps 2001 ont permis de détecter à l'aide d'un sonar multifaisceaux les bancs de poissons présents sur le lotissement conchylicole de Sète-Marseillan. Nous avons observé des types de structures agrégatives particulières qui sont à l'origine d'une hétérogénéité entre jours de prospection. La distribution spatiale des bancs à l'intérieur de la zone est hétérogène. Par ailleurs, il semblerait que l'exploitation ait abouti à enrichir le milieu et que plusieurs espèces de poissons se soient adaptées à ces nouveaux abris et à cette nouvelle ressource alimentaire. L'outil acoustique a montré les capacités qu'il peut avoir dans la gestion d'un écosystème (observation des filières à moules). La recherche d'une solution durable et rationnelle au problème de la prédation passe par des études beaucoup plus larges sur les espèces incriminées qui nous sont apparues sous-exploitées.

Mots clefs : filière à moules, prédation, banc de poissons, daurade, pageot, sar, sonar, pêche.

ABSTRACT

Mussel aquiculture on longline along the Mediterranean coast has become an important economic activity in Languedoc Roussillon (south France). But predation of mussel by sparids have an increasing negative effect on the mussel production activity since 1996. The predation has reached such a level that the exploitation is almost unbalanced. Surveys in summer 2000 and in spring 2001 allowed to detect fish schools with a multibeam sonar. We have observed particular types of aggregation bringing about a difference between days propection. Spatial distribution of fish schools appears heterogeneous. Moreover, this aquiculture is likely to have quite positive effects on the ecosystem increasing fish densities. This study has also shown the capability of the acoustic methods to monitor this kind of ecosystem (longline observation). Longer surveys would be necessary to study Sparids incriminated which doesn't seem to be completly exploited.

Key words : mussels longline, predation, fish schools, gilthead, seabream, sonar, fishing.