



PERSPECTIVES DE L'ACOUSTIQUE PECHE :
CONCLUSIONS DU SYMPOSIUM D'ABERDEEN

Carla SCALABRIN

Octobre 1995

**IFREMER**

Direction de l'Ingénierie, de la Technologie et de l'Informatique

692.1

Centre de BREST
B.P. 70 - 29280 PLOUZANE (France)
Tél : 98-22-40-40
Télex : 940 627
Télécopie : 98-22-41-35

Rapport numéro

95.23

TITRE :**Date :** Octobre 1995**PERSPECTIVES DE L'ACOUSTIQUE-PECHE :
CONCLUSIONS DU SYMPOSIUM D'ABERDEEN****AUTEUR (S) :** Carla SCALABRIN**Nbre pages :** 20**ORIGINE :** DITI/NPA**Nbre figures :****Contrat/Projet IFREMER/TELECOM-Bretagne****N° 3GX C 7523****Intitulé :****RESUME :**

Ce rapport est composé de deux parties. La première présente une synthèse sur l'utilisation actuelle et prospective de l'acoustique, soulignant les tendances et les besoins technologiques pour faire de l'acoustique un moyen privilégié d'observation des écosystèmes. La participation de la recherche française dans le domaine y sera analysée avec une attention particulière. La deuxième présente un résumé et les points marquants du Symposium International sur les Méthodes Acoustiques Appliquées à l'Etude des Organismes Aquatiques (International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics), organisé à Aberdeen en juin 1995.

Mots clés : Acoustique, Pêche, CIEM Symposium, Aberdeen.

Ce document, propriété de l'IFREMER, ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation.

Diffusion

Libre

PERSPECTIVES DE L'ACOUSTIQUE-PECHE

Carla SCALABRIN

Rapport du contrat d'étude n° 3GX C 7523 entre IFREMER et TELECOM-Bretagne
(juin 1995, responsable : M. Christian ROUX, Département Image et Traitement de
l'Information)

SOMMAIRE

Introduction.....	page 2
I. Analyse prospective de l'acoustique environnementale.....	page 3
Conclusion.....	page 9
II. International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics.....	page 11
Bibliographie.....	page 19
Annexe.....	page 20

INTRODUCTION

L'acoustique-pêche est un domaine multidisciplinaire où des scientifiques de formation différentes et représentant des intérêts diversifiés coopèrent pour une utilisation plus efficace des moyens acoustiques dans l'observation des organismes aquatiques. Les halieutes souhaitant utiliser l'acoustique, ont en permanence le besoin de travailler avec les ingénieurs et physiciens. En contrepartie, ceux qui travaillent sur les aspects théoriques et techniques de l'acoustique s'aperçoivent que le domaine de leurs travaux est enrichi par les axes de recherche que peuvent proposer les scientifiques spécialisés dans les sciences de la vie, et que les connaissances de ces derniers peuvent aider à la compréhension des phénomènes acoustiques observés dans le milieu marin. Cette interdépendance et coopération, qui vont au-delà des limites bien définies de chaque domaine, ont fait de l'acoustique-pêche une discipline riche et en constante évolution.

Le terme acoustique-pêche, traduction de "fisheries acoustics", représente mal l'extension de ses applications et la potentialité de ses ressources pour l'observation des écosystèmes aquatiques. "Scientific fisheries acoustics" a été à l'origine le terme utilisé pour rassembler les techniques quantitatives employées pour évaluer l'abondance des poissons pélagiques, normalement exploités par la pêche commerciale. Des développements importants ont été réalisés pour améliorer la précision des évaluations acoustiques et l'efficacité des techniques employées. Le domaine s'est également élargi en prenant en compte les aspects liés au comportement acoustique des poissons, l'aquaculture, la classification et l'identification des cibles (espèces), l'étude du plancton et des algues. Ainsi, le terme acoustique-pêche ou "fisheries acoustics" est resté figé dans l'esprit de la première génération des scientifiques qui se sont lancés dans le domaine et a ensuite été institutionnalisé, malgré l'élargissement de son contenu.

Entre 1987, date du Congrès International d'Acoustique-Pêche à Seattle, et 1995, date du Congrès suivant à Aberdeen, presque dix ans se sont écoulés. La tenue de ce congrès permet de faire le point sur l'utilisation de l'acoustique, non plus restreinte à l'application pêche, mais plus globalement liée à l'étude de l'écosystème.

Ce rapport est composé de deux parties. La première présente une synthèse sur l'utilisation actuelle et prospective de l'acoustique, soulignant les tendances et les besoins technologiques pour faire de l'acoustique un moyen privilégié d'observation des écosystèmes. La participation de la recherche française dans le domaine y sera analysée avec une attention particulière. La deuxième présente un résumé et les points marquants du Symposium International sur les Méthodes Acoustiques Appliquées à l'Etude des Organismes Aquatiques (International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics), organisé à Aberdeen en juin 1995.

I - ANALYSE PROSPECTIVE DE L'ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE

La première observation acoustique de l'ichtyofaune marine, enregistrée sous la forme d'un échogramme, date de 1927. Cependant, c'est seulement à partir des années 60 que la possibilité d'estimer la biomasse de poissons par acoustique a été sérieusement envisagée.

Le premier symposium sur le sujet (Hydro-acoustics in Fisheries Research) a eu lieu à Bergen en 1973. Le thème caractéristique du symposium de 1973 concerne les aspects technologiques et méthodologiques qui permettraient la validation des estimations de biomasse. Le travail de Nakken et Olsen sur l'index de réflexion de différentes espèces de poissons est considéré comme le plus important de cette période. Ces mesures ont permis d'établir une corrélation plus précise entre l'énergie reçue et la biomasse détectée en fonction des espèces échantillonnées. Il restait encore un problème important à résoudre concernant l'étalonnage des équipements. La quantification précise de l'énergie émise et reçue par chaque équipement était nécessaire pour la comparaison de données entre campagnes. De cette façon, les évaluations acoustiques de la biomasse pourraient être intégrées au système de gestion des stocks utilisé par le CIEM.

Ce sujet a été abordé pendant le symposium de 1982, organisé aussi à Bergen (Symposium on Fisheries Acoustics). La méthode d'étalonnage adoptée utilise une sphère en cuivre électrolytique, qui permet une connaissance précise de son index de réflexion. Par conséquent, il est possible de mesurer la somme de l'énergie réelle émise et reçue. Le deuxième point fort du symposium a été la démonstration expérimentale du principe de linéarité, sous-jacent à la théorie sur l'évaluation acoustique de la biomasse. Foote a pu démontrer que l'énergie récupérée est proportionnelle à la quantité de cibles présentant les mêmes propriétés acoustiques.

Le symposium suivant a eu lieu à Seattle en 1987 (Developments in Fisheries Acoustics). La question de la mesure *in situ* de l'index de réflexion des poissons a été le thème principal. Les premières mesures utilisant la nouvelle technologie "split-beam" et "dual-beam" ont été présentées. En théorie, la mesure *in situ* de l'index de réflexion serait plus précise que l'utilisation des modèles de régression reliant l'index à la longueur du poisson. Si l'échantillonnage acoustique est réalisé sur une population monospécifique avec des échos dispersés, il est alors possible de réduire la fréquence de l'échantillonnage biologique, puisque l'information sur la longueur du poisson n'est plus nécessaire. La contrainte majeure de cette méthode est la nécessité de pouvoir détecter du poisson isolé. Cependant, d'autres travaux présentés pendant ce symposium démontraient le besoin d'une approche statistique pour comprendre le processus stochastique régissant la distribution des valeurs de l'index de réflexion mesurées *in situ*.

Ce symposium marque aussi un tournant important dans le développement de la discipline par l'intégration généralisée de l'informatique. La numérisation du signal et la capacité de sauvegarder les données brutes sur support informatisé, la visualisation (l'écran remplace les échogrammes sur papier) et les traitements logiciels de données en temps réel ou *a posteriori*, ont certainement contribué à élargir le domaine de recherche permettant d'intégrer d'autres thèmes. Pour la première fois, l'utilisation de l'acoustique dépasse le cadre de l'évaluation de la biomasse. Le comportement, l'étude des bancs de poissons, le plancton, l'identification acoustique de cibles biologiques, la stratégie d'échantillonnage et l'acoustique large-bande commencent à apparaître comme les nouveaux thèmes de recherche.

Enfin, en 1995 à Aberdeen, a eu lieu le quatrième symposium (Fisheries and Plankton Acoustics). Le titre est déjà révélateur de l'évolution de la discipline, avec l'introduction du plancton comme sujet d'étude à égalité avec le poisson. La conclusion commune des chercheurs, travaillant dans le domaine depuis les années 60, concerne la reconnaissance et la maturité acquise par cette technique comme outil de mesure quantitative de la biomasse, surtout en milieu monospécifique (Van Holliday, MacLennan).

Cependant, le constat le plus remarquable se réfère à l'utilisation de l'acoustique comme un des moyens d'observation le mieux adapté pour extraire de l'information sur les relations qui s'établissent entre organismes aquatiques et leur environnement. Ce constat est compatible avec la tendance interdisciplinaire des études océanographiques. Il est aussi cohérent avec la sensibilité, récemment développée au sein de la communauté scientifique du CIEM, sur l'importance de comprendre les interactions entre l'océanographie physique et le réseau trophique de façon à les intégrer complètement dans la question plus large de la gestion des ressources naturelles renouvelables.

Rebaptiser l'acoustique-pêche "acoustique environnementale" peut être une conséquence directe de cette évolution. Il est évident que tous les paramètres nécessaires à la compréhension de la structure et du fonctionnement des écosystèmes ne peuvent pas être mesurés par l'acoustique. Néanmoins, à l'avenir, l'utilisation conjointe des capteurs classiques (images satellitaires, bouées automatisées, prélèvements biologiques) avec des systèmes acoustiques multi-échelles et multi-fréquences stationnaires ou non-stationnaires, pourra permettre l'extraction de l'information nécessaire pour une meilleure connaissance de l'écosystème marin.

Malgré les problèmes et les besoins en développement technologique qui subsistent, et qui seront discutés plus loin, l'acoustique permet ou permettra à court terme de qualifier la nature du fond, d'étudier le comportement et la structure des agrégations biologiques en 3 dimensions, de discriminer le plancton de l'ichtyofaune, d'identifier les espèces, de quantifier la biomasse avec le temps, d'étudier le comportement des poissons isolés, de mesurer la vitesse et la direction de déplacement des cibles isolées ou groupées. La basse-fréquence augmentera la portée permettant une surveillance continue du milieu sur des portées de dizaines de kilomètres. La haute-fréquence fixée sur les bouées permet déjà l'étude du comportement individuel du plancton (vitesse de rotation, prédation) et même du phytoplancton. L'utilisation de l'effet Doppler permet d'étudier les interactions proie-prédateur entre différentes espèces de poissons. L'étude du comportement dynamique des bancs de poissons est déjà une réalité. La caractérisation des masses d'eau par la tomographie avance rapidement.

Ainsi, l'information contenue dans les données acoustiques constitue une partie de celles nécessaires pour la modélisation des écosystèmes. Parler d'acoustique environnementale signifie que l'on lui donne une identité qui est plus en accord avec les potentialités offertes par ce moyen d'observation. Plusieurs points marquants de ce Symposium peuvent être analysés en rapport avec cette idée.

PLANCTON

Le premier point est l'importance de l'effort réalisé pour l'étude acoustique du plancton. Les USA dominent largement le sujet : modélisation physique du processus de rétrodiffusion par

différentes espèces de plancton (session 6)*, identification des espèces (session 3), observation en 3 dimensions à haute résolution (session 11). Le phytoplancton commence à être étudié par les russes (session 6).

La France est actuellement très peu impliquée dans ce type d'application et ceci est d'autant plus regrettable que le plancton occupe le premier niveau du réseau trophique et est très sensible aux problèmes d'environnement (pollution, variabilité du système physique). L'implantation d'équipements acoustiques sur des bouées, avec enregistrement en continu de données sur plusieurs années est réalisée depuis 10 ans par des instituts de recherche d'Amérique du Nord. Il serait possible d'envisager, dans l'avenir, l'implantation des capteurs acoustiques sur des bouées de surveillance de l'environnement.

En ce qui concerne les limites et les besoins technologiques pour l'étude acoustique du plancton, quatre remarques de Van Holliday sont intéressantes :

- 1) la connaissance acquise sur le processus de rétrodiffusion acoustique du plancton permet de conclure que les régressions classiques utilisées ne sont pas de bons descripteurs de la relation entre l'énergie rétrodiffusée et l'abondance, la taille, l'espèce et le comportement;
- 2) un effort technologique est nécessaire pour augmenter la résolution de l'échantillonnage du plancton dans l'espace ka , ceci veut dire que la bande de fréquence étroite ne peut pas prendre en compte la complexité de la distribution du plancton *in situ*;
- 3) une connaissance plus approfondie du processus physique de rétrodiffusion permettra une estimation utile de la biomasse et d'autres paramètres biophysiques;
- 4) l'identification des espèces peut être obtenue en combinant l'information acoustique avec des informations sur l'environnement, sur le comportement et la distribution temporelle et spatiale.

En conclusion, deux thèmes de recherche sont importants pour l'étude acoustique du plancton : un effort en modélisation et validation du processus de rétrodiffusion et le développement technologique large-bande.

ADCP

Un autre point marquant du Symposium, est l'utilisation nouvelle et systématique des **ADCP** (Acoustic Doppler Current Profiler) pour la détection planctonique (sessions 1 et 10). Cet équipement réalise un échantillonnage biologique et physique avec la même résolution spatio-temporelle, permettant d'étudier le phénomène d'agrégation en relation à la physique des océans. En outre, son implantation généralisée à bord des navires de recherche favorise son utilisation.

Cependant, trois facteurs doivent être pris en compte avant une réelle application en termes d'évaluation de la biomasse: une seule fréquence de travail est disponible, l'étalonnage en mer n'est pas possible et la résolution spatiale et temporelle est limitée par le temps nécessaire pour mesurer avec précision les courants. Les corrections nécessaires sont loin d'être simples et il paraît que pour le moment l'ADCP ne peut pas remplacer un système multi-fréquences bien

* Le numéro de la session, entre parenthèses, renvoie le lecteur à la deuxième partie du document pour une description plus détaillée

calibré quant à la qualité de l'information. Néanmoins, il peut être intéressant de maintenir une activité de veille technologique sur cette voie, qui n'est pas du tout exploitée en France.

CLASSIFICATION ET IDENTIFICATION DES ESPECES

L'identification acoustique des espèces (session 3) est considérée comme le grand défi de la discipline pour la prochaine décennie. Il est intéressant de signaler que seulement 6 communications sur l'identification des espèces avaient été présentées lors du congrès de Seattle en 1987 et que moins de dix ans après, le sujet était certainement le plus important du Symposium, avec la session la plus chargée (14 communications). En ce qui concerne l'identification des espèces de poissons, la recherche française (IFREMER, ICPI, ENST-Bretagne) détient une avance considérable tandis que les américains détiennent le savoir-faire concernant le plancton.

En dépit des efforts réalisés et de l'utilisation d'outils mathématiques sophistiqués comme aide au processus de décision, le problème de l'identification acoustique des espèces ne peut pas être résolu si le signal acoustique n'est pas porteur d'information discriminante. Il semble que peu de résultats satisfaisants puissent être obtenus avec des équipements développés et optimisés pour l'évaluation acoustique de la biomasse (sondeur mono-faisceau et mono-fréquence). Il semble aussi, qu'il ne soit pas possible d'envisager une solution unique et globale pour répondre aux besoins de l'identification. Ceci veut dire que le développement technologique nécessaire pour identifier des espèces de poissons qui vivent isolés n'est pas obligatoirement bien adapté pour identifier les espèces qui vivent en bancs. D'autre part, il est évident que l'échelle d'observation (spatiale et temporelle) est aussi importante pour définir la quantité de données nécessaire pour valider un système d'identification en prenant en compte les sources de variabilité d'origine non-acoustique.

Ainsi, quelques résultats intéressants ont été obtenus avec un sondeur classique mono-faisceau à 38 kHz sur l'identification des espèces pélagiques vivant en bancs. Cependant les études de l'IFREMER-ENST montrent que la qualité de la discrimination se dégrade avec l'élargissement de la zone et de la période d'observation. Un autre point important concerne la résolution angulaire et spatiale de ce type de sondeur qui ne semble pas adaptée à fournir des descripteurs présentant la précision requise par un système de discrimination/identification. La solution pour ce type de problème existe dans l'utilisation du sondeur multifaisceaux associé à un outil informatique du type MOVIES-B. Le multifaisceaux permettrait le rejet des signaux acoustiques correspondant à des conditions d'échantillonnage dégradées et qui contaminent les bases de données avec une variance d'origine instrumentale et non biologique*.

Les résultats les plus satisfaisants pour l'identification des espèces (poissons) ont été obtenus avec les sondeurs large-bande, domaine dans lequel l'IFREMER est en avance avec l'ICPI de Lyon et le MarLab d'Aberdeen. Les résultats obtenus en cage sont supérieurs à 90% pour le taux global de classification. Cependant, les résultats se dégradent si les conditions d'expérimentation en cage s'approchent des conditions d'acquisition en mer (diminution du nombre d'échantillons pour le moyennage du spectre) et la seule réserve est, pour le moment, la possibilité de validation des résultats en mer. La voie large-bande apparaît comme la voie de recherche privilégiée, pour l'identification des espèces de poissons comme pour le plancton.

* Le prototype multifaisceaux-pêche a été développé pour l'IFREMER par le laboratoire du Pr. Alais en 1989.

Un autre aspect important concerne la modélisation de la réponse acoustique surtout pour les espèces qui forment des bancs*. Le sujet est très complexe et n'a en général pas été vraiment étudié dans des directions menant à des applications exploitables, sauf en partie pour le plancton (voir les travaux de l'équipe de Stanton, Woods Hole). Plusieurs raisons peuvent être évoquées pour expliquer l'impasse, comme la difficulté de validation et le handicap de l'échantillonnage à deux dimensions. Néanmoins, résoudre le problème direct semble être une démarche nécessaire pour mieux comprendre les erreurs d'identification et l'apport d'information utile de chaque système.

LES BANCS DE POISSONS ET LES AGREGATIONS DE BANCS

C'est un autre point marquant du Symposium. Les bancs et les agrégations de bancs de poissons sont étudiés par tous les moyens disponibles (sondeur vertical, sonar de pêche latéral, sonar militaire), comptabilisés et mesurés à la main ou par des systèmes automatisés et étudiés pour les raisons les plus diverses possibles (en rapport avec l'environnement, quantification de la biomasse, identification des espèces, comportement des espèces, ...). Ainsi, les communications concernant ce sujet sont disséminées dans pratiquement toutes les sessions du Symposium. Il est vrai que depuis le début de l'utilisation de l'acoustique en halieutique, les petites marques noires correspondant aux bancs de poissons sur les bandes de sondeur ont toujours intrigué les chercheurs et aidé les pêcheurs.

A présent, avec l'aide de systèmes informatisés, il a été possible d'accumuler un volume non-négligeable de données qui permet une approche plus rigoureuse dans l'étude de bancs. Cependant, peu de systèmes automatiques sont disponibles. Le premier est sans aucun doute le système MOVIES-B, développé par l'IFREMER en 1989. Utilisant un algorithme de reconnaissance propre et adapté aux signaux des sondeurs de pêche, c'est le seul système capable de reconnaître un banc et de le décrire numériquement en temps réel. Ce système a permis à la recherche française d'être en position privilégiée quant aux études concernant les bancs et les agrégations de bancs. D'autres logiciels comme SHAPES (développé par Barange en Afrique du Sud) ou SCHOOL (IMBC-Grèce) ont été créés suivant la même démarche que MOVIES-B, mais ne fonctionnent qu'en différé. Une autre approche, totalement différente, concerne l'utilisation des algorithmes ou systèmes de traitement d'images, qui ne peuvent pas pour le moment travailler en temps réel. Cette approche est employée par l'équipe de Swartzman, à l'Université de Seattle.

Il est aussi intéressant de souligner l'utilisation des sonars multifaisceaux latéraux (l'équipe de Misund en Norvège avec un sonar militaire et l'équipe de l'ORSTOM avec un sonar de pêche) pour appréhender la structure en 3 dimensions de bancs et pour des études de comportement. A présent, les deux problèmes majeurs sont constitués par la non-disponibilité d'équipements adaptés aux besoins de la recherche en halieutique et par l'automatisation du traitement. L'ORSTOM utilise un procédé semi-manuel en passant par la vidéo pour le traitement de données et Misund un code informatique spécifique au sonar militaire.

La voie de recherche concernant les 3 dimensions est certainement la voie à privilégier non seulement pour l'étude des bancs, mais aussi pour la quantification de la biomasse, ce qui n'est pas réalisé pour le moment. Le multifaisceaux-pêche, développé pour l'IFREMER, semble tout à fait adapté à ces besoins, surtout en ce qui concerne la fréquence et le nombre des faisceaux. Un protocole de campagne pour l'avenir pourrait prendre en compte l'utilisation de deux

* Deux tentatives ont été lancées par l'IFREMER sur le sujet sans apporter des résultats exploitables.

sondeurs multifaisceaux et un sondeur large-bande. Un sondeur multifaisceaux à la verticale couplé au sondeur large-bande pour les études d'identification des espèces et le deuxième en latéral pour mieux quantifier la biomasse, le comportement et les réactions d'évitement au navire.

L'étude des bancs et des agrégations de bancs a pris une telle importance que le sujet est retenu comme base pour la réunion du groupe FAST de l'année prochaine à Woods Hole*. Il est aussi probable qu'un groupe d'étude FAST soit créé pour analyser tous les aspects liés à l'acoustique et aux bancs de poissons.

TRES BASSE FREQUENCE (TBF)

Quatre communications sur l'utilisation de l'acoustique TBF ont été présentées (3 des USA et une russe). Ce domaine est caractérisé par l'utilisation des fréquences entre quelques dizaines de Hz et 5 000 Hz, permettant une portée de l'ordre de dizaines de km sur le plateau continental. Les américains travaillent surtout avec des sources explosives qui peuvent seulement offrir une information ponctuelle sur les aspects biologiques. Les russes utilisent des sources acoustiques contrôlées. Le point faible des résultats présentés est la validation sur la présence et la nature de diffuseurs biologiques. En règle générale, les informations utilisées pour la validation sont obtenues par le biais de navires habitués à pêcher dans la zone ou par des sources bibliographiques. Ce manque de validation est en partie lié au fait que l'acoustique TBF reste fortement tributaire des applications militaires pour des raisons de coût et d'infrastructure, et le protocole des expériences n'est pas adapté aux besoins de l'halieutique.

L'acoustique TBF peut offrir un intérêt majeur pour l'étude des écosystèmes côtiers en raison des échelles d'échantillonnage spatiale et temporelle. La nature exacte de l'information qu'il est possible d'obtenir à partir d'un signal à basse fréquence n'est pas connue pour le moment, mais les résultats d'expériences anglaises, publiés récemment, semblent montrer que des agrégations d'origine biologique sont détectées avec une portée de 40 km. Ainsi, il est possible d'envisager, à moyen terme, un réseau de sources TBF couvrant en permanence le plateau continental. Ce réseau pourrait fournir des informations sur le déplacement de la biomasse et sa répartition en fonction de l'environnement océanographique.

Jusqu'à présent, seuls les USA, la Russie et la Grande Bretagne ont publié des travaux sur ce sujet. La France est absente et la Norvège vient de lancer un programme de recherche sur l'utilisation de la TBF en pêche (information officielle).

INDEX DE REFLEXION (TS)

La question de la mesure *in situ* de l'index de réflexion des poissons semblait être résolue par les nouveaux sondeurs "split-beam" et "dual-beam" présentés lors du congrès de Seattle en 1987. Cependant, les communications présentées pendant le Symposium d'Aberdeen et les conclusions du groupe d'étude FAST sur le TS montrent que le problème est loin d'être réglé (sessions 4 et 5).

Les données existantes semblent être suffisantes pour répondre aux besoins courants des campagnes d'évaluation de biomasse en fonction de quelques critères (secteur monospécifique,

* voir en annexe les recommandations du "Fish Capture Committee" pour l'année 1996.

distribution uni-modale de tailles). Si ces critères ne sont pas satisfaits, le "split-beam" ne peut pas fournir des valeurs de TS utilisables pour les évaluations absolues de la biomasse. Ceci est dû essentiellement à deux facteurs : d'une part il faut une bonne résolution pour avoir la certitude d'insonifier une cible individuelle; d'autre part avec l'amélioration de la résolution, d'autres variables, comme le mouvement du poisson ou la profondeur, interviennent dans la formation de l'écho. Pour résoudre le premier aspect, une nouvelle méthodologie est apparue : le "tracking" ou repérage et suivi du poisson dans le faisceau, qui permet de mieux sélectionner les cibles individuelles. La contrepartie du suivi est une perte de représentativité de la population échantillonnée. Pour ce qui concerne l'influence de nouvelles variables, due à l'amélioration de la résolution, la solution ne peut pas être trouvée à court terme.

Selon Van Holliday il est pratiquement impossible de pouvoir mesurer l'index de réflexion de tous les organismes d'intérêt en fonction de toutes les configurations envisageables (fréquence, stade de maturation, résolution Doppler et portée, angles, profondeur, comportement, saison et environnement). Il serait plus constructif de mettre l'effort sur la compréhension du processus de formation de l'écho qui définit la valeur de l'index de réflexion, en se basant sur la morphologie, la physiologie et le comportement des organismes ainsi que sur les principes de la physique. Cette approche est plutôt utilisée par les chercheurs travaillant sur le plancton avec un certain succès, comme par exemple l'équipe de Stanton à Woods Hole (session 6).

ETALONNAGE

La méthodologie courante est bien adaptée aux besoins de l'instrumentation classique utilisée pendant les campagnes d'évaluation de stocks. Cependant, l'étalonnage des nouveaux équipements acoustiques représente un défi pour les années à venir et des nouvelles méthodologies devront être définies et validées. Deux raisons peuvent être invoquées pour cela: d'une part, une certaine tendance à la spécialisation; il est probable qu'à chaque problème ou sujet de recherche corresponde un système développé de façon optimale. Ainsi, l'outil pour l'identification des espèces ne sera peut-être pas le même que celui utilisé pour quantifier la biomasse. D'autre part, l'adéquation de la technologie au sujet à traiter signifie que les systèmes seront développés de façon unique, au moins à moyen terme, et que chaque système aura besoin d'une méthodologie d'étalonnage adaptée.

Malgré la complexité apportée par les nouveaux systèmes multifréquences et multifaisceaux, l'adaptation et le développement des nouvelles méthodes d'étalonnage devront être un souci majeur pour les organismes travaillant dans le domaine, ce qui ne semble pas être le cas à présent.

CONCLUSION

L'acoustique-pêche a acquis la maturité nécessaire pour l'établissement d'une assise méthodologique commune capable d'aborder efficacement les questions posées lors du début de son utilisation, voilà 30 ans : aide à la pêche et quantification de la biomasse pour la recherche et la gestion en halieutique. Néanmoins, pendant ce temps, l'acoustique-pêche a débordé de ce cadre initial d'utilisation. L'acoustique devient une technique privilégiée pour l'observation et l'étude de l'environnement et des écosystèmes. Limitée au départ par la portée, la précision et le caractère ponctuel de ses observations, l'utilisation de l'acoustique est désormais envisageable comme pour la surveillance de l'environnement océanographique à meso-échelle ou alors pour l'analyse de la microstructure à 3 dimensions des bancs de poissons.

La multiplication de sujets de recherche et d'applications nouvelles a contraint les instituts de recherche et de développement technologique à se spécialiser. Normalement, l'intérêt porté par chaque communauté à un sujet de recherche est fonction de l'environnement et des besoins locaux. Ainsi, il est possible de cartographier, de façon sommaire, les sujets les plus importants: étude de l'index de réflexion par l'Europe du Nord où l'acoustique évolue dans un environnement typiquement monospécifique (absence de problème lié à l'identification) et à forte concentration de biomasse; observation du plancton par l'Amérique du Nord, où les études sur le premier niveau du réseau trophique et son rapport avec l'environnement sont très répandues; identification des espèces de poissons pélagiques et l'étude des bancs de poissons par la France. Ceci s'explique par l'environnement multispécifique caractéristique des côtes de l'Atlantique et de la Méditerranée, où l'identification des espèces de poissons vivant en bancs constitue une contrainte majeure pour une évaluation plus précise de la biomasse et pour l'évolution des études concernant le comportement des espèces et les conditions environnementales.

Les enjeux sont de taille. La France occupe une position privilégiée en ce qui concerne l'identification acoustique des espèces. Préserver cette avance, en fonction des besoins de la recherche halieutique, implique la continuité et le renforcement de certains programmes (large-bande, multifaisceaux-pêche, méthodologie d'étalonnage, modélisation). D'autre part, il est nécessaire de promouvoir les nouveaux développements qui pourront valoriser l'utilisation de l'acoustique pour l'étude et la surveillance de l'environnement littoral.

II - INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FISHERIES AND PLANKTON ACOUSTICS (Aberdeen, 12-16 juin, 1995)

PRESENTATION DU SYMPOSIUM

Le symposium a été organisé par le Marine Laboratory d'Aberdeen sous l'égide du CIEM et le patronage conjoint de la commission de l'Union Européenne (programme Air), de la FAO, de l'Institute of Acoustics (IOA), de la Société Française d'Acoustique (SFA) et de l'Acoustical Society of America (ASA). Son objectif principal était de faire le point sur l'utilisation des méthodes acoustiques pour l'étude des poissons, des invertébrés, du micronecton et du plancton. Les participants étaient invités à présenter des contributions sur les développements technologiques et méthodologiques récents, sur la résolution des problèmes liés à ces méthodes et sur les voies de recherche futures.

Ce symposium a été suivi par plus de 250 scientifiques et ingénieurs, représentant 31 pays du monde entier, dont 53 des USA, 42 du Royaume Uni, 30 de Norvège et 16 de France, dont la délégation était la 4ème par le nombre. Les organismes français représentés étaient : l'ORSTOM (6), l'IFREMER (3), l'INRA (2), l'ICPI (2), l'ENST-Bretagne, la station de Villefranche et le CNRS.

La présence sur place de tous ces spécialistes en acoustique a été mise à profit pour organiser, à l'issue du symposium, le groupe de travail FAST (Fisheries Acoustics Science and Technology) du CIEM et la réunion du groupe francophone "ECHOSPACE". Une exposition de matériel par diverses sociétés était également organisée dans le cadre de ce symposium.

SESSIONS ET COMMUNICATIONS

158 communications et posters ont été présentés à ce symposium dont 44 des USA, 19 du Royaume Uni, 13 de France et autant de Norvège. La France y a donc tenu une place non négligeable, ce qui n'était pas le cas pour les symposium précédents. Parmi les communications présentées, 42 ont été retenues pour publication dans le *ICES Journal of Marine Science*, dont celle présentée par IFREMER et TELECOM : "Narrow-band acoustic identification of fish shoal species", C. Scalabrin, N. Diner, A. Weill, A. Hillion et M-C. Mouchot. Les communications (107) ont été regroupées dans 13 sessions, abordant les thèmes suivants :

1. relations entre le poisson, le plancton et l'environnement (12);
2. comportement et réactions du poisson et du plancton (12);
3. classification et identification (14);
4. index de réflexion du poisson : modélisation et méthodologie (7);
5. index de réflexion du poisson : mesures (6);
6. index de réflexion du plancton (8);
7. informations combinées (7);
8. stratégie d'échantillonnage pour les campagnes d'écho-prospection (4);
9. variations temporelles (5);
10. validation des mesures (10);
11. observation en 3D (4);
12. méthodes d'analyse (9);
13. développements technologiques (9).

Session 1 : relations entre le poisson, le plancton et l'environnement.

Chairman : George Rose, Ministère des Pêches et Océans, Canada.

Pour la première fois, depuis que ce type de symposium est organisé, des travaux prenant en compte les relations entre l'environnement physique et les organismes aquatiques sont présentés. Ces travaux peuvent être répartis selon trois axes de recherche :

1. l'établissement des corrélations entre la répartition d'une espèce de poisson et les paramètres physiques tels que la température et la salinité. Globalement il a été observé une concentration de biomasse près des zones frontales. Une étude japonaise, utilisant des informations acoustiques, satellitaires et de pêche, a montré que la sardine se concentre à l'intérieur des bras d'eau plus chaude de tourbillons meso-échelle au large du Japon. La sardine semble aussi utiliser les bras de tourbillons pour effectuer sa migration annuelle. Ce type de phénomène, longtemps connu qualitativement, commence à être évalué quantitativement à l'aide de l'acoustique.
2. l'établissement des corrélations entre les descripteurs des bancs de poissons et les paramètres physiques, les zones géographiques et la position bathymétrique. Ces travaux se situent dans la lignée de l'article "Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay", publié par C. Scalabrin et J. Massé dans *Aquatic Living Resources* en 1993.
3. le troisième axe, utilisant souvent des informations combinées avec le ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler), essaie de globaliser l'étude de l'écosystème à partir d'une caractérisation de l'environnement par les paramètres physiques et de l'abondance conjointe du plancton et du necton.

Le sujet abordé dans cette session montre le réel potentiel de l'utilisation de l'acoustique sous-marine combinée à d'autres sources d'information pour une meilleure compréhension de l'écosystème, permettant de réaliser et de vérifier des hypothèses sur la structure et les relations au niveau trophique, ainsi que les facteurs de l'environnement régissant la formation d'agrégations plancton-poissons.

Cependant un grand effort reste à faire pour une homogénéisation des échelles d'échantillonnage et pour l'acquisition en continu des données.

Session 2 : comportement et réactions du poisson et du plancton.

Chairman : Kjell Olsen, Norwegian College of Fisheries Science, Norvège.

Cette session regroupe des études diverses qui peuvent être orientées selon quatre axes de recherche:

1. les études de bioacoustique classique. Dans ce sens, le mot mammifère marin manque dans le titre de la session. Trois travaux ont été présentés : le premier étudie le système de détection sonar (spectre et niveau d'émission) d'une espèce de marsouin en relation avec leur capacité à détecter des proies et à se faire prendre par des filets maillants; le deuxième étudie le comportement des dauphins en captivité stimulés par de sons artificiels; et le troisième décrit un système acoustique pour concentrer les poissons devant un chalut, augmentant ainsi son efficacité.
2. l'utilisation des sondeurs du type split-beam pour le repérage et le suivi des poissons isolés. Plusieurs variantes ont été présentées en fonction des objectifs recherchés : un transducteur stationnaire pour mesurer la vitesse et la distribution verticale des poissons; un système de quatre transducteurs pour caractériser le comportement des juvéniles de saumon dans un barrage; et un transducteur isolé monté sous la coque pour mesurer les distributions de l'angle d'orientation et la vitesse des poissons.
3. l'utilisation de l'effet Doppler pour étudier le comportement des poissons isolés ou en banc. L'intérêt potentiel de cette technique est de permettre l'étude de la dynamique du mouvement d'un poisson isolé (apparemment deux comportements distincts ont pu être identifiés : celui d'un maquereau en chasse et celui, moins actif, du groupe d'anchois qu'il poursuivait), ou l'évolution dynamique d'un banc de poissons (le mouvement collectif de courte durée ressemble au vol d'oiseaux groupés). Une méthode pour estimer la vitesse absolue des bancs d'anchois a aussi été présentée.
4. l'utilisation conjointe des sonars multifaisceaux et sondeurs verticaux pour étudier la structure en 3 dimensions d'un banc de poissons et les réactions d'évitement au navire. Le sonar permet aussi de qualifier les changements qui interviennent dans la structure 3-D des bancs en fonction d'un stress modifiant le comportement. Il est intéressant d'observer les différentes formes observées au sonar et de les coupler avec la variabilité des formes obtenues par un sondeur vertical (échantillonnage en 2 dimensions).

En ce qui concerne cette session, il est intéressant de remarquer le nombre limité des travaux en bioacoustique, activité qui commence pourtant à se développer; l'utilisation du split-beam pour faire du "tracking" plus que pour mesurer le TS directement; l'utilisation de l'effet Doppler qui pourrait permettre d'obtenir une information sur le comportement de nage des poissons.

Les travaux qui semblent les plus intéressants portent sur l'étude du comportement de bancs de poissons à partir des signaux de sonars multifaisceaux. A présent, seulement deux équipes ont pu présenter des résultats : l'équipe de l'ORSTOM avec un sonar multifaisceaux pêche (Reson) et plus de mille bancs analysés et l'équipe norvégienne de M. Misund qui utilise un sonar militaire à haute résolution. L'avantage de l'utilisation de sonars multifaisceaux est de permettre l'étude de la structure en 3 dimensions de bancs, de leur comportement ou évolution dynamique et d'augmenter le volume d'échantillonnage.

Session 3 : classification et identification.

Chairman : Robert Kieser, Ministère des Pêches et Océans, Canada.

Cette session, très hétérogène, a commencé par un papier faisant l'état de l'art sur les méthodes et les résultats obtenus dans le domaine de la classification et l'identification acoustique des organismes marins. Les papiers suivants peuvent être groupés selon la cible à identifier (soit le poisson soit le plancton) et les différentes techniques acoustiques utilisées.

1. concernant l'identification des espèces de poisson, deux techniques acoustiques sont utilisées, l'émission à bande de fréquence étroite (38 kHz) et l'émission large-bande.
 - en bande-étroite, le travail le plus significatif est celui de l'IFREMER-TELECOM, où toute l'information contenue dans les signaux acoustiques des bancs a été étudiée : descripteurs sur la taille, morphologie, position bathymétrique, description statistique de la distribution des valeurs d'amplitude (PDFs) et analyse spectrale de l'enveloppe temporelle. Ces résultats ont été validés en utilisant la plus importante base de données acquise dans un environnement à l'échelle du golfe de Gascogne. L'étude du IMBC (Grèce), moins complète quant à la description des bancs, présente des résultats intéressants pour l'identification (90% pour le taux de reconnaissance des espèces), néanmoins, les données proviennent d'un échantillonnage restreint dans l'espace et le temps. Encore en bande-étroite, quelques travaux font référence au comportement des bancs en fonction de l'assemblage des espèces ou des facteurs physiques de l'environnement. Ces travaux s'accorderaient plus à la session 2. Cependant, les résultats présentés par J. Massé (IFREMER), sont importants pour l'identification des espèces dans la mesure où différents comportements (variations significatives des valeurs de descripteurs de bancs) ont été mis en évidence en fonction de différents assemblages des espèces.
 - en ce qui concerne l'identification large-bande des espèces, deux études ont été présentées. La première ICPI-IFREMER-MarLab, travaille dans la bande 30-60 kHz et les résultats obtenus en cage sont les plus intéressants pour l'identification des espèces obtenus jusqu'à présent. Une deuxième étude utilise la basse-fréquence (0,5-10 kHz) obtenue par une source explosive, cependant la validation sur la présence et la répartition des espèces de la région est basée sur des informations bibliographiques.
2. concernant le plancton, les études les plus significatives sont réalisées en haute fréquence (420 kHz) par l'équipe de Stanton (Woods Hole), avec une démarche scientifique rigoureuse. Trois classes de plancton ont été modélisées quant à la réponse acoustique : les siphonophores, les euphausiades et les ptéropodes. Des mesures ont été réalisées sur des individus isolés en cuve et la réponse comparée au modèle. Les résultats sont encourageants, cependant, il est important de remarquer qu'il reste beaucoup à faire pour résoudre le problème de l'identification *in situ* sur des agrégations avec des compositions spécifiques variables.

Cette session considérée comme une des plus importantes du Symposium, a montré que peu d'équipes de recherche sont capables de disposer de l'infrastructure, des moyens humains et de fournir l'effort continu pour l'acquisition de données nécessaires à la solution du problème de l'identification acoustique des espèces. L'IFREMER détient, pour le moment, le plus grand savoir-faire en ce qui concerne l'identification du poisson avec les approches large-bande et

bande-étroite. Il est évident qu'il reste encore beaucoup à faire, surtout par la possibilité d'utiliser d'autres outils comme le multifaisceaux à bande-étroite combiné au large-bande pour résoudre le problème spécifique de l'identification des espèces pélagiques en bancs, dont le cas type est celui, traité par l'IFREMER, du golfe de Gascogne.

Session 4 : index de réflexion du poisson : modélisation et méthodologie.

Chairman : Tim Stanton, Woods Hole Oceanographic Institution, USA.

Session 5 : index de réflexion du poisson : mesures.

Chairman : John Ehrenberg, Seattle, USA.

L'index de réflexion du poisson a toujours eu une place importante dans les conférences précédentes. Une connaissance précise de l'index de réflexion permet de transformer la mesure de l'énergie acoustique réverbérée en valeur absolue de biomasse. Les premières mesures de l'index de réflexion *in situ* par des équipements du type "split-beam" ou "dual-beam" ont été présentées pendant le symposium de Seattle en 1987. A cette époque, le problème de la mesure de l'index de réflexion *in situ* semblait résolu par l'utilisation de cette nouvelle technique. Néanmoins, le contenu de ces deux sessions semble montrer que la solution n'est pas si immédiate. Les travaux peuvent être résumés selon 3 axes :

1. développement d'algorithmes pour détecter la présence d'une cible unique dans le volume insonifié correspondant à la durée d'impulsion. Ces algorithmes utilisent l'information sur la durée d'impulsion de l'écho, les différences de phase et les différences d'amplitude reçues par les éléments du "split-beam". Il a été montré que la bonne performance de ces algorithmes et de leur paramétrisation dépend fortement de la densité de cibles insonifiées, rendant moins automatique leur utilisation en routine, comme cela a été préconisé dans les années 80. Des résultats sur la comparaison des index de cibles obtenus par le EK-500 (split-beam) et des index calculés à partir des échos simples détectés avec un mono-faisceau, montrent que les valeurs obtenues sont concordantes et que pour des campagnes de routine d'évaluation de biomasse, la méthode mono-faisceau serait suffisante.
2. des études sur les sources de variabilité de la réponse acoustique des poissons isolés : utilisation des mesures simultanées réalisées à plusieurs fréquences pour isoler le comportement du poisson et la nature complexe du processus physique de rétrodiffusion; insonification ventrale du poisson qui réduit l'importance de la rétrodiffusion de la vessie natatoire; moyennage de la réponse sur une large-bande de fréquence (20-140 kHz) qui réduit les fluctuations de la réponse acoustique et la rend moins sensible au comportement du poisson; importance de l'angle d'inclinaison du poisson (donc du comportement) dans l'ajustement de courbes de régression reliant les mesures de l'index de cible et la longueur du poisson; importance des aspects physiologiques où les changements dans la flottabilité du poisson (comportement nyctéméral) peuvent produire des valeurs d'index de réflexion qui ne sont pas en accord avec les modèles; et finalement, modélisation de la réponse acoustique des poissons isolés qui a été abordée par un travail présentant une étude sur la morphologie des vessies natatoires analysées par des rayons X et validé par des mesures *in situ*.
3. une modélisation très intéressante sur le phénomène de la réflexion multiple à l'intérieur des bancs insonifiés en basse fréquence (proche de la résonance des vessies natatoires). Ce travail présenté par l'équipe de Richard Love du Naval Research Laboratory, USA, était le

seul à relier la modélisation de la rétrodiffusion des cibles individuelles aux phénomènes plus complexes de la rétrodiffusion des poissons groupés en bancs. Le modèle prédit que la taille des poissons sera surestimée lors de l'insonification d'un banc en basse fréquence, puisque la réflexion multiple à l'intérieur du banc produira une réponse où la fréquence de résonance sera plus faible. Ceci dit, le modèle n'a pas encore été validé sur le terrain. Encore en basse fréquence (200-2000 Hz), une étude a présenté des résultats sur des mesures *in vivo* de deux espèces de poissons présentant des vessies natatoires morphologiquement différentes. Les réponses acoustiques diffèrent quant à la fréquence de résonance et le paramètre Q (damping coefficient). La réponse acoustique de la vessie à un compartiment semble s'accorder aux caractéristiques générales du modèle théorique de rétrodiffusion en basse-fréquence, cependant, la vessie à deux compartiments produit une réponse beaucoup plus complexe et variable d'un individu à un autre.

Session 6 : index de réflexion du plancton.

Chairman : Charles Greene, Cornell University, USA.

Cette session est entièrement consacrée à la modélisation, aux mesures et à la validation des index de réflexion du plancton. Ces études sont réalisées pour mieux comprendre les anomalies liées à la migration des couches phytoplanctoniques, pour améliorer les évaluations de biomasses planctoniques ou alors pour l'étude du krill des zones arctiques. Les travaux peuvent être regroupés selon trois axes:

1. une étude russe sur les caractéristiques acoustiques du phytoplancton. Cette étude a réalisé des mesures (6,5 MHz) en laboratoire ou *in situ* sur différents types de phytoplancton à des concentrations variables et sous deux conditions de pression (normale et à 5 atmosphères). La présence des vacuoles remplies de gaz peut expliquer les propriétés de rétrodiffusion présentées par ces couches et leur comportement face à un changement de la pression ambiante, certaines migrations liées à la photosynthèse. Il a aussi été observé que la célérité du son est inversement proportionnelle à la distance moyenne entre les cellules.
2. une série d'études, en majorité américaines, sur la modélisation de la réponse acoustique du zooplancton en fonction de la fréquence (70 kHz à 1 MHz), de la taille, de la forme, de l'orientation et des matériaux constituant ces organismes. Ces études sont en général validées par des mesures réalisées en laboratoire sur des exemplaires vivants mais fixes. Les résultats de Stanton ont montré une forte variabilité des propriétés de réflexion entre les groupes (des gastéropodes 15 fois plus petits que des siphonophores peuvent renvoyer un niveau d'écho 19 000 fois plus élevé par unité de biomasse). Il a aussi été montré que différentes distributions pour l'angle d'inclinaison peuvent modifier le comportement de l'index de cible qui fluctue entre la dépendance en volume et la dépendance en surface. Ces mises en garde empêchent pour le moment la réalisation des évaluations précises de la biomasse zooplanctonique. Une étude a montré les courbes de régression de l'index de réflexion en fonction du diamètre des méduses, calculées à partir de données mesurées *in situ*.
3. les études *in situ* sur les caractéristiques acoustiques du krill : aspect dorsal et latéral, courbes de régression de l'index de réflexion en fonction de la longueur, influence de la distribution de valeurs pour l'angle d'inclinaison (il semble que les différentes espèces d'*Euphausia* ne présentent pas le même comportement).

Session 7 : informations combinées.

Chairman : Olav Godø, Institute of Marine Research, Norvège.

Les travaux présentés pendant cette session ont pour objectif de combiner différentes sources d'information ou différentes techniques acoustiques pour améliorer la précision des estimations de biomasse. Une étude a comparé les valeurs de biomasse estimées par la méthode acoustique classique, par l'utilisation des valeurs d'index de réflexion mesurés *in situ* et par la méthode du volume échantillonné. D'autres travaux ont utilisé l'acoustique comme outil de surveillance du comportement des poissons pour étudier la variabilité des résultats de chalutage de fond. La précision des estimations peut aussi être améliorée par l'utilisation d'un transducteur monté sur un corps remorqué pour insonifier les poissons qui se trouvent à des grandes profondeurs ou alors par l'utilisation du sonar pour le repérage des bancs des espèces vivant près de la surface.

Session 8 : stratégie d'échantillonnage pour les campagnes d'écho-prospection.

Chairman : Asgeir Aglen, Institute of Marine Research, Norvège.

Cette session a été consacrée à la discussion sur les stratégies d'échantillonnage qui peuvent optimiser l'évaluation acoustique des stocks : le choix entre l'échantillonnage systématique ou aléatoire, les parcours en parallèle ou en zigzag, le besoin ou la possibilité de définir une stratification. Il apparaît deux courants opposés : l'école française basée sur l'approche géostatistique et utilisée par la majeure partie des chercheurs faisant l'évaluation acoustique en routine des stocks et une autre école menée par Jolly (UK) et Hampton (A. du Sud) qui discute la validité de l'utilisation de la géostatistique, critiquant la subjectivité dans le choix des modèles ou des hypothèses sur la distribution statistique et le fait que la définition de la surface à échantillonner ne doit pas être dépendante de la densité de poissons estimée pendant la campagne.

Session 9 : variations temporelles.

Chairman : Emile Marchal, ORSTOM, France.

Cette session était très intéressante, puisque les travaux présentés avaient pour thème l'étude de la variabilité temporelle du comportement des organismes de l'échelle nyctémérale jusqu'à l'échelle interannuelle. Ce type d'étude permet, en fonction des échelles, d'utiliser les données acoustiques comme "input" dans des modèles écologiques plus avancés.

Ainsi, une étude sur la distribution journalière et saisonnière sur un gradient côte-large des poissons dans un lac, a été utilisée pour élaborer une modélisation des interactions proie-prédateur. Une autre étude concerne l'utilisation des transducteurs (165 et 1 140 kHz) fixés sous une bouée depuis 1994 au large de la Californie. L'échantillonnage en continu des données acoustiques sur le zooplancton et le micronecton, ainsi que d'autres paramètres physiques, a permis d'étudier la variabilité temporelle du plancton en fonction de l'environnement. D'autres études ont analysé la variabilité de comportement des bancs de poissons à l'échelle nyctémérale, avec une attention spéciale aux périodes de transition ou sur les impacts de ce comportement dans les évaluations acoustiques des stocks.

Enfin, une étude russe a analysé l'influence et les fluctuations pendant 5 jours de la SSL (sound-scattering layer) sur la propagation basse-fréquence (440 Hz) au long d'un parcours de 350 km.

Session 10 : validation des mesures.

Chairman : Steven Brandt, Great Lakes Centre, USA.

La validation des données est réalisée par la comparaison entre les valeurs acoustiques et les données obtenues par d'autres méthodes indépendantes. En ce qui concerne les poissons, les travaux présentés démontrent une bonne corrélation des mesures acoustiques avec la biomasse estimée par l'échantillonnage biologique : capture par des engins divers, méthode des oeufs et des larves, analyse de cohortes (VPA, virtual population analysis). La biomasse par espèce des poissons de récif corallien a pu être estimée par une technique combinant des informations obtenues par des images vidéo et par l'acoustique. Une bonne corrélation a aussi été obtenue entre l'échantillonnage acoustique et biologique du zooplancton. Les études les plus intéressantes concernent la validation des mesures réalisées avec l'ADCP grâce aux données acquises par des sondeurs multi-fréquence. Des nouvelles méthodes pour calibrer et éliminer les erreurs instrumentales de l'ADCP sont en cours de développement.

Session 11 : observation en 3D.

Chairman : Van Holliday, Tracor Inc., USA.

Les travaux présentés font particulièrement référence au développement et à l'utilisation d'un système d'imagerie acoustique en 3 dimensions (Scripps Institution of Oceanography). Le système est formé par 64 faisceaux de $2^\circ \times 2^\circ$, disposés sur une grille carrée de 8 par 8 éléments, permettant une couverture globale de $16^\circ \times 16^\circ$ à la fréquence de 445 kHz (portée de 3,5 m, utilisation en position stationnaire : soit fixé à une bouée, soit amarré). Ce système est conçu pour l'étude du comportement natatoire du zooplancton, pour des études sur l'influence des phénomènes physiques micro-échelle sur la distribution et le mode d'agrégation du plancton et pour analyser les caractéristiques des agrégations planctoniques en relation avec la prédation, l'heure de la journée et la vitesse du courant.

Ce type de système, à haute résolution spatiale et temporelle, permet la mesure des paramètres comme la distance entre proches voisins et l'évolution de la position des individus avec le temps. Le traitement opérationnel et automatisé de toutes ces informations constitue un travail difficile et loin d'être abordé de la meilleure façon. Ainsi, un cadre d'analyse mathématique a été présenté, permettant l'estimation directe de la structure en 3 dimensions de l'ensemble d'échos et de son évolution temporelle. La fonction d'autocorrélation spatiale et la densité spectrale spatiale peuvent être utilisées pour caractériser la distribution des cibles; une autre méthode de corrélation permet l'estimation directe de la vitesse et de la direction de nage.

Session 12 : méthodes d'analyse.

Chairman : Ian Hampton, Sea Fisheries Institute, Afrique du Sud.

Cette session commence par l'utilisation de la géostatistique pour l'étude et la caractérisation de la distribution spatiale des agrégations d'origine biologique (poissons et plancton). Des méthodes ont été présentées pour intégrer des données acoustiques aux modélisations écologiques, en utilisant l'information spatiale. L'influence des paramètres physiques et des paramètres écologiques (relations proie-prédateur) peut être mieux évaluée si l'information spatiale obtenue par acoustique est intégrée dans le modèle. Cette modélisation présente une utilité potentielle pour la gestion plus efficace des stocks, la surveillance de la qualité du milieu marin, l'évaluation des perturbations environnementales ou l'introduction des espèces nouvelles. L'utilisation des systèmes d'information géographique ainsi que les indices d'agrégation biologique (Lloyd et autres) pour le couplage des données acoustiques avec d'autres sources d'information devient de plus en plus répandue.

Session 13 : développements technologiques.

Chairman : David MacLennan, Marine Laboratory, Aberdeen, UK.

La majorité des travaux présentés font référence à l'utilisation des sondeurs "split-beam" pour le repérage et le suivi des poissons isolés, soit pour améliorer la mesure des index de réflexion, soit pour évaluer la vitesse et la direction de nage des poissons. Ces travaux sont appliqués essentiellement à l'évaluation des stocks de saumons en rivière et pour l'étude de leur migration. L'utilisation des sondeurs à faisceau horizontal est aussi présentée pour résoudre le problème de l'échantillonnage de surface (le saumon se déplace près de la surface et se trouve donc inaccessible à l'échantillonnage vertical classique). Une étude intéressante montre l'utilité de réaliser l'écho-intégration combinée avec les données acquises par les deux faisceaux du "dual-beam" (pour le moment seulement les données du faisceau étroit sont prises en compte), pour éviter la contamination due au bruit.

BIBLIOGRAPHIE

Margetts, A.R. (ed), Hydro-Acoustics in Fisheries Research. A Symposium held in Bergen, 19-22 June 1973. Rapports et procès-verbaux des réunions, CIEM, volume 170, 1977. 327 pp.

Nakken, O. and S.C. Venema (eds), Symposium on Fisheries Acoustics. Selected papers of the ICES/FAO Symposium on fisheries acoustics. Bergen, Norway, 21-24 June 1982. FAO Fish. Rep., (300), 1983. 331 pp.

Karp, W.A. (ed), Developments in Fisheries Acoustics. A Symposium held in Seattle, 22-26 June 1987. Rapports et procès-verbaux des réunions, CIEM, volume 189, 1990. 424 pp.

ICES International Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics - book of abstracts. Aberdeen, 12-16 June 1995.

ANNEXE

RECOMMENDATIONS DU "FISH CAPTURE COMMITTEE", CIEM (DRAFT).

"The Fish Capture Committee recommends that:
(CAT 2-B4)

The **Working Group on Fisheries Acoustics Science and Technology** (Chairman: Mr E.J. Simmonds, UK) will meet in Wood's Hole, USA from 17-19 April 1996 to:

- a) discuss echo classification methods and results including shoal parameters, evaluation and definitions, methods and problems, behavioural parameters, standardisation, signal classification, and interpretation of echograms;

- b) define fish behavioural aspects that affect acoustic surveys with the aim of identifying the most tractable problems.

Justification:

The two major areas of research given above were identified at the FAST WG meeting following presentations at the ICES Symposium on Fisheries and Plankton Acoustics. Shoal shape parameter definition and evaluation is seen as an area requiring formal definition describing both the important shape parameters and the relationship between them and the schools, and algorithms for estimation. Work in this area is at a preliminary stage but there is a need for standardisation if data from different areas is to be comparable and if the work is to advance efficiently. The wide subject area of fish behaviour concerning the impact on acoustic observations is seen as an area of considerable importance. There is a need to look in greater depth at these problems to evaluate the areas of impact, the investigations required and thus to select the most tractable problems of research."

Source : document interne de l'IFREMER.