

METHODOLOGIES EXPERIMENTALES ET D'OBSERVATIONS DIRECTES UTILISABLES POUR L'ETUDE DU COMPORTEMENT DES POISSONS PELAGIQUES

Pierre FREON, François GERLOTTO et Marc SORIA

1. INTRODUCTION

L'étude du comportement des poissons pélagiques peut être réalisée, soit indirectement à partir d'informations sur les pêches commerciales ou à partir de simulations, soit directement grâce à diverses méthodologies d'observation ou d'expérimentation. Nous traiterons ici des outils et techniques d'observation directe (acoustiques, visuelles) et des expériences réalisables pour l'étude du comportement des poissons pélagiques en général. Du fait de l'inexpérience de notre équipe sur l'attraction des poissons par des objets flottants, nous n'approfondirons pas cet aspect particulier du comportement.

L'éthologie animale fonde la plupart de ses travaux sur des observations en milieu confiné pour des raisons faciles à comprendre (facilité d'observation, contrôle de l'environnement). Cela est tout particulièrement vrai dans le cas des travaux sur les organismes aquatiques, difficiles à observer in situ. Toutefois, en ce qui concerne les poissons pélagiques, les observations en milieu confiné trouvent rapidement leur limite, même lorsqu'il s'agit de grands bassins. La taille des bancs et le volume d'eau habituellement fréquentés par ces espèces sont en effet sans commune mesure avec les possibilités pratiques d'expérimentation. Nous avons tenté quelques observations en milieu "semi-confiné" (grand enclos en filet installé en mer) sur des poissons pélagiques côtiers, mais nous avons là encore perçu les limites de telles observations. Aussi nous ne traiterons ici que des méthodologies d'observation in situ, sans nier l'intérêt que peuvent présenter certaines observations in vitro, en particulier d'étho-physiologie.

2. OBSERVATIONS VISUELLES

2.1. Observations visuelles sous-marines

Lorsque l'éclairage est suffisant, l'oeil humain reste encore le meilleur instrument d'observation du fait de ses performances au niveau de la discrimination des objets, de l'appréciation de la profondeur de champ, de l'angle de vision et de l'efficacité dans le suivi d'objets en mouvements. En contrepartie les observations ne sont pas mémorisées de façon objective et pérenne et le traitement de l'information est limité. L'observation visuelle directe reste un préalable souvent indispensable à la mise en oeuvre efficace d'observations enregistrées. L'expérience de notre équipe sur les poissons pélagiques côtier indique que le poisson est peu perturbé par un observateur immobile.

Les observations par photographie ou film sont désormais courantes. L'apport de la vidéo a été déterminant du fait du faible coût d'opération, de la grande autonomie et surtout en raison des progrès réalisés ces dernières années au niveau de la sensibilité des capteurs. En effet, il était autrefois nécessaire de disposer d'un éclairage d'appoint dès que l'on dépassait quelques dizaines de mètres, et cet éclairage perturbait fortement les poissons. Grâce au système SIT (Silicone Intensifier Tube) on a rapidement atteint la sensibilité de 10⁻⁴ lux, soit la possibilité de voir dans un milieu totalement obscur pour l'oeil humain. Les derniers modèles de caméras atteignent 10⁻⁶ lux, ce qui devrait permettre par exemple d'observer de nuit des

atteignent 10-6 lux, ce qui devrait permettre par exemple d'observer de nuit des poissons par 100 m de fond, en milieu océanique. La prise de photographie sur papier connaît toujours les mêmes limitations de lumière (bien que la technologie de photo-vidéo soit disponible, elle n'est pas à notre connaissance, appliquée pour des appareils de haute sensibilité) et l'emploi du flash est souvent indispensable. Cela n'est gênant que si l'on cherche à obtenir des images rapprochées dans le temps.

A noter l'existence d'appareil combinant la photographie sur papier et la vidéo dans un même boîtier et en utilisant une optique commune. Leur intérêt est de permettre un cadrage parfait de la photographie, laquelle présente une qualité d'image supérieure à la vidéo lorsque l'éclairement est suffisant (supériorité pour l'identification des espèces par exemple). En revanche si l'on ne recherche que des informations sur la position des individus dans l'espace, les techniques de digitalisation de l'image et d'analyse automatique présentent une large supériorité. Cependant l'analyse d'image en milieu ouvert sur des poissons présentant un faible contraste avec le milieu reste très délicate. Les problèmes majeurs sont :

- la reconnaissance des formes et la télémétrie dans un milieu à trois dimensions ;
- la superposition d'individus dans le cas des bancs denses ;
- les entrées et sorties d'individus dans le champ de vision.

Les caméras stéréoscopiques permettent de résoudre en partie les deux premiers problèmes. Toutefois l'exploitation des résultats est extrêmement lourde et pas encore automatisée à notre connaissance. Leur champ de vision est en général étroit et leur intérêt pour les études ici envisagées reste discutable. Le couplage d'une caméra et d'un sondeur permet de résoudre le problème d'échelle dans le cas d'un poisson isolé. L'apparition d'objectifs montés dans un "dôme optique" et motorisés permet, dans une certaine mesure, un suivi manuel (manette de commande).

2.2. Observations visuelles de surface

Il semble indispensable de disposer d'informations sur la distribution du poisson dans un grand rayon autour des objets flottants.

Les bancs de surface peuvent être observés de jour par un observateur embarqué dans un avion ou un hélicoptère, tel que cela se réalise couramment dans certaines pêcheries commerciales (thons, menhadens). Afin de dépasser les limites de telles observations (couverture nuageuse, vision nocturne impossible en l'absence de bioluminescence) des techniques complémentaires ont été développées ou sont en cours d'étude. L'observation de nuit par caméra à haute sensibilité a été mise au point en Afrique du Sud et aux USA pour les petits pélagiques côtiers. L'utilisation du SAR (Synthetic Aperture Radar) a été récemment expérimenté avec succès sur les bancs de thons en France et au Canada. L'utilisation du LIDAR aéroporté (laser) est en cours d'expérimentation et les dernières informations font état d'une réduction du poids du matériel permettant son embarquement sur de petites unités, et d'une pénétration accrue du faisceau (jusqu'à 50 mètres en milieu transparent). Ce dernier avantage paraît déterminant, tout particulièrement pour les petits pélagiques qui se situent souvent en sub-surface ou qui, lorsqu'ils sont en surface, provoquent des déformations faibles de cette dernière.

3. ACOUSTIQUE

Les méthodes acoustiques sont de deux types essentiels :

- méthodes "actives", où l'information est extraite des échos renvoyés par les cibles à partir d'un signal généré par l'équipement ;
- méthodes "passives" où il s'agit d'analyser les bruits émis spontanément par les organismes ou le milieu.

Néanmoins pour des raisons méthodologiques nous suivrons un autre plan, en distinguant les méthodes d'observations acoustiques de la "bioacoustique", laquelle rassemble les méthodes passives et les émissions de bruits imitant les bruits naturels

3.1. Méthodes d'observations acoustiques

Le sondeur vertical

Il en existe plusieurs types et les méthodes et les informations qu'ils fournissent sont différentes :

- le sondeur à faisceau simple. Il émet un signal ultrasonore dans une gamme étroite durant un instant très bref puis reçoit les échos qui sont analysés. Ce sondeur est utilisé essentiellement pour les observations en routine, et en particulier les prospections sur des grandes surfaces. Il est simple d'emploi et les informations fournies sont nombreuses. En contrepartie son utilisation est limitée par le comportement du poisson (évitement), la portée (suivant les cas, de quelques dizaines à quelques centaines de mètres), la précision des informations souhaitées (plus elles sont précises, plus la portée est limitée), les conditions du milieu (sensible au mauvais temps). Enfin les informations ont surtout une valeur statistique, et l'on ne peut que difficilement individualiser les échos. Il est donc surtout utilisé pour des évaluations (écho-intégration) et pour observer les structures spatiales des distributions de poissons. En ce qui concerne les thons, peu de campagnes ont été faites avec ce matériel, car en principe il suppose que les poissons soient répartis de façon "homogène" sur une zone relativement circonscrite, pour d'évidentes raisons de coût de campagnes. Son intérêt comme matériel de suivi sur un point fixe est plus net: il peut être mouillé en un point et enregistrer durant des jours les mouvements des organismes à sa verticale (observation vers le bas aussi bien que vers le haut) ;

- les sondeurs à faisceau partagé (dual-beam ou split-beam). Son utilisation est la même que le sondeur à faisceau simple, mais les informations reçues permettent une étude individuelle des échos (taille du poisson, vitesse de déplacement vertical, voire horizontal). Ses avantages et limitations sont les mêmes que dans le cas précédent. Il est plus cher, plus délicat d'utilisation, et les données sont plus complexes à analyser. On l'utilise comme un sondeur à simple faisceau, dans une prospection en radiales, où les données sont les mêmes que précédemment (écho-intégration), mais il fournit en outre des histogrammes des tailles de poissons rencontrés. On peut donc mieux obtenir une évaluation des stocks et des connaissances sur les structures démographiques des populations. Son utilisation en point fixe de routine sur une longue durée est moins envisageable car la quantité de données est considérable (mais possibilité d'enregistrer les échos sur support magnétique en routine, à conditions de pouvoir réalimenter l'enregistreur - magnétophone- en bandes magnétiques toutes les 2 heures...)

- le sondeur à faisceau multiple. Il s'agit d'un sondeur émettant sur plusieurs faisceaux contigus simultanément. Il fournit donc une vision en trois dimensions des distributions sous le navire (déplacement des 2 dimensions d'un plan vertical le long de la 3ème dimension, horizontale, qui est la route du navire), au lieu des deux dimensions obtenues par les sondeurs précédents (la verticale et la route du navire). Ce type de sondeur est encore très peu utilisé (voir sonar).

Il pourrait donner sans problèmes une image en deux dimensions (le plan vertical) des distributions sous un DCP dans le cas d'une utilisation en point fixe. Problème: les données doivent être enregistrées sur support vidéo ;

- le sondeur à large bande. Au lieu d'émettre sur une bande de fréquence étroite, ce sondeur émet sur une gamme de plusieurs fréquences. Les échos font l'objet d'une analyse spectrale, et les différences des réponses dans les gammes de fréquences permettent (en principe) de pouvoir reconnaître des espèces (spectres des échos différents suivant les espèces). Ce matériel est pour le moment strictement expérimental et aucun travail de routine n'a été réalisé à ce jour. On a pu toutefois réaliser des observations proches de cela par l'emploi simultané de plusieurs

sondeurs monofréquence, dont les différences de réponse ont pu aider à la différenciation entre plancton et poisson, par exemple. Ceci pourrait aussi être appliqué pour différencier des groupes de poissons anatomiquement très différents. Pratiquement sans grand intérêt dans le cas des DCP (sauf pour les études sur les couches diffusantes ?) ;

- le sondeur paramétrique. Il s'agit d'une classe tout à fait différente de sondeurs, de par leur conception. Ils ont deux intérêts principaux: leur faisceau est très fin, ce qui permet leur utilisation dans des conditions interdites aux autres équipements (en prospection horizontale dans de très faibles profondeurs, par exemple), et on peut facilement faire varier leur fréquence d'utilisation (application en faisceau large bande). En contrepartie ils ont, de par leur principe même, une portée faible (quelques dizaines de m au maximum). Peu de travaux ont été réalisés avec ces équipements, mais des développements sont en cours.

Le sonar

Qu'il soit à simple faisceau ou multi-faisceaux, son utilisation est la même: il émet dans une direction variable en site et gisement (mais habituellement il est horizontal), ou dans toutes les directions à la fois, et fournit des informations sur les bancs. On l'utilise de deux façons :

- en suivi de bancs. Une fois un banc reconnu par le sonar, il peut être suivi dans ses évolutions aussi longtemps qu'il reste à sa portée (suivant les équipements, la portée est un rayon de quelques centaines à plusieurs milliers de mètres). le sonar est capable de suivre le banc dans ses plongées. On peut dans certains cas mesurer les dimensions du banc et en déduire le poids. Il s'agit d'un équipement volumineux qu'on ne peut envisager de laisser sur une bouée instrumentée: l'intervention active d'un opérateur est indispensable. Certains équipements nouveaux sont de petite taille et particulièrement bien adaptés à des études de comportement (SIMRAD FS 3300), mais leur portée est réduite à environ 100-200 m (mais ils peuvent être immergés à plusieurs dizaines de m de profondeur) ;

- en cartographie. Le sonar émet sur un seul faisceau, il est placé horizontalement et dirigé perpendiculairement à la route du navire. Il est utilisé pour compter les bancs pélagiques. Cette utilisation permet de corriger une éventuelle sous-estimation de la biomasse par sondeur verticale due à l'évitement latéral des poissons en bancs. Cette méthode est de peu d'intérêt dans le cas des DCP.

Suivi par marquage acoustique

Il s'agit d'une technique relativement ancienne dans son principe, mais qui n'a été que récemment appliquée au milieu marin en raison des dernières avancées technologiques sur la miniaturisation des marques, leur puissance d'émission et leur autonomie. Toutefois la limite physique liée à la taille minimale de l'antenne d'émission empêche encore son utilisation chez les espèces pélagiques côtières fragiles (clupéidés) et/ou de petite taille. Seuls les chinchards et les maquereaux sont susceptibles de bénéficier de ce type de marquage à l'heure actuelle (nous ne traiterons pas ici des marques passives dont le faible rayons d'action limite l'emploi *in situ*). Le comportement des thonidés autour des DCP a pu être étudié à l'aide de ces marques. Des capteurs de profondeur et de température sont couramment intégrés dans ces marques relativement volumineuses (internes ou externes). Dernièrement un capteur d'angle d'inclinaison du poisson a été intégré.

La bioacoustique.

Il s'agit de l'étude des sons émis par les organismes vivants, généralement dans le spectre audible (mais pas obligatoire). Les instruments sont ceux de l'acoustique à terre: microphones, enregistreurs, etc., mais leur coût est plus élevé du fait d'une utilisation dans le milieu aquatique. La bioacoustique a deux utilisations essentielles: écoute passive et émission de stimuli sonores.

Ecoute passive.

Elle présente deux types de recherches :

- reconnaissance des espèces et de leur comportement (spectres sonores fonction de caractéristiques spécifiques et physiologiques). La connaissance des spectres sonores permet (ou devrait permettre) de définir l'état des espèces présentes dans un lieu donné et le type d'activités accomplies dans cet endroit ;
- étude de l'environnement sonore des espèces et de leurs réactions face à cet environnement (par exemple: impact des bruits émis par les prédateurs, les bateaux de pêche, etc.). Les signaux acoustiques sont ceux qui se propagent le plus loin dans l'eau, et ils prennent la place des informations visuelles dans le milieu terrestre. Les réactions et les mouvements des poissons sont donc étroitement liés à de tels stimuli. L'étude des DCP ne devrait pas faire l'économie de ce genre d'étude.

La simulation sonore.

Elle consiste à reconnaître un bruit naturel, à le synthétiser et à l'émettre pour un objectif particulier. Dans la plupart des cas on utilise ces bruits artificiels soit pour attirer les animaux dans un lieu donné (leurre), soit pour leur faire fuir une région. Si l'utilisation comme répulsif ne semble pas donner des résultats fabuleux (accoutumance), l'attraction semble plus prometteuse (crabes du Kamtchatka). L'émission de bruits de synthèse dans le cas d'études sur les DCP pourrait être envisagée pour permettre de mieux comprendre les mécanismes du comportement d'agrégation.

4. LES SUPPORTS D'OBSERVATION**4.1. Bateau de recherche**

Nous avons vu que les sonars conventionnels multi-faisceaux ne peuvent être installés à poste fixe que sur la coque de gros navires de recherche. Les autres équipements, acoustiques ou visuels, peuvent en revanche être embarqués sur de petites unités, voire non pontées lorsqu'il s'agit de travailler dans des zones côtières abritées. La portabilité de certains équipements, alimentés par batterie, permet dans certains cas d'opérer à partir d'un Zodiac (vidéo, sondeur vertical). Dans le cas du milieu océanique on sera confronté au problème de la perturbation engendrée par un moyen naviguant nécessairement volumineux et bruyant.

4.2. Bouée instrumentée

Ces bouées permettent de s'affranchir, dans une certaine mesure, des problèmes posés par la perturbation du bateau et la durée de l'observation. Un certain nombre de projets existent, mais peu ont été réalisés. On peut en principe associer sur ces bouées du matériel d'observation optique et acoustique (active et passive), des capteurs de paramètres de l'environnement (température, salinité, turbidité, courants, oxygène dissout, ...), ainsi que des leurres acoustiques. Ce matériel étant extrêmement coûteux, se pose le problème des malveillances.

4.3. Véhicules sous-marins

On distingue trois grandes catégories de véhicules sous-marins :

- les véhicules habités, qui sont coûteux, volumineux et bruyants et dont l'utilité pour les observations de poissons pélagiques reste à démontrer ;
- les véhicules remorqués, qui sont surtout utiles pour les observations d'engins de pêche traînants en activité, ou pour les observations de poissons démersaux ;
- les véhicules autonomes, ou ROV (remote observation vehicles), qui présentent un large éventail de modèles en fonction du type d'utilisation. Ces engins sont généralement auto-propulsés et relativement mobiles. Leur difficulté d'utilisation

réside dans leur ombilic qui limite leur rayon d'action, en particulier en cas de fort courant. Les dernières générations sont télécommandées par ultrasons. Dans tous les cas leur déplacement dans le milieu et le bruit généré par leurs hélices peuvent provoquer des réactions de fuite des poissons. Toutefois il serait intéressant de les essayer autour des DCP où l'on peut espérer une habituation du poissons à des mouvements lents de l'engin.

5. CONCLUSION

L'observation des poissons in situ reste très difficile même si les dernières avancées technologiques permettent quelques espoirs d'amélioration. Le cas particulier des observations près des objets flottants est probablement le plus favorable à ces techniques du fait que le poisson est plus facilement localisable et, dans une certaine, mesure "fixé". Concernant l'observation visuelle des thons, on dispose de plus de l'avantage de travailler dans un milieu relativement transparent, et avec des animaux de grande taille. L'absence de contraste des poissons pélagiques avec leur milieu reste un problème qui peut être en partie résolu par des observations à contre-jour.

L'association de diverses techniques d'observation (visuelles, acoustique) pourrait permettre de résoudre certains problèmes, mais en contrepartie le coût des équipements risque de devenir rapidement prohibitif. Il est indispensable, d'une part d'effectuer des essais préalable in situ avant d'investir dans ce type d'équipement (location, emprunt à d'autres équipes de recherche), d'autre part de définir précisément le cahier des charges en fonction de protocoles expérimentaux précis.



Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération

**Centre
de
Montpellier**

**ACTION INCITATIVE
COMPORTEMENT AGRÉGATIF
(AICA)**

COMPTE RENDU DE RÉUNION (25-26 JUIN 1992)

Jean-Michel STRETTA
Rapporteur

ACTION INCITATIVE
COMPORTEMENT AGRÉGATIF
(AICA)

Jean-Michel STRETTA
Rapporteur

Centre ORSTOM BP 5045
34032 MONTPELLIER-CEDEX 1 FRANCE
e-mail (EARN-BITNET) : stretta@orstom.orstom.fr

Les opinions exprimées dans ce document
n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs

SOMMAIRE

- Présentation
- Compte rendu des débats
- Ordre du jour
- Liste des participants
- Exposés introductifs
- Recherche bibliographique sur ASFA (1982-1991)