

LA PÊCHE ELECTRIQUE EN EAU DE MER ⁽¹⁾

I

PÊCHE A L'ÉLECTRICITÉ AVEC LUMIÈRE ARTIFICIELLE ET POMPE

par Georges KURC

avec la collaboration de

Marc BLANCHETEAU, Noël DINER et René LE MEN

Les captures des espèces marines ont considérablement augmenté depuis le début de ce siècle grâce aux progrès scientifiques et techniques qui ont permis d'élargir l'éventail de nos connaissances et des moyens mis en œuvre pour l'exploitation rationnelle des richesses océaniques.

Aujourd'hui, les navires de pêche sont souvent de véritables usines dotées d'appareillages mécaniques et électroniques de plus en plus élaborés et efficaces pour la pêche et le repérage des bancs de poissons. Les engins et méthodes de pêche ont été largement améliorés. Les comportements de nombreuses espèces dans leur milieu naturel et leurs réactions devant les engins de pêche sont connus ou sont actuellement étudiés en France et dans de nombreux pays.

Pourtant les besoins en aliments protéiques, tels que ceux que peut fournir la mer, ne cessent de s'accroître dans le monde en dépit d'une production de plus en plus importante. C'est ainsi que les apports mondiaux de poissons et invertébrés comestibles s'élèvent à 60 500 000 tonnes dont 47 000 000 appartiennent à la production marine proprement dite.

On peut se demander si une telle exploitation peut encore être amplifiée sans danger pour les espèces marines. En réalité, tout dépend des techniques de pêche utilisées et de la biologie des espèces recherchées. Par exemple, les poissons qui vivent près du fond ont souvent une croissance relativement lente et ne se reproduisent qu'après plusieurs années. Ces espèces sont capturées au moyen de chaluts. Du fait du temps nécessaire à la reproduction de ces poissons et aussi de l'efficacité des chaluts, de nombreuses espèces sont déjà largement surexploitées et une augmentation non contrôlée de l'effort de pêche ne peut mener qu'à une diminution accrue du stock disponible de ces animaux.

En revanche, beaucoup d'espèces pélagiques, vivant près de la surface, ont une croissance rapide et une reproduction relativement précoce. Les sennes tournantes, au moyen desquelles elles sont généralement capturées, ont un rendement souvent excellent, mais qui ne semble guère pouvoir être amélioré de façon sensible.

Or les poissons pélagiques comme les maquereaux, chinchards, mulets et surtout ceux de la très

(1) Les recherches, faisant l'objet de ces articles, ont été réalisées au titre d'un contrat entre l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes et la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. Le Centre National pour l'Exploitation des Océans et l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes se proposent d'expérimenter prochainement un équipement de pêche à l'électricité utilisant les résultats obtenus au cours de ces recherches.

importante famille des Clupéidés, ne sont généralement pas surexploités et représentent approximativement 50 % des poissons de mer pêchés dans le monde.

Compte tenu de leur abondance et de leur prix de vente relativement modique, la pêche peut encore en être augmentée et rentabilisée grâce à l'application de la technique nouvelle et même révolutionnaire qu'est la pêche à l'électricité.

Evolution des techniques de pêche. La pêche à la lumière.

La pêche à l'électricité est l'aboutissement logique du processus d'évolution constante des techniques halieutiques qui, au fil des siècles, se sont améliorées depuis les procédés de pêche les plus passifs jusqu'à des moyens de plus en plus dynamiques.

C'est ainsi que dans le cas des lignes à main, des palangres ou des filets maillants on attend que le poisson vienne, au hasard de ses déplacements, se jeter dans le piège tendu. Au contraire, dans celui des sennes tournantes que l'on cale autour des animaux rassemblés au moyen d'un appât, le résultat des captures est moins aléatoire puisqu'une phase attractive précède la phase coercitive qu'est la capture proprement dite.

Les moyens ainsi mis en œuvre sont d'autant plus élaborés qu'on connaît mieux maintenant la biologie des poissons, leur comportement en fonction de divers facteurs du milieu marin et certaines de leurs réactions vis-à-vis des engins de pêche ou de divers stimuli naturels ou artificiels qu'il est possible d'utiliser pour leur capture.

C'est ainsi que des concentrations d'espèces pélagiques migratrices sont recherchées, et souvent trouvées, en se fondant essentiellement sur les valeurs de certains paramètres hydrologiques auxquels on sait qu'ils réagissent. C'est ainsi également que la production artificielle d'un tropisme alimentaire peut conduire à d'excellentes captures. Ce dernier procédé nécessite cependant que les conditions écologiques soient telles que les poissons puissent être aisément regroupés par l'appât. Dans le cas contraire, l'appât, qui est généralement fort onéreux, revient d'autant plus cher que le poisson est moins abondant.

Cette occurrence nous a incités à rechercher d'autres agents d'attractions à la fois plus efficaces et économiques. L'un des plus anciennement connus est la lumière artificielle. En effet, la pêche à la lumière, ou pêche au feu est pratiquée depuis la plus haute antiquité. Son rendement est généralement bon, mais variable car les réponses des animaux qui manifestent un phototropisme positif dépendent de divers facteurs biologiques ou physiques (DINER, 1969).

Quoi qu'il en soit, ce procédé de pêche, techniquement modernisé et mis au point (KURC, 1963) s'est révélé d'une efficacité qui constitue un progrès indéniable. Il méritait cependant d'être encore amélioré par une connaissance plus approfondie des comportements des poissons qui manifestent une réaction phototropique positive. En effet si l'on savait que certaines espèces peuvent être attirées par de la lumière artificielle, on ignorait leurs modalités d'approche des lampes et les raisons de leur séjour dans une zone éclairée. C'est pourquoi nous nous sommes efforcés de combler cette lacune grâce à des observations faites en mer durant plusieurs années consécutives en nous plaçant dans les conditions de la pêche.

Nous avons pu ainsi définir certaines conduites des poissons attirés par la lumière et mettre au point un appareillage de pêche au feu.

Sans entrer dans le détail des différentes théories qui tentent d'expliquer les divers comportements par une désorientation photique ou par un réflexe d'orientation et d'exploration ou même par une simple motivation alimentaire, nous nous bornerons à définir ici les deux principaux types de conduites que nous avons observés en mer pour des espèces présentant un intérêt commercial important (sardines, anchois, sprats, maquereaux...). Ce sont, d'une part, les conduites de cinèse qui sont des activations non contrôlées de la motricité, d'autre part les taxis qui sont des déplacements orientés aboutissant fréquemment à l'adoption d'un préférendum photique qui correspond à une adaptation progressive de l'animal à un éclairage donné. La distinction de ces comportements est fort importante si l'on sait que les conduites cinétiques, qui sont surtout le fait des individus juvéniles sans intérêt commercial, produisent rarement des concentrations abondantes, tandis que les animaux adultes adoptent le plus souvent une conduite de photopréférendum qui stabilise de grandes quantités de poissons, permettant ainsi de réaliser des captures importantes (KURC et BLANCHETEAU, 1966).

Si des poissons peuvent être attirés et retenus d'une façon stable par des lumières qui jouent le rôle d'agent attractif, c'est-à-dire d'appât, on est tenté d'imaginer que le filet qui doit encercler ce poisson pourrait, comme l'appât habituel, être supprimé et remplacé par un autre engin d'un maniement plus aisé ayant un pouvoir de capture plus élevé. Il n'est pas rare, en effet, qu'une senne mal calée ne rapporte rien alors que les poissons attirés étaient abondants. Pourquoi, dans ce cas, ne pas simplifier au maximum les opérations en aspirant directement à bord les poissons au moyen d'une pompe ?

Cette solution est malheureusement trop simple, bien que des milliers de tonnes de poissons, le Kilka (*Clupeonella engrauliformis*), soient ainsi capturés en mer Caspienne. Le comportement spécifique du kilka qui s'approche de lampes sous-marines placées à l'extrémité d'un tuyau de pompe jusqu'à les toucher, permet de les aspirer sans difficulté. Il n'en est pas de même pour les clupéidés des autres mers qui se cantonnent, au contraire, dans une zone de clair-obscur située à plusieurs mètres des lampes. Il est donc nécessaire d'établir un relais d'attraction entre leur lieu de séjour et l'embouchure de la pompe pour les amener à portée de celle-ci après leur avoir fait franchir la zone où un éclairage trop intense cesse d'être attractif pour devenir répulsif.

C'est alors que doit intervenir l'attraction électrique. Mais celle-ci, contrairement à l'attraction photique, n'est pas un déplacement tropique. En effet, si en présence d'un stimulus électrique, l'animal réagit, comme pour la lumière, à un certain gradient de diffusion d'énergie (ce qui est également le cas lorsqu'on l'appâte au moyen d'une substance alimentaire qui produit un chimiotropisme), sa réaction ne sera pas *motivée* car certains déplacements orientés ne sont pas assimilables à des conduites ; ce ne sont que des transports passivement subis. Il en est ainsi pour les poissons se trouvant dans la zone dépressive de l'embouchure d'une pompe et qui sont aspirés par celle-ci. Or, la prétendue attraction électrique n'est pas tellement éloignée de ces actions purement coercitives, et l'on peut parler à son sujet de « mouvement forcé ».

Ceci nous amène à rappeler ici quelques notions élémentaires de physiologie ayant trait à l'excitation du système nerveux.

Une excitation chimique, lumineuse, olfactive, thermique, etc., est transformée en impulsions électriques par les récepteurs sensoriels spécifiques et transmise sous forme d'influx nerveux, aux centres et notamment au cerveau. Celui-ci réagit en prenant une décision en fonction des motivations ou des besoins organiques et en ordonnant l'exécution de mouvements par l'intermédiaire des nerfs centrifuges. Ces mouvements sont alors harmonieux et la coordination des muscles extenseurs et fléchisseurs est parfaite.

Au contraire, un courant électrique, que l'animal ne rencontre jamais dans son milieu, excite directement les nerfs. Les centres supérieurs sont court-circuités par les centres médullaires du fait de la fréquence de la stimulation ; l'intégration effectuée par le cerveau est alors faible ou nulle selon la nature du courant produit. Cependant, les mouvements qui en résultent sont plus rapides et moins harmonieux que la nage normale, mais restent coordonnés par les centres médullaires.

Les messages cérébraux étant « court-circuités », on peut obtenir un « mouvement forcé » en direction d'une électrode, l'anode, sans que le cerveau puisse intervenir pour provoquer une réponse d'évitement devant une situation anormale que l'animal aurait tendance à fuir.

Ce mouvement dirigé vers l'anode ou *taxie anodique* est assez facilement obtenu dans des conditions expérimentales car les poissons placés en travers d'un champ présentent alors une « courbure anodique », tête et queue orientées vers l'anode par excitation directe des nerfs moteurs spinaux d'une moitié du corps ; cette courbure anodique augmente les probabilités de déplacement vers l'anode, d'autant plus que le seuil de réaction est proche du seuil de taxie (BLANCHETEAU et coll., 1961). En fait, la galvanotaxie est aisément obtenue en eau douce où la pêche électrique a largement dépassé le stade expérimental puisque des appareils français et étrangers sont commercialisés à cette fin.

Mais il importe d'éviter l'écueil qui réside dans l'extrapolation au milieu marin des résultats obtenus en eau douce. En effet, si en eau douce la forte impédance présentée au générateur permet à celui-ci de transmettre son énergie sous un gradient de potentiel convenable, la conductivité de l'eau de mer est telle que le problème est fondamentalement différent.

L'eau douce est un mauvais isolant dont la résistivité d'ailleurs fort variable suivant le degré de pureté du milieu, est fréquemment de l'ordre de 2 000 à 50 000 ohm.cm, ce qui permet l'établis-

sement d'une tension de plusieurs centaines de volts sans dépense excessive d'énergie (par exemple 300 v, 1 à 5 kw). Le champ de gradient ainsi établi est déformé par le sol mouillé, meilleur conducteur que l'eau qui le recouvre, ce qui, ajouté à la dispersion sphérique de l'énergie, limite la portée de l'appareil. Quoi qu'il en soit, la pêche électrique peut être aisément pratiquée dans les lacs ou rivières de faible profondeur au moyen de générateurs facilement transportables ; la cathode est généralement faite d'un fin grillage posé sur le fond et l'anode d'une épuisette métallique dans laquelle viennent se jeter les poissons.

L'eau de mer, au contraire, est un conducteur dont la résistivité est de l'ordre de 20 ohm.cm. Une liaison directe entre la source d'énergie et le milieu marin conduit pratiquement à un court-circuit entre les électrodes. Compte tenu de l'atténuation de l'impédance de charge dans l'eau de mer, on serait, en principe, amené à utiliser des générateurs pouvant débiter de fortes puissances sous des ampérages énormes allant de 10 000 à 100 000 ampères. La production d'une telle énergie ne peut évidemment pas être économique et il ne faut pas oublier que si un procédé de pêche électrique en mer peut être mis au point, il doit pouvoir être adopté par des navires de faibles tonnages. La pratique d'une telle méthode ne devrait pas impliquer, pour le pêcheur, un investissement très supérieur à celui des engins traditionnels.

A cette fin, un certain nombre de solutions et d'hypothèses ont fait l'objet d'études.

Il n'est cependant pas utile de faire ici l'historique de toutes les hypothèses qui ont pu être envisagées, ni des divers essais qui ont été réalisés au laboratoire ou même en mer. L'essentiel est que nous ayons abouti à une solution, en nous fondant sur les connaissances déjà acquises par d'autres chercheurs tels que NIKONOROV et quelques spécialistes soviétiques, HALSBAND, MEYER-WAARDEN en Allemagne et surtout BLANCHETEAU en France dont les études d'électrophysiologie nous ont été précieuses.

C'est ainsi que nous sommes parvenus à une définition précise du type de courant interrompu qu'il est nécessaire de produire pour parvenir au meilleur résultat.

Le choix du courant électrique.

En principe, la galvanotaxie anodique désirée peut être obtenue à partir de courant alternatif (C.A.), continu (C.C.) ou interrompu (C.I.). Quelles sont donc les raisons qui nous amènent à choisir le courant interrompu ?

Elles sont à la fois d'ordre physique, comportemental et physiologique.

Nous écarterons tout d'abord le courant alternatif pour lequel l'anode et la cathode permuent à chaque demi-période, ce qui provoque l'inversion simultanée de la courbure anodique chez le poisson placé dans le champ. Dans cette situation, l'inertie musculaire ralentit le mouvement du poisson qui, au lieu d'être dirigé vers une électrode se place en travers des lignes du courant où il finit par rester immobile.

En revanche, on sait que le courant continu est fréquemment utilisé pour la pêche en eau douce, mais on a montré que la faible puissance nécessaire serait sans effet en mer où il est indispensable de produire une très grande quantité d'énergie.

Par ailleurs, pour une tension égale produite en mer, la dépense d'énergie électrique est plus élevée en courant continu qu'en courant interrompu.

Sur le plan du comportement, le seuil de la taxie anodique en courant interrompu exige une tension inférieure à celle nécessitée par le courant continu.

Enfin, sur le plan physiologique, le mécanisme réflexe de la taxie anodique en C.I. est purement médullaire, tandis que pour la taxie en C.C. intervient la participation du cerveau. Il en résulte que la nage élicitée par des impulsions de C.I. ne dépendant que d'un centre nerveux de bas niveau d'intégration, la réponse réflexe sera stéréotypée selon des conduites prévisibles. Au contraire, la nage provoquée par du courant continu peut être contrariée, du fait de son niveau d'intégration élevé, par des réactions cérébrales d'évitement et par des inhibitions provenant des autres stimuli, non voulus, de l'environnement. Il faut également y ajouter une inhibition photique causée par la proximité des lampes de pêche dont l'éclairement, s'il est trop intense, peut provoquer, comme nous l'avons déjà constaté, des crises motrices tonico-cloniques s'apparentant à des manifestations épileptiques (BLANCHETEAU et KURC, 1967).

Ce sont les raisons qui nous ont fait opter pour le C.I. grâce auquel les probabilités de captures à un niveau industriel en mer sont considérablement plus élevées, et aussi plus économiques qu'au moyen du C.C.

En effet, les premières réactions taxiques mises en jeu chez les poissons qui se dirigent vers une anode d'un champ de courant continu sous l'influence du phototropisme sont indubitablement dues au cerveau. Ce sont là des conditions qui ne sont guère favorables à leur capture. Il est donc préférable de provoquer des réponses réflexes, plus automatiques, plus stéréotypées, comme le sont les réactions motrices médullaires obtenues grâce au courant interrompu.

Les moyens de production du courant électrique.

Ayant dépassé le stade de l'étude théorique et des essais de laboratoire, il importe désormais de porter nos expériences sur un plan pratique et en « vraie grandeur ». C'est ce qui sera fait dans un proche avenir à bord d'un navire d'une vingtaine de mètres, d'une puissance motrice de l'ordre de 400 cv.

L'énergie nécessitée par la pêche à l'électricité sera produite par le moteur diesel auquel sera attelé le générateur d'impulsion.

Les opérations de pêche se pratiqueront en trois temps :

attraction des poissons par la lumière,
regroupement par l'électricité,
pompage.

Toutes ces opérations se déroulant le navire étant stoppé, au mouillage, la totalité de l'énergie du moteur de propulsion sera disponible pour les générateurs de courant, les lampes de pêche et le moteur de la pompe. Ce dispositif fait l'objet d'un brevet déposé par l'I.S.T.P.M. en mars 1969.

Production des impulsions de pêche.

Les impulsions aux fréquences et intensités désirées peuvent être produites de diverses manières dont nous donnons ici deux exemples non limitatifs :

- a) générateur à ligne à retard,
- b) alternateur impulsionnel.

Sans entrer dans le détail de chacune de ces installations, ni en décrire les avantages et inconvénients respectifs, on peut déjà dire que l'utilisation de batteries de condensateurs conduit à une installation coûteuse et d'une fiabilité douteuse. Quoi qu'il en soit les deux solutions les plus intéressantes semblent être les suivantes :

le *générateur à ligne à retard* qui est une solution bien connue, largement utilisée, par exemple dans les émetteurs de radar. Il fait appel à des composants électroniques classiques. C'est le principe de la ligne à retard montée en T et suivie d'un transformateur d'impulsion. Un tel circuit est accordé pour délivrer des impulsions de fréquence et de durée déterminées. Un grand nombre de combinaisons peut ainsi être obtenu à la condition de remplacer certains composants de cet appareil, notamment la self et les capacités de la ligne à retard. En principe, les caractéristiques de l'appareil sont figées sur un type d'impulsions de durée et de fréquence données. Il pourrait donc être utilisé commercialement pour la pêche d'une espèce vivante dans un milieu dont les variations sont faibles. Toutefois, si la pêche électrique doit s'appliquer à des espèces diverses dans des mers dont la température et la salinité varient dans des proportions non négligeables, une solution plus souple devrait être choisie car ces deux facteurs de milieu influent sur la résistivité de l'eau de mer.

C'est le cas de l'*alternateur impulsionnel*, construit par la Compagnie générale d'électricité (C.G.E.) et adapté à l'utilisation en mer par les Ateliers et Chantiers de Bretagne (A.C.B.). Cet appareil conçu par le Service de Recherche de la C.G.E. était destiné, à l'origine, au déclenchement des rayons laser. Ses performances, sa souplesse de réglage et sa fiabilité le désignent pour une application à la pêche électrique pour laquelle les ingénieurs de recherche de la C.G.E. l'ont adapté. Cet alternateur impulsionnel peut délivrer toutes les impulsions de forme, durée et fréquence désirables par un réglage simple en cours de fonctionnement. Il présente donc une solution d'autant plus intéressante que des disparités, dues à un environnement naturel instable, peuvent nous amener, en cours d'expérimentation, à modifier certains paramètres contrôlés au laboratoire.

En résumé, l'on peut donc dire qu'au moins deux des trois phases de cette méthode de pêche ne réservent aucune surprise. En effet, la technique qui consiste à attirer, à grouper et à maintenir le poisson au moyen de lumière artificielle est désormais bien au point. Seules quelques améliorations de détail peuvent lui être apportées, par exemple en utilisant des lampes à vapeur ou à gaz (mercure, xénon, etc.) au lieu de lampes à incandescence. Nos recherches en mer nous ont ainsi démontré que certaines ampoules à vapeur de mercure donnent d'excellents résultats en permettant de raccourcir légèrement le diamètre de la zone de préférendum. Nous aurions peut-être pu obtenir des résultats encore meilleurs si nous avions pu disposer de lampes dont le spectre d'émission était moins large. Mais ce type de lampe n'existe pas, à notre connaissance, et nous n'avons pu utiliser que du matériel normalement commercialisé. Quoi qu'il en soit, des lampes à incandescences, que l'on se procure aisément, donnent des résultats excellents maintes fois confirmés au cours de nos très nombreux essais.

Par ailleurs, le pompage des poissons ne pose guère de problème. Nous avons déjà réalisé cette opération à bord d'un de nos navires dès 1961. Depuis cette époque, des progrès ont été réalisés dans la fabrication de ce matériel et il est désormais banal de pomper du poisson dans de bonnes conditions. Les américains le font couramment dans le golfe du Mexique pour épuiser les captures de menhaden (*Brevoortia tyrannus*) dont les sennes tournantes emprisonnent souvent plus de 50 tonnes ou pour vider à terre les cales de leurs navires. C'est souvent ainsi que l'on décharge les navires sardinières au Maroc.

Rappelons enfin que les navires soviétiques de la mer Caspienne pêchent directement à la pompe le kilka dont ils capturent ainsi près de 400 000 tonnes par an.

En ce qui nous concerne, nous préconisons la pompe à flux axial dont l'intérêt réside dans le fait que le poisson aspiré ne passe pas à travers des ailettes qui risquent de le blesser. Il peut ainsi arriver vivant à bord et se trouver dans les meilleures conditions pour toute forme de préparation en vue de la consommation humaine. La seule phase pour laquelle une incertitude subsiste est celle qui consiste, grâce au courant électrique, à amener jusqu'à l'embouchure de la pompe le poisson préalablement attiré par la lumière. Toutefois, nous savons maintenant quelles sont les réactions physiologiques des poissons dans un champ électrique ; nous savons quel type de courant il nous faut produire pour provoquer la taxie anodique que nous désirons ; enfin, nous savons comment produire cette énergie. Il nous semble donc que les probabilités de réussite sont grandes.

Nous ajouterons, sur le plan technique, que la forme, la nature et les dimensions des électrodes ont été déterminées à la suite d'études longues et minutieuses et que le problème des corrosions dont elles sont l'objet a également donné lieu à des recherches qui ont été menées en collaboration avec des ingénieurs appartenant aux firmes industrielles déjà citées. Il sera rendu compte de ces travaux dans un autre article.

Sélectivité de la pêche électrique.

Au terme de cet exposé, l'on est en droit de s'inquiéter de la surexploitation possible des populations de poissons soumis à une technique de pêche contre laquelle il ne leur est plus possible de se défendre.

On a en effet décrit ici le mouvement forcé qu'a accompli le poisson dont les centres médullaires vont réagir à un stimulus contre lequel le cerveau, placé hors du circuit, ne pourra pas envoyer un ordre d'évitement. On sait par ailleurs que de nombreuses espèces sont déjà surexploitées. La pêche électrique ne fera-t-elle qu'ajouter à ce dépeuplement progressif provoqué par l'action humaine ? En réalité il n'en est rien. Tout d'abord, rappelons que l'attraction lumineuse est elle-même sélective. Nous avons expliqué cette sélectivité par les conduites de cinèse manifestées par les individus les plus jeunes qui répondent rapidement au stimulus photique, mais ne séjournent guère dans la zone d'éclairement.

Par ailleurs, l'effet du courant électrique est lui-même sélectif pour des raisons physiologiques. En effet l'excitation réflexe provoquant la courbure anodique et par conséquent la taxie anodique est transmise d'autant mieux que les voies nerveuses sont plus longues. Ce sont donc les animaux dont la taille est relativement élevée, et de ce fait dont les voies médullaires sont les plus longues, qui réagiront le mieux au courant électrique. Les jeunes individus subissent donc un double blocage : celui d'une excitation photique trop intense et d'une excitation électrique peu efficace.

Ainsi ce procédé de pêche électrique sera sélectif et entraînera, plus sûrement que ne pourrait le faire la réglementation sur les maillages des filets et les tailles minimum auxquelles les poissons peuvent être commercialisés, la sauvegarde des classes les plus jeunes, en évitant de ce fait la surexploitation d'une population par la destruction des immatures.

Nous concluerons en insistant sur l'importance de telles recherches qui, si elles débouchent sur une application pratique, et nous ferons tout notre possible pour y parvenir, nous aura permis de mettre au point une technique révolutionnaire, à la fois efficace et rationnelle, qui sera en fait l'un des aboutissements de l'évolution des méthodes archaïques passives vers les techniques les plus dynamiques. Bien sûr, nous resterons encore à la merci d'un milieu souvent hostile dont nous n'avons pas les moyens de modifier les paramètres ; nous sommes encore tributaires de la richesse ou de la rareté des populations de poissons que nous voulons exploiter. Mais lorsque nous serons en présence de bancs utilisables, la technique dont nous avons décrit le principe devrait nous permettre d'éviter les aléas qui caractérisent encore aujourd'hui toutes les activités halieutiques. C'est à ce titre que la pêche électrique est la pêche de demain, de l'an 2000.

Pour finir, il faut mettre l'accent sur la collaboration intellectuelle entre un physiologiste du CNRS, des ingénieurs de grandes firmes industrielles (C.G.E. et A.C.B.) et les chercheurs de l'I.S.T.P.M. C'est à cette collaboration, ce travail d'équipe, qui ont permis à une recherche, qui semblait naguère relever de la « Science-fiction », de déboucher sur un projet élaboré dont la réalisation est en cours.

BIBLIOGRAPHIE

Une bibliographie exhaustive de la pêche à la lumière et des essais de pêche à l'électricité ainsi que des études physiologiques et comportementales nécessiterait plusieurs centaines de références. On ne trouvera donc ici que les références aux articles, soit les plus récents, soit les plus importants et comportant eux-mêmes une bibliographie à laquelle le lecteur pourra se référer.

- BARY (B.M.), 1956. — The effect of electric field on marine fishes. — *Mar. Res. Scot. Home Depart.*, p. 1-32.
- BLANCHETEAU (M.), 1964. — Le galvanotropisme des métazoaires en courant continu. Recherche et théorie. — *Année psychol.*, n° 2, p. 433-460, bibl.
- 1965. — Somations réflexes dans les taxies anodiques des poissons en réponse à un courant continu ou interrompu. — *C.R. Acad. Sci. Paris*, 261 (22), p. 4 860-4 863.
- 1968. — Contribution à l'étude des taxies en courant interrompu et alternatif. — *In Application de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales (Symposium de Belgrade, 1966)*, FAO-INRA, publié sous la direction de R. VIBERT, p. 111-116.
- BLANCHETEAU (M.), et KURC (G.), 1966. — Pêche sans filet et théorie des tropismes. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 30 (4), p. 313-316.
- 1967. — Photocinèses et crises motrices tonico-cloniques chez les poissons pélagiques. — *C.R. Soc. Biol.*, 161 (2), p. 275-276.
- BLANCHETEAU (M.), LAMARQUE (P.), MOUSSET (G.) et VIBERT (R.), 1961. — Etude neurophysiologique de la pêche électrique. — *Bull. Cent. Etud. Rech. sci. Biarritz*, 3 (3), 108 p., bibl.
- DANIULITE (G.P.) et PRITS (K.I.), 1965. — On the reaction of fish to impulse electric current. — *Vop. Ikhtiol.*, 2 (35), p. 338-346, réf. (en russe).
- DANIULITE (G.P.) et MALUKINA (G.), 1969. — The reaction of some fishes in an electric field. — *Actes de la Conf. FAO sur le comportement du poisson en fonction des techniques et tactiques de pêche (1967)*. — *FAO, Fish. Rep.*, n° 62, vol. 3, p. 775-780.
- DETHLOFF (J.), 1964. — Problems of electro fishing and their solution. — *Modern Fishing gear of the world*, vol. 2, p. 551-556.
- DINER (N.), 1969. — La pêche à la lumière (influence des facteurs de milieu sur les concentrations de poissons). — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 180, 10 p.
- GAUTHIER (M.), 1968. — Bibliographie sur le phototropisme des animaux marins. — *Cah. Inform. Stat. biol. Grande-Rivière*, n° 44, 73 p.
- 1969. — Pêche avec lampes immergées dans le golfe du Saint-Laurent. — *Actes de la Conf. FAO sur le comportement des poissons en fonction des techniques et tactiques de pêche (1967)*, FAO, *Fish. Rep.* n° 62, vol. 3, p. 551-565.

- HALSBAND (E.), 1954. — Die anodische Reaktion der Fische im elektrischen Feld. — *Arch. Fischerei-wiss.* (3-4), p. 218-222.
- 1955. — Die Betaübungsgrenzimpulszahlen verschiedener Salzwasserfische. — *Arch. Fischerei-wiss.*, (3-4), p. 223-228.
- 1959. — The effect of pulsating electric current on fish. — *Modern fishing gear of the world*, p. 575-580.
- KREUTZER (C.O.), 1964. — Utilization of fish reactions to electricity in sea fishing. — *Modern Fishing gear of the world*, vol. 2, p. 545-550.
- KURC (G.), 1963. — La pêche à la lumière en Atlantique. — *Science et Pêche, Bull. Pêches marit.*, n° 113, 13 p.
- 1969. — From traditional Fishing to fishing with electricity. — Conférence présentée à la 8^e session du groupe international d'étude des pêches pélagiques (I.F. group) à Lowestoft (G.B.), avril 1969.
- 1969. — L'application à la pêche des réactions phototropiques des poissons. — Actes de la Conf. FAO sur le comportement des poissons en fonction des techniques et tactiques de pêche (1967). *FAO, Fish. Rep.* n° 62, vol. 2, p. 283-296, bibl.
- KURC (G.) et BLANCHETEAU (M.), 1966. — Etude théorique et pratique de la pêche à la lumière. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 30 (4), p. 289-312, bibl.
- 1966. — Pêche des clupéidés à la lumière artificielle dans le golfe de Gascogne. — *Cons. int. Explor. Mer. Comité Sardine*, comm. n° J-3, 5 p.
- LAMARQUE (P.), 1963. — Les réactions du poisson dans la pêche électrique et leur explication neuro-physiologique. — *La Nature*, n° 3 336, p. 137-148, 19 fig.
- 1968. — Electrophysiologie du poisson soumis à l'action d'un champ électrique. — in *Application de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales (FAO-INRA)*, p. 87-110.
- MALKIIVICHUS (S.K.), 1963. — Technique de la pêche à l'électricité. — *Ryb. Khoz.* (en russe), 39 (4), p. 42-52.
- 1967. — Résultats de la pêche sans filet des sardines en Atlantique tempéré (en russe). — *Ryb. Khoz.*, 8, p. 39-41.
- MAURIN (Cl.), 1965. — Situation de la pêche à la sardine dans la région Marseillaise. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 143.
- MEYER-WAARDEN (P.F.), 1957. — La pêche à l'électricité. — *Etudes FAO sur la pêche*, n° 7, 81 p.
- MIYAKE (I.), 1957. — The response of tuna and other fish to electrical stimuli. — *Spec. Sci. Rep. Fisheries*, n° 223.
- NAKAI (Z.), 1956. — Do fishing lights affect the fish population? — *Proc. Indo-Pacific Fish. Council*, section II et III, p. 273-274.
- NIKONOROV (I.V.), 1964. — Pump fishing with light and electric current. — *Modern fishing gear of the world*, vol. 2, p. 577-579.
- 1969. — Behaviour of fishes in the zone of light used in the Caspian kilka fishery. — Acte de la Conf. FAO sur le comportement du poisson en fonction des techniques et tactiques de pêche (1967). *FAO, Fish. rep.* n° 62, vol. 3, p. 831-836.
- NIKONOROV (I.V.) et PATEEV (A.K.), 1959. — Catching Kilka with fish pump using underwater illumination and pulsing electric current (en russe). — *Ryb. Khoz.*, 35, p. 53-58.
- PROTASOV (V.R.), 1961. — On the reaction of fish to light with reference to peculiarities of their perception (en russe). — *Vop. Ikhtiol.*, 1 à 3 (20), p. 519-532.
- SARA (R.), 1962. — Pêche au feu. — *Etudes et Revues FAO*, n° 19, 48 p., fig. bibl.
- SHAPIRA (S.) Marine electrical fishing. — *Boll. Pesca Pisericolt., Ichobiol.*, 19 (2), p. 273-286.
- SHENTIAKOV (V.A.), 1968. — Bibliographie de documentation soviétique sur la pêche électrique, compilée et anotéc. — in *Application de l'électricité à la biologie et à l'aménagement des pêches continentales*, FAO-INRA, p. 255-266.
- TIBBO (S.N.), 1965. — Effects of light on movements of herring in the bay of Fundy. — *ICNAF spec. Publ.*, n° 6, p. 579-582.
- TOURASSE (G. de la), 1954. — La pêche du thon rouge à la ligne électrique. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 19.
- VERHEIJEN (F.J.), 1969. — The mechanisms of trapping effect of artificial light sources upon animals. — *Arch. Neerl. Zool.*, 13 (1), p. 1-107, bibl.
- YOSHIMUDA (C.) et MITSUGI (S.), 1963. — A direct current mercury vapour lamp for attracting fish. — *Bull. Tokai Fish. Res. Lab.*, n° 37.