

ÉTUDE THÉORIQUE ET PRATIQUE DE LA PÊCHE A LA LUMIÈRE

par Georges KURC et Marc BLANCHETEAU

La pêche à la lumière est extrêmement ancienne. Son origine doit remonter à une époque lointaine où un homme, s'éclairant d'une torche près d'un cours d'eau, a remarqué que des poissons venaient se grouper vers la rive éclairée.

Par la suite, la pêche de nuit, à l'aide d'un feu ou « clairon », s'est développée tant en France qu'à l'étranger, au moyen des divers générateurs de lumière constitués de torches, de charbon de bois brûlant sur une grille à l'arrière d'une embarcation, puis, plus récemment de lampes à gaz d'acétylène, d'essence ou de propane. Enfin, depuis une décennie, des génératrices de courant électrique sous diverses tensions ont été expérimentées pour alimenter des réflecteurs pouvant produire une luminosité puissante et continue.

En France, la pêche au feu est pratiquée depuis longtemps par les pêcheurs méditerranéens qui, ayant remplacé le traditionnel sardinal, filet maillant, par le lamparo ou filet tournant, ont considérablement augmenté leurs captures de poissons pélagiques et en particulier de sardines.

En revanche, les professionnels de la côte atlantique répugnaient généralement à utiliser cette méthode, qui pour des raisons mal définies, leur paraissait aléatoire. C'est pourquoi ils utilisaient et utilisent encore, pour la plupart, un appât constitué d'œufs de morue salés (rogue) et de tourteau d'arachide pour attirer les sardines avant de les encercler de leur filet. L'utilisation d'un tel appât implique pour le professionnel des frais importants et d'autant plus élevés qu'il faut souvent jeter beaucoup de rogue pour pêcher peu de poisson. Il peut même arriver que le prix de vente du poisson ne dépasse pas le prix de l'appât.

C'est dans une telle occurrence économique que l'Institut des Pêches maritimes a entrepris d'étudier la pêche à la lumière et a tenté d'en améliorer les techniques. Les résultats pratiques de ces travaux ont déjà fait l'objet de plusieurs publications, notamment dans la revue « Science et Pêche ».

Bien que ces recherches ne soient pas encore terminées, les nombreuses pêches expérimentales réalisées à bord de nos bateaux-pilotes-de-pêche, depuis 1957, souvent avec le concours de professionnels, nous permettent d'affirmer que la capture à la lumière des espèces pélagiques d'intérêt commercial est aisément réalisable et d'un excellent rendement dans le golfe de Gascogne.

Pourtant, si l'on constate que la lumière peut attirer certains poissons, l'on ne sait guère pourquoi ni comment elle le fait.

En dépit des nombreuses observations faites en mer ou au laboratoire, dans divers pays, on connaît mal les causes de l'attraction du poisson ; on ne connaît guère mieux le processus de groupement des poissons, ni leur comportement vis-à-vis des lumières artificielles de couleurs et d'intensités variées.

Examen critique des théories du phototropisme des poissons.

De nombreux auteurs ont tenté d'expliquer le phototropisme des poissons, et diverses théories ont été avancées qui cherchent à rendre compte du comportement des poissons vis-à-vis d'une source de lumière artificielle.

Nous examinerons séparément les principaux aspects de ces théories.

a) Mécanismes physiologiques.

Le déterminisme des conduites phototropiques apparaît comme étant certainement d'origine nerveuse. Toutefois, il ne s'ensuit pas obligatoirement qu'il s'agisse pour autant de réactions réflexes, ainsi que tous les auteurs semblent l'admettre. Nous verrons qu'en fait l'interprétation en termes d'excitation directe, reste possible dans certains cas.

Même si cette hypothèse n'était pas vérifiée, il serait insuffisant de n'établir aucune distinction entre les divers comportements phototropiques des poissons sous le prétexte qu'il s'agit toujours de réponses réflexes optiques. Il resterait à préciser, en effet, le *niveau d'intégration* centrale de ces conduites, et nous verrons plus loin qu'il peut être très variable. Seul, VERHEIJEN (1958, 1959) semble avoir pris en considération de tels raffinements sur les mécanismes physiologiques mis en jeu dans le phototropisme des poissons ; on trouverait également des notations allant dans ce sens chez VIAUD (1951) au sujet des réactions des daphnies vis-à-vis de la lumière.

b) Schémas de réaction.

Nous adresserons deux principales critiques aux conceptions actuelles. Tout d'abord le seul phénomène qui semble avoir retenu l'attention des auteurs (pour la plupart expérimentateurs en laboratoire) est l'apparente « attraction » du poisson vers la lampe, c'est-à-dire son *rapprochement* de la source lumineuse. Par contre les modalités de *séjour* de l'animal dans le champ éclairé, et notamment la durée de sa « rétention » apparente en ce point, n'ont guère été étudiées. Seul VIAUD, avec sa conception de « photopathie » et de « photopréférendum » mise au point sur l'exemple de la daphnie, a montré la complexité de cet aspect des conduites phototropiques.

D'autre part, même en ce qui concerne le rapprochement par rapport à la lampe, nous constatons là encore une certaine pauvreté de conceptions. En effet, il ne semble pas que les auteurs aient considéré d'autre schéma de réaction que le suivant : orientation vers la source lumineuse, puis déplacement orienté, dans cette direction. Telle est par exemple la conception de VERHEIJEN, qui est certes valable dans bien des cas. Mais nous verrons plus loin qu'il est d'autres exemples où le rapprochement est dû à un *effet probabiliste*, déterminé à tout moment par la vitesse et la rectitude de la nage en chaque point du champ éclairé, qui ne semble pas avoir été mis en évidence jusqu'à présent dans les phototropismes de poissons.

c) Motivation du phototropisme.

Si les tropismes sont des réponses réflexes, leur intégration centrale en fait des conduites aussi motivées que tout autre comportement ; il ne s'agit donc pas de « mouvements forcés ».

Il ne faut cependant pas en donner des interprétations finalistes et intellectualistes comme l'ont fait maints auteurs, notamment russes, qui voient dans la phototaxie des poissons un réflexe conditionné à renforcement alimentaire.

Or, si l'on veut dire que le poisson va sous les lampes parce qu'il a appris que du plancton s'y rassemble, on se heurte à une impossibilité : comment l'animal aurait-il établi cette liaison lumière artificielle-nourriture sans être lui-même pêché ? Et comment aurait-il pu même constater cette liaison sans être déjà « attiré » par la lumière en l'absence de tout conditionnement ?

Par contre, si l'on ne voit dans l'attraction auprès des lampes qu'un transfert des habitudes écologiques de l'animal, qui irait en eau éclairée pour se nourrir (ce serait le cas pour le hareng de la Mer du Nord), on suppose que cette réaction est apprise par chaque individu. On s'explique mal alors l'attraction de formes juvéniles auprès des lampes, et moins encore le fait que cette attraction soit plus rapide que celle des adultes également présents sur les lieux de pêche ; pourtant ces derniers nagent plus vite, et devraient avoir une plus grande expérience de la situation. Nous relaterons plus loin de tels exemples en détail.

Il paraît donc plus simple d'interpréter le rapprochement vers la lumière comme une conduite innée et non acquise, faisant partie de l'équipement réactionnel instinctif du poisson, et en liaison avec son mode de vie. Ainsi la lampe en créant un « jour artificiel », susciterait un ensemble de réponses innées spécifiques correspondantes : éveil, remontée, préparation à la consommation alimentaire.

Dans cette ligne de pensée, l'hypothèse de VERHEIJEN vaut la peine d'être mentionnée : l'animal réagirait de façon à rétablir la répartition d'éclairement environnant qui est celle dans laquelle il vit normalement ; il y aurait en quelque sorte un réflexe d'équilibration photique. Cette conception paraît rappeler celle de LOEB selon laquelle le tropisme résulte d'une réaction d'orientation aboutissant à une « égalisation des excitations reçues par l'animal de part et d'autre de son plan de symétrie bilatéral ». En fait la théorie de VERHEIJEN est plus générale et ne conçoit pas la réponse à la lumière comme la résultante mécanique (« mouvement forcé ») d'effets biochimiques, mais comme un acte instinctif assez élaboré, puisqu'il s'agit pour le poisson de retrouver ou de rétablir certaines conditions d'ambiance.

Là encore il ne peut s'agir d'une théorie d'application générale : nous verrons que les sardinettes, par exemple, nagent au-dessus d'une lampe immergée, exposant donc leur face ventrale à la lumière, ce qui est l'inverse des conditions normales d'éclairement solaire.

Ainsi que nous le voyons, c'est uniquement sur la motivation du phototropisme que les conceptions modernes présentent quelque diversité. En fait, chaque auteur réduit facilement l'ensemble de ces conduites au cadre de sa théorie propre, et il faut reconnaître que chacune est valable au moins partiellement. Mais la conclusion qui s'impose est la nécessité de réagir contre cette uniformisation : *une diversité d'interprétations* doit être envisagée, et il ne faut pas croire que la détermination du tropisme soit unique et simple sous prétexte que le stimulus (une lampe) est simple et que le résultat de la réponse (approche ou évitement) l'est également. Si l'on considère en effet le détail des modalités réactionnelles (approche et séjour), en tenant compte des différences entre espèces et entre individus d'une même espèce (formes juvéniles et adultes), la diversité des phénomènes observés dont nous donnerons des exemples plus loin impose la nécessité d'un éclectisme d'hypothèses.

On le voit ces questions sont fort complexes, mais leur intérêt à la fois scientifique et pratique exigeait que l'on tentât, sinon de les résoudre, tout au moins de les préciser.

Les expériences de pêche au feu entreprises par l'Institut des Pêches tendaient principalement à démontrer qu'une telle méthode de pêche, rationnelle et économique, était applicable dans le golfe de Gascogne. Elles ont d'abord été réalisées au moyen d'engins archaïques, lampes à gaz et filets maillants ; par la suite un dispositif d'éclairage électrique et une méthode d'attraction par lampes immergées et de capture par filet tournant ont été mis au point.

Mais si le problème de la pêche au feu a pu être techniquement résolu, au moins pour les côtes françaises de l'Atlantique, c'est en partie grâce aux observations faites en mer sur le comportement des poissons dont on a tenté d'interpréter les réponses, souvent variables, à un stimulus donné.

Le présent article est la somme des connaissances acquises et des progrès réalisés entre 1957 et 1965. Pour incomplètes qu'elles soient, nos observations empiriques apportent un complément d'informations qui peuvent conduire à des applications pratiques.

1. - Techniques d'attraction et de pêche

Rappelons brièvement que nos lampes électriques étaient constituées soit d'un réflecteur groupant cinq ampoules de 500 w en 24 v maintenu à 0,75 m hors de l'eau (fig. 1), soit de lampes immergeables faites chacune d'une ampoule de 500 w, sans réflecteur, fixée à une douille étanche (fig. 2), soit encore du réflecteur de 2 500 w utilisé en même temps qu'une ou plusieurs lampes immergées.

Nous reviendrons plus loin sur la technique que nous avons finalement adoptée à la suite de nombreuses expériences.

Les moyens d'observation.

Ce travail étant essentiellement motivé par l'adaptation et l'amélioration d'une méthode dont le principe est déjà connu, toutes nos observations ont été faites en nous plaçant dans des conditions normales de pêche.

C'est donc au moyen de sondeurs ultrasonores et de l'observation visuelle que nous avons étudié l'approche et le groupement des poissons sous l'influence de la lumière.

Observation ultrasonore. On a, le plus souvent, utilisé un sondeur-détecteur à émission verticale pour trouver les bancs de poissons avant de tenter de les attirer par la lumière.

La recherche des bancs a lieu, de préférence, avant le crépuscule, de façon à repérer et surtout à reconnaître les poissons qui, la nuit, sont souvent égaillés et ne donnent plus qu'un écho diffus dont il est malaisé de déterminer la nature.

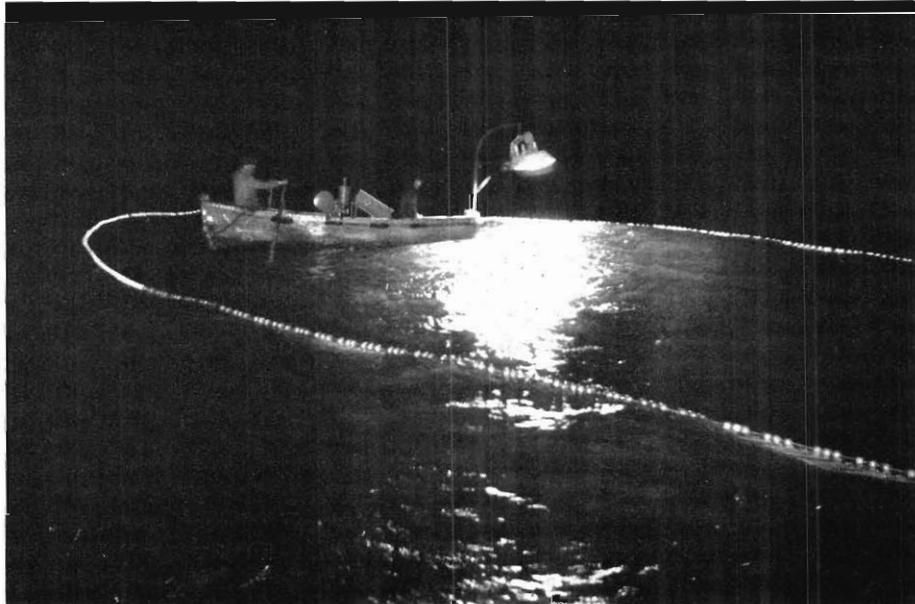


FIG. 1. — Un réflecteur de 2 500 w émergé a concentré des sardines qui sont capturées par une bolinche dont on voit les flotteurs entourant le canot porte-lampes. (Photo FRANCE-PECHE).

Lorsque les concentrations sont localisées, l'annexe, sur laquelle sont fixées la génératrice et les lampes, est mouillée et les feux allumés. Le groupement éventuel du poisson peut être suivi par un sondeur placé dans l'embarcation ou dans le bateau principal qui croise à proximité. Un sondeur doté d'un oscillateur orientable peut aussi donner d'excellentes indications en montrant le regroupement des poissons encore trop éloignés du canot pour être vus par l'observateur (fig. 3).

Observation visuelle. Lorsque les poissons ont pénétré dans le champ lumineux, leurs mouvements et leur concentration peuvent être directement suivis et dans le cas où le clapotis réduit la visibilité sous l'eau, l'investigation reste possible grâce à l'utilisation d'une lunette de calfat.

La plupart des conclusions que nous avons pu tirer du comportement des poissons ainsi étudiés sont indiquées plus loin pour chaque espèce remarquée sous les lampes.

Mais avant d'aborder ce chapitre, nous passerons en revue les différents facteurs pouvant avoir une influence sur les réactions des poissons habituellement attirés par la lumière.

Facteurs influant sur le comportement des poissons.

Plusieurs chercheurs ont remarqué que les réactions de certaines espèces souvent attirées par la lumière peuvent varier considérablement selon divers facteurs. Mise à part l'évolution physiolo-

gique qui peut modifier profondément le comportement des individus, il semble que les réactions de ceux-ci soient assez étroitement liées à des facteurs de milieu et aussi, bien entendu, à la nature de la lumière émise.

Nous avons donc tenté de montrer la corrélation plus ou moins nette qui existe entre quelques-uns de ces facteurs et le phototropisme des poissons. Ces observations portent principalement sur les sardines qui donnent lieu à une activité importante dans le golfe de Gascogne.

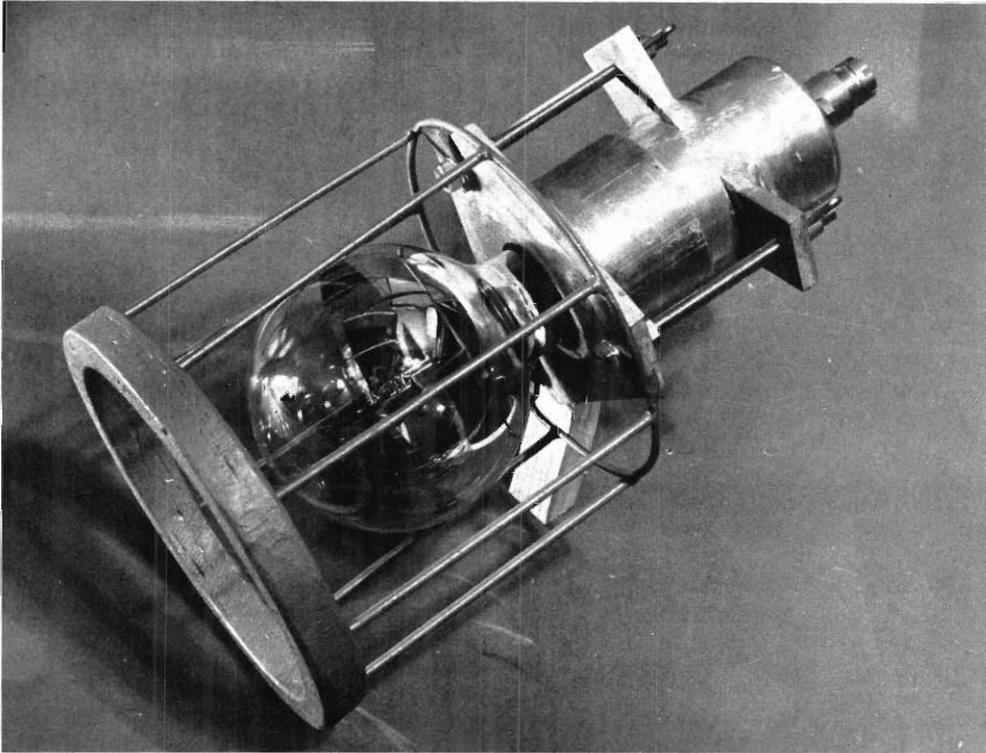


FIG. 2. — Lampe immergeable mise au point par l'I.S.T.P.M. Elle se compose d'une douille étanche et d'une ampoule de 500 w, 24 v en contact direct avec l'eau ; l'ampoule est protégée par une grille dont la partie inférieure est lestée de plomb. (Photo LAUDREN à Lorient).

1° Facteurs météorologiques.

Etat de la mer et force du vent. La pêche des espèces pélagiques exige du beau temps ou tout au moins que la mer soit assez peu agitée pour permettre la manœuvre d'une bolinche. De bonnes captures ont cependant été réalisées par vent de plus de 15 nœuds et mer agitée, mais il est évident que la manœuvre est rendue difficile par le mauvais temps. Par ailleurs, les mouvements désordonnés des lampes, immergées ou non, provoquent des variations brutales d'illumination qui peuvent être défavorables à l'attraction et au maintien des poissons dans le champ lumineux.

Quoi qu'il en soit la pêche au lamparos n'implique pas de conditions météorologiques meilleures que la pêche diurne.

Phases de la lune. En France, les sardiniers méditerranéens négligent généralement la pêche au lamparos en dehors des périodes « d'obscurité ». On sait en effet depuis longtemps que le groupement du poisson sous les lampes est faible pendant la pleine lune. Ce fait s'explique par la luminosité de la lune qui concurrence celle des lampes. Le poisson, s'il monte à la surface, y trouve un éclaircissement suffisant pour qu'il puisse s'orienter et s'égailler sans obligation réflexe de se concentrer vers un point lumineux isolé.

Des recherches, faites en laboratoire et en mer par des chercheurs japonais, ont montré que l'attraction la plus nette s'obtient pendant les nuits les plus sombres ; si l'on prend pour unité le

taux de concentration des poissons par nuit noire, on constate que ce taux n'est plus que de 78 % dix jours après la nouvelle lune, qu'il s'abaisse jusqu'à 21 % au onzième jour pour devenir nul entre le 12^e et le 18^e jour, c'est-à-dire pendant la semaine où la lune est pleine (KAWAMOTO, 1956 ; ISA, 1961).

Nos observations ont été faites au cours de chaque phase lunaire et nous avons également constaté une nette diminution des réactions phototaxiques chez les poissons durant les nuits claires lorsque les lampes étaient utilisées hors de l'eau. Par contre, des lampes immergées, seules ou ajoutées à un réflecteur émergé, ont souvent permis de grouper des quantités importantes de sardines ou d'anchois donnant lieu à de bonnes captures. C'est ainsi qu'en 1962, des sardiniers de Gâvres (Morbihan), après avoir expérimenté avec nous diverses techniques de pêche au feu durant 42 nuits entre le 7 juin et le 17 août, écrivaient dans leurs rapports qu'ils avaient pu travailler avec succès

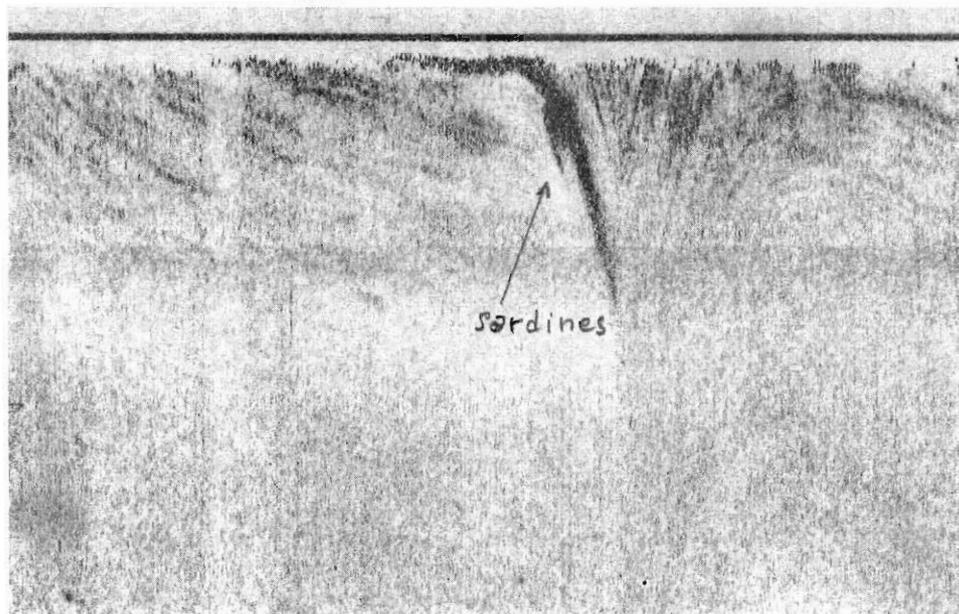


FIG. 3. — Des sardines sont détectées à 20 m du canot porte-feu au moyen d'un sondeur orientable (SIMRAD). Les poissons, bien qu'abondants, n'ont pas encore été repérés du canot dont ils sont encore trop éloignés.

pendant toutes les phases de la lune et quel que soit l'état de la mer. On constate, en effet, que l'importance de leurs captures, qui ont varié de quelques kilogrammes à quatre tonnes par coup de filet, n'est pas étroitement liée aux phases de la lune puisque certaines prises atteignaient 1 700 kg de sardines à la pleine lune et que les pêches nulles ne sont pas plus fréquentes à cette période qu'au cours de nuits obscures (fig. 4). Il en est de même pour l'anchois attiré par des lampes immergées comme l'ont montré les essais des 13 et 14 mai 1965 (pleine lune le 15) au cours desquels chaque coup de filet a rapporté entre une et six tonnes de poisson.

2° Facteurs hydrologiques.

Température de l'eau et thermocline. Ce sont surtout les différences de température entre les couches d'eau qui peuvent avoir une action sur les migrations horizontales et verticales des poissons.

Dans le cas de la pêche au feu, on veut faire venir près des lampes des poissons dispersés sur un plan horizontal et aussi provoquer un mouvement ascensionnel chez ceux d'entre eux qui séjournent en profondeur. La température des eaux superficielles et profondes doit donc être comprise entre les limites thermiques correspondant pour le moins au biotope normal de l'espèce considérée et, dans la plupart des cas, à celui de poissons de même âge et de même état physiologique.

S'il est rare de rencontrer un gradient horizontal marqué sur l'aire restreinte d'un champ lumineux, en revanche les couches d'eau superposées peuvent présenter des différences importantes de température entre la surface et le fond. Le gradient vertical, le plus fort, ou thermocline, peut jouer un rôle déterminant dans le comportement d'approche du poisson. Ce rôle est mis en évidence par les trois exemples exposés ci-après.

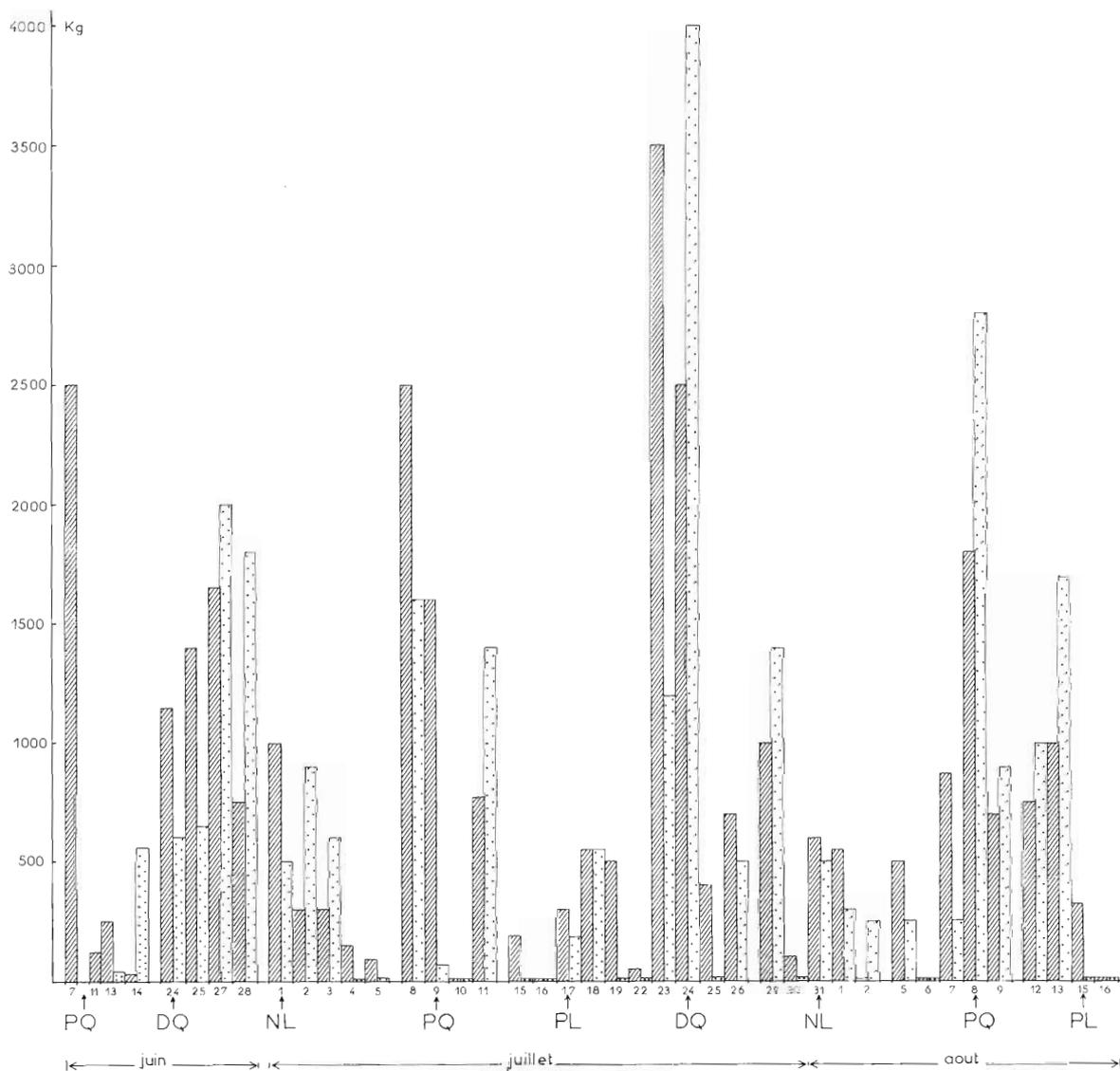


FIG. 4. — Rendements de pêche à la lumière pour deux sardiniers de Gâvres (Morbihan), « Mascaret » (en hachures) et « Mémè-Julia » (en pointillé) du 7 juin au 15 août 1962. Les phases de la lune sont indiquées par les lettres NL (nouvelle lune), PQ (premier quartier), PL (pleine lune), DQ (dernier quartier).

1° *Il n'y a pas de thermocline.* Dans ce cas où les eaux sont relativement homogènes de la surface au fond, les bancs de poissons peuvent séjourner à toute profondeur. La figure 5 montre des échos détectés en 5 et 10 m au-dessus desquels sont allumées des lampes (4 000 w) maintenues hors de l'eau. Celles-ci provoquent immédiatement un mouvement descendant des poissons perturbés par une brusque illumination. Quelques minutes plus tard, l'adaptation à de nouvelles conditions photiques étant accomplie, on constate que les poissons se maintiennent sous les lampes et s'y concen-

trent mais sur toute la hauteur comprise entre la surface et le voisinage du fond. Une plongée en scaphandre autonome a montré que les plus grands individus (sardines) nageaient entre 5 et 20 m tandis que les jeunes sardines et sprats de 5-6 cm se massaient près de la surface. Nous reviendrons plus loin sur cette stratification relative à la taille.

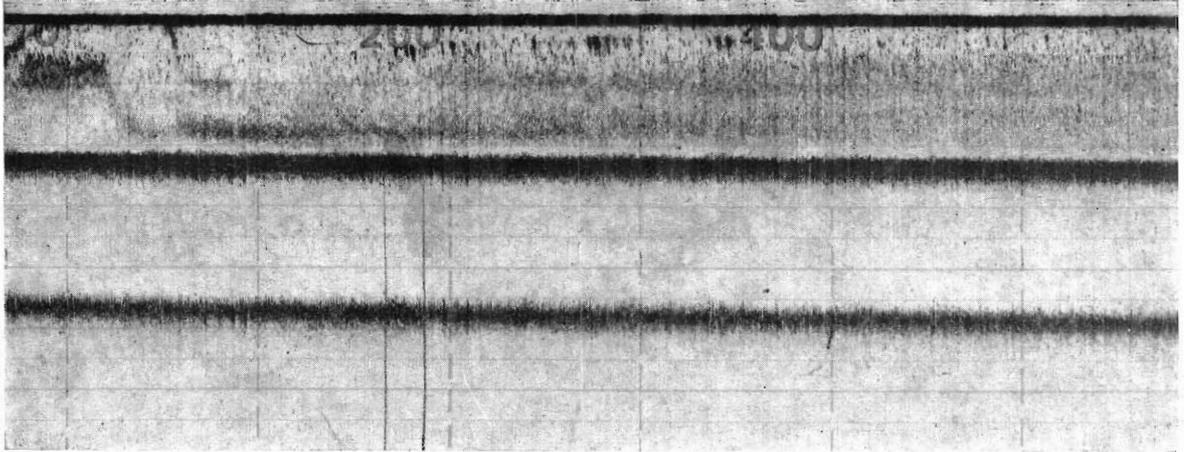


FIG. 5. — Les lampes sont allumées au-dessus d'un banc de poissons comprenant surtout des sardines adultes et de jeunes anchois et sprats au large de l'île de Ré. En l'absence d'une thermocline, le poisson attiré se maintient à toutes profondeurs. Noter le comportement des animaux : ils plongent dès que les lampes sont allumées, puis les jeunes se massent en surface tandis que les adultes se stabilisent dans les couches plus profondes.

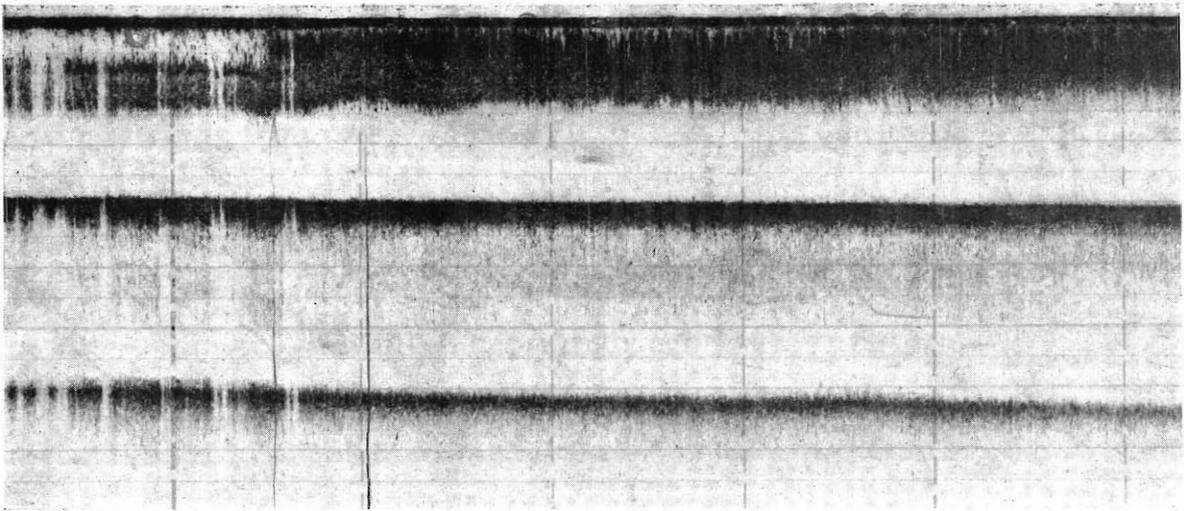


FIG. 6. — Essai de pêche à la lumière sur un banc de sardines adultes à proximité de l'île d'Yeu. Une thermocline bien marquée à 15 m détermine entre la surface et 13-14 m une concentration très dense de poissons qui ne descendent pas au-dessous de cette profondeur.

2° Il existe une thermocline bien caractérisée et les poissons se tiennent au-dessus d'elle (fig. 6). Sur les lieux de l'expérience la température de surface est de $17^{\circ}85$, celle du fond (30 m) de $11^{\circ}75$ et la thermocline marquée par une température de $14^{\circ}10$ se situe à 15 m. Les sardines sont d'abord groupées entre 7 et 14 m puis se concentrent en un banc extrêmement dense entre la surface et 14 m dès que des lampes sont allumées au-dessus de l'eau. Aucun écho n'est enregistré à une profondeur supérieure à 15 m.

3° Le poisson se tient au-dessous de la thermocline. Dans la nuit du 18 au 19 juillet 1965 quatre lampes de 500 w sont immergées au large de l'estuaire de la Loire où des échos, probablement de

sprat, sont enregistrés à une profondeur de 22/25 m. La thermocline se situe à ce niveau où la température s'abaisse de 16°40 à 12°55. Aucun poisson n'a pu être observé près de la surface en dépit de la forte intensité lumineuse dispensée par des lampes sous-marines pendant trois heures.

De ces exemples, il ressort que lorsque des couches d'eau superposées présentent des caractères thermiques bien différenciés, les poissons ne séjournent que dans celles dont la température correspond à leur état physiologique. C'est ainsi que des sardines se massaient dans des eaux de 16° à 18° sans pénétrer dans les couches voisines à moins de 14°, tandis que des sprats, dont les caractères sont déjà boréaux, se maintenaient dans les eaux les plus froides.

Cela revient à dire que la thermocline constitue une barrière thermique que les poissons ne traversent généralement pas même lorsqu'ils sont sollicités par un stimulus aussi violent que celui produit par la lumière artificielle.

Courants de marée. La manœuvre d'une longue bolinche peut être rendue difficile, voire impossible, dans les estuaires et les pertuis où les courants locaux sont parfois violents. Par ailleurs, les poissons attirés par la lumière sont contraints de déployer une énergie considérable pour se maintenir dans la zone éclairée hors de laquelle ils sont finalement entraînés peu après l'avoir atteinte. C'est ainsi qu'au large de l'estuaire de la Loire où les courants de marée dépassent parfois 5 nœuds, on n'a pu observer des poissons nageant près des lampes qu'au moment de l'étale de pleine ou de basse mer.

On peut cependant dire, qu'en dehors de ces conditions extrêmes, les courants de marée ne présentent généralement pas une gêne considérable.

3° Nature de la lumière émise.

Si l'on désire transposer sur un plan pratique la phototaxie de certaines espèces, il est nécessaire de connaître la pénétration des rayons émis par des lampes immergées ou non ainsi que la couleur et l'intensité de la lumière à laquelle réagira le plus grand nombre de poissons.

Couleur. Au cours de nos essais, nous avons utilisé des lampes émettant de la lumière jaune ou blanche. On a constaté que la lumière jaune peut maintenir des sardines ou des anchois pendant plusieurs heures sous les lampes où ces poissons nagent calmement selon un trajet circulaire de faible diamètre (2-3 m). Il faut toutefois noter que la pénétration de ces rayons jaunes est faible, ce qui ne permet d'attirer que les individus les plus proches de la source lumineuse.

En revanche une lumière blanche peut attirer des poissons plus éloignés et plus nombreux. Même si leur concentration se stabilise relativement loin des lampes, parfois plus de 15 m, il est préférable, pour la pêche, d'utiliser des lampes émettant une lumière aussi blanche que possible (FURNESTIN, 1949). C'est ce que font la plupart des pêcheurs, français ou étrangers, qui pratiquent la pêche au feu.

La densité des concentrations selon les couleurs varie d'ailleurs avec les espèces. Ainsi, dans un même secteur, les clupéidés (sardines, sprats, harengs) répondent le mieux à la couleur blanche, tandis que certains gadidés, comme le merlan, sont attirés indifféremment par le bleu ou le rouge (BLAXTER et PARRISH, 1958).

Au Japon, où le quart du total des captures provient de la pêche au feu, les lumières blanches sont généralement utilisées pour les clupéidés, carangidés et scombridés et même pour les céphalopodes, mais des expériences ont montré que les couleurs bleue et violette (4 000 angstrœms) étaient encore plus efficaces, tandis que le rouge et surtout l'orange (6 000 angstrœms) présentent le plus bas rendement (TAKAYAMA, 1956 ; POKROVSKY, 1957).

Puissance d'éclairage et variations d'intensité. Le degré de sensibilité à la lumière varie selon les espèces ; il varie également pour une même espèce en fonction de l'état physiologique des poissons et, comme on l'a vu, de divers facteurs abiotiques.

Il convient donc de déterminer une intensité optimale lorsqu'on désire appliquer à la pêche la phototaxie des poissons. Certains chercheurs ont conclu de leurs expériences qu'une intensité aussi forte que possible permet les meilleurs rendements, au moins pour les clupéidés (Russo, 1932; BLAXTER, 1958).

Cette observation trouve souvent son application chez les pêcheurs qui ont l'habitude de sur-

volter les lampes de façon à augmenter leur intensité lumineuse et à attirer ainsi les plus grandes quantités de poissons. Il faut cependant remarquer que si des poissons se trouvent attirés en plus grand nombre, ils se tiennent aussi plus loin des lampes, généralement à la limite du halo. En conséquence, plus le diamètre de la zone d'éclairement sera grand, moins aisée sera l'observation de l'approche des poissons et plus difficile en sera la capture. En outre, une puissance excessive peut provoquer un effet inverse de celui que l'on désire obtenir en occasionnant la dispersion du poisson, ainsi qu'on l'a fréquemment remarqué (TAKAYAMA, 1956 ; POKROVSKY, 1957 ; KURC, 1963).

En revanche, il peut être bon de faire varier l'intensité lumineuse, par exemple en réduisant la tension de 24 à 18 v au moment de la pêche, de façon à augmenter la densité de concentration des poissons au voisinage des lampes. Cette méthode, souvent utilisée, a donné de bons résultats pour la sardine et le sprat mais s'est montrée totalement inefficace pour l'anchois (KURC, 1965).

Lampes immergées ou émergées. Au cours des essais pratiqués en Atlantique, diverses installations ont été expérimentées dont les puissances théoriques variaient entre 500 et 17 000 bougies, soit pour les lampes électriques de 250 à 8 500 watts. Les résultats de ces recherches nous ont amenés à choisir une puissance de 2 500 w pour un réflecteur maintenu hors de l'eau. Un tel éclairage s'est montré généralement efficace pour la capture des principales espèces pélagiques. On sait en effet que l'accroissement de la puissance lumineuse des lampes n'augmente pratiquement ni la surface de la zone éclairée, ni la pénétration dans l'eau des rayons dont la plus grande partie est réfléchi par la surface de la mer (SARA, 1962).

Par ailleurs, l'utilisation de lampes immergées nous a donné d'excellents résultats avec des puissances moindres, surtout en eaux troubles, ou par mer agitée, du fait que la totalité de la lumière est transmise directement dans l'eau. On a pu ainsi concentrer de belles quantités de sardines et d'anchois avec des puissances comprises entre 500 w et 2 000 w.

Au cours d'expériences faites en 1965 avec le concours d'un sardinier breton qui utilisait un réflecteur émergé de 2 500 w non loin de nos lampes immergées de 2 000 w, on a constaté que les poissons apparaissaient plus rapidement sous les lampes émergées que près des nôtres. En revanche, les captures effectuées par le pêcheur autour de notre canot porte-feu étaient presque toujours deux fois plus importantes qu'autour du sien. Ce phénomène doit pouvoir s'expliquer par le fait que les lampes aériennes dont les rayons sont relativement peu pénétrants attiraient rapidement les poissons se trouvant déjà dans une aire restreinte où l'observateur pouvait les repérer, tandis que les lampes immergées attiraient de plus loin un nombre plus élevé de poissons qui, répondant à un stimulus plus intense, séjournaient plus longuement dans une zone de clair-obscur avant de s'adapter suffisamment pour s'approcher des lampes.

C'est l'ensemble de ces expériences qui nous a conduits à choisir pour la pêche au feu, des lampes immergées d'une puissance maximale de 2 000 w, qui semblent convenir pour la capture des principales espèces d'intérêt commercial dans les eaux souvent turbides du golfe de Gascogne.

Ajoutons que la pratique du survoltage des lampes nous paraît devoir être proscrite car elle diminue la durée des ampoules sans augmentation appréciable des rendements de pêche. En effet, la diffusion de la lumière dans l'eau est fonction de la turbidité de celle-ci. Nous n'avons pas parlé de cet important facteur faute de mesures précises que nous nous proposons d'effectuer ultérieurement.

2. - Description des comportements

Après avoir fait la revue des principaux facteurs susceptibles de conditionner ou de modifier les réponses des poissons à un stimulus photique, puis donné des indications sur les matériels et les techniques d'éclairement, nous allons maintenant décrire les divers comportements des espèces observées sous la lumière au cours de nos essais, et tenter d'en tirer un enseignement pratique.

Mais il convient, tout d'abord, de rappeler les termes employés dans les diverses théories des tropismes ainsi que leur définition.

Terminologie.

1° **Cinèses et taxies.** Dans la terminologie adoptée par FRAENCKELL et GUNN (1940), on dis-

tingue les activations générales de la motricité ou « cinèses » des déplacements orientés ou « taxies », ces deux classes de phénomènes n'étant pas exclusives l'une de l'autre et pouvant coexister dans un même comportement.

On parle de cinèses lorsque la vitesse linéaire de déplacement est augmentée (orthocinèse), ou lorsque la fréquence des changements de direction par unité de temps s'accroît (clinocinèse). Ces effets sont relatifs aux conditions locales d'éclairement (photocinèse), ou de pesanteur (géocinèse), ou de bruit (phonocinèse), etc. ; les conditions déterminantes se réfèrent donc à un champ local, et par conséquent, à un gradient de diffusion d'une forme d'énergie donnée, et non à la situation d'une source d'énergie par rapport à l'animal.

Tel est au contraire le cas des taxies, parmi lesquelles on distingue les « tropotaxies » ou tropismes au sens strict de LOEB, les « télotaxies », et les « clinotaxies ». Les deux premières ne se différencient qu'opérationnellement, si l'on dispose simultanément de deux sources d'énergie : si l'animal s'oriente entre ces deux sources de façon à recevoir autant d'énergie de l'une que de l'autre de chaque côté de son corps (principe de « symétrie d'excitation ») il s'agit de tropotaxie ; au contraire s'il néglige une source et s'approche au maximum de l'autre, on parlera de télotaxie. Dans ces deux cas l'orientation s'effectue en ligne droite, et les récepteurs sensoriels sont au moins au nombre de deux. Au contraire dans la clinotaxie l'orientation se fait suivant un processus oscillant dans lequel l'animal s'écarte d'un côté et d'autre de la voie qui le mène vers une unique source, qu'il repère grâce à un seul récepteur sensoriel situé sur son axe de symétrie longitudinale, de sorte qu'il doit effectuer des corrections d'itinéraire de sens alternativement opposé. On rencontrera aussi dans la littérature concernant ce sujet le terme de « ménotaxie » : déplacement orienté consistant à tenir un angle constant avec la direction des lignes de force du champ ou des rayons énergétiques émis par une source ; tel est le vol spirale des papillons autour d'une lampe. Il s'agit en fait d'une composition de deux phénomènes différents : une taxie et une « orientation transverse ».

Ces dernières peuvent se manifester en dehors de toute translation longitudinale dans le cas de l'équilibration horizontale par rapport à la pesanteur, ou de la posture inclinée que prennent les tortues sous les rayons obliques du soleil. Les influences de la pesanteur et de l'éclairement peuvent d'ailleurs se conjuguer et s'inhiber mutuellement ; par exemple, on a pu faire nager un poisson en posture inclinée grâce à un éclairage horizontal (compromis d'orientation transverse entre l'équilibration et la position perpendiculaire par rapport à la lumière venant normalement d'en haut), mais on ne peut le faire nager sur le dos en l'éclairant par dessous, à moins de lui léser le nerf acoustique ou l'oreille interne de façon à supprimer l'équilibration pour ne laisser subsister que l'orientation transverse normale à la lumière.

En réalité, ces divers phénomènes n'existent séparément que dans la nomenclature théorique, mais dans les faits on les observe habituellement plus ou moins mêlés. En effet, si une taxie rapproche un animal d'une source énergétique, les conditions locales du champ ambiant se modifient au fur et à mesure de sa progression, ce qui peut donner lieu à d'autres formes de locomotion comme les cinèses et modifier ainsi les probabilités de séjour de l'animal auprès de la source. S'il y a orthocinèse, il ira plus vite et s'attardera donc moins dans le champ, et s'il y a clinocinèse il suivra un trajet plus contourné, donc s'éloignera moins, mais il déviara plus probablement de sa direction primitive. Ortho- et clinocinèse peuvent d'ailleurs se produire simultanément, de façon plus ou moins importante, ce qui modifie encore les probabilités de séjour de l'animal dans le champ avoisinant la source d'énergie considérée.

Tous ces comportements sont définis comme de simples schémas de déplacement, et c'est à ce point de vue qu'on les place sur un même plan dans la nomenclature, mais on ne peut probablement plus les considérer ainsi si l'on étudie les mécanismes neurophysiologiques qui sous-tendent ces conduites. Par exemple les orientations transverses par rapport au champ gravitaire ressortissent à de simples réflexes posturaux, d'intégration cérébelleuse chez les Vertébrés. Au contraire les taxies peuvent être intégrées à des niveaux beaucoup plus élevés, et donner lieu à des conduites de détour, comme l'ont observé GRISON (cité par CHAUVIN, 1953) chez le doryphore, et BÖHN (1929) chez le crabe, au sujet de la phototaxie de ces deux espèces d'Arthropodes. Les cinèses, dont l'augmentation d'activité des fourmis s'affairant au soleil paraît un bon exemple (thermocinèse), peuvent ne traduire qu'une activation diffuse de processus physiologiques, neuromusculaires notamment.

2° Tropismes et pathies. Cette idée de niveaux d'intégration différents pour les diverses manifestations motrices des animaux vis-à-vis d'une source d'énergie se retrouve chez VIAUD (1951)

qui oppose les « tropismes » aux « pathies » en considérant le rapprochement ou l'éloignement de l'animal par rapport à la source, et les modalités de son séjour dans le champ avoisinant. Ce qu'il nomme tropisme se réfère aux déplacements orientés qui ne cessent qu'au contact de la source elle-même, et correspond, selon les termes de VIAUD, à la « recherche du maximum d'excitation » de la part de l'animal ; c'est le cas du papillon qui se brûle à une lampe. Il y a au contraire pathie lorsque l'animal « fuit un excès d'excitation » et stabilise sa position en un point du champ où le niveau de diffusion énergétique correspond à son « préférendum ». Tel est le cas de nombreux thermotropismes et d'hygrotropismes, qui sont en fait des pathies dans la terminologie de VIAUD. Les deux classes de phénomènes peuvent d'ailleurs se manifester successivement, comme cet auteur l'a très bien illustré par l'exemple de la photopathie de la Daphnie, qui succède à son phototropisme : après s'être exposé le plus près possible de la lumière artificielle, ce crustacé s'en écarte à une certaine distance. Là encore, dans la mesure où la pathie est un comportement mieux adapté à la situation, puisqu'il revient à placer l'animal dans les conditions correspondant à son « optimum thermique », photique ou autre, et puisque cette conduite se présente comme une régulation corrigéant les excès d'excitation, il est probable qu'elle relève de centres nerveux supérieurs à ceux qui déterminent le simple tropisme.

Les comportements observés.

Dans la suite de cet exposé, nous adopterons la notion de « préférendum », intéressante parce qu'elle décrit une modalité de séjour de l'animal dans le champ énergétique. Par contre, en ce qui concerne les modalités de rapprochement de l'animal par rapport à la source d'énergie, et ses évolutions au voisinage de celle-ci, nous adopterons la terminologie de FRAENCKELL et GUNN (1940) car elle est beaucoup plus précise et plus exhaustive que le terme de « tropisme » pris au sens où l'entend VIAUD.

Il va de soi qu'en raison des conditions d'observation qui étaient les nôtres, les comportements que nous avons pu étudier sont ceux des poissons déjà arrivés à proximité des lampes dans un champ bien éclairé : il s'agit donc surtout de cinèses et de conduites à préférendum. La taxie elle-même nous échappe, mais il faut admettre qu'elle est le phénomène primitif, que l'on peut concevoir de la manière suivante : le poisson nageant en eau obscure perçoit, au hasard de ses déplacements, un point brillant, et nage vers ce point jusqu'à trouver de nouvelles conditions d'ambiance lumineuse. Il peut également s'y trouver placé sans transition lorsque les lampes sont allumées au dessus d'un banc préalablement détecté. C'est à partir de ce stade que se place notre observation dont l'intérêt est d'ailleurs au moins égal à celui qu'aurait une description de la taxie.

En effet l'essentiel de la pêche n'est pas seulement d'attirer des poissons mais aussi de les concentrer en nombre continuellement accru tout en les retenant dans un espace assez restreint pour qu'on puisse les entourer d'une bolinche. Or, en ce qui concerne la taxie, la ligne de conduite pratique à tenir est simple : il faut donner aux lampes une brillance maximum pour permettre, dans une aire aussi étendue que possible, la perception du stimulus lumineux par le poisson qui peut passer dans cette aire, et augmenter ainsi les probabilités de déplacements orientés dans cette direction. Par contre il convient de bien connaître *le comportement des poissons à proximité des lampes* pour savoir comment les y concentrer et les retenir, et pour adapter la manœuvre de pêche à leurs réactions spécifiques. Tel était le but de notre étude, et c'est ce point que nous allons exposer maintenant, en décrivant d'abord la conduite de quelques espèces importantes du point de vue économique ou caractéristiques du fait des particularités de leurs réactions. Nous essaierons ensuite d'en tirer quelques considérations générales théoriques et pratiques.

1° Sardines et sprats, *Sardina pilchardus* (Walb.) et *Clupea sprattus* L.

Sur le plan économique, la sardine est beaucoup plus importante que le sprat. Les observations sur ces deux clupéidés ont cependant été groupées car leurs comportements sont généralement identiques.

a) Cinèses. Elles sont surtout le fait des formes juvéniles d'une longueur inférieure ou égale à 5 cm. Ces jeunes poissons apparaissent généralement plus tôt à l'observateur que les adultes d'autant plus qu'ils nagent principalement en surface, et tout de suite très près des lampes dans la zone d'éclairement maximum. L'animal présente à la fois une clinocinèse et une orthocinèse accentuées

dès qu'il est franchement engagé dans la zone éclairée, à environ 3 ou 4 m des lampes ; l'accélération de sa nage et la fréquence de ses changements de direction s'effectuent dans les trois plans de l'espace, avec de brefs renversements sur le dos. Ceci fait penser à un trouble de l'équilibre. En fait, il semble surtout qu'il y ait une perte de l'orientation, au point que le poisson peut s'enfoncer aussi bien que monter verticalement en surface. Dans cette dernière éventualité, il est arrêté et continue de nager horizontalement : il résulte de cet effet de barrière physique, opposé à un déplacement apparemment aléatoire, un groupement des poissons en surface. Les trajectoires de leurs nages s'entrecroisent principalement à l'aplomb des lampes, c'est-à-dire que le point d'attraction principal reste celui où l'éclairage est le plus fort dans le plan de nage considéré. Cela se comprend du fait que la probabilité de séjour y est la plus forte car la clinocinèse (dépendant directement de l'intensité lumineuse locale) y est la plus marquée, et que ces constants changements de direction du poisson tendent à l'empêcher de s'écarter de ce point. Le phénomène inverse se produit lorsque, s'étant écarté fortuitement du point d'éclairage maximum, le poisson passe en zone peu éclairée ; la clinocinèse disparaît alors, cependant que l'orthocinèse subsiste encore un peu : il en résulte que l'animal nage vite et droit vers la zone obscure et se perd. Il revient peut-être ensuite dans la zone éclairée au cours d'un second épisode tropistique, mais cela est difficile à vérifier.



FIG. 7. — Détection horizontale à 30 m d'un canot porte-feu équipé d'un réflecteur émergé de 2 500 w. Noter les échos de sardines sur le pourtour du canot, à la limite de la zone éclairée. Il s'agit d'une conduite typique de photopréférendum chez les sardines adultes.

D'ailleurs ces jeunes poissons peuvent s'écarter des lampes d'une autre manière encore, car ils finissent par se fatiguer de nager de façon aussi vive et même obnubilée puisqu'ils se heurtent aussi bien à la surface de l'eau qu'à l'arrière du canot sur lequel ils « poussent » quelque temps avant de se détourner. Il résulte de cette dépense énergétique un affaiblissement qui se manifeste subitement, et l'on peut voir des sardinettes qui cessent tout d'un coup de nager, se couchent un peu de côté, et sont emportées par le courant.

b) Conduite de préférendum photique. On l'observe surtout chez les individus d'une taille supérieure à 10 cm. L'apparition de ces sujets dans la zone éclairée peut être relativement tardive, et jamais leur nage n'a lieu au-dessus de lampes immergées, mais toujours en dessous ou au même niveau. Le processus d'attraction taxique, qui échappe à l'observation visuelle, doit cependant être le même que celui des formes juvéniles, car peu de temps après l'allumage des lampes le poisson se trouve déjà à leur voisinage, trop loin pour être vu, mais suffisamment près pour que le sondeur à ultrasons détecte sa présence à 20 ou 30 m du canot (fig. 7). A partir de ce moment il faut souvent compter près d'une demi-heure avant que l'observateur puisse voir les poissons ainsi détectés. Leur rapprochement de la source lumineuse s'est donc effectué très lentement, et peut se poursuivre pendant une ou plusieurs heures : on voit alors les poissons passer à environ 1 ou 2 m des lampes, en bandes plus ou moins nombreuses pouvant atteindre plusieurs milliers d'individus nageant lente-

ment suivant une trajectoire circulaire ou en forme de huit, c'est-à-dire se tenant apparemment dans des zones d'éclairement équivalent, ou sur des « isophotes » si l'on peut dire. La zone de photopréférendum se déplace donc au cours du temps dans le sens d'une adaptation croissante à un degré d'éclairement de plus en plus élevé. Il n'y a aucune cinèse, et les allures de nage sont normales, voire lentes, et permettent probablement la consommation alimentaire de plancton (abondant autour des lampes) car les sardines pêchées au feu ont rarement l'estomac vide.

Dans la pratique, c'est essentiellement la conduite de préférendum et l'adaptabilité du poisson qui ont permis le développement de la pêche au feu. L'une des applications de ce comportement réside dans la possibilité de réduire le voltage des lampes, donc d'en affaiblir l'éclat, de façon à raccourcir le diamètre de la zone « euphotique » dans laquelle les sardines cherchent à se resserrer, facilitant ainsi leur capture.

c) Formes de transition. Il se dessine donc une évolution du comportement phototropique de la sardine et du sprat au cours de la croissance : l'animal passe d'une conduite de « tropisme » au sens où l'entend VIAUD, c'est-à-dire la recherche apparente de l'éclairement maximum, résultant en fait d'un entraînement clinocinétique de plus en plus près des lampes, à un comportement de séjour dans la zone correspondant au préférendum photique, avec déplacement graduel de cette zone au cours du temps en fonction de l'adaptation neuro-sensorielle du poisson.

Or si cette adaptation n'est pas respectée, il peut y avoir régression au stade des cinèses, le plus souvent chez l'animal encore assez jeune. En effet les sardines de 7 à 8 cm ne s'approchent pas spontanément très près des lampes, mais se maintiennent comme les adultes dans une zone de préférendum donnée ; or si elles sont ensuite exposées juste en dessous des lampes au moment de la remontée de la bolinche, sans pouvoir s'écarter du fait de la restriction de mouvements imposés par le resserrement du filet, elles présentent les cinèses typiques des formes juvéniles. Les adultes exposés au même stimulus présentent moins fréquemment cette régression que l'on a pourtant notée à diverses reprises. Elle se manifeste par une nage clinocinétique extrêmement rapide qui peut amener la sardine à suivre le canot porte-feu hors du filet en sautant par dessus les flotteurs.

2° Anchois, *Engraulis encrasicolus* (L.).

a) Cinèses. Comme pour les autres clupéidés, les conduites cinétiques se manifestent surtout chez les formes larvaires et juvéniles. Leurs déplacements sont homologues à ceux des sardinettes qui nagent d'une façon anormalement rapide et heurtée en changeant constamment de direction (clinocinèse). Mais les jeunes anchois semblent s'adapter mieux que d'autres clupes au stimulus photique. Au lieu de s'épuiser en une nage déséquilibrée contre le courant jusqu'à ce que celui-ci les entraîne hors de la zone éclairée, les anchois montrent, même à des stades jeunes, une tendance à adopter peu à peu une conduite de préférendum. Des formes juvéniles pourront ainsi séjourner durant plusieurs heures sous les lampes en ne s'en écartant pas de plus de 4 à 5 m. Elles nagent alors tranquillement avec cependant de fréquents retours à la conduite cinétique se manifestant par une orthocinèse de bas en haut qui amène les animaux à sauter hors de l'eau.

De telles conduites de cinèses sont fréquentes même chez les adultes d'un an. Nous avons noté que ce comportement, apparemment régressif, allait de pair avec une attraction très rapide et complète puisque les anchois peuvent souvent être observés auprès des lampes moins de cinq minutes après allumage de celles-ci. Toutefois, après un certain temps de séjour à proximité des lampes, ces poissons nagent de façon nettement moins agitée.

b) Conduite de préférendum photique. Si elle s'observe chez les jeunes et chez les adultes d'un an qui montrent souvent un comportement préalable de cinèse, la conduite de préférendum est surtout le fait des grands anchois de deux ans et plus que l'on trouve habituellement au printemps dans le sud du golfe de Gascogne. Ces animaux qui se déplacent en bancs souvent importants au-dessus des fonds pouvant dépasser 1 000 m se tiennent entre la surface et 50-60 m. Ils ne présentent jamais une conduite de cinèse. En revanche, leur phototaxie est un peu moins rapide que celle des individus plus jeunes et nécessite une plus forte brillance pour se manifester, ce qui rappelle de façon moins accentuée ce que nous avons déjà noté à propos de la sardine.

Ces observations corroborent celles d'autres chercheurs (BINI, 1961 ; DRAGESUND, 1964) et nous ont permis de définir une technique d'attraction appliquée à la pêche de cette espèce. Elle consiste

essentiellement à utiliser des lampes immergées d'une puissance moyenne de 2 000 w sous une tension constante de 24 v, toutes les autres méthodes (lampes hors de l'eau, variation d'intensité) ayant donné des résultats médiocres. En effet, une diminution, même progressive, de l'éclairement ne provoque pas, comme chez la sardine, la concentration du poisson mais, au contraire, la dispersion des individus nageant à la limite de la zone illuminée. Ces poissons ne semblent pas tenter de rejoindre une zone d'éclairement optimum lorsqu'ils cessent d'être sollicités par un stimulus relativement violent. Ceci semble montrer que, chez cette espèce, « l'effet de piège » des lampes est dû, pour une part, aux réponses clinocinétiques qu'elles suscitent, et non à la seule recherche d'un préférendum photique. Cette inférence resterait douteuse si les anchois adultes se rapprochaient de la lumière aussi graduellement que les sardines, mais on a vu que cette espèce vient s'exposer très vite à l'éclairement maximum.

L'application de ces observations visuelles et ultrasonores a permis de réaliser des pêches expérimentales atteignant six tonnes par coup de filet alors qu'elles variaient entre 200 et 1 500 kg lorsque d'autres techniques d'éclairement étaient mises en œuvre (KURC, 1965).

Pour conclure, il faut insister sur le fait que les anchois sont les poissons pélagiques dont le phototropisme est le plus évident et l'attraction la plus rapide. C'est ainsi que lorsqu'ils sont mêlés à des sardines, ils apparaissent toujours les premiers sous la lumière, généralement à un niveau supérieur à celui des sardines, et y séjournent le plus longtemps.

3° Orphies, *Belone belone* (L.).

L'intérêt économique de ces poissons étant nul, il peut sembler superflu d'en faire mention. Cependant le caractère spectaculaire de leur comportement est tel qu'il mérite d'être décrit. Par ailleurs, sur le plan fondamental les réactions observées chez les orphies sont si nettes et caractéristiques qu'elles doivent aider, mieux que celles des autres espèces, à comprendre les mécanismes neuro-sensoriels mis en jeu par le stimulus lumineux.

a) **Cinèses.** C'est l'aspect le plus remarquable des conduites de l'orphie en réponse à la lumière, et il se manifeste chez les adultes de grande taille comme chez les individus plus petits. L'animal apparaît en surface, s'engageant dans la zone éclairée; il nage d'une allure souple et peu rapide. Subitement on le voit stopper, se raidir, et partir droit devant lui, sans transition, d'une nage rapide et rectiligne dont l'amplitude des ondulations natatoires est très restreinte. Il y a typiquement orthocinèse avec hypertonicité. On est frappé de la similitude apparente avec un galvanotropisme cathodique chez une forme à nage également ondulante comme l'anguille (BLANCHETEAU *et al.*, 1961). L'animal traverse donc au plus vite le champ éclairé et en sort rapidement, retournant à la zone d'ombre périphérique sans ralentir sa natation : l'orthocinèse, une fois déclenchée, ne cesse pas tout de suite malgré la modification des conditions lumineuses locales. On ne constate jamais de clinocinèse, et ce n'est pas cette réaction phototropique qui pourrait maintenir l'orphie près des lampes car ce poisson est un exemple typique d'animal à phototropisme positif, facilement attiré (il est un des premiers à apparaître à l'observateur) mais très mal retenu près des lampes.

b) **Conduites de préférendum photique.** Il est des cas cependant où l'orphie n'agit pas comme nous venons de le décrire, mais se comporte de la même façon que les sardines adultes, par exemple, à cette différence près que la nage a toujours lieu en surface même lorsque les lampes sont immergées. Nous avons pu observer de grandes orphies se tenant à une distance constante des lampes, en restant à peu près au même point tout en nageant lentement contre le courant pour s'y maintenir.

Ici encore, comme chez la sardine ou l'anchois, on peut observer des transitions entre la conduite à cinèse et celle à photopréférendum. C'est ainsi que nous avons vu parfois des orphies présenter successivement plusieurs orthocinèses brèves qui, exceptionnellement, cessaient au moment où le poisson atteignait la zone d'ombre, de sorte qu'il finissait chaque fois par se tenir à la limite de celle-ci.

Il est difficile de dire si l'âge intervient autant chez l'orphie que chez les autres pélagiques pour déterminer les réactions à l'égard de la lumière. Il semble que ce soit plutôt l'engagement fortuit de l'animal dans certaines conditions locales d'éclairement qui détermine principalement l'occurrence d'une cinèse ou l'établissement d'une conduite à photopréférendum.

4° Espèces phototropiques diverses.

1° **Espèces benthiques.** En diverses occasions, on a pu voir évoluer près des lampes des raies, *Raja clavata* L., des pastenagues, *Dasyatis pastinaca* (L.), des callionymes, *Callionymus lyra* L., des lieus, *Gadus pollachius* L., ainsi que des grisets, *Spondyliosoma cantharus* (L.). Ces derniers n'étaient généralement pas aperçus sous le feu bien que fréquemment capturés, car ils séjournent le plus souvent au-dessous des bancs de sardines.

En fait, toutes ces espèces benthiques, à l'exception peut-être des callionymes, répondaient à un tropisme alimentaire caractérisé et il n'est pas certain qu'un phototropisme ait pu déterminer leur présence sous les lampes.

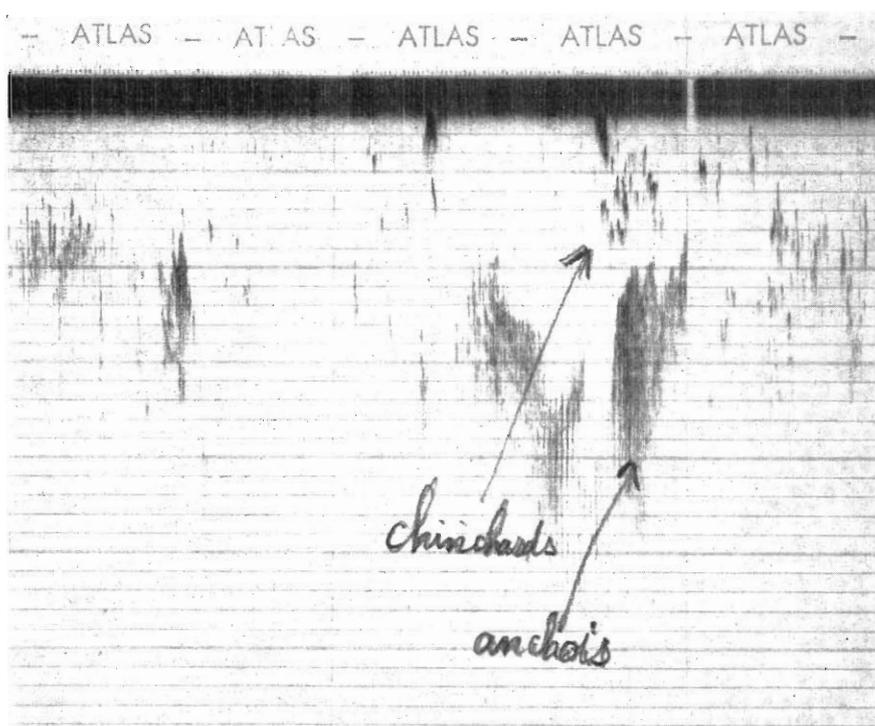


FIG. 8. — Des chinchards s'attaquent à un banc d'anchois attirés par la lumière. Ils se concentrent sous un groupe de poissons qui, en fuyant, se sont massés en surface où ils constitueront des proies faciles tandis que le gros du banc est descendu entre 10 et 20 m où la lumière les retient encore.

Par ailleurs, il convient de mentionner une observation exceptionnelle : la capture de spécimens juvéniles de baudroie, *Lophius piscatorius* L. Ces animaux, qui n'ont pas été remarqués sous le feu, n'ont pourtant pas pu être ramassés sur le fond situé à plus de 1 000 m ; ils se comportaient donc, à ce stade, comme des poissons pélagiques photophiles de la même façon que les anchois parmi lesquels ils ont été pêchés.

2° **Espèces pélagiques prédatrices.** Les maquereaux, *Scomber scombrus* L. et les chinchards, *Trachurus trachurus* (L.), sont attirés (taxie) par les lampes puisque leur nombre s'accroît peu à peu au cours d'une période d'éclaircissement. Cependant, le stimulus photique proprement dit paraît souvent ne jouer qu'un faible rôle dans le maintien de ces poissons dans le champ éclairé. Ce séjour semble plutôt répondre à une motivation alimentaire. En effet, maquereaux et chinchards donnent la chasse aux vers pélagiques ainsi qu'aux formes juvéniles de sardines, sprats, anchois et les capturent jusqu'au voisinage des lampes (fig. 8). Après les avoir ingérés, ils s'en retournent dans une zone d'éclaircissement moyen (photopréféréndum) avant de repartir en chasse.

On a cependant observé, grâce à la lumière, des concentrations de maquereaux en l'absence de toute espèce dont ils puissent se nourrir, si ce n'est de formes planctoniques apparemment peu abondantes.

Il faut également noter qu'aux stades juvéniles, le maquereau montre un phototropisme nettement plus marqué qu'à l'âge adulte ainsi qu'on a pu le constater en baie de Douarnenez où l'on détectait chaque jour d'importants bancs de poissons sans qu'il soit possible d'en capturer (KURC, 1961). Des essais de pêche au feu ont alors montré qu'il s'agissait de petits maquereaux mesurant de 3 à 5 cm qui se massaient très rapidement sous la lumière.

Il apparaît donc qu'une espèce prédatrice peut être attirée par la lumière, non seulement par suite d'une motivation alimentaire, mais aussi parce qu'elle répond réellement à un phototropisme positif.

Quoi qu'il en soit, le comportement des animaux marins vis-à-vis d'un stimulus donné est rarement tranché. On a vu qu'il varie en fonction de facteurs abiotiques ; il varie aussi, pour une même espèce, au cours de son évolution physiologique et telle espèce, comme le thon, qui est aisément attirée par la lumière aux stades juvéniles, la fuiera lorsqu'elle sera plus âgée. Il n'est pourtant pas rare, surtout en Méditerranée (SPARTA, 1933) de voir des thonidés adultes près des feux lorsque, chassant sardines ou anchois, leur appétit contrebalance leur photophobie.

3° *Syngnathes*. On voit peu de syngnathes (*Syngnathus sp.*) autour des lampes, mais s'il y en a un, il apparaît ordinairement très tôt, et se maintient en surface en se rapprochant peu à peu du zénith des lampes ; il peut rester ainsi pendant plus d'une heure, et l'on constate alors des descentes répétées vers les lampes immergées ; l'animal a un photopréférendum qui, par adaptation progressive, peut finir par correspondre à un haut degré d'éclairement.

4° *Invertébrés*. L'un des premiers animaux qui apparaissent dans le champ éclairé est un petit ver pélagique némertien (*Platynereis sp.*) à nage très rapide, qui présente une luminescence de teinte carmin lorsqu'il est près des lampes. Son comportement rappelle en tous points celui des sprats et des sardines juvéniles : c'est une nage activée tant du point de vue de la vitesse (orthocinèse) que des changements de direction (clinocinèse), et qui a lieu surtout en surface. Cette dernière constitue une barrière aux déplacements de ces vers qui viennent finalement se grouper là. La résistance à la fatigue de ces animaux est toutefois beaucoup plus grande que celle des jeunes sardines ; ils se maintiennent près des lampes jusqu'à ce que le coup de filet soit donné, à moins qu'ils ne soient auparavant ingérés par un poisson prédateur.

D'autres invertébrés attirés par la lumière peuvent aussi être des prédateurs. C'est le cas du « crabe sardinier » (*Polybius henslowi* LEACH), qui présente une agression alimentaire vis-à-vis des sardines déjà maillées dans un filet droit (KURC et PERCIER, 1959).

Enfin certains céphalopodes marquent également un phototropisme positif. Il nous a souvent été donné d'observer des encornets (*Loligo sp.*) dont le comportement rappelait celui des orphies : arrivés lentement sous les lampes, leur nage s'activait brusquement de sorte qu'ils gagnaient la zone de pénombre (orthocinèse) où ils séjournaient ensuite (préférendum). Cette phototaxie des céphalopodes est d'ailleurs largement utilisée au Japon où près de 50 000 bateaux pratiquent la pêche de ces invertébrés au feu (TAKAYAMA, 1956).

3. - Analyse théorique et pratique de la pêche au feu

1° Hypothèses théoriques relatives au déterminisme physiologique des réactions phototropiques.

a) *Opposition des deux types de comportements observés : cinèses et préférendums*. Le principal fait qui ressort des observations rapportées ci-dessus est l'existence de deux sortes de comportements vis-à-vis de la lumière : cinèses, et adoption d'un photopréférendum. De ces deux types de conduites, les cinèses paraissent être les plus primitives, ou plus exactement celles qui ressortissent à l'organisation nerveuse la moins complexe.

En effet les photocinèses semblent être le fait des formes les moins évoluées (Annélides) ou

des poissons immatures; on ne peut les observer chez les Vertébrés adultes qu'en présence d'une stimulation lumineuse très intense (anchois, orphies). Par ailleurs l'exemple des sardinettes montre que la dépense motrice qui a lieu au cours de cette réaction est préjudiciable à l'intégrité physiologique de l'animal. D'autres part, la photocinèse s'exerce de façon obnubilée : les jeunes poissons se cognent au canot et ne s'en détournent pas immédiatement, de même qu'ils ne s'écartent guère des maquereaux qui les poursuivent.

Tout à l'opposé de ces caractères primitifs se situent ceux de la conduite à préférendum, dont la *plasticité* et l'*adaptabilité* sont évidentes. Tout d'abord, nous avons vu qu'un tel comportement n'est nullement obnubilé : il peut être accompagné de consommation alimentaire, c'est-à-dire céder transitoirement la place à une autre conduite ressortissant à une motivation différente et pouvant entraîner l'animal dans une zone d'éclairement excessif par rapport à la zone de séjour choisie. Par ailleurs, la conduite à préférendum peut s'effacer pour laisser place à la fuite devant d'autres espèces prédatrices, comme c'est le cas pour les sardines vis-à-vis des maquereaux, ou non prédatrices mais concurrentes se présentant sous forme de bancs importants ; c'est ainsi que les sardines attirées en faible quantité sont parfois remplacées sous les lampes par des anchois plus abondants (KURC, 1963). Notons enfin que l'attraction est relative à un niveau d'éclairement donné : trop de lumière peut empêcher le poisson de se grouper, et le fera donc s'écartier s'il était déjà rassemblé en banc à l'endroit d'immersion des lampes (SARA, 1962 ; KURC, 1963). La rétention est également sujette à variation selon ce facteur de quantité de stimulation lumineuse reçue : passée une certaine durée d'exposition à la lumière, les poissons en semblent « rassasiés » et s'en vont. Ceci n'est pas sans rappeler la conduite des Daphnies observée par VIAUD (1951). Lorsqu'ils sont exposés à une lumière artificielle, ces crustacés s'en approchent d'abord et s'y exposent un certain temps, puis s'en écartent. Dans ces conditions il est compréhensible que le comportement des espèces à photopréférendum varie également suivant divers facteurs du milieu, tels que la température et ses variations selon la profondeur (thermocline) et divers facteurs atmosphériques et saisonniers ; il peut donc y avoir inhibition d'une réponse d'approche, réflexe optique, par une réponse d'évitement, réflexe thermique.

Il semble donc bien que l'adoption d'un préférendum photique témoigne d'une bonne régulation de la conduite vis-à-vis du stimulus lumineux. Au contraire, la photocinèse apparaît comme un dérèglement sensori-moteur. Une telle différence d'adaptation entre ces deux types de conduite nous amène à nous interroger sur leur déterminisme.

b) Cinèses. Manifestement la photocinèse résulte d'une interaction entre des facteurs externes et des processus endogènes, puisque des conditions d'éclairement intense peuvent provoquer des cinèses chez des individus qui auraient présenté une recherche de préférendum en réponse à un moindre éclairement, ainsi que nous l'avons vu à propos des sardines immatures et des orphies. L'intensité locale d'éclairement a donc son importance dans le déterminisme des cinèses, et le rôle de cette *variable* « *exogène* » ne fait pas de doute à cet égard.

Ce sont en fait les *variables* « *endogènes* » qui laissent place à l'incertitude complète ; il semble qu'on puisse avancer deux conceptions différentes.

La première consiste à faire de la *maturation des fonctions nerveuses* le principal facteur de la différence de comportement entre formes juvéniles et adultes de sardines et de sprats, par exemple. Chez les sujets les plus jeunes, en l'absence d'un centre supérieur inhibiteur hypothétique, il y aurait une véritable agression cérébrale par les influx nerveux provenant de la rétine et déterminant en retour par voie réflexe une hyperexcitation motrice, ce qui se traduit par la crise natale qu'on observe près des lampes. Cette conception s'appuie sur le fait que le centre cérébral qui est la principale zone de projection des influx visuels, c'est-à-dire les lobes optiques ou mesencéphale, se trouve être également la zone de projection de la motricité somatique, ainsi que l'ont montré les travaux de BUSER (1949) et de CHAUCHARD (1927) (1). Les sujets adultes échapperaient à ce débordement d'activation du fait de la maturité fonctionnelle du centre supérieur inhibiteur qui réfrènerait les effets d'excitation réflexe optique ; la clinocinèse ne se produisant pas, l'animal ne se trouverait

(1) Notons que ceci n'est valable que pour les formes à phototropisme positif ; le mécanisme inverse (inhibition réflexe centrale de la motricité causée par l'éclairement) jouerait chez les espèces photonégatives, à activité nocturne, comme l'anguille (PETERSEN, 1906 ; RICHARD, 1956).

pas amené à s'approcher des lampes, ce qui l'aiderait d'autant mieux à se situer dans une zone de préférendum photique. Ainsi l'animal adulte ne manifesterait pas l'exacerbation motrice dont sont victimes les formes juvéniles, laquelle apparaît donc comme une régression et une inadaptation de la conduite. Chez les sujets d'un âge intermédiaire par rapport aux deux stades considérés, les centres inhibiteurs n'auraient encore qu'une efficacité limitée, de sorte que si ces sujets sont soumis par force à un éclairage excessif, leur conduite régresse au niveau de la cinèse qui caractérise les sujets plus jeunes.

Cette hypothèse pourrait donner lieu à des études en laboratoire destinées à l'éprouver. Notamment des essais de désafférentation optique unilatérale (par section du nerf, ou par opacification du cristallin ou vernissage de la cornée) devraient entraîner des « mouvements de manège » si un mécanisme réflexe est bien mis en jeu.

La seconde hypothèse est apparemment moins plausible que la précédente, mais doit cependant être mentionnée. Le rôle principal n'y est pas attribué à la maturation des capacités inhibitrices contrôlant les effets d'excitation sensorielle, mais simplement à l'évolution de la possibilité d'excitation. Au reste, il ne s'agirait pas d'excitation *réflexe*, s'effectuant par le canal rétinien, mais d'excitation *directe* du cerveau ou même du névraxe entier par la lumière. En effet la transparence du crâne et même de tout le corps est grande chez les individus juvéniles, alors que les os crâniens et les masses musculaires s'opacifient à mesure que le poisson devient adulte ; les centres nerveux seraient donc de moins en moins exposés à une agression lumineuse directe, et la probabilité de crises motrices décroîtrait d'autant, du moins dans la mesure où l'hyperexcitabilité causée par la lumière concernerait principalement la motricité.

Cette hypothèse peut paraître étrange ; cependant l'on a bien décrit dans le névraxe même des Cyclostomes des structures apparemment photoréceptrices. D'autre part la possibilité d'excitation directe du tissu nerveux par la lumière a déjà été démontrée ; ainsi AUGER et FESSARD (1933) ont réussi à provoquer des influx rythmiques en éclairant un nerf sur un point où avait été déposée une goutte d'éosine. Ces auteurs citent d'ailleurs un travail (SCHARRER, 1928) mettant en évidence la sensibilité directe à la lumière de l'épiphyse et de la portion médiane du cerveau chez le vairon (*Phoxinus laevis*), à travers le tégument translucide. De même BENOIT (1938, 1950) a démontré la possibilité d'excitation directe des centres diencephaliques par la lumière chez le canard mâle, sur une échelle de temps assez longue il est vrai. Ces divers précédents expérimentaux étayaient donc l'hypothèse que nous venons d'exposer, et obligent à la prendre en considération. Il doit être d'ailleurs possible de la soumettre à une épreuve de vérification expérimentale en laboratoire grâce à une technique d'assombrissement des tissus, par mélanisation pharmacologique, par exemple.

Notons d'ailleurs que les deux hypothèses considérées ne sont pas exclusives l'une de l'autre, et que les modes d'excitation réflexe et directe sont conjointement possibles. Cependant il ne semble guère que l'excitation directe des centres nerveux par l'agent photique puisse rendre compte de la manifestation des cinèses, puisque ces conduites peuvent s'observer chez les orphies adultes, aux téguments sombres, et dont les os crâniens sont épais et opaques. Or il faut noter que ce poisson a de grands yeux et des lobes optiques étendus ; le développement de ces structures témoigne de l'importance fonctionnelle que prend chez lui la vision. Un excès d'influx visuel et l'incapacité d'en contrôler les répercussions réflexes motrices paraissent donc bien être les principaux facteurs des photocinèses.

Il faut cependant ajouter qu'un facteur spécifique doit également entrer en ligne de compte, car le maquereau, par exemple, ne présente aucune cinèse du moins à l'état adulte, même dans l'étroite proximité des lampes où l'entraîne la poursuite de ses proies. Pourtant ce poisson a des yeux et des lobes optiques bien développés, et son comportement montre qu'il se dirige surtout par la vue.

c) Préférendum. Il paraît encore plus difficile d'esquisser la psycho-physiologie de l'adoption d'un photopréférendum que celle des photocinèses. Ce qui pourrait apparaître comme un « mouvement forcé » ou un tropisme, au même titre que la cinèse, semble en fait une conduite normale du poisson, faisant partie de son registre de réponses innées aux facteurs du milieu, malgré son déclenchement artificiel dans le cas de la pêche au feu. En effet cette conduite s'intègre aux systèmes des motivations et des besoins biologiques de l'animal, avec tous les caractères de variabilité et d'adaptation que cela implique.

Malgré la complexité que présente ce comportement, il serait souhaitable de multiplier les études fondamentales à ce sujet, car la plupart des espèces pêchées au feu, au moins les individus adultes, se conduisent selon leur photopréférendum.

Les recherches pourraient être entreprises dans deux directions : l'une serait plutôt psychophysique, et mènerait à déterminer les seuils de réaction d'approche ou d'évitement en fonction d'un éclairage imposé à valeurs variables. L'autre approche serait biochimique et concernerait la vitesse de décomposition et de recomposition des pigments rétinien du poisson, encore mal connus, sous l'effet d'une lumière donnée, de façon à mieux connaître les processus d'adaptation visuelle de l'animal.

2° Notations pratiques sur l'adaptation des méthodes de pêche au feu.

Si l'on se place sur le plan de l'application des méthodes d'attraction photique à la pêche commerciale, il est d'une importance capitale de savoir tout d'abord si le comportement des animaux qu'on veut capturer à la lumière est du type « clinocinèse » ou bien « préférendum ».

a) Cinèses. Dans le premier cas en effet, il conviendra de donner au champ lumineux une *intensité maximale*, de façon à y maintenir les animaux le plus longtemps possible par multiplication des girations clinocinétiques. Notons à ce propos qu'il est impossible de grouper et de retenir des poissons comme l'orpie qui ne manifeste que de l'orthocinèse.

L'éclairage maximum doit être celui qui correspond à l'obtention de la meilleure attraction par taxie, comme on l'a déjà indiqué.

La durée de l'éclairage ne sera limitée que par la résistance physique des poissons à leur propre dépense motrice, ou par l'arrivée de prédateurs. Ceci implique que le pêcheur devra s'habituer à évaluer non seulement l'importance du banc attiré par la lumière, mais aussi la durée optimale d'illumination qui lui permettra de réaliser les meilleures captures possibles avant que n'intervienne une éventuelle dispersion des poissons.

Les limites du champ lumineux pourront être assez abruptes, telles que celles formées par un abat-jour ou un réflecteur surmontant une lampe émergée, sans que cela gêne le groupement des poissons.

b) Conduite à préférendum. Au contraire un tel champ lumineux à limites abruptes, sans progressivité du gradient d'éclairage, ne conviendrait pas pour retenir des poissons qui cherchent à se placer dans la zone d'éclairage en accord avec leur photopréférendum, d'autant plus que celui-ci varie au cours du temps. *Les lampes immergées, formant un halo à diffusion progressive*, paraissent donc les mieux adaptées à la capture de tels poissons qui sont, rappelons-le, ceux qui concernent principalement l'activité du pêcheur. La meilleure efficacité de ces lampes a déjà été soulignée (KURC, 1963, 1965), et peut-être n'est-elle pas due seulement à la meilleure propagation physique de la lumière qu'elles assurent, mais également à la meilleure tolérance physiologique que manifeste le poisson pouvant s'exposer très progressivement à un éclairage croissant. D'ailleurs les études de laboratoire effectuées sur des Téléostéens adultes (carpes) avaient déjà montré qu'il est avantageux de ménager au poisson des zones à éclairage modéré (IMAMURA, 1958).

La question de l'*intensité optimum* est moins facile à résoudre dans le cas de photopréférendum que dans celui des cinèses. En effet le maximum d'intensité lumineuse peut assurer une meilleure attraction par taxie, mais il peut aussi obliger les poissons à se tenir longtemps à distance des lampes de sorte qu'il sera difficile de les grouper. Il convient donc d'adopter un éclairage qui réalise un compromis entre les intensités requises pour provoquer l'attraction et celles nécessaires pour assurer la rétention. Un tel dosage est affaire d'expérience pratique, car notre connaissance de la sensibilité, de l'attraction et de la tolérance du poisson vis-à-vis de la lumière n'est pas encore assez poussée pour pouvoir définir les valeurs sûres de tension et d'énergie électrique d'alimentation des lampes. Les recherches effectuées en laboratoire témoignent d'ailleurs d'une assez grande variabilité selon les espèces et selon les conditions locales et temporelles (SHAW, 1961). Il nous a cependant été possible de fixer expérimentalement les tensions au moyen desquelles on obtient les meilleurs résultats de pêche, ainsi qu'on l'a déjà vu.

La durée de l'éclairage, dans le cas de conduite à préférendum, est également affaire de circonstances : en fonction de l'espèce pêchée, des conditions de température et de lunaison, etc., il

faudra parfois attendre plus de deux heures ou se hâter de jeter le filet moins d'une heure après avoir allumé les lampes. Là encore il convient de s'en tenir à un compromis entre les impératifs d'attraction et de rétention ; en effet il faut éclairer suffisamment longtemps pour augmenter la probabilité d'attirer tout animal passant dans le secteur de pêche, mais pas trop longtemps de façon à ne pas laisser les animaux groupés en premier lieu parvenir au stade de « satiété », car leur rétention ne pourrait alors plus se maintenir.

En fait, il est difficile de préconiser une seule solution, comme dans le cas des cinèses. Autant l'adoption d'un préférendum par le poisson peut se manifester de façon variable, autant le « piège à lumière » tendu par le pêcheur devra pouvoir se modifier, tant en intensité qu'en durée d'éclairage. En nous fondant sur les résultats déjà obtenus empiriquement, nous pouvons cependant résumer, pour les deux espèces, sardine et anchois, qui intéressent le plus les pêcheurs du golfe de Gascogne, les techniques décrites dans cet article.

1° *Pour les sardines*, l'utilisation d'un réflecteur de 2 500 w en 24 v maintenu hors de l'eau donne souvent de bons résultats. Mais compte tenu de la réflexion de la lumière sur la surface de la mer, l'adjonction de deux ampoules immergées de 500 w, dont la diffusion dans l'eau est meilleure, permet d'augmenter les quantités de poissons attirés.

L'emploi de quatre lampes de 500 w immergées conduit aux meilleurs rendements. Il est cependant à noter que dans ce cas l'établissement du photopréférendum est un peu plus long qu'avec un réflecteur émergé et que le diamètre de la zone où se tient le poisson est plus grand. Il est donc utile de réduire graduellement l'intensité d'éclairage pour provoquer une concentration plus étroite des sardines avant la manœuvre de pêche.

2° *Pour l'anchois*, quatre lampes de 500 w immergées fonctionnant sous tension constante permettent les plus fortes captures, toute variation d'intensité étant à proscrire. On a vu que ce sont les conditions d'éclairage qui déterminent la taxe la plus rapide et la rétention la meilleure.

Conclusion pratique.

Les recherches sur les problèmes de la pêche au feu ont été faites dans un but essentiellement technique.

Il faut pourtant souligner l'apport d'une étude théorique aux améliorations pratiques que l'on peut envisager. La distinction entre les notions de « cinèse » et de « préférendum », fondée sur l'observation effectuée dans les conditions de la pêche, permet de préciser les limites du champ lumineux qu'il faut utiliser ainsi que certains caractères de l'intensité et de la durée de l'éclairage.

Ces observations trouvent leur application dans la pratique de la « pêche au lamparo » dont le rendement et l'économie ne sont plus à démontrer. Il en découle qu'une méthode de pêche peut être préconisée. Elle consiste à utiliser des lampes immergées, émettant de la lumière blanche dont l'intensité optimale semble être, au point actuel de nos connaissances, de l'ordre de 2 000 w. Une telle intensité a été maintes fois expérimentée avec succès pour la pêche de diverses espèces, et, en particulier, pour celle des sardines et des anchois.

Ces notions qui ont été établies empiriquement devraient cependant être précisées et complétées, notamment par des mesures de diffusion de la lumière dans l'eau, compte tenu de divers facteurs hydrologiques et météorologiques. Par ailleurs, une étude neuro-physiologique plus approfondie des réactions des poissons pourrait aussi conduire à des améliorations des techniques de pêche et, par conséquent, à l'augmentation des captures. C'est ce qui fera l'objet de nos prochains programmes.

Institut scientifique et technique des Pêches maritimes.

Laboratoire de Psychologie expérimentale et comparée de la Sorbonne.

BIBLIOGRAPHIE

- AUGER (D.) et FESSARD (A.), 1933. — Sur l'excitation chimique et photochimique de certains nerfs isolés. — *Ann. Physiol.*, **9**, p. 873.
- ARNÉ (P.), 1939-1943, (1945). — Note sur la pêche à la sardine sans rogue. — *Rev. Trav. Off. Pêches marit.*, **13** (1-4), p. 211-219.
- BABAÏAN (K. E.), GOLOLOBOV (I. K.) et RIEVEN (A. S.), 1959. — Les pêcheries albanaises. — *Rybnoe Khoziaistvo (VNIRO)*, **35** (11), p. 74-82 (en russe).
- BELYAËVA (V. N.) et NIKONOROV (I. V.), 1961. — On the attraction of fish by light. — *Voprosy Ikhtiologii*, **1** (3-20), p. 513-518, fig., réf. (en russe).
- BENOIT (I.), 1938. — Action de divers éléments localisés dans la région orbitaire sur la gonadostimulation chez le canard mâle impubère. Croissance testiculaire provoquée par l'éclairement direct de la région hypophysaire. — *C. R. Soc. Biol.*, **127**, p. 909-914.
- BENOIT (I.), WALTER (F. X.) et ASSENMACHER (I.), 1950. — Nouvelles recherches relatives à l'action de lumières de différentes longueurs d'ondes sur la gonadostimulation du canard mâle impubère. — *C. R. Soc. Biol.*, **144**, p. 1206-1211.
- BINI (G.), 1961. — Osservazioni dirette sul comportamento dei pesce azzurro rispetto alle fonti luminose. — *Mem. Minist. Mar. merc.*, Rome, n° 6, 33 p., fig., réf.
- BLANCHETEAU (M.), LAMARQUE (P.), MOUSSET (G.) et VIBERT (R.), 1961. — Etude neurophysiologique de la pêche électrique. — *Bull. Centre Et. Rech. sci. Biarritz*, **3** (3), 108 p., 15 fig., réf.
- BLAXTER (J. H. S.), 1958. — Fishing with lights. — *Scott. Fish. Bull.*, **10**, p. 6-10, 5 fig.
- BLAXTER (J. H. S.) et PARRISH (B. B.), 1958. — The effect of artificial lights on fish and other marine organisms at sea. — *Marine Res.*, Edimbourg, n° 2.
- BLAXTER (J. H. S.) et HOLLIDAY (F. G. T.), 1963. — The behaviour and physiology of herring and other clupeids. In *Advances in marine Biology* — Plymouth, F. S. RUSSEL Edit., **1**, p. 261-393, 24 fig., bibl.
- BOURGOIS (F.) et FARINA (L.), 1961. — L'amélioration des techniques de la pêche au feu. — « *Etudes et Revues* », *Cons. gén. Pêches Méditerranée (F.A.O.)*, n° 17, 18 p., 9 fig.
- BOUTAN (L.), 1927. — La pêche au feu sur les côtes d'Algérie et le transport du poisson bleu dans l'intérieur de l'Algérie. — *Bull. Stat. Aquicult. Pêche Castiglione*, **1**, p. 167-226.
- BUSER (G.), 1949. — Analyse de la réponse mésencéphalique du nerf optique chez le poisson-chat. — *C. R. Soc. Biol.*, **143**, p. 817-819.
- CHAUCHARD (A.), 1927. — Recherches sur les localisations cérébrales chez les poissons. — *C. R. Acad. Sci. Paris*, **184**, p. 696-698.
- CHAUVIN (R.), 1953. — Théories nouvelles relatives au comportement inné. — *Bull. Psychol.*, **6**, p. 243-251, 565-591, 612-615.
- CUSHING (D.H.), 1960. — Fishing gear and fish behaviour. — *Proc. World sci. Meeting Biol. Sardine and related Species*, F.A.O. Rome, 1959, **3**, p. 1307-1326, 9 fig., bibl.
- DOUMENGE (F.), 1952. — La pêche au feu en Roussillon. — « *Vie et Milieu* », *Bull. Lab. Arago*, **3** (3), p. 232-269.
- DRÅGESUND (O.), 1958. — Reaction of fish to artificial light, with special reference to large herring and spring herring in Norway. — *Cons. int. Explor. Mer, J. Cons.*, **23**, p. 213-227.
- 1964. — Etude sur la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) et l'anchois (*Engraulis encrasicolus* L.) dans le golfe de Naples et sur leur comportement sous l'influence de la lumière artificielle. — « *Etudes et Revues* », *Cons. gén. Pêches Méditerranée (F.A.O.)*, n° 23, 26 p., fig., bibl.
- FAGE (L.), 1924. — La pêche à la lumière. Son intérêt pratique et scientifique. — *Rev. gén. Sci. pures et appliquées*, **35**, p. 327-333.
- FAGE (L.) et LEGENDRE (R.), 1923. — Essais de pêche à la lumière dans la baie de Concarneau. — *Bull. Inst. océanogr. Monaco*, n° 431.
- FRAENCKELL (G.) et GUNN (D. L.), 1940. — The orientation of animals, kineses, taxis and compass-reactions. — Oxford, Clarendon Press, 352 p.
- FRANCA (P. DA) et PALMINHA (F.), 1965. — Ensaios de pesca com luz. Nota previa acerca dos ensaios de pesca com atracção luminosa em Ançola. — *Notas mimeogr. Centro Biol. Piscat.*, Lisbonne, n° 44, 37 p., fig., réf.
- FURNESTIN (J.), 1949. — La pêche à la lumière ; lamparo. — *Rev. Conserve maroc.*, n° 4, p. 21-28.
- GRUBISIC (F.), 1962. — Remarques sur le comportement de la sardine sous la lumière artificielle. — *Inst. oceanogr.*, Split, 14 p. (en yougoslave).
- HODGSON (W. C.) et RICHARDSON (I. D.), 1949. — The experiments on the Cornish pilchard fishery in 1947-48. — *Fish. Invest.*, sér. 2, **17** (2).

- IMAMURA (Y.), 1958. — Study on the disposition of fish towards the light. II. The strength of illumination preferred by fish. — *J. Tokyo Univ. Fish.*, **44** (1-2), p. 75-89.
- 1961. — Studies on the fisheries operating with luring lights. — *Bull. jap. Soc. scient. Fish.*, **27** (5), p. 425-445, fig., tabl. (en japonais, résumé en anglais).
- ISA (Y.), 1961. — A study on effects of different kind of fishing lamps. — *Bull. jap. Soc. scient. Fish.*, **27** (6), p. 493-500, fig., tabl. (en japonais, résumé en anglais).
- JOHN (K. R.), 1964. — Illumination, vision and schooling of *Astyanax mexicanus* (FILLIP). — *J. Fish. Res. Board Canada*, **21** (6), p. 1453-73, fig., tabl., réf.
- KANDA (K.), KOIKE (A.) et OGIURA (M.), 1958. — Study on the colour of fishing nets. — *Bull. jap. Soc. Fish.*, **23**, p. 612 et 680.
- KAWAMOTO (N. Y.), 1956. — Experiments with the fish gathering lamp. — *Proc. Indo-Pacific Fish. Council F.A.O.*, section II et III, p. 278-280.
- KURC (G.), 1961. — Une saison de prospection du « Roselys ». — « *Science et Pêche* », *Bull. Inf. Docum. Inst. Pêches marit.*, n° 99, 5 p.
- 1963. — La pêche à la lumière en Atlantique. — *Ibid.*, n° 113, 13 p., 7 fig., réf.
- 1964. — Les activités du « Roselys » en 1963 et au début de 1964. — *Ibid.*, n° 127, 8 p., réf.
- 1965. — Essais préliminaires de pêche des anchois à la lumière dans le golfe de Gascogne. — *Ibid.*, n° 139, p. 10-13.
- KURC (G.) et PERCIER (A.), 1959. — La pêche à la lumière. Les essais de l'Institut des Pêches. — *Ibid.*, n° 69-70 et *Bull. Centre Et. Rech. sci. Biarritz*, **2** (3), p. 313-325.
- KURIEN (C. V.), PILLAY (V. K.) et NAIRC (G. S.), 1952. — Use of light of different intensity and colour in luring fish. — *Current Science*, **21**, p. 130-131.
- KUSATA (T.), 1959. — Fish gathering effect and submarine illumination of incandescent and fluorescent mercury-vapour lamps. — *Bull. jap. Soc. scient. Fish.*, **25** (1), p. 17-21 (en japonais, résumé en anglais).
- LE MOULLAC (Y.), 1964. — Pour les « lamparistes », dépenses moindres, poisson meilleur. — « *France-Pêche* », Lorient, n° 87, p. 39-42.
- LOEB (J.), 1918. — Forced movements, tropisms and animal conduct. — Philadelphie, Lippincott, 209 p.
- MALKIIVICHUS (S. K.), 1963. — Technique de la pêche à l'électricité. — *Rybnoe Khoziaistvo*, **39** (4), p. 42-52, fig., réf. (en russe).
- NAKAI (Z.), 1956. — Do fishing light affect the fish population? — *Proc. Indo-Pacific Fish. Council. F.A.O.*, section II et III, p. 273-274.
- PETERSEN (C. G. J.), 1906. — The influence of light on the migrations of the eel. — *Rep. danish biol. Stat.*, **14**, p. 1-9.
- POKROVSKY (A. N.), 1957. — La pêche à la lumière de la « saïra » au Japon à l'aide d'un filet remontant. — *Ryb. Khoz.*, n° 3, p. 75-78 (en russe).
- PROTASOV (V. R.), 1961. — La réaction des poissons à la lumière en rapport avec les caractéristiques spécifiques de leur perception de la lumière. — *Vopr. Ikhtiol.*, **1** (3), p. 519-532.
- REGNIER (J.), 1962. — Lumières sur l'Atlantique. Venu de la Méditerranée, le lamparo gagne la Bretagne. — « *France-Pêche* », Lorient, n° 65, p. 19-27.
- RICHARD (A.), 1955. — La locomotion et son inhibition chez l'anguille. — *J. Physiol.*, Paris, **47**, p. 807-819.
- 1956. — Phénomènes inhibiteurs d'origine sensorielle sur la locomotion de l'anguille. — *J. Physiol.*, Paris, **48**, p. 700-702.
- RICHARDSON (I. D.), 1952. — Reactions of herrings, sprats and pilchard to light. — *World Fishing*, **1**, p. 239-244.
- RUSSO (A.), 1932. — Esperimenti di pesca luminosa con lampada elettrica sommersa. Pesca delle acciughe con sorgenti luminose nel golfo di Catania e maggiore sviluppo dell'industria sardiniera nei mari italiani. — *Boll. Pesca Piscicolt. Idrobiol.*, **8**, p. 809-837.
- SARA (R.), 1962. — Pêche au feu. — « *Etudes et Revues* », *Cons. gén. Pêches Méditerranée, F.A.O.*, n° 19, 48 p., fig., bibl., imp.
- SCHÄRFE (J.), 1953. — Über die Verwendung künstlichen Lichtes in der Fischerei. — *Prot. Fishereitechnik*, **8**, p. 1-29, 20 fig., bibl.
- SCHARRER (E.), 1928. — Die Lichtempfindlichkeit blinder Elritzen., *Zeitschrift Vergleich. Physiol.*, **7**, p. 1.
- SPARTA (A.), 1933. — Osservazioni compiute nello stretto di Messina sul comportamento dei pesci e cefalopodi all'azione di sorgenti luminose. — *Mém. Comm. talassogr. ital.*, n° 206, 22 p.
- SHAW (E.), 1961. — Minimal light intensity and dispersal of schooling fish. — *Bull. Inst. oceanogr. Monaco*, n° 1213, 8 p., bibl. et *Contrib. Woods Hole oceanogr. Inst.*, n° 1211.
- TAKAYAMA (S.), 1956. — Fishing with light in Japan. — *Proc. Indo-Pacific Fish. Council*, section II et III, p. 276-277.
- VERHEIJEN (F. I.), 1956. — On a method for collecting and keeping clupeids for experimental purpose together with some remarks on fishery with light-sources and a short description of free cupulae of the lateral line organ in the trunk of sardine (*Clupea pilchardus* WALB.). — *Publ. Stat. Zool. Napoli*, **28**, p. 225-240.

- VERHEIJEN (F.I.), 1958. — The mechanism of trapping effect of artificial light sources upon animals. — *Arch. néerl. Zool.*, **13** (1), p. 1-107, 6 fig., 1 pl. h. t. bibl. imp.
- 1959. — Attraction of fish by the use of light. *In* Modern Fishing gear of the World. — Londres, Edit. Fishing World, p. 548-549.
- 1960. — Aquarium studies : new possibilities in sardine research. — *Proc. World sci. Meeting Biol. Sardines and related Species*, F.A.O. Rome, 1959, **3**, p. 1015-1031, bibl.
- VIAUD (G.), 1951. — Les tropismes. — Paris, P.U.F., Coll. Que sais-je ?, n° 482, 128 p.
- VINCENT (A.) et KURC (G.), 1962. — Sardine et sprat de la Manche. Observations préliminaires. — *Cons. int. Explor. Mer*, Comm. Com. Sardine, n° 16, 4 p., ronéo., 1 fig., réf.
- YOSHIMUTA (A.) et MITSUGI (S.), 1963. — A direct current mercury vapor lamp for attracting fish. — *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.*, **37**, p. 51-61, fig., tabl., réf. (en japonais, résumé en anglais).
-