

PECHE ELECTRIQUE EN MER (1)

par René LE MEN

— La pêche électrique a déjà fait l'objet de recherches dans de nombreux pays depuis plusieurs années. Si, en eau douce, elle est fréquemment utilisée, du moins par des services officiels comme les Eaux et Forêts, pour permettre le dénombrement des poissons de lacs ou de rivières, la capture de saumons ou de truites en vue de leur marquage ou pour détruire certaines espèces prédatrices, il n'en est pas de même en mer où les problèmes rencontrés sont beaucoup plus complexes.

En dépit de ces difficultés, des essais ont été tentés et le sont encore, principalement en Allemagne, en U.R.S.S., aux Etats-Unis, etc. Les travaux exécutés dans ces pays ont porté, soit sur les poissons pélagiques, soit sur la pêche au chalut des crevettes ou des poissons de fond. Dans tous les cas, ces études n'ont pas dépassé le stade expérimental. En France, les recherches menées à l'Institut des Pêches portent sur les poissons pélagiques. Elles sont poursuivies depuis plusieurs années et, à partir de 1966, elles ont été partiellement financées, d'abord par la Direction Générale à la Recherche Scientifique et Technique, puis par le Centre National pour l'Exploitation des Océans.

A la suite de longs et difficiles travaux réalisés en équipe, nous sommes parvenus à mettre au point, une méthode qui sera expérimentée en vraie grandeur dans un an, lorsqu'aura été construit l'appareillage prototype qui sera installé sur un navire de l'I.S.T.P.M.

Ce sont les principes de cette méthode de pêche et les résultats auxquels nous sommes parvenus que nous allons décrire ici.

La pêche électrique des poissons pélagiques en mer, ne fait pas seulement appel à l'attraction des poissons par l'électricité. Cette nouvelle technique utilise en fait trois phases attractives de nature énergétique différente. Elle consiste à pomper des poissons préalablement attirés par une lumière artificielle immergée, puis dirigés de force vers l'embouchure de la pompe grâce à l'énergie électrique. Cette dernière constitue une phase relais entre l'attraction lumineuse à grand rayon d'action et le champ d'attraction hydrodynamique de la pompe dont la portée efficace est limitée. Ce procédé de pêche doit permettre la capture des poissons pélagiques vivant en banc et présentant un phototropisme positif. C'est par exemple le cas de la plupart des clupéiformes, notamment de la sardine, du sprat, de l'anchois, du hareng, et il est bien évident que cette méthode pourra être étendue aux sardinelles et autres clupéidés des mers lointaines. Le système de pêche par pompe, lumière et électricité fait logiquement suite aux méthodes classiques de pêche à la sardine et plus précisément à la pêche au lamparo. Nous allons donc tout d'abord rappeler brièvement ces techniques. —

1. - Méthodes classiques de pêche à la sardine.

Afin d'expérimenter et de mettre au point l'appareillage de pêche électrique, nos premiers essais porteront sur la capture des sardines. Ce choix est motivé par des raisons précises. En effet,

(1) Les recherches, objet de cet article, 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.

la sardine est un poisson bien connu sur le plan scientifique; son comportement et sa biologie ont longuement été étudiés à l'I.S.T.P.M. et ont fait l'objet d'une publication récente à l'usage des professionnels (KURC, 1969). De plus, ce poisson fréquente nos côtes de façon régulière, bien que son abondance varie d'une année à l'autre.

Par ailleurs, en Méditerranée, il est possible de procéder à des essais de pêche pendant environ neuf mois de l'année.

Mais avant d'entrer dans les détails de cette nouvelle technique, nous examinerons rapidement les divers modes de pêche pratiqués pour cette espèce.

1° - Filet maillant.

La pêche au filet maillant dérivant, longtemps pratiquée sur toutes nos côtes, s'est plus particulièrement prolongée à Douarnenez pour la capture des grosses sardines en hiver, ainsi qu'en Méditerranée. Cette pêche, totalement passive, a été abandonnée au profit d'engins plus actifs comme les sennes tournantes (bolinches, cercos, lamparos, etc.).

2° - Filet tournant.

La part du hasard dans ce cas est considérablement réduite car le banc de sardines est préalablement détecté à l'aide d'un sondeur à ultra-sons. En Atlantique, le sardinier largue son annexe au-dessus du banc et le « plattier » fait alors « monter » les sardines en jetant à l'eau de la rogue de morue mélangée à de la farine d'arachide. Lorsque le résultat de cette opération est positif, une senne est « calée » autour de la concentration des poissons et il suffit alors de virer rapidement la coulisse pour emprisonner ces derniers. Cette méthode est souvent d'un excellent rendement mais présente cependant certains inconvénients. Tout d'abord, il n'est pas toujours possible, en observant la bande enregistreuse du sondeur, d'avoir la certitude absolue que les échos sont dus à des sardines. D'importantes quantités de rogue peuvent donc être jetées à l'eau pour attirer un poisson sans intérêt commercial. De plus, si mouiller une senne par beau temps est relativement aisé, le faire par vent ou courant fort, est beaucoup plus difficile et nécessite un équipage relativement nombreux et bien entraîné; un sardinier d'une quinzaine de mètres, embarque dix à douze pêcheurs. Enfin, ce procédé ne peut guère être pratiqué près des côtes où les fonds rocheux risquent souvent d'endommager gravement le filet.

En fait, ces difficultés techniques ne gênent que modérément les pêcheurs adroits et expérimentés, pour qui le problème essentiel est d'ordre économique : le prix de la rogue est en effet très élevé. Cet appât a toujours été cher, et il ne peut que l'être de plus en plus dans la mesure où les œufs de morue sont utilisés sous une forme plus élaborée pour l'alimentation humaine. De plus, ces approvisionnements provenant d'Islande et de Norvège sont souvent aléatoires. Cette situation est aggravée du fait que la quantité de rogue jetée à l'eau est d'autant plus importante que les poissons sont rares, si bien que son prix de revient n'est pas toujours couvert par la vente des produits de la pêche. Un sardinier dépense donc des sommes considérables, dont le prix de l'appât peut représenter 40 000 F ou plus encore, au cours d'une campagne.

Dans l'attente de la mise au point d'une rogue artificielle efficace et bon marché, il faut, soit utiliser un mode d'attraction des poissons moins onéreux, soit ne pas en utiliser du tout. Mais, sur les côtes occidentales françaises, les bancs sont rarement assez denses pour permettre des prises importantes sans appâtage, sauf parfois au large du Finistère. C'est pourquoi nous avons été amenés à expérimenter en Atlantique la pêche au feu (ou lamparo) pratiquée par les pêcheurs méditerranéens.

3° - Lamparo.

La pêche à la lumière artificielle est fort ancienne. Son application, largement répandue en Méditerranée, reste cependant très limitée en Atlantique. Un lamparo immergeable a été mis au point à l'I.S.T.P.M. (KURC et PERCIER, 1959). Il est constitué par quatre lampes à incandescence de 500 watts chacune, alimentées sous 24 volts; leur niveau d'immersion est réglable jusqu'à 50 m, mais reste le plus souvent compris entre 1 et 3 mètres. Des lampes à vapeur de mercure ont également été testées et ont donné des résultats satisfaisants. Il faut cependant poursuivre les essais afin de déterminer si elles sont réellement supérieures aux lampes à incandescence.

Le mode de formation des concentrations de poissons et le comportement de ces derniers au voisinage des lampes ont pu ainsi être étudiés. Ce type de réactions des poissons a fait l'objet de nombreuses études. Certains auteurs pensent que les poissons se rapprochent de la source lumineuse pour s'alimenter, car le plancton se concentre également autour des lampes. Il est possible, en effet, que la présence du plancton soit une des causes qui retiennent les poissons auprès du lamparo. Mais il semble que l'attraction primaire, est avant tout due à une conduite phototrope innée, à une réaction instinctive (KURC et BLANCHETEAU, 1966).

La lumière artificielle a des effets différents selon les espèces. Les poissons photophiles présentent des réactions à appétence active, déclenchée par le signal photique. Il s'ensuit une motricité orientée dans le sens des gradients lumineux croissants; cette conduite se traduit par une taxie en direction de la source lumineuse. Un poisson photophobe au contraire, manifeste des réactions de fuite et d'évitement devant ce phénomène anormal. Certains individus, comme l'orpie par exemple, présentent des conduites intermédiaires. Ils se rapprochent des lampes mais gardent un comportement inquiet, malhabile et finalement ressortent rapidement du champ d'observation. Ces considérations sont bien entendu très élémentaires, mais il n'est pas nécessaire au pêcheur de connaître exactement la motivation fondamentale de l'attraction photique pour pratiquer la pêche au feu.

La pêche au lamparo est en partie conditionnée par les facteurs de milieu qui jouent un rôle important. En effet, la rapidité avec laquelle montent les poissons, l'importance de la concentration ainsi formée et sa stabilité dans le temps sont fonction de nombreux facteurs tant hydrologiques que météorologiques. Ces derniers ont été longuement étudiés à l'I.S.T.P.M. (DINER, 1969). Il est évident qu'un poisson perçoit mieux la lumière des lampes par nuit noire et eaux claires qu'en période de pleine lune ou dans des eaux turbides. Une thermocline très marquée équivaut le plus souvent à une barrière et un courant trop fort ou la présence de prédateurs nuit à une bonne stabilité de la concentration.

Afin de situer les poissons par rapport au lamparo, nous avons procédé à des observations visuelles. Un sondeur ultra-sonore a, en outre, été monté à bord d'un canot et a permis d'étudier les concentrations les plus profondes et donc invisibles. Nous avons ainsi constaté que les sardines ne viennent pas jusqu'au contact des lampes mais restent à une certaine distance, rarement inférieure à 2 m. Les individus les plus proches sont généralement des formes juvéniles qui présentent des conduites cinétiques désordonnées et sont rarement très nombreuses. La majorité des sardines se maintient à l'intérieur d'une zone dite de « photopréférendum » où l'intensité de l'éclairement ne dépasse pas un certain seuil; pour des valeurs supérieures, les effets du gradient lumineux ne sont plus attractifs mais au contraire répulsifs. Cette zone de photopréférendum a tendance, au cours du temps, à se resserrer autour de la source lumineuse car il se produit un phénomène d'accoutumance. Un résultat identique est obtenu en sous-voltant les lampes, mais il faut éviter toute diminution brusque de l'intensité lumineuse car de telles variations peuvent provoquer des réactions de fuite.

La zone de photopréférendum ne présente pas une symétrie hémisphérique autour du lamparo comme on pourrait le penser. Les poissons se maintiennent le plus souvent sous le halo lumineux afin d'être éclairés « par en haut » ; il y a ainsi identité avec leur mode d'éclairage naturel, soit solaire, soit lunaire. Lorsqu'un individu s'aventure au niveau de la source lumineuse, il se couche généralement sur le flanc en présentant son dos à la lumière. Par ailleurs, en mer, les poissons doivent lutter contre le courant pour se maintenir dans la zone d'éclairage, face aux lampes de préférence. C'est ce qui explique que les concentrations les plus importantes sont le plus souvent détectées au-dessous du niveau d'immersion des lampes et en arrière de celles-ci par rapport au courant. Bien entendu, il s'agit ici d'un comportement moyen et la position des poissons ne manque pas de fluctuer au cours du temps. Notons cependant qu'ils sont le plus fréquemment répartis entre 2 et 25 m derrière les lampes; la largeur de cette zone est variable et atteint 15 à 20 m. De nombreuses observations nous permettent de préciser le volume où la probabilité de présence des poissons semble être maximale. De forme sensiblement ellipsoïdale, il se situe approximativement entre 2 et 15 m derrière la source lumineuse et sa largeur dépasse rarement 7 à 8 m (fig. 1). Le niveau de cette concentration varie au cours de la nuit en liaison avec les facteurs de milieu.

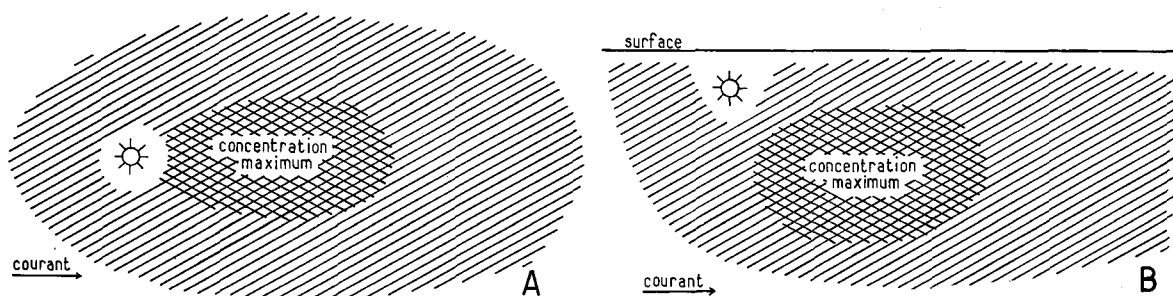


FIG. 1. — Répartition approximative des poissons attirés par la lumière des lampes immergées. Vue en plan (A) et en coupe (B). La concentration est particulièrement dense en dessous et en arrière du lamparo par rapport au courant marin.

La pêche au lamparo consiste donc en une phase d'attraction des poissons au moyen de lumière artificielle, puis en une seconde phase au cours de laquelle on cale classiquement une senne autour des lampes. La lumière fait office d'appât et remplace ainsi la rogue de morue.

Nous avons vu qu'un filet tournant n'est pas d'une manœuvre simple, notamment la nuit. De plus, son efficacité n'est pas totale et une fraction non négligeable des poissons peut s'en échapper avant qu'il ne soit complètement fermé. Or, un observateur qui étudie le comportement des sardines au voisinage du lamparo, est généralement frappé par la stabilité de leur concentration et par leur proximité. Il est alors tout naturellement conduit à imaginer de nouveaux modes de capture et notamment une pompe aspirante qui en supprimant la difficile manœuvre du filet aurait aussi un pouvoir de pêche plus élevé.

II. - Pêche par pompe, lumière et champ électrique.

1° - Pompe.

Capter des poissons à l'aide d'une pompe n'est pas une simple vue de l'esprit; ce procédé est déjà utilisé par les Russes depuis un certain nombre d'années en mer Caspienne. Plusieurs milliers de tonnes de « kilka » (*Clupeonella engrauliformis*) sont ainsi pêchées annuellement. Il faut cependant signaler que le kilka se prête particulièrement bien à ce genre de pêche. Extrêmement

photophile, il recherche l'éclairement maximum et nage jusqu'à toucher les lampes. Il suffit donc de disposer une lampe immergeable près de l'embouchure d'une pompe; les poissons ainsi aspirés sont déversés dans un séparateur qui permet de les recueillir dans une trémie, tandis que l'eau est rejetée à la mer. Le pompage ne pose pas de problème sur le plan technique. Il est désormais classique de mettre à bord des poissons capturés dans une senne, ou de décharger un navire à quai au moyen d'une pompe. Il en existe du genre « air lift » qui fonctionnent sans ailettes. Dans ce cas, l'agent moteur est l'air comprimé. Les poissons ne risquent donc pas d'être endommagés par les pales. Ce type de pompe présente un avantage supplémentaire en ne nécessitant pas d'amorçage.

Mais le mode de capture mis au point pour pêcher le kilka ne peut hélas être étendu aux autres espèces. En effet, le rayon d'attraction hydrodynamique d'une pompe ne dépasse guère 50 cm dans les meilleures conditions. Or, la concentration des poissons, autres que le kilka, attirés par la lumière occupe un volume nettement supérieur au volume de succion. Doubler ce dernier ou sous-volter les lampes, afin de rapprocher au maximum la zone de photopréférendum, ne permettrait que la capture de quelques individus. La majorité des poissons qui, à la différence du kilka, ne recherchent pas une intensité lumineuse maximale, restent en dehors du champ d'attraction. Pour que cette technique de pêche soit efficace, il faut obliger les poissons à pénétrer dans la zone de succion. C'est ici que l'énergie électrique trouvera son application. Ce stimulus peut, en effet, déclencher des réactions de la motricité à caractère directionnel et coercitif. Les poissons sont contraints à nager en direction d'une électrode. Il est donc possible de réaliser un piège dont le pouvoir de capture est pratiquement infini; en principe, il suffit pour cela de faire jouer à l'embouchure de la pompe le rôle d'électrode de pêche. L'attraction photique à grand rayon d'action reste cependant nécessaire. Le champ électrique ne peut, en effet, agir que dans un volume limité, surtout en eau de mer.

2° - Effet physiologique d'un champ électrique.

Sans vouloir entrer trop avant dans les détails des réactions physiologiques des poissons, qui sortiraient du cadre de cette publication, il nous a paru nécessaire d'apporter ici quelques précisions qui aideront à comprendre le comportement des poissons soumis à un champ électrique en vue de leur capture.

Toute sensation perçue par un animal est transmise à ses centres nerveux supérieurs, notamment à son cerveau, sous forme d'influx nerveux récepteurs. Au contraire, une volonté émise ou un acte purement réflexe sont communiqués par influx moteurs aux éléments musculaires et glandulaires; il s'ensuit alors des excitations motrices ou sécrétoires. Les agents de liaison sont les nerfs et lorsqu'une fibre nerveuse transmet un influx, elle est soumise à des phénomènes électriques de polarisation et de dépolarisation. En fait, un influx peut être schématisé par un déplacement de charges électriques le long de la fibre. Celle-ci semble alors traversée par un courant électrique car toute charge en mouvement équivaut par définition à un courant de même sens si la charge est positive et de sens inverse si la charge est négative. Or, un animal placé dans un champ électrique est soumis à un gradient d'énergie et une différence de potentiel est donc appliquée à chacune de ses parties constitutives, notamment à ses fibres nerveuses. Cette différence de potentiel déclenche la propagation d'un influx. Mais, s'il y a identité au niveau du phénomène, la motivation n'est plus due à la volonté propre de l'être vivant, elle lui est extérieure. Il est donc possible de provoquer des réactions incontrôlées chez un animal en excitant directement ses centres nerveux par un stimulus électrique.

Une étude approfondie de ces phénomènes devient vite très complexe. Notons simplement que la nature et l'importance de ces réactions dépendent de la valeur du gradient de potentiel appliqué, mais aussi de l'orientation de l'animal par rapport au champ électrique. En effet, la différence de

potentiel appliquée à une fibre est proportionnelle au cosinus de l'angle que forme cette fibre avec le vecteur champ. C'est-à-dire, qu'elle est reçue préférentiellement par les éléments nerveux dont les fibres constitutives sont parallèles aux lignes de courant. Elle est également proportionnelle à la longueur des fibres qui est le plus souvent en rapport direct avec la taille de l'individu. Enfin, le comportement de l'animal diffère suivant la nature du champ électrique appliqué qui peut être continu, alternatif ou rupté.

En ce qui concerne la pêche électrique, les taxies, qui sont des manifestations orientées de la motricité provoquées par un stimulus, représentent les réactions intéressantes sur le plan pratique. L'agent stimulateur est ici le gradient de potentiel. Une taxie en direction de l'électrode positive est dite anodique, alors que dans le cas contraire, elle est appelée cathodique. Quand les conditions requises sont satisfaites, ces taxies se traduisent par des mouvements natatoires purement réflexes et donc très vifs. L'action du cerveau est « court-circuitée » au niveau des centres médullaires et toute réaction d'évitement est de ce fait rendue impossible; les poissons se trouvent contraints à nager en direction de l'électrode. Ces phénomènes de taxie nécessitent un gradient de potentiel supérieur à une valeur minimale appelée seuil de taxie. Cette valeur diffère suivant qu'il s'agit d'une taxie anodique ou d'une taxie cathodique. Elle dépend aussi de la taille et de l'espèce du poisson considéré. Enfin, elle varie avec la nature du courant employé. Un gradient de potentiel trop élevé est également à éviter car, le poisson est alors immobilisé par narcose molle en courant continu et par raideur tétanique en courant alternatif ou rupté. Le résultat obtenu dans ce cas est contraire à celui escompté. Il faut donc donner au champ électrique une valeur supérieure au seuil de taxie, mais on ne doit en aucun cas atteindre le seuil de tétanie.

La pêche électrique en eau douce a montré que les taxies anodiques sont les plus intéressantes car la nage des poissons est beaucoup plus vigoureuse qu'au cours d'une taxie cathodique. Par ailleurs, l'expérience montre que les taxies cathodiques ne se présentent guère qu'en laboratoire, dans un milieu restreint et sont rares dans la nature. Ces constatations expérimentales s'expliquent par la neurophysiologie des poissons (BLANCHETEAU, 1971). En effet, un individu orienté vers la cathode subit une stimulation nerveuse du névraxe et il s'ensuit une excitation directe des voies motrices. Mais lorsque le poisson est tourné vers l'anode, la stimulation des fibres nerveuses s'effectue dans le sens inverse et concerne alors les voies sensorielles, donnant lieu ainsi à des réactions réflexes natatoires. L'intégration réflexe est nettement meilleure dans ce second cas, ce qui explique la nage souple et rapide constatée au cours des taxies anodiques. Au contraire, une taxie cathodique est moins harmonieuse et l'amplitude des mouvements natatoires reste faible. De plus, dans ce cas, les effets de tétanie se manifestent pour une faible augmentation du gradient de potentiel au-dessus du seuil de taxie.

D'autre part, un poisson qui se présente perpendiculairement à l'axe des électrodes, donc en travers du champ électrique, a les nerfs spinaux sensiblement parallèles aux lignes de courant. L'excitation dans ce cas est intégrée directement au niveau des fibres motrices. Or, l'influx naît à l'extrémité du nerf soumis au potentiel le plus bas. C'est-à-dire que du côté de l'anode, les nerfs spinaux transmettent normalement l'excitation motrice de la moëlle épinière vers les fibres musculaires; au contraire, du côté de la cathode, l'influx moteur spinal propre à l'animal est annihilé par l'influx dû au stimulus électrique. Il s'ensuit une contraction musculaire unilatérale et le corps du poisson subit une courbure dite anodique du fait que sa concavité est tournée vers l'anode (fig. 2). Ce phénomène explique que les taxies anodiques sont les plus fréquentes car la courbure anodique oriente les poissons vers l'électrode positive. De plus, le gradient de potentiel nécessaire à la courbure anodique est très voisin du seuil de taxie en courant rupté.

Nous avons vu qu'à priori, le champ électrique appliqué pouvait être continu, alternatif ou rupté. Bien qu'en laboratoire des taxies en courant alternatif aient pu être observées, dans des

conditions bien définies, ce type de tension est déconseillé pour la pêche électrique. En effet, chaque électrode est alternativement anode et cathode à chaque demi-période, si bien qu'un poisson ne présente pas de coordination motrice et qu'il s'immobilise finalement en travers du champ. Il reste donc à choisir entre une tension continue ou ruptée. Or, il est connu que les fibres nerveuses présentent une excitabilité maximale aux variations de tension. Le courant rupté (C.R.) doit donc en principe avoir des effets supérieurs à ceux du courant continu (C.C.). Ce fait est vérifié expérimentalement, le seuil de taxie en C.R. étant moins élevé qu'en C.C. De plus, en C.R. la taxie fait suite presque instantanément à la courbure anodique tandis que ce phénomène se déclenche beaucoup plus lentement en C.C. Il est également important de noter qu'en C.R. la nage est totalement réflexe, à intégration purement médullaire, alors qu'en C.C., le cerveau conserve encore

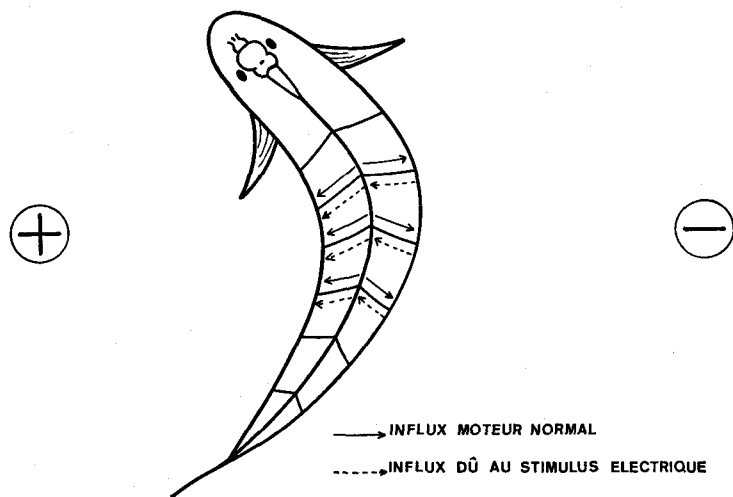


FIG. 2. — Un poisson placé en travers du champ électrique, c'est-à-dire perpendiculairement à l'axe des électrodes, subit une courbure, dite anodique, car sa concavité est tournée vers l'électrode positive. Ce phénomène explique la raison du déplacement des poissons en direction de l'anode qui pourra donc être utilisée comme moyen de capture.

quelque influence. Dans ce cas, le poisson peut réagir à d'autres stimuli et notamment, il peut manifester des réactions d'évitement au proche voisinage des lampes où l'éclairage est particulièrement intense. La taxie anodique en courant rupté doit donc être retenue pour la pêche électrique car elle constitue un mouvement forcé à caractère purement coercitif.

Nous allons voir maintenant que si le physiologiste préconise le courant rupté, il en est de même du physicien pour des raisons toutes différentes.

3° - Problème énergétique.

Pour pratiquer la pêche électrique en mer il ne suffit pas d'utiliser un appareillage conçu pour l'eau douce. Les conditions d'utilisation étant différentes, ce dernier débiterait pratiquement en court-circuit et serait donc détruit. En effet, la résistance ohmique d'un conducteur de longueur L , de

section S et de résistivité ρ est :
$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Or, si l'eau douce a une résistivité qui peut varier de 2 000 à 50 000 $\Omega \cdot \text{cm}$ selon son origine et son degré de pureté, la résistivité de l'eau de mer est rarement supérieure à 20 $\Omega \cdot \text{cm}$. La résis-

tance offerte au courant électrique entre les électrodes est donc 100 à 2 500 fois plus faible en eau de mer qu'en eau douce.

Assimilons, dans une première approximation, la résistance entre électrodes à une résistance pure et appliquons la loi d'Ohm : $V = R.I$.

Nous voyons qu'en eau de mer, la même tension nécessite des intensités 100 à 2 500 fois plus importantes qu'en eau douce. La dépense énergétique augmente alors dans le même rapport en courant continu. En effet, la puissance dissipée dans un conducteur est alors égale au produit de la différence de potentiel à ses bornes par l'intensité du courant qui le traverse.

Un appareil de quelques kilowatts, conçu pour l'eau douce, demanderait donc en eau de mer, dans les mêmes conditions d'emploi, une puissance de l'ordre du mégawatt (MW). Cette énergie considérable nécessite un bateau relativement important. Or, les navires qui pratiqueront la pêche électrique devraient être des unités de modeste importance pour permettre à des pêcheurs artisans ou semi-industriels d'y accéder. C'est pourquoi, le navire de l'I.S.T.P.M. qui procédera à ces essais en mer mesurera environ 20 m de long et sera doté d'une puissance motrice de 400 cv. C'est-à-dire que la puissance globale disponible à bord sera inférieure à 0,3 MW. Un bilan énergétique élémentaire montre donc que sur le plan pratique, une tension continue ne peut pas être retenue comme stimulus électrique pour pratiquer la pêche en eau de mer.

En revanche, le courant rupté dont nous avons vu que les effets physiologiques sont supérieurs à ceux du courant continu, est également satisfaisant sur le plan énergétique. Il s'agit en fait d'impulsions électriques très courtes de forme voisine de celles qui sont émises par certains poissons tels la torpille et le gymnote.

L'énergie dissipée est alors proportionnelle au produit de la durée d'impulsion par la fréquence, c'est-à-dire au duty-cycle et comparée à celle nécessaire en courant continu, elle est moindre dans le rapport de ce duty-cycle. Pour limiter la puissance consommée, il faut donc travailler à basse fréquence, avec des impulsions très brèves. Il n'est cependant pas possible d'utiliser des fréquences trop basses, ou des durées d'impulsion trop courtes par rapport à la chronaxie ⁽¹⁾ car le stimulus électrique devient alors inefficace. Des impulsions d'environ 1 milliseconde (ms) émises à des fréquences comprises entre 30 et 50 Hz doivent déjà donner des résultats satisfaisants même en eaux froides (BLANCHETEAU, 1970, communication personnelle). En effet, la chronaxie est d'autant plus longue que la température de l'eau est basse. La puissance alors dissipée, en utilisant le système d'électrodes décrit à la fin de cet article, est inférieure à 100 kw.

Le courant impulsionnel pose certains problèmes techniques. En effet, il faut rupter un courant qui peut atteindre 5 000 A sous 300 V et ceci 50 fois par seconde, en ne le laissant passer à chaque fois que pendant 1 ms. Ces performances aujourd'hui réalisables étaient encore difficiles à accomplir de façon satisfaisante il y a quelques années.

Il faut prévoir après le générateur de tension des « réservoirs » d'énergie suffisants, constitués soit par des batteries d'accumulateurs, soit par des associations de condensateurs. Les problèmes de commutation sont alors résolus à l'aide d'ignitrons. Ce type de solution qui exige un matériel lourd et volumineux, est d'un emploi peu souple et présente une fiabilité médiocre.

Afin de résoudre ce problème, nous avons été amenés à stocker l'énergie nécessaire aux impulsions sous forme cinétique et non plus statique. Pour cela, il suffit d'utiliser un générateur entraîné à grande vitesse (ω) et dont le rotor présente un moment d'inertie (I) important. L'énergie cinétique acquise est alors : $E = \frac{1}{2} I \omega^2$.

(1) Chronaxie : temps minimum pendant lequel doit agir une tension double de la rhéobase pour qu'un influx se propage à travers une fibre nerveuse (la rhéobase est la tension minimale, agissant pendant un temps infini, nécessaire à la propagation de cet influx).

La Compagnie Générale d'Electricité (C.G.E.) a mis au point un alternateur impulsif destiné à déclencher des rayons laser et dont les caractéristiques sont très voisines de celles requises pour la pêche électrique en mer. Modifié pour nos besoins et selon nos indications par les ingénieurs de la C.G.E. et « navalisé » par les Ateliers et Chantiers de Bretagne (A.C.B.), cet alternateur délivrera des impulsions réglables en tension, durée et fréquence de façon continue. La pêche électrique en mer étant au stade expérimental, il est intéressant de pouvoir faire varier ces paramètres de façon souple au moment des premiers essais.

L'impédance de charge de l'alternateur doit cependant rester comprise dans un domaine relativement restreint et il ne sera pas possible de modifier de façon inconsidérée la forme, la disposition ou les dimensions des électrodes. L'impédance de charge peut cependant varier dans une marge suffisamment grande pour que l'alternateur soit utilisable dans des eaux de température et de salinité très différentes. En effet, la résistivité de l'eau est inversement proportionnelle à ces deux paramètres. La résistance ohmique entre les électrodes diminue donc quand ces derniers augmentent.

Il faut également noter qu'en régime impulsif il se produira des pertes énergétiques par effets capacitifs et selfiques. Cette déperdition d'énergie, difficilement appréciable avant les essais en vraie grandeur, ne doit cependant pas être très importante car les impulsions sont délivrées à basse fréquence.

Dès lors, tous les éléments nécessaires à la réalisation d'un procédé de pêche électrique en mer semblent réunis. En fait, la distribution spatiale du gradient de potentiel dans un milieu homogène mais non fini soulève encore un problème.

4° - Zone de tétanie.

Imaginons, établi dans la zone de pêche, un gradient de potentiel uniforme et de valeur légèrement supérieure au seuil de taxie anodique. Les poissons situés entre les électrodes sont alors dirigés par « nage forcée » jusqu'au contact de l'anode et ceci avec une dépense énergétique minimale. Pour montrer qu'en pratique ce cas idéal n'existe pas, il suffit de considérer par exemple deux électrodes planes et rectangulaires, immergées face à face (fig. 3).

Etablissons une différence de potentiel entre ces deux plaques et relevons les surfaces équipotentielles ainsi créées. Nous constatons alors que le champ électrique n'est pas uniforme entre les deux électrodes ce qui était prévisible puisque le milieu conducteur n'est pas fini. Il n'est pas limité au volume parallélépipédique défini par les deux plaques rectangulaires car les lignes de courant en débordent largement. Or, le flux d'un champ électrique dans un tube de force est conservatif et nous pouvons écrire :

$$E_a S_a = E S = E_k S_k = \text{constante}$$

C'est-à-dire que plus la section (S) traversée par les lignes de courant est grande, plus le champ électrique (E) est faible au lieu considéré. Au fur et à mesure qu'un poisson se rapproche de l'anode, il est soumis à un gradient de potentiel de plus en plus élevé et cette augmentation devient très sensible au proche voisinage de l'électrode. Donc, si au départ, la valeur du champ électrique est égale au seuil de taxie dans le plan bissecteur des deux plaques, le poisson rencontre des gradients de potentiel croissants et est tétanisé avant d'atteindre l'électrode de pêche.

Or, c'est l'embouchure de la pompe qui fait office d'anode. Si un poisson est paralysé par raideur tétanique avant de pénétrer dans la zone de succion, il est évident qu'il coulera ou dérivera avec le courant et sera donc perdu pour le pêcheur. Afin d'éviter ce phénomène, il faut utiliser, aussi paradoxal que cela puisse paraître, une anode de petite surface, afin que le champ électrique soit suffisamment élevé à son voisinage immédiat. En effet, dans ce cas, la chute de

potentiel anodique est importante, si bien que le gradient atteint très vite une valeur inférieure au seuil de tétanie et ceci à une distance relativement faible de l'électrode. Augmenter la surface anodique équivaut en fait à agrandir la zone de tétanie. De plus, une anode de trop grande dimension n'aurait qu'une partie de sa surface soumise à l'action du champ hydrodynamique de la pompe. Les poissons dirigés par taxie vers les bords de l'électrode seraient donc perdus.

Il n'est cependant pas non plus possible d'utiliser une électrode de surface trop faible car la chute de potentiel anodique devient dans ce cas considérable. Il s'ensuit alors une perte d'énergie très importante, et dans la zone de pêche, la valeur du gradient de potentiel reste inférieure au seuil de taxie. Il faut donc choisir une solution intermédiaire et nous avons retenu pour surface anodique, celle d'un disque métallique centré et fixé sur l'embouchure de la pompe. Son diamètre est d'environ 1 m et seule sa face tournée vers la cathode est utilisée pour la pêche. Afin d'éviter des pertes énergétiques inutiles, l'autre face est isolée.

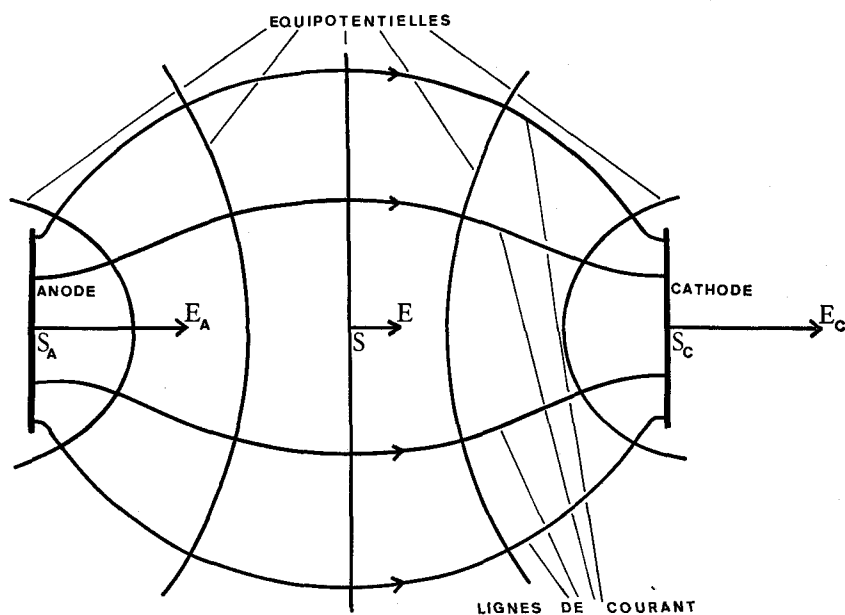


FIG. 3. — Le flux d'un champ électrique à travers un tube de force est conservatif, c'est-à-dire qu'on peut écrire : $E_A \cdot S_A = E \cdot S = E_C \cdot S_C = \text{constante}$. La valeur du champ électrique en un point est donc inversement proportionnelle à la section du tube de force au point considéré.

Bien entendu, dans le meilleur des cas, il subsiste une certaine zone où les poissons subissent les effets de la tétanie. Ce fait n'est pas gênant dans la mesure où le volume de cette zone est recouvert par le volume de succion de la pompe. Afin d'obtenir cette configuration, les ingénieurs des A.C.B. étudient le problème du pompage. Ils espèrent augmenter sensiblement la zone d'attraction en réinjectant l'eau aspirée en avant de l'embouchure de la pompe et en donnant à celle-ci la forme qui présentera une efficacité optimale.

Notons que la zone de tétanie peut légèrement sortir du champ d'attraction hydrodynamique, sans pour autant constituer une barrière infranchissable. En effet, la motricité d'un poisson soumis à un phénomène de taxie est très vive et ce dernier possède donc une certaine énergie cinétique. Une fois tétanisé, il continuera à se déplacer grâce à la vitesse acquise et pourra ainsi pénétrer dans la zone de succion.

Nous nous sommes efforcés de mettre le maximum de chances de réussite de notre côté et nous estimons dès lors pouvoir envisager raisonnablement la réalisation en vraie grandeur d'un prototype de pêche électrique en mer.

III. - Réalisation technique.

1° - Electrodes.

La répartition spatiale de l'énergie électrique ne doit pas présenter une symétrie sphérique autour de l'anode pour deux raisons; d'une part, la portée du champ électrique est minimale dans ce cas et d'autre part, le gradient de potentiel n'est que partiellement utilisé pour la pêche

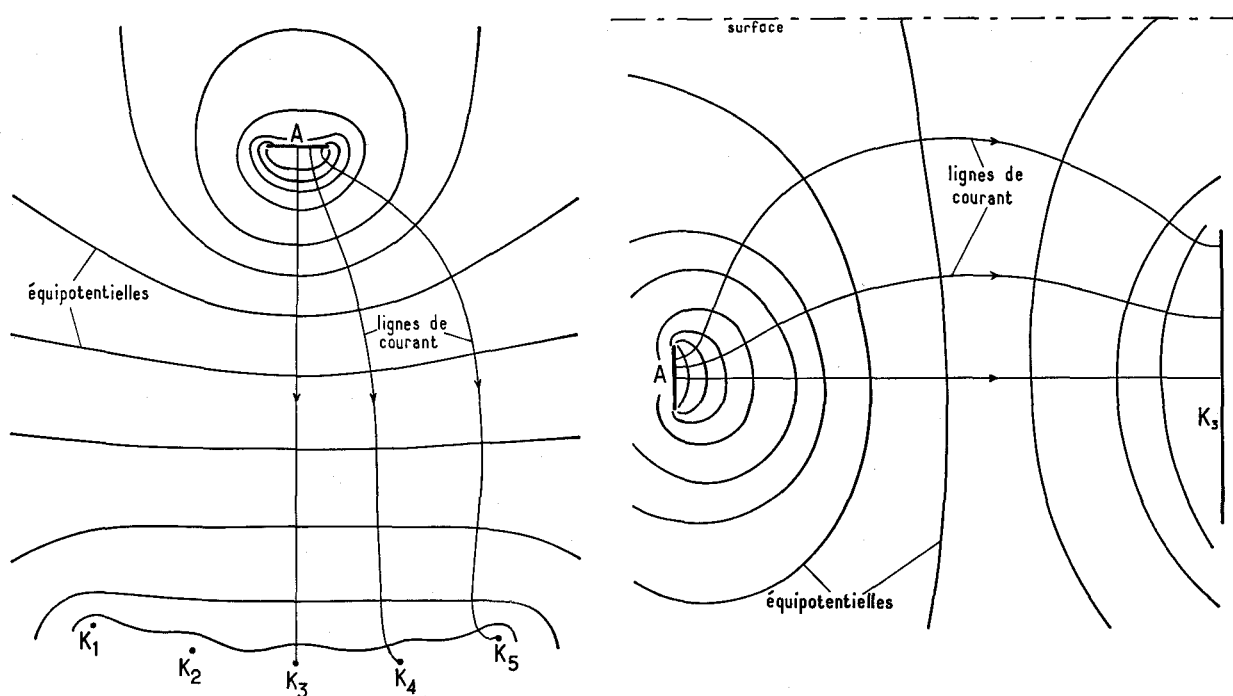


FIG. 4. — Répartition des équipotentiels et des lignes de courant dans les plans de symétrie horizontale (à gauche) et verticale (à droite) du système d'électrodes retenu (A : anode K₁ à K₅ : brins de cathode).

avec cette configuration. En effet, nous avons vu que la zone de pêche ne présente pas de symétrie sphérique autour des lampes. Pour utiliser l'énergie électrique avec une efficacité optimale, il faut limiter son action au volume où la probabilité de présence des poissons est maximale.

A ces fins, et à la suite de nombreuses expériences faites sur une maquette au 1/25^e nous sommes parvenus au modèle d'électrodes décrit ci-après. L'anode est constituée par un disque métallique dont la face non utile est isolée. Quant à l'électrode négative, il s'agit en réalité d'une cathode répartie composée de tiges conductrices fixées à une boucle porteuse, sensiblement circulaire et centrée sur l'anode. Le gradient de potentiel dans la zone de pêche dépend alors de différents paramètres tels que la surface de l'anode, la distance entre les électrodes, les dimensions de la cathode, c'est-à-dire la largeur de celle-ci et la hauteur des tiges conductrices qui la composent. A noter que le nombre et la grosseur de ces dernières n'interviennent pratiquement pas.

La valeur du champ électrique est également fonction dans une certaine mesure de la température et de la salinité de l'eau.

Un gradient satisfaisant a été relevé en utilisant une anode de 1 m de diamètre, située à 8 m d'une cathode composée de 5 tiges équidistantes, longues de 4,50 m chacune, les deux tiges les plus éloignées étant à 6,25 m l'une de l'autre (fig. 4 et 5). La tension de crête appliquée entre les électrodes atteint 350 V et le rayon de tétanie dans ce cas doit être inférieur à 1,50 m. En effet, pour des sardines de taille moyenne, le seuil de taxie anodique en courant rupté doit être de l'ordre de 10 à 12 V/m tandis que la tétanie risque de se manifester vers 30 V/m et d'être totale à 50 V/m (BLANCHETEAU, 1970, communication personnelle).

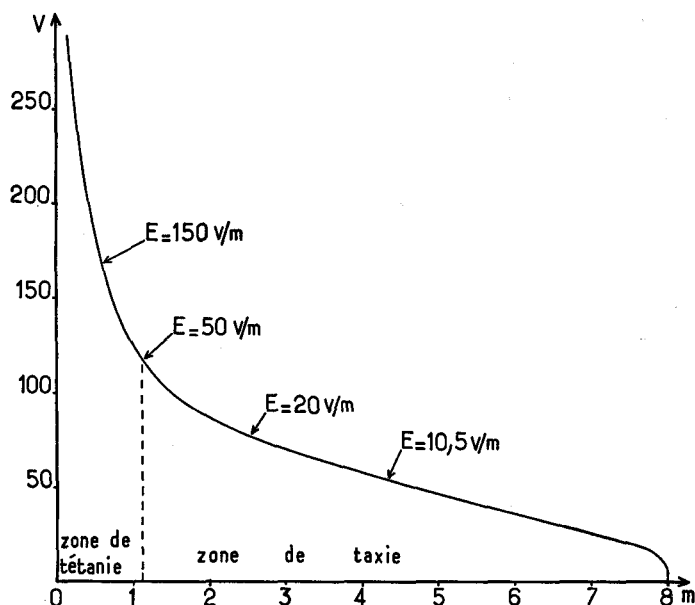


FIG. 5. — Variation du potentiel sur l'axe de symétrie des électrodes pour une tension anodique de 350 V. La cathode est à 8 m de l'anode. Le gradient de potentiel en un point est égal à la pente de la courbe.

L'expérience montre que la corrosion cathodique est nulle et qu'au contraire cette électrode tend à capter les ions métalliques. L'anode par contre est très rapidement attaquée et au stade des essais nous pensons la réaliser en tôle afin de la remplacer à peu de frais chaque fois que ce sera nécessaire. Les études de corrosion déjà commencées sont cependant poursuivies ainsi que celles portant sur la qualité des alliages métalliques.

Par ailleurs, on pouvait craindre que la coque métallique du navire, même si elle se trouve placée en bordure du champ électrique, ne soit l'objet de corrosions importantes, voire dangereuses. En réalité, elle n'est soumise qu'à des différences de potentiel très faibles. Des essais sur maquette ont montré qu'elle ne subissait apparemment aucune corrosion. Ce point important sera encore vérifié de façon très précise avec la collaboration des ingénieurs des A.C.B.

Les conditions de sécurité à bord sont également à l'étude car il est évident que la protection du personnel embarqué doit être absolue.

2° - Dispositif général.

Afin d'éviter une description longue et fastidieuse du dispositif, examinons la figure 6. Au moment de la pêche, le bateau est au mouillage. Deux raisons l'exigent, la puissance motrice est

alors totalement disponible pour l'entraînement de l'alternateur de pêche, de plus, le navire est orienté face au courant, si bien que les poissons se présentent favorablement puisqu'ils ont naturellement tendance à « remonter » le courant, et qu'ils nagent par conséquent en direction de l'anode.

L'électrode de pêche se situe à environ 2 m derrière les lampes, la cathode étant sensiblement à 8 m derrière celle-ci. La zone comprise entre les électrodes correspond ainsi au volume où la probabilité de présence des poissons est maximale.

Un sondeur à ultra-sons enregistrera l'importance et le niveau des concentrations des poissons et indiquera ainsi la position à donner à l'ensemble des électrodes qui est réglable en hauteur.

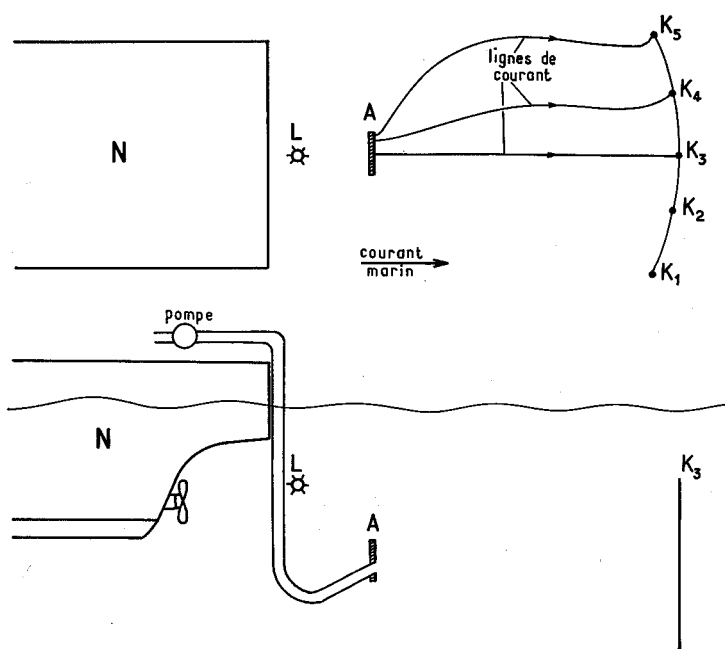


FIG. 6. — Schéma du dispositif général du procédé de pêche par lumière, électricité et pompe. N : navire, L : lamparo, A : anode, K₁ à K₅ : cathode répartie.

Quand les bancs détectés par le sondeur seront suffisamment importants au niveau des électrodes, le circuit électrique sera mis sous tension. Les poissons situés dans la zone de pêche seront alors contraints, par taxie anodique, à pénétrer dans le champ d'attraction hydrodynamique de la pompe et dès lors, leur capture sera assurée. Il est peu probable que les poissons pénétreront continuellement dans la zone située entre les électrodes car la chute de potentiel cathodique crée un gradient relativement élevé et peut jouer le rôle d'un écran. De plus, en dehors de cette zone, le champ électrique, trop faible pour provoquer des taxies, est cependant assez élevé pour être ressenti par les poissons chez lesquels il déclenchera une réaction de fuite. Le circuit électrique devra donc être ouvert dès que les poissons qui se trouvaient entre les électrodes auront été embarqués. Les lampes de pêche restant en fonctionnement, d'autres poissons pourront, comme nous l'avons souvent observé, être attirés, et regroupés puis capturés par une nouvelle fermeture du circuit électrique.

Conclusion.

A la suite de longues études théoriques et pratiques, un dispositif de pêche électrique en mer a été mis au point à l'I.S.T.P.M. L'appareil prototype, en cours de réalisation, sera expérimenté au printemps 1972.

Si cette technique nouvelle entraîne l'intérêt du chercheur et de l'industriel comme des pêcheurs, elle peut aussi susciter quelques objections. En effet, l'utilisation de l'énergie électrique en mer paraît inquiétante dans la mesure où elle semble conduire à des destructions massives des espèces marines. En fait, il n'en est rien et ce mode de pêche est, bien au contraire, moins destructeur que bon nombre d'engins classiques comme les chaluts.

En effet, nous avons vu que notre procédé s'applique à la capture d'espèces pélagiques qui présentent une maturité sexuelle précoce et une croissance rapide. Ces espèces représentent sensiblement la moitié des captures mondiales et ne font pas, pour la plupart, l'objet d'une surexploitation.

Par ailleurs, nous avons expliqué que l'influence du courant électrique est d'autant plus faible que les poissons sont de petite taille, en raison de la relative brièveté de leurs éléments nerveux, ce qui évitera de capturer les jeunes individus.

Rappelons encore que les formes juvéniles, bien qu'attirées par la lumière, échappent le plus souvent à son action du fait de la nature même de leurs réactions. La pêche électrique sera donc sélective à divers titres, et devrait permettre d'exploiter rationnellement les populations de poissons pélagiques et d'augmenter les rendements de pêche tout en évitant la surexploitation.

De plus, cette méthode n'est pas destructive, puisqu'elle ne tue pas les poissons : les individus qui ont été tétanisés mais ont pu échapper à l'attraction de la pompe recouvrent très rapidement un comportement normal.

Un procédé de pêche basé à la fois sur la biologie, la neurophysiologie des poissons et sur leurs comportements longuement observés, ne peut qu'amener à une simplification des tâches des pêcheurs qui verront s'accroître leurs captures de façon rationnelle.

Il reste encore bien des travaux à accomplir avant d'atteindre un tel résultat, mais si l'on considère les possibilités offertes par les techniques de pointe qui se développent actuellement, on peut penser que la pêche électrique, telle que nous l'avons conçue, évoluera encore. Il n'est pas interdit d'imaginer la réalisation de plates-formes hautement automatisées, judicieusement disposées, et qui seront programmées pour capturer seules les poissons que des navires viendraient ramasser chaque jour.

REFERENCES

- BLANCHETEAU (M.), 1971. — Choix du stimulus approprié à la pêche à l'électricité en eau de mer. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, sous presse.
- DINER (N.), 1969. — La pêche à la lumière. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 180.
- KURC (G.), 1969. — La biologie et la pêche des sardines en relation avec l'hydrologie. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 178.
- 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.
- KURC (G.) et PERCIER (A.), 1959. — La pêche à la lumière. Les essais à l'Institut des Pêches. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 69-70.
-