

# LES POISSONS ET LES COURANTS

par Charles ALLAIN

## INTRODUCTION

La distribution des espèces marines en fonction des conditions climatiques du milieu a retenu depuis longtemps l'attention des biologistes et ceux-ci distinguent une faune des régions froides et une faune des régions chaudes qu'ils ont classées géographiquement en plusieurs provinces.

C'est ainsi que, dans le secteur est de l'Atlantique nord on rencontre successivement du nord au sud,

une province arctique qui s'étend sensiblement des régions polaires jusqu'à la Mer de Barentz,

une province boréale qui couvre les plateaux scandinave et britannique,

une province atlanto-mauritanienne (tempérée) qui comprend deux régions : lusitanienne et mauritanienne, entre lesquelles peut s'intercaler le domaine méditerranéen, assez particulier, et enfin, plus au sud,

une province guinéenne (tropicale) qui s'étend de part et d'autre de l'équateur.

Une répartition sensiblement symétrique s'établit dans l'hémisphère sud depuis les régions antarctiques jusqu'au secteur équatorial.

Dans un travail de base sur la zoogéographie, EKMAN (1953) a traité de la distribution de la faune en fonction des différents secteurs qui constituent chacune de ces provinces.

A ces grandes divisions qui s'appliquent surtout au domaine néritique limité aux accores du plateau continental correspond souvent une certaine analogie dans la répartition des espèces de part et d'autre de l'équateur.

On sait depuis longtemps que l'on rencontre, dans les zones arctiques et antarctiques aux conditions climatiques comparables, des formes voisines, notamment chez les Zoarcidés, les Lophiidés et certains Gadidés. La bipolarité peut s'expliquer par l'adaptation progressive de ces poissons aux couches profondes océaniques, froides, sous les eaux chaudes superficielles dont l'épaisseur, plus grande à l'équateur, s'amincit vers les hautes latitudes. Des observations nombreuses viennent en effet étayer cette *théorie des migrations*. Mais cette analogie peut aussi se concevoir par *la théorie de la faune relicte* qui tient compte du réchauffement progressif des régions tropicales et de l'apparition dans ces secteurs d'une faune nouvelle chassant la plus ancienne vers les pôles.

Quoiqu'il en soit, le milieu façonne les formes, et les conditions comparables que l'on rencontre de part et d'autre de l'équateur ont pu déterminer l'évolution parallèle de populations parfois fort éloignées.

Cette répartition de la faune en fonction des conditions climatiques a, depuis de nombreuses années, servi de base à la prospection des secteurs de pêche et les professionnels eux-mêmes savent maintenant que la température est un facteur essentiel pour rechercher telle ou telle espèce dans une aire déterminée.

Mais la multiplication des observations et l'évolution des techniques de recherches ont permis d'ajouter à ces grands traits de la zoogéographie des détails qui conduisent à la localisation plus étroite de certaines espèces en fonction des déplacements cycliques des masses d'eau constituant leur biotope et des courants océaniques. En effet, il est maintenant reconnu que certains poissons pélagiques ont tendance à se diriger vers les zones de contact et les convergences des masses d'eau qui sont le plus souvent des lieux de concentration des formes planctoniques et donc des différents prédateurs.

On s'efforcera, dans cette étude, de démontrer l'efficacité d'une telle méthode en traitant successivement de l'influence des facteurs hydrologiques et dynamiques sur le comportement des poissons, de l'importance des mouvements verticaux sur la productivité et la concentration de la faune, et en recherchant, notamment dans l'Atlantique européen et en Méditerranée occidentale, les zones inexploitées pouvant se prêter à une extension éventuelle des pêcheries.

## CHAPITRE I

### INFLUENCE DES FACTEURS HYDROLOGIQUES ET DYNAMIQUES SUR LE COMPORTEMENT DES POISSONS AU COURS DE LEURS DIFFÉRENTS STADES

#### 1) Influence des variations hydrologiques sur les adultes.

Les différentes études qui traitent de la répartition des espèces en fonction des conditions hydrologiques montrent que si d'assez fortes variations de la salinité influencent certaines espèces dites sténohalines, la plupart des poissons pélagiques recherchent des conditions de température qui leur sont favorables.

BEAUGÉ (1928-29) a ainsi démontré que la morue (*Gadus callarias*) vit sur les bancs de Terre-Neuve dans les eaux de  $-1^{\circ}$  à  $7^{\circ}$ , mais que son milieu de prédilection se situe dans des zones de  $3$  à  $5^{\circ}$ , tandis que l'églefin (*Gadus aeglefinus*) recherche plutôt des eaux de  $5$  à  $7^{\circ}$ . Le même auteur a précisé que les déplacements de la morue étaient en rapport avec l'avance ou le recul de l'isotherme de  $4^{\circ}$  et en a déduit qu'une progression trop rapide ou trop précoce des eaux atlantiques relativement chaudes dans le sud des bancs correspondait à une année pauvre à Terre-Neuve. Par contre, durant une telle année, les eaux de la côte ouest du Groënland se réchauffent plus rapidement et la morue atteint dès le printemps les bancs de ce secteur. Les conclusions de BEAUGÉ font toujours autorité et POULSEN (1944) insistait plus récemment sur le rôle important que joue la température sur le stock de morue. Cependant, les conditions semblent varier avec les régions et RASMUSSEN (1955) note que, sur la côte du Labrador, les meilleures prises se font à proximité du fond quand la température atteint  $2^{\circ}1$  à  $2^{\circ}5$ .

Quant à la sardine, il semble que, dans les secteurs atlantiques, les conditions optimum soient atteintes entre  $15$  et  $18^{\circ}$  pour *Sardina pilchardus* ainsi que le montrent les travaux de FURNESTIN (1939/43, 1951) sur lesquels nous reviendrons au cours de cet exposé. Mais les conditions minimales dans les secteurs de pêche mondiaux sont assez variables : d'autres auteurs ont relevé une température de  $13^{\circ}$  pour *Sardinops coerulea* sur la côte californienne et des pêches importantes de sardine japonaise se font dans des eaux de  $12$  à  $16^{\circ}$ .

Par l'importante étude de LE GALL (1935) sur le hareng nous savons qu'en automne *Clupea harengus* se rencontre en Mer du Nord avec des températures de  $6$  à  $13^{\circ}0$ . Récemment, les chercheurs allemands ont constaté que les plus grosses captures avaient généralement lieu dans le voisinage immédiat des lentilles d'eau les plus froides sur le fond de la Mer du Nord.

Un autre exemple de sténothermie relative est celui du germon (*Germo alalonga*) qui remonte vers le nord en juin, au large des côtes ibériques, en suivant l'isotherme de  $16^{\circ}$ . Les campagnes répétées des navires de l'Institut des Pêches maritimes dans ce secteur de 1950 à 1956 ont permis d'établir des cartes des lieux de pêche de ce thonidé, d'après les travaux de LETACONNOUX. Les Japonais qui demeurent les plus grands spécialistes de la pêche du thon n'ont pas manqué d'établir leurs recherches sur des bases solides d'océanographie physique; UDA (1959) a publié une échelle des températures extrêmes et optimum pour les différentes espèces.

Les changements de température ont pour effet de modifier le métabolisme du poisson et de changer certains de ses caractères. J. SCHMIDT (1917) a ainsi défini ces variations méristiques : quand la température décroît, le nombre des vertèbres et des rayons des nageoires augmente. C'est ainsi que peuvent se grouper dans les secteurs adjacents d'une aire déterminée différentes races

appartenant à une même espèce. L'un des exemples les plus typiques est celui que nous donne FURNESTIN (1939-1943) qui classe la sardine de la côte européenne en deux races : d'une part la race atlantique méridionale caractérisée par une moyenne vertébrale de 51 à 51,50 et qui comprend toutes les populations de la baie d'Espagne à la côte cantabrique, d'autre part la race atlantique septentrionale caractérisée par une moyenne vertébrale de 52 à 52,50 et qui occupe toute la zone comprise entre la côte cantabrique et la Mer du Nord. L'auteur divise en deux formes, armoricaine et aquitaniennne, les sardines de la région basco-landaise. Les moyennes vertébrales, sont en rapport, non seulement avec la température mais aussi avec la salinité qui intervient, nous dit l'auteur, sur le processus de morphogénèse embryonnaire.

Mais le domaine de chaque race n'est pas stable. Limité arbitrairement par des isothermes et des isohalines bien déterminées, il se déforme avec le réchauffement qui dès le printemps, se propage de l'équateur vers les pôles. Si les océans étaient inertes les différentes espèces se répartiraient sans doute suivant les parallèles terrestres. Tel n'est pas le cas puisque d'importants courants entraînent dans leurs mouvements des masses d'eau de caractères différents. Or le propre de ces couches d'eau est de se mélanger si lentement qu'elles conservent fort loin de leur lieu d'origine des caractères qui permettent de les différencier. Chaque espèce a donc tendance à s'adapter à une formation bien déterminée dont le front thermo-halin représentera généralement la limite de son biotope.

De même les domaines hydrologiques respectifs de races voisines subissent des variations saisonnières plus ou moins importantes qui occasionnent des déplacements géographiques des populations. C'est, ainsi que l'a récemment montré KURC (1963), le cas des sardines du golfe de Gascogne qui se concentrent pendant une saison relativement froide en groupes homogènes, tant par l'âge que par l'appartenance raciale, tandis qu'elles se dispersent pendant une saison relativement chaude et qu'apparaissent des populations peu abondantes et hétérogènes. Ces conclusions corroborent celles de FURNESTIN (1939-43). Par ailleurs des conditions hydrologiques exceptionnelles, comme celles de l'hiver très froid de 1963 peuvent amener d'importantes perturbations sur la pêche ainsi que l'ont montré les recherches de l'Institut des Pêches sur le plateau atlantique français.

Quelques espèces peuvent cependant subsister longtemps hors de leur biotope naturel. J. HJORT (1912) avait remarqué que certains spécimens provenant des eaux chaudes de l'Atlantique central se retrouvaient non seulement dans le Gulf-Stream nord-européen mais également dans la Mer de Norvège. Il ne fait pas de doute que ces poissons s'étaient laissés entraîner dans le secteur nordique par le courant atlantique qui fait suite au Gulf Stream, puis par le courant de Norvège.

## **2) Recherche par les géniteurs des conditions optimum pour la reproduction ; dérive des œufs et des larves.**

Il semble acquis, après les nombreuses études qui ont été faites à ce sujet, que des conditions optimum sont recherchées par les poissons au moment de la ponte. Les migrations génétiques annuelles vers des frayères situées dans une ambiance identique d'une année sur l'autre en sont une preuve. Les œufs ne demeurent cependant pas nécessairement dans le milieu où les adultes ont pondus. Si certains d'entre eux se déposent sur le fond et se fixent sur des éléments sessiles tels que les algues calcaires qui se trouvent sur les lieux mêmes ou à proximité de la frayère, la plupart d'entre eux sont flottants et dérivants. Dans ce dernier cas les œufs subissent souvent des différences importantes de température depuis le niveau auquel ils ont été pondus et la surface. BEAUGÉ suggérait que les conditions les plus favorables pour la ponte de la morue sur les bancs de Terre-Neuve étaient obtenues quand le poisson se trouvait en profondeur (vers 50 m) dans des eaux à 4-5°, sous des eaux superficielles à 7°.

JEAN (1956) puis HELA et LAEVASTU (1961) qui reprennent les données de nombreux auteurs ont établi des tables qui donnent les conditions optimum de température des frayères dans différents secteurs. On y voit par exemple que le hareng qui fraie dans des eaux de 3 à 7° en Norvège ne se reproduit que dans des eaux de 6 à 12° dans les environs du Pas de Calais.

Mais les œufs flottants et les larves dérivent nécessairement hors des lieux de ponte avec les courants qui les entraînent. Il semble que C.G.J. PETERSEN (1893 cité par HJORT, 1912) fut l'un des premiers à attirer l'attention sur la dérive des œufs pélagiques. Ses investigations dans le Faenoe Sund l'amènèrent à observer un apport considérable d'œufs de morue et d'autres espèces dans cette région dont ils ne pouvaient être originaires.

Johs. SCHMIDT (1909 a) qui a consacré à la biologie de l'anguille (*Anguilla anguilla*) une grande partie de sa carrière nous montre comment la distribution géographique de cet Apode est en relation étroite avec la migration de ses larves (leptocéphales) depuis la Mer de Sargasses jusqu'aux côtes européenne et nord-africaine. Ce long voyage, qui dure deux ans et demi ne peut avoir lieu qu'à la faveur du courant cyclique qui draine l'Atlantique nord et c'est surtout dans les secteurs continentaux que balaient ses ramifications que l'on rencontre les jeunes anguilles (civelles) qui vont amorcer leur migration anadrome dans les étangs littoraux et les fleuves. (On pourra se reporter à ce sujet au travail de BERTIN, 1942).

Le même chercheur (1909 b), au cours de ses investigations autour de l'Islande, remarquait que les principaux lieux de ponte de la morue et du lieu noir (*Gadus virens*) se situaient dans le S et le SO de l'île. Ces œufs étaient aussitôt transportés vers les régions plus froides au gré du courant anticyclonique qui entoure l'Islande, c'est-à-dire vers la côte O puis la côte N et E. Il constatait alors que les lieux noirs dont les larves ont une vie pélagique beaucoup plus courte que celles de la morue se développaient et séjournaient principalement sur la côte SO et que leur population diminuait sur les côtes N et E. Par contre, les œufs, puis les larves de morue atteignaient facilement les côtes N et E de l'île.

Rappelons aussi qu'il est fréquent de rencontrer dans le sud du golfe de Gascogne des jeunes lieux noirs là où ne se trouvent jamais les adultes. Ce fait ne peut s'expliquer que par la dérive des œufs depuis les frayères situées sur le plateau celtique.

Dans le domaine bien particulier du golfe du Maine, L.A. WALFORD (1938) a démontré que des quantités importantes d'œufs d'églefins (*Gadus aeglefinus*) produits en 1931 se sont déplacés des principales frayères vers les « platiers » du banc Georges où, se trouvant dans des conditions favorables, ils ont pu se développer. Par contre il pense qu'en 1932 un certain changement dans les conditions hydrologiques et dans la direction des courants a fait dériver une grande partie des œufs vers le large où ils ont été détruits.

Il est évident qu'un tel changement peut avoir des effets désastreux sur le stock des œufs. Il ressort en effet de différentes études et en particulier de celle de WALFORD que la densité des œufs d'églefins et aussi d'autres espèces correspond à la densité spécifique de l'eau dans laquelle ils baignent jusqu'à l'éclosion. Qu'ils dérivent vers un autre secteur et ils se stabiliseront dans une couche d'égale densité qui ne se rencontre généralement pas au même niveau ni donc à la même pression et où la température et la salinité seront probablement différentes; les conditions d'éclosion seront alors compromises.

Le transport des larves par les courants a fait l'objet d'applications pour la distinction de certaines populations. Nous ne prendrons pour seul exemple que celui des larves de congres et d'anguilles étudiées par J. SCHMIDT (1924) au cours de la campagne du « Dana » en 1921 de la baie ibéro-marocaine au secteur oranais. Le savant danois avait remarqué que les larves de congres étaient nettement plus grandes dans l'ouest du détroit de Gibraltar que dans l'est. Il en concluait à la présence de deux populations, l'une atlantique qui fraie plus tôt que l'autre ou a peut-être une croissance plus rapide, l'autre méditerranéenne frayant plus tard. Il n'est guère possible en effet que les larves de congres aient pu remonter le courant atlantique. Par contre, les tailles des larves d'anguille croissaient régulièrement de l'O vers l'E, cela prouvant bien qu'elles accomplissaient leur migration de l'Atlantique vers la Méditerranée.

### **3) Besoin trophique, cycle alimentaire, la dérive et les concentrations du plancton.**

A l'intérieur des aires thermiques fréquentées par les différentes espèces, et indépendamment des conditions recherchées pour la reproduction, les migrations des poissons sont trophiques. La croissance dépend de la quantité d'aliments disponibles et les concentrations sont nécessairement fonction de la dynamique des masses d'eau.

En effet, tout être marin est un prédateur en quête des proies les plus variées qui ne sont d'ailleurs pas nécessairement étagées suivant les dimensions respectives puisque certains mammifères, comme la baleine, se nourrissent à certaines époques presque exclusivement de plancton. Cette chasse ininterrompue d'une espèce par l'autre entraîne des pertes importantes, mais aboutit en définitive à la destruction massive des espèces planctoniques qui, sans réaction contre les courants constituent une

proie facile et appréciée. C'est pourquoi, de proche en proche, tous les êtres du necton sont attirés vers les concentrations de zooplancton qui, elles-mêmes n'existeraient pas sans la présence de ces grandes prairies marines que constituent les algues minuscules du phytoplancton. Dans une note récente, ROTSCHI (1960) a parfaitement résumé cette situation.

La fertilité de ces prairies qui se développent d'abord sous l'action de la lumière et du gaz carbonique dépend surtout, comme sur le continent, de la quantité d'engrais fournie. Ces engrais sont ici des sels nutritifs tels que phosphate, nitrate, silicate qui dans la couche marine superficielle se trouvent rapidement épuisés par la photosynthèse. Pour que soit constamment assurée la production de matière organique, il est donc nécessaire que ces sels soient régénérés. Ce renouvellement ne peut être réalisé qu'à la suite d'un brassage important des eaux qui ramène vers la surface les sels restitués par les dégradations bactériennes de la matière organique et accumulés dans les couches profondes. On voit dès à présent que les mouvements verticaux et notamment les courants ascendants, les divergences, sont nécessaires à la vie dans les océans. Nous y reviendrons dans le chapitre suivant.

Ces premières phases du cycle alimentaire, où la photosynthèse, la régénération des sels nutritifs, le développement du phytoplancton jouent un rôle prépondérant, ont été étudiées par de nombreux auteurs, notamment GRAN (1931), HARVEY (1928, 1942), SVERDRUP, JOHNSON et FLEMING (1942), ROSE (*in* TREGOUBOFF et ROSE, 1957).

Le plancton, dérivant avec le courant, devient souvent un indicateur hydrologique et permet, dans de nombreux cas, de reconnaître rapidement la masse d'eau qui le transporte. M.-L. FURNESTIN (1963) dans une récente synthèse de la question nous explique que la répartition des Chaetognathes *Sagitta setosa*, *Sagitta serratodentata* et *Sagitta elegans* dans le secteur bien particulier de l'Atlantique NE, permet de discerner respectivement les eaux continentales de salinité inférieure à 35 p. 1000, celles plus salées du large au taux supérieur à 35,30 et les secteurs de mélange à 35,00/35,30. Or, c'est précisément dans les eaux atlantiques du large qu'évolue le maquereau, tandis que le hareng se rencontre dans les eaux de mélange. *Sagitta serratodentata* devient donc un indicateur pour la pêche du maquereau, tandis que *Sagitta elegans* permet de repérer le hareng. Les indicateurs halieutiques ont fait l'objet de nombreux travaux. HARDY, LUCAS, HENDERSON et FRASER (1936) et plus récemment LUCAS (1956 a, b) ont montré la grande influence qu'a le plancton végétal et animal sur le comportement du poisson. Les scandinaves orientent en grande partie leurs pêches vers les concentrations de Copépodes du genre *Calanus* qui font l'objet de nombreuses investigations.

La recherche des secteurs de concentration du plancton, qui constitue la base de la pyramide alimentaire et amène à la notion de productivité marine, reste intimement liée à l'étude des courants.

## CHAPITRE II

### IMPORTANCE DES ZONES DE CONTACT ET DES MOUVEMENTS VERTICAUX SUR LA PRODUCTIVITE ET LES CONCENTRATIONS DE LA FAUNE

On en vient naturellement à définir ces aires de productivité et de concentration du plancton qui sont favorables aux pêcheries tout en appuyant ces données par des exemples bien précis. Du point de vue hydrologique ces secteurs sont les zones de contact de masses d'eau de caractères différents en opposition. Du point de vue dynamique, ce sont des convergences ou des divergences consécutives à la circulation thermohaline ou des « upwelling » dus aux vents.

#### 1) Zones de contact dans le secteur littoral.

L'une des principales causes de la circulation marine est la formation à partir de phénomènes atmosphériques - tels que l'évaporation, le refroidissement hivernal, les apports continentaux dus aux précipitations, la fonte des glaces - de masses d'eau qui ont des caractères physico-chimiques

particuliers. Les eaux de ces diverses formations, de densités sensiblement différentes ne se mélangent que très lentement dans les secteurs où elles s'affrontent et où prennent naissance des courants dont le sens d'écoulement et l'intensité sont déterminés par des lois physiques bien établies.

Dans une coupe hydrologique, la zone de contact de deux masses d'eau est marquée par un gradient d'autant plus fort de la salinité (couche de discontinuité) et de la température (thermocline) que le contraste entre les deux formations est plus accentué.

Ces zones de contact sont favorables au rassemblement de diverses espèces marines car elles représentent les frontières d'habitats différents, et sont le siège de remous et de mouvements tourbillonnaires où le poisson se maintient sans effort, et aussi parce que le plancton, nourriture de base, s'y trouve entraîné par le déplacement des masses d'eau.

RALLIER DU BATY (1925) avait déjà remarqué l'importance des zones de contact pour la recherche de la morue sur les bancs de Terre-Neuve. BEAUGÉ (1928-29) reprit ces données dans le détail en étudiant les variations saisonnières.

Une zone de contact n'est évidemment pas fixe et l'on sait que les masses d'eau subissent, en dehors de grands cycles encore mal connus, des mouvements saisonniers de translation. Alors qu'une certaine stabilisation a lieu pendant l'hiver, on constate dès le printemps une évolution des masses en présence qui s'accroît pendant l'été et dure jusqu'en automne. Ces variations thermohalines, qui intéressent directement la couche superficielle en contact avec l'atmosphère et donc les eaux recouvrant les plateaux, déplacent plus ou moins les zones de contact qui adoptent alors le contour sinueux des digitations formées par les masses en opposition.

L'hydrologie renseigne sur la situation des zones de contact, et donne des indications particulièrement utiles dès que l'on travaille en profondeur où les mesures de courants sont beaucoup plus délicates qu'en surface. C'est ainsi que dans l'Atlantique NO les eaux des courants du Groënland et du Labrador qui forment en été un lobe froid collé au continent et situé entre la couche subsuperficielle (la couche superficielle étant réchauffée) et le niveau de 200 à 400 m, peuvent être parfaitement identifiées au-dessus des eaux de mélange plus chaudes de la profondeur. La situation des thermoclines supérieure et inférieure, la première au niveau des hauts-fonds, la seconde contre le talus, permet de localiser d'intéressants secteurs de pêche. Nous avons pu le constater, durant l'été 1961, pendant la campagne de la « Thalassa » sur les bancs de Terre-Neuve et de la Nouvelle-Ecosse. Si l'époque n'était pas favorable aux prises très importantes dans le secteur supérieur, nous avons pu nous rendre compte que des stocks considérables (sébastes, argentines, etc.) peuplaient la zone située immédiatement au-dessous du « bourrelet » froid. Cette situation paraît d'ailleurs permanente sous la thermocline inférieure et nombreux sont les chalutiers qui recherchent maintenant de telles conditions, notamment dans le SE du Groënland et sur la côte du Labrador dès que le retrait des glaces leur permet d'y circuler. Il semble que l'on doive aux navires de recherches canadiens et allemands les premières investigations en profondeur dans ces derniers secteurs où certaines zones difficiles à prospector, étant donné la nature des fonds, demeurent encore du domaine de l'exploration.

La recherche des zones de contact, notamment sur le plateau et le talus continentaux, a donc une importance capitale pour situer les concentrations de la faune marine. Elle concerne non seulement les formes pélagiques mais aussi les poissons démersaux ainsi que certaines formes du benthos. Le déplacement de ces fronts a une incidence certaine sur les migrations, qu'elles soient génétiques ou trophiques. Nous en avons des exemples frappants avec la morue dont les voyages saisonniers font l'objet de nombreux travaux des experts de la Commission internationale des Pêcheries de l'Atlantique nord-ouest (I.C.N.A.F.). LEE (1952) a fait de tels rapprochements dans les mers du nord et notamment aux abords de l'île aux Ours.

Nous reproduisons (fig. 1) une carte publiée par GRAHAM (1956) donnant les principaux itinéraires suivis par la morue au cours de ses migrations dans l'Atlantique nord et la direction de ces déplacements. Nous nous apercevons que dans la plupart des cas, ces migrations suivent des zones de fort contraste entre les eaux atlantiques et les eaux arctiques et polaires, sans dépasser toutefois les talus continentaux et les secteurs de hauts-fonds.

Néanmoins, on ne doit pas perdre de vue qu'un poisson sténotherme ne vit pas continuellement dans une zone de contact. En fait, cette frontière est son but, parce qu'il y trouve plus ou moins rassemblées ses conditions optimum vitales, mais il ne l'atteint que lorsque la courbe de température aux

abords de laquelle il vit vient s'ajouter au faisceau des isothermes qui composent cette barrière entre les eaux de différentes natures. Le sens de propagation du réchauffement qui s'effectue généralement de l'équateur vers les pôles en subissant cependant un certain gauchissement sous l'effet des courants océaniques, ne correspond pas nécessairement à la direction de ces courants. Dans l'Atlantique nord par exemple, cette propagation se fait dans le sens opposé aux courants qui bordent le talus européen et africain entre le 15° et le 48° parallèle, tandis que sur le versant américain, le réchauffement se fait sensiblement dans la direction du Gulf Stream. Le phénomène inverse se produit en automne.



FIG. 1 — Migrations de la morue dans l'Atlantique nord (d'après GRAHAM, 1956).

Cette simple constatation pourrait nous aider à mieux comprendre le comportement du poisson durant certaines migrations au cours desquelles il remonte le courant. LE GALL (1935) pensait que le régime des courants dominants en Mer du Nord pouvait expliquer les mélanges dans ce secteur de populations de harengs d'origines différentes. Il remarquait en effet que des harengs « guais » (ayant pondu) se retrouvaient un peu plus tard assez loin de leurs lieux de ponte, après s'être laissés entraîner par le courant. Mais, dès le printemps, le poisson, mû par un instinct physiologique particulier, devenait contranatant et remontait le courant pour rejoindre les frayères.

Par ailleurs, il paraît évident que toutes les populations de sardines étudiées par FURNESTIN sont contranatantes à un moment donné, quand les adultes accomplissent leurs migrations vers le nord à la recherche de conditions favorisant leur métabolisme.

Comme dernier exemple nous citerons celui de la morue qui remonte les courants du Spitzberg et du cap Nord pour rejoindre le secteur norvégien de Svinö.

## 2) Convergences.

La recherche des zones de contact nous amène à la notion des lignes de convergence et de divergence.

Si nous énonçons que les masses d'eau se déplacent dans des sens donnés, ainsi que le montre la disposition des différents lobes dans les coupes hydrologiques, les courants qui résultent de ces déplacements apparents adoptent des directions différentes déterminées par l'action des forces internes dépendant de la structure thermohaline et de forces externes telles que le vent.

Ces courants qui circonscrivent plus ou moins deux masses d'eau ont alors tendance à se rejoindre à la zone de contact et à suivre cette frontière qui devient alors une ligne de convergence accompagnée de remous et de tourbillons plus ou moins importants.

Quand les courants convergent, leur vitesse augmente et les eaux qu'ils entraînent s'accumulent et plongent. Cette plongée peut être accentuée par le fait que des eaux plus salées de l'une des masses en contact se mélangent aux eaux très froides de l'autre masse. C'est ce qui se produit généralement sur les fronts polaires dont les « convergences » alimentent la plus grande partie des grands fonds océaniques.

Les grandes lignes de convergence sont bien connues (fig. 4). En dehors des fronts arctiques et antarctiques on distingue les convergences subtropicales nord et sud et la convergence du contre-courant équatorial.

On conçoit, que tous les éléments flottants qui ne peuvent réagir contre le courant dérivent nécessairement vers ces points de rassemblement des eaux qui sont donc favorables à la concentration du plancton et indirectement des poissons. HELA et LAEVASTU estiment que les prises de plancton dans les secteurs de convergence sont en effet plus abondantes que dans les secteurs environnants et parviennent même à préciser sa distribution suivant la nature des eaux qui plongent. Les pêcheurs japonais ont constaté depuis longtemps que les convergences étaient des bases de concentration du thon. Ils doivent d'ailleurs leur expérience à l'image frappante qu'ils ont sous les yeux dans la rencontre des eaux chaudes du Kuroshivo avec les eaux froides de l'Oyashivo, le long et au larges des côtes du Japon, secteur de pêche intensive de nombreuses espèces pélagiques.

A ces exemples d'ordre général, nous ajouterons celui d'une expérience personnelle. Au début du mois d'août 1962 nous avons assisté, lors de la campagne de la « Thalassa » dans l'Atlantique NO à une concentration exceptionnelle de harengs et de cétacés aux accores N du banc Georges. Le poisson se trouvait en masses compactes de la surface au fond, tandis que les mammifères évoluaient dans une aire nettement délimitée. Ce rassemblement s'expliquait par une grande abondance de plancton et particulièrement d'Euphausiacés concentrés dans ce secteur par les courants. La situation hydrologique se présentait dans ses grandes lignes de façon assez semblable à celle qui avait été décrite par BIGELOW (1924) pour l'été 1915. Ce secteur est en effet le lieu de convergence de plusieurs courants : celui qui draine le golfe du Maine et s'en va vers le SE, celui de la périphérie du banc Georges, anticyclonique, et celui qui pénètre de l'Atlantique dans le chenal de l'E, en un mouvement cyclonique. Il est évident que, dans de telles conditions, ce secteur ne peut être que favorable aux concentrations de toutes sortes. De nombreux chalutiers russes y pratiquaient d'ailleurs une pêche intensive en ce mois d'août 1962.

Les tourbillons anticycloniques qui, dans la plupart des cas sont en rapport avec une accumulation d'eaux moins denses peuvent être assimilés aux convergences du fait de l'enfoncement de la thermocline. Zones d'attraction des éléments légers qui sont rejetés à la droite du courant qui les draine (pour l'hémisphère N), ils constituent pour cette raison des lieux de concentration de la faune.

### 3) Divergences et upwelling.

Ces plongées des eaux superficielles ne s'effectuent pas sans donner lieu à des courants de convection et à des remontées d'eau qu'il est fréquent de rencontrer au voisinage des convergences. De tels mouvements ont parfois une ampleur considérable : c'est ainsi qu'à partir des régions polaires et tropicales des courants se créent dont les remontées intéressent la zone équatoriale du N et du S. Les apports opposés de ces deux grandes divergences équatoriales déterminent dans l'espace qui les sépare un contre-courant convergent.

Au cours de nos propres travaux en Méditerranée (FURNESTIN et ALLAIN, 1960 à 1963) nous avons également observé au large d'importantes divergences en rapport avec la plongée des eaux superficielles plus ou moins transformées ou accumulées dans les zones littorales.

Les divergences peuvent être aussi provoquées par le mouvement d'une masse d'eau profonde vers un accident topographique tel qu'un seuil ou vers un « front » d'eau plus dense. La zone de contact joue alors le rôle d'un tremplin qui ramène les eaux profondes vers la couche superficielle.



Nous avons un exemple du premier cas dans le détroit de Gibraltar et dans la plupart des détroits; le centre du bassin méditerranéen ainsi que la zone équatoriale sont des exemples du second cas.

Les divergences sont généralement reconnaissables en surface par la ramification d'un courant ou par un écartement de ses branches. La réciproque est vraie : quand un courant diverge il s'ensuit nécessairement une remontée des eaux sousjacentes.

Hors de la dynamique interne, le vent, facteur dominant des forces externes provoque souvent le long du littoral de telles remontées qui prennent alors le nom d'upwelling (fig. 2).

L'upwelling se produit généralement sous l'effet d'un vent de reflux qui draine vers le large l'eau superficielle de la côte, laquelle est alors remplacée par des eaux profondes. Si l'on examine une carte générale des vents dominants à la surface terrestre, on comprend facilement que leur allure tourbillon-

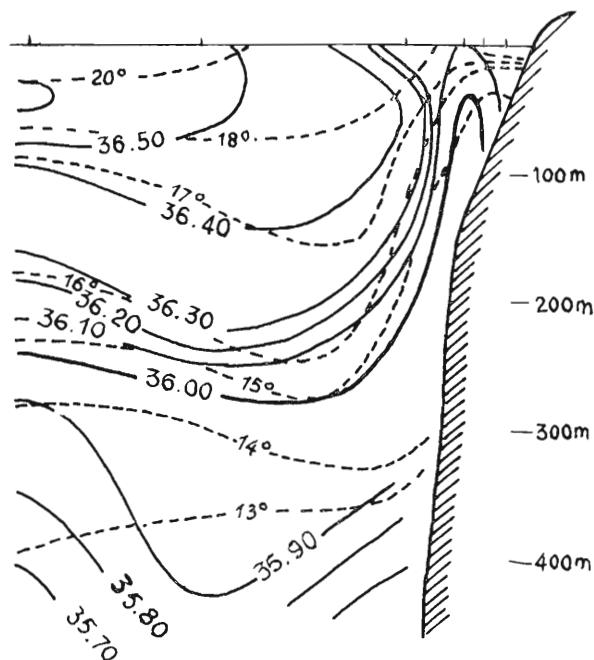


FIG. 2. — Exemple d'upwelling sur la côte marocaine, devant le cap Ghir (d'après FURNESTIN, 1959).

naire favorise l'upwelling sur les bords occidentaux des continents, du moins en ce qui concerne les alizés. En effet si l'on applique la théorie d'EKMAN, quand les vents soufflent parallèlement à la côte, les eaux sont chassées suivant un angle de 45°, vers la droite de la direction du vent, dans l'hémisphère N, vers la gauche dans l'hémisphère S. Les alizés et la mousson jouent donc un rôle prépondérant dans les mouvements ascendants de la zone littorale, la mousson dont le régime est alternatif n'ayant toutefois qu'une action périodique dans les secteurs qu'elle balaie.

Les principaux upwelling ont lieu le long de la côte marocaine, en bordure de l'Angola et du SO africain, sur la côte californienne ainsi que le long du Chili et du Pérou.

Nous avons vu que de tels mouvements ascendants correspondent à des zones de productivité qui favorisent le développement du plancton tout en attirant des prédateurs de toutes sortes dont certains trouvent aussi dans ces secteurs des conditions physiques qui leur conviennent.

C'est pourquoi J. FURNESTIN (1951) a particulièrement insisté sur l'influence de l'upwelling dans la répartition et l'évolution de la sardine marocaine. Les basses températures de cette eau ascendante (15 à 18°) permettent à ce clupe de vivre dans une région où les eaux superficielles du large sont supérieures à 20° et de trouver, de ce fait, un biotope assez analogue à celui du golfe de Gascogne où la stratigraphie thermique est beaucoup plus régulière. Les migrations de la sardine marocaine sont relativement réduites puisque les températures plus chaudes (18 à 20°) qu'elle recherche

durant son stade larvaire ainsi que pour la ponte se trouvent à la périphérie des sources principales d'upwelling vers lesquelles elle se dirige ensuite et aussi à mesure qu'elle vieillit. Les schémas que nous reproduisons (fig. 3) traduisent de façon claire le rôle de l'upwelling marocain.

La sardine atlantique est parfois entraînée hors de son biotope naturel par des courants violents. De nombreux individus de la race méridionale se retrouvent ainsi en Mer d'Alboran où ils sont parvenus, portés par le courant atlantique qui franchit le détroit de Gibraltar (FURNESTIN, 1950). On pourrait alors penser qu'ils se cantonnent dans les secteurs d'accumulation des eaux atlantiques, par exemple en baie de Tétouan. Or, c'est dans des eaux de prépondérance méditerranéenne, en baie de Malaga que cette sardine atlantique se rassemble, tandis que la variété méditerranéenne de *Sardina sardina* occupe la partie sud de la Mer d'Alboran. Ce fait, paradoxal en apparence, s'explique à la

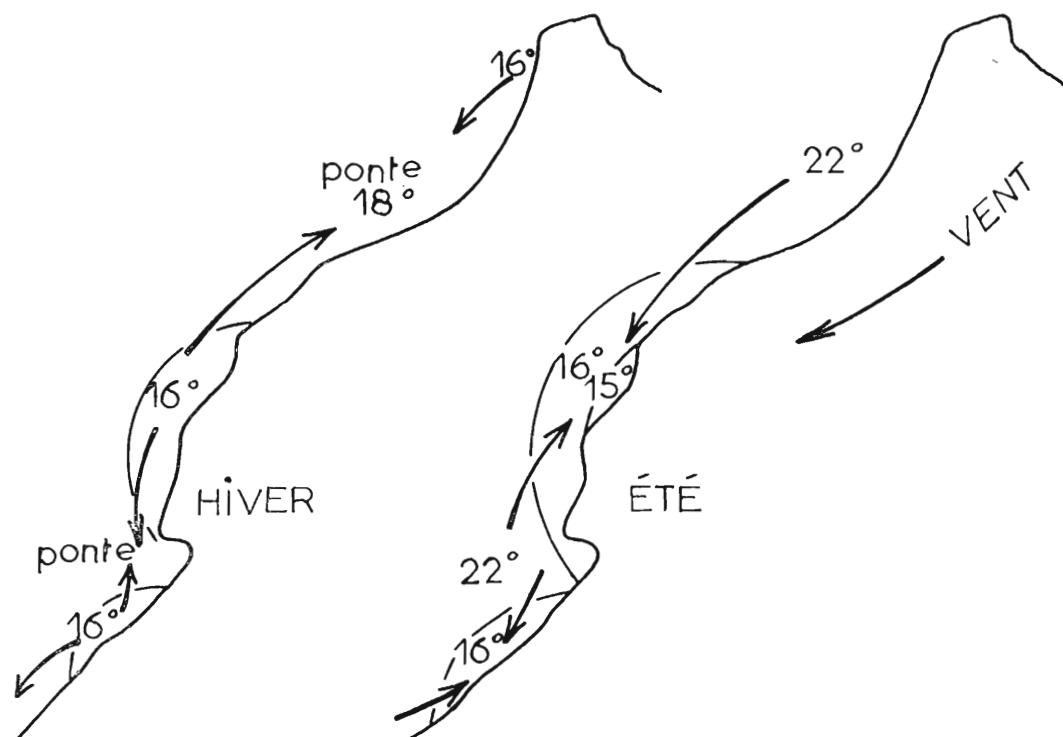


FIG. 3. — L'upwelling et les migrations des sardines adultes sur la côte marocaine (d'après FURNESTIN, 1951).

lumière de nos récentes observations hydrologiques et vérifie une fois de plus le caractère sténotherme de ce poisson : les eaux atlantiques sont trop chaudes en été dans le secteur sud de la Mer d'Alboran (19 à 21°) et c'est dans la zone de divergence de Malaga où les eaux sont à 17-18° que la sardine atlantique trouve les meilleures conditions physiques en même temps que les éléments riches de sa nutrition fournis par cette zone productive des eaux ascendantes. Ainsi se trouve effacée la controverse soulevée à l'époque par NAVARRO (1944) qui, se basant sur les fortes variations de la moyenne vertébrale, mettait en doute la valeur de ce caractère méristique de la sardine de Malaga : les fluctuations du courant atlantique dans le détroit de Gibraltar traduisent, ainsi que l'a expliqué FURNESTIN, des phénomènes migratoires et, dans cette zone frontière, des substitutions d'un type de sardine par l'autre.

Comme l'upwelling est lié à des conditions de circulation atmosphérique bien déterminées il s'ensuit qu'une modification, si légère soit-elle, dans le régime des vents affecte d'un seul coup tout le système hydrostatique qui en dépend et peut avoir des répercussions catastrophiques sur le plan des pêches. Un tel phénomène décrit par L. A. WALFORD (1958) eut lieu entre 1947 et 1953 sur la côte californienne d'où la sardine disparut presque complètement à la suite d'un brusque changement

dans la direction des vents. La production qui était pendant les années précédentes de 500 000 tonnes devint pratiquement nulle jusqu'au moment où le régime atmosphérique se régularisa à nouveau, remettant en marche le mécanisme hydraulique de l'upwelling.

Cependant l'upwelling peut être, dans certains cas, une cause de mortalité du poisson. L. FAGE (1951) s'appuyant sur les travaux de différents auteurs explique que certains Dinoflagellés, profitant, comme les autres éléments du phytoplancton, des sels nutritifs amenés par les remontées d'eau profonde, peuvent se multiplier brusquement et d'une façon telle à certaines époques qu'ils donnent alors à la mer une coloration variant du brun au rouge sang. Peu après la formation de cette « eau rouge » on constate des mortalités souvent très importantes dans la faune. Divers chercheurs ont en effet démontré que ces organismes microscopiques sécrètent des toxines dont la nocivité est en rapport avec la quantité ingérée.

La formation d' « eau rouge », accompagnée d'une mortalité massive de poissons, se manifeste surtout dans les upwelling du Pérou, de l'Afrique du SO, du sud de la Californie et, bien entendu, en Mer Rouge. Elle se rencontre aussi sur les côtes du Maroc et de Mauritanie et plus particulièrement entre Mazagan et Safi, ainsi que nous le dit M.-L. FURNESTIN (1957). D'après cet auteur, un tel phénomène provoqua, en été 1952, la destruction d'un grand nombre de crustacés et de poissons dans le secteur d'Oualidia. A l'image de ce qui se produit sur la côte californienne du sud, le pullulement de phytoplancton, diatomées et protistes, a lieu au moment de la plus forte poussée profonde des eaux, en été et provoque l' « exclusion animale » et donc l'élimination du zooplancton. En automne, la fin de l'upwelling étant moins favorable à la production du phytoplancton, le zooplancton atteint alors son développement maximum. M.-L. FURNESTIN remarque en outre que ce développement est particulièrement intense dans les zones de transition comme celle du cap Ghir où s'affrontent et se mélangent plus ou moins des eaux d'origines différentes.

Sur un autre plan, HELA et LAEVASTU (1961) font remarquer à juste titre que l'upwelling peut ramener à la surface des couches d'eau intermédiaires présentant un minimum d'oxygène dissous. On sait en effet que certaines couches d'eau formées dans les zones littorales à partir de convergences se développent en nappes qui circulent à mi-profondeur sur des distances parfois considérables. Ces nappes débordent fréquemment de leurs bassins d'origine dans les mers et les océans adjacents où elles continuent à circuler. C'est le cas, par exemple, de l' « eau orientale » formée dans le bassin oriental de la Méditerranée à la suite d'une évaporation intense et qui s'écoule dans le bassin occidental après avoir franchi le détroit de Sicile. C'est le cas des « eaux méditerranéennes » qui s'évacuent dans l'Océan atlantique par le détroit de Gibraltar et dont l'extension, notamment vers le NO est telle qu'elles ont été reconnues dans le SO de l'Irlande et jusqu'aux Bermudes. Suivant un autre processus certaines nappes atlantiques s'insinuent également et progressent dans le complexe subtropical et polaire.

Ces eaux qui ont perdu depuis leur formation tout contact avec l'atmosphère ne sont plus réapprovisionnées en gaz dissous et leur taux d'oxygène s'appauvrit progressivement au cours de leur cheminement. Nous en avons un exemple frappant dans les travaux de JACOBSEN (1912) et de FURNESTIN (1960, 1963) en Méditerranée. Comme l'oxygène est l'un des facteurs essentiels qui régit la vie de la faune océanique, il s'ensuit que ces zones sont très pauvres et parfois même azoïques.

Que le mécanisme d'upwelling soit assez puissant pour élever ces couches jusqu'à la surface et ce sera une cause certaine de mortalité jusqu'au moment où l'affaiblissement du mouvement ascendant permettra l'oxygénation suffisante de la couche superficielle.

La couche intermédiaire la plus pauvre en oxygène se rencontre dans la Mer d'Arabie qui est aussi une zone d'upwelling temporaire étant donné le caractère alternatif de la mousson. Il arrive même parfois que l'oxygène dissous qui a totalement disparu de cette couche soit remplacé par de l'hydrogène sulfuré. Dans le golfe de Guinée également on rencontre une couche où le taux d'oxygène dissous ne dépasse pas 0,5 ml par litre.

Pour illustrer cet exposé sur la relation entre les mouvements verticaux et les concentrations de poissons, nous donnons deux cartes établies d'après celles de HELA et LAEVASTU (1961) et de WALFORD (1958). La première (fig. 4) indique les principales convergences ainsi que les secteurs fertiles des océans. Ces derniers correspondent le plus souvent aux zones d'upwelling du littoral et aux divergences du large.

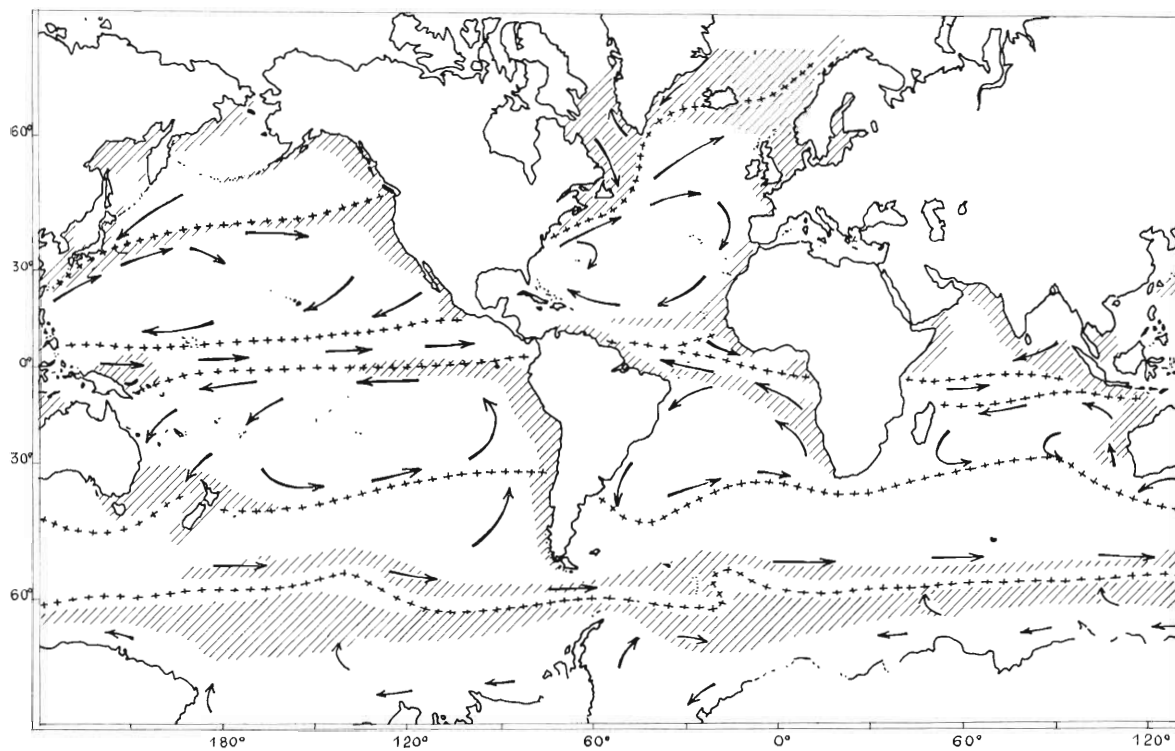


FIG. 4. — Les grandes convergences (croix) et les secteurs fertiles (hachures) de la mer (d'après les cartes d'HELA et LAEVASTU, 1961, et de WALFORD, 1958).

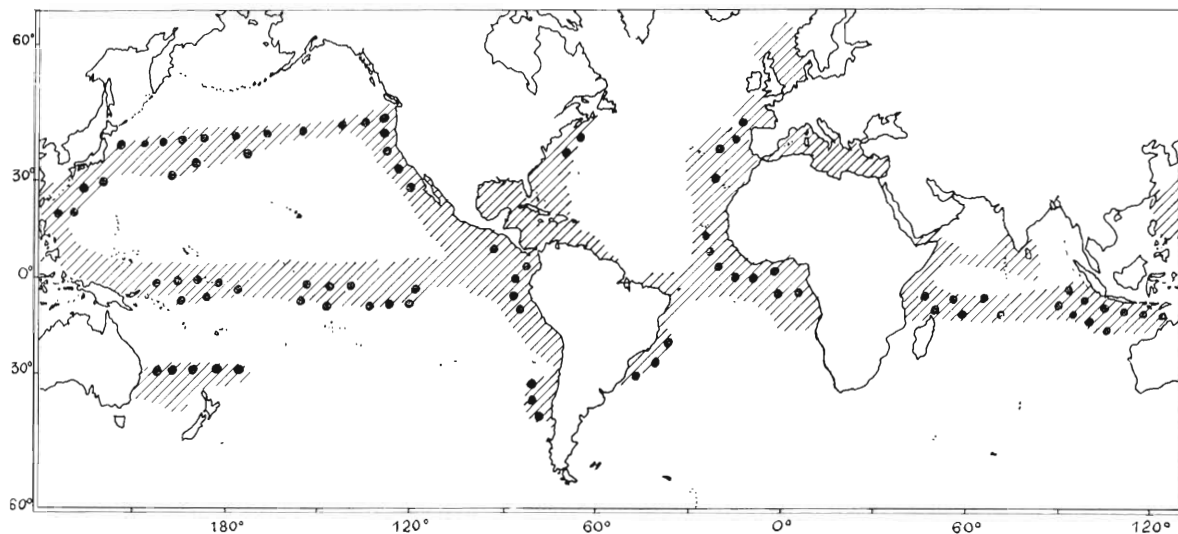


FIG. 5. — Secteurs de distribution du thon (d'après la carte d'HELA et LAEVASTU, 1961, plus généralisée). Les points indiquent la répartition du germon, les zones hachurées celle des autres espèces.

La seconde carte (fig. 5), basée sur les résultats de travaux mondiaux mais surtout japonais, donne la répartition du thon. Un simple rapprochement avec la carte précédente permet de conclure que le thon ne fréquente pratiquement que les zones de divergence et de convergence où il trouve sa nourriture, mais que certaines espèces comme le germon stationnent de préférence dans les secondes.

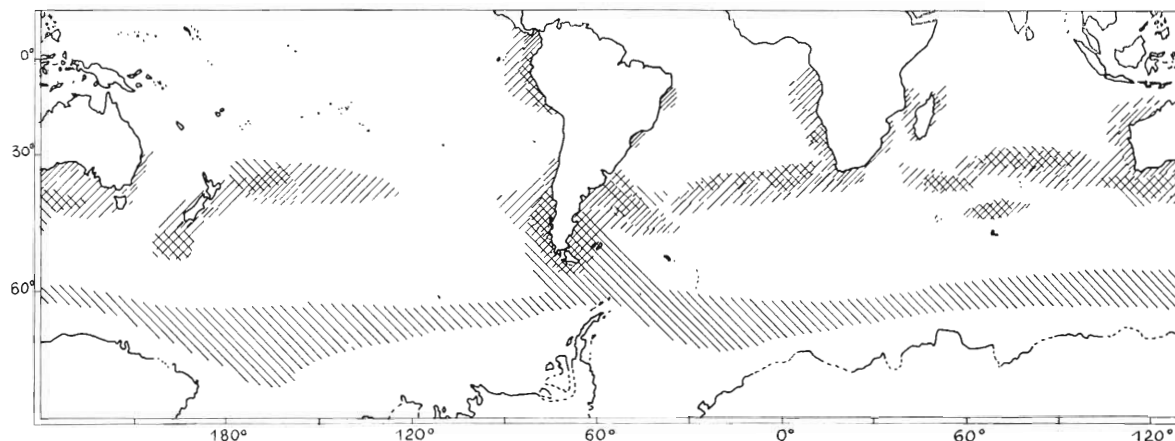


FIG. 6. — Secteurs fréquentés par les baleines dans l'hémisphère sud (d'après les deux cartes de L. WALFORD, 1958). Les hachures orientées NE-SO indiquent la répartition en été (les plus fortes concentrations étant marquées par un resserrement des traits) ; les hachures orientées NO-SE indiquent la répartition en hiver.

Quant aux baleines, tributaires elles aussi des concentrations planctoniques, on voit, d'après la carte de répartition établie d'après les travaux de L. WALFORD (1958) (fig. 6) qu'elles fréquentent surtout les grandes convergences subtropicale et antarctique, mais aussi les zones d'upwelling.

Aux divergences, correspondent souvent des mouvements superficiels cycloniques plus ou moins amples qui constituent dans la plupart des cas des zones productives.

### CHAPITRE III

## APPLICATIONS PRATIQUES : LOCALISATION DES ZONES DE PECHE PAR L'EXAMEN DES COURANTS

Après ce tour d'horizon sur les conséquences que peuvent avoir les variations du milieu physique et la dynamique des eaux sur le comportement du poisson, nous allons rechercher quelles sont les zones encore inexploitées qui, d'après l'étude des courants seraient favorables à la concentration du poisson, et nous nous permettrons d'avancer pour cela quelques hypothèses déduites de corrélations précises. Une telle étude pouvant mener très loin, nos investigations se limiteront aux secteurs facilement accessibles aux flottilles de pêche françaises : le secteur est de l'Atlantique nord et la Mer du Nord puis la Méditerranée occidentale.

L'un des buts de la F.A.O. a été de recenser les zones de pêche actuellement fréquentées et d'attirer l'attention sur des secteurs peu travaillés et sur l'existence de ressources encore inexploitées, notamment au-delà du talus continental. HELA et LAEVASTU ont publié une carte qui résume le problème dans le monde en indiquant des aires d'extension possibles de la pêche. Pour l'Atlantique nord, ils signalent notamment la présence de Clupéidés au large des bancs de Terre-Neuve, de la Nouvelle-Ecosse et du Groënland. Au large de l'Afrique, ils indiquent la présence de poissons pélagiques divers entre Madère et le secteur marocain et mauritanien. Quant au secteur de l'Atlantique européen, il semblerait, d'après ces données, se prêter assez peu à une extension éventuelle des pêcheries.

Il nous appartient cependant d'examiner dans le détail cette région qui s'étend entre l'Irlande, le Maroc et le méridien des Açores.

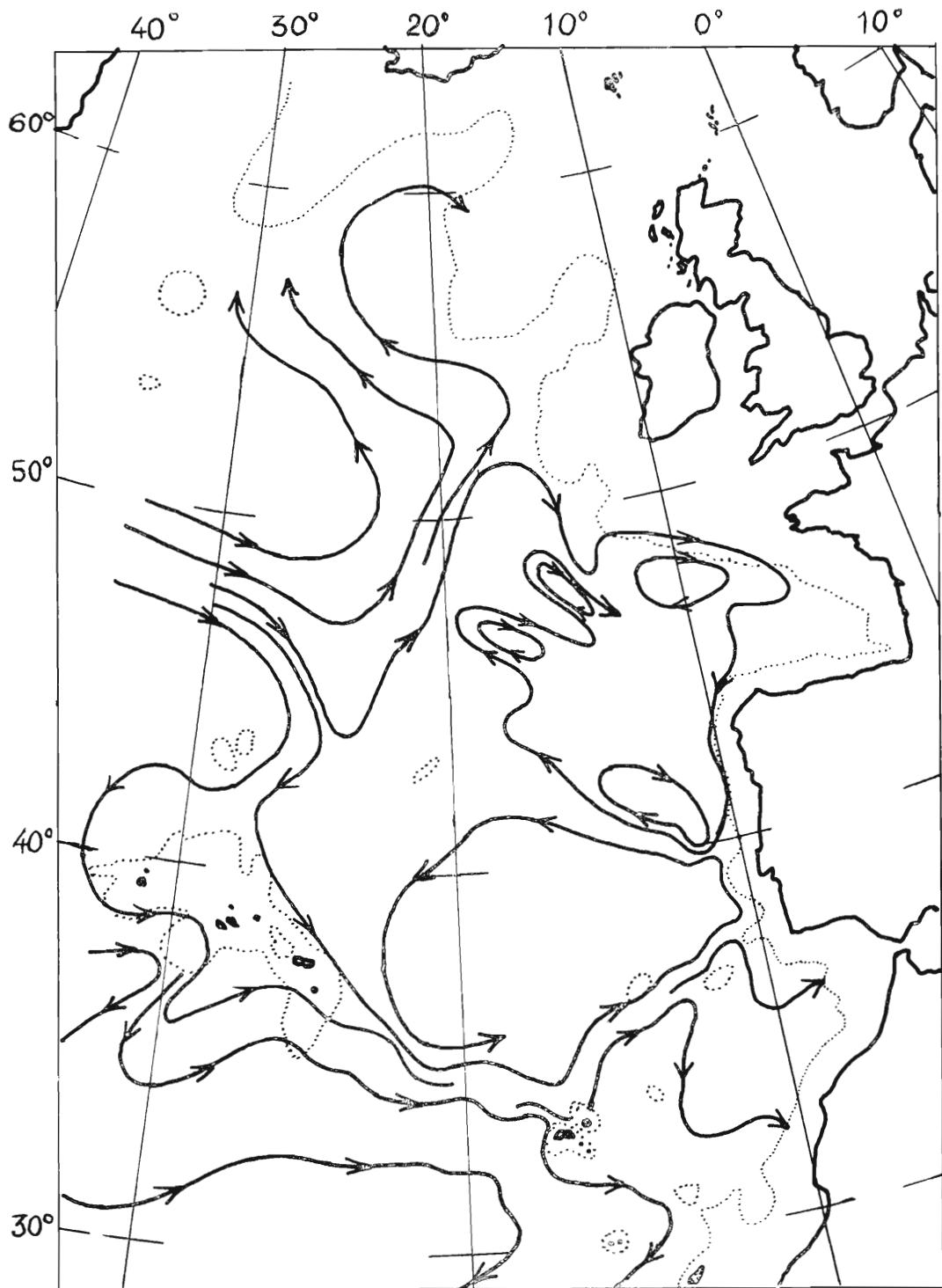


FIG. 7. — Les courants dans l'Atlantique nord-est au niveau de 100 m (d'après la topographie dynamique relative à 100 décibars par rapport au niveau de 2000 décibars publiée par HELLAND-HANSEN et NANSEN, 1926).

## 1) Partie est de l'Atlantique nord.

A ne considérer que les cartes superficielles, trop sommaires et trop générales, des courants de cette vaste région, on peut se demander sur quelles bases reposerait une prospection du large. En effet, le relief dynamique est peu accidenté dans ce secteur et la seule observation valable semble résider dans le fait que le déploiement en éventail du courant nord-atlantique à partir du méridien de 25° ouest détermine des remontées d'eau subsuperficielles plus ou moins importantes auxquelles on doit sans doute en partie la richesse des plateaux celtique et du golfe de Gascogne.

Mais si l'on s'en rapporte à la carte des courants à 100 m (topographie dynamique et courants généraux à 100 décibars par rapport au niveau de 2 000 décibars), composée par HELLAND-HANSEN et NANSEN en 1926 d'après les données de l'« Armauer Hansen » et les observations antérieures de nombreux autres navires (fig. 7), la situation est tout à fait différente. Dès ce niveau, en effet, les mouvements résultants de la circulation thermohaline semblent prédominants et ISELIN (1935) a choisi cette configuration pour expliquer le processus d'extension du Gulf Stream dans l'E atlantique. On voit que le courant atlantique diverge à hauteur du méridien de 25° et se scinde en deux branches, NO et SO, qui elles-mêmes donnent naissance à de nouvelles dérivations de sens opposés aux approches de la zone continentale. Deux d'entre elles se dirigent, l'une vers la Mer de Norvège, l'autre vers les Canaries mais les deux autres sont ramenées, après avoir longé le talus continental, vers un même point situé devant la côte ibérique occidentale, à hauteur du 40° parallèle. Les deux bras qui se heurtent sont déviés vers l'E où ils poursuivent leur mouvement sous forme de volutes à enroulements inverses devant la grande divergence principale qui a engendré tous ces courants. Ils déterminent deux vastes tourbillons l'un anticyclonique dans le N, l'autre cyclonique dans le S qui s'étaient entre le 35° et le 50° parallèle. De tels mouvements opposés et tourbillonnaires qui intéressent aussi les couches plus profondes ne sont pas sans donner lieu à des remontées et à des plongées d'eau.

Pour ne point demeurer dans le domaine de l'hypothèse nous allons rechercher les connexions qui existent entre les pêches pratiquées à l'intérieur de ce périmètre et les secteurs de convergences ou de divergences. Nous en avons un exemple bien précis dans la distribution des lieux de pêche du germon au mois de juin d'après les investigations de l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes au cours des différentes campagnes du « Président-Théodore-Tissier » et de la « Thalassa » de 1950 à 1961 (fig. 8). On consultera notamment à ce sujet la carte de pêche établie par cet organisme en 1956 (corrigée en 1957) et les différentes publications de LETACONNOUX (1951, 1955, 1961).

D'une façon générale, au large de la péninsule ibérique, le germon migre du SO au NE en profitant du réchauffement progressif des eaux de la couche superficielle. On le rencontre en effet au NE des Açores au début de juin, au large du cap Finistère aux environs du 15 juin et enfin dans le sud du golfe de Gascogne vers la fin du mois. De là il semble se disperser vers le nord. Mais au cours de cette migration, il se concentre en des points bien précis où une bonne partie des bancs stationne plus longtemps.

Si l'étude écologique en fonction des conditions hydrologiques du moment semble suffire à expliquer les concentrations de 1957 à 1961, il est cependant remarquable de constater que c'est précisément dans la zone de convergence du large de Lisbonne et dans le mouvement anticyclonique qui se développe au NNO de ce point jusqu'au large du cap Finistère que se situent les principaux lieux de pêche. Par ailleurs, on remarque que la ligne de migration qui part des Açores vers le NE correspond à une ligne de séparation des deux grandes divergences centrales qui déterminent entre elles une convergence. Quant au secteur de concentration du sud du golfe de Gascogne, sa structure n'a pas été étudiée par HELLAND-HANSEN, mais nous savons qu'il correspond à un lieu de convergence du courant général qui descend vers le sud avec un contre-courant qui se dirige vers l'E le long des côtes d'Espagne (voir la carte générale des courants de DEFANT (1961) et les « Pilot Charts » mensuelles de l'US Navy hydrographic Office).

Par ailleurs, LE GALL (1953) qui résume, dans une rapide synthèse la question du germon dans le secteur est-atlantique nous dit qu'après sa migration jusqu'au golfe de Gascogne, ce poisson apparaît en août sur le plateau continental celte, toujours au large, dans le voisinage des bancs de la

« petite sole » et de la « grande sole » et qu'il atteint parfois les côtes sud et ouest de l'Irlande et la pointe SO des Cornouailles anglaises.

La « petite sole » et la « grande sole », secteurs fréquentés par les thoniers bretons se situent dans le SO du plateau celtique, vers le méridien de 10°, zone qui, nous le voyons, est intéressée par la bordure N d'un mouvement anticyclonique. D'après les renseignements que nous possédons, la pêcherie s'étend d'ailleurs au large et à l'E des bancs.

En octobre le germon, dans son mouvement vers le S réapparaît dans le golfe puis au NO de la côte d'Espagne avant de disparaître totalement du secteur prospecté.

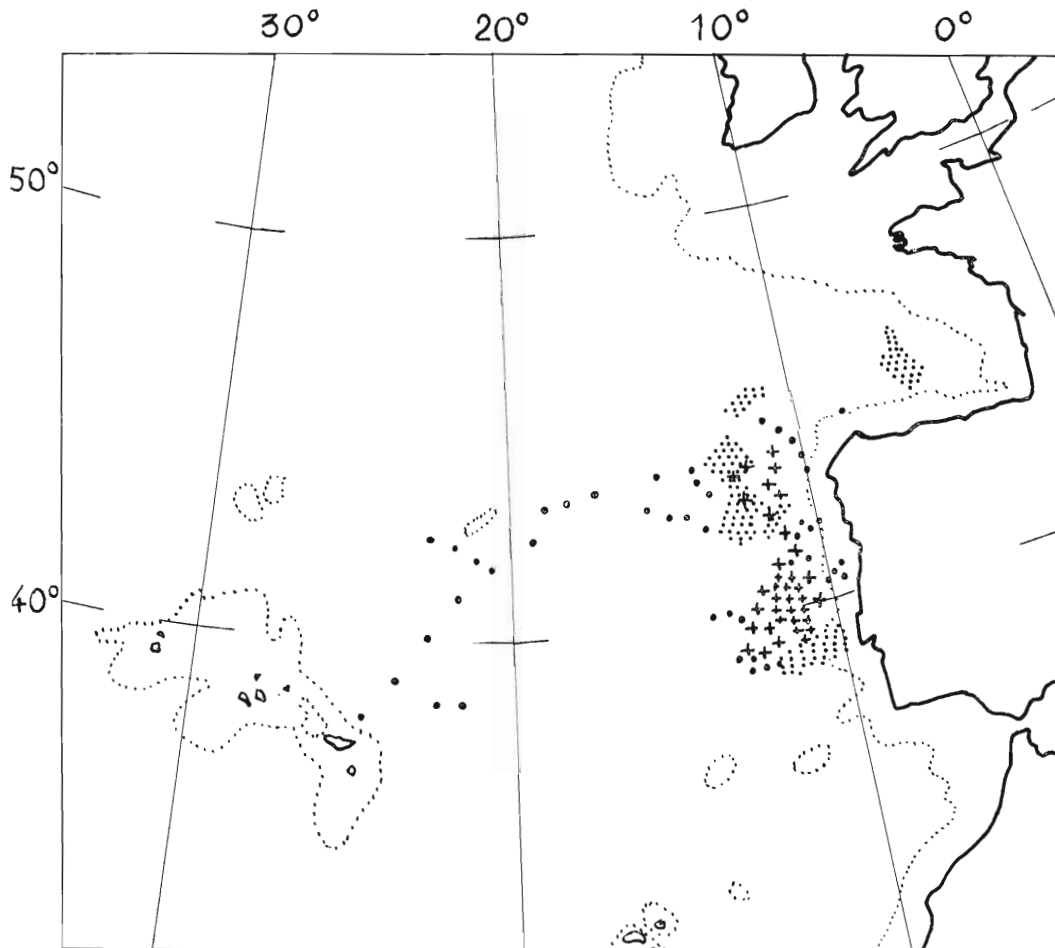


FIG. 8. — Lieux de pêche du germon dans le secteur ibérique d'après les recherches de l'Institut des Pêches de 1950 à 1961. Les points indiquent le résultat des captures de 1950 à 1957, les croix celui des captures en 1961 (les zones de plus grande concentration sont indiquées par un resserrement des signes).

On sait toutefois que ce poisson se pêche en hiver dans le S et le SO de Madère, en profondeur, de 50 à 300 m. Il remonte en surface dans la même région au début du printemps et cette concentration est suivie d'une migration vers les Canaries et les Açores. Cette fois encore le rassemblement des poissons s'effectue dans un mouvement anticyclonique; quant à la migration vers les Açores son chemin semble être tout tracé par l'importante convergence qui se manifeste entre les deux archipels et qui doit donner lieu également à des concentrations d'autres poissons.

Si une telle corrélation existe entre les secteurs d'accumulation des eaux, donc de nourriture et les concentrations de germons, n'y aurait-il pas lieu d'étendre les investigations vers les zones qui présentent des conditions dynamiques comparables et qui ne semblent pas avoir fait l'objet de recherches bien précises ?



D'après la carte présentée (fig. 7), trois secteurs principaux paraissent avoir encore échappé à ces recherches, sans doute parce qu'ils sont très éloignés de la côte. Ce sont :

1° la zone qui se situe dans le NNE des Açores, de 42° à 46° de latitude N et de 26 à 33° de longitude O, à l'intérieur d'un mouvement anticyclonique;

2° le secteur qui est constitué par les points les plus hauts du relief dynamique dans le NO du grand mouvement anticyclonique qui s'étale au NO de la péninsule ibérique par 45° à 49° de latitude N et 14 à 20° de longitude O;

3° le secteur situé dans le SO et au large du banc de Rockall, et qui comporte un mouvement anticyclonique, entre 54 et 60° de latitude N et 18 à 27° de longitude O.

Ces différents secteurs pourraient être prospectés en suivant la progression de l'isotherme de 15/16°, le premier au mois de juin, le deuxième à la fin de juin et dans le courant de juillet, le troisième au mois d'août, au moment où l'isotherme des 15° remonte jusqu'au 60° parallèle.

Si des poissons profilés pour la course, comme le germon, n'hésitent pas à se lancer au large dans des zones de courants et de remous, il est certain que plus près des côtes ils fréquentent aussi les zones de divergences. Certains thonidés et la bonite à dos rayé (*Sarda sarda*) y circulent d'ailleurs à des époques bien précises au milieu d'espèces plus petites appartenant aux Clupéidés, Engraulidés et Scombridés qui y séjournent et leur fournissent des proies de choix. C'est pourquoi nous insistons en faveur de la prospection, aux abords du plateau continental, des grands secteurs de remontée des eaux. En dehors de la zone d'upwelling marocaine caractérisée par la présence de sardine et aussi d'importants passages de bonite (*Sarda sarda*), de thon rouge (*Thunnus thynnus*) et de listao (*Katsuwonus pelamis*), nous remarquerons tout particulièrement l'importante divergence qui se situe dans l'O et le SO du cap St Vincent où il serait d'ailleurs facile de relever des secteurs de pêche déjà exploités. Nous n'insisterons pas sur la richesse bien connue du plateau celtique. Mais nous pensons en outre qu'il y aurait lieu de prospecter avec beaucoup de soin la zone de divergence qui s'étend dans l'OSO de l'Irlande, au large du banc Porcupine où nous ne serions pas surpris de rencontrer vers les mois d'avril-mai des concentrations de maquereaux, jusque au-dessus des fonds voisins de 1 000 m.

On ne s'étendra pas sur les autres lignes de convergence et les secteurs plus réduits de concentration dont on relèvera facilement la situation sur la carte.

## 2) Mer du Nord.

Bien qu'il soit plus difficile d'appliquer cette méthode à des mers peu profondes et aux plateaux continentaux eux-mêmes, le plus souvent influencés par des courants de marée parfois importants, nous ferons en passant quelques observations sur la Mer du Nord.

Ce n'est pas sans raison, qu'en toutes saisons, les accores de la fosse norvégienne sont fréquentés par diverses espèces dont les populations varient suivant les migrations qu'elles effectuent. Hareng, merlan, maquereau, lieu et merlu y abondent. Il suffit de consulter à cet effet l'« Atlas de Pêche de la Mer du Nord, d'après les lieux de pêche des chalutiers boulonnais » publié en 1956 par l'Institut des Pêches maritimes (ANCELLIN et NEDELEC) pour se rendre compte de la densité du poisson dans cette région. Dans ce secteur où le courant remonte vers le NNE, parallèlement à la côte norvégienne, convergent les eaux de la Baltique et les eaux atlantiques qui, entrées par le N de l'Ecosse ou par la Manche ont drainé, en se mêlant plus ou moins, toute la Mer du Nord.

Par ailleurs les grandes zones de concentration du poisson se situent généralement dans des secteurs de divergence ou de convergence des courants. Il en est ainsi dans la zone des Fladen où le hareng se concentre en juillet, de préférence au SO d'un secteur tourbillonnaire occasionné par une dérivation vers l'E du courant atlantique qui descend le long de la côte écossaise. Plus au sud, le S et le SO du Dogger Bank sont des secteurs qu'affectionnent particulièrement diverses espèces qui s'y remplacent ou y cohabitent. Ainsi le merlan, qui fréquente ces parages surtout en juillet, y demeure avec le hareng qui se rassemble dans ce lieu avant d'aller pondre au début de novembre sur le banc du Sandettié. Cette préférence s'explique par le fait que les eaux atlantiques qui ont longé la côte anglaise à partir du N se heurtent à celles qui viennent de la Manche en déterminant une turbulence.

CARRUTHERS (1956) et ses collaborateurs (1937, 1951) qui se sont attachés à étudier, notamment

en Mer du Nord, les pêches en fonction des facteurs physiques environnants ont avancé beaucoup de suggestions quant à leurs relations avec les courants sur lesquels le vent agit de façon certaine et peut devenir un élément de prévision halieutique.

### 3) Méditerranée occidentale.

Nos récents travaux hydrologiques en Méditerranée occidentale nous permettent maintenant d'établir quelques corrélations entre les lieux de pêche et les courants de ce secteur et de proposer quelques hypothèses sur les investigations futures.



FIG. 9. — *Le thon rouge et le germon en Mer ligurienne, en relation avec les courants* (d'après GOUGELET, 1964, et la carte des courants de ALLAIN, 1963. Les hachures orientées NE-SO indiquent les zones où les pêches de thon rouge s'effectuent régulièrement (en tiretés, pêches occasionnelles) ; les hachures orientées NO-SE indiquent les zones de concentration du germon.

a) *Golfe du Lion*. Dans une étude sur la sardine du golfe du Lion, J. Y. LEE (1961) explique les relations étroites qui existent entre la répartition de ce poisson et les particularités hydrologiques de ce secteur animé par des mouvements tourbillonnaires dont le régime se trouve plus ou moins perturbé par les vents variables qui soufflent dans cette région.

On s'aperçoit que c'est effectivement dans les zones de mouvements cycloniques qui sont en même temps des lieux de divergences sur la côte du Roussillon et du Languedoc que se cantonnent les sardines. Un mécanisme d'upwelling peut accentuer ce phénomène quand le vent souffle du Nord (mistral) nous dit l'auteur, mais sans doute encore plus, ajouterons-nous, quand il souffle du SO pour la côte du Roussillon et du NO pour la côte languedocienne. Les eaux sont au contraire entraînées du large vers la côte quand souffle le vent d'E et ce sont en l'occurrence les eaux troubles du Rhône

dont le lit principal s'étale au large, qui envahissent la couche superficielle, perturbant alors les zones de pêche.

b) *Golfe de Gênes*. Le schéma dressé par GOUGELET (1964) sur la distribution du thon dans le secteur situé entre la Provence et la Corse, d'après les résultats d'observations faites de 1948 à 1963 est suggestif quand on le compare aux cartes hydrologiques et des courants établies par nous (fig. 9).

On s'aperçoit que le thon rouge, de la fin de juillet à la fin de septembre, et le germon, du début de septembre à la mi-octobre, occupent le plus souvent la périphérie du grand mouvement cyclonique qui anime la Mer ligurienne, au plus fort des courants « atlanto-ligurien » et « liguro-provençal », sièges de convergences.

Une telle disposition laisse à penser que, dans l'ensemble du bassin occidental, les concentrations de thons ont lieu de préférence dans les zones de convergences et dans les mouvements anticyclo-

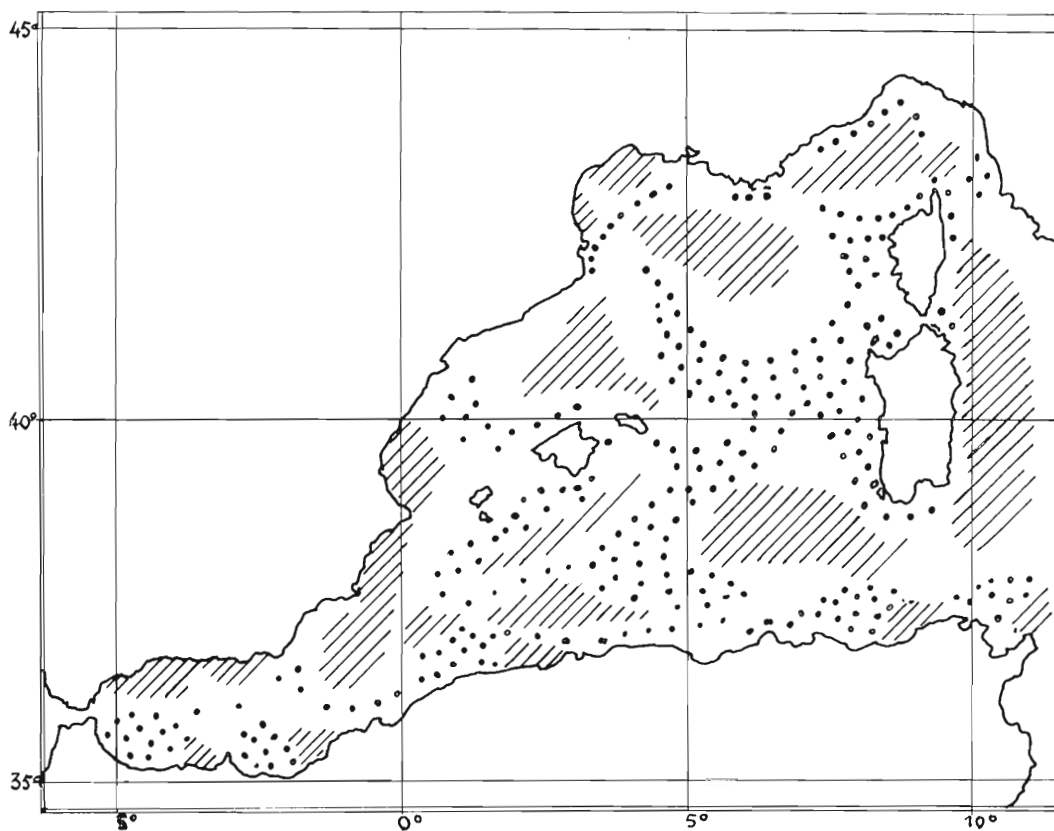


FIG. 10. — Les secteurs de convergence et d'accumulation des eaux (pointillé) et les zones de remontée des eaux (hachures) en Méditerranée occidentale, d'après l'examen des courants et les données hydrologiques (différentes publications de FURNESTIN et ALLAIN, 1960 à 1963).

niques. Nous savons que ces derniers correspondent aux crêtes du relief dynamique et sont formés dans la plupart des cas par des avancées de l'eau atlantique, dérivations du courant principal qui longe la côte algérienne.

On trouvera sur la carte schématique (fig. 10) les zones de divergence et les secteurs de convergence et d'accumulation des eaux déduits des récents travaux de l'Institut des Pêches en Méditerranée (différentes publications de FURNESTIN et ALLAIN, 1960 à 1963).

c) *Côte nord-africaine*. Cette zone littorale comporte, du fait de l'accumulation des eaux atlantiques dans de nombreux secteurs, une suite de tourbillons anticycloniques qui sont déjà favorables aux concentrations trophiques. Ces mouvements tourbillonnaires sont issus du courant atlantique principal lorsqu'il s'écarte de la côte. Chacun d'eux comporte donc nécessairement dans sa partie E une

zone de divergence qui, logiquement, doit être le lieu de concentration de certaines espèces et notamment de Clupéidés, tels que la sardine. Ces divergences se situent, si l'on s'en rapporte à nos récents travaux, de l'E à l'O : 1° devant Afrau (à l'O du cap des Trois-Fourches), 2° devant le secteur compris entre Mers-el-Kebir, Iles Habibas, Béni-Saf, 3° à l'E de Ténès, 4° dans la baie et au large de Philippeville, 5° dans le secteur de La Calle et de La Galite. Nous savons que d'importantes pêches de sardines se font dans la plupart de ces secteurs. Dans la partie ouest de ces divergences les courants convergent et il est probable que ces poissons y font des passages rapides. Le centre des mouvements anticycloniques est sans doute aussi occupé par des espèces plus grandes comme les thonidés.

Il est enfin utile de noter que les concentrations de sardines de Malaga, de Valence et de la côte orientale sarde se rencontrent aussi dans des secteurs de divergences.

Après ces considérations qui s'appliquent à un régime très général des courants, il convient de dire que la recherche des secteurs de pêche est beaucoup plus complexe car cette disposition peut varier plus ou moins, soit périodiquement avec les fluctuations saisonnières, soit occasionnellement sous l'influence des forces externes telles que le vent. Et le vent joue un rôle tellement important dans ces variations que les données météorologiques tendent à devenir un facteur indispensable dans l'étude des problèmes halieutiques. Les services météorologiques transmettent maintenant pour une région donnée les fac-similés des cartes isobares dont l'examen fréquent permet de connaître la situation et l'évolution des vents.

Chacune des grandes zones favorables à la pêche ayant été circonscrite par l'étude d'une carte générale moyenne des courants, il conviendra donc de la localiser plus exactement en recherchant sur place une structure analogue à celle présentée par cette carte.

Quant à la prévision dans l'espace et le temps des lieux de rassemblement du poisson, basée sur la prévision des conditions physiques, elle demande, mise à part la complexité des phénomènes naturels incalculables, une somme importante de données à longue échéance que ne peut souvent réunir un organisme isolé. Les chercheurs des laboratoires canadiens ont fait dans ce sens un effort considérable et sont arrivés, après avoir répété périodiquement de nombreuses observations dans les mêmes secteurs à prévoir, à peu près avec certitude, l'évolution des masses d'eau dans tout l'est canadien. Les Japonais pratiquent également cette méthode de corrélation et de « tendance à longue échéance ».

Mais dans cette prévision des tendances qui est basée sur le fait que les conditions météorologiques interviennent sur les variations du régime des eaux superficielles, il est difficile de connaître quelle est la part d'influence de chaque facteur extérieur sur la température et les courants. Les spécialistes de la question ont déjà proposé des formules empiriques pour permettre des prévisions pratiques. LAEVASTU (1960 a) qui résume le problème nous dit que la méthode la plus rationnelle pour prévoir la structure des températures comporte quatre étapes principales et une série de mesures complémentaires. Nous citons ici l'auteur :

« 1° Calcul des échanges thermiques entre la mer et l'atmosphère, compte tenu des éléments météorologiques qui influent sur les variations locales de la température de l'eau (insolation, rayonnement, évaporation, échanges thermiques par convection, etc.),

2° Calcul de l'absorption des radiations à diverses profondeurs de la mer,

3° Evaluation de la structure des températures en un point donné, telle qu'elle est déterminée par la température antérieure, les facteurs 1 et 2 ci-dessus et les mélanges par turbulence,

4° Calcul des variations de température additionnelles causées par l'advection, d'après les données dont on dispose sur les courants. »

Malgré la complexité de ces calculs, il semble que de bons résultats aient déjà été acquis dans ce domaine. Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que toute prévision est déduite du plus grand nombre de données à l'intérieur d'une limite qu'on s'est fixée arbitrairement. Qu'intervienne une modification quelconque hors de ces limites et tout l'échafaudage théorique sera compromis. Les prévisions météorologiques, pourtant basées sur une somme d'observations qui s'accroît sans cesse pèchent encore par certains côtés, et les prévisions hydrologiques seraient inexactes à l'intérieur des seules limites océaniques. Toute perturbation créée à la surface de la mer par une variation de la pression atmosphérique aura, à plus ou moins brève échéance, des conséquences sur un secteur donné, même éloigné, par énergie transmise dans les couches intermédiaires et profondes qui subiront alors des

modifications indépendantes du régime local de ce secteur.

Cela ne veut pas dire qu'une approximation ne doit pas être tentée et on peut objecter que la prédiction des marées, du moins dans les zones littorales, est réalisée depuis fort longtemps avec une grande précision. Mais de cet effet si spectaculaire de l'attraction universelle, les causes sont si lointaines que des perturbations sur elles ne sont en apparence pas sensibles à notre échelle terrestre.

Plus profitables dans l'immédiat sont les cartes synoptiques qui renseignent mois par mois, ou saison par saison, malheureusement avec un retard inévitable, car le dépouillement des données n'est pas suffisamment rapide, sur l'évolution des différents facteurs : température, salinité, oxygène dissous. Le Conseil international pour l'Exploration de la Mer publie de telles cartes pour le secteur de l'Atlantique NE compris entre le 48° et le 63° parallèle, d'après les données fournies par les États membres de cette organisation. Nous avons vu par ailleurs que de leur côté les services de recherches canadiens travaillaient dans le même ordre d'idées pour le secteur atlantique NO. Plus rares sont les cartes synoptiques de courants qui impliquent pour le large une connaissance de la structure profonde (calculs dynamiques) et pour le secteur côtier des mesures directes. Cependant, les « Pilot Charts » de l'U S Navy hydrographic Office fournissent mensuellement, parmi un grand nombre d'autres renseignements, des indications de courants superficiels observés par les navires stationnaires et d'autres bateaux.

Tous ces documents permettent à leurs utilisateurs de reconstituer schématiquement l'ensemble d'une zone prospectée, avec ses valeurs progressives ou dégressives, en étudiant quelques stations types qui recourent les différentes masses d'eau en opposition. Ces résultats doivent tenir compte des conditions météorologiques de l'instant.

L'un des programmes des organisations internationales est maintenant de rassembler le plus rapidement possible les données de toute provenance qui seraient transmises par radio et de les diffuser sous forme de cartes générales de la même manière que les cartes isobares météorologiques. Aux observations fournies par les navires seraient ajoutées celles de bouées fixes situées dans des secteurs-clefs. Ainsi, un grand pas serait franchi dans les prévisions à court terme qui pourraient alors favoriser la localisation des zones de pêche.

Mais nous savons par expérience que le dépouillement des données hydrologiques par les méthodes actuelles demande un temps plus ou moins long et ce projet peut paraître encore ambitieux quand on songe à la diversité des moyens qui seront mis en action pour obtenir une telle coopération.

## CONCLUSION

En abordant un tel sujet, nous pensions parcourir un domaine assez restreint de l'océanographie des pêches, mais il apparaît que cet exposé est encore trop limité pour développer tous les problèmes que pose le comportement de la faune marine en fonction des variations hydrologiques et des mouvements de la mer.

Nous avons en effet à peine évoqué l'évolution des poissons dans un domaine physico-chimique bien déterminé, leur sensibilité pour les variations des différents facteurs qui caractérisent les masses d'eau en mouvement dans lesquelles ils vivent, leurs migrations, d'ordre génétique ou trophique, par rapport aux courants, la dérive de leurs œufs et des larves. Le déplacement trophique des poissons nous a amené à étudier les zones de productivité et de concentration des proies et plus particulièrement du plancton, premier chaînon de la pyramide alimentaire, êtres passifs qui se trouvent entraînés par les courants.

Nous savons maintenant que ces secteurs se situent presque toujours dans les zones de contact des masses d'eau en opposition où se manifestent des courants de translation et des mouvements verticaux : divergences et upwelling favorables au développement du plancton et à la vie de certaines espèces, convergences qui concentrent les éléments les plus légers tout en attirant différents prédateurs. De nombreux exemples ont été donnés à l'appui de ces données.

Quant aux suggestions proposées sur l'extension de certaines pêcheries par l'étude des courants,

méthode qui est appliquée par des pays étrangers, on peut leur reprocher de rester pour l'instant dans le domaine des déductions parfois osées. Mais un programme ne doit-il pas faire état d'hypothèses qui seules peuvent permettre de faire avancer une recherche ?

De l'hydrologie synoptique à l'usage des pêches on doit retenir que d'intéressants résultats peuvent être acquis dans le domaine des prévisions à court terme, au début de la prospection d'un secteur, à condition de posséder des documents valables sur des moyennes saisonnières et des données météorologiques. Quant à l'étude des « tendances à longue échéance », elle demande d'importants moyens et ne peut être traitée que sur le plan international.

Il reste encore bien des problèmes à résoudre ; l'un des plus complexes est celui que pose la prospection des plateaux continentaux et des mers peu profondes traversés par des courants de marée plus ou moins forts. Il mérite cependant d'être étudié de près d'autant plus que la morphologie des fonds peut être d'un grand secours pour évaluer les déviations des courants superficiels. C'est un sujet sur lequel nous reviendrons dans une étude ultérieure.

Un autre point important reste à préciser : celui de la recherche des poissons qui vivent à proximité du fond, notamment hors du domaine néritique. Les notions sur la circulation profonde sont en effet encore trop générales pour permettre d'établir des corrélations certaines entre les lieux d'élection de certaines espèces démersales et benthiques et les courants marins. De plus, ce que nous connaissons des aires de concentration de ces poissons est presque entièrement limité à l'étendue des secteurs chalutables qui ne couvrent qu'une partie sans doute assez restreinte des zones de peuplement.

Les méthodes d'investigation sont donc tout à fait différentes quand les poissons ne quittent plus les abords du fond à l'âge adulte, comme c'est le cas pour la plupart des poissons plats et aussi pour de nombreuses autres espèces comme les Mullidés, les Triglides, les Sparidés, certains Gadidés, etc. Cependant, comme ces poissons ont, eux aussi, une certaine affinité pour des conditions thermohalines bien déterminées, l'étude des différents facteurs joue un rôle important dans cette recherche ainsi que la situation des zones de contact, des thermoclines, facilement repérables par l'hydrologie. Mais, dans certains bassins fermés, les variations de température qui sont relativement minimales à partir d'une certaine profondeur ne sont même plus un critère suffisant pour déterminer leurs zones d'habitat. D'autres rapprochements interviennent alors, en fonction du substrat, de la profondeur et surtout des associations végétales et animales du benthos sédentaire qui constituent un biotope. C'est à un travail de ce genre que s'est attaché MAURIN (1962) pour le bassin occidental de la Méditerranée.

Mais la production benthique est nécessairement liée, elle aussi, à la production planctonique. Or, si l'influence directe du mouvement des eaux peut détruire par une trop grande intensité quelques espèces fixes, une certaine agitation et même un courant continu semblent nécessaires pour assurer le renouvellement de leur nourriture. La dynamique des eaux intervient donc sur la vie des formes sessiles et mêmes vagiles du benthos, sur celle des nombreux mollusques et crustacés qui sont souvent les proies des poissons benthiques. L'étude détaillée des courants de fond pourra donc sans doute améliorer notre connaissance des peuplements profonds.

Il apparaît, après cet exposé, qu'un organisme chargé d'océanographie des pêches ne peut rien ignorer des conditions physiques du domaine qu'il est appelé à explorer. Non seulement la structure des eaux de la couche superficielle où vit la majorité des espèces commerciales l'intéresse, mais aussi la structure profonde qui lui permet, d'une part, de déceler les mouvements verticaux qui représentent le support de la productivité marine, d'autre part, d'établir par des calculs dynamiques des cartes de courants dont la connaissance est indispensable, conjointement avec les facteurs hydrologiques et les conditions ambiantes, pour délimiter les secteurs favorables aux concentrations de poissons.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLAIN (Ch.), 1960. — Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, secteur à l'est de la Corse). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (1) : 121-145.
- 1963. — Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée, au nord du 42° parallèle (supplément à l'étude hydrologique de septembre-octobre 1958). — *Ibid.*, **27** (2) : 127-35.
- ANCELLIN (J.) et NEDELEC (C.), 1956. — Atlas de pêche de la Mer du Nord d'après les lieux de pêche des chalutiers bouloonnais. — Paris, *Inst. Pêches marit.*, Edit. : 12 cartes.
- ANON., 1961. — Compte rendu des travaux exécutés par le « Roselys » et la « Thalassa » dans le cadre du plan de relance de la pêche en 1961. Campagne du 19 mai au 19 juin 1961 sur les lieux de pêche du germon. — *Sci. Pêche, Bull. Inform. Inst. Pêches marit.*, n° 97 : 2-5.
- BEAUGÉ (L.), 1928. — Rapport de mission sur le banc de Terre-Neuve (campagne 1927), 1<sup>re</sup> partie. — *Rev. Trav. Off. sci. techn. Pêches marit.*, **1** (2) : 27-86.
- 1929 a. — Rapport de mission à Terre-Neuve (campagne 1928), 1<sup>re</sup> partie. — *Ibid.*, **2** (1) : 33-71.
- 1929 b. — Rapport de mission au Groënland et à Terre-Neuve (campagne 1929). — *Ibid.*, **2** (4) : 369-411.
- BELLOC (G.), 1937. — Note sur la sexualité du germon (*Thynnus alalunga* GMEL.) et sur l'existence probable d'un lieu de ponte dans les parages de Madère. — *Rev. Trav. Off. sci. techn. Pêches marit.*, **10** (3) : 347-51.
- BERTIN (L.), 1942. — Les anguilles. — Paris, PAYOT, Edit. : 218 p., 54 fig. et 8 pl. h. t.
- BIGELOW (H. B.), 1924. — Physical oceanography of the Gulf of Maine. — *Bull. U.S. Bur. Fish.*, **40**, part. II : 511-1 027.
- CARRUTHERS (J. N.), 1956. — Fish, Fisheries and Environmental factors. — *Oceanus*, **4** (2) : 14-20 (*Coll. Repr. Wormley nat. Inst. Oceanogr.*, **4**, n° 133).
- CARRUTHERS (J. N.) et HODGSON (W. C.), 1937. — Similar fluctuations in the herrings of the east Anglian autumn fishery and certain physical conditions. — *Cons. int. Explor. Mer, Rapp. et P.V.*, **105** (3) n° 4.
- CARRUTHERS (J. N.), LAFORD (A. L.) et VELEY (V. F. C.), 1951. — Fishery Hydrography : Brood-Strenght fluctuations in various North Sea fish, with suggested methods of Prediction. — *Kieler Meeresforsch.*, **8** (1) : 5-15.
- DARWIN (C.), 1837. — On certain areas of elevation and subsidence in the Pacific and Indian Oceans, as deduced from the study of coral formations. — *Proc. Geol. Soc. London*, **2** : 552-4.
- DEFANT (A.), 1961. — Physical oceanography. — Francfort/Main, Londres, New York, Paris, Pergamon Press S.A.R.L. Vol. **1** : 729 p., 340 fig., 10 pl. h. t., bibliogr. 285-297 et 708-724; **2** : 598 p., 239 fig. 4 pl., h. t., bibliogr. 571-90.
- DIETRICH (G.), SAHRHAGE (D.) et SCHUBERT (K.), 1959. — The localization of fish concentrations by thermometric methods. Modern fishing gear of the world. — *Fish. News, Londres* : 453-61.
- EKMANN (S.), 1953. — Zoogeography of the sea. — *Londres, Sidgwick et Jackson*, 417 p.
- FAGE (L.), 1951. — L'eau rouge. — *Bull. Com. Océanogr. Etud. côtes*, **3** (1) : 7-12.
- FURNESTIN (J.), 1939-1943, (1945). — Contribution à l'étude biologique de la sardine atlantique. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **13** (1 à 4) : 221-386, 81 fig., bibl.
- 1950. — Les races de sardines du détroit de Gibraltar et de ses abords. — *Cons. int. Explor. Mer, Rapp. et P.V.*, **126** : 62-7.
- 1951. — Biologie des Clupéidés méditerranéens. — *Vie et milieu*, suppl., n° 2 : 96-117.
- 1959. — Hydrologie du Maroc atlantique. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **23** (1) : 5-77.
- 1960 a. — Hydrologie de la Méditerranée occidentale (golfe du Lion, Mer catalane, Mer d'Alboran, Corse orientale), 14 juin-20 juillet 1957. — *Ibid.*, **24** (1) : 5-119.
- 1960 b. — Teneur en oxygène des eaux de la Méditerranée occidentale (supplément à l'étude hydrologique de juin-juillet 1957). — *Ibid.*, **24** (4) : 453-80.
- 1963. — Teneur en oxygène des eaux de la Méditerranée algéro-tunisienne (supplément à l'étude hydrologique de février 1960. Campagne du « Président-Théodore-Tissier »). — *Ibid.*, **27** (2) : 119-26.
- FURNESTIN (J.) et ALLAIN (Ch.), 1962. — L'hydrologie algérienne en hiver (campagne du « Président-Théodore-Tissier », février 1960). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26** (3) : 277-308.
- FURNESTIN (M. L.), 1957. — Chaetognathes et zooplancton du secteur atlantique marocain. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **21** (1 et 2), 356 p.
- 1963. — Les indicateurs planctoniques. — *Sci. Pêche, Bull. Inform. Inst. Pêches marit.*, n° 117.
- GOUGELET (P.), 1964. — Prospection et pêche des thons au large des côtes de Provence, de Corse et dans le golfe de Gênes. (Résultats d'observations faites de 1948 à 1963). — *Sci. et Pêche, Bull. Inform. Inst. Pêches marit.*, n° 124, 7 p.
- GRAHAM (M.), 1956. — Sea fisheries. Their investigation in the United Kingdom. I. - Science and the British Fisheries. — Londres, Edward ARNOLD Edit. : 1-9.

- GRAN (H. H.), 1931. — The conditions for production of plankton in the sea. — *Cons. int. Explor. Mer, Rapp. et P.V.*, **75**, n° 37.
- HARDY (M. A.), LUCAS (C. E.), HENDERSON (G. T. D.) et FRASER (J. H.), 1936. — The ecological relations between the herring and the plankton investigated with the plankton indicator. — *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **21** n.s. (1) : 147-291 (en 4 parties signées séparément par les auteurs).
- HARVEY (H. W.), 1928. — Biological chemistry and physics of sea water. — Londres, Cambridge Univ. Press : 194 p.
- 1942. — Production of life in the sea. — *Biol. Rev.*, Cambridge, **17** (221).
- HELA (I.) et LAEVASTU (T.), 1961. — Fisheries hydrography. Now oceanography and meteorology can and do serve fisheries. — Londres, Fishing News (Books) Ltd : 137 p., 69 fig.
- HELLAND-HANSEN (B.) et NANSEN (F.), 1926. — The eastern North Atlantic. — *Geofys. Publ.*, Oslo **4** n° 2. The cruises of the « Armauer Hansen », n° 1 : 76 p., 19 fig. et 71 pl., h. t.
- HUBBS (C. L.), 1958. — Zoogeography. — Washington, American association for the advancement of Science, publ. n° 51, 477 p.
- JACOBSEN (J. P.), 1912. — The amount of oxygen in the water of the Mediterranean. — *Rep. dan. oceanogr. Exped.*, 1908-1910 *Medit.*, **1**, II, n° 5 : 207-36, 6 pl. h. t., XII-XVII (1 carte, 42 fig.).
- JEAN (Y.), 1956. — A study of spring and fall spawning herring (*Clupea harengus*) at Grande-Rivière, Bay of Chaleur, Québec. — *Contr. Dep. Fish.*, Québec, **49** : 1-76.
- KURC (G.), 1963. — Rapports entre l'hydrologie et la pêche de la sardine dans le golfe de Gascogne. Comparaison entre une année de bonne pêche (1962) et une année de pêche médiocre (1961). — *Cons. int. Explor. Mer, Com. sardine, commun.* n° 52 : 6 p.
- LEE (H. J.), 1952. — Influence of currents on northern fisheries. — *World fish.*, Londres, **1** (3) : 81-87.
- LEE (J. Y.), 1961. — La sardine du golfe du Lion (*Sardina pilchardus sardina* REGAN). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **25** (4) : 417-511.
- LE GALL (J.), 1935. — Le hareng, *Clupea harengus* L. I. Les populations de l'Atlantique nord-est. — *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, **15** n° 1 : 1-125.
- 1953. — La question du germon. — *La Pêche marit.*, n° 906 : 388-91.
- LETACONNOUX (R.), 1951. — Considérations nouvelles sur les migrations du germon. — *Rev. Trav. Off. sci. techn. Pêches marit.*, **16** (1-4) : 39-43.
- 1955. — Pêche du germon : campagne effectuée par le « Président-Théodore-Tissier » en mai-juin 1955. — *Sci. et Pêche, Bull. Inform. Inst. Pêches marit.*, n° 27 : 3-5.
- 1961. — Prospection sur les lieux de pêche du Germon (*Germo alalunga* GMEL.) au large des côtes ibériques en mai-juin 1961. — *Cons. int. Explor. Mer, Com. Poissons scombriformes, commun.* n° 21, 2 p.
- LAEVASTU (T.), 1960 a. — L'hydropsis : ses bases scientifiques et ses applications. — *Impact, Sci. et Soc.*, UNESCO, **10** (2) : 125-36.
- 1960 b. — Factors affecting the temperature of the surface layer of the sea. — *Soc. Sci. Fenn., Comm. Phys. Math.*, **25** (1) : 136 p., 28 fig.
- LUCAS (C. E.), 1956 a. — Sea fisheries. Their investigation in the United Kingdom. III. - Plankton and basic production. — Londres, Edward ARNOLD Edit. : 80-115.
- 1956 b. — *Ibid.* IV. - Plankton and fisheries biology. — *Ibid.* : 116-38.
- MAURIN (Cl.), 1962. — Etude des fonds chalutables de la Méditerranée occidentale (Écologie et pêche). Résultats des campagnes des navires océanographiques « Président-Théodore-Tissier » 1957 à 1960 et « Thalassa » 1960 à 1961. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **26** (2) : 163-218.
- MURRAY (J.) et HJORT (J.), 1912. — The depths of the Ocean. — Londres, Macmillan and Co, 821 p., 575 fig.
- NAVARRO (F. DE P.), 1946. — La variabilidad y significacion racial de la media vertebral de los clupeidos estudias en la sardina iberica. — *Inst. Esp. Océanogr., Notas y Resum.*, s. 2, n° 136.
- NIKOLSKY (G.), 1947. — On biological peculiarities of faunistic complexes and on the value of their analysis for biogeography. — *Zool. Zhur.*, **26** (3) : 221-31.
- ORTMANN (A.), 1896. — Uber Bipolarität in der verbreitung mariner Thiere. — *Zool. Jahrb. (Syst.)*, 9.
- PERÈS (J. M.), 1961. — Océanographie biologique et biologie marine. I. - La vie benthique. — Paris, Presses universitaires de France, « Euclide » : 541 p.
- PERÈS (J. M.) et DEVEZE (L.), 1963. — Océanographie biologique et biologie marine. II. — La vie pélagique. — Paris, Presses universitaires de France, « Euclide » : 514 p.
- POULSEN (E. M.), 1944. — On the fluctuations in the size of the stock of cod in the waters within the Skaw during recent years. — *Rep. Dan. biol. Sta.*, **46** : 1-36.
- RALLIER DU BATY (R.), 1926. — La pêche sur les bancs de Terre-Neuve et autour des îles Saint Pierre et Miquelon. — *Mém. Off. sci. techn. Pêches marit.*, n° 5 : 132 p.
- RASMUSSEN (B.), 1955. — Norwegian research report from 1954. Note on the composition of the catch by Norwegian long-liners off west Greenland. — *Annual Proc. ICNAF*, **5** : 43-9.
- ROGALLA (E. H.) et SAHRHAGE (D.), 1960. — Heringsvorkommen und wassertemperatur. — *Inform. Fishwirtsch. Anslandes*, **7** (5-6) : 135-8.



ROTSCHI (H.), 1960. — L'homme et la mer; influence de la mer sur le développement des sociétés. — *Impact, Sci. et Soc.*, UNESCO, **10** (2) : 81-106.

RUSSEL (F. S.), 1955. — On the value of certain plankton animals as indicators of water movements in the English Channel and North Sea. — *J. Mar. biol. Ass. U.K.*, **20** n.s. (2) : 309-32.

SCHMIDT (Johs.), 1909 a. — On the distribution of the freshwater eels throughout the world. I. - Atlantic ocean and adjacent regions. A biogeographical investigation. — *Medd. Komm. How. Fisk.*, Copenhagen, **3** (7) : 1-45.

— 1909 b. — The distribution of the pelagic fry and the spawning regions of the gadoids in the north atlantic from Iceland to Spain. — *Cons. int. Explor. Mer. Rapp. et P.V.*, **10**, n° 4 : 227 p., 15 fig. et 10 cartes h. t.

— 1917. — Racial investigations. — *C.R. Lab. Carlsberg*, **14** (1).

— 1924. — L'immigration des larves d'anguille dans la Méditerranée, par le détroit de Gibraltar. — *C.R. Acad. Sci.*, Paris, **179** : 729-33.

SETTE (O. E.), 1955. — Consideration of Midocean fish production as related to oceanic circulatory systems. — *J. Mar. Res.*, **14** (4) : 398-414.

SVERDRUP (H. U.), JOHNSON (M. W.) et FLEMING (R. H.), 1954. — The oceans : their physics, chemistry and general biology. — New-York, Prentice-Hall : 1087 p., 265 fig., 121 tabl., 8 cartes.

TAIT (J. B.), 1952. — Hydrography in relation to fisheries. — Londres, Edward ARNOLD et Co. : 106 p., 19 fig.

THEEL (H. J.), 1911. — Priapulids and sipunculids dredged by the swedish antarctic expedition 1901-3 and the phenomenon of bipolarity. — *K. Svenska Vet. - Akad. Handl.*, Stockholm, **47** (1).

TREGOUBOFF (G.) et ROSE (M.), 1957. — Manuel de planctonologie méditerranéenne. — Paris, C.N.R.S., 2 t.; I texte : 287 p., II illustr. : 207 pl.

UDA (M.), 1953. — On the convergence and divergence in the N.W. Pacific in relation to the fishing grounds and productivity. — *Bull. Jap. Soc. sci. Fish.*, **19** (4) : 435-38.

— 1959. — The fisheries of Japan. — *Fish. Res. Bd Canada, Nanaimo biol. St.* (Mimeo) : 96 p.

WALFORD (L. A.), 1938. — Effect of currents on distribution and survival of the eggs and larvae of the haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) on Georges Bank. — *Bull. U.S. Bur. Fish.*, **49**, n° 29 : 73 p.

— 1958. — Living resources of the Sea. Opportunities for research and expansion. — New-York, the Ronald press Company : 321 p., 23 fig.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I

|   |     |
|---|-----|
| INFLUENCE DES FACTEURS HYDROLOGIQUES ET DYNAMIQUES SUR LE<br>COMPOTEMENT DES POISSONS AU COURS DE LEURS DIFFERENTS STADES | 402 |
| 1) Influence des variations hydrologiques sur les adultes .....   | 402 |
| 2) Recherche par les géniteurs des conditions optimum pour la reproduction ; dérive des<br>œufs et des larves .....       | 403 |
| 3) Besoin trophique, cycle alimentaire, la dérive et les concentrations du plancton .....                                 | 404 |

CHAPITRE II

|  |     |
|--|-----|
| IMPORTANCE DES ZONES DE CONTACT ET DES MOUVEMENTS VERTICAUX<br>SUR LA PRODUCTIVITE ET LES CONCENTRATIONS DE LA FAUNE | 405 |
| 1) Zones de contact dans le secteur littoral .....   | 405 |
| 2) Convergences .....  | 407 |
| 3) Divergences et upwelling .....  | 408 |

CHAPITRE III

|   |     |
|---|-----|
| APPLICATIONS PRATIQUES : LOCALISATION DES ZONES DE PECHE<br>PAR L'EXAMEN DES COURANTS | 413 |
| 1) Partie est de l'Atlantique nord .....  | 415 |
| 2) Mer du Nord .....  | 417 |
| 3) Méditerranée occidentale .....   | 418 |
| CONCLUSION .....  | 421 |
| Bibliographie .....   | 423 |