

LA REPRODUCTION DE LA SARDINE ET DE L'ANCHOIS DANS LE GOLFE DU LION

par Yvonne ALDEBERT et Henri TOURNIER

Depuis 1965, le laboratoire de l'Institut des Pêches maritimes de Sète a recueilli des données sur l'écologie de la sardine et de l'anchois en période de ponte. Leur analyse, qui fait l'objet de cette note, permet d'apporter des précisions sur la reproduction de ces deux poissons.

Dans une première partie sont exposés les résultats de 20 campagnes faites par l'« Ichthys » de septembre 1965 à mai 1968. Sauf exception, chacune de ces campagnes comprend 25 stations

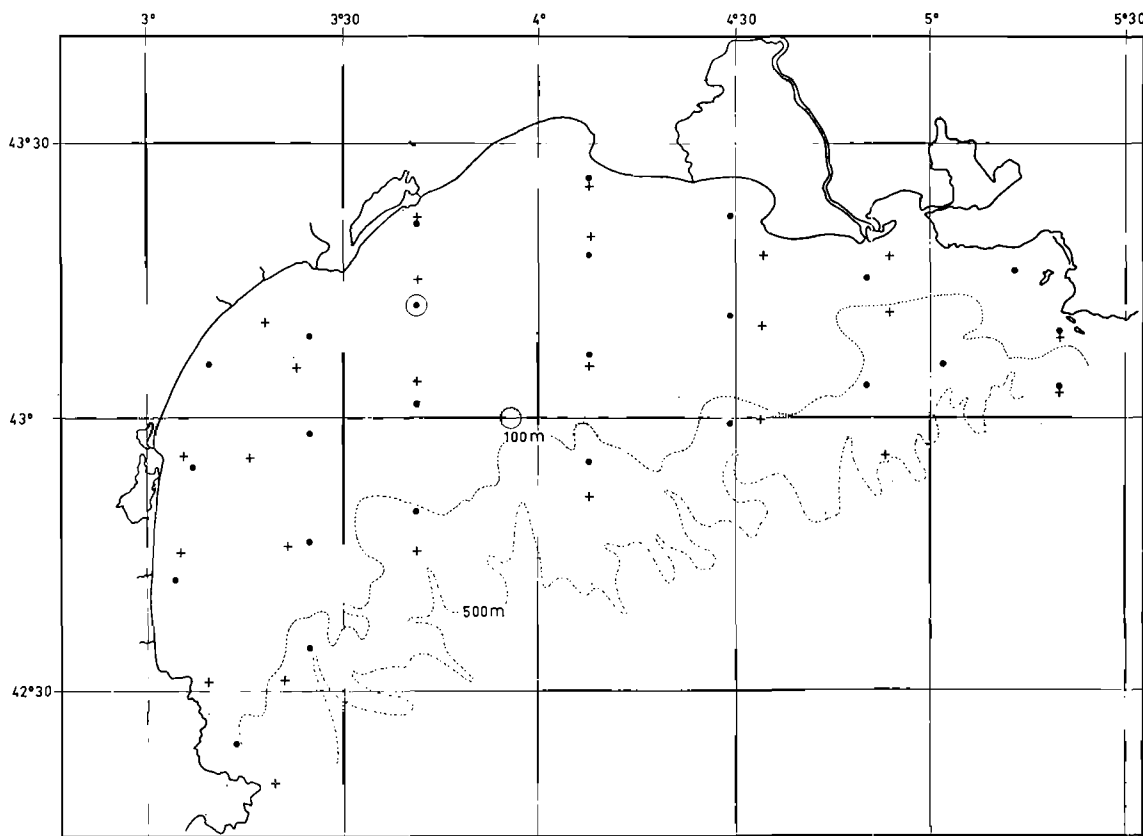


FIG. 1. — Carte des stations : les croix représentent le premier réseau (jusqu'en mars 1966), les points noirs le second (jusqu'en mai 1968), les deux grands cercles les stations-tests.

réparties dans l'ensemble du golfe du Lion (fig. 1). Les observations portent d'une part sur les conditions de milieu, d'autre part sur les œufs et larves des deux espèces considérées, récoltés au cours des pêches de plancton.

A chaque station, et aux profondeurs standard, la température est relevée à l'aide de thermomètres Yoshino disposés sur des bouteilles à renversement Tsurumi. Les analyses de salinité ont

d'abord été faites par la méthode chimique de Knudsen puis, à partir du mois de février 1967, avec un salinomètre à induction Auto-Lab.

Le plancton est récolté par pêches horizontales, réalisées simultanément en surface et à 5 ou 10 m à chacune des stations. Les types de filets utilisés ont été successivement le Hensen, jusqu'en août 1967, puis le Juday-Bogorov modifié. La quantité réelle d'eau filtrée est connue d'après les indications de flow-meter Tsurumi équipant les filets. De manière à pouvoir comparer entre elles toutes les données, le nombre d'œufs et de larves est estimé, à chaque trait, pour un volume de 100 m³. Le nombre total d'œufs, ainsi corrigé, sera utilisé pour exprimer l'intensité de la ponte.

Bien que les renseignements concernant l'anchois soient moins nombreux que ceux ayant trait à la sardine, le schéma établi est suffisamment précis pour permettre d'étudier parallèlement le déroulement de la ponte dans le temps et l'espace chez les deux espèces.

La seconde partie de cette publication est consacrée à l'analyse des résultats de deux stations-tests hebdomadaires, effectuées entre novembre 1968 et avril 1969. Ces observations permettent de suivre avec précision l'évolution de la ponte de la sardine au large de Sète.

PREMIERE PARTIE

I. - La sardine.

1° La ponte.

a) Période de ponte.

Les œufs de sardine sont présents dans le golfe du Lion durant dix mois de l'année, de septembre à juin. L'étalement de la reproduction est le fait d'un décalage observé entre les trois secteurs de ponte, décalage lié à des différences dans l'évolution des conditions hydrologiques de ces secteurs. En effet, pour chacun d'eux, la répartition des œufs dans le temps est la suivante:

large du Roussillon : début septembre à mai
région centrale : fin septembre à mai-juin
région marseillaise : octobre à juin.

Ce schéma est très général, des variations pouvant se produire d'une année à l'autre. C'est ainsi que la ponte était terminée dans l'ensemble du golfe en juin 1966, mais se poursuivait encore au même mois de l'année suivante en baie de Marseille et, à un degré moindre, au large de Sète. Le réchauffement des eaux, plus précoce en juin 1966 (maximum 21°) qu'en juin 1967 (maximum 19°) explique cette différence.

b) Aires de ponte.

Des œufs ont été pêchés à toutes les stations, mais c'est dans certains secteurs privilégiés que s'est effectuée la plus grande partie de la ponte. En effet, l'étude de leur répartition quantitative a permis de définir trois aires principales (fig. 2)

deux d'entre elles se trouvent sensiblement au-dessus des mêmes fonds pendant les trois années d'observations ; l'une se situe au large du Roussillon, l'autre dans la région marseillaise ;

la troisième zone, dans le secteur central du golfe, est moins bien définie et sujette à des variations : la situation hydrologique y est beaucoup plus instable du fait de l'influence directe du Rhône. C'est ainsi qu'un centre de ponte qui se trouvait de façon assez constante dans le sud de Sète en 1965-66 et 1966-67, au-dessus des fonds de 50 à 90 m, n'apparaît plus en 1967-68. Un second centre se présente parfois au sud de Beauduc (fonds de 90 m). Il faut remarquer par ailleurs que cette aire de ponte est toujours située à une certaine distance des côtes, alors que les aires roussillonnaise et surtout marseillaise sont plus côtières. Ceci peut s'expliquer par le fait que le plateau continental, large dans la partie centrale, est au contraire très réduit aux deux extrémités du golfe où les poissons trouvent des conditions bathymétriques et thermiques favorables à proximité des côtes.

Les zones de séparation entre ces trois aires de reproduction se situent toujours au sud-est de Port-la-Nouvelle et au sud-est du grand Rhône. Elles correspondent à des avancées d'eaux du large qui pénètrent profondément dans le golfe selon ces deux axes, à la faveur des rechs qui entaillent le talus continental.

En surface et à 10 m de profondeur, la répartition géographique des œufs est la même. Cependant la comparaison entre les deux niveaux montre, qu'en moyenne, ils sont plus abondants en surface (60 %). De plus, il semble que ce pourcentage augmente du début vers la fin de la ponte passant de 55 % environ en novembre à 70 % en mai-juin (fig. 3A).

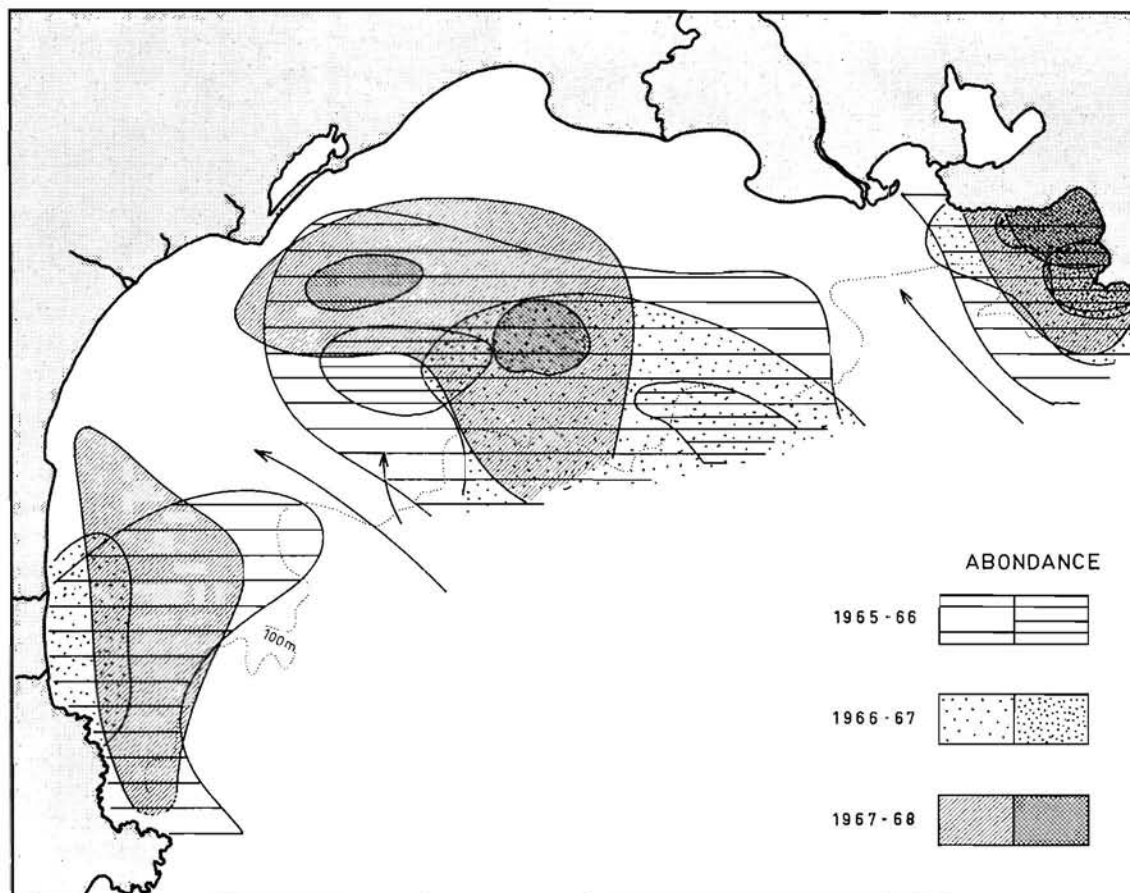


FIG. 2. — Aires de ponte de la sardine en 1965-66, 1966-67 et 1967-68.

c) Intensité de la ponte.

La fréquence de nos pêches est insuffisante pour permettre une étude précise des fluctuations de la ponte en fonction du temps dans les différentes zones. Toutefois, la comparaison des données pour l'ensemble du golfe montre qu'au cours des trois années d'observation, la reproduction présente des variations d'intensité semblables et se déroule de la manière suivante (fig. 3B) : faible en septembre et en octobre, elle s'accroît ensuite rapidement jusqu'à fin décembre pour atteindre son maximum début janvier. Elle diminue par la suite en restant néanmoins assez forte jusqu'en février, puis continue à décroître pour prendre fin progressivement entre mai et juin.

La période d'intensité maximale, qui s'étend de décembre à février, correspond au refroidissement maximum des eaux. Cependant, sur les lieux de ponte, les zones les plus riches en œufs ne sont pas celles où l'on enregistre les températures les plus basses à cette époque. En effet, les

fortes concentrations s'observent dans les eaux de 11°50 à 14° et non avec les valeurs minimales proches de 10°. Il faut noter que les plus fortes températures intéressent surtout la région marseillaise, plus soumise à l'influence des eaux du large relativement chaudes en hiver, du fait de l'étroitesse de son plateau continental et de la très faible influence que le Rhône y exerce.

d) Conditions de milieu favorables à la ponte.

Les conditions de milieu retenues sont surtout celles régnant à 50 m de profondeur, niveau le plus fréquenté par les bancs de sardines en hiver.

L'influence de la salinité est peu importante sur la ponte qui s'effectue dans des eaux de 36,90 à 38,30 ‰, valeurs extrêmes observées. Les meilleures pontes se sont produites pour des salinités allant de 37,60 à 38,00 ‰ et pouvant s'élever jusqu'à 38,30 ‰ dans la baie de Marseille.

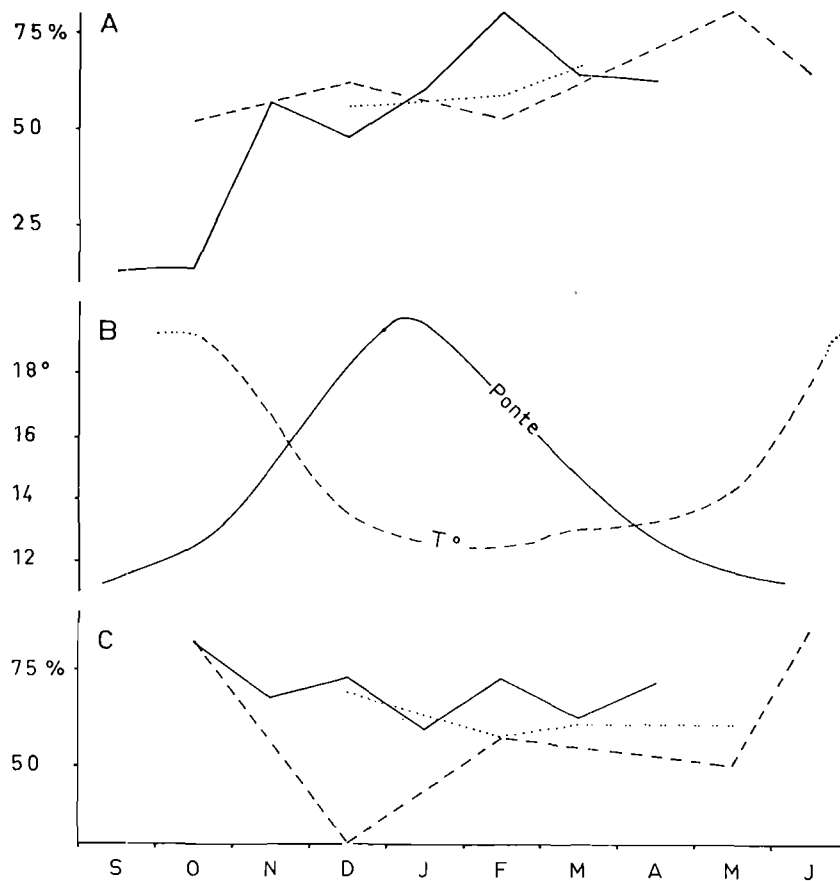


FIG. 3. — A) Variation du pourcentage d'œufs en surface par rapport au total à 0 et 10 m (trait plein 1965-66 ; tirets 1966-67 ; pointillé 1967-68). B) Evolutions comparées de la ponte et de la température moyennes aux stations les plus riches en œufs de 1965 à 1968. C) Vitalité moyenne des œufs de 1965 à 1968 (trait plein 1965-66 ; tirets 1966-67 ; pointillé 1967-68).

Excepté dans cette dernière zone, peu atteinte par les eaux du Rhône, ces valeurs sont celles des eaux de mélange (ou de leur limite avec celles du large) lesquelles influencées par l'apport des fleuves de la région, occupent toute l'année la plus grande partie des fonds de 50 m.

En revanche, la température, dont les variations annuelles sont plus régulières que celles de la salinité, permet d'expliquer le début, l'évolution et la fin de la ponte. Les valeurs extrêmes observées sont 10°70 et 18°00, mais les plus fortes concentrations d'œufs correspondent à des températures de 11°50 à 14°00 (à 50 m) comme nous l'avons souligné plus haut.

Il apparaît donc que la reproduction de la sardine n'est exclue qu'en juillet-août, période de réchauffement maximal et qu'elle est importante entre novembre et mars, au moment où les eaux se refroidissent. Aux stations les plus riches en œufs, son intensification coïncide avec la chute brusque des températures qui passent, entre 0 et 50 m de profondeur, de 19°20 en octobre à 12°50-14°00 en décembre. Elle reste forte tant que les conditions thermiques demeurent stables et diminue progressivement à partir du mois de mars jusqu'à la fin de mai ou juin suivant l'intensité du réchauffement.

Simultanément se produisent les premières migrations de la sardine vers la côte où la nourriture est abondante. Au cours de ce mouvement le poisson se rapproche de la surface où il trouve des conditions très différentes.

La bonne concordance observée trois années de suite entre l'évolution de l'intensité de la ponte et celle de la température, nous montre le rôle déterminant de cette dernière dans la reproduction de la sardine.

Il existe pourtant des exceptions, du moins en apparence. Ainsi, en octobre 1966 une forte concentration d'œufs était observée au sud de Sète dans des eaux chaudes (20° jusqu'à 50 m) ; en fait ces œufs devaient provenir d'une zone proche où la température sur le fond n'était que de 15° environ et d'où ils avaient sans doute été entraînés, hors de la zone de reproduction proprement dite, par les courants parfois intenses de ce secteur.

e) Vitalité des œufs.

Pour chaque campagne le pourcentage de vitalité de tous les œufs récoltés a été évalué (fig. 3C). De 1965 à 1968 la valeur moyenne était légèrement supérieure à 60 % et différait de façon notable d'une année à l'autre (67 % en 1965-66, 51 % en 1966-67 et 65 % en 1967-68) ainsi qu'au cours d'une même année. Pendant les trois saisons de pontes successives les minima ont été enregistrés à des mois différents : janvier 1966, décembre 1966 et février 1968.

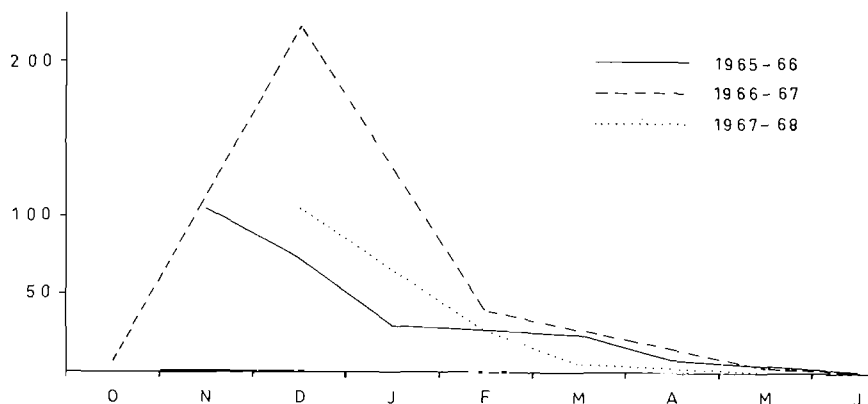


FIG. 4. — Nombre moyen de larves pour une station aux différentes campagnes réalisées de 1965 à 1968.

Les changements parfois importants de la vitalité, d'une campagne à l'autre, ne semblent pas pouvoir s'expliquer par la température et la salinité ; toutefois il faut souligner que seules les valeurs absolues de ces dernières furent considérées et non leurs fluctuations. Dans la deuxième partie de ce travail, la fréquence plus grande des observations permettra d'envisager cet aspect du problème. Il est possible que d'autres facteurs physiques interviennent, ainsi que des facteurs physiologiques (qualité des œufs émis...) ou biologiques (interaction possible avec les autres éléments du plancton). Rappelons que GAMULIN (1960) a mentionné le rôle probable de l'action mécanique de la houle (mortalité plus élevée par gros temps).

Il semble que la vitalité varie assez rapidement en fonction de conditions locales. C'est ainsi qu'au même moment, les pourcentages peuvent différer beaucoup entre deux stations : par exemple en février 1967, on notait 7 % à Marseille et 88 % à Sète.

Ils changent aussi avec la profondeur : les pêches, toujours pratiquées simultanément en surface et à 5 ou 10 m, ont montré des différences parfois importantes entre les deux niveaux d'une même station (maximum enregistré : 28 % en février 1967). Les valeurs moyennes en surface et à 10 m sont respectivement de 63 et 72 % en 1965-66, 52 et 50 % en 1966-67 et 60 et 72 % en 1967-68. Il semble qu'à l'exception de la deuxième année (où les nombres sont d'ailleurs très proches) la vitalité est généralement un peu plus forte au niveau inférieur.

Il faut noter également des différences de proportions dans le temps en un même lieu. Par exemple, à une station du secteur marseillais, on observe 31 % en décembre 1966 et 79 % en juin 1967.

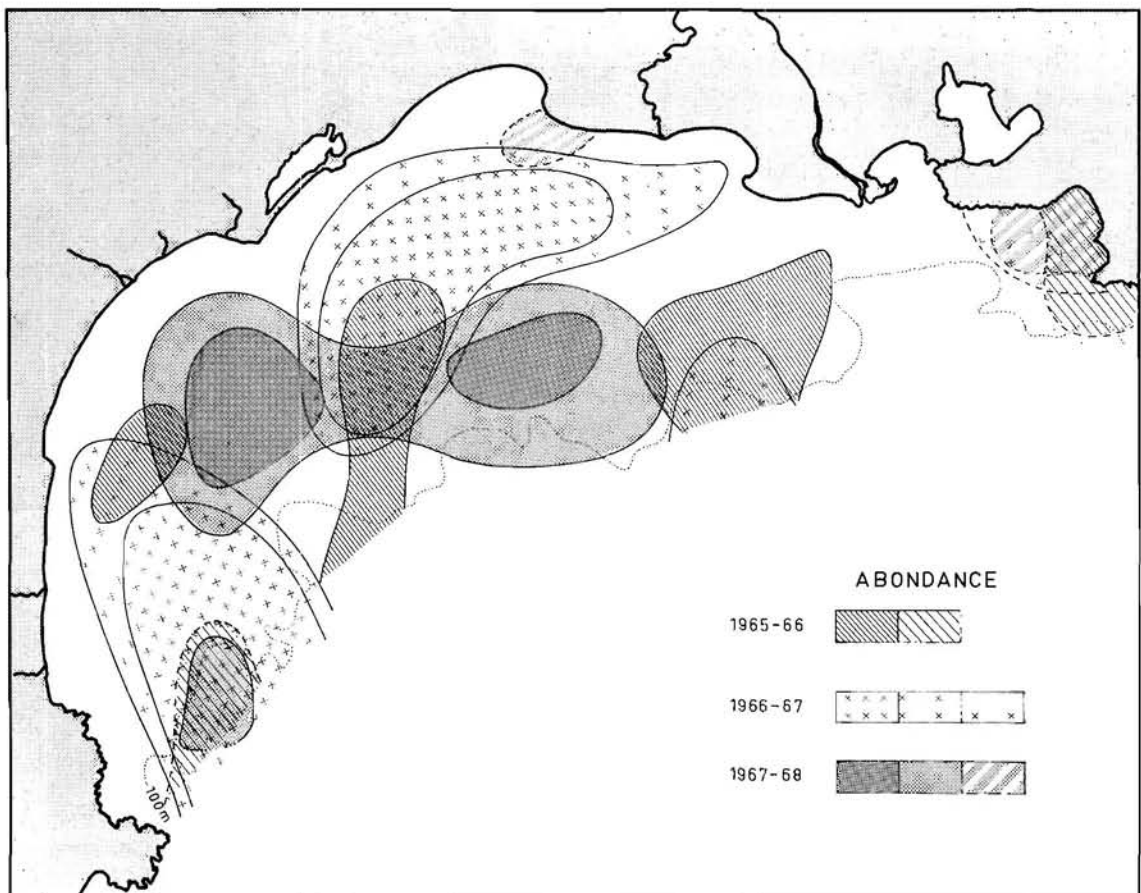


FIG. 5. — Aires de répartition des larves de sardines en 1965-66, 1966-67 et 1967-68.

2° Les larves.

a) Période de récolte et abondance.

Etant donné la faible durée de l'incubation, on devrait trouver les larves presque en même temps que les œufs. En fait, elles n'apparaissent dans nos pêches, d'ailleurs en petite quantité, qu'à partir d'octobre. Leur nombre augmente ensuite et le maximum est généralement atteint en décembre. En février, il a nettement décliné bien que la reproduction soit encore intense. Par la suite il diminue progressivement et les dernières captures sont faites en mai (fig. 4).

En septembre l'absence de larves dans nos pêches s'explique par le faible nombre d'œufs et par la mortalité et la prédation qui affectent ces derniers. La diminution observée en février s'interprète moins aisément. En juin les larves sont toujours absentes, même s'il existe une ponte résiduelle. Il faut cependant souligner que les pêches n'ont jamais été réalisées au-delà de 10 m de profondeur et qu'une prospection à un niveau inférieur aurait peut-être permis la récolte des larves aux époques où elles manquent dans nos échantillons.

On a remarqué que les larves capturées sont toujours petites ; elles mesurent surtout de 0,5 à 1 cm et n'atteignent que très rarement 2 cm. Ceci doit être dû au fait que les plus grandes, plus mobiles, sont capables d'échapper aux filets.

La comparaison du résultat des pêches aux différentes heures semble montrer que les larves sont relativement plus nombreuses à 10 m qu'en surface pendant le jour et inversement la nuit. Ce phénomène peut s'expliquer soit par un processus de migration verticale journalière, soit par le fait que les larves évitent plus ou moins le filet lorsque la luminosité est importante.

b) Aires de répartition des larves. Caractères du milieu.

On retrouve sensiblement les mêmes aires de répartition pour les larves (fig. 5) que pour les œufs, bien qu'elles soient moins stables et plus ou moins décalées vers l'ouest ou le sud-ouest. Au sud-est du Grand Rhône, la coupure qui isole la région marseillaise existe encore. Dans ce dernier secteur on récolte des larves mais toujours en faible quantité. A l'ouest les différentes aires s'individualisent beaucoup moins bien et l'on peut trouver des larves dans l'ensemble de la zone, à l'exception le plus souvent de la région côtière du Roussillon et du Languedoc. La séparation du sud-est de La Nouvelle est peu marquée. Les décalages entre aires de ponte et zones de concentration de larves, particulièrement accentués en Provence rhodanienne et en Languedoc, sont dus aux courants superficiels dont l'action s'exerce plus longtemps sur les larves que sur les œufs. Au cours de ces mouvements portant généralement à l'ouest, se réalise aussi une certaine dispersion. Deux zones apparaissent cependant plus constamment riches ; elles sont situées, l'une au nord-est de Port-Vendres, au-dessus des fonds de 90 à 100 m, l'autre au sud de Sète, au-dessus des fonds de 80 à 100 m.

En octobre les premières larves ont été pêchées dans la couche superficielle encore chaude (19 à 20°). A partir de décembre et jusqu'en mars, elles se trouvent en grand nombre dans des eaux dont les caractéristiques thermohalines à 5-10 m sont 11°00 à 14°40 et 36,50 à 38,10 ‰. Cependant, les salinités de 37,50 à 38,00 ‰ demeurent les plus favorables. Il s'agit donc d'eaux de mélange généralement moins salées et quelquefois plus côtières que celles dans lesquelles se développent les œufs. Enfin en mai, devenues rares et dispersées, les dernières larves sont pêchées dans des eaux de 14 à 16° et de 36,50 à 37,80 ‰ en surface.

II. - L'anchois.

1° La ponte.

a) Période de ponte.

Contrairement à la sardine, l'anchois se reproduit en été, près de la surface, entre 10 et 30 m semble-t-il d'après les nombreux sondages effectués à bord des bateaux de pêche. Sa ponte débute en mai dans l'ensemble du golfe et se poursuit jusqu'en septembre et même octobre, c'est-à-dire durant une période relativement brève.

b) Aires de ponte.

Comme pour la sardine, des œufs ont été pêchés à toutes les stations mais si l'on groupe les données sur une même carte on constate que deux régions sont plus particulièrement productives en 1966 et 1967 (fig. 6) :

la première s'étend du cap Béar à Port-la-Nouvelle, son maximum se situant au-dessus des fonds de 70 à 100 m,

la seconde se trouve au large de la Provence rhodanienne avec un maximum dans le sud du Grand Rhône au-dessus des fonds de 60 à 120 m.

Entre ces zones il n'existe pas de séparations aussi nettes et aussi stables que pour les sardines. Il arrive même, comme en juin 1967 et mai 1968, que presque toutes les eaux du large soient riches en œufs. D'une manière générale la zone côtière est pauvre, surtout dans les secteurs de Sète, Agde, du cap Leucate et de Port-Vendres. Il en est de même pour toute la région marseillaise ; en effet, les captures n'y furent importantes qu'une seule fois, en juin 1967 et au large.

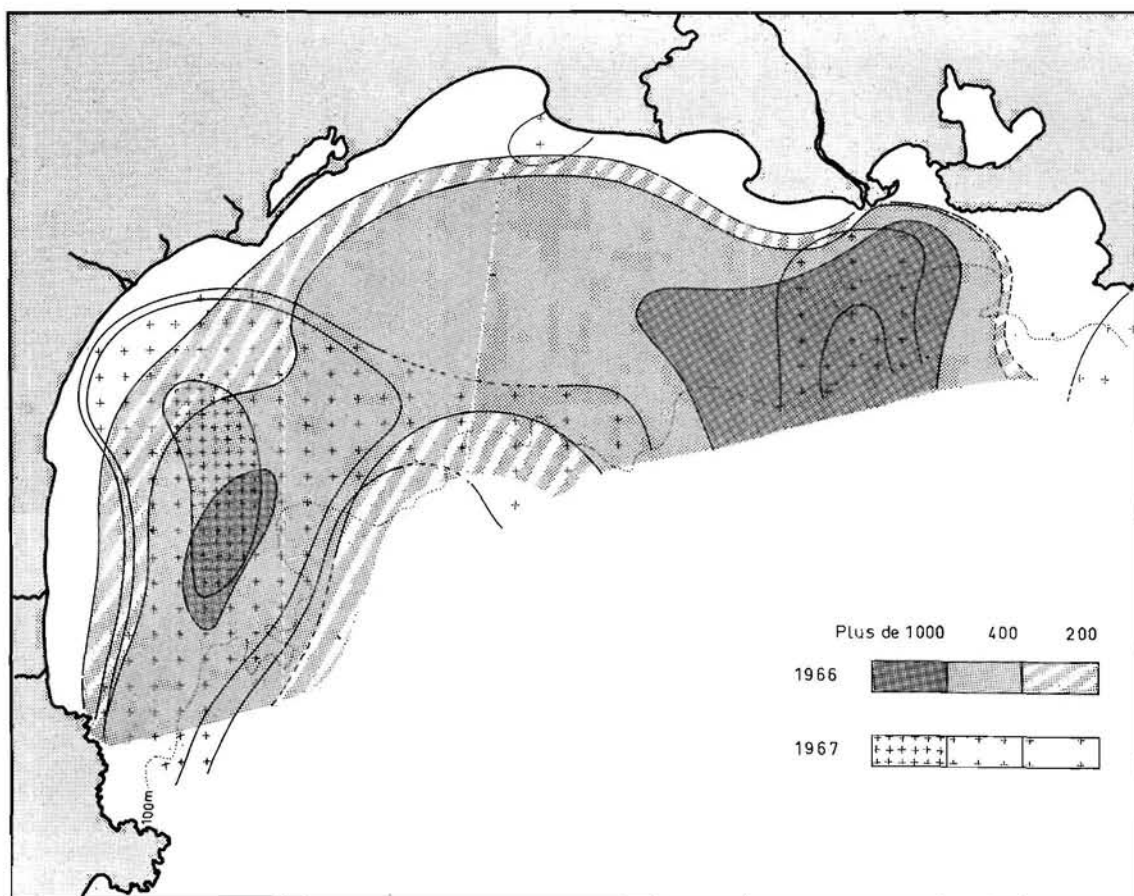


FIG. 6. — Aires de ponte de l'anchois en 1966 et 1967.

En dépit de petites différences dues à l'action des courants, on peut considérer que la répartition des œufs est semblable à 0 et 10 m. En surface ceux-ci sont toujours plus nombreux qu'au niveau inférieur mais en 1967 l'écart est beaucoup moins accentué qu'en 1966. Le pourcentage d'œufs récoltés en surface qui atteignait 87 % en juin et 95 % en août 1966, n'était que de 64 % et 68 % aux mêmes mois de l'année suivante.

c) Intensité de la ponte.

L'importance de la ponte s'accroît rapidement entre mai et juin (fig. 7) ; c'est au cours de ce dernier mois que nous avons rencontré les plus fortes concentrations d'œufs (jusqu'à 50 par m³), mais le grand nombre de larves récoltées fin août 1967 (aussi élevé qu'en juin) nous conduit à penser que la ponte, au moins cette année-là, était intense en juillet. Le maximum annuel, très marqué, se situe en juin-juillet. Dans nos pêches, c'est en juin 1966 qu'a été observé le maximum en

Provence et en Roussillon tandis qu'en 1967, il s'est bien produit en juin en Roussillon, mais n'a eu lieu qu'en août en Provence.

Jusqu'en septembre la reproduction diminue graduellement. Quelques œufs furent encore pêchés en octobre 1966 entre Sète et l'Espiguette.

d) Conditions de milieu favorables à la ponte.

De même que pour la sardine, la température joue un rôle essentiel dans la reproduction de l'anchois tandis que la salinité semble avoir très peu d'influence.

Les œufs d'anchois deviennent abondants lorsque la température atteint 14° à 10 m et 15° en surface. Contrairement à ce qui se passe pour la sardine, l'intensification de la ponte correspond au rapide réchauffement des eaux superficielles de mai à juin. Les conditions thermiques les plus favorables, de juin à août, sont comprises entre 15°70 et 23°70. Cependant il apparaît qu'à chaque époque les optimums de ponte se situent dans des eaux dont la température est sensiblement égale à la valeur moyenne des conditions extrêmes rencontrées dans le golfe. Le taux de salinité de ces eaux de mélange varie de 37 à 38 ‰ mais peut s'abaisser quelquefois jusqu'à 35 ‰ et même exceptionnellement en-deçà. La ponte se termine alors que les eaux sont encore chaudes.

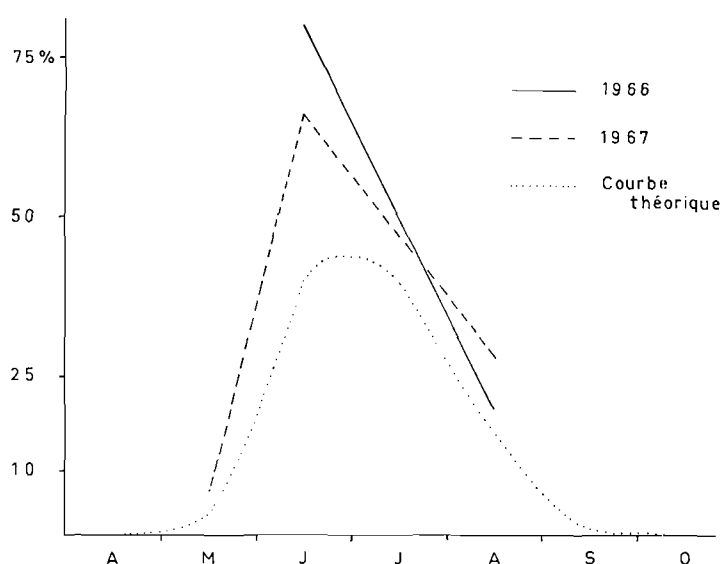


FIG. 7. — Intensité de ponte de l'anchois en 1966 et 1967 et courbe théorique de la ponte.

On remarquera que la ponte de la sardine s'amorce dans des eaux chaudes (18-19°) tandis que celle de l'anchois débute avec des températures relativement basses (14-15°), ce qui est normal étant donné les conditions recherchées par les deux espèces, refroidissement pour la première, réchauffement pour la seconde.

2° Les larves.

a) Période de récolte et abondance.

Les larves apparaissent en même temps que les œufs dans nos pêches, en mai 1967 et 1968. Il s'agit alors d'individus de petite taille n'ayant généralement pas résorbé leur vitellus et n'atteignant jamais un centimètre de long.

L'évolution de leur abondance ne peut être examinée que d'après nos données de 1967, un dénombrement précis n'ayant pas été effectué l'année précédente.

Pour la saison de ponte de 1967 les pourcentages relatifs de larves récoltées à chaque campagne sont de 4,7 % en mai, 47,8 % en juin, 47,6 % en août.

On a évalué leur taille moyenne : elles sont plus petites en juin qu'en août où elles mesurent quelquefois 2 cm mais dans les deux cas le pourcentage de très jeunes individus (moins de 1 cm) reste élevé : plus de 90 %.

La capture des larves de grande taille est peu fréquente, fait déjà observé pour la sardine. Elles disparaissent des pêches en septembre-octobre (en même temps que les œufs). Leur pourcentage relatif en surface, par rapport au total des deux niveaux, diminue de mai (71 %) à juin (52 %) puis à août (44 %). Les variations verticales nyctémérales sont généralement peu nettes entre 0 et 10 m. Signalons qu'en juin le nombre des larves est faible aux deux niveaux, au milieu de la journée, bien qu'au même moment les œufs soient très abondants. Ceci peut être dû à un enfouissement des larves pendant le jour ou à leur aptitude à échapper plus facilement au filet (au moins pour les plus grandes).

b) Aires de répartition des larves. Conditions de milieu.

En 1967, la répartition des larves est semblable à celle des œufs, surtout dans le secteur le plus riche, celui du Roussillon où elle est cependant un peu plus méridionale. Une deuxième zone, située du sud de Beauduc au sud de Sète, au-dessus des fonds de 60 à 100 m, est fortement décalée vers l'ouest par rapport à l'aire de ponte correspondante. Ces déplacements vers l'ouest et le sud à partir des lieux de ponte semblent dus, en grande partie, à l'action des courants.

On a récolté des larves partout ailleurs dans le golfe bien que la zone tout à fait côtière et le secteur marseillais soient toujours très pauvres. En mai 1968 et juin 1966 les distributions observées concordaient avec celles de 1967.

En ce qui concerne les conditions de milieu, les fortes densités de larves d'anchois se trouvent toujours dans les eaux de surface (0 à 10 m) relativement diluées (37,40 à 37,80 ‰) qui correspondent à des zones de contact entre les masses d'eau les moins salées et l'eau du large. La température atteint 15 et 16° quand les premières quantités notables de larves apparaissent en mai. Les concentrations maximales, de juin à août, sont observées dans les eaux de 17 à 22°.

On voit donc que pour l'anchois la ponte et le développement des larves se font dans des conditions semblables. Pour la sardine, dont la ponte s'effectue près du fond et dont les œufs remontent ensuite vers la surface, on pourrait penser que les conditions de reproduction sont différentes de celles du développement larvaire. Il n'en est rien en réalité, du fait de la relative homothermie verticale qui se réalise pendant l'hiver.

L'analyse des résultats des campagnes de l'« Ichthys » nous a permis d'établir les principales caractéristiques écologiques de la sardine et de l'anchois du golfe du Lion en période de reproduction.

Certains problèmes, dont l'intérêt nous est apparu au cours de ce travail, n'étaient pourtant pas encore résolus : quelles étaient en effet les fluctuations de la ponte et de la vitalité des œufs en un lieu donné d'un jour à l'autre ou d'une semaine à l'autre ?

Existait-il une relation quantitative simple entre le nombre d'œufs et de larves ?

Dans le but de répondre à ces questions, deux stations-tests situées dans le S-SE de Sète (secteur généralement riche en œufs) ont été réalisées au cours de chaque semaine de novembre 1968 à avril 1969. Les résultats obtenus sont exposés dans la deuxième partie de ce travail.

DEUXIEME PARTIE

I. - Présentation des stations-tests. Méthodes d'étude des échantillons.

Les deux stations-tests, où des observations hebdomadaires ont été réalisées de novembre 1968 à avril 1969, sont définies par les points suivants :

43°12'7 N et 3°41'4 E pour la station 1 située à 11 milles dans le sud de Sète, sur les fonds de 82 m,

43°00' et 3°56' E pour la station 2 située à 26 milles dans le S-SE de Sète, sur les fonds de 97 m.

La station 2, à l'intérieur de la zone de ponte languedocienne, devait fournir les données les plus caractéristiques sur la reproduction de la sardine. Cependant son éloignement de la côte risquant d'empêcher le bateau de s'y rendre régulièrement en cette période de l'année, nous avons été amenés à effectuer aussi la station 1, située à la bordure nord de cette zone, plus proche de la côte et donc plus facilement accessible.

Outre les pêches de plancton à deux niveaux (0 et 20 m), les observations habituelles sur la température et la salinité ont été effectuées. Comme auparavant, on a procédé au dénombrement des œufs et larves de sardines en tenant compte des indications des « flow-meter », ainsi qu'à l'estimation de la vitalité des œufs. La fréquence des observations devait déjà donner une idée exacte de l'évolution de la ponte. Enfin, l'étude de la répartition des stades de développement des œufs devait apporter des précisions supplémentaires.

Des campagnes mensuelles comportant un nombre réduit de stations réparties dans le golfe ont permis de replacer les données des stations-tests dans un contexte hydrologique plus général.

II. - Les œufs de sardines.

1° *Fluctuation de l'intensité de la ponte et de la vitalité.*

a) *Intensité de la ponte.*

La figure 8 représente l'évolution comparée en fonction du temps, de l'intensité de la ponte, de la température et de la salinité aux deux niveaux étudiés. Les conditions thermiques et halines du niveau de 50 m sont mises en parallèle avec la moyenne arithmétique du nombre d'œufs en surface et à 20 m.

L'étude de ces graphiques permet de reconnaître immédiatement l'allure de la ponte de la sardine dans le secteur languedocien telle que nous l'avions déjà observée en 1965-1966 (LEE et coll., 1967 ; ALDEBERT et TOURNIER, 1967). Ainsi, les deux maximums se remarquent toujours en décembre puis en mars, du moins au large, alors que seul le premier est net plus près des côtes, où l'abondance des œufs est d'ailleurs moins grande.

On sait que la sardine se trouve, en été, à proximité des côtes. Elle y était encore à la mi-octobre. En effet, une série de prélèvements effectués à cette époque a montré que les œufs sont dix fois plus nombreux près de terre qu'à la station 1, tandis que la ponte est presque nulle à la station 2. Les eaux étaient alors relativement plus chaudes près de la côte qu'au large, du moins au niveau de 30 m (15°36 à la station 1, 13°75 à la station 2).

L'examen des graphiques montre en outre que, jusqu'à fin novembre, la thermocline, d'abord relativement superficielle et bien marquée, s'estompe à mesure qu'elle s'enfonce : la température de la couche d'eau située entre 20 et 50 m environ augmente à cette époque. Cette augmentation, plus sensible au large (station 2) que près des côtes, oriente peut-être la migration de la sardine. Début décembre, le processus de mélange a réalisé l'homogénéité thermique verticale caractéristique de l'hiver.

Au début de décembre le maximum de ponte, assez faible et peu durable, est enregistré à la station 1. À la station 2, la reproduction devient importante dès fin novembre et reste ainsi pendant tout le mois de décembre, au cours duquel se produit le maximum annuel. Elle correspond à la diminution généralisée de la température de toute la masse des eaux et les plus fortes concentrations d'œufs s'observent lorsque sont atteintes les températures de 15 à 14°. L'intensification de la reproduction est liée en même temps à la valeur absolue de la température et à son sens de variation, ainsi qu'à l'époque (décembre) où les sardines sont pour la plupart en état de maturité.

Fin janvier et début février on observe, sinon un arrêt, du moins une très importante diminution de la reproduction qui correspond à la présence des eaux les plus froides de la saison. Ces eaux froides, qui du fait de leur densité élevée atteignent le fond du plateau, notamment dans tout le secteur du Languedoc et du Roussillon, sont des eaux d'hiver formées dans le N-NO du golfe : la température est d'ailleurs plus faible en surface qu'à 50 m, particulièrement à la station côtière. Il s'agit ici d'eaux d'hiver beaucoup plus diluées par l'apport du Rhône que dans le reste du bassin.

Les courbes de salinité de la figure 8 montrent en effet des dessalures accusées au niveau de 50 m en janvier et février.

Début mars, si la ponte reste quasi inexistante à la station 1, elle reprend à la station 2 et on observe un deuxième maximum déjà défini en 1965-66, beaucoup moins important que celui de décembre. Il coïncide avec une légère augmentation de la température (1° C environ) à 50 m, qui se rapproche alors de l'optimum que l'on peut fixer pour cette seconde phase à 12°50-12°80 environ.

Le léger réchauffement des couches inférieures du golfe s'explique par l'arrivée sur le plateau continental d'une eau d'hiver formée plus tôt le long des côtes de la Riviera italienne à Toulon et dont la température s'est très légèrement relevée au cours de son acheminement vers l'ouest - sud-ouest. La salinité de cette eau est d'ailleurs supérieure à celle de l'eau hivernale originaire du golfe.

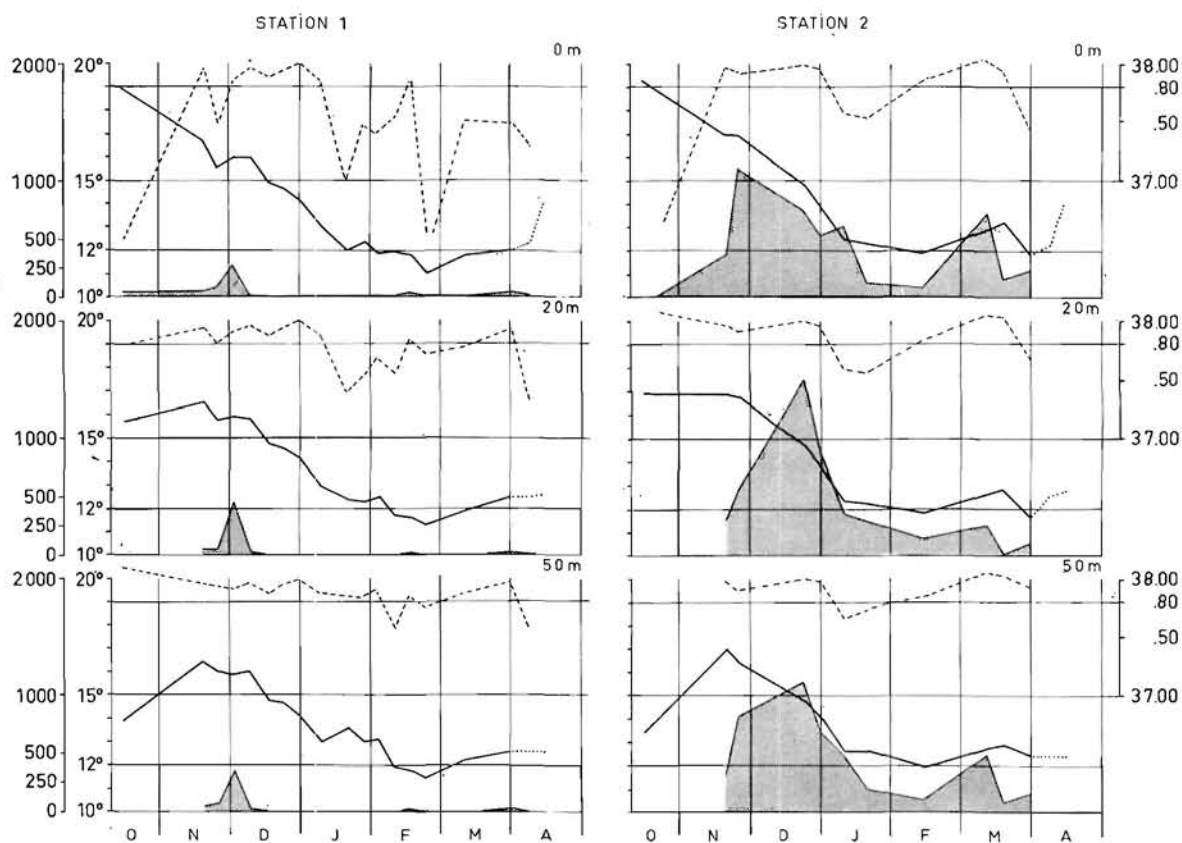


FIG. 8. — Variations de l'intensité de ponte (grisé), de la température (trait continu) et de la salinité (tirets) aux deux stations : en haut, à 0 m ; au milieu, à 20 m ; en bas, à 50 m (l'intensité de ponte représentée est la moyenne entre 0 et 20 m).

La lenteur du déplacement de cette formation et son extension à partir de son aire d'origine expliquent aisément que les fonds du golfe soient occupés par ce type d'eau jusqu'à une date avancée de l'été. C'est d'ailleurs ce qu'a montré, après les études générales de FURNESTIN et ALLAIN, l'étude hydrologique saisonnière du golfe (TOURNIER, 1969) : la température reste généralement inférieure à 13°00 jusqu'à fin mai alors qu'on remarque une thermocline importante sub-superficielle (quelques mètres) dans l'ensemble du golfe. L'apparition de cette thermocline est marquée sur nos graphiques par le brusque relèvement de la courbe des températures en surface, à la mi-avril, aussi bien à la station 1 qu'à la station 2.

Dans ces conditions on comprend qu'après une certaine reprise de la ponte, le nombre d'œufs récoltés soit à nouveau faible fin mars, pour décroître graduellement jusqu'en avril. Cette diminution,

qui se produit malgré le maintien de températures relativement basses et stables à 50 m de profondeur, doit correspondre aussi à l'épuisement de la potentialité saisonnière de ponte de l'espèce, dans ce secteur.

b) Vitalité des œufs.

À la station 1, la vitalité hebdomadaire n'a pu être estimée de façon valable en raison du petit nombre d'œufs généralement récoltés. Cependant sa variation moyenne mensuelle (fig. 9) est sem-

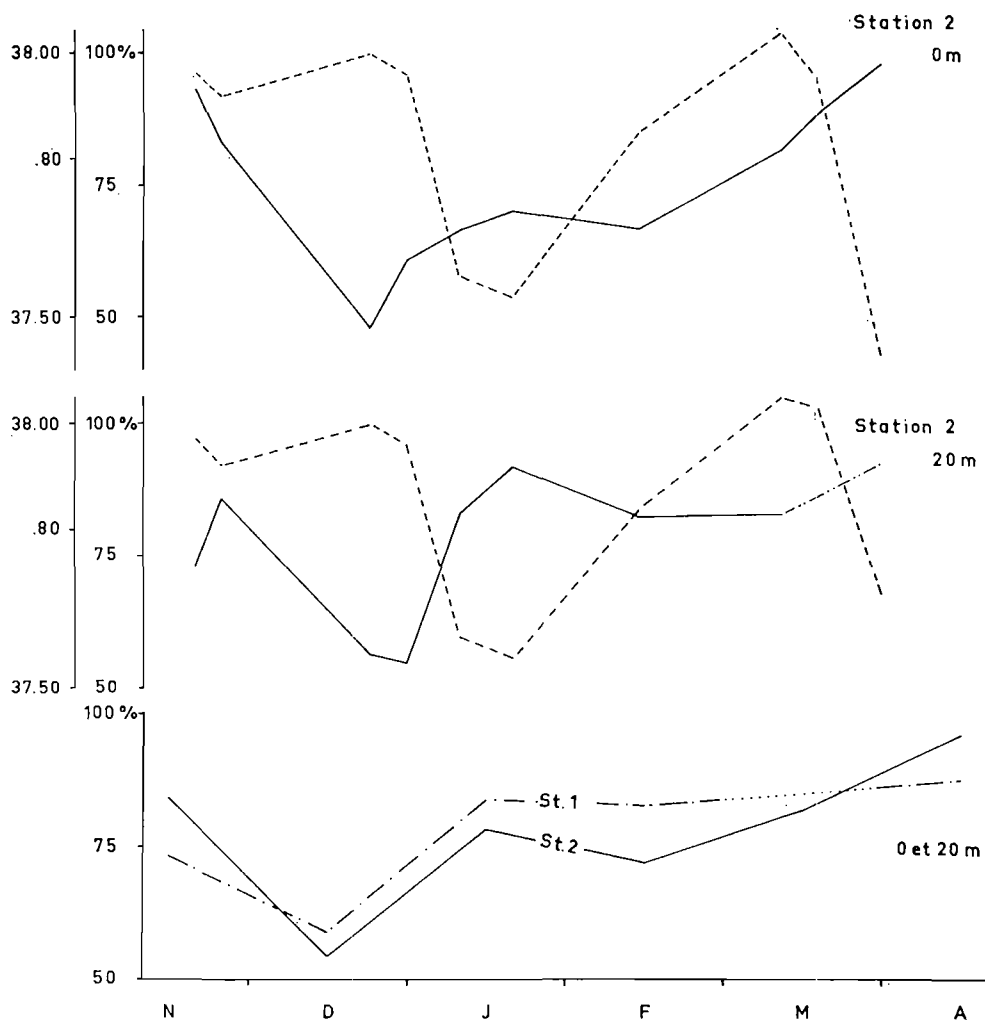


FIG. 9. — Variations de la vitalité des œufs (trait continu) et de la salinité (tirets) à la station 2 en surface et à 20 m (en haut). Moyenne mensuelle de la vitalité aux deux niveaux à la station 1 et à la station 2 (en bas).

blable à celle de la station 2. C'est cette dernière, la plus riche en œufs, que nous allons étudier dans le détail, car elle est caractéristique de l'aire languedocienne.

À la station 2, pour toute la période étudiée, la vitalité moyenne est forte (71 %). Sa valeur élevée fin novembre (84 %) décroît nettement en décembre (54 %) ; elle augmente en janvier (78 %), se maintient sensiblement jusqu'à la mi-mars pour croître à nouveau jusqu'au 1^{er} avril où elle dépasse 90 %.

La comparaison des courbes de variation de la vitalité des œufs et de la température aux deux niveaux, en fonction du temps, ne met pas en évidence de relation apparente entre elles. L'étude de la densité ne donne pas non plus de résultat satisfaisant.

En revanche (fig. 9) il existe une corrélation entre la salinité et la vitalité : à une diminution de la première correspond assez nettement une augmentation de la seconde et inversement. Ceci s'observe en surface et à 20 m. Cette relation s'interprète peut-être par une action directe de la salinité sur les œufs en développement (phénomènes osmotiques), à moins qu'elle ne soit que le reflet d'une influence concomitante. Il semble cependant que le sens de variation de la salinité ait plus d'importance que sa valeur absolue, du moins entre certaines limites. En effet le 30 décembre et le 18 mars, pour des salinités pratiquement égales (37,96 et 37,94 ‰) les vitalités respectives étaient assez différentes (61 et 89 %). Mais dans les deux cas, on a constaté depuis la semaine précédente un accroissement de la vitalité en même temps qu'un abaissement de la salinité. Il semblerait donc que les œufs de sardine supportent mieux les diminutions que les augmentations de la salinité, quelle que soit la valeur absolue de cette dernière, du moins entre 37,50 et 38,20 ‰.

2° Etude de la répartition des stades de développement des œufs.

AHLSTROM (1943) a étudié le développement de l'œuf de la sardine du Pacifique *Sardinops caerulea*. Il distingue 11 stades, de l'émission à l'éclosion. Par la suite, divers auteurs notamment GAMULIN et HURE (1955) pour l'Adriatique, OLIVER MASSUTI (1955) en Espagne, ont estimé qu'à de très faibles différences près, l'évolution de l'œuf de *Sardina pilchardus* en Méditerranée était identique à celle de *Sardinops caerulea*. Nos observations ont permis de confirmer ce fait. Aussi, nous fondant sur les caractères retenus par AHLSTROM, avons-nous établi une classification simplifiée des œufs de sardine en fonction de leur développement. On distingue cinq stades, de A à E, qui groupent les 11 stades décrits par AHLSTROM. L'échelle adoptée diffère de celle proposée par le CGPM (1957) car les stades ont été choisis ici de façon à représenter des durées équivalentes.

Le stade A (I et II de AHLSTROM) groupe les œufs depuis l'émission, où leur diamètre est inférieur à celui des œufs en cours de développement, jusqu'à la fin du stade *morula*.

Le stade B va de la formation de la cavité blastocoelique à la fermeture du blastopore. L'embryon s'individualise déjà, surtout dans sa région antérieure (III à V de AHLSTROM).

Le stade C (VI de AHLSTROM) débute lorsque les vésicules optiques se sont constituées. Il s'achève lorsque l'extrémité caudale de l'embryon, légèrement renflée, commence à se détacher du vitellus.

Le stade D est caractérisé par un allongement de la queue. La nageoire primordiale se développe et à la fin du stade, dans la région dorsale, elle est à peu près aussi large que le corps lui-même. La queue forme alors un angle de 45° environ par rapport au plan de l'embryon et sa longueur est égale au 2/5 de celle du corps (VII à IX de AHLSTROM).

Enfin le stade E (X et XI de AHLSTROM) est caractérisé par le redressement du corps de l'embryon par rapport à la masse vitelline. La queue continue à se développer ; en même temps elle se redresse de façon à se trouver dans le même plan horizontal que le tronc, et la nageoire primordiale s'élargit encore. Ce stade se termine à l'éclosion.

a) Moment de la ponte.

Comme pour la vitalité notre étude est fondée sur les données de la station 2. Toutes les pêches à cette station furent réalisées entre 12 et 17 h sauf une, le 10 janvier (03 h 30).

Les tout premiers stades sont absents de nos échantillons à l'exception de celui du 10 janvier à 3 h 30 dans lequel on observe des œufs au stade jeune *morula*. Ceci confirme l'opinion de AHLSTROM et de GAMULIN et HURE selon lesquels la sardine pond seulement pendant la nuit (d'après ces derniers entre 18 et 22 h en décembre et entre 19 et 24 h en mars).

Par ailleurs, en 1969, une station de la région marseillaise a été réalisée trois fois après 18 h. L'étude des prélèvements a montré que :

à 18 h 20, le 11 février, il n'y avait aucun œuf récemment pondu aux deux niveaux,

à 20 h, le 9 janvier, quelques œufs de petit diamètre (non encore divisés) étaient présents à 20 m mais totalement absents en surface,

à 22 h 30, le 17 mars, on observait des œufs au stade I de AHLSTROM (non encore divisés) aux deux niveaux, quoique plus abondants à 20 m.

Cette apparition d'œufs au premier stade ainsi que leur remontée vers la surface en fonction de l'heure permet de confirmer que la ponte de la sardine s'effectue de nuit et débute vers 19-20 h.

b) Identification de la ponte quotidienne, influence de la température.

Nos observations de nuit, bien que peu nombreuses, sont en accord avec les résultats obtenus en Adriatique, et il semble que l'on peut considérer que la ponte de la sardine se produit au début de la nuit, pendant un laps de temps assez bref. Il s'agit maintenant, pour mieux connaître son intensité journalière, de distinguer dans chaque prélèvement les stades qui correspondent à des jours de ponte successifs. Pour cela il faut tenir compte de la température dont l'influence est prépondérante sur la durée de développement des œufs. En effet un réchauffement raccourcit la durée de l'incubation tandis qu'un refroidissement l'accroît. C'est ainsi que GAMULIN et HURE donnent, pour la sardine de l'Adriatique, les durées de développement suivantes :

46 h 30 (soit un peu moins de 2 jours) à 18°.

90 h 30 (soit un peu moins de 4 jours) à 13°.

Ce rôle de la température apparaît d'ailleurs très nettement quand on examine les pourcentages de répartition des stades à chacun de nos prélèvements. Ainsi, lorsque la température est élevée, on ne trouve pas tous les stades : le 20 novembre, à près de 17°, 10 % des œufs sont au stade B et 87 % au stade C ; mais il n'existe que de très faibles différences entre eux (formation des vésicules optiques achevée ou non) et ils appartiennent soit à l'extrême fin du stade B soit au tout début de C et correspondent en fait à un même jour de ponte. Enfin 3 % des œufs relèvent du stade E et ont donc été émis 24 h avant les autres. Par contre, en hiver, lorsque la température est basse, on observe souvent tous les stades dans une même pêche. Ils sont en général assez dissemblables pour que l'on puisse les attribuer sans aucun doute possible à des journées de ponte successives. S'il arrive qu'ils soient peu distincts, ils sont alors groupés dans le même jour de ponte.

Des graphiques (fig. 10) établis pour chaque prélèvement montrent la répartition en pourcentage des stades de développement des œufs vivants et mettent en évidence les « journées de ponte ». Les données utilisées sont les moyennes des deux niveaux, car les différences entre eux sont peu marquées pendant la plus grande partie de la période de reproduction. Ce n'est qu'en fin de ponte (mars-avril) que des variations notables sont constatées : les œufs les plus développés sont alors proportionnellement plus abondants à 20 m qu'en surface. Ce fait pourrait s'expliquer par un phénomène d'approfondissement des stades D et E : l'apparition d'une thermocline encore superficielle correspond à une nette diminution de la densité des eaux de surface et peut provoquer ce mouvement vertical.

La figure 10 montre encore que dans nos échantillons le stade A n'apparaît que pour des températures inférieures ou égales à 12°75. Les œufs au stade B sont âgés de moins de 24 h pour une température supérieure à 13° environ et de moins de 48 h lorsqu'elle est inférieure à 13°. Le stade C est atteint le premier jour de développement dans des eaux à 17° ; il ne le sera que le 2^e jour dans celles de plus de 12°50 et le 3^e quand les conditions sont inférieures à 12°50. Quant au stade D, il correspond à des œufs âgés de moins de 2 jours pour des températures supérieures à 14°50, de moins de 3 jours entre 13°50 et 12°30 et de moins de 4 jours au-dessous de 12°30. Enfin les œufs parviennent au stade E le 2^e jour vers 17°, le 3^e entre 14° et 15°, le 4^e entre 12° et 13° et le 5^e pour moins de 12°.

Il convient de souligner que ces observations concernent essentiellement des pêches effectuées entre 12 et 17 h.

c) Fluctuations quotidiennes de l'intensité de la ponte aux différentes époques.

Sur la figure 10, la ligne discontinue représente pour chaque prélèvement les pourcentages journaliers du nombre total d'œufs vivants. D'un jour à l'autre des fluctuations parfois très importantes peuvent se produire. Par exemple, en novembre, plus de 90 % des œufs au même stade (ou à des stades très proches) correspondaient au premier jour d'incubation et un faible pourcentage seulement au deuxième jour. De même, le 10 janvier, on observe une large prédominance du stade B

(70 %) par rapport aux autres, d'ailleurs tous présents. Enfin le 1^{er} avril, pour une température inférieure à 12°, les œufs aux stades D et E correspondant respectivement aux 4^e et 5^e jour d'évolution constituent plus de 85 % du total des œufs recueillis.

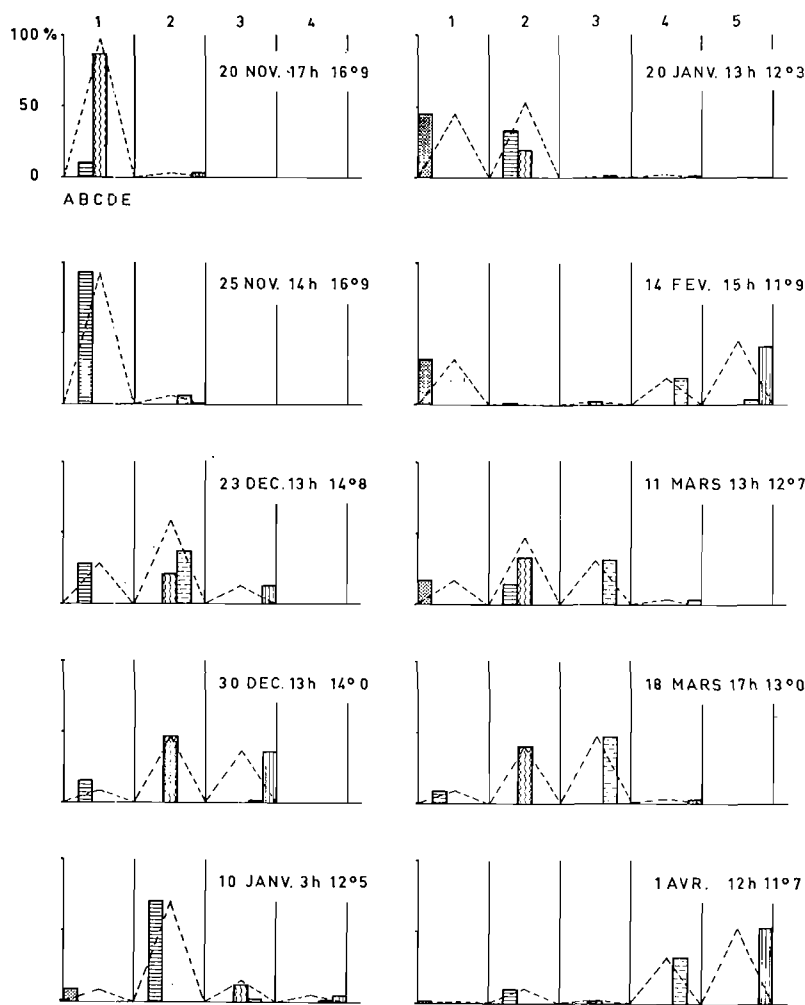


FIG. 10. — Pourcentages relatifs des stades de développement des œufs à la station 2 (moyenne des deux niveaux).

Par contre, lors des périodes de reproduction maximale, l'intensité de la ponte est relativement plus régulière et la répartition des différents stades est beaucoup plus homogène, comme cela apparaît dans le tableau suivant :

	30 décembre (1 ^{er} max. de ponte) T° 13°95		11 mars (2 ^e max. de ponte) T° 12°75
Stade	Stade	Stade	Stade
A 0 %	D } E } 37 % (3 ^e jour)	A 17 % (1 ^{er} jour)	D 32 % (3 ^e jour) E 4 % (4 ^e jour)
B 15 % (1 ^{er} jour)		B 47 % (2 ^e jour)	
C 48 % (2 ^e jour)		C 47 % (2 ^e jour)	

L'intensité de la ponte varie donc journellement. Mais ses fluctuations sont atténuées au moment

des maximums de reproduction. C'est pourquoi on peut considérer que des observations même mensuelles donnent une assez bonne idée de l'état de la ponte et en font apparaître les périodes maximales.

III. - Les larves de sardine.

A la station 1, si à l'exception du bref maximum de début décembre les œufs ont toujours été récoltés en faible quantité, les larves ont été généralement nombreuses mais leur répartition en fonction du temps très irrégulière. A la station 2, elles sont un peu plus abondantes (56 contre 50 en moyenne par traict), quoique toujours en moindre nombre que les œufs. Les quantités les plus élevées sont enregistrées fin décembre et fin février à la station 1, fin décembre et début janvier à la station 2 (fig. 11). A partir de mars les deux stations, comme les années précédentes, sont très pauvres.

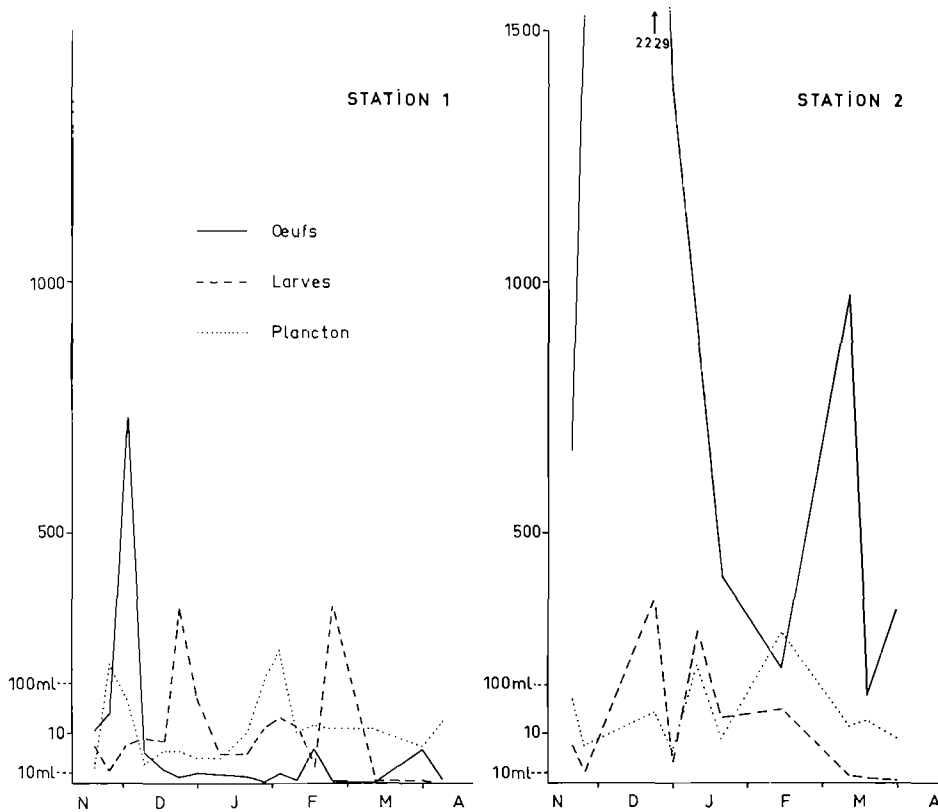


FIG. 11. — Variations du nombre d'œufs et de larves et du volume total de plancton aux stations 1 et 2.

La figure 11 ne fait pas apparaître de relation quantitative entre l'abondance des œufs et celle des larves. En effet le nombre de larves n'est que rarement proportionnel à celui des œufs pêchés quelques jours auparavant. Par exemple, à la station 1 le maximum de larves du 23 décembre pourrait correspondre à l'optimum de ponte du 2 décembre. Mais le plus souvent il n'y a pas, aux deux stations, de concordance entre ces deux ensembles : les larves peuvent être abondantes alors que la ponte était faible durant la période précédente (comme le 24 février à la station 1) ou quasi absentes à la suite d'une forte ponte (comme le 30 décembre à la station 2).

Ceci démontre que si une recherche à partir d'une station-test peut être pleine d'intérêt pour l'observation instantanée, il ne saurait être établi de relation, même à court terme, sur l'évolution des œufs et des larves en un seul lieu donné.

Ainsi que l'a suggéré ALLAIN (1964), les fluctuations du milieu et notamment les courants, entraînent nécessairement et parfois loin de leur origine les éléments du plancton et de l'ichtyoplanc-

ton et l'on n'a aucune chance de retrouver les individus d'un même groupe au cours de deux prélèvements successifs au même endroit.

Une certaine localisation pourrait être tentée en encadrant la station-test de stations secondaires dans un secteur qui ne serait pas influencé par des courants rapides ; mais un tel choix, qui devrait se faire au sein des aires de ponte maximale, s'avère difficile en bordure du Languedoc où des vents souvent violents entraînent une circulation superficielle très variable.

Les résultats des campagnes d'ensemble étudiés dans la première partie font apparaître d'ailleurs un certain décalage entre les aires de ponte et les aires de répartition des larves, ce qui montre que la diffusion est générale à partir des premières.

A cela, il convient d'ajouter qu'une forte mortalité, naturelle ou consécutive à la prédation, affecte, entre-temps, la population des œufs et des larves, ce qui n'est pas sans compliquer le problème.

On remarquera enfin que les fortes variations du volume total de plancton récolté correspondent sensiblement, dans le courant de l'année, à celles du nombre de larves, ce qui tend à confirmer que les deux ensembles sont assujettis à la même loi de transport et que les larves, déjà animées par un instinct trophique, se maintiennent dans les eaux riches en nourriture. Ceci est cependant plus net à la station du large qu'à la station côtière.

Résumé et conclusion.

Les campagnes répétées de l'« Ichthys », de 1965 à 1968, ont permis d'étudier avec précision la reproduction de la sardine et de l'anchois dans le golfe du Lion.

Au cours de ces recherches, les aires de ponte et de distribution des larves ont été localisées en tenant compte de leurs variations dans le temps et l'espace.

Des corrélations ont pu être établies entre les conditions thermohalines du milieu et la répartition des œufs et des larves, leur abondance, leur vitalité et les secteurs de concentrations.

La confrontation des données ainsi recueillies a permis en outre de déterminer le choix de deux stations-tests où des pêches régulières, hebdomadaires, ont donné l'occasion de suivre l'évolution de la ponte de la sardine au large de Sète entre l'automne 1968 et le printemps 1969.

Les résultats qualitatifs obtenus à partir de ces deux points de prélèvements confirment ceux qui ont été acquis pour la région du Languedoc au cours des campagnes précédentes : ils apportent en outre des précisions sur les fluctuations quotidiennes de la ponte et le développement des œufs aux différentes époques.

Par contre, ils ne sont guère significatifs dès que l'on aborde la relation quantitative entre les œufs et les larves, ceci pour la simple raison que ces dernières, assujetties au mouvement des courants depuis l'éclosion des œufs, ont souvent une origine différente et qu'une importante mortalité intervient depuis la ponte.

Quant à l'estimation quantitative de la ponte, elle n'a pu être qu'effleurée dans cette étude et nécessitera par la suite des observations plus fréquentes associées à des recherches portant sur le stock des adultes. Un tel programme, basé sur un réseau serré de stations prospectées fréquemment, permettrait alors d'atteindre l'un des buts essentiels, celui de prévoir, à plus ou moins longue échéance, l'importance de la pêche de la sardine et de l'anchois dans le golfe du Lion.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ABOUSSOLIAN (A.), 1964. — Contribution à l'étude des œufs et larves pélagiques des poissons téléostéens dans le golfe de Marseille. — *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, **32** (48) : 87-173.
- AHLSTROM (E.H.), 1943. — Studies on the Pacific pilchard or sardine (*Sardinops caerulea*). 4. Influence of temperature on the rate of development of pilchard eggs in nature. — *U.S. Fish Wildl. Serv., spec. sci. Rep.*, n° 23, 26 p.
- 1959. — Distribution and abundance of eggs of the Pacific sardine 1952-1956. — *U.S. Fish Wildl. Serv., Fish. Bull.*, **165** : 185-213.

- ALDEBERT (Y.) et TOURNIER (H.), 1967. — Reproduction de la sardine dans le golfe du Lion, son importance pour l'avenir de la pêche. — *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, n° 159, 7 p.
- ALLAIN (C.), 1960. — Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée (golfe du Lion, Mer Catalane, Mer d'Alboran et ses abords, secteur à l'est de la Corse). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (2) : 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) : 127-135.
- 1964. — Les poissons et les courants. — *Ibid.* **28** (4) : 401-426.
- ANONYME, 1957. — Standardisation des méthodes d'étude biométrique et d'observation des clupéidés (en particulier de *Sardina pilchardus* WALB.) utilisées en biologie des pêches. — *Cons. gén. Pêches Médit., Etud. Rev.* n° 1, 36 p., 9 fig.
- BIEN (F. de), 1930. — Clupéidés et leur pêche. Note première. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.* **5** : 173-194.
- 1931. — Clupéidés et leur pêche (4^e rapport). — *Ibid.* **6** : 289-336.
- 1932. — Clupéidés et leur pêche (5^e rapport). — *Ibid.* **7** : 319-340.
- FAGE (L.), 1937. — La ponte et les races locales de l'anchois de la Méditerranée (*Engraulis encrassicholus* L.). — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.* **10** : 67-71.
- FURNESTIN (J.), 1939-1943 (1945). — Contribution à l'étude biologique de la sardine atlantique (*Sardina pilchardus* WALB.). — *Rev. Trav. Off. sci. techn. Pêches marit.*, **13** (1-4) : 221-386.
- FURNESTIN (J.) et FURNESTIN (M.L.), 1959. — La reproduction de la sardine et de l'anchois des côtes atlantiques du Maroc. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **24** (4) : 453-480.
- GAMULIN (T.), 1960. — Le problème de la ponte de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.). — *Proceedings of the World Scientific Meeting on the Biology of Sardines and Related species*, **3** : 1003-1014.
- GAMULIN (T.) et HURE (J.), 1955. — Sur l'écologie de la ponte de la sardine dans l'Adriatique. — *Cons. gén. Pêches Médit., Déb. Doc. techn.*, **3** : 141-143.
- LEE (J.Y.), 1961. — La sardine du golfe du Lion (*Sardina pilchardus sardina* REGAN). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **25** (4) : 417-511.
- LEE (J.Y.) et ALDEBERT (Y.), 1968. — Observations sur la reproduction des anchois dans le golfe du Lion. — *Comm. int. Explor. sci. Mer Médit., Rapp. et P.V.*, **19** (2) : 281-282.
- LEE (J.Y.), PARK (J.S.), TOURNIER (H.) et ALDEBERT (Y.), 1967. — Répartition des principales aires de ponte de la sardine en fonction des conditions de milieu dans le golfe du Lion. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **31** (4) : 343-350.
- OLIVER (M.), 1955. — La ponte de la sardine (*Sardina pilchardus* WALB.) dans le détroit de Gibraltar, la Mer d'Alboran, les eaux du Levant espagnol et les îles Baléares. — *Cons. gén. Pêches Médit., Déb. Doc. techn.*, **3** : 103-130.
- RAKAJ (N.), 1962. — Shtimi i sardclës në bregdetin e Shqipnisë (Reproduction des sardines dans les eaux du littoral de l'Albanie). — *Buletin i punimeve shkencore t'ekonomisë së peshkimit*, tom II, vol. 1 : 3-88.
- TOURNIER (H.), 1969. — Hydrologie saisonnière du golfe du Lion (travaux de l'« Ichthys » 1966-67). — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **33** (3) : 265-300.
-