

LES CONDITIONS THERMIQUES
DANS L'ATLANTIQUE DU NORD-EST ET LA MIGRATION
DES THONS GERMONS
IMPLICATIONS CLIMATIQUES

DENISE DE BRUM FERREIRA

Il est encore difficile de trouver des relevés systématiques de la température de la mer ailleurs qu'au long des côtes. L'étude quasi-synoptique de la situation hydrologique d'une région particulière de l'Atlantique, sa réaction aux conditions météorologiques et, en retour, son influence sur l'évolution future du temps est encore une gageure. La vulgarisation des images transmises par les satellites météorologiques est venue, en partie, combler ces lacunes depuis une dizaine d'années. La mise en évidence de phénomènes thermiques à la surface de l'océan est devenue possible grâce aux détecteurs infrarouges et on peut actuellement penser à mettre en relation la dynamique océanique et celle de l'atmosphère sus-jacente. Dans l'état actuel des connaissances en télédétection, il est toutefois encore indispensable de confronter les données radiométriques obtenues avec les résultats d'observations en surface. On comprend que cette vérification *in situ* sur des espaces océaniques soit assez difficilement réalisable en dehors de quelques points mouvants fournis par les navires sélectionnés ou de points fixes des bateaux-stations météorologiques actuellement réduits au nombre de cinq pour tout l'Atlantique Nord.

C'est ainsi que la recherche de documents sur l'agencement des températures de la surface de l'Atlantique Nord subtropical oriental, en temps réel ⁽¹⁾, a conduit, par une transition

⁽¹⁾ Thèse de Doctorat d'Etat de l'auteur, en préparation sur le thème *Etude climatique des îles macaronésiennes et de l'Atlantique Nord subtropical oriental*.

insensible, jusqu'à l'halieutique et aux travaux fondamentaux sur le comportement du thon blanc en fonction des conditions thermiques du milieu entrepris depuis 1969 dans l'Atlantique du Nord-Est par l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM) de Nantes (France). Des travaux de l'ISTPM dont on ne voulait, au départ, n'utiliser que les renseignements purement hydrologiques, ont révélé de façon inattendue, des aspects passionnants quoique marginaux à une étude de climatologie. En effet, le thon, dont l'appareil sensoriel est très sensible, se comporte comme un marqueur climatique insoupçonné. Le but de cet article est de fournir une mise au point de ces travaux, de faire part des techniques récentes de thalassothermographie satellitaire, tout en ajoutant quelques réflexions personnelles sur les implications climatiques des résultats obtenus.

Alors qu'un bref bilan sur l'évolution récente des pêches au Portugal révèle un déclin continu et préoccupant de la production depuis 1965 ⁽²⁾ et que l'adhésion tant discutée du Portugal au Marché Commun (CEE) placera les potentialités de sa Zone Economique Exclusive (ZEE) sous juridiction communautaire ⁽³⁾, ces recherches revêtent une actualité sans précédent. Une prise de conscience de cette déficiente gestion du système de pêche semble se faire actuellement; ce qui se traduit dans la pratique par des essais de formulation d'un Plan National de Pêche et, tout récemment, par la création d'un Ministère de la Mer. Dans ce rattrapage du temps perdu, la Région Autonome des Açores est à l'avant-garde. Les recherches océanographiques ont été réactivées dans la ZEE de l'archipel et un thonier américain moderne a appuyé les campagnes de pêche en 1981 et 1982 ⁽⁴⁾. Nul doute que ces

⁽²⁾ M. CARDOSO LEAL, «Recursos marinhos vivos», *Pesca e Navegação*, 1982, p. 40-42.

⁽³⁾ On consultera avec profit *Anais do Clube Militar Naval*, Lisboa, 1982, vol. CXII, fascicule réservé aux réflexions que soulèvent les aspects juridiques de la ZEE portugaise et l'ouvrage de M. E. GONÇALVES, *A política comum de pesca da Comunidade Económica Europeia — Um exemplo de dinâmica comunitária no contexto internacional*, Moraes Editora, Lisboa, 1983, 213 p.

⁽⁴⁾ Un effort de pêche a été entrepris et dès 1980 le nombre de jours de pêche au thon a été le double de celui de 1978, 885 jours contre 448). Le rendement moyen par bateau est actuellement en hausse (3 à 5 t/jour).

15 années de recherches françaises ⁽⁵⁾ pour la prospection germonière ⁽⁶⁾ entre les Açores et le Golfe de Gascogne constituent un bagage scientifique fondamental pour étayer une stratégie moderne de pêche au thon dans les 200 milles maritimes portugais.

Etant donné la haute valeur commerciale des espèces et les risques de cette pêche hauturière, les campagnes océanographiques d'appui aux flottilles des grands pays pêcheurs se sont multipliées dans l'Atlantique Nord depuis une quinzaine d'années. Elles ont permis de définir les secteurs où les thons se rassemblent, d'étudier leur adaptation au milieu et leur biologie. Les campagnes effectuées depuis 1967 à bord du navire océanographique de l'ISTPM, *La Pélagia*, ont toujours eu ces objectifs complémentaires tout en apportant une aide directe aux flottilles de pêche. Indirectement, elles ont donc contribué à une meilleure connaissance des structures thermiques fines d'une région océanique dont le rôle est fondamental sur l'évolution du temps de la saison estivale sur les

⁽⁵⁾ Le bilan annuel des campagnes est régulièrement publié dans la revue de l'ISTPM, *Science et Pêche*. Nous tenons à remercier vivement Monsieur Aloncle, chef du Département d'Aménagement des Pêches de l'ISTPM pour l'attention avec laquelle il a lu ce travail sous sa forme manuscrite, et pour avoir autorisé la reproduction de documents extraits de *Science et Pêche*.

⁽⁶⁾ Dans le tableau ci-dessous, on a rassemblé les différentes espèces de thonidés que l'on pêche dans l'Atlantique Nord ainsi que leurs noms, très changeants d'une langue à l'autre. Rappelons également que les germons sont dénommés et commercialisés par les pêcheurs français sous le nom de «bonites» lorsqu'ils ont moins de 58 cm de longueur, «demis» entre 58 et 70 cm et «gros» s'ils ont plus de 70 cm de longueur.

latin	anglais	français	portugais	espagnol
<i>Thunnus thynnus</i>	Bluefin	thon rouge	rabilo	atun rojo
<i>Thunnus obesus</i>	Bigeye	patudo	patudo	patudo
<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin	albacore	albacora	rabil
<i>Thunnus alagunga</i>	Albacore	germon	voador	atun blanco
<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack	bonite à ventre rayé, listao	gaiado, bonito	listado

côtes de l'Europe Occidentale et des îles açoréennes. Les autres objectifs prioritaires étaient le marquage des thons, l'identification de leurs populations, leur rythme de croissance ainsi que l'expérimentation de nouvelles techniques de pêche.

1 — LA RECHERCHE DES «EAUX À THONS»

1 — Définition

La distribution de la faune marine en fonction des conditions thermiques du milieu a retenu depuis longtemps l'attention des biologistes. Encore plus que le taux de salinité, c'est la température de l'eau qui conditionne la répartition des pélagiques ou des sténothermes comme les thonidés. Animaux à sang chaud, ceux-ci sont munis d'un appareil sensoriel extrêmement sensible à toute variation de température de quelques dixièmes de degré, ainsi qu'à la vitesse avec laquelle une élévation ou un abaissement de température affecte leur milieu ambiant. Les thonidés sont donc obligés de migrer pour se maintenir dans les conditions thermiques qui leur sont favorables. Espèces d'affinité tropicale, les thons suivent la progression des eaux chaudes en direction des pôles, dans une gamme de températures bien définie entre 16° et 22° en fonction de l'espèce et de la classe d'âge des individus. La température optimale de leur milieu peut être, en première approximation, confondue avec l'isotherme 18°.

La migration des thonidés n'est pas seulement liée à une température favorable en surface. Il faut que celle-ci soit préservé sur quelques dizaines de mètres de profondeur. Une telle isothermie implique l'existence d'une thermocline qui, dans les pêcheries les plus favorables, a son premier point d'inflexion vers 40 ou 50 mètres de profondeur. Enfin, de par leur mode de vie, les thons ont besoin d'une nourriture abondante. Ils ont donc tendance à se rassembler dans les zones les plus riches en aliments dans leur milieu thermique. Le domaine de chaque espèce n'est donc pas stable. Il se déforme en surface et en profondeur avec le rechauffement des eaux dès le printemps et il se propage en direction des pôles. Il est donc discontinu. Ainsi, les eaux thermiquement favorables à la présence des thons ne donnent pas à coup sûr de grandes pêcheries. Les captures les plus importantes sont

réalisées à la rencontre des gradients thermiques les plus nets, c'est à dire sur les fronts thermiques créés par le contact de deux masses d'eaux de nature différente. Ces structures thermiques particulières sont des zones favorables à la croissance du phytoplancton et d'essaims de crevettes ou *krill* qui fixent les bancs de petits poissons eux-mêmes servant de nourriture aux thonidés. Elles agissent également comme des barrières thermiques infranchissables par des sténothermes aussi sensibles. Un front net présente un gradient de température de 1° ou plus en 5 km, variation tout à fait répulsive aux mattes de thons. D'où l'intérêt économique évident de pouvoir déterminer avec précision la localisation de tels fronts à l'intérieur ou à la limite des «eaux à thons».

2 — *L'évolution des techniques*

Les quinze dernières années ont justement été marquées par cet effort de recherche des structures hydrologiques de l'Atlantique Nord et de leur régime. Ces progrès entraînèrent une véritable révolution dans les techniques de pêche.

Ce fut tout d'abord l'adoption systématique du thermographe enregistreur à bord des thoniers, capable de donner en continu la température de l'eau en surface, puis ce fut la diffusion en fac-similé de documents thermiques transmis par les Services Météorologiques nationaux français et espagnols aux flottilles de pêche. Bien que les isothermes de ces cartes ne soient qu'approximatives, leur tracé attire l'attention sur les zones les plus favorables aux pêcheries, le thermographe enregistreur prenant le relai, une fois sur place, pour guider le bateau vers les concentrations de poissons. Actuellement, ces moyens sont devenus indispensables à tout bateau moderne qui commence, en outre, à disposer des informations transmises par des centres spécialisés, à terre, qui exploitent les images infrarouges transmises par les satellites, ou encore de celles des prospections aériennes effectuées sur les lieux mêmes des pêcheries. La mission de tels avions est de repérer les fronts thermiques favorables à la concentration du poisson, soit à l'aide de radiomètres, soit à vue. En effet, lorsque la limite entre les eaux chaudes et les eaux froides est brutale au long d'un front, elle est nettement visible à l'oeil nu par

le changement de couleur de la mer qui passe soudain du bleu au vert. Le front peut être également souligné par des «rouges» de crevettes attestant une intense activité biologique.

La figure 1 est une reproduction réduite d'une carte thermique diffusée journallement, en fac-similé, par la Météorologie Nationale française et reçue par les bateaux de pêche durant la campagne thonière. L'établissement de ces cartes d'isothermes se base sur les mesures faites à bord des navires

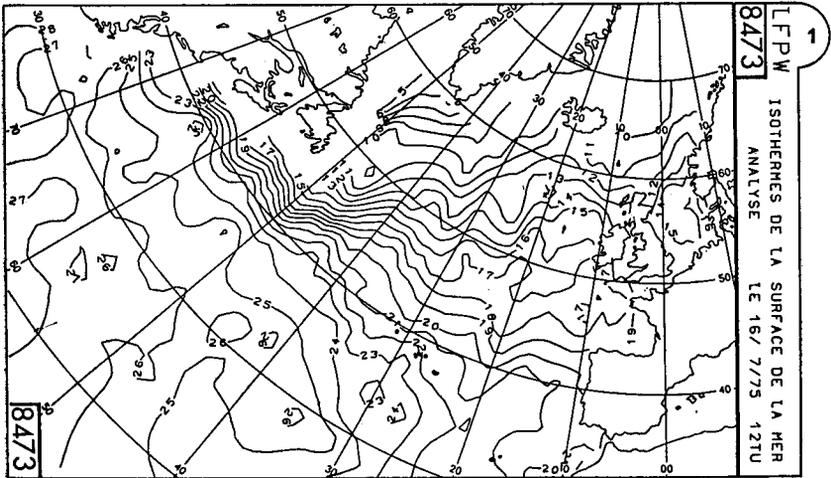


Fig. 1 — Carte synoptique de la température de la mer en surface établie par la Météorologie Nationale française et diffusée par fac-similé (extrait de MET-MAR, 1976, n° 91).

sélectionnés. Les données sont ensuite traitées par ordinateur qui fournit une valeur «centrale» de la température de la mer en chaque point d'une grille. Cette valeur est estimée à partir des températures réelles mesurées à une certaine distance radiale de chaque point. Les isolignes sont ensuite tracées automatiquement. Bien que l'équidistance ne soit que de 1° C et le tracé parfois assez rigide, le champ thermique obtenu serre d'assez près la réalité et les thoniers munis d'un thermographe exploitent le document avec de bons résultats.

La planche 1-A représente un autre type de document thermique actuellement exploité. C'est une image de type DILAT obtenue à partir du traitement informatique des mesures

faites dans l'infrarouge à bord des satellites défilants à orbite polaire (NOAA, TIROS) et produite au Centre de Météorologie Spatiale (CMS) de Lannion (France). L'amélioration des intensités de gris donne à ce document une grande qualité. Les accidents thermiques majeurs à la surface de l'océan deviennent particulièrement nets. La résolution est, en général, de l'ordre du demi degré. Il est donc possible de détecter de façon précise les fronts thermiques, leur amplitude, leur évolution. Le calage des températures radiométriques dans l'absolu ne peut encore se faire qu'en confrontant ce document avec les cartes d'isothermes obtenues par les moyens conventionnels. Sur les régions océaniques libres de nuages, les signaux radiométriques sont en fait la résultante du phénomène thermique à la surface de l'eau perçu à travers toute la couche atmosphérique séparant cette interface du satellite en orbite à quelque 850 kilomètres de la Terre. La température réelle traduite du signal est donc plus ou moins altérée par la teneur en vapeur d'eau de l'air et par la présence, pas toujours détectable, de bancs de brouillard dans la couche limite. Néanmoins, la permanence des structures thermiques océaniques d'un jour à l'autre est un moyen assez sûr de les distinguer de celles liées à un phénomène atmosphérique. En fait, ce genre de document qui nécessite un traitement et une interprétation par des spécialistes avant de devenir opérationnel n'est pas directement diffusé. Dans la pratique, seules l'existence de structures thermiques intéressantes et leur position géographique sont communiquées. Les images utilisables et leur interprétation sont archivées et des cartes mensuelles des fronts thermiques de l'Atlantique du Nord-Est sont dressées depuis peu par l'équipe de thalassothermographie du CMS de Lannion ('). Ainsi pourra-t-on localiser les fronts

(') M. PHILIPPE, A. LE MOAL, L. HARANG — «Satellites météorologiques à défilement et thermographies de la surface de la mer», MET-MAR, 1979, n° 104, p. 20-31.

M. CHAMPAGNE-PHILIPPE, L. HARANG, J. LE VOURCH — «La télédétection des fronts thermiques», MET-MAR, 1982, n° 116, p. 24-40.

Signalons également que le CMS et le COB (Centre Océanologique de Bretagne) appuient depuis 1981 la flotte thonière française dans le Golfe de Guinée en traitant et interprétant les images infrarouges du satellite géostationnaire METEOSAT. Chaque semaine, une carte des

permanents et leur régime saisonnier, comme les zones où l'on doit attendre la formation de fronts occasionnels. La planche I-B est une interprétation de la carte des fronts thermiques de mai 1982 dans la région de l'archipel açoréen. C'est à la fin du mois de mai que commence la migration des eaux tropicales en direction du nord et que l'isotherme 18° traverse l'archipel. En refoulant les eaux froides, cette poussée chaude, si elle est assez rapide, est bordée par un front souvent régulier favorable à la concentration du poisson. Ce front était net le 23 mai 1982; le gradient thermique atteignait presque partout 2°. Sur l'image DILAT du même jour (planche I-A), les eaux chaudes matérialisées par la grande plage sombre se trouvent déjà au nord des îles centrales de l'archipel des Açores, alors que, plus à l'ouest, le front thermique n'a pas encore atteint l'île de Flores. Malgré la présence de nombreux nuages qui fragmentent la vision d'ensemble de la surface océanique, on arrive à compter 10 nuances de gris sur le document original, soit un contraste de température de 5°, avec un gradient thermique d'au moins 2° comprimé sur une distance de 5 km au nord de l'île Graciosa. D'autres zones de fronts thermiques sont mises en évidence, comme celles qui bordent une langue froide méridienne projetée sur le 35° W et où les gradients thermiques varient de 1° à 2,5°. Entre le 23 et le 31 mai 1982, l'invasion froide a parcouru plus de 5° en latitude, tout en s'étalant. Elle a ainsi arrêté toute progression des eaux chaudes à l'ouest du 35° W.

On entrevoit la puissance de ces nouveaux moyens techniques pour l'organisation rationnelle d'une campagne de pêche et leur intérêt pour l'analyse en temps réel de la dynamique du champ thermique océanique. C'est ainsi que, durant la dernière décennie, les structures thermiques d'échelle inférieure ont pu être de mieux en mieux précisées et mises en relation avec la migration des thons.

isothermes du Golfe de Guinée est dressée et transmise à Abidjan. Certains thoniers sont déjà munis d'un équipement pour recevoir directement la carte; les autres sont guidés vers les zones favorables aux captures des thons rouges tropicaux par des communiqués radio fréquents.

II — LES CONDITIONS THERMIQUES OCÉANIQUES ET LA MIGRATION DES THONS

La poussée des eaux chaudes vers le nord prend l'allure d'une transgression mais, d'une année à l'autre, elle est très variable et les conditions météorologiques aux latitudes moyennes exercent une influence déterminante sur la vitesse de déplacement des masses d'eau, ainsi que sur la configuration des isothermes de surface. Les premiers mouvements en direction du nord s'amorcent à la fin du mois de mai. Les isothermes d'hiver, plus ou moins zonales, prennent alors une allure arquée en direction du pôle ou même franchement méridienne. Cette transgression n'est pas généralisée, ni même concomitante sur tout le bassin. Il existe des zones préférentielles où les eaux chaudes pénètrent vers le nord avec plus de facilité. Ces régions constituent d'une année à l'autre des couloirs de migration pour les thonidés. Les obstacles à une progression régulière des eaux tropicales sont dûs à des facteurs géographiques et météorologiques. Les premiers, permanents, déterminent toujours les mêmes anomalies d'une année à l'autre et favorisent la répétition cyclique des schémas thermiques de surface (configuration de la ligne de côte euro-africaine, de la plate-forme continentale, présence d'archipels...). Les seconds, correspondant aux conditions de temps rencontrées sur l'Atlantique aux latitudes moyennes, peuvent modifier considérablement le tracé des isothermes de surface d'une année à l'autre, et même d'un jour à l'autre, en construisant ou en détruisant les fronts thermiques, en facilitant la progression rapide des eaux chaudes vers le nord ou, au contraire, en fonctionnant comme un barrage. Définir les causes de la progression des eaux tropicales et de ses fluctuations revient à étudier, en premier lieu, les conditions météorologiques qui déterminent la permanence et l'extension septentrionale des noyaux de hautes pressions sur le Bassin Atlantique oriental dès la fin du printemps.

1 — *Les facteurs météorologiques de la progression des eaux chaudes et de ses fluctuations*

Le printemps, dans le bassin de l'Atlantique du Nord-Est, est marqué par une instabilité très grande des situations

synoptiques. Quoique les situations anticycloniques deviennent prédominantes, le temps est très changeant. Les retours aux situations dépressionnaires hivernales sont fréquents et les forts coups de chaleur ne sont pas inconnus. Ce temps très variable des mois d'avril et mai se marque parfaitement sur la courbe des régimes pluviométriques aussi bien au Portugal qu'aux Açores. Les coefficients de variation pluviométrique de ces deux mois sont les plus forts de l'année. La température de l'air enregistre également des sautes brutales. Le passage du régime thermique hivernal au régime estival se fait assez vite par un saut de 2° à 3°, sans qu'on puisse réellement prévoir quand il se réalisera dans le courant du mois de mai ou même, pour les années les plus perturbées, durant le mois de juin. Les situations hydrologiques entre les Açores et la Péninsule Ibérique reflètent cette instabilité. On a déjà une bonne image de l'amplitude de ces variations en comparant, d'une année à l'autre, la position moyenne décadaire de l'isotherme 18° (fig. 2). Le choix de cette isotherme se justifie par le fait que c'est autour de cette température que s'effectue la majorité des captures de thonidés.

Durant la première décade de juin (fig. 2, A), elle forme un grand arc de cercle tourné vers le sud, en prenant appui sur le 38° N à la longitude des Açores et sur le Cap Saint Vincent. Sa position paraît nettement plus stable au long du continent qu'aux Açores. Cette instabilité thermique de l'Atlantique central semble s'aggraver après 1976. La progression de l'isotherme 18° continue de manière heurtée jusqu'en août ou septembre. Le record de remontée des eaux chaudes a été atteint en 1976. L'isotherme 18° et le contingent des thons ont alors touché les côtes de l'Irlande et de la Cornouaille. En moyenne, le réchauffement se manifeste jusqu'au parallèle 48° N, latitude de la Bretagne, et coïncide, en gros, avec la limite nord estivale de la cellule atlantique de l'anticyclone des Açores (fig. 2, B).

Si l'on suit d'une décade à l'autre la remontée de cette isotherme, on s'aperçoit que les eaux chaudes progressent toujours selon un axe orienté SSW-NNE dans le bassin oriental. Tous les ans, la poussée s'amorce à la latitude de la Péninsule Ibérique à l'ouest du méridien 10° W. Ces caractéristiques appellent plusieurs remarques. La latitude où l'on constate le

début de la migration des eaux chaudes est une conséquence directe de l'agencement zonal du bilan radiatif dans le système océan-atmosphère. On peut estimer qu'au sud du 40° parallèle, l'énergie absorbée par le système est supérieure à l'énergie émise; ce qui revient à dire qu'on observe un surplus radiatif à l'échelle de l'année qui est emmagasiné par l'océan ⁽⁸⁾.

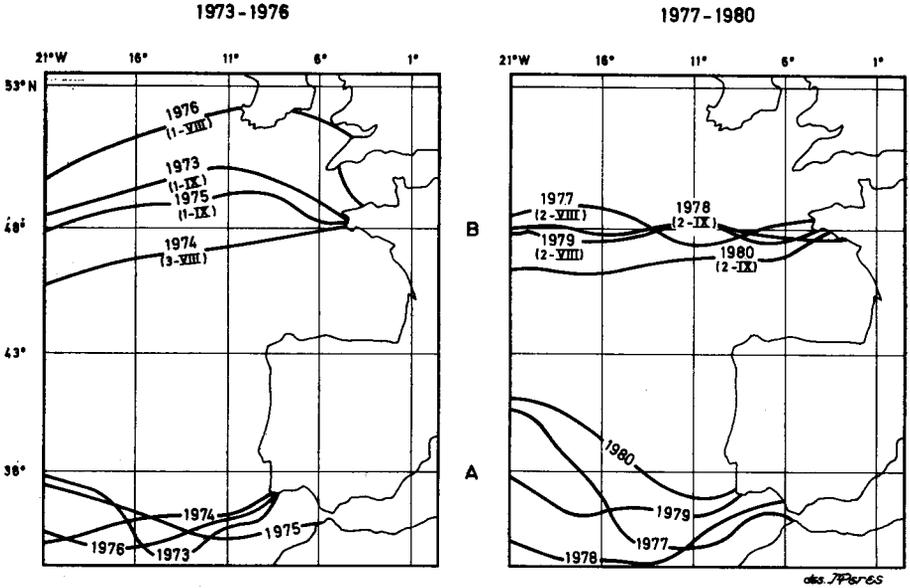


Fig. 2 — Les fluctuations de l'isotherme 18° à la surface de l'Atlantique oriental durant la période 1973-1980 (d'après les cartes thermiques publiées dans MET-MAR). A — Position durant la première décade de juin; B — position septentrionale maximale (indication de la décade et du mois entre parenthèses).

Celui-ci, au sud du 40° N, est donc une source de chaleur permanente et sa structure thermique verticale est marquée en toute saison par une thermocline. Au nord de cette latitude, l'énergie émise par le système est supérieure à l'énergie absorbée; on a donc une région déficitaire. L'équilibre énergétique global du système postule des échanges méridiens

(8) On trouvera une bonne synthèse des travaux récents sur l'énergétique du système océan-atmosphère dans A. H. PERRY et J. M. WALKER, *The Ocean Atmosphere System*, London, 1977, p. 73-128.

entre les régions excédentaires et les régions déficitaires par l'intermédiaire d'une part des courants marins, des transgressions chaudes saisonnières (qui construisent des thermoclines estivales) et par des mouvements de l'atmosphère d'autre part. C'est pourquoi les premiers mouvements des eaux tropicales ne sont bien visibles qu'à partir des 35°-40° N dans le Bassin Atlantique oriental.

L'orientation de l'axe de ce dôme d'eau chaude transgressif est à mettre en relation avec la mise en place de plusieurs phénomènes météorologiques qui, chaque année, conditionnent le temps sur l'Atlantique oriental à la fin du printemps. C'est tout d'abord le renforcement des hautes pressions subtropicales, non seulement par une poussée septentrionale de la cellule de Hadley, mais aussi par décharges froides qui, en général, se réalisent sur le fuseau de la Péninsule Ibérique. Ce noyau anticyclonique persistant favorise le réchauffement continental. Sur la Mauritanie, le Maroc et la Péninsule apparaissent les premières dépressions thermiques. Avec elles se renforcent les contrastes thermiques terre-mer sur la côte atlantique, accélérant les vents anticycloniques de nord, générateurs de remontées d'eau profonde qui repoussent vers le large les eaux chaudes. Ces phénomènes d'upwellings s'enchaînent de mai à octobre en affectant une large bande côtière, où la température de l'eau en surface présente une anomalie négative qui peut dépasser 6°. Au long de la Péninsule Ibérique, la position moyenne du front externe de l'upwelling côtier se calque sur le méridien 10° W ^(*). C'est pour cette raison que la poussée des eaux chaudes s'effectue au-delà de cette longitude. Le rebord occidental du dôme d'eau chaude comme l'amplitude de sa projection vers le nord-est sont liés aux conditions météorologiques régnant au milieu de l'Atlantique en mai et juin. Même avec une position déjà septentrionale de la cellule anticyclonique subtropicale et son renforcement, l'activité polaire est encore forte sur les Açores. En altitude, des bouffées d'air froid en provenance du Groenland ou de l'Islande fragilisent l'anticyclone au point de le scinder parfois en deux cellules séparées par un couloir dépressionnaire méridien

(*) D. DE BRUM FERREIRA, «L'upwelling ouest ibérique. Régime et causes aérologiques», MET-MAR, 1984, n° 123, p. 4-16.

parcouru par des courants perturbés de sud-ouest ⁽¹⁰⁾. Ce schéma, assez constant d'une année à l'autre jusqu'à la deuxième décennie de juin, ne peut que favoriser la progression rapide des eaux tropicales poussées par les vents de SW circulant dans ces couloirs, en marge de la cellule anticyclonique qui recouvre le bassin oriental. C'est ce qui explique l'orientation oblique de l'axe de la poussée d'eau chaude à l'est des Açores. Une étude des situations météorologiques et hydrologiques en début d'été durant la période 1969-1980 permet de vérifier que ce sont les années où les couloirs dépressionnaires méridiens sont les plus nombreux ou les plus persistants au centre du Bassin Atlantique, en mai et juin, que les eaux chaudes ont la progression la plus rapide et la plus ample entre les Açores et l'Irlande. L'année 1976, où la température de l'eau du bassin oriental a été la plus forte de la période, a été marquée aux Açores par une saison estivale très humide et étouffante, à cause de la persistance de courants perturbés de SW; caractéristique qui contraste frontalement avec la sécheresse mémorable de l'été 1976 sur toute la façade atlantique de l'Europe située sous l'abri anticyclonique. En retour, la présence d'eau anormalement chaude en fin d'été aux abords des Açores (anomalie positive de 3°) a favorisé la trajectoire très septentrionale de plusieurs cyclones tropicaux.

La progression des eaux chaudes dans l'Atlantique oriental n'est donc pas seulement liée à la migration de l'anticyclone subtropical en direction du nord mais aussi à l'existence de courants de SW sur les Açores. L'apparition concomitante des premières mattes de thons face à la Péninsule Ibérique et à l'est des Açores au début du mois de juin ont fait penser aux chercheurs de l'ISTPM que le développement des pêcheries était largement conditionné par la formation du premier axe de montée des eaux chaudes et par son évolution postérieure. Les thons migreraient avec la veine chaude mais ils ne se concentreraient que là où se construisent des fronts thermiques, c'est à dire face à la côte marocaine et ibérique en bordure des upwellings et à l'est des Açores, en partie à la faveur

⁽¹⁰⁾ D. DE BRUM FERREIRA, «Les types de temps de saison chaude aux Açores», *Finisterra*, 1981, XVI, p. 231-260.

de conditions hydrologiques locales imposées par la présence de l'archipel. L'influence des îles sur l'environnement maritime et, indirectement, ses implications climatiques sont un des aspects les plus originaux des travaux de l'ISTPM dans la région.

2 — *Les conditions hydrologiques imposées par l'archipel des Açores*

A première vue, la distance entre les îles qui composent l'archipel paraît assez grande pour ne pas entraver sérieusement la circulation océanique. A vol d'oiseau, 500 km séparent Flores et Corvo de São Miguel. Les îles centrales, au nombre de cinq, sont les seules assez proches les unes des autres pour barrer le bassin océanique dans le sens ouest-est sur plus de 150 km, alors que 200 km les séparent des îles occidentales et 120 km de São Miguel à l'est. En réalité, ce dernier couloir est resserré par la présence d'une échine sous-marine, le Banc D. João de Castro, qui prolonge vers l'est le barrage des îles centrales. En abordant l'archipel, dans l'ensemble orienté NW-SE, les eaux chaudes, en migration vers le nord, ont un écoulement perturbé. Certains phénomènes hydrologiques induits par la présence des îles se reproduisent chaque année aux mêmes endroits, avec autant plus de vigueur que la transgression chaude est plus importante et rapide. La figure 3 reproduit un ensemble de situations hydrologiques typiques rencontrées aux abords de l'archipel et qui traduisent bien l'influence des conditions géographiques locales. D'une part l'archipel, surtout au niveau des îles centrales, empêche la progression normale des eaux chaudes en fonctionnant comme un barrage et, d'autre part, en multipliant les chenaux, il renforce l'effet hydrodynamique des obstacles. En début de transgression, l'effet de l'archipel se marque par un « empiement » des eaux chaudes au sud des îles (fig. 3a). De part et d'autre, la progression se fait librement en direction du NE par des langues qui tendent à encercler des régions d'eau plus froide immédiatement au nord des îles (fig. 3d). Dès que le front de transgression dépasse la latitude des Açores, l'effet hydrodynamique des chenaux devient prépondérant. La poussée se propage et se déforme en veines digitées en empruntant les

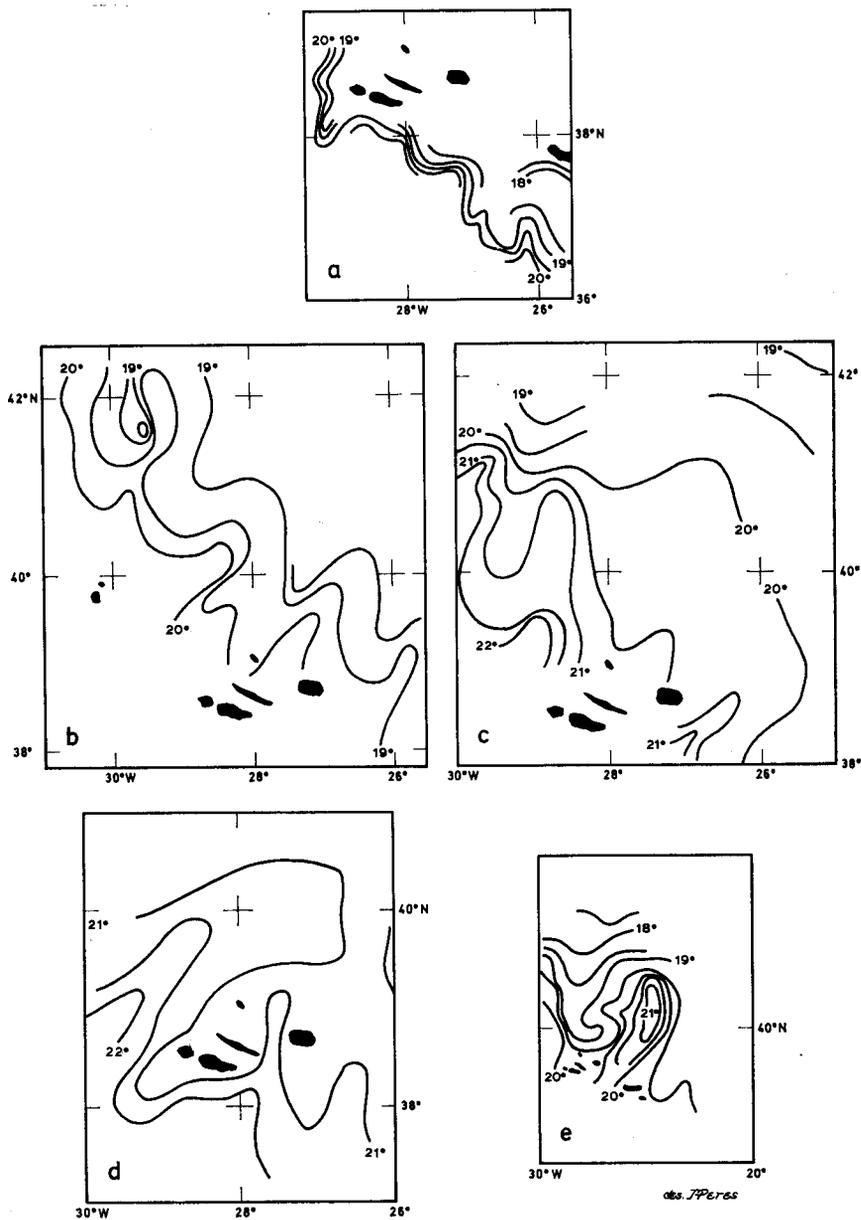


Fig. 3 — Quelques situations hydrologiques estivales autour des îles açoréennes. a, fin juin 1971; b, du 16 au 20 juin 1972; c, du 21 au 27 juin 1972; d, du 3 au 7 juillet 1972; e, du 18 juin au 10 juillet 1973 (extrait de *Science et Pêche*).

passes les plus larges. C'est un effet très net entre le Banc D. João de Castro et S. Miguel (fig. 3c et e) et entre les îles São Jorge et Terceira (fig. 3b et d). Cette structure hydrologique locale très complexe favorise la construction de multiples fronts thermiques capables de concentrer les thons, en les piégeant. Dans le cas de la veine chaude occidentale entre Flores et les îles centrales, les fronts thermiques sont toujours renforcés par des arrivées d'eau polaire froide associées à des méandres naissant sur la Dérive Nord Atlantique. Entre le 30° et le 35° W au nord-ouest des îles occidentales, ces coulées froides (planche I; figures 3c et e) évoluent parfois en tourbillons (planche II et figure 3b) coupés de leur racine et en lente migration vers l'est. Ils sont souvent repérés par les images infrarouges au nord des Açores. La découverte de cette structure hydrologique heurtée aux abords de l'archipel et de son importance pour la constitution de grandes pêcheries a largement conditionné les campagnes des thoniers français entre 1971 et 1979, date à laquelle les açoréens ont commencé à revendiquer leurs droits dans leur zone économique exclusive.

Cette fertilité en thons est depuis longtemps connue des açoréens. La pêche aux thons a toujours été largement pratiquée dans l'archipel de manière artisanale et les captures actuelles représentent près de 50 % du tonnage total de poisson pêché aux Açores. La campagne commence par le patudo en mai, avec les températures de l'eau les plus basses (16°-17°) puis, en fonction de la progression des eaux chaudes et des courants de migration, arrivent le listao et le germon. Durant tout l'été se pêche l'albacore puis, en automne jusqu'en octobre, si le temps le permet, de nouveau le listao et le germon sur leur chemin de retour.

3 — *Les grandes voies de migration des thons germons*

Les lieux de passage des germons aux Açores sont assez stables d'une année à l'autre. Lorsque les conditions thermiques sont favorables en juin au milieu de l'Atlantique, ils se situent pratiquement aux mêmes endroits. De son côté, le stock de germons, en provenance des régions madéraise et canarienne où il hiverne, varie en importance en fonction de la situation hydrologique qui se manifeste entre le cap

Saint Vincent et les Açores, mais il se présente cependant tous les ans face à la Péninsule Ibérique. C'est pourquoi cette région de l'Atlantique oriental devient chaque année, dès la dernière décade de mai, l'objet d'une observation continue de la part des navires océanographiques prospecteurs. Une connaissance précise des conditions météorologiques et hydrologiques de la zone conditionne le moment de l'appareillage des bateaux puis les guide en fonction de l'axe probable de l'avancée des eaux chaudes dans les couloirs de migration des thons. Parallèlement à cette surveillance météo-océanographique, des campagnes systématiques de marquages ont été entreprises. La plupart des thons pêchés par le navire océanographique sont remis à l'eau après avoir été mesurés et marqués. Les recaptures dans la même année, ou plusieurs années après, ont permis de matérialiser deux grandes voies de migration des germons, empruntées par deux populations distinctes. Ces couloirs de migration ont une relation directe non seulement avec des conditions thermiques cycliques favorables mais aussi avec l'activité biologique qui se manifeste sur les flancs de la poussée chaude.

a — La voie ibérique —. La synthèse des résultats obtenus montre qu'aucun germon marqué à l'ouest du méridien 14° W n'est repris la même année. De plus, les thons marqués au long de la côte portugaise en début de saison (mai-juin) sont repris au fond du Golfe de Gascogne en septembre ou octobre. Les germons provenant des Canaries suivent donc une trajectoire sud-nord ou SE-NW, en suivant le front externe de l'upwelling portugais, qui les conduit vers le milieu du mois d'août face à la Bretagne, à la limite septentrionale de la transgression chaude. Ils se déplacent alors en direction du Golfe de Gascogne où la position d'abri permet le maintien de températures élevées jusqu'en automne. Le retour s'effectue en longeant la côte cantabrique puis la côte portugaise en suivant le retrait des eaux chaudes. Le résultat des marquages effectués de 1967 à 1971, reproduits sur la planche III-A matérialise cette grande voie de migration. Seuls les thons marqués et recapturés la même année ont été utilisés pour l'établissement de cette carte. Leur trajet, formant un vaste arc de cercle au nord-ouest de la Péninsule, évite très largement la

région du cap Finisterre où chaque été se produisent d'intenses remontées d'eau froide. Cette zone d'upwelling apparaît nettement sur toutes les cartes d'isothermes mensuelles et est toujours spectaculaire sur les images infrarouges entre juin et septembre (planche III-B). Durant ces quatre mois, la cellule maritime de l'anticyclone subtropical dépasse franchement la latitude de la Péninsule Ibérique et se soude souvent aux anticyclones chauds européens. La Péninsule, alors sous abri aérologique persistant, est le siège de dépressions thermiques. La conjonction d'un anticyclone sur le Golfe de Gascogne et d'une dépression ibérique entretient des vents d'est sur la côte nord de l'Espagne, accrus de brises littorales canalisées par les montagnes cantabriques, qui repoussent les eaux chaudes vers le large. Une frange d'eau froide borde donc la côte et s'engraisse sur le Cap Finisterre, là où la divergence des vents devient prépondérante, en assurant la suture avec l'upwelling ouest ibérique. En octobre, la position de l'anticyclone maritime n'est déjà plus aussi septentrionale et la composante est du vent diminue ou disparaît. Sa force, également, faiblit car s'estompent les dépressions thermiques ibériques. On trouve même une majorité de jours où les vents ont une composante ouest sur les côtes galiciennes. Les eaux superficielles chaudes du large sont donc refoulées contre la côte. De ce fait, les thons qui séjournaient dans le fond du Golfe de Gascogne peuvent se retirer vers leurs lieux d'hivernage par le chemin le plus court, en contournant la pointe nord-ouest de la Péninsule sans s'éloigner des côtes. Cette voie de migration est donc largement conditionnée par le dynamisme de l'écosystème de l'upwelling côtier. Le front externe de l'upwelling balise la voie, en jouant le rôle de barrière thermique et en fournissant une alimentation abondante de petits pélagiques comme les anchois, chinchards et sardines qui sont eux aussi activement exploités, de l'Algarve au Pays Basque.

b — La voie açoréenne —. Il existe une deuxième voie de migration à l'ouest 18° W et qui intéresse en premier lieu les Açores. Les thons arrivent à la latitude des îles orientales en mai, selon une voie qui oblique vers le nord-est. Il semble qu'ils empruntent différents chemins pour se libérer de l'obstacle que représente l'archipel. Ceux-ci sont balisés par

les digitations chaudes entre les îles. A en juger par la stabilité de certaines pêcheries d'une année à l'autre, on repère facilement deux voies préférentielles, à l'est de Flores et de Terceira correspondant aux fronts thermiques les plus permanents sur les flancs des deux plus puissantes avancées chaudes. Ainsi, en juin-juillet, les germons se trouvent-ils au nord-est de l'archipel, en formant un vaste front qui se déplace en direction de l'Irlande. La progression des eaux chaudes s'arrêtant en août ou septembre et d'amplitude variable, il est difficile de dire exactement quel est le terminus de cette voie. Jusqu'en novembre, on trouve aux Açores des mattes de thons sur leur chemin de retour vers un lieu d'hivernage encore ignoré. Le centre de l'Atlantique, bien au sud des Açores, est une hypothèse improbable puisqu'on n'y trouve que des eaux bleues tropicales, très pauvres en nourriture. La Mer des Sargasses à proximité du mur chaud du Gulf Stream, semble être plus propice à accueillir les mattes de thons. Les campagnes du *Cryos*, autre navire océanographique de l'ISTPM, destinées à prolonger les travaux de prospection au-delà de l'archipel açoréen jusqu'au sud-est du Grand Banc de Terre-Neuve vérifieront dans un avenir proche, la valeur de cette hypothèse. L'acquis le plus marquant de ces récentes campagnes concerne la taille des germons. Alors que le petit poisson est dominant dans toutes les pêcheries effectuées entre les Açores et la Bretagne, il cède la place aux gros poissons (supérieur à 80 cm) dans l'Atlantique occidental. Il existe donc une dissymétrie de répartition des germons entre 20° W et 45° W, dans des eaux thermiquement identiques (17°-19°); ce qui implique un système migratoire différent de celui qu'on observe face à la Péninsule Ibérique. Les germons qui empruntent la voie ibérique sont d'ailleurs légèrement différents des açoréens. Cette population dite «classique» a une coloration ventrale linéaire tandis que celle des Açores se distingue par son moirage ventral en damier. Pour des classes d'âges semblables, les açoréens ont une taille modale inférieure à celle des «classiques». Leur milieu thermique est également différent. Les germons «classiques» sont capturés dans une gamme de température plus vaste que les açoréens (16°-21° contre 17°-19°), ce qui semblerait montrer que les «classiques» sont capables d'une régulation thermique plus efficace que les açoréens. Ce

sont deux populations indépendantes qui suivent deux voies différentes et ne se mélangent pas. Sur le 37° N, à la latitude du cap Saint Vincent, il existe une zone morte entre les 15° et 18° W dans laquelle on ne rencontre aucun poisson. Elle correspond sans doute à l'axe du dôme d'eau chaude. C'est une région thermiquement très homogène, sans front, qui sépare les deux grandes voies de migration. Elle se rétrécit peu à peu en direction du nord sans toutefois provoquer la rencontre des deux populations... ceci jusqu'en 1977. L'évolution récente des conditions thermiques dans l'Atlantique oriental, corollaire des grandes fluctuations climatiques survenues en Europe Occidentale, a provoqué une situation tout à fait nouvelle dans les mouvements migratoires des deux populations.

III — FLUCTUATION DES CONDITIONS THERMIQUES DE SURFACE ET MODIFICATION DES VOIES DE MIGRATION

Les thons, sensibles à toute instabilité thermique de l'océan, réagissent en modifiant leurs voies de migration. Indirectement et avec quelques réserves, on peut donc évaluer l'importance des anomalies en analysant les statistiques des thonidés pêchés dans l'Atlantique du nord-est (fig. 4).

1 — La variabilité interannuelle des courants de migration

La représentation graphique des tonnages pêchés par les Portugais et les Français qui constitue la figure 4 illustre une grande variabilité interannuelle. Cependant les causes de ces fluctuations ne sont certainement pas uniquement dues à des modifications des conditions thermiques océaniques. Il s'agit tout d'abord d'une statistique portant sur toutes les espèces de thons et non sur les seuls germons, le cas français mis à part ⁽¹¹⁾. On voit toutefois qu'il existe une similitude, mais

(11) Les statistiques utilisées pour l'élaboration de la figure 4 ont été retirées de *Boletim Mensal da Agricultura e da Pesca*, INE, Lisboa; J. G. PEREIRA, «A Pesca do Atum nos Açores», *Pesca e Navegação*, 1982, n° 5; C. REVENOT, *Contribution à l'étude du comportement du germon, Thunnus alalunga, en fonction des conditions du milieu*, DAA Halieutique, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie, Rennes, 1982 (polycopié).

à des niveaux différents, entre l'évolution des pêcheries açoréennes et françaises, tout au moins jusqu'en 1979. A partir de cette date, bien que les conditions thermiques instables aient provoqué une baisse des captures dans la région açoréenne, la chute des tonnages pêchés par les Français se

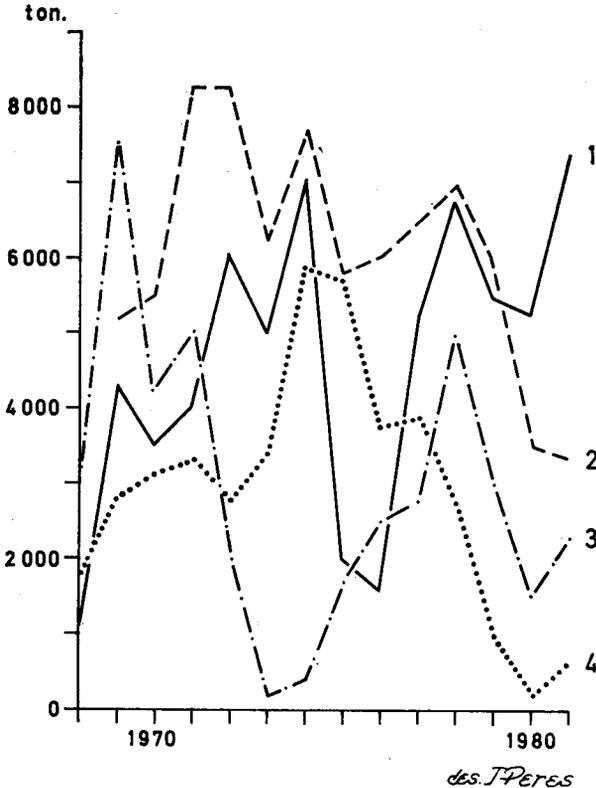


Fig. 4 — Variabilité des captures de thonidés entre 1968 et 1981 dans l'Atlantique du nord-est. 1 — Captures açoréennes; 2, françaises (nord-est des Açores et Golfe de Gascogne); 3, portugaises; 4, madéroises.

doit au fait que les thoniers cessent de fréquenter les eaux açoréennes. D'ailleurs, les Açoréens semblent avoir pris efficacement le relai, puisqu'en 1981, bonne année hydrologique pour la pêche aux thonidés, les captures ont été les plus fortes depuis 1967. À partir de 1979, la courbe des captures françaises cesse donc de suivre l'évolution des captures açoréennes pour

devenir parallèle à celle des Madérois et des Portugais. Ceci montre également que les thoniers français exploitaient les deux populations de germons de l'Atlantique du nord-est avant 1979. Les autres anomalies négatives qui paraissent exagérées sont celles qui se réfèrent aux captures portugaises des années 1973 et 1974, et açoréennes des années 1975 et 1976. Dans les deux cas, les faibles tonnages pêchés sont liés au petit nombre de sorties des thoniers ⁽¹²⁾. Ces restrictions posées, on a recherché, durant la période de 1969-81, quelles étaient les conditions météo-océanographiques liées aux bonnes et surtout aux mauvaises années de pêche qui sont celles où les thons s'écartent sensiblement de leurs voies «normales» de migration. Comme il s'agit de deux courants migratoires indépendants, il n'existe pas toujours une relation entre les mauvaises années ibériques et açoréennes. Les mauvaises années açoréennes (1969, 1973 à 1975, 1978 à 1980) correspondent à une faible remontée des eaux chaudes, ou à une remontée rapide puis bloquée ou bien encore à une montée trop tardive. Dans tous les cas, les situations hydrologiques engendrent des températures de surface plus basses que la normale et des fronts thermiques mal dessinés ou très instables. Les thons arrivent tard sur les Açores ou font une apparition fugace et ils restent dispersés. Ces années, du point de vue aérologique, ont une saison estivale dominée soit par une circulation anticyclonique de nord entre le Portugal et les Açores soit par un temps perturbé, donnant des conditions de vents très variables sur les Açores. Les bonnes années açoréennes sont celles qui ont connu une poussée chaude précoce et continue, refulant devant elle des eaux froides au long d'un front thermique franc. En 1971, par exemple, l'isotherme 18° s'est déplacé de 360 milles entre le 17° W et le 24° W au nord-est de São Miguel durant la deuxième décade de juin. Du 29 au 4 juillet, d'innombrables mattes de thons se sont déplacées avec les eaux chaudes en suivant le front thermique qui les borde à l'ouest.

(¹²) Révision des lois du travail et, pour les Açoréens, la pêche d'automne a été supprimée à cause de conditions atmosphériques difficiles.

La voie traditionnelle face à la Péninsule Ibérique, entre le 12° et le 15° W, présente elle aussi des anomalies par suite de conditions hydrologiques défavorables. Celles-ci sont liées à un changement dans la position de l'axe de la montée des eaux chaudes en début de saison et à des perturbations dans le régime de l'upwelling ouest-ibérique. Dans le premier cas, la voie de migration a une position plus occidentale que de coutume et les mattes de thons restent hors de portée des pêcheurs artisanaux portugais peu équipés pour s'éloigner des côtes. Tel fut le cas en 1971, où la voie ibérique est restée verrouillée par suite de conditions hydrologiques défavorables au long de la Péninsule, imposées par un régime persistant de vents de nord en juin. La montée des thons s'est faite au-delà du 18° W. Si la campagne de 1971 n'a pas été trop catastrophique pour le Portugal c'est parce que les pêcheurs ont largement exploité les thons sur leur chemin de retour, en automne. L'affaiblissement de l'upwelling côtier en octobre déplace leur voie de migration vers le continent et la met donc ainsi à la portée des thoniers artisanaux. En début de saison, la disparition momentanée des remontées froides a le même effet et peut amener d'heureuses surprises. En 1969, par exemple, la campagne thonière s'annonce mauvaise. Elle commence tard. En mai et début juin, l'isotherme 18° reste stationnaire sur le 36° N et a une orientation pratiquement zonale, ce qui signifie que la poussée des eaux chaudes ne s'est pas encore amorcée. Les situations synoptiques de mai et de la première semaine de juin expliquent, à elles seules, le phénomène. Des vents de nord-ouest, résultant d'une forte activité cyclonique entre l'Irlande et les Açores, ont soufflé en permanence. L'anticyclone des Açores a été réduit à une cellule débile au sud du 40° parallèle. Ces vents relativement forts ont ralenti l'avance des eaux favorables aux germons dans les lieux de pêche ordinairement fréquentés par les thoniers français entre les Açores et le cap Finistère. Les eaux sont restées très homogènes en surface comme en profondeur; aucune thermocline n'a été repérée. Ces caractéristiques ne sont guère favorables à la concentration du poisson. Toutes les prises de la campagne de 1969 ont été concentrées en peu de jours, durant la deuxième quinzaine de juin, dans une situation très anormale. De grands bancs de germons sont

apparus dans une zone de fort gradient thermique au large de Peniche, autour des îlots des Berlengas. Cette année-là, les pêcheurs portugais ont su profiter de cette manne à portée de la main comme le montrent les statistiques des tonnages pêchés (fig. 4). Cette anomalie s'explique par les faits suivants. Jusqu'au 15 juin, une dépression froide reste stationnaire à l'ouest du Portugal et c'est elle qui, en fin de compte, est responsable de la poussée très localisée des eaux chaudes contre la côte, alors qu'au large, et jusqu'aux Açores, l'isotherme 18° reste dans une position plus méridionale que de coutume (fig. 5a). Des Canaries au cap Finistère soufflent des vents forts de sud-ouest qui poussent les eaux superficielles chaudes contre la côte en empiétant peu à peu sur l'upwelling qui s'était construit sous régime de vent de nord durant tout le mois de mai. A partir du 16 juin, le retour à une situation anticyclonique favorise l'apparition d'une dépression thermique sur la Péninsule qui induit des vents côtiers de nord, moteurs de nouvelles remontées d'eaux froides (fig. 5b). Les trois conditions essentielles favorisant la concentration du poisson sont alors remplies (température favorable, thermocline et front thermique). Les bancs restent stationnaires jusqu'au 30 juin et fournissent l'essentiel des captures de la campagne de 1969. Les tonnages pêchés cette année-là constituent le record de la période 1965-1982. Ce genre d'anomalie hydrologique se reproduit certainement tous les ans mais il est si fugace qu'il échappe à l'observation. Il s'est reproduit pendant quelques jours en juin 1978 et il a été observé pendant quelques heures en juillet 1983. Dans la nuit du 12 au 13 juillet 1983, un chalutier portugais a pêché 300 petites bonites de 3 à 5 kg au long de la côte entre Leixões et Aveiro (13).

Ces quelques exemples montrent combien l'équilibre thermique qui stabilise les couloirs de migration des thonidés est fragile. D'une année à l'autre, il est rare de trouver, au même moment, les mêmes conditions thermiques dans l'Atlantique du nord-est. C'est pourquoi la planification d'une campagne de pêche est encore si difficile. Il suffit d'un retard d'une à deux semaines dans le démarrage de la transgression chaude ou

(13) Voir *Diário de Lisboa* du 14 juillet 1983.

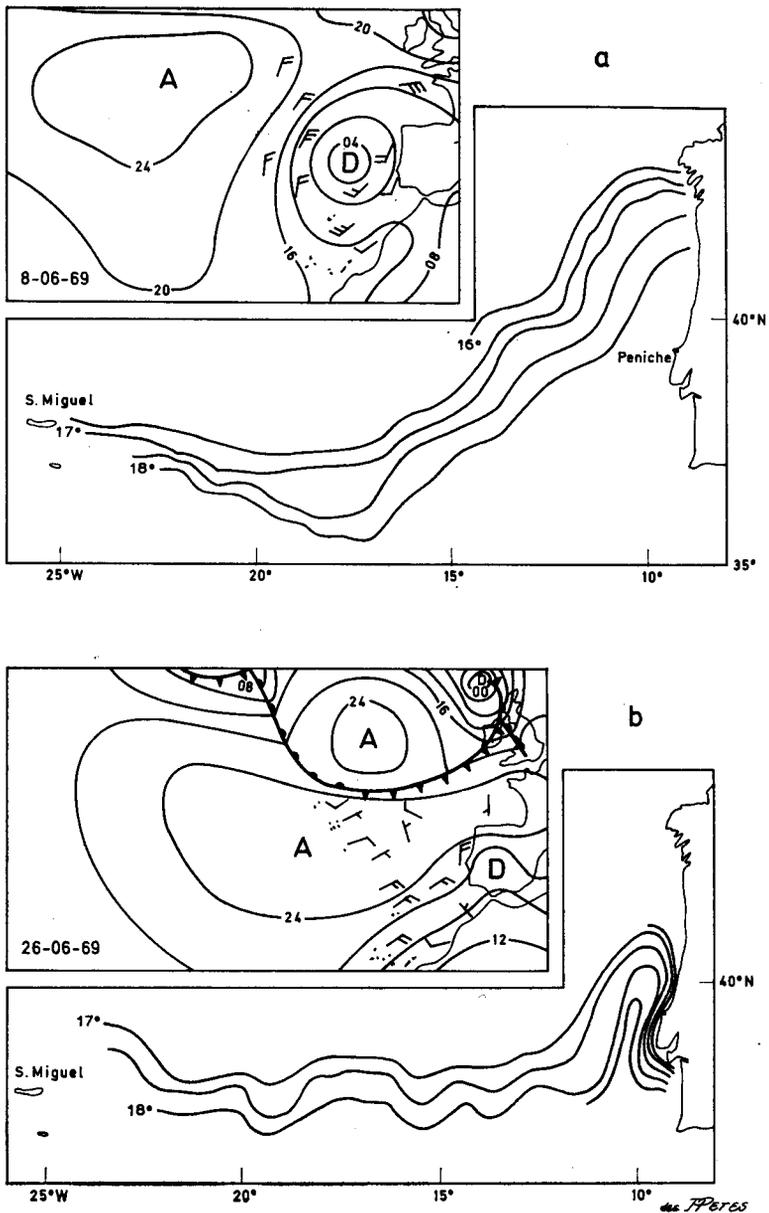


Fig. 5 — Situations météorologique et hydrologique responsables de la localisation anormale des bancs de germons en juin 1969 (cartes thermiques extraites de *Science et Pêche*, 1970, n° 191). a — Durant la première moitié de juin; b — à la fin du mois de juin.

de l'apparition soudaine d'un phénomène météorologique défavorable, même localisé, entre le Portugal et les Açores, pour verrouiller une voie de migration et disperser le poisson.

2 — *L'évolution récente des courants de migration*

Outre ces fluctuations interannuelles, on observe depuis 1976 un nouvel agencement des deux principales voies de migration des thonidés dans l'Atlantique du nord-est. On constate que le nombre moyen d'individus «classiques» capturé par banc diminue de façon constante dans le Golfe de Gascogne (14). Pour des zones prospectées pratiquement identiques, les eaux traversées sont plus froides après 1976 et, par conséquent, le poisson est capturé à une température plus basse. En comparant les températures de capture des périodes 1968-1976 et 1977-1981 (fig. 6), on voit que le mode se situe autour de 17°7 pour l'ensemble des captures antérieures à 1977 et que celui-ci tombe à 16°6 pour les prises postérieures à cette date. Le caractère bimodal des deux histogrammes est dû au fait qu'il existe une distribution préférentielle des poissons selon la température en fonction des classes d'âge (les bonites sont capturées à des températures supérieures à celle des demis). L'étalement des histogrammes montre cependant que la sténothermie n'est que relative. Quand on compare les températures de capture avec celles relevées par les thoniers au cours de toutes les journées de campagne, on n'a plus aucun doute sur le refroidissement effectif du Golfe de Gascogne depuis 1976 (fig. 7).

Quant aux germons açoréens, ils remontent toujours sur les Açores dans une voie SW-NE mais ils se retardent de plus en plus. Les meilleures rendements de pêche s'obtiennent en juillet à l'est de São Miguel, mais le nombre de captures par banc est assez irrégulier. Par contre les patudos et les listaos qui s'accoutument de températures de surface plus basses constituent actuellement la majorité des captures açoréennes (15).

(14) Etude de C. REVENOT, 1982, ob. cit., d'après les fichiers de mission de l'ISTPM.

(15) En 1978, sur les 6800 tonnes de thons pêchés par les Açoréens, on ne compte que 8 tonnes de germons mais plus de 2500 tonnes de

A partir de 1977, et contrairement à ce qui se produisait jusqu'alors, les thons acoresns font leur apparition dans le Golfe de Gascogne où ils sont pêchés avec de plus en plus de fréquence en août et septembre. Il semble donc qu'on assiste à une modification récente des courants migratoires

%. FREQ. RELATIVE

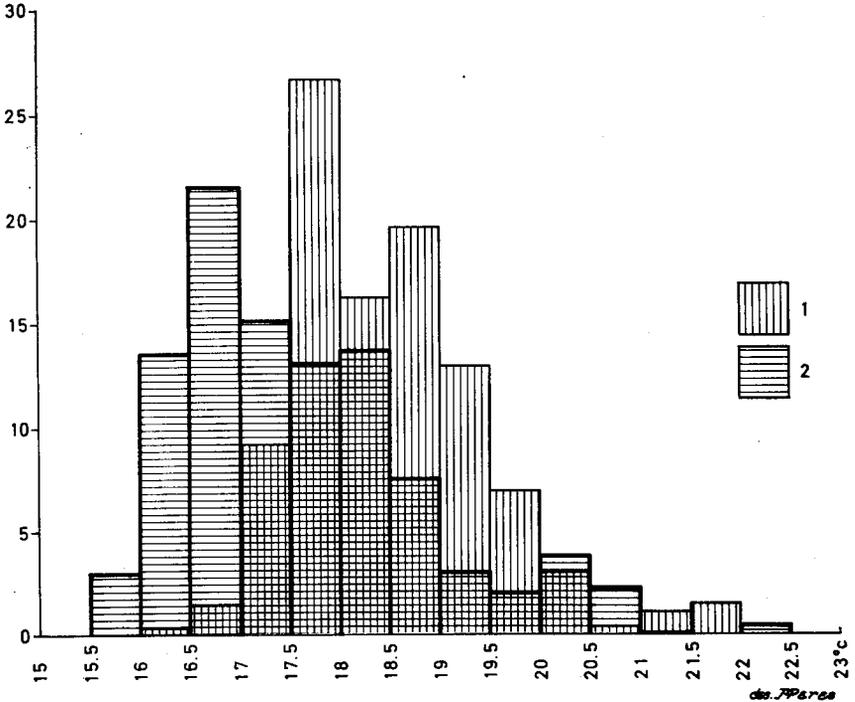


Fig. 6 — Températures de capture des germons dans le Golfe de Gascogne (d'après C. REVENOT, 1982). 1 — Campagnes de 1968 à 1976; 2 — campagnes de 1977 à 1981.

des thons acoresns et à un mélange actuel des deux populations. Il serait tentant d'expliquer cette accumulation d'anomalies par une fluctuation du climat dans l'Atlantique oriental imposant de nouvelles conditions hydrologiques plus favorables à la voie acoresne qu'à la voie ibérique. Cette explication

patudos et 4200 tonnes de listaos. En 1975, les tonnages étaient les suivants: germons, 1200 t; patudos, 600 t; listaos, 20 t.

n'est pas sans fondement puisque, d'après les quantités de thonidés pêchés depuis 1969 (fig. 4) celles qui correspondent à la population «classique» (prises des Madérois et des Portugais) sur la voie ibérique diminuent nettement après 1976. Ce qui semblerait montrer que cette voie de migration est

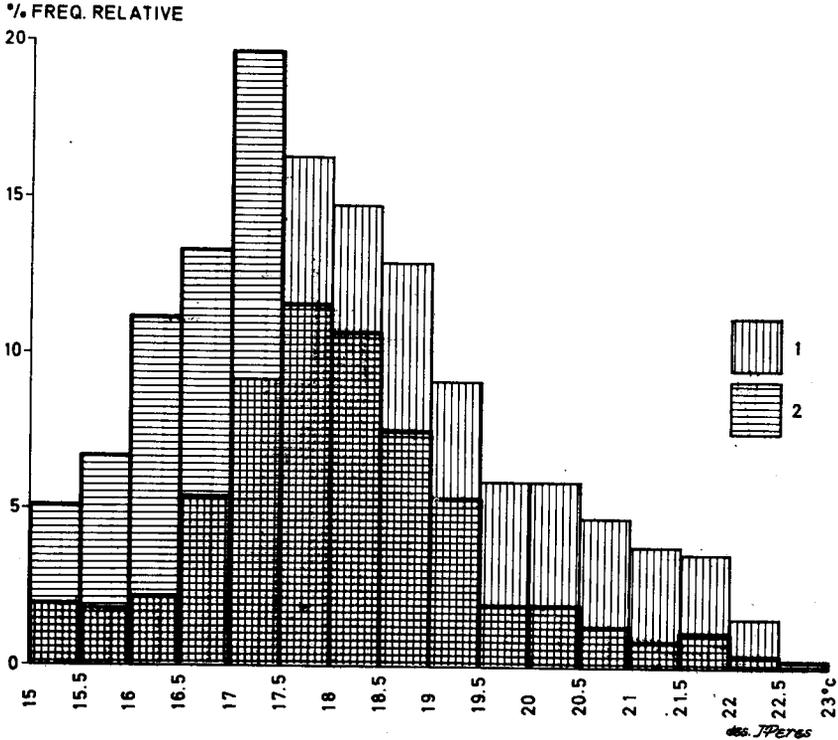


Fig. 7 — Températures relevées au cours de toutes les journées de pêche (d'après C. REVENOT, 1982). 1 — Campagnes de 1968 à 1976; 2 — campagnes de 1977 à 1982.

restée fermée. Du point de vue aérologique, cette récente période 1977-1981 a été particulièrement troublée dans l'Atlantique oriental. Les plus grandes fluctuations climatologiques ont été enregistrées en hiver et au printemps. En mai et juin, l'installation de l'anticyclone subtropical a été très heurtée, entrecoupée par des périodes dépressionnaires anormalement persistantes provoquant un temps très variable et des vents de nord-ouest entre le Portugal et les Açores. Le moment

du démarrage des poussées chaudes a été très fluctuant entre la troisième décennie de mai et la troisième décennie de juin. Après 1976, la transgression n'a plus la même amplitude et s'arrête à la latitude de la Bretagne entre la deuxième décennie d'août et la deuxième décennie de septembre (fig. 2). L'échauffement de l'Atlantique oriental est donc plus court et moins rapide. Les fronts thermiques sont discontinus et parfois inexistantes pendant de longues périodes. Tous ces éléments se conjuguent pour faire pivoter le terminus de la voie açoréenne vers le Golfe de Gascogne et empêcher les «classiques» de remonter au long de la Péninsule Ibérique. Pour cette dernière population les facteurs hydrologiques ne doivent pas être les seuls à expliquer leur disparition du Golfe car, en fait, les températures de surface enregistrées actuellement, bien que plus basses, correspondent encore à leur gamme de tolérance. La surexploitation des petits pélagiques de la zone galicienne et l'implantation récente d'une pêcherie d'hiver des germons dans la région canarienne ne peuvent que contribuer à détruire l'équilibre écologique de l'Atlantique du nord-est. Les germons sont aussi de moins en moins nombreux dans les eaux madéroises, sans qu'on puisse détecter à cette latitude méridionale un changement radical des conditions thermiques océaniques.

Il convient donc de s'interroger sur la signification du changement d'orientation de la voie açoréenne. Il semble qu'à la faveur des conditions hydrologiques particulières qui se répètent depuis 1977, les thons açoréens guidés en direction du Golfe de Gascogne aient bénéficié de «la libération d'une niche écologique par une population 'classique' en régression» (15). La proportion de plus en plus faible de jeunes bonites parmi les captures des «classiques» est un facteur supplémentaire qui plaide en faveur de cette hypothèse; facteur extrêmement préoccupant quant à la vitalité écologique des pêcheries ibériques.

(15) D'après F. DELAPORTE et D. GUÉRAULT, *Science et Pêche*, 1980, n° 310, p. 10.

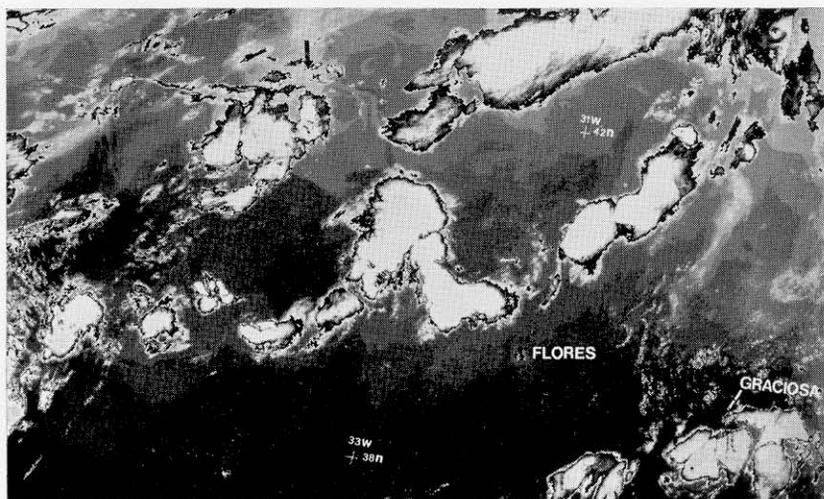
RESUMO

As condições térmicas no Atlântico do Nordeste e a migração do atum voador. Implicações climáticas. Faz-se uma revisão dos trabalhos fundamentais sobre o comportamento do atum voador, *Thunnus alagunga*, em função das condições térmicas do Atlântico do Nordeste, levados a cabo pelo Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM) de Nantes (França), desde 1969. Foca-se também as técnicas recentes de termografia oceânica satelitária e a sua utilização no domínio das pescas. Os resultados das investigações permitem inferir sobre a variabilidade climática interanual do semestre mais quente no Atlântico do Nordeste, entre o arquipélago dos Açores e a Península Ibérica. O atum é muito sensível às variações de temperatura, de alguns décimos de grau apenas. Assim, é obrigado a seguir o movimento das águas quentes, no semestre estival, dentro de limiares de temperatura bem definidos. Esta progressão começa no fim de Maio, à latitude da Península Ibérica, e acaba em Setembro, ao largo da Bretanha. Alimenta duas correntes migratórias independentes uma da outra, seguidas por duas populações distintas de atuns. A primeira via é orientada de sudoeste a nordeste entre os Açores e a Irlanda; a segunda é uma via meridiana, entre as Canárias e o Golfo da Gasconha, passando na proximidade da costa portuguesa. Basta que condições meteorológicas desfavoráveis em Maio e Junho atrasem a progressão para norte das águas quentes, para que a migração do atum fique comprometida. As recentes flutuações nas condições térmicas de superfície no Atlântico do Nordeste, no sentido de um arrefecimento sensível das águas (1° a 2°), devidas a sucessões de anos climáticos anormais (Invernos muito frios e Primaveras anormalmente ciclónicas), têm provocado uma modificação das vias de migração. A via açoriana termina actualmente no Golfo da Gasconha e a via ibérica encontra-se muitas vezes interrompida. Assim, assistimos a uma mistura das duas populações no Golfo, com uma maioria de atuns açorianos. Interessa sublinhar que, para além das condições hidrológicas particulares ocorridas desde 1977, os atuns açorianos têm beneficiado de um nicho ecológico libertado por uma população ibérica em regressão: esta última é cada vez mais explorada logo no início da via, na região canariense, no período invernal e, ao largo das costas da Península, existe uma sobreexploração dos pequenos pelágicos (carapaus, sardinhas, enchovas...) que lhes servem de alimento.

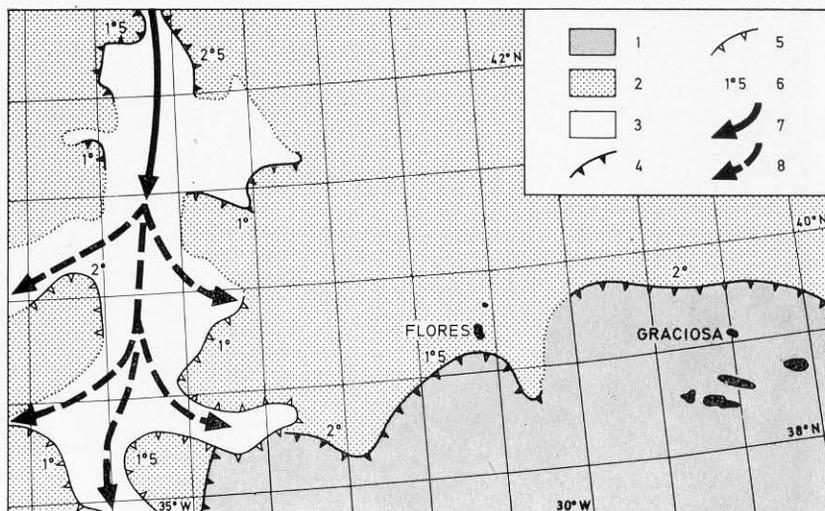
SUMMARY

Thermal conditions in the northeast Atlantic and the migration of Albacores. Climatic implications. The article provides a comprehensive list of fundamental studies on the behaviour of Albacores, *Thunnus alagunga*, in terms of the thermal conditions of the northeast Atlantic, carried out by the Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes (ISTPM), Nantes, France, since 1969. It also examines recent

satellite ocean thermography techniques and their use in the area of fishing. The results of the research make it possible to infer as to the interannual climatic variability of the hottest part of the year in the northeast Atlantic between the Azores Archipelago and the Iberian Peninsula. Tunny is very sensitive to changes in temperature, even to a few tenths of degrees. It is, therefore, forced to follow the warm water flow, within clearly defined temperature thresholds. This progression begins at the end of May, at the latitude of the Iberian Peninsula, and ends in September, off the coast of Brittany. It feeds two independent migratory currents, followed by two distinct populational groups of Albacore. The first route lies southwest to northeast between the Azores and Ireland; the second is a meridian route between the Canary Islands and the Gulf of Biscay, which passes close to the Portuguese coast. Unfavourable meteorological conditions in May and June have but to delay the progression of the warm waters northwards for the migration of the tunny fish to be affected. Recent fluctuations in surface thermal conditions in the northeast Atlantic — there has been a marked cooling of the water (1° to 2°) as a result of a series of abnormal climatic years (very cold winters and abnormally cyclonic springs) — have brought about changes in migration routes. The Azorian route now ends in the Gulf of Biscay and the Iberian route is very often interrupted. The outcome has been a mingling of the two populational groups in the Gulf, with the Azorian tunny predominating. It is of interest to note that, in addition to the specific hydrological conditions that have occurred since 1977, the Azorian tunny has benefited by an ecological area granted it by an Iberian population in regression: the latter has been increasingly exploited in winter at the very beginning of the route around the Canary Islands, and off the coasts of the Peninsula there is over-exploitation of small pelagics (horse-mackerel, sardines, anchovies etc.) on which they feed.

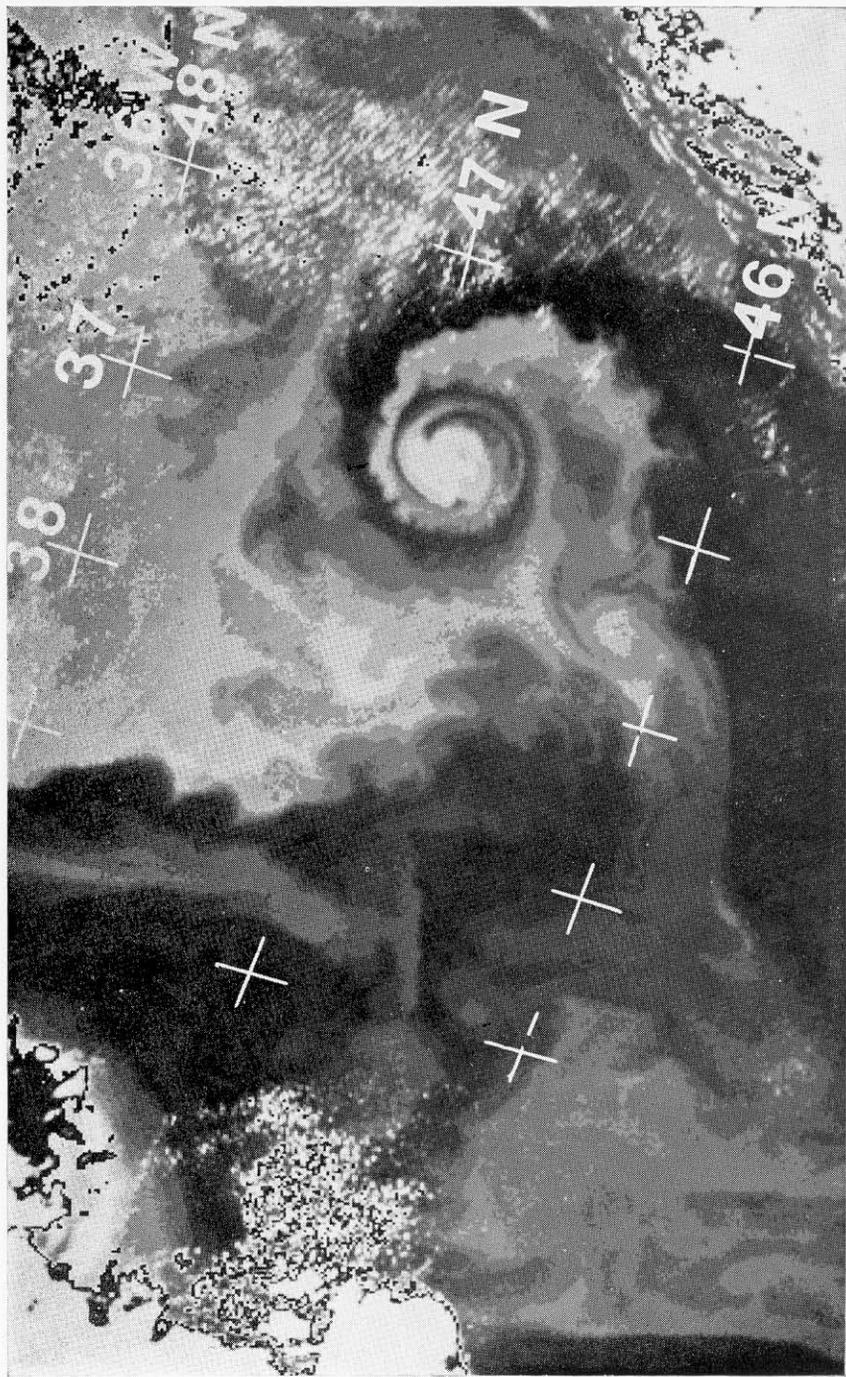


PL. I, A — Structure thermique de surface de l'océan aux abords des Açores, le 23 mai 1982. La flèche noire souligne une coulée méridienne d'eau froide. Image IR, NOAA-7, 16.27 TU. CMS, Lannion (cliché Météorologique Nationale, France).



des JPeres

PL. I, B — Evolution des fronts thermiques du 23 au 31 mai 1982 aux abords des Açores. Légende: 1, eau chaude; 2, eau fraîche; 3, eau froide; 4, front thermique stable du 23 au 31 mai; 5, fronts thermiques construits entre le 23 et le 31 mai; 6, amplitude du gradient thermique sur les fronts, exprimé en $^{\circ}/5$ km; 7, invasion d'eau froide; 8, progression de la coulée froide entre le 23 et le 31 mai.



PL. II — Un exemple de tourbillon d'eau froide sur la Dérive Nord-Atlantique dévoilé par TIROS-N dans le spectre infrarouge, le 22 octobre 1980. CMS, Lannion (cliché Météorologie Nationale, France).