

## 7. ENVIRONNEMENT ET PECHE THONIERE EN ATLANTIQUE

### TROPICAL ORIENTAL

par

J.M. Stretta

#### 7.1. INTRODUCTION

L'étude de l'environnement des thons dans le golfe de Guinée a véritablement débuté par les travaux de Postel (1955 et 1955a) sur les thoniers Gerard Treca et Albacore. Postel a défini les aires de répartition des principales espèces et défini les grandes lignes des relations des thons avec leur milieu. Par la suite, Bane (1963) a analysé les données de la campagne du Columbia en 1959-1960 sur les côtes africaines du Liberia à l'Angola. L'étude de la relation thon/environnement s'est poursuivie à l'ORSTOM par les travaux de Le Guen et al. (1965). Toutefois comme le soulignait Postel (1967), "les connaissances acquises sur la répartition et l'abondance des thons dans cette région du golfe sont dues beaucoup plus à l'analyse des données de la pêche commerciale qu'au dépouillement des expéditions océanographiques". A l'heure actuelle, on dispose d'une bonne couverture statistique des pêches de thonidés aussi bien pour les pêcheries de surface que pour celles à la palangre. Cette grande quantité d'informations permet des analyses dans l'espace et dans le temps, beaucoup plus précises que si l'on ne disposait que des données issues d'expéditions océanographiques.

La disponibilité dans l'espace et dans le temps des thons, est soumise à de fortes variations, et ce n'est que si certaines conditions d'environnement sont réunies que les thons se rassemblent. En d'autres termes, la distribution des thonidés dans un écosystème donné, dépend directement des paramètres physico-chimiques et biologiques, et de leurs interactions, c'est-à-dire de leur action synergétique. Ces paramètres d'environnement vont avoir sur les thonidés des effets directs et indirects. Effets directs sur la mortalité des espèces, sur leur croissance en agissant sur les facteurs favorisant la présence de nourriture et sur le recrutement; effets indirects sur la migration, sur la disponibilité des thons aux engins de pêche et donc sur l'effort de pêche.

Le thon peut être considéré comme un avant dernier maillon de la chaîne alimentaire, l'homme étant le dernier; l'exploitation par l'homme devra être pensée non comme un prélèvement "de l'extérieur" mais comme une insertion d'un prédateur additionnel dans l'écosystème. Schématiquement cette chaîne part d'une production primaire importante déclenchée par l'arrivée des sels nutritifs dans la couche euphotique, pour aboutir aux animaux proies des thons (micronecton, poissons pélagiques, etc.), puis enfin aux thons et à l'homme.

Parmi les paramètres couramment utilisés pour décrire l'environnement et la distribution des thons, la température et plus particulièrement celle de surface a fait l'objet de nombreux travaux pour définir des préférences thermiques où se rencontrent les différentes espèces de thonidés. La température de surface est un paramètre relevé en routine depuis de nombreuses années (par les bateaux de pêche, les navires marchands et océanographiques, les bouées, les satellites, les stations côtières) et de ce fait, on dispose de cartes de température de surface fiables, sur de longues périodes. D'autres paramètres qui influencent potentiellement la distribution et la capturabilité des thons devront toutefois être pris aussi en compte: nous citerons la profondeur de la thermocline, le gradient de température au sein de celle-ci, la concentration en oxygène dissous, la salinité, la vitesse du courant, l'état du ciel et de la mer, la vitesse du

vent, etc... Par ailleurs, les expériences menées dans le Pacifique sur la physiologie des thons permettent de fixer les limites physiologiques en regard de certains paramètres d'environnement (chapitre 6); la quête de nourriture et le comportement de reproduction vont aussi agir sur la distribution des thons au sein des bornes définies par ces paramètres physiques et physiologiques (Blackburn, 1965 et 1965a; Sund et al., 1981; Albaret, 1977).

Les valeurs limites des paramètres d'environnement généralement prises en compte pour l'étude de la distribution des thons sont évaluées en majeure partie à partir des données des pêcheries. En utilisant les données des pêches commerciales, on ne décrit cependant qu'incomplètement la distribution réelle des thons dans l'océan, mais plutôt leur disponibilité aux différents engins de pêche; les connaissances demeurent nulles hors des strates espace/temps explorées par les pêcheries. Dans ce chapitre, nous analyserons les principales zones et saisons de pêche des flottilles thonières dans l'Atlantique tropical oriental et tenterons de les relier aux principaux systèmes productifs connus dans la zone.

Ces systèmes productifs, décrits par Voituriez et Herbland (1982) et présentés sur la figure 7.1 sont les suivants:

- les upwellings côtiers permanents au nord de 20° nord et au sud de 15° sud (ces zones sont situés en dehors de la zone d'activité de la flottille thonière);
- les upwellings côtiers saisonniers, le long des côtes du Sénégal et de la Mauritanie, du Ghana et de la côte d'Ivoire, ainsi que le long des côtes du Gabon et du Congo au sud du cap Lopez;
- la divergence équatoriale ;
- les dômes thermiques de Guinée et d'Angola.

Dans leur "Comparaison des systèmes productifs de l'Atlantique tropical", Voituriez et Herbland (1982) mettent l'accent sur le fait que "ces systèmes ne sont pas indépendants les uns des autres : le système des contre-courants qui participe à la dynamique de chacun d'entre eux et les contrôle dans une certaine mesure, crée un lien remarquable qui donne à cette région une unité qu'il faut avoir à l'esprit lorsque l'on étudie tel ou tel écosystème et ses variations".

## 7.2. DONNEES ET METHODES

### 7.2.1 Données utilisées

L'ensemble des données statistiques de prises et efforts par flottille selon des strates 1°-mois qui ont été utilisées dans le chapitre 4 sont utilisées. Ces données couvrent la période 1969 à 1984.

Pour l'analyse fine des strates spatio-temporelles de pêche, nous utiliserons les données fines des livres de bord des flottilles FIS et espagnoles (caneurs et senneurs) de la période 1980 à 1983. Ces données sont disponibles par jour de pêche et selon des positions précises relevées par satellite; en outre les températures mesurées lors des opérations de pêche sont fréquemment disponibles (pour environ 50% des captures), ainsi que les estimations de taille des individus capturés. Les livres de bord utilisés couvrent environ 80 à 90% des captures (selon les années) des flottilles FIS et espagnole.

Il ne faut pas perdre de vue que ces données constituent des estimations visuelles reportées sur les journaux de bord par les patrons des thoniers, et présentent de ce fait diverses limites:

- L'estimation de la composition spécifique des prises manque parfois de rigueur, en particulier les patudos sont souvent confondus avec des albacores quand ils sont de taille proche; les petits albacores sont souvent confondus

avec les listaos. Ces biais sont bien mis en évidence par les échantillonnages plurispécifiques de taille (paragraphe 8.1.3) mais n'ont pas été corrigés dans la présente étude.

- Les tonnages notés par les patrons dans les livres de bord, au moment de la mise en cuve du poisson, sont parfois mal évalués.

- les estimations de la taille des individus capturés sont parfois imprécises.

- le type des bancs, libres ou associés à divers systèmes ou animaux marins, n'a pas été distingué, alors que ces systèmes associés peuvent modifier la relation entre les thons et les paramètres d'environnement (paragraphe 6.1.7).

Les données thermiques utilisées proviennent :

- pour les données historiques, du fichier des températures de surface relevées (en 1/10 de degré) par les navires marchands de 1964 à 1984 (NODC, USA), (les calculs des températures de surface moyennes mensuelles par zone ont été réalisés par C. Roy, ORSTOM).

- des livres de bord des thoniers pour les températures associées aux calées.

## 7.2.2 Découpage spatio-temporel

### 7.2.2.1 Zones

Pour cette étude, nous avons délimité huit régions (figure 7.2) correspondant chacune à une structure hydrologique particulière et à une zone de pêche particulière.

Les huit régions retenues présentent plusieurs types de situations hydrologiques et de systèmes productifs différents :

- la zone Mauritanie est une zone côtière caractérisée par la présence d'un upwelling saisonnier en hiver boréal et d'un front thermique en été;

- la zone Sénégal est une zone côtière qui prolonge la zone Mauritanie et est caractérisée elle aussi par la présence d'un upwelling saisonnier en hiver boréal en alternance avec des eaux chaudes en été;

- la zone Guinée se caractérise par la présence d'une structure hydrologique en forme de dôme (le dôme de Guinée);

- la zone Liberia est une zone de transition. La structure hydrologique de cette zone est mal connue; elle serait une zone de convergence entre le courant de Guinée et le courant équatorial sud;

- la zone Equateur se caractérise en saison chaude (octobre à mai) par la présence d'une crête thermique au sud de l'équateur centrée sur 2-3° sud (sans qu'il y ait de refroidissement en surface) et en saison froide (juin à septembre) par la présence d'un refroidissement et d'un enrichissement en sels nutritifs de la couche superficielle sans que l'on puisse parler d'un véritable upwelling;

- la zone Ghana est également une zone côtière mais caractérisée par la présence de deux upwellings saisonniers, l'un en janvier-février créant la petite saison froide, l'autre de juillet à septembre formant la grande saison froide;

- la zone Cap Lopez est aussi une zone côtière caractérisée par la présence d'un upwelling saisonnier de mai à août qui crée une situation de type frontal;

- la zone Angola se caractérise par la présence d'un dôme thermique en hiver boréal (le dôme d'Angola) et par un upwelling côtier en été boréal.

### 7.2.2.2 Saisons

Nous avons pour chacune de ces régions délimité, à partir des captures des flottilles FIS et espagnoles de, des saisons de pêche pendant lesquelles les captures sont les plus importantes. Nous employerons par la suite pour désigner ces strates le terme zone et période de pêche et non pas celui de concentration de pêche. Ce dernier terme a en effet un sens beaucoup plus

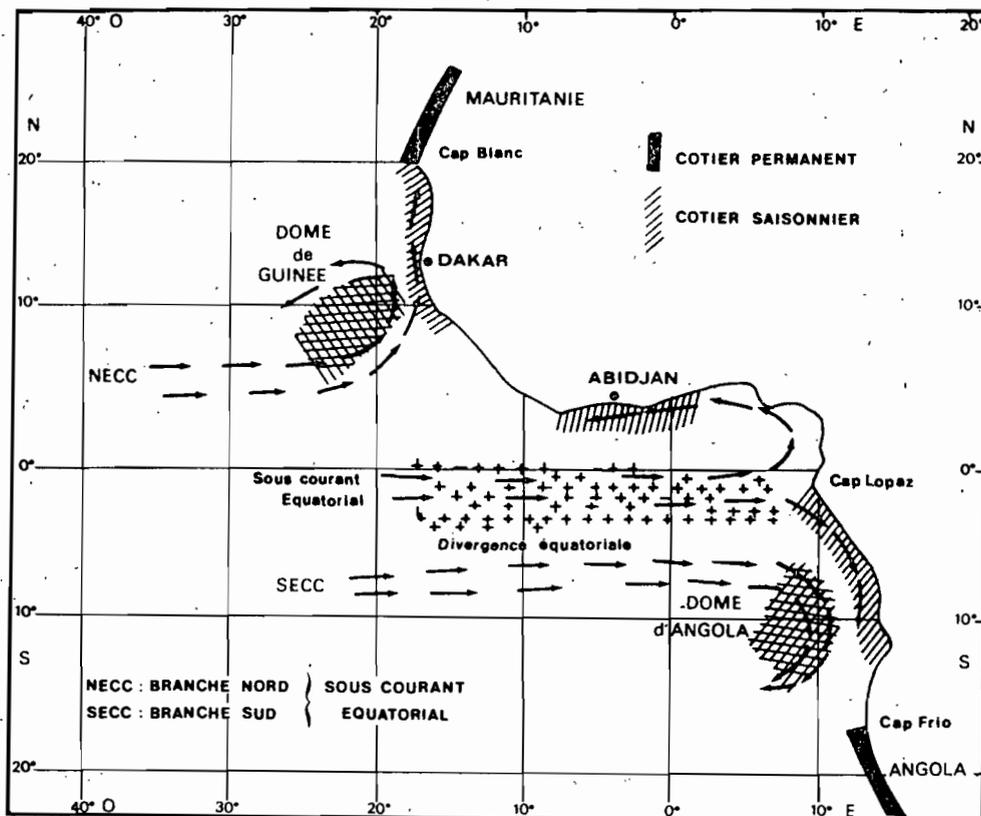


Figure 7.1 Les différents zones d'enrichissement dans l'Atlantique tropical oriental. Celles-ci sont principalement dues à la remontée des eaux profondes en surface (upwelling) entre juillet et septembre. Elles sont localisées le long de la côte et à l'équateur (Herbland et al., 1983).

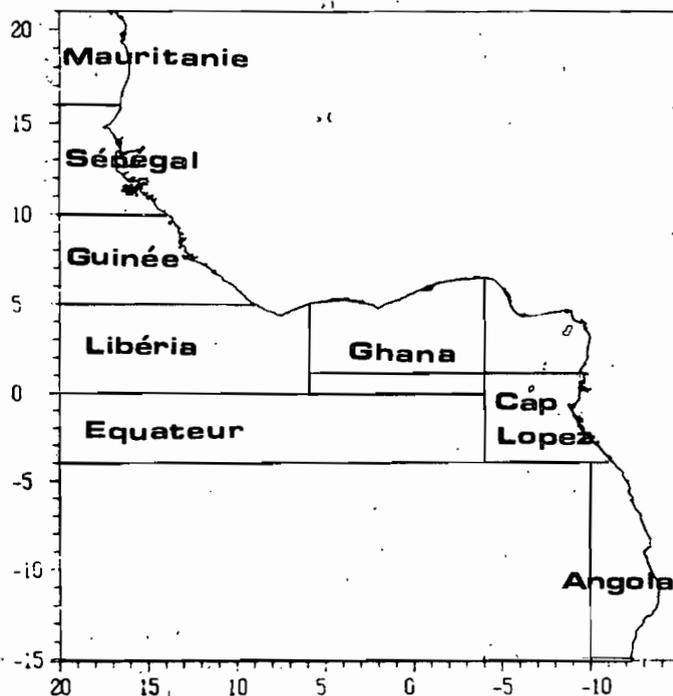


Figure 7.2 Les 8 secteurs de pêches retenus pour l'étude de la relation thons et environnement.

restrictif et correspond à un fort regroupement de poissons exploités pendant une courte durée et dans une zone de quelques centaines de milles carrés.

Nous avons ainsi retenu les périodes de pêche suivantes :

- celle de Mauritanie du mois de juillet à septembre.
- celles de la zone Sénégal pendant les mois d'avril et mai et du mois de juillet à septembre.
- celles de la zone Guinée du mois de septembre à novembre et du mois de mars à mai.
- celles de la zone Liberia du mois de janvier à avril et du mois d'octobre à décembre.
- celle de la zone Equateur qui va du mois de décembre au mois de mars.
- celles de la zone Ghana au mois de juillet, et d'octobre à décembre.
- celle de la zone Cap Lopez de mai à septembre, période qui a été divisée en deux sous saisons, la première, en mai et juin et la deuxième en juillet, août et septembre.
- celles d'Angola qui comprend les mois de février et mars ainsi que septembre et octobre.

### 7.3. RELATIONS ENTRE LES THONS ET LES PARAMETRES DE L'ENVIRONNEMENT

#### 7.3.1. Relation entre les captures de thons et la température de surface

##### 7.3.1.1. Albacore

En Atlantique tropical oriental, Postel (1955) a fixé les limites thermiques de l'albacore à 21°C et 28°C en se basant sur les pêches de canneurs réalisées entre les côtes mauritaniennes et l'archipel des Bissagos. Dans la région de Pointe-Noire (Congo), Le Guen et al. (1965) notent des pêches nulles ou faibles dans des eaux de température inférieure à 23°C ou supérieure à 27°C. Selon ces auteurs, la majorité des captures et les plus gros rendements journaliers des canneurs et des petits senneurs sont obtenus dans des eaux dont la température de surface était comprise entre 24°C et 26°C. Bages et Fonteneau (1979) signalent pour l'année 1977 des pêches d'albacore entre 22°C et 29°C dans le golfe de Guinée par la flottille FIS. Stretta et Slépoukha (1986) définissent une fourchette thermique de 20°C à 31°C pour des calées ne contenant que de l'albacore (toutes classes de tailles confondues) faites sur des bancs non associés à des épaves. Il est à noter que cet intervalle de température entre 20°C et 31°C correspond sensiblement aux valeurs minimum et maximum rencontrées dans l'océan Atlantique tropical oriental.

Seul l'échantillon des prises des thoniers FIS et espagnols de la période 1980 à 1983 sera analysé, celui-ci étant jugé le plus significatif du fait de l'importance des prises de ces deux flottilles et de la complète couverture géographique de la zone. Ces deux flottilles réunies contribuent durant la période étudiée à 74 % des captures industrielles de surface dans la zone. La figure 7.3 présente la répartition des tonnages et les fréquences cumulées d'albacore pêchés (toutes tailles confondues) par classe de température par ces flottilles de senneurs. Plus de 60% des prises proviennent d'une gamme de températures supérieures à 26.0°C.

La répartition des prises d'albacore en fonction de la température diffère pour les trois classes classiquement différenciées (figure 7.4): les poissons de moins de 5 kg, ceux compris entre 5 et 30 kg et ceux d'un poids supérieur à 30 kg. Pour la première catégorie, les pêches se font essentiellement entre 22°C et 30°C. Pour la deuxième catégorie (albacore de 5 à 30 kg), la courbe des prises présente un plateau de 24°C à 28°C. En revanche, pour les albacores de plus de 30 kg, la plus grande partie des prises a lieu dans des eaux dont la température de surface est supérieure à 25°C avec 34% des prises pour la classe 28°C.

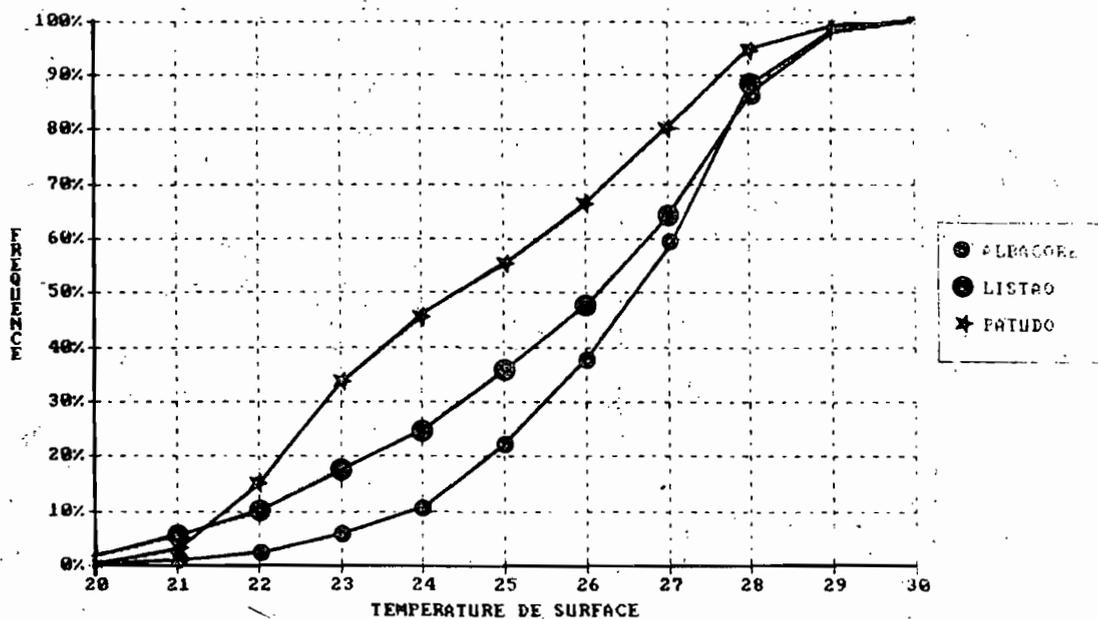


Figure 7.3 Pourcentages cumulés des prises d'albacore, de listao et de patudo en fonction de la température (même échantillon que les figures 7.3 à 7.5).

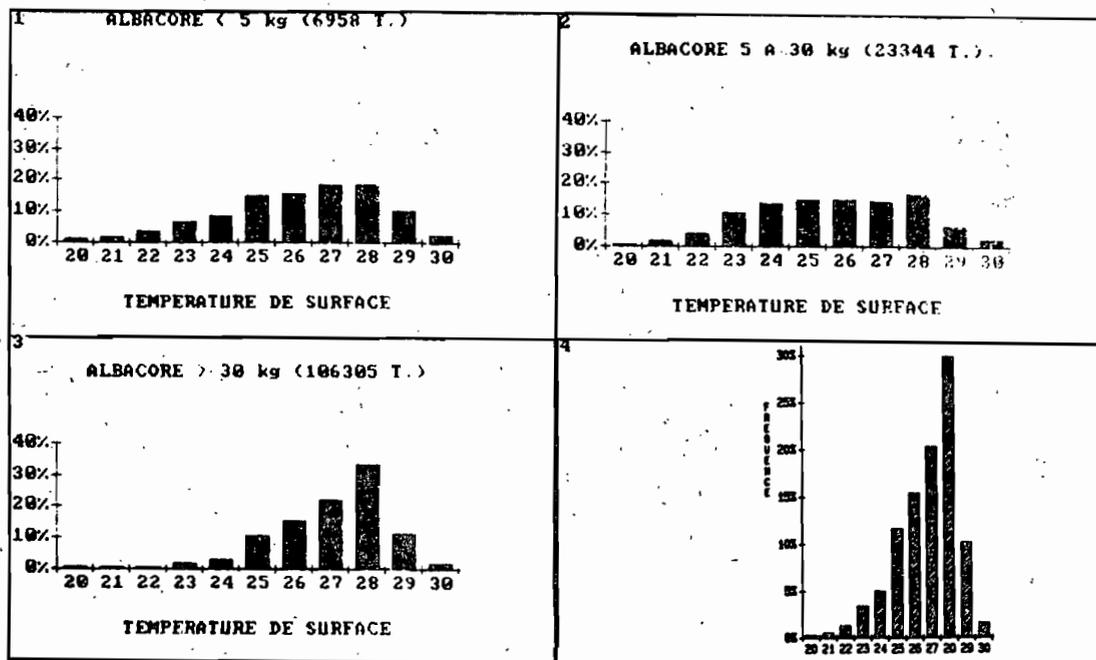


Figure 7.4 Prises d'albacore en fonction de la température de surface pour les senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983 (sous échantillon des calées pour lesquelles sa température de surface et la composition spécifique par taille sont connues.

- (1) albacores de moins de 5 kg
- (2) albacores de 5 à 30 kg
- (3) albacores de plus 30 kg
- (4) toutes tailles

Les albacores adultes sont aussi fréquemment capturés à la palangre dans la tranche d'eau infrathermoclinale dont les températures sont comprises entre 15°C et 20°C dans le golfe de Guinée.

#### 7.3.1.2. Listao

Dans le golfe de Guinée, Bages et Fonteneau (1979) trouvent que le listao est pêché de 22°C à 29°C, soit dans la même gamme thermique que l'albacore. Dans une analyse portant sur 1152 calées, ne contenant que du listao, Stretta et Slepoukha (1986), définissent une gamme thermique comprise entre 20°C et 31°C.

L'échantillon retenu pour décrire la relation entre températures de surface et prises de listao est le même que dans le cas de l'albacore.

La répartition des listaos par classe de taille en fonction de la température de surface diffère selon que l'on s'adresse aux poissons de moins de 2 kg, ou compris entre 2 et 6 kg et à ceux d'un poids supérieur à 6 kg (figure 7.5). Pour les poissons de moins de 2 kg et ceux de 2 à 6 kg, les courbes sont proches et présentent toutes les deux un maximum des prises pour la classe 28°C. En revanche la répartition des prises pour les listaos d'un poids supérieur à 6 kg présente un pic centré sur la classe 25°C qui représente à lui seul près de 50% des prises (la rareté de prises de cette catégorie, 560 tonnes seulement, limite toutefois beaucoup la signification de ce résultat).

#### 7.3.1.3. Patudo

En Atlantique tropical oriental, Pianet (1981) situe la préférence thermique du patudo entre 20°C et 29°C et une préférence thermique entre 20°C et 22°C pour les patudos pêchés par des engins de surface le long des côtes entre le cap Lopez et l'Angola.

Comme pour l'albacore, nous avons analysé la répartition en fonction de la température des captures de patudos par les senneurs pour les individus de moins de 5 kg, pour ceux d'un poids compris entre 5 et 30 kg et pour ceux de plus de 30 kg. Pour les patudos de moins de 5 kg (figure 7.6), on note l'existence de deux modes centrés sur 23°C et 28°C, 60% des prises se faisant entre 26°C et 30°C; la taille très réduite de l'échantillon (445 tonnes), due essentiellement à la très mauvaise identification des petits patudos dans les livres de bord, rend celui ci très peu significatif. Pour les patudos de 5 à 30 kg, la courbe des prises par classe de températures présente sensiblement un plateau entre 23°C et 29°C. En revanche, pour les patudos de plus de 30 kg, 62% des tonnages pêchés, le sont à des températures inférieures à 25°C.

Les patudos adultes sont en fait surtout capturés avec des palangres, particulièrement avec des palangres profondes, dans des eaux infrathermoclinales dont les températures sont comprises entre 10° et 15°C.

#### 7.3.2. Relation entre les captures de thons et l'oxygène dissous

La teneur en oxygène dissous de la masse d'eau, joue un rôle important dans la physiologie des thons comme nous l'avons vu dans le paragraphe 6.1.6. Sharp (1978) situe les besoins minimums en oxygène à 1.5 ml/l pour l'albacore et à 0.5 ml/l pour le patudo. Barkley et al. (1978) proposent la valeur de 5 ppm (environ 3.5 ml/l) d'oxygène dissous comme valeur à utiliser pour l'élaboration de modèle de distribution pour le listao. Ces auteurs ont pu ainsi dresser des cartes de répartition du listao dans le Pacifique. Dans l'océan Atlantique, Ingham et al. (1977) et Evans et al. (1979) ont tracé des cartes de répartition potentielle des listaos à partir du niveau d'immersion le plus faible de l'isotherme 18°C ou de l'isoplethe 3.5 ml/l d'oxygène dissous. Les seconds auteurs trouvent que le listao est capable de vivre

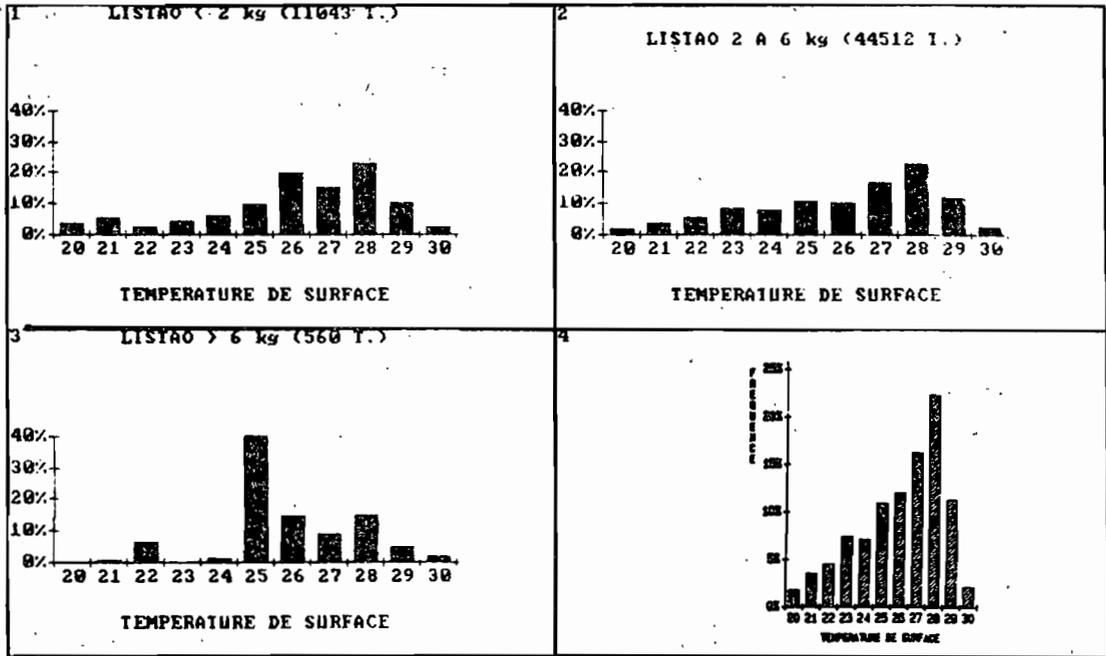


Figure 7.5 Prises de listao en fonction de la température de surface pour les senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983 (sous échantillon des calées pour lesquelles la température de surface et la composition spécifique par taille sont connues).

- (1) listaos de moins de 2 kg
- (2) listaos de 2 à 6 kg
- (3) listaos de plus de 6 kg
- (4) toutes tailles

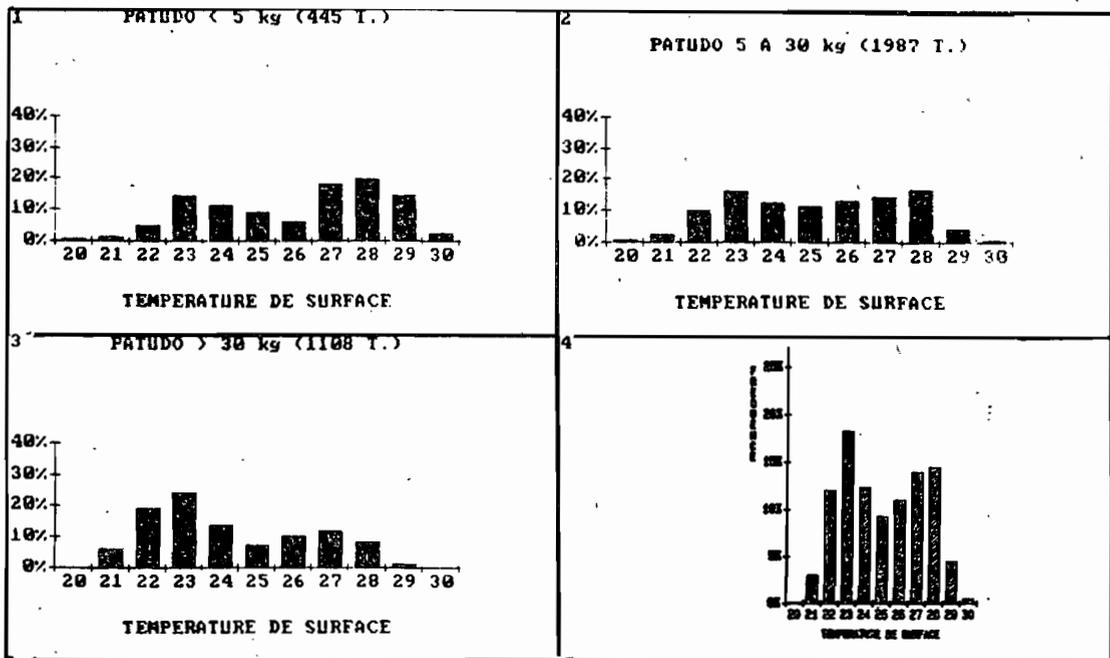


Figure 7.6. Prises de patudo en fonction de la température de surface pour les senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983 (sous échantillon des calées dont la température et la composition spécifique par taille sont connues).

- (1) patudos de moins de 5 kg
- (2) patudos de 5 à 30 kg
- (3) patudos de plus de 30 kg
- (4) toutes tailles

entre 40° nord et 34° sud. Ces auteurs pensent que dans les zones à upwelling côtier, dans les latitudes supérieures à 15°, l'habitat du listao est conditionné par la profondeur d'immersion de l'isotherme 18°C, alors que dans la bande équatoriale, entre 15° nord et 15° sud, cet habitat est plutôt conditionné par la concentration en oxygène dissous. Dans la région sud-est de l'Atlantique cependant, au large de l'Angola, les listaos capturés au troisième trimestre le sont, généralement, dans des zones où l'oxycline est très superficielle, entre 30 et 50 mètres de profondeur (figure 3.13).

### 7.3.3. Relation entre les captures de thons et la salinité de surface

Dans le golfe de Guinée, en dehors de la baie de Biafra (nord-est du golfe de Guinée), la salinité de surface varie de 32 à 36 ‰. Il n'est pas possible de caractériser les zones de distribution des thons par les salinités de surface en dehors du fait que la faible salinité explique probablement les faibles captures de thonidés réalisées dans la zone nord-est du golfe de Guinée.

La salinité de l'eau de mer ne semble pas avoir d'effet direct sur les thons (Blackburn, 1965; Sund et al., 1981). Dans le cadre des études menées sur des albacores et des listaos en captivité, Dizon (1977), n'a pas observé de variations dans la vitesse de nage ou dans le comportement de ces thons quand la salinité baissait de 34 à 29 ‰. En restant dans la gamme des valeurs que l'on rencontre habituellement dans le milieu naturel, on peut admettre que les thons ne seraient pas sensibles à des variations naturelles de salinité. Cependant, Donguy et al. (1977), notent des relations très nettes entre l'importance des prises de listaos et la salinité dans le Pacifique occidental. Dans les exemples présentés par ces auteurs, la salinité de surface est liée à des conditions océanographiques particulières telles que l'upwelling équatorial par vent d'est et un phénomène de "doming" vers 10° sud par vent d'ouest. Dans ces deux cas, Donguy et al. (1977), relèvent la présence d'un enrichissement superficiel. La salinité de surface n'est dans ce cas qu'un des principaux indicateurs de ces mécanismes d'enrichissement et non pas le paramètre agissant directement sur le comportement du listao.

Dans le golfe de Guinée, Caverivière et al. (1976), mettent en évidence pour l'albacore une relation entre la salinité et l'abondance des larves ou la ponte: ils n'ont jamais observé de larves dans des eaux de salinité inférieure à 33.5 ‰. En revanche pour le patudo et le listao, des larves ont été trouvées dans des eaux à 31 ‰.

### 7.3.4. Relation entre les captures de thons et la thermocline

Dans ce paragraphe, nous ne traiterons pas de la répartition verticale des thons abordée dans le chapitre 6. Le terme thermocline utilisé par les pêcheurs se rapporte plus à la profondeur de la couche homogène de surface ou "profondeur de la thermocline", qu'au gradient thermique vertical rencontré sous cette couche homogène.

Green (1967) analyse le taux de calées positives en fonction de la profondeur de la thermocline. De son étude portant sur 1855 coups de senne dans le Pacifique oriental tropical, il ressort que le taux de calées positives augmente quand l'épaisseur de la couche homogène est faible. Pour cet auteur, les meilleurs taux de calées positives se rencontrent quand la thermocline est à moins de 18.4 m et que le gradient de température dans la thermocline est supérieur à 0.55°C/m. Cet auteur pense que ces meilleurs taux de calées positives s'expliquent par la faible teneur en oxygène dissous (<1ml/l) observée juste en dessous de la thermocline. Blackburn et Williams (1975) trouvent que dans le Pacifique tropical oriental le maximum d'abondance des listaos se situe dans des zones où la couche homogène est à moins de 40 mètres. Sharp (1978) étudie les variations de la vulnérabilité de

l'albacore pêché à la senne en fonction de l'heure de la journée, de la profondeur de la couche homogène et de la profondeur des isothermes 23°C et 15°C pendant une période de 6 mois. Le choix de ces isothermes a été fait en fonction de critères physiologiques. Pour des pêches de thonidés non associés à des bancs de dauphins, cet auteur trouve dans le Pacifique oriental tropical une forte corrélation ( $r=0.94$ ) entre la prise par unité d'effort et la profondeur de l'isotherme 23°C; il en conclut que la vulnérabilité maximum de l'albacore dans cette région apparaît dans des zones où l'isotherme 23°C est à une profondeur supérieure à 45 mètres et où l'isotherme 15°C est au dessus de 73 mètres. Il est à noter que dans le Pacifique tropical occidental, les senneurs pêchent dans des eaux où la thermocline est à une profondeur supérieure à 150 m. Evans et al. (1980) montrent également que dans le Pacifique tropical oriental, le nombre de calées positives contenant du listao est maximum quand la couche homogène est à 15 mètres.

Aucune analyse détaillée de ce problème n'a été réalisée dans le secteur de l'étude, cependant, on constate que, globalement, la zone de pêche des thons tropicaux par les engins de surface dans la zone coïncide avec celle où la thermocline est proche de la surface. Cela est clairement montré par la figure 7.7.

Des expériences de télémétrie acoustique montrent qu'un banc d'albacore nage essentiellement entre la surface et la base de la thermocline alors qu'un individu isolé a plutôt tendance à se diriger vers la thermocline (Carey et Olson, 1981). En Atlantique, en utilisant une marque ultrasonique, Levenez (1981) montre qu'un listao peut effectuer de nombreux et importants mouvements verticaux et franchir la thermocline; il observe même un listao passant rapidement d'une température de 28°C en surface à une température inférieure à 11°C à 400 mètres. A cette profondeur, la teneur en oxygène était probablement inférieure à 1.5ml/l. Les listaos plongeraient donc dans des eaux froides au cours d'incursions brèves mais répétées pour permettre une dissipation directe dans le milieu de la chaleur produite par les muscles (paragraphe 6.1.5).

#### 7.3.5. Relation entre thon et productivité des eaux

##### 7.3.5.1. Productivité des eaux intertropicales

Avant de décrire et d'analyser les différents systèmes productifs, nous allons étudier la productivité des eaux oligotrophes précédant la mise en place du système productif. Une eau oligotrophe est une eau épuisée en nitrates et dans laquelle il n'y a pas de production nouvelle; seule subsiste une production de régénération.

Il est classiquement admis que l'Atlantique tropical est faiblement productif à l'exception des zones où les conditions du milieu amènent en surface des sels nutritifs en quantité abondante (Herbland et al., 1983). Dans l'Atlantique tropical oriental en saison chaude, Herbland et Voituriez (1977) ont défini une Structure Tropicale Typique (STT), c'est à dire un système à deux couches dont celle de surface est dépourvue de nitrate. Nous empruntons à Herbland et al. (1983) la description de la structure tropicale typique: "Sous une couche homogène chaude, ne contenant pas de nitrate, peu de chlorophylle et saturée en oxygène, la nitracline coïncide toujours avec le maximum de chlorophylle et l'oxycline. Son niveau est situé au-dessus ou au dessous du gradient thermique maximum selon la profondeur et surtout l'intensité de ce dernier". Ces auteurs précisent que "la profondeur de la nitracline serait donc un indicateur de l'intensité du flux de nitrate dans la zone euphotique et que la profondeur de la nitracline devient donc le fil conducteur qui permet de relier les dômes les plus productifs aux convergences les plus profondes". Cette structure tropicale typique cesse d'exister quand le nitrate apparaît en surface. En zone tropicale, c'est généralement à la base de la couche homogène que la production primaire est la plus forte, là où l'apparition des sels nutritifs dans la couche

euphotique stimule la production nouvelle. Toutefois le fonctionnement d'un écosystème oligotrophe est encore à ce jour largement une énigme (Herbland Com. pers.).

Ce qui conditionne la richesse d'une zone en phytoplancton, c'est l'intensité de la production nouvelle qui s'élabore à partir du nitrate provenant de l'eau profonde puisque la production de régénération consomme des composés organiques azotés dont l'urée et les acides aminés, qui ont déjà coûté de l'énergie à l'écosystème pour être produits.

Brandhorst (1958) souligne qu'un des facteurs les plus importants influençant l'agrégation de poissons pélagiques dans les eaux tropicales est la présence de nourriture tributaire de la production du phytoplancton; dans le Pacifique tropical oriental, cet auteur trouve une relation inverse entre la profondeur de la thermocline et la quantité de zooplancton et cette quantité de zooplancton paraît être reliée, dans quelques régions, à l'abondance des thons.

Dans l'Atlantique tropical oriental, Le Borgne et al. (1983) trouvent également que dans les structures tropicales typiques la biomasse de zooplancton est d'autant plus élevée que la couche homogène superficielle est mince, donc que la thermocline est plus proche de la surface. Au contraire, dans les eaux oligotrophes où cette couche est épaisse, la biomasse du zooplancton est faible.

Si l'on considère le macroplancton-micronecton (animaux de 0.5 à 10 cm environ), Roger (1982) trouve dans les eaux oligotrophes une faible biomasse de ces animaux avec 311 mg/m<sup>2</sup> en poids sec contre 1165 mg/m<sup>2</sup> dans la zone la plus riche de l'Atlantique tropical (d'après cet auteur, 1 g de poids sec par m<sup>2</sup> en moyenne annuelle de macroplancton-micronecton représente 5 tonnes de biomasse fraîche par km<sup>2</sup>). Au niveau taxonomique, les crustacés représentent 57% de la biomasse du micronecton total et les poissons 29%. Dans les zones oligotrophes, 47% de la biomasse se concentrent dans les 100 premiers mètres pendant la nuit contre 7.1% le jour.

#### 7.3.5.2. Les processus d'enrichissement

Il existe en Atlantique tropical différents processus d'enrichissement des masses d'eaux. Nous avons regroupé dans le tableau 7.1 les taux de production primaire maximum observés dans l'Atlantique tropical oriental au sein des différents systèmes productifs.

Ces zones d'enrichissement ont un point commun: la remontée de la thermocline dans la couche euphotique. Les zones de remontée de sels nutritifs dans la couche euphotique sont le siège de processus de fertilisation de la masse d'eau (Margalef, 1978). Dans des expériences de fertilisation artificielle d'eaux oligotrophes de Méditerranée, avec des nitrates et des phosphates, Fiala et al. (1976) trouvent que le maximum de développement du phytoplancton a lieu au bout de 6 à 10 jours.

Dans l'Atlantique tropical oriental, le développement intensif du phytoplancton lors de l'enrichissement en nitrates de la couche euphotique, va être limité par le broutage intensif des herbivores. La relation linéaire positive entre chlorophylle et poids sec de zooplancton trouvée par Le Borgne et al. (1983), traduit le couplage entre biomasses zoo et phytoplanctonique. Cette relation s'applique aussi bien dans des eaux oligotrophes que dans l'upwelling équatorial. Le Borgne et al. (1983) notent qu'avec l'augmentation de la production primaire, il n'y a pas seulement une augmentation de la biomasse du phytoplancton mais aussi une augmentation de la taille des cellules. Par ailleurs, Jones (1982) note également que les plus gros individus à chaque niveau trophique ont tendance à croître avec l'augmentation de la production primaire et que cette tendance apparaît à des niveaux élevés de la chaîne alimentaire. Aussi les poissons de taille commerciale peuvent se nourrir à des niveaux de la chaîne alimentaire

progressivement plus bas. Avec l'accroissement de la production primaire, la taille des plus grands individus à chaque niveau trophique croît et la chaîne alimentaire tend à être relativement courte (Jones, 1982). De plus, cet auteur souligne le fait que dans une zone de remontée d'eau en surface, le transport horizontal de cette masse d'eau est un facteur important, car il doit durer suffisamment longtemps pour permettre le développement de la chaîne alimentaire.

Le Borgne et al. (1983) évoquent également la "possibilité (pour le micronecton) lors d'un accroissement de la biomasse phytoplanctonique d'augmenter la part d'algues dans leur ration au détriment des autres particules: d'un régime omnivore, il pourrait passer à un régime franchement phytophage". Cette variation du régime alimentaire peut s'accompagner également d'un court-circuit de la chaîne alimentaire. C'est ce que suggère Jones (1982) pour la chaîne alimentaire aboutissant aux thons dans le golfe de Thaïlande. C'est ainsi que la chaîne alimentaire partant du phytoplancton pour aboutir aux thons peut emprunter deux "chemins" (figure 7.8). Le premier, le plus long, passe par deux étapes pour aboutir aux thons: les herbivores au sens large, puis par les larves de poissons et les juvéniles et/ou les invertébrés prédateurs. Le deuxième chemin ne passe que par une seule étape pour aboutir aux thons: les sardinelles, anchois, maquereaux (petits pélagiques côtiers) et le micronecton.

En zone d'upwelling, les plus gros herbivores sont des poissons. Cette forme de court-circuit de la chaîne alimentaire est décrite pour les thons au large de la Basse Californie (Griffiths, 1965 et Blackburn, 1969a). Au sein de la zone frontale, l'albacore et le listao se nourrissent essentiellement d'une espèce: le crabe rouge Pleuroncodes planipes; ce crabe pélagique est un herbivore.

Les schémas que nous venons de décrire sont valables pour des zones d'upwellings côtiers et pour des zones frontales qui leur sont associées dans le golfe de Guinée. En l'absence de structures frontales issues d'une remontée d'eau froide en surface, les processus de maturation de la masse d'eau sont plus lents. Cependant, Herbland et al. (1983) précisent "qu'il n'est pas nécessaire que des sels nutritifs parviennent en surface pour que la zone soit productive et que la couche homogène soit le siège d'une grande activité". Alors se pose la question de savoir si cette productivité est suffisante pour alimenter une production tertiaire capable à son tour de supporter des concentrations de thons. Herbland et al. (1983) estiment "que les variations à court terme des conditions hydrologiques ont probablement plus d'importance qu'on le pense."

#### 7.3.5.3. Conclusion

Indépendamment de la complexité des mécanismes de productivité qui entrent en jeu, il est frappant de noter la forte corrélation qui existe entre les zones de forte production planctonique (figure 7.9) et celles de fortes captures en thons (figure 4.11).

#### 7.3.6. Chaîne alimentaire et nourriture des thons.

Dans le golfe de Guinée, Dragovich (1970) décrit la chaîne trophique qui aboutit aux thons en analysant les contenus stomacaux des poissons ingérés par les albacores et les listaos. Les résultats de cette étude confirment la dépendance de ces organismes proies envers la macrozooplancton. D'après Roger et Grandperrin (1976), dans le Pacifique tropical occidental, la faune migrante qui vit de jour en profondeur et ne vient dans les couches superficielles que la nuit, semble ne pas participer aux rations alimentaires des thons: ceux-ci se nourrissent essentiellement aux dépens des organismes qui restent dans les 200 premiers mètres pendant le jour.

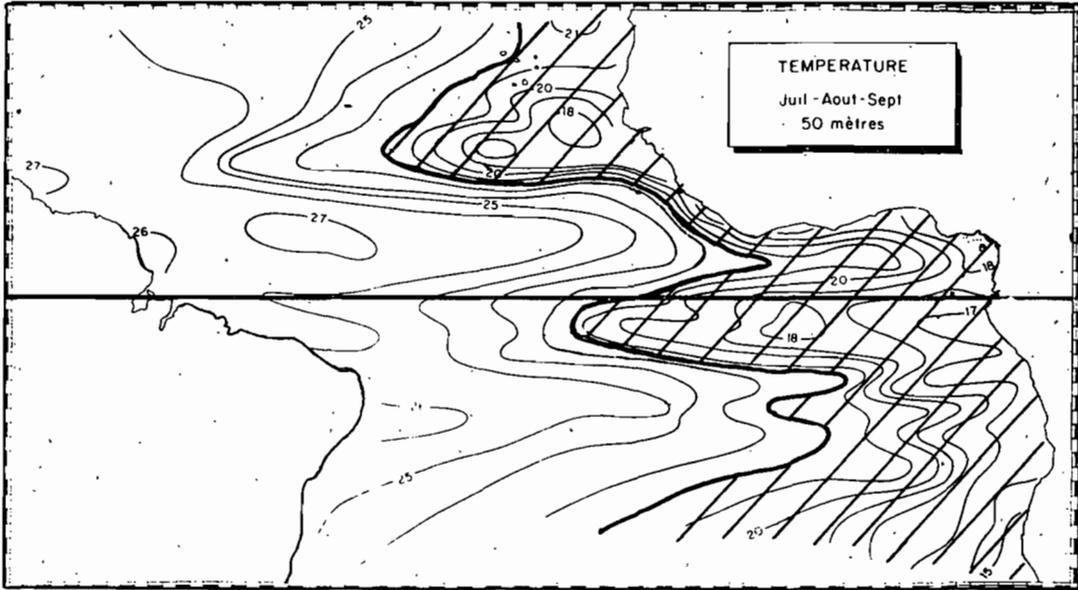


Figure 7.7 Zone de thermocline superficielle dans l'Atlantique intertropicale, définie par l'isotherme 22° à une profondeur supérieure ou égale à 50 m (au troisième trimestre, d'après l'atlas de Merle 1978).

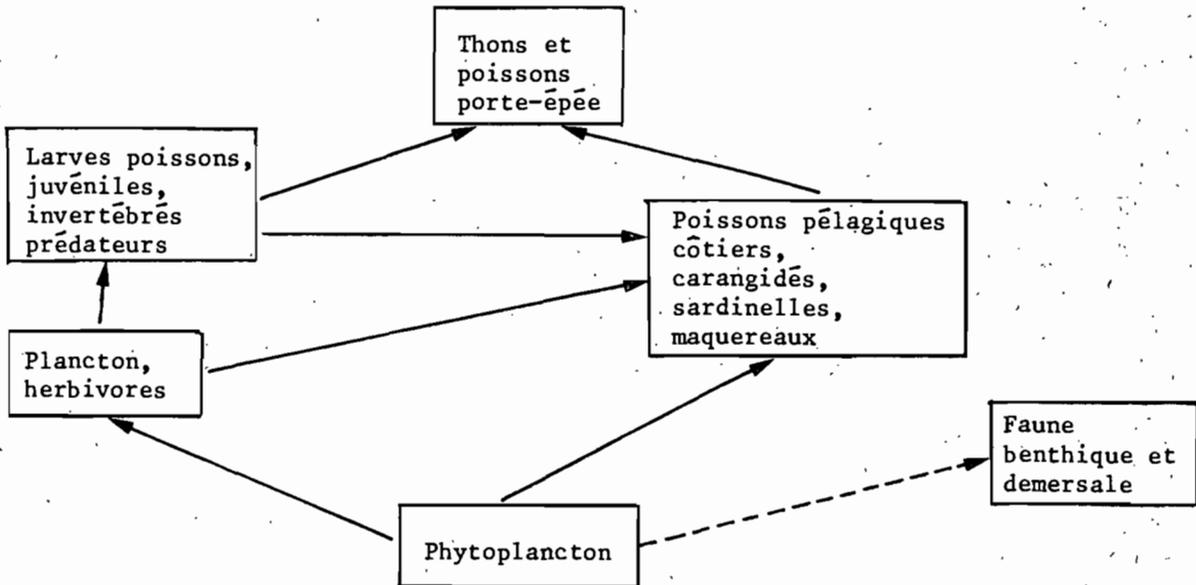


Figure 7.8 Schéma de la chaîne alimentaire aboutissant aux thons dans le golfe de Thaïlande; d'après Jones 1981.

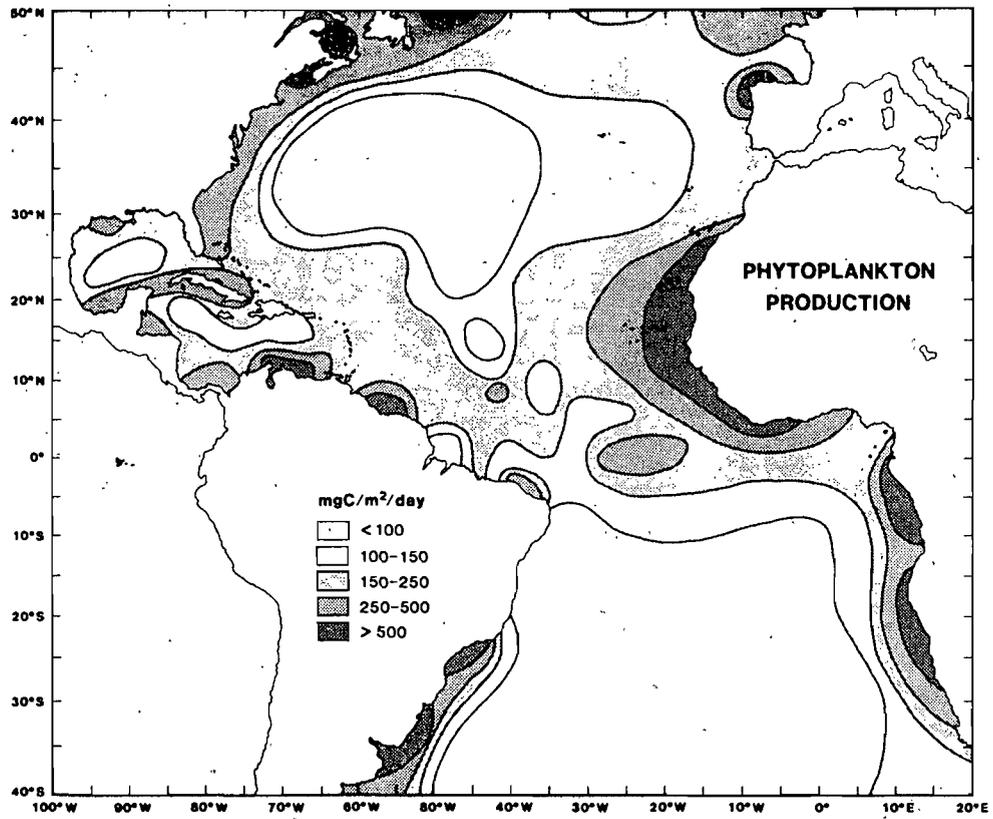


Figure 7.9 Production phytoplanktonique moyenne dans l'Atlantique (d'après Koblentz - Mishke et al., 1970; FAO, 1972).

Le paragraphe 6.1.4 analyse le régime et le comportement alimentaires des thons. Nous retiendrons en résumé que:

- l'albacore et le listao ont une nourriture très variée;
- ce sont des prédateurs actifs et opportunistes qui chassent à vue dans la zone épipelagique de l'océan. Le régime alimentaire des thons est potentiellement très varié, ceux ci ingérant aussi bien du macrozooplancton, des céphalopodes ou des poissons pélagiques;
- pour les juvéniles d'albacore et de listao, la nourriture serait un facteur limitant la croissance (Kitchell et al., 1978);
- pour les poissons adultes, le facteur limitant serait leur capacité à consommer et à assimiler la nourriture disponible (Kitchell et al., 1978).

#### 7.3.7. Conditions écologiques pour la reproduction

Sund et al. (1981) estiment que l'on rencontre des larves de thons dans des zones où les conditions d'environnement sont compatibles avec la ponte et la survie des larves et où la dérive (ou le transport) des larves les amènent dans des zones où les paramètres physiques et les conditions de nourriture sont optimums. Nous avons vu au paragraphe 6.1.1.6 que dans le golfe de Guinée, Caverivière et al. (1976), mettent en évidence que les larves d'albacore sont surtout abondantes dans des eaux chaudes d'une température supérieure à 28°C. La présence d'eaux chaudes est aussi un élément indispensable pour la maturation sexuelle et la ponte des listaos.

Sund et al. (1981) posent la classique et importante question de savoir si la migration ou le mouvement des thons vers les zones de ponte est "actif", "passif" ou le fruit du hasard. Dans le golfe de Guinée, bien que les connaissances sur la reproduction de l'albacore et du listao soient fragmentaires, on peut raisonnablement penser que les migrations génétiques de ces deux espèces sont à la fois actives et passives; c'est la conclusion adoptée pour le listao par Williams (1972) dans le Pacifique.

#### 7.3.8. Conclusions

Les cinq paramètres d'environnement que nous venons d'évoquer: la température de surface, la teneur en oxygène dissous, la profondeur de la thermocline, le gradient de température qui lui est associé et la nourriture disponible, doivent être considérés dans leur ensemble car c'est le paramètre d'environnement qui sera proche de la valeur critique pour une espèce, à une taille et à un niveau physiologique donnés qui deviendra le facteur limitant dans la répartition des thons.

### 7.4. ANALYSE DES CAPTURES AU SEIN DES STRATES SPATIO-TEMPORELLES

#### 7.4.1. Données historiques

Pour chaque strate spatio-temporelle, nous présenterons cinq types de graphiques:

Le premier (a) présente les prises en tonnes en fonction de la température de surface pour l'albacore, le listao et le patudo pour les senneurs FIS et espagnols de 1980 à 1983. (Sous échantillon des prises pour lesquelles la température de surface au lieu et jour de la prise est connue).

Le deuxième (b) présente les moyennes mensuelles des températures de surface (en 1/10 de degré) de 1964 à 1984 dans chacun des secteurs étudiés. Ces données sont issues du fichier des navires marchands (NODC, USA). Sur ce graphique, les traits verticaux encadrent là ou les périodes de pêche qui ont été retenues pour l'analyse.

Le troisième type de graphique (c) est une représentation des pêches par mois réalisées dans la zone considérée par les thoniers FIS et espagnols de 1979 à 1983.

Le quatrième type de graphique (d) est constitué par des cartes de pêche mensuelles avec la localisation précise des coups de senne de gros et de petits albacores et de listao par les senneurs FIS et espagnols de 1980 à 1983. Sur les cartes représentant les prises d'albacore, nous avons porté la position des isothermes mensuels tirés de l'atlas d'Hastenrath et Lamb (1977). Ce type de représentation donne une image des températures de surface moyennes rencontrées dans la zone de pêche. Il ne faut pas perdre de vue toutefois que ces températures ne sont pas concomitantes aux données de pêche et ne constituent qu'une réalité statistique moyenne des températures de surface dans le secteur.

Le cinquième graphique (e) présente une estimation des prises totales par l'ensemble des engins de surface, pour les trois espèces de thonidés, de 1969 à 1982, dans chacun des secteurs géographiques étudiés.

#### 7.4.2. Zone Mauritanie

L'hydrologie de cette zone a surtout été décrite pendant l'hiver boréal au moment où se développe l'upwelling côtier qui est un des plus importants de l'océan mondial.

La zone Mauritanie est historiquement une des premières zones de pêche explorée par les flottilles thonières européennes. La saison de pêche s'étend de juin à octobre; elle débute à la fin de la saison froide et s'étend pendant toute la saison chaude (figure 7.10.b). On retrouve ce phénomène de transition hydrologique dans la répartition des prises de thons en fonction de la température, avec des pêches d'albacores, de listaos et de patudos dans des eaux d'une température comprise entre 22°C et 28°C (figure 7.10.a). Les cartes de localisation des prises (figure 7.10.d) montrent que les thons sont pêchés à la limite du plateau continental au sud-ouest du banc d'Arguin, à proximité immédiate d'une zone très riche en poissons pélagiques côtiers. Les zones de pêche sont très restreintes et ce n'est qu'à partir du mois d'octobre que les thons se dispersent vers le sud.

#### 7.4.3. Zone Sénégal

L'hydrologie de la province maritime sénégal-mauritanienne est décrite par Berrit (1962), Rossignol et Aboussouan (1963), Champagnat et Domain (1978) et Rebert (1979). Cette région se situe dans la zone de balancement du front intertropical au nord duquel est établi un régime d'alizés. L'influence de ces vents se fait sentir jusqu'à 10° nord en hiver et jusqu'à 21° nord en été. Il en résulte l'apparition d'une saison froide qui s'étend de décembre à mai et d'une saison chaude qui débute en juin. En saison froide, les vents renforcent à la côte le refroidissement saisonnier et cet upwelling particulièrement important amène en surface des eaux froides, en moyenne moins de 22°C, avec localement des températures qui sont à la côte inférieures à 18°C; ces eaux froides sont riches en éléments nutritifs. En saison chaude, les alizés faiblissent, les remontées d'eaux cessent, les eaux froides sont recouvertes d'eaux chaudes, plus de 27°C, associées au contre courant équatorial nord.

Les cartes de températures de surface montrent la présence d'une structure frontale au large des îles Bissagos entre 8° nord et 13° nord de mars à juin. Cette zone est homologue de celle du cap Lopez dans l'hémisphère sud. Bien que le front des Bissagos n'ait pas été étudié comme celui du cap Lopez et qu'il soit probablement moins bien caractérisé, on peut raisonnablement penser que les phénomènes hydrologiques et d'enrichissement y sont similaires mais cependant moins importants.

On peut distinguer dans cette zone deux saisons de pêche: la première s'étend en avril et mai, la deuxième de juillet à septembre. Ces deux périodes de pêche sont très nettement différenciées au niveau des prises en fonction de la température de surface :

Au cours de la saison de pêche qui s'étend d'avril à mai, période qui correspond à la fin de la saison froide et au début de l'installation de la saison chaude, on retrouve cette transition dans la répartition des prises de thons en fonction de la température, avec des pêches d'albacores et de listaos dans des eaux d'une température supérieure ou égale à 25°C et des pêches dans des températures inférieures à 25°C (figure 7.11.a). Le maximum des prises s'observe à 23°C. D'après Cayré (1985), les listaos qui alimentent les pêches observées au large du Sénégal et des îles du Cap Vert en avril-mai, proviennent d'une zone située au large du Liberia. Ces listaos resteraient dans la zone Sénégal pendant tout l'été.

La deuxième période de pêche qui s'étend de juillet à septembre est la plus importante au niveau des prises. Les pêches d'albacores et de listaos se font dans des eaux chaudes dont la température est comprise entre 26°C et 30°C (figure 7.11.a). Il est à noter que la quasi totalité des prises se fait dans une frange très étroite, juste au delà de l'isobathe 200 mètres et à proximité immédiate du plateau continental. Nous avons porté sur la figure 7.12 les prises totales de listaos des mois d'août 1980 à 1983, par les senneurs FIS et espagnols, entre 13° nord et 15° nord en fonction de la longitude, c'est-à-dire, approximativement, de la distance à la côte. Le pic des prises se situe entre 17°45' et 17°55'ouest. On doit, pour expliquer cette concentration extrême des thons, envisager l'hypothèse que ceux ci se nourrissent activement sur les importants stocks de pélagiques côtiers qui demeurent l'été dans le secteur entre deux saisons d'upwelling. La biomasse estivale de poissons pélagiques côtiers dans le secteur est estimée par échantillonnage en moyenne à plusieurs centaines de milliers de tonnes (Levenez com. pers.). Cette hypothèse demanderait à être confirmée par des observations de contenus stomacaux.

#### 7.4.4. Zone Guinée

Cette région est une zone frontière entre les régions nord soumises au régime climatique de l'hémisphère nord et les régions sud placées sous le régime climatique de l'hémisphère austral. L'amplitude annuelle des variations de la température de surface est faible, de l'ordre de 2 à 3°C (figure 7.13.b). Une remontée de la thermocline en été boréal associée à la circulation cyclonique de l'extrémité est du contre-courant équatorial nord, se traduit par une thermocline en forme de dôme. Cette structure hydrologique a été étudiée par plusieurs auteurs: Rossignol et Meyrius (1964), Mazeika (1967), Voituriez et Dandonneau (1974) ainsi que Voituriez et Herbland (1982). Voituriez et Dandonneau (1974) montrent que "cette structure particulière de la thermocline qui n'atteint pas la surface, entraîne un accroissement important de la production primaire, dont on peut penser qu'il favorisera le développement de la chaîne trophique pouvant conduire à la présence de nourriture pour le thon".

On a distingué dans cette région deux saisons de pêche: la première de mars à mai et la deuxième de moindre importance de septembre à novembre.

Les importantes prises d'albacore et de listao réalisées de mars à mai peuvent être reliées au fait que cette région est située à la limite de l'upwelling sénégal-mauritanien et du front qui lui est associé (Berrit, 1962): il est probable que cette structure frontale et l'advection par les eaux issues de l'upwelling côtier, contribue au développement d'une nourriture favorable à la présence du thon en début d'année. La distribution des captures en fonction de la température est le reflet de la complexité hydrologique de cette zone à cette période de l'année. En effet, les prises d'albacores et de listaos en fonction de la température (figure 7.13.a) se

Figure 7.10 Prises et températures dans le secteur "Mauritanie":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, canneurs FIS, période 1980 à 1983, opérations de pêche pour lesquelles la température de surface est connue, de mai à novembre.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles (en 1/10ème de degré) relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (la période qui correspond à la saison de pêche est notée par des tirets).
- (c) Prises de patudos (c1), d'albacore (c2) et de listaos (c3) par mois par les canneurs FIS de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles d'albacores, de listaos et de patudos dans le secteur, de mai à novembre.
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

MAURITANIA

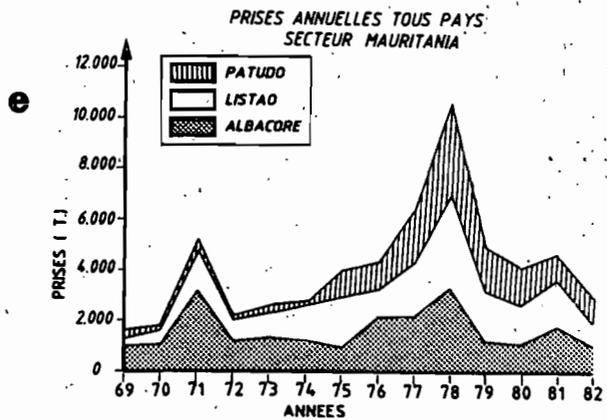
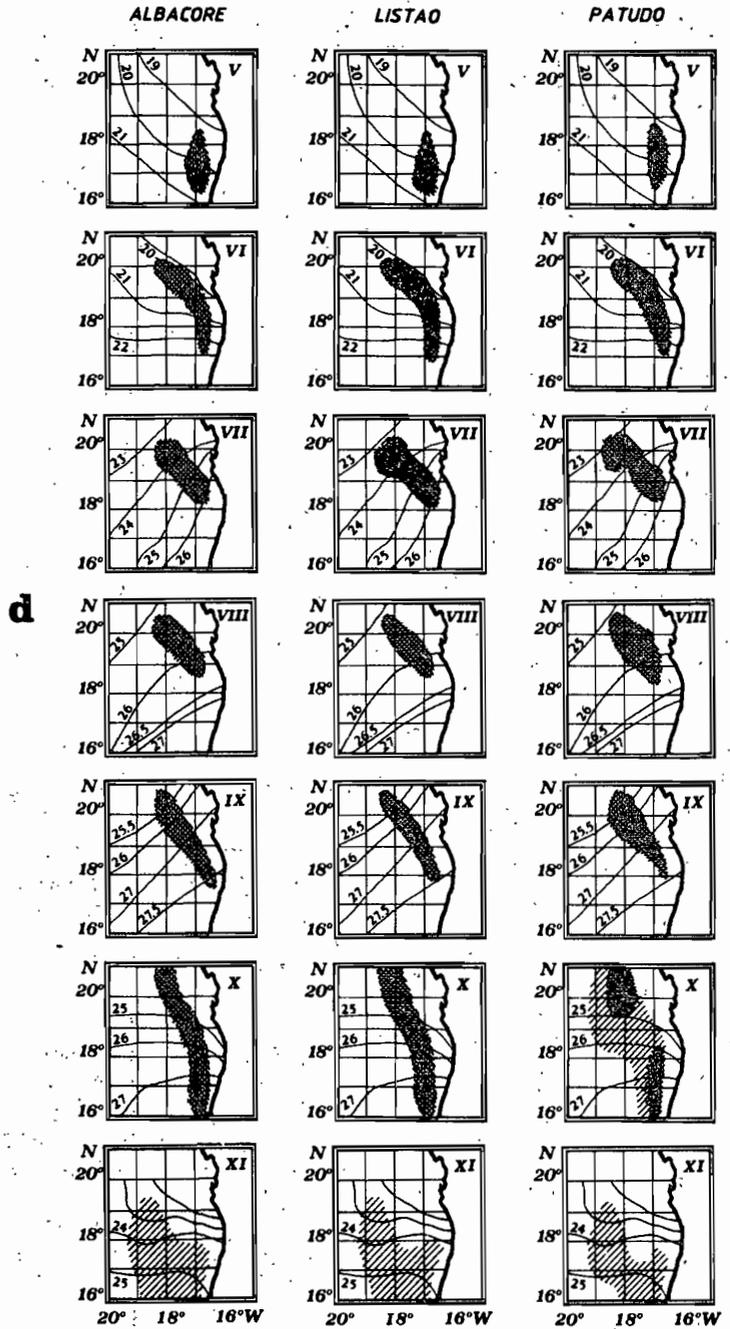
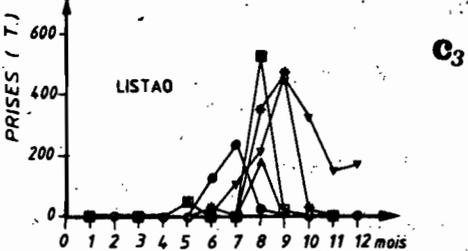
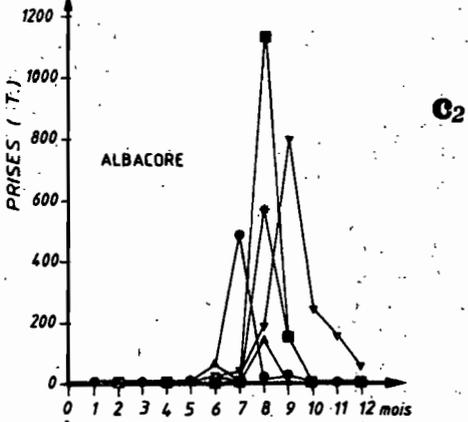
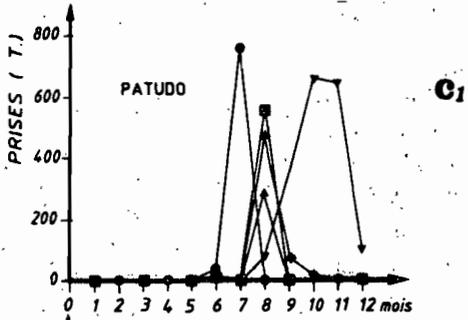
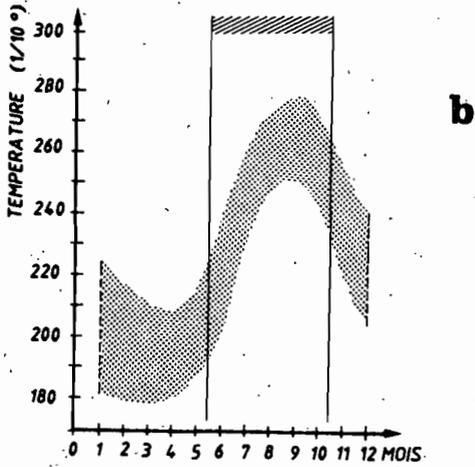
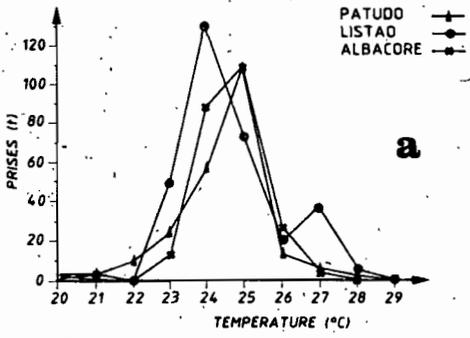


FIGURE 7.10

Figure 7.11 Prises et températures dans le secteur "Sénégal":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue: (a1) d'avril à mai et (a2) de juillet à septembre.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles (en 1/10ème de degré) relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (les périodes qui correspondent aux saisons de pêche sont notées par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c2) et de listao (c1) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos dans le secteur, d'avril à mai (d1) et de juillet à septembre (d2).
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

SENEGAL

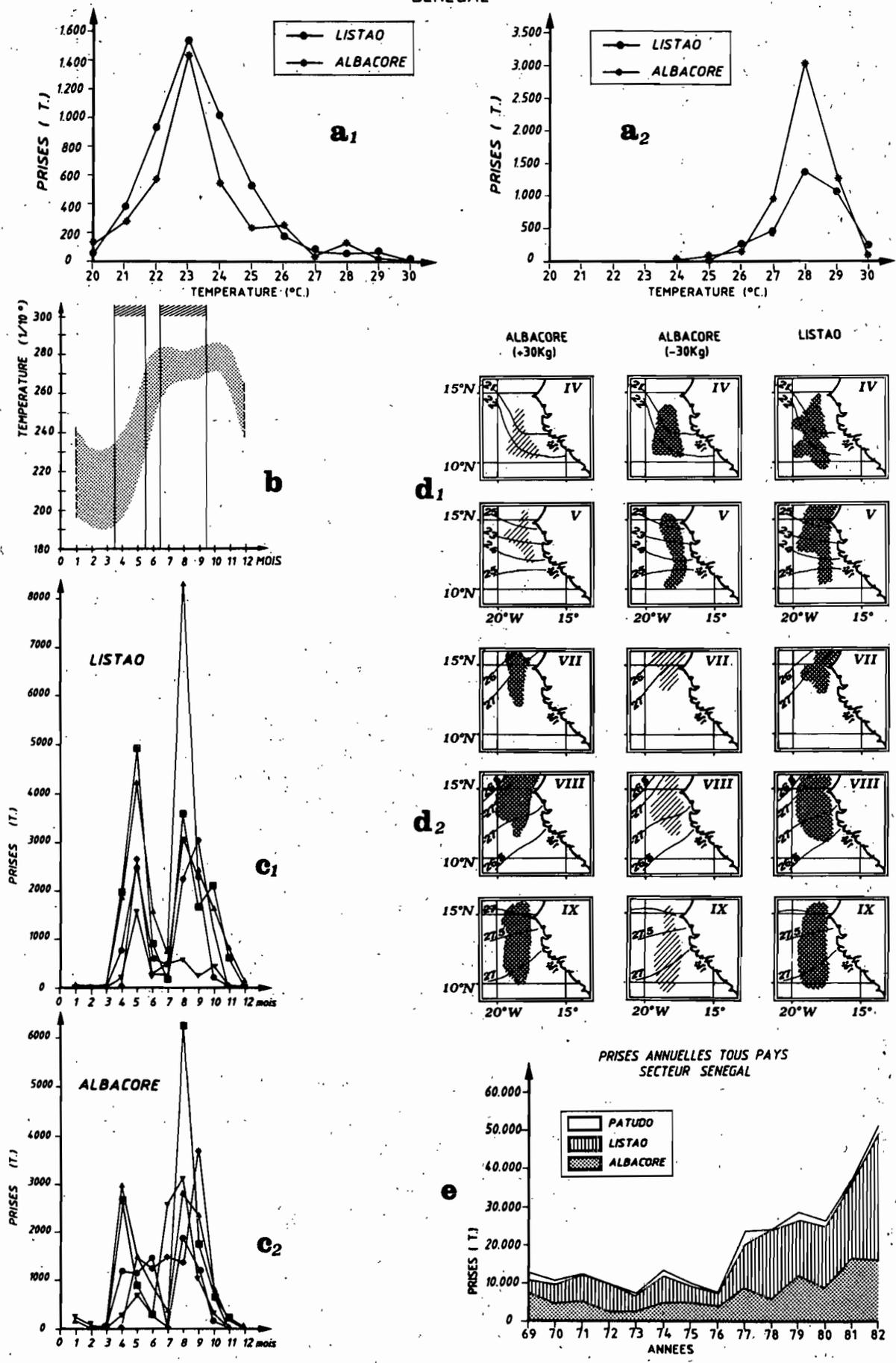


FIGURE 7.11

Figure 7.13 Prises et températures dans le secteur "Guinée":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue: (a1) de mars à mai et (a2) de septembre à novembre.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles (en 1/10ème de degré) relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (les périodes qui correspondent aux saisons de pêche sont notées par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c1) et de listao (c2) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30 kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos dans le secteur, de mars à mai (d1) et de septembre à novembre (d2).
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

GUINEE

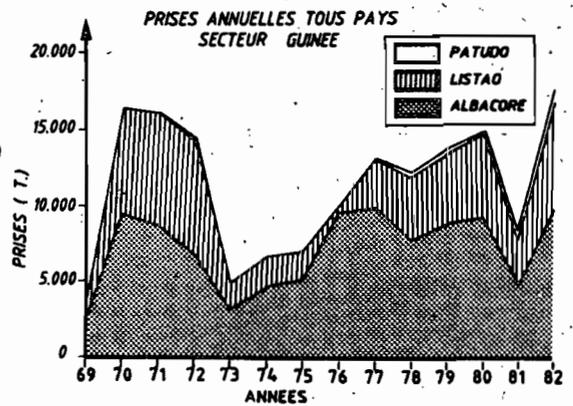
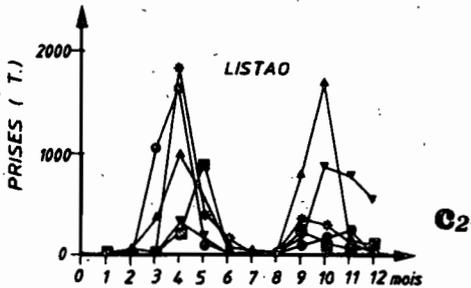
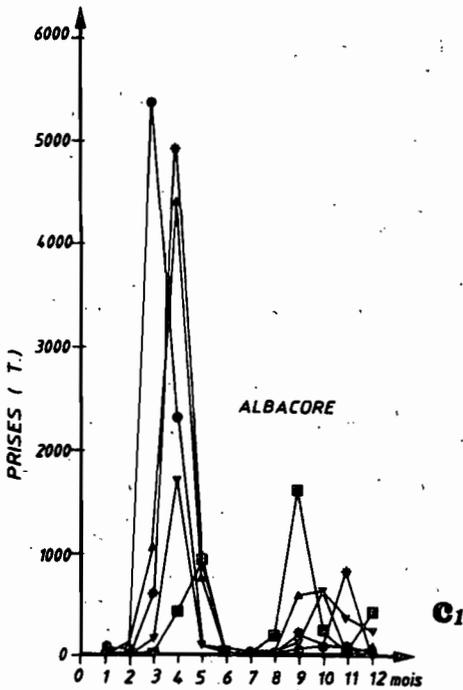
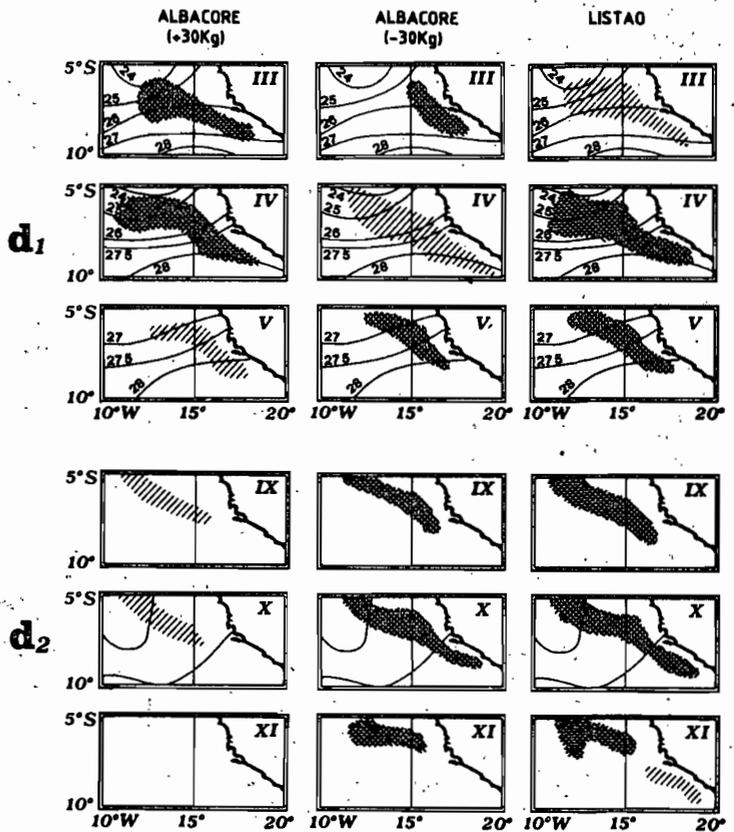
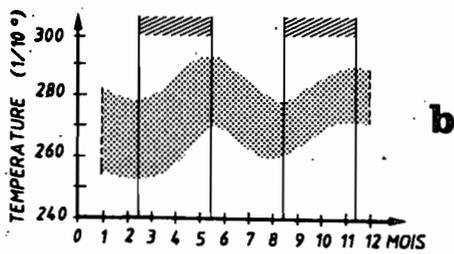
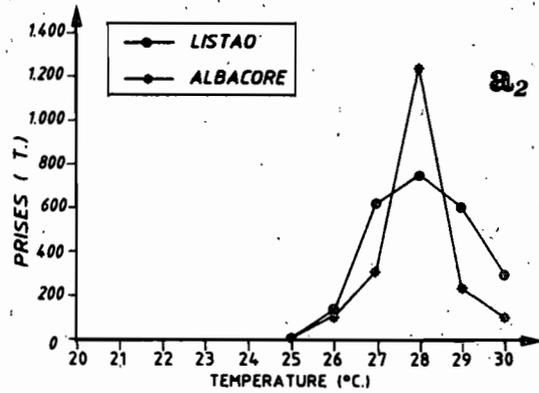
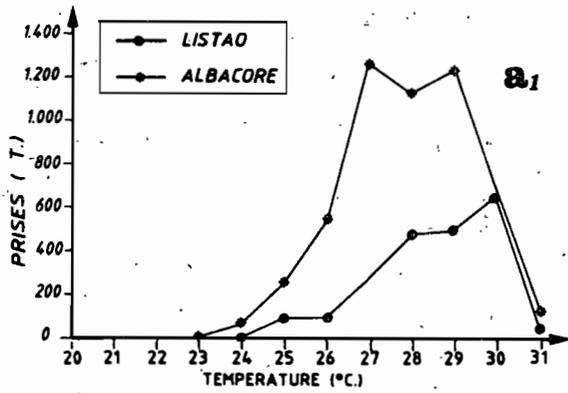


FIGURE 7.13

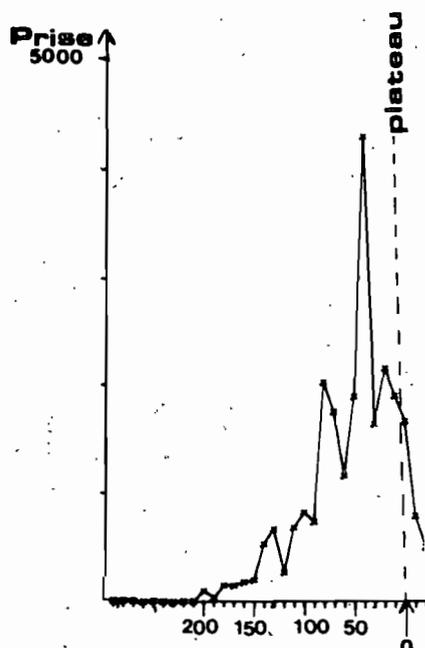


Figure 7.12 Distribution en longitude des captures de listao, par intervalles de 10 milles, dans le zone 14 à 15° nord durant le mois d'août, période 1980 à 1983. La limite du plateau continental est située approximativement sur l'axe des x au point noté 0.

Tableau 7.1 Tableau comparatif des valeurs moyennes de Production Primaire Intégrée exprimées en  $mgC/m^2/h$  rencontrées dans différents systèmes productifs du golfe de Guinée.

	Upwel. Maurit.	Front C. Lopez	Domes Gui. & Ang	Equateur C. ther.   upwel.		Conver- gence
Prod. Prim. Intégr.						
Val. moyenne $mgC/m^2/h$	137 - 200 (1)	73 (2)	80 (1)	70 (3)	133 (4)	38 (3)

- (1) VOITURIEZ et HERBLAND (1982)
- (2) Valeur calculée par VOITURIEZ et HERBLAND (1977) d'après DUFOUR et STRETTA 1973
- (3) VOITURIEZ et HERBLAND (1977)
- (4) VOITURIEZ et HERBLAND (1978)

font au sein d'une large plage thermique ( $25^{\circ}$  à  $30^{\circ}\text{C}$ ). Par ailleurs, ces importantes prises peuvent aussi être le résultat de concentrations liées à la reproduction des albacores et des listaos. Albaret (1977), met en évidence une aire de ponte pour l'albacore, (moins importante toutefois que celle localisée dans le "fond" du golfe de Guinée), au large de la Guinée pendant le premier trimestre de l'année.

La deuxième saison de pêche débute dans cette région à la fin de l'été boréal, à une époque où la structure en dôme de la thermocline est présente mais s'atténue du fait de la plongée du contre-courant équatorial nord. La distribution des captures en fonction de la température de surface reflète l'homogénéité spatiale des températures à cette époque. Plus de 80 % des prises sont réalisées dans une gamme thermique allant de  $27^{\circ}$  à  $29^{\circ}\text{C}$  (figure 7.13.a). Comme pour les zones Mauritanie et Sénégal, on doit envisager l'hypothèse que les thons viennent se nourrir à la limite du plateau continental au dépens de l'important stock de poissons pélagiques côtiers présents au large des îles Bissagos. On doit aussi considérer l'hypothèse complémentaire que les thons se nourrissent dans le secteur sur la production pélagique issue de l'enrichissement du dôme de Guinée. Une autre hypothèse à ne pas écarter est celle de pêches associées à des dispositifs concentrateurs de thons; Stretta et Slepoukha (1986) soulignent que dans les zones côtières au large du Liberia, la proportion des pêches sur épave par rapport aux pêches totales dans la zone est supérieure à 40% (paragraphe 6.1.7).

#### 7.4.5. Zone Libéria

La zone Liberia est une zone complexe pour laquelle peu d'études hydrologiques ont été faites. C'est une zone où l'amplitude du signal thermique annuel est importante (figure 7.14.b). Le refroidissement des eaux dans cette zone pendant l'été boréal est à relier au refroidissement côtier à l'est de cette zone dans la province maritime ivoirienne et au refroidissement en liaison avec l'upwelling équatorial (Grouzov, 1971). Cette zone est une zone de convergence entre le contre-courant équatorial nord et la partie nord du courant équatorial sud. Le tableau 7.2 qui présente les différentes valeurs de production du micro et du mésozooplancton montre qu'au sein de cette zone de convergence cette productivité n'est pas négligeable.

On a distingué dans cette zone deux saisons de pêche, la première de janvier à avril et la deuxième d'octobre à décembre. Dans cette zone les listaos ont tendance à se regrouper entre  $2^{\circ}$  et  $4^{\circ}$  nord (figure 7.14.d et figure 7.15). Comme pour la région Guinée, les prises d'albacores et de listaos pendant la première saison se font dans une large plage thermique (figure 7.14.a1). En revanche la gamme thermique dans laquelle se situe la deuxième saison de pêche est beaucoup plus restreinte de  $27^{\circ}\text{C}$  à  $29^{\circ}\text{C}$  (figure 7.14.a2). L'abondance des thons dans le secteur et leur forte concentration entre les latitudes  $2^{\circ}$  nord et  $4^{\circ}$  nord demeurent mal expliquées, bien que cette distribution soit probablement en relation avec des facteurs de l'environnement.

#### 7.4.6. Zone Equateur

La région équatoriale de l'Atlantique est caractérisée par la présence de deux mécanismes d'enrichissement de la masse d'eau. Le premier se situe en janvier-février et les plus fortes valeurs de chlorophylle sont situées entre  $1^{\circ}30'$  sud et  $3^{\circ}$  sud. Cette importante productivité est associée à la présence d'une crête thermique observée entre  $2^{\circ}$  et  $3^{\circ}$  sud. Une crête thermique est une remontée de la thermocline dans la couche euphotique, la thermocline n'atteignant toutefois pas la surface. Cette crête est un trait permanent de la structure thermique dans la zone équatoriale de l'océan Atlantique. Elle a été observée par  $4^{\circ}$  ouest en novembre 1971 (Dufour et Stretta, 1973a), à  $10^{\circ}$  ouest en novembre 1973 (Stretta, 1975) et jusqu'à  $20^{\circ}$  ouest (Voituriez et Herbland, 1977). Ces derniers auteurs remarquent que dans ce type de

Figure 7.14. Prises et températures dans le secteur "Libéria":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue: (a1) d'octobre à décembre et (a2) de janvier à avril.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles (en 1/10ème de degré) relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (les périodes qui correspondent aux saisons de pêche sont notées par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c1) et de listaos (c2) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos, dans le secteur, d'octobre à décembre (d1), et de janvier à avril (d2).
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

LIBERIA

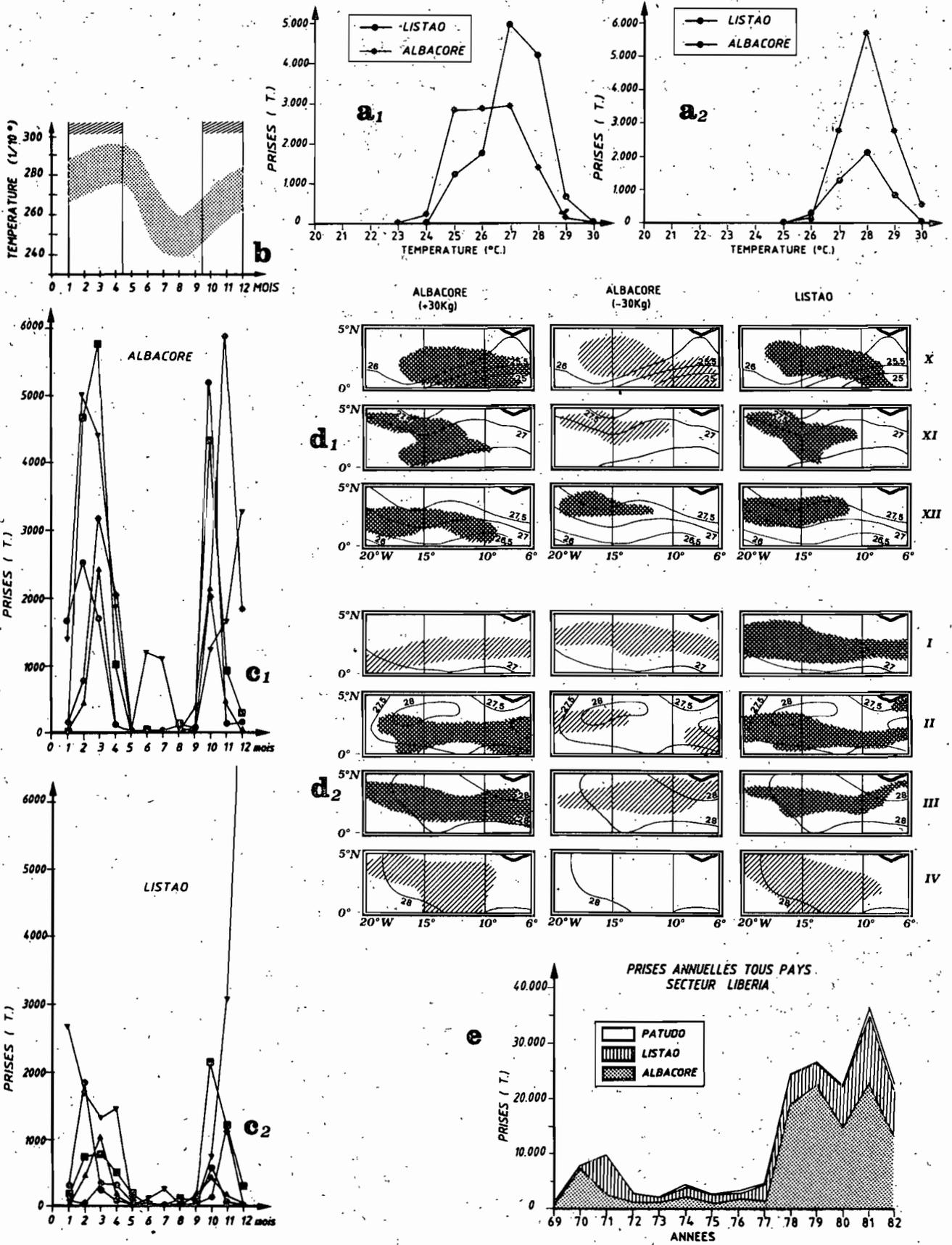


FIGURE 7.14

structure, le maximum de chlorophylle s'observe au niveau de la nitracline qui ne coïncide pas forcément avec la pycnocline. Si la nitracline n'est pas trop profonde, on observe un maximum de production primaire qui peut s'élever jusqu'à 70 mgC/m<sup>2</sup>/h (Tableau 7.1). La présence de cette crête thermique vers 2° à 3° sud, va créer une source permanente d'enrichissement et les variations de l'écosystème se font suivant un état d'équilibre. Dandonneau (1975) note que dans ce type d'écosystème, les apports de sels nutritifs sont suffisamment lents pour que les deux populations de phytoplancton et de zooplancton aient le temps de s'y adapter. L'effet de cette crête thermique est particulièrement net à l'examen de la figure 7.16 qui représente les prises d'albacore dans le secteur en fonction de la latitude, par intervalles de 10 milles nautiques. Le maximum des prises se situe entre 1°30' sud et 3° sud.

Si la crête thermique semble être un trait permanent de la structure thermique dans l'Atlantique pendant la saison chaude, en revanche, le deuxième mécanisme d'enrichissement correspond à l'upwelling qui se développe en saison froide dans la région équatoriale de juillet à septembre (ou divergence équatoriale). D'après Voiturier et Herbland (1977), cet upwelling se caractérise par un refroidissement et un enrichissement en nitrates entre 0°30' nord et 1°30' sud, centrés sur 0°30' sud. L'essentiel de la production se situe en surface. Les eaux froides issues de cette divergence vont se heurter aux eaux chaudes présentes au nord et former une zone frontale (qui n'atteint pas l'ampleur de celle située au large du cap Lopez). Dans les eaux issues de l'upwelling, la productivité est élevée (tableau 7.1) avec toutefois d'importantes variations rattachées à la forte turbulence qui règne à l'équateur. Selon Voiturier et Hisard (1975), cette turbulence contrarie le développement du phytoplancton.

Le Borgne (1977) a montré que la production du zooplancton est plus élevée en saison froide (juillet-septembre) qu'en saison chaude (décembre-mars), le rapport de production entre les deux saisons étant très proche de celui des biomasses. Cet auteur estime la productivité annuelle moyenne de la zone équatoriale à 21.5 tonnes de carbone de macroplancton et de micronecton, soit 215 tonnes de matière fraîche par mille-carré.

Cette zone Equateur pourrait être qualifiée comme étant une région où l'on ne pêche que de l'albacore (figure 7.17.e). Cette pêche se déroule dans cette zone après la période d'upwelling dans les eaux à forte productivité de la divergence équatoriale. Les cartes de températures hebdomadaires de la surface de la mer fournies par la NOAA (cartes GOSSTCOMP) mettent en évidence dans cette région la présence d'importantes cellules de remontées d'eaux froides qui créent ainsi des enrichissements très localisés de la masse d'eau.

La prédominance d'albacores de plus de 30 kg (figure 7.17.d) est à relier au fait que cette zone semble une des principales aires de reproduction de l'albacore (paragraphe 6.1.1). D'après Albaret (1977), la maturation des ovaires des femelles d'albacore débute début décembre et durerait jusqu'au mois de mars et la ponte aurait lieu au cours du premier trimestre. L'essentiel de la ponte se déroulerait en Atlantique tropical oriental dans deux zones: la principale, qui est située dans le "fond" du golfe de Guinée de 5° nord à 5° sud et s'étend de la côte africaine au méridien de Greenwich (figure 6.9). Une deuxième zone de ponte, se trouverait au large du Liberia. Les gonades des thons capturés dans la zone de pêche située à l'ouest du méridien de Greenwich et au sud de l'équateur n'ont jamais été échantillonnées, mais on peut admettre l'hypothèse que ces individus sont eux aussi en phase de reproduction durant le premier trimestre. Les albacores en migration, sans doute associée à leur cycle de reproduction, rencontrent alors des conditions favorables à la ponte.

L'absence presque complète de pêche d'albacores dans la zone de mai à novembre demeure difficile à expliquer car les eaux de ce secteur sont

Tableau 7.2 Tableau comparatif des valeurs moyennes de Production du microzooplancton et du mésozooplancton exprimées en mg rencontrées dans différents systèmes productifs du golfe de Guinée.

	Dôme Angola	Eaux oligot.	C.E.N.	Equateur C. ther.	Equateur upwel.	Convergence
Prod. micro. + mesozoo. poids sec mg	525	139 - 360	683	394*- 1 318	592- 2 360	570- 994

\* Sans le microzooplancton.

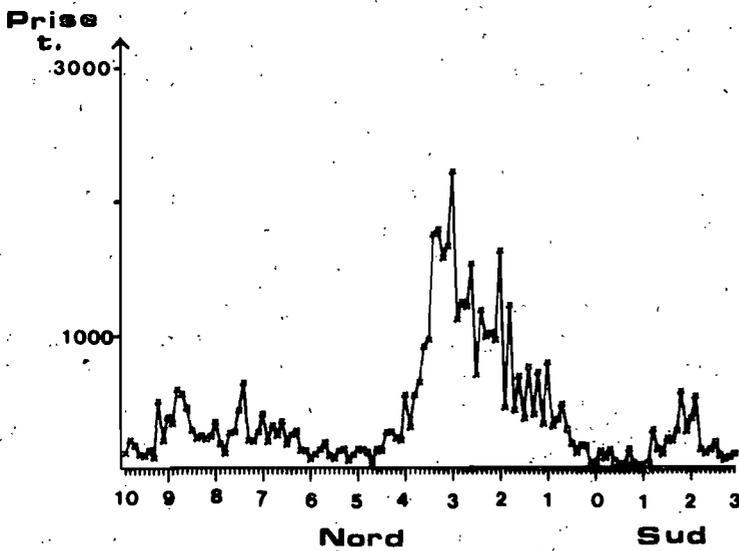


Figure 7.15

Distribution en latitude des captures de listao, par intervalles de 10 milles, dans la zone 25° ouest à 10° ouest de 10° nord à 3° sud, de novembre à mars, période 1980 à 1983, senneurs FIS et espagnols.

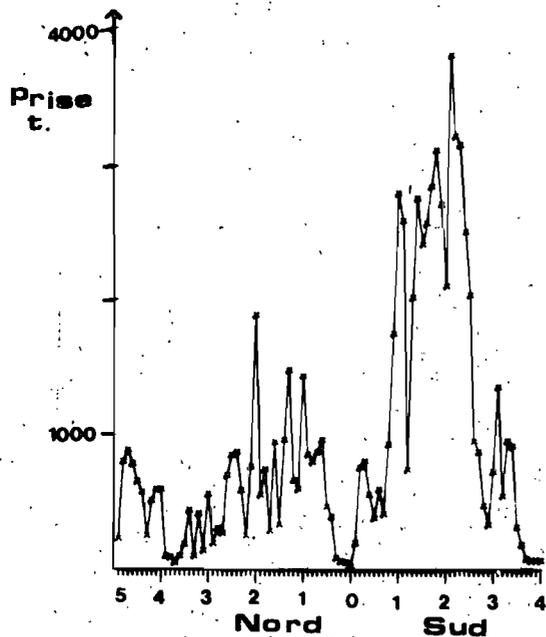


Figure 7.16

Distribution en latitude des captures d'albacores, par intervalles de 10 milles dans la zone 10° ouest à l'équateur, entre 5° nord et 4° sud, de novembre à mars, période 1980 à 1983, senneurs FIS et espagnols.

Figure 7.17 Prises et températures dans le secteur "Equateur":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue, de décembre à mars.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles (en 1/10ème de degré) relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (la période qui correspond à la saison de pêche est notée par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c1) et de listaos (c2) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos, dans le secteur, de décembre à mars.
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

EQUATEUR

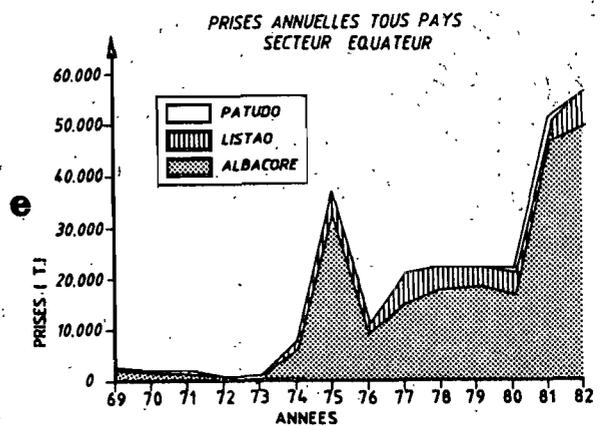
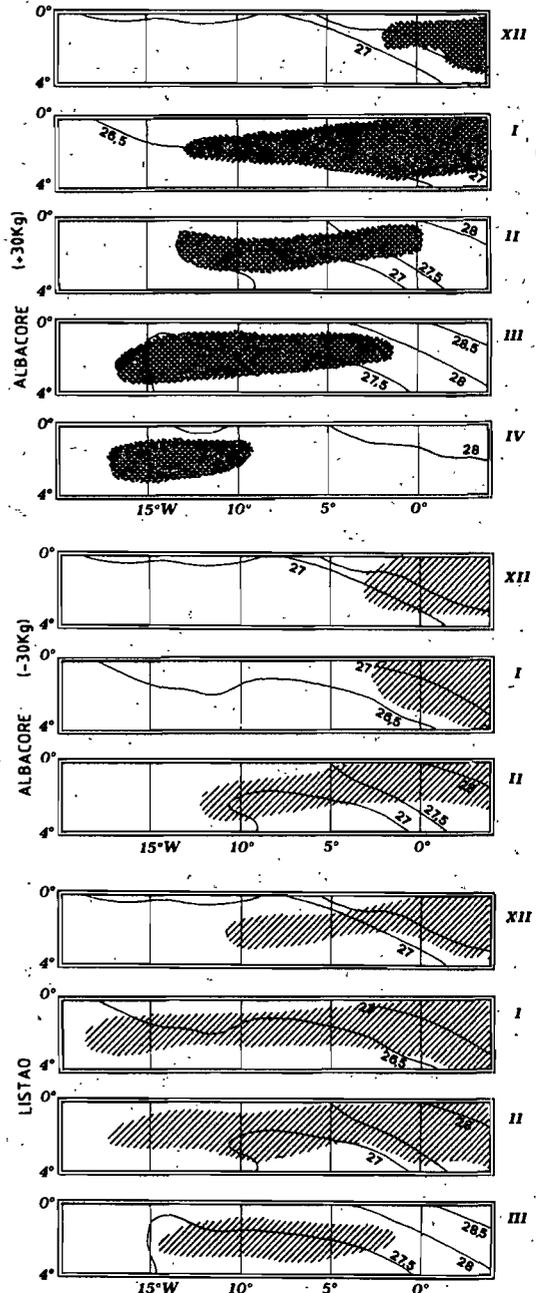
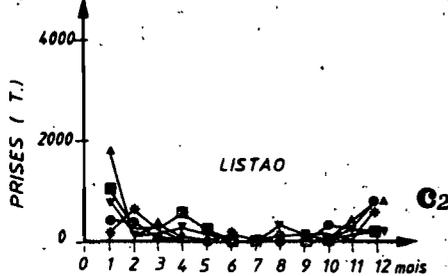
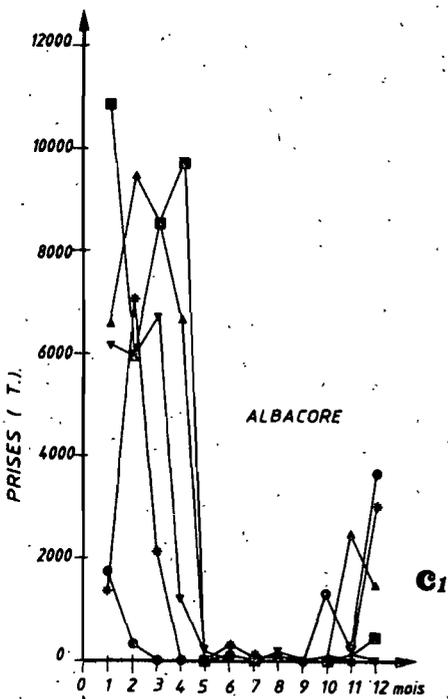
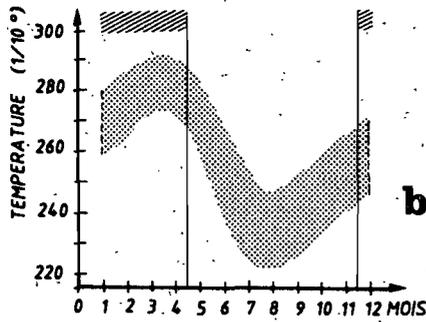
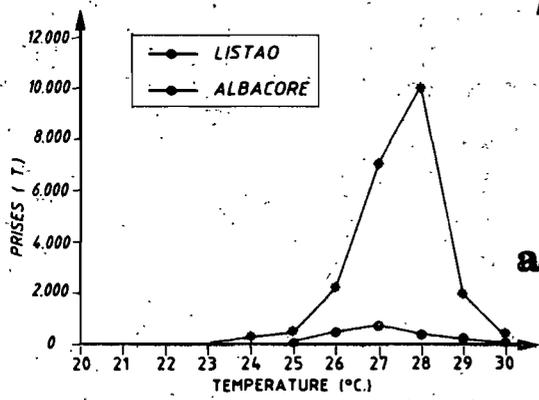


FIGURE 7:17

productives toute l'année et la température de l'eau y est compatible avec leur présence.

On constate par ailleurs que les prises d'albacores sont principalement observées entre 26° et 29°C (figure 7.17.a). On peut aussi relever un net déplacement vers l'ouest des lieux de pêche entre décembre et avril (figure 7.17.d). Ce déplacement se fait dans toute la zone de la crête thermique entre l'équateur et 3° sud; ce mouvement ne peut pas s'expliquer par une recherche de nourriture, l'ensemble de la zone étant sous l'influence du processus d'enrichissement équatorial.

#### 7.4.7. Zone Ghana

La zone Ghana s'étend de la côte d'Ivoire au Ghana et englobe donc les plateaux continentaux de ces deux pays. L'hydrologie du plateau continental ivoirien est décrite par plusieurs auteurs: Varlet (1958), Morlière (1970), Morlière et Rebert (1972), Lemasson et Rebert (1973) et Binet (1976). De ces articles, il ressort que les eaux tropicales, chaudes (28°C) et dessalées ( $S < 35$ ‰) recouvrent l'eau centrale sud-Atlantique pendant la majeure partie de l'année.

L'enrichissement de cette zone côtière provient d'upwellings côtiers qui se produisent sporadiquement en janvier et février déterminant une "petite saison froide" pendant la "grande saison chaude". Un upwelling plus intense dont les mécanismes de déclenchement sont analysés par Picaut (1983) apparaît de juillet à septembre. Cet upwelling amène dans la couche superficielle des eaux salées ( $S > 35$ ‰) et froides (22°C), riches en éléments nutritifs. Binet (1976) montre que la production primaire répond aux enrichissements du milieu occasionnés par les upwellings et que la majeure partie de la production secondaire est liée aux variations de la température. Les apports en sels nutritifs d'origine fluviales semblent aussi importants dans cette zone.

La zone Ghana telle qu'elle est représentée sur la figure 7.2 englobe à la fois la frange côtière avec le plateau continental ivoiro-ghanéen dans la région du cap des Trois Pointes et la province maritime du large jusqu'à 1° nord entre 5° est et 6° ouest. Dans cette région en été boréal vers 3° nord, une zone de transition se forme entre les eaux froides issues de l'upwelling côtier et les eaux froides issues de la divergence équatoriale. Cette zone de transition où s'effectue le mélange entre les eaux chaudes tropicales définies plus haut, et les eaux froides issues du nord et du sud, a pu être observée lors de prospections de radiométrie aérienne. Cette masse d'eau de transition, d'une température comprise entre 24.5° et 26.5°C a été observée entre 0° et 10° ouest (la région maritime à l'ouest de 10° ouest était située en dehors de la zone d'observation) et entre 2.30° nord et 3.30° nord.

Sans qu'il y ait formation d'une zone frontale, telle qu'on peut l'observer au large du cap Lopez, il y a sans doute des échanges selon le concept développé par Frontier (1978) entre les masses froides issues des upwellings côtier et équatorial et cette masse d'eaux chaudes. Ceci expliquerait que pendant l'été boréal, c'est dans cette masse d'eau de transition (représentée sur le graphique entre 24°C et 27°C) que la quasi totalité des prises a lieu (figure 7.18.a).

On peut distinguer durant la période 1980 à 1983 pour les senneurs FIS et espagnols deux saisons de pêche: la première se situe en juillet et une deuxième plus importante d'octobre à décembre. On notera par ailleurs que les canneurs de Tema qui exploitent en permanence cette zone depuis une vingtaine d'années, y ont des rendements en listaos, albacores et patudos juvéniles qui ne manifestent pas de saisonnalité nette (figure 4.37).

La première période de pêche des senneurs en juillet est localisée au large du cap des Trois Pointes à la limite du plateau continental

particulièrement large à cet endroit (figure 7.18.d1). On note que pendant cette période les pêches se situent dans des eaux de température comprise entre 23° et 27°C. Ceci sous-entend que ces pêches seraient en relation avec des cellules de remontées d'eaux froides le long du plateau continental. On note que par ailleurs traditionnellement, par exemple de 1967 à 1979, cette période de pêche s'étendait en général jusqu'aux mois d'août et septembre. Le raccourcissement actuel de la saison de pêche demeure inexpliqué; en particulier l'effet possible d'une modification de l'environnement pour expliquer ce changement est hypothétique.

Au cours de la deuxième saison de pêche qui se déroule dans ce secteur d'octobre à décembre, l'essentiel des captures des deux espèces par les senneurs se situe dans une gamme thermique allant de 26°C à 29°C (figure 7.18.a2). Les pêches se font beaucoup plus au large que pendant le mois de juillet, à une période où l'on assiste à une augmentation de la température de surface des eaux (figure 7.18.b).

Une autre période de pêche courte et peu importante a lieu au cours du premier trimestre de l'année; elle peut être reliée à l'enrichissement de la zone dû aux upwellings côtiers pendant la petite saison froide (Binet, 1976). A cette époque, la partie située au sud de la zone Ghana se trouve en outre incluse dans une des principales aires de ponte de l'albacore (Albaret, 1977).

#### 7.4.8. Zone Cap Lopez

La région océanique du cap Lopez, dont les limites sont indiquées sur la figure 7.2, est caractérisée par la présence d'une structure frontale en été boréal, entre des eaux chaudes et dessalées au nord, et des eaux froides et salées au sud. La zone frontale du cap Lopez est constituée en fait de l'association de trois types de fronts (Stretta, 1977):

- un front de dessalure au large de l'embouchure du Gabon au sein des eaux chaudes "guinéennes";
- un front d'upwelling près du cap Lopez avec les eaux froides issues du sous-courant de Lomonosov.
- un front de divergence au sud de l'île de Sao Thomé avec des eaux froides également issues du sous-courant de Lomonosov mais associées à des diminutions de salinité de surface.

L'hydrologie de cette zone est décrite par de nombreux auteurs (Berrit, 1962; Dufour et Stretta, 1973; Morlière et al., 1974; Hisard et al., 1975; Stretta, 1977 et Wauthy, 1977) et a été présentée au paragraphe 3.3.3.

Dans cette région, à proximité du cap Lopez, s'est développée de 1910 jusqu'aux années 1950 une importante industrie baleinière (Collignon et Roux, 1950). Pendant la saison de pêche qui s'étendait de la mi-juin à la fin octobre, de 16 à 20 baleines de 12 à 18 m et d'un poids de 45 T (Mégaptère jubarte ou humpback) étaient pêchées devant le cap Lopez et traitées à terre. En 1949, 1356 baleines étaient pêchées (Acolas, 1950). La présence dans la zone de ces fortes biomasses de cétacés correspond de toute évidence à la présence de fortes quantités de nourriture disponible pour les prédateurs de fin de chaîne alimentaire.

Au niveau biologique, Dufour et Stretta (1973) montrent que:

- dans les eaux chaudes, dessalées et pauvres en sels nutritifs, situées au nord du front thermohalin, la couche d'eau ne peut supporter qu'une production primaire faible ainsi qu'une faible quantité de zooplancton.
- dans les eaux froides situées au sud du front thermohalin, les concentrations en chlorophylle "a" entre la surface et 100 mètres de profondeur sont deux à trois fois plus élevées que celles de la partie nord du front.
- l'interface entre ces deux écosystèmes constitue la zone frontale proprement dite qui est caractérisée par un gradient de densité élevé (Dufour et Stretta, 1973). Le zooplancton (essentiellement des copépodes) et le

Figure 7.18 Prises et températures dans le secteur "Ghana":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue: (a1) en juillet et (a2) d'octobre à décembre.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles (en 1/10ème de degré) relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (la période qui correspond à la saison de pêche est notée par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c1) et de listaos (c2) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos, dans le secteur, en juillet (d1) et d'octobre à décembre (d2).
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

GHANA

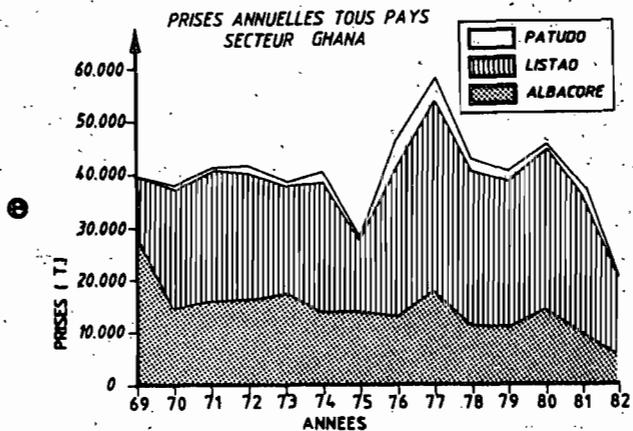
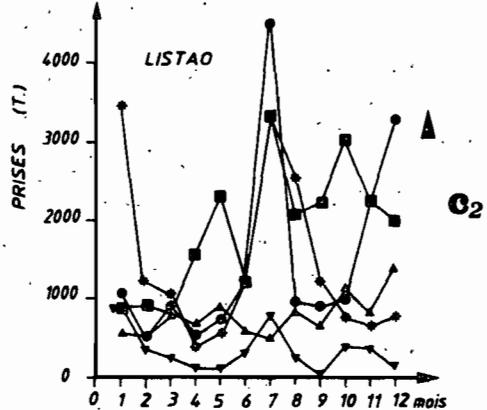
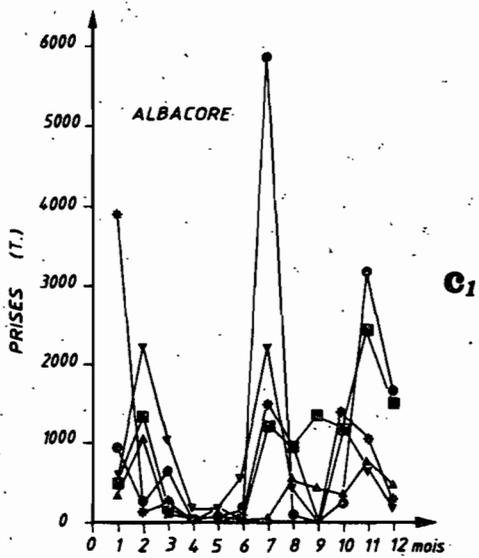
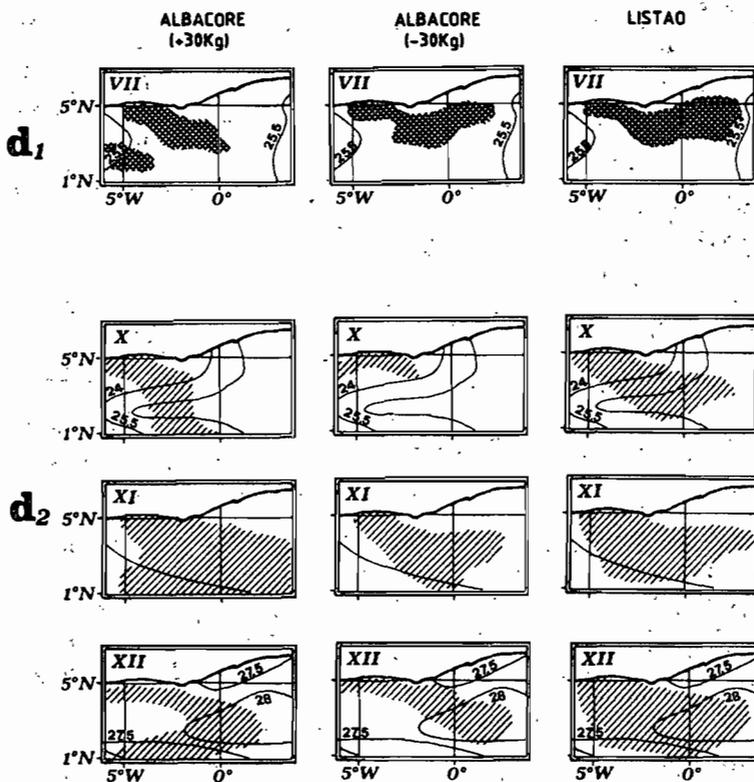
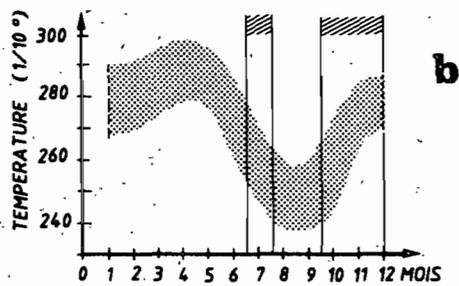
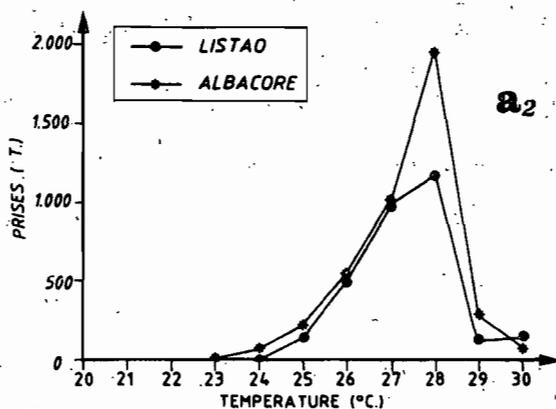
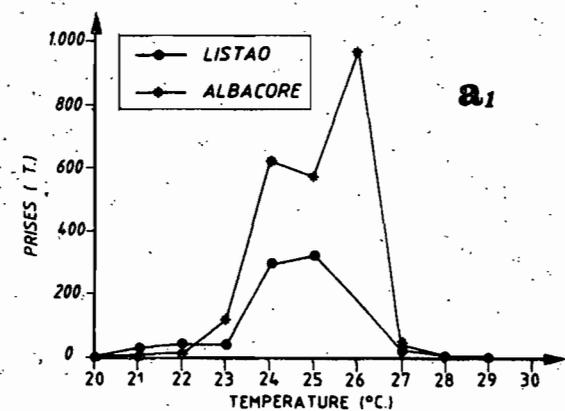


FIGURE 7.18

Figure 7.19 Prises et températures dans le secteur "Cap Lopez":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue: (a1) en mai et juin et (a2) de juillet à septembre.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (les périodes qui correspondent aux saisons de pêche sont notées par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c1) et de listaos (c2) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1979 à 1983.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos, dans le secteur, en mai et juin (d1), et de juillet à septembre (d2).
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

CAP LOPEZ

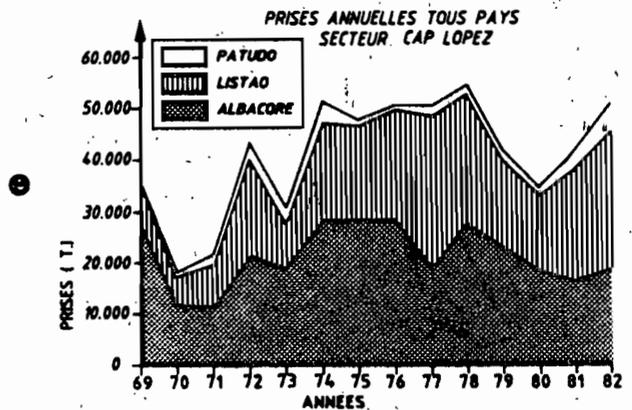
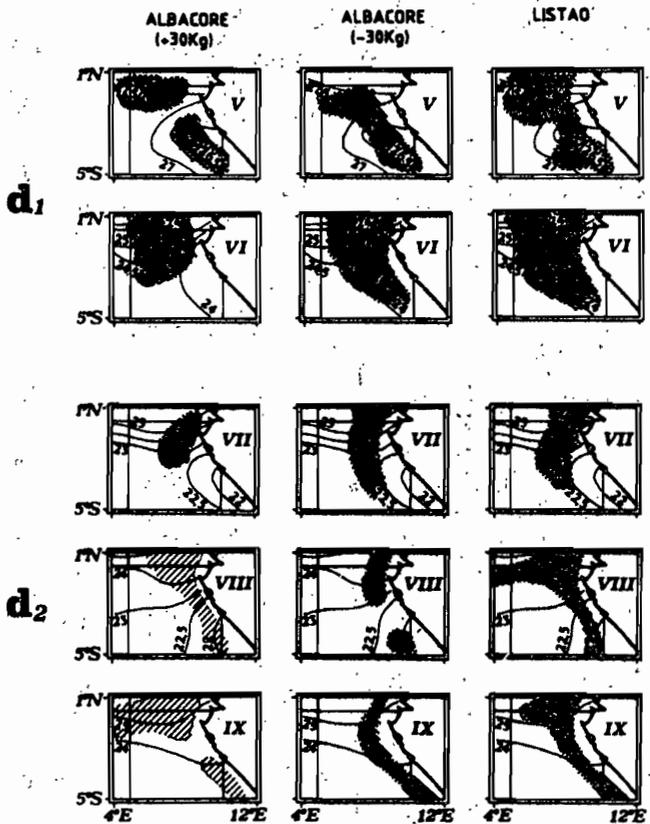
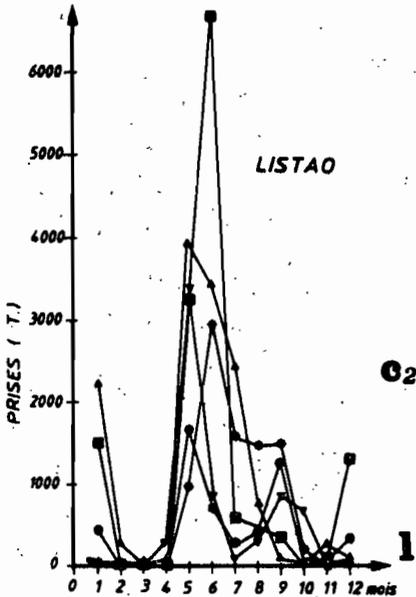
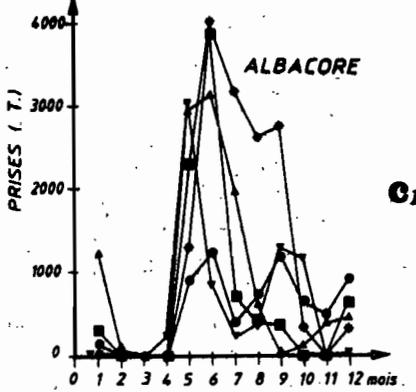
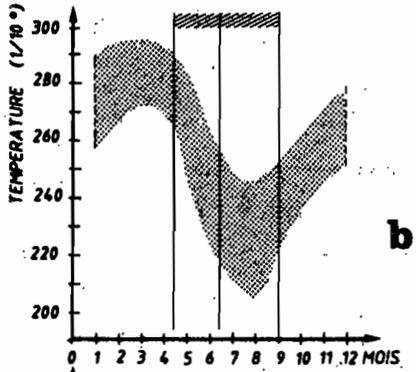
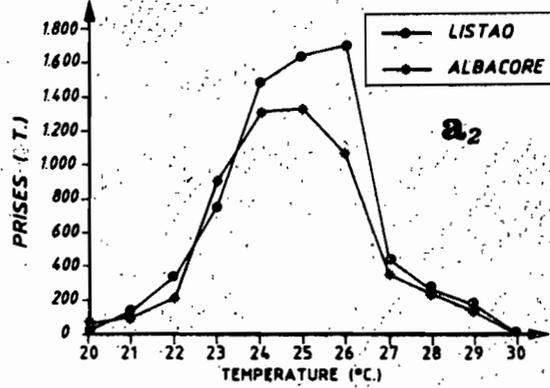
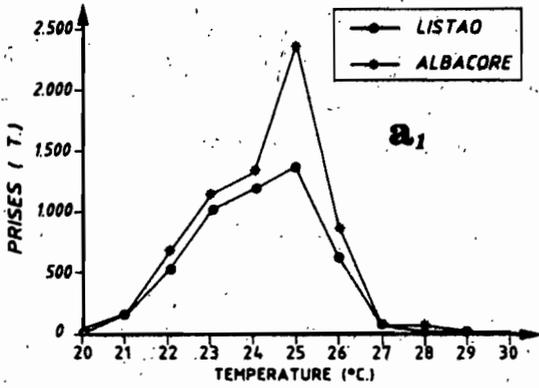


FIGURE 7.19

micronecton sont plus abondants au niveau de ce front thermique. En revanche, Voituriez et al. (1973) n'ont pas trouvé de différence entre les quantités de zooplancton présentes dans la zone frontale et au sud du front dans les eaux froides.

Toutefois comme le souligne Frontier (1978), cette zone frontale est biologiquement plus riche que les deux zones adjacentes, car "au niveau de contact entre les deux écosystèmes de maturités différentes, il se produit une exportation de matière-énergie du plus jeune vers le plus mûr. L'eau chaude oligotrophe exploitant l'eau froide riche, se peuple d'éléments trophiques supérieurs vagiles".

Dans leur synthèse sur les thons dans le Pacifique, Sund et al. (1981), commentant les résultats de Dufour et Stretta (1973), soulignent le fait que le zooplancton peut s'accumuler de façon passive et mécanique au niveau de l'interface et que le micronecton, capable de se déplacer activement, peut être attiré vers la zone frontale par le zooplancton, ceci n'étant pas vrai pour tous les taxons du micronecton et tous ne migrant pas en même temps. Ces auteurs soulignent à juste titre que les filets à micronecton sont en général de très mauvais échantillonneurs des animaux constituant le régime alimentaire des thons.

Cette importante biomasse d'animaux consommables par les thons, conduit à une concentration maximale des bancs de thons du côté chaud du système frontal (Stretta, 1977).

On a distingué dans la zone Cap Lopez deux périodes de pêche, la première en mai et juin et la deuxième en juillet, août et septembre. Comme l'imbrication des trois types de fronts décrits précédemment est étroite, il est difficile d'associer une "strate" de pêche à l'une particulière de ces structures frontales. Il est possible que les pêches en mai et juin (figure 7.19.d1) soient plus en liaison avec des fronts de dessalure que pendant la deuxième période de pêche de juillet à septembre (figure 7.19.d2). Pendant cette deuxième période de pêche, les conditions hydrologiques se caractérisent souvent par une accentuation du système frontal de type thermique et à la formation d'une "bulle" d'eau chaude étroite (figure 7.20). C'est au sein et à la périphérie de cette bulle d'eau chaude que les thons se concentrent (Stretta, 1977; Stretta et al., 1977). Ces structures thermiques très particulières peuvent se développer de 1° nord à 1° sud entre l'île de Sao Thomé et le cap Lopez. Au sud du cap Lopez de petits fronts très localisés peuvent également se développer le long de la côte en bordure du plateau continental et être le siège d'importantes concentrations de thons. Il ne faut pas perdre de vue que cette zone côtière au sud du cap Lopez est une zone de ponte de Sardinella aurita en saison froide (Ghêno et Fontana, 1981).

Dans la région Cap Lopez, on note sur les cartes de pêche que les thons ne sont pas concentrés à proximité du plateau continental, comme on l'observe dans d'autres zones. Les thons exploiteraient donc plus la productivité du système frontal océanique que celle liée au plateau continental. La biomasse des poissons pélagiques cotiers présents dans la zone du cap Lopez est d'ailleurs relativement faible comparée à celle observée plus au sud dans la zone d'upwelling de l'Angola. Ceci apparaît clairement sur la carte des prises moyenne de ces espèces (figure 7.21) (On peut, de façon très grossière, considérer que les biomasses de ces espèces sont dans chaque zone proportionnelles aux prises).

#### 7.4.9. Zone Angola

Nous considérons ici la zone de pêche qui s'étend de 5° sud à 15° sud et de la côte à 10° est. Cette zone est caractérisée par la présence d'un dôme thermique et par celle d'un fort upwelling côtier pendant l'hiver austral. Le dôme d'Angola a été mis en évidence par Mazeika (1967) et étudié par Gallardo

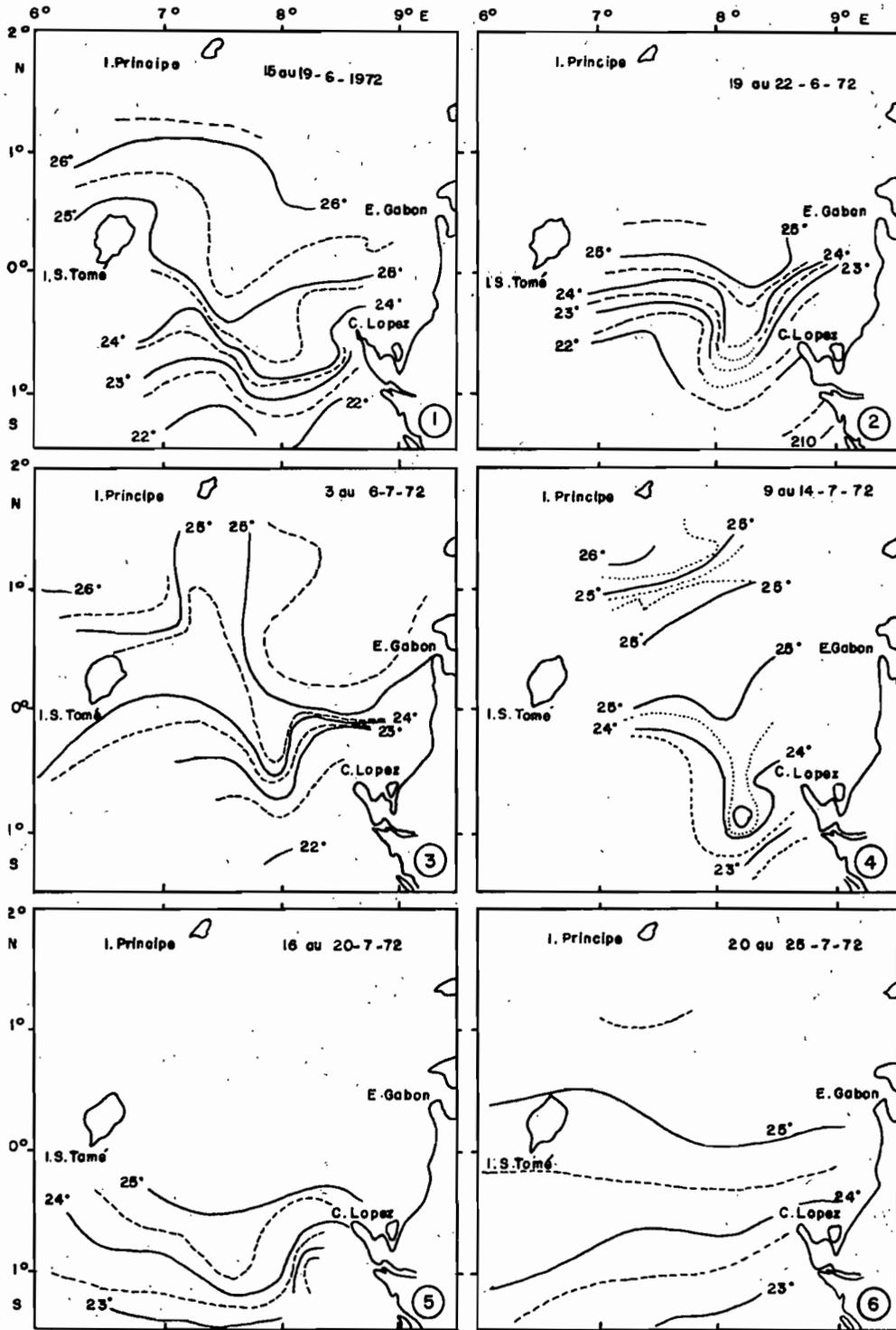


Figure 7.20 Isothermes de surface observés par périodes de 5 jours dans la zone du Cap Lopez en juin et juillet 1972 (d'après Stretta 1977).

Figure 7.22 Prises et températures dans le secteur "Angola":

- (a) Distribution des prises d'albacores et de listaos selon la température de surface, senneurs FIS et espagnols, période 1980 à 1983, calées pour lesquelles la température de surface est connue: de septembre à novembre.
- (b) Températures de surface moyennes mensuelles relevées par les navires marchands dans le secteur de 1964 à 1984 (les périodes qui correspondent aux saisons de pêche sont notées par des tirets).
- (c) Prises d'albacores (c2) et de listaos (c1) par mois par les senneurs FIS et espagnols de 1969 à 1984.
- (d) Localisation des captures mensuelles de gros albacores (+30kg), de petits albacores (-30kg) et de listaos, dans le secteur, de septembre à novembre.
- (e) Prises annuelles d'albacores, de listaos et de patudos estimées pour l'ensemble des flottilles thonières de surface, période 1969 à 1982 (en tonnes métriques).

ANGOLA

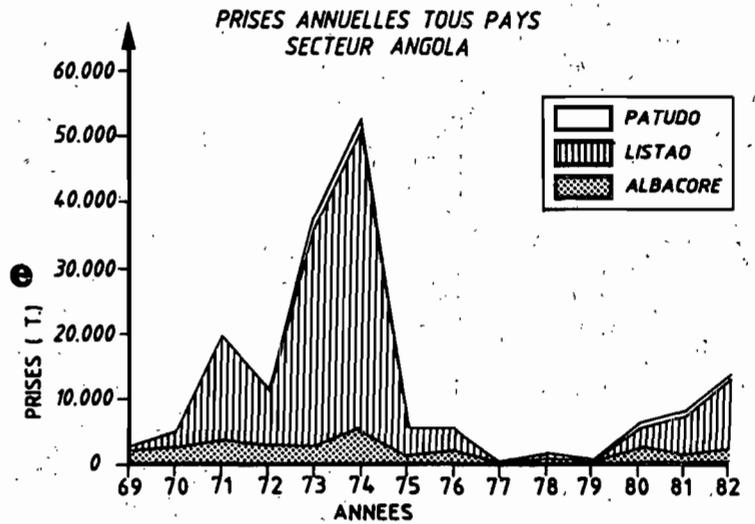
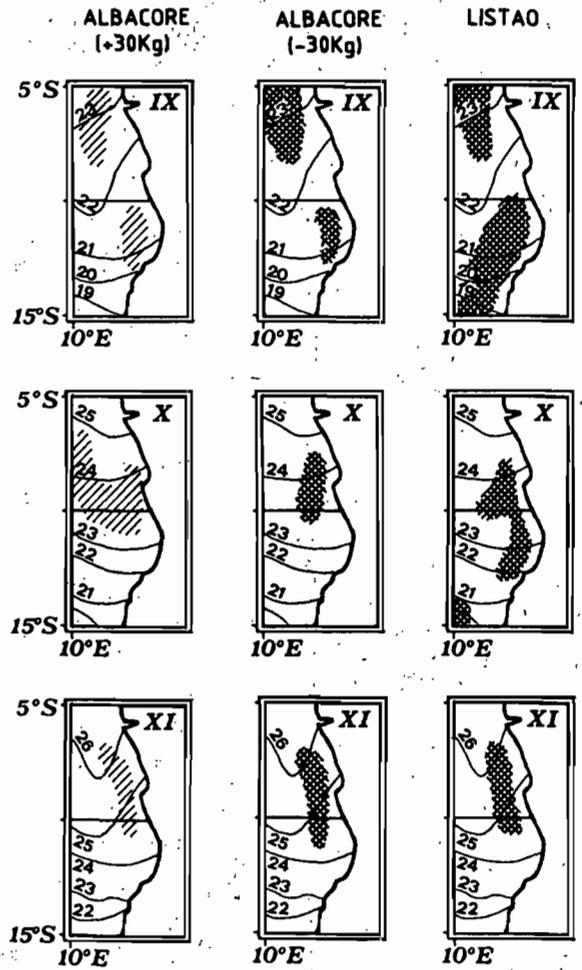
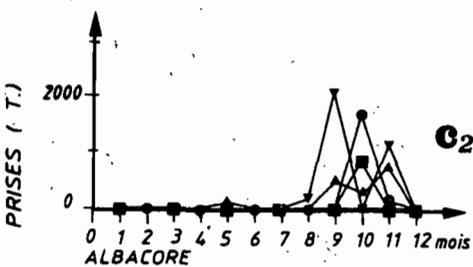
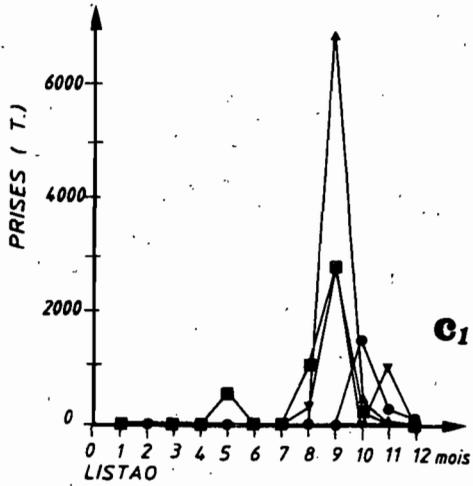
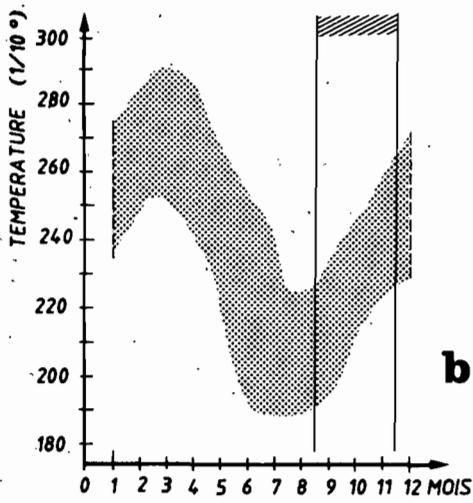
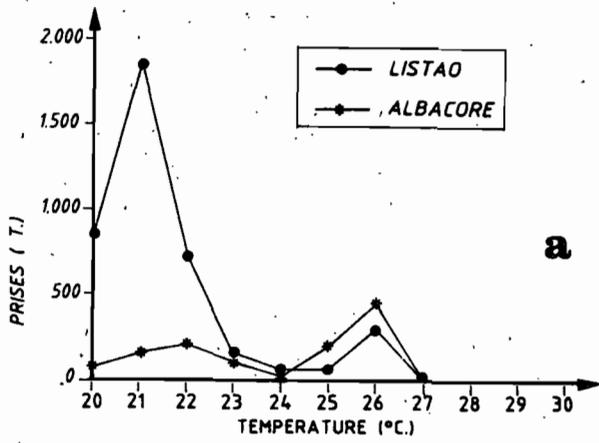


FIGURE 7.22

et al. (1974). Ce dôme d'Angola est toutefois beaucoup moins net que celui de Guinée et son existence même est actuellement remise en question (paragraphe 3.3.4); il n'en demeure pas moins vrai qu'une remontée de la thermocline apparaît en février-mars, au nord de la limite nord des alizés (Voituriez et Herbland, 1988). Pendant cette période de l'année, on peut penser que la présence des thons dans cette zone est à relier à la productivité issue du dôme thermique; c'est ce que suggère Beardsley (1969). Par ailleurs, Herbland et Stretta (1973) dressent des cartes de répartition du micronecton dans le dôme d'Angola et tentent de relier cette quantité de micronecton à la présence des thons. En hiver austral, le développement de l'upwelling côtier entraîne la formation de structures frontales aiguës comme l'attestent des températures relevées par radiométrie aérienne en septembre 1973 (Vercesi, 1973).

On a distingué dans cette zone une période de pêche principale de septembre à novembre. On note aussi l'existence de captures sporadiques, au premier trimestre, durant les années 1973 à 1975.

A la fin de l'hiver austral après l'activité de l'upwelling côtier, les senneurs et les canneurs ont régulièrement pêché au large de l'Angola jusqu'en 1974 (figure 7.22.e). Ingham et al. (1977) présentent des cartes de localisation des bancs de listaos en octobre-novembre 1968. Toutes les observations de bancs de thons sont très proches de la côte, ce qui est bien montrée sur la figure 4.10 qui montre la localisation des captures durant la période 1969 à 1974. De 1980 à 1983, les pêches de listaos se situent également dans la zone cotière à proximité immédiate du plateau continental (figure 7.22.d). En septembre 1973, les pêches d'albacores et surtout de listaos se sont déroulées au sein de zones frontales très marquées entre les isothermes 20 et 22,8°C comme l'attestent les températures relevées par radiométrie aérienne en septembre 1973 (Vercesi, 1973).

## 7.5 DISCUSSION

La description des principales strates spatio-temporelles de pêche dans le golfe de Guinée montre que les captures significatives de thonidés sont réalisées dans une gamme thermique s'étendant de 22°C à 29°C. La distribution des prises en fonction de la température de surface est très variable suivant les régions considérées. Au-delà de la seule température de surface le jour de la pêche, les paramètres d'environnement vont agir : (1) au niveau de la biomasse de thonidés, (2) au niveau de la stratégie de pêche et (3) au niveau de la tactique de pêche.

### (1) Au niveau de la biomasse de thonidés.

Est-ce que des variations de l'environnement agissent sur la dynamique des stocks exploités ? Il s'agit d'un sujet qui dans le secteur a fait l'objet de très peu d'études.

- Conceptuellement la variabilité de l'environnement peut intervenir directement sur la capturabilité du stock, donc sur son taux de mortalité par pêche, et indirectement sur la biomasse du stock. Actuellement, la seule étude de l'effet des anomalies de l'environnement sur l'exploitation des thonidés est celle de Cayré et Roy (1985). Ils remarquent qu'au sein des zones de pêche au large de la Côte-d'Ivoire (comprises dans ce que nous avons nommé zone Ghana) et au large du Sénégal, les rendements (exprimés en p.u.e.), semblent répondre de manière négative à toute anomalie thermique importante, qu'elle soit positive ou négative. Ces auteurs évoquent le fait "qu'il n'y a pas de corrélation simple entre les rendements (p.u.e.) en albacore dans l'Atlantique tropical oriental et la variabilité inter-annuelle de la température de surface considérée comme un indicateur de productivité biologique dans les zones upwellings".

- Des variations des paramètres d'environnement au sein d'une "nursery" pourraient agir aussi sur la qualité de la nourriture qui ne

serait pas appropriée au développement des larves, et avoir des effets sur la croissance et sur la mortalité aux stades larvaires et juvéniles. Ceci peut aboutir à l'existence d'une classe d'âge exceptionnellement mauvaise et entraîner une chute des prises dans une zone habituellement très productive. C'est ce qui s'est passé semble-t-il dans la zone du cap Lopez en 1975 (Stretta, 1977).

- A un deuxième niveau, on peut se demander si une surexploitation de la nourriture potentielle des thons peut entraîner une diminution des prises. Comme nous l'avons vu plus haut, il faut noter toutefois que l'effondrement du stock de sardinelles au large du Ghana n'a pas entraîné de baisse des prises de thons dans ce secteur. L'effet de l'environnement sur la dynamique des populations exploitées de thons est probable mais nos connaissances demeurent encore fragmentaires et nécessiteraient des analyses plus approfondies.

## (2) Au niveau de la stratégie de pêche.

Les conditions hydrologiques favorisant l'enrichissement d'une zone et donc la présence ou l'absence du poisson auront un effet sur la stratégie de pêche des flottilles. La chaîne alimentaire qui part d'une production primaire importante déclenchée par l'arrivée des sels nutritifs dans la couche euphotique pour aboutir aux animaux proies des thons est soumise au niveau de tous les maillons à l'action synergique des paramètres physico-chimiques et biologiques. Ces paramètres vont agir directement sur la ressource. On peut penser que de mauvaises conditions d'enrichissement dans une zone agissent aussi sur les "routes migratoires" des thons et sur la disponibilité de la ressource.

La première hypothèse que nous retenons pour expliquer la présence de thon dans une zone déterminée est qu'il existe un lien entre cette présence et la productivité de la masse d'eau, ce qui revient à dire que plus la masse d'eau est riche, plus la probabilité de trouver du thon est élevée.

La carte de migration du listao (chapitre 5, figure 5.21) montre que les listaos et, les jeunes albacores, se déplacent d'une zone de pêche à une autre. De la zone du cap Lopez au second trimestre, les listaos migrent vers la zone Ghana au troisième trimestre et vers les zones Libéria et Guinée au cours du quatrième trimestre et du premier trimestre de l'année suivante. Ces listaos et ces jeunes albacores sont pêchés dans des zones qui ont, au préalable, subi un processus d'enrichissement et de maturation de la masse d'eau (Stretta et Slepoukha, 1983b).

Ces déplacements sont conditionnés par une quête incessante de nourriture destinée à répondre à leurs importants besoins énergétiques. La présence et la quantité de nourriture présente dans une région vont avoir une influence sur la localisation et la durée de la pêche. Certaines strates de pêche se situent à la limite du plateau continental au-dessus duquel les pêches de pélagiques côtiers sont particulièrement actives. C'est le cas le long du plateau continental de la Mauritanie, du Sénégal, du Ghana et de l'Angola (carte 7.22). Cette dépendance des thons vis-à-vis des pélagiques côtiers doit cependant être modulée. Ainsi, à la suite de l'effondrement du stock de sardinelles de la région ivoiro-ghanéenne en 1973, les prises d'albacores et de listaos n'ont pas immédiatement diminué dans la région et ce n'est qu'en 1975 que les prises de thons ont été particulièrement faibles. En ce qui concerne la durée d'une période de pêche, il est probable que les processus d'enrichissement de la masse d'eau n'ont pas lieu une seule et unique fois dans le temps. Si l'on examine les cartes de température de la zone de pêche Cap Lopez en 1972 (figure 7.20) et celles de 1974 et 1975 (Stretta, 1977), on remarque que les eaux froides issues de l'upwelling côtier le long de la côte du Gabon engendrent à plusieurs reprises de juin à juillet un système frontal. Ce processus se déroule également pendant la période de pêche Ghana au large de la Côte-d'Ivoire, en été boréal (Stretta et al., 1973). De janvier à mars des pêches très localisées sont à relier au développement de la "petite saison

froide" qui voit l'apparition d'eaux froides dans ce secteur (Morlière, 1970 et Binet, 1976). C'est en raison du caractère très irrégulier de cette strate de pêche que nous ne l'avons pas analysé plus haut.

Au sein de la zone Guinée, peut-on considérer que les prises importantes réalisées pendant la première strate de pêche, de mars à mai, sont associées à la production du dôme de Guinée qui semble disparaître vers la fin septembre (Merle, 1979) ? La seule présence du dôme thermique de Guinée ne semble pas à lui seul expliquer les pêches de listaos et d'albacores de novembre à mars. Si les cartes de températures à 20 m de janvier à avril de Mazeika (1967), ainsi que celles à 20 et 50 m de janvier à mars de Merle (1978), ne font pas apparaître de structure thermique en forme de dôme dans cette zone, la disparition du dôme semble être remise en question à la suite des dernières campagnes océanographiques (Le Bouteiller, com. pers.). Par ailleurs, la formation d'une zone frontale entre les eaux issues de l'upwelling sénégalais et les eaux chaudes pourrait prendre le relais de la production dans la région du dôme de Guinée. De plus, les pêches dans ce secteur peuvent être associées à des enrichissements de la masse d'eau par des apports fluviaux ou par des cellules de convergence. Une autre hypothèse à ne pas écarter est celle des pêches associées à des dispositifs concentrateurs de thons; Stretta et Slepoukha (1986) soulignent que dans les zones côtières du Libéria, la proportion des pêches sur épave est supérieure à 40%.

Dans le golfe de Guinée, il arrive que des thons soient pêchés dans des eaux où aucun système productif ne s'est manifesté auparavant (ou n'a été détecté en surface). L'absence (ou la faible intensité) de structures favorisant un enrichissement de la masse d'eau aura-t-elle une influence sur la présence du poisson ?

Dans la zone Equateur, la présence de la crête thermique serait capable d'entretenir une importante production toute l'année; c'est l'hypothèse nouvelle que proposent Herbland et al. (1985). En saison chaude, surtout dans la zone équatoriale, on assiste à une forme d'enrichissement évoquée plus haut, plus difficilement quantifiable, liée à l'action d'ondes longues piégées à l'équateur, qui favoriseraient une remontée des eaux infrathermoclines (riches en nitrate) dans la couche euphotique. Parfois, ces cellules d'upwelling atteignent la surface et peuvent alors être détectées. Herbland et al. (1983) considèrent que dans l'océan Atlantique tropical oriental, les variations à court terme des conditions hydrologiques (Circulation verticale et horizontale et mélange turbulent associé) ont probablement plus d'importance qu'on ne le pensait; il semble que toute la zone équatoriale (entre 1° nord et 7° sud) est soumise à des "pulsations verticales" très limitées dans l'espace et dans le temps, encore mal expliquées et en tout cas non prévisibles. Le satellite météorologique équipé d'un radiomètre infrarouge est l'outil privilégié pour le repérage de ce type de variations des conditions hydrologiques de surface, qui vont être à l'origine d'un enrichissement local de la masse d'eau.

A la première hypothèse basée sur le déplacement des thons conditionné principalement par leur quête de nourriture, il ne faut pas omettre celle des concentrations liées à la reproduction. La ponte des albacores aurait lieu essentiellement au cours du premier trimestre de l'année et elle se déroulerait en Atlantique tropical oriental dans deux zones, la zone principale étant située dans le "fond" du golfe de Guinée de 5° nord à 5° sud et de la côte africaine au méridien de Greenwich; une deuxième zone de ponte étant située au large du Libéria (Albaret, 1977). Pour le listao le problème est différent car cette espèce a semble-t-il une stratégie de reproduction plus opportuniste. Cayré et Farrygio (1986) pensent que les zones dont la température est supérieure à 24°C et dans lesquelles les biomasses de phytoplancton et de zooplancton sont importantes, semblent particulièrement favorables à la reproduction du listao en Atlantique.

A la suite des travaux de Kitchell et al. (1978), les besoins énergétiques des listaos et des albacores juvéniles du Pacifique ont été estimés. D'après ces auteurs, un listao de moins de 1 kilogramme consommerait entre 7.3 et 19% de son poids par jour. Pour les albacores juvéniles, les valeurs obtenues sont proches de celles calculées pour les listaos. Les travaux plus récents et plus complets d'Olson et Boggs 1986 dans le Pacifique Est estiment entre 3.9% et 6.7% du poids des individus, selon les méthodes d'estimation, la nourriture ingérée quotidiennement par les albacores. La biomasse des trois espèces principales (albacores, listaos et patudos) étant estimée aux environs de 1.5 millions de tonnes (chapitre 8), une telle biomasse aurait besoin annuellement de 21 à 37 millions de tonnes de nourriture. Ces besoins énergétiques sont énormes. Par ailleurs, nous savons que les thons ont un comportement très opportuniste en ce qui concerne la prise de nourriture. De ce fait il n'est pas surprenant que les zones riches en thons soient le plus souvent celles où la nourriture est abondante.

Pour trouver les zones de concentration de thons, il suffirait donc de chercher les régions à forte densité de nourriture; la recherche de ces régions nous conduit à localiser dans l'océan les zones à forte productivité et à les suivre dans l'espace et dans le temps. Nous avons vu plus haut que dans les eaux tropicales, le système qui joue un rôle primordial dans l'enrichissement de la couche épipélagique est celui de la remontée de la thermocline, soit en surface (cas des upwelling ou des fronts), soit seulement dans la couche euphotique (cas des dômes ou de la crête équatoriale).

Ceci nous amène à examiner le concept du passé hydrobiologique des masses d'eau. Cette notion va nous permettre d'aborder le problème de la localisation de la nourriture des thons.

Le processus de refroidissement superficiel, à l'origine de l'enrichissement des eaux, peut en particulier être souvent détecté par satellite. Une des regrettables limites dans l'emploi des satellites demeure l'impossibilité actuelle de détecter une structure hydrologique en forme de crête ou de dôme thermiques, celles-ci ne se traduisant pas par un refroidissement superficiel. Toutefois il sera probablement possible à l'avenir de détecter ce genre de structure par l'analyse de la couleur de l'eau à partir de satellites équipés d'un radiomètre analysant dans le visible le spectre rétro-diffusé par la mer.

Dans les cas favorables où il est possible d'observer par satellite la formation d'une zone productive (productivité primaire et secondaire), on constate qu'un certain délai est nécessaire pour observer la concentration des thons dans le secteur. Dans les cas les plus simples il sera aussi possible de suivre par satellite l'évolution dans l'espace et dans le temps des "perturbations" thermiques détectées afin de prévoir la période et la zone où la probabilité de trouver des animaux proies et des thons sera la plus élevée. L'analyse des statistiques de pêche fines, c'est à dire des prises journalières avec les positions en degrés et minutes, permettra ensuite, si la zone est explorée par une pêcherie, d'observer le calendrier de l'apparition des thons dans la zone.

C'est en partant de ce principe du suivi dans le temps d'une masse d'eau que le modèle prévisionnel "Prévipêche" développé par Stretta et Slepoukha (1983, 1983a) réalise des prévisions des zones favorables ou défavorables à la présence de thons dans l'Atlantique tropical oriental.

L'analyse de Mendelsohn et Roy, 1986 confirme la valeur statistique de ce concept: ces auteurs analysant la relation entre les prises par quinzaine d'albacore et de listao par la flottille thonière FIS et les données d'environnement (température de surface et vitesse du vent) de 1969 à 1979, montrent que ces paramètres d'environnement dans certaines zones

pourraient être des indicateurs, des mécanismes océanographiques qui sont à l'origine de conditions favorables de pêche.

Divers problèmes sérieux demeurent concernant la relation exacte entre la richesse d'une zone en nourriture et l'abondance des thons:

- On ignore si l'observation faite par Roger et Grandperrin dans le Pacifique, que les thons ne semblent pas se nourrir sur la faune migrante, peut être transposée dans le golfe de Guinée, principalement du fait que les conditions hydrologiques sont très différentes dans les deux océans, surtout au niveau de la profondeur de la couche homogène. Roger (com. pers.) pense toutefois que le schéma du Pacifique serait applicable à l'océan Atlantique.

- L'importance des poissons pélagiques côtiers dans la ration alimentaire des thons demeure difficile à estimer. Ceci serait important à connaître car l'écologie et la dynamique de ces espèces est intrinsèquement très différente de celle des organismes planctoniques, du fait en particulier de leur aptitude potentielle à survivre plus longtemps que le plancton dans des zones pauvres en nourriture (au moins pour les adultes).

- Les possibilités pour un thon de survivre longtemps dans son milieu naturel avec peu de nourriture, en particulier durant les phases de migration ou de reproduction, demeurent largement inconnues.

### (3) Au niveau de la tactique de pêche.

Les limites et les variations des paramètres d'environnement vont avoir une action à court terme sur la prise: le pêcheur y sera particulièrement sensible. C'est ainsi que la température de surface, la profondeur et le gradient de la thermocline, la teneur en oxygène dissous, la force du vent, le courant, vont agir sur le comportement et sur la disponibilité du poisson.

- Une couche homogène peu épaisse accompagnée d'une thermocline inférieure à 3.5 ml/l comme cela se rencontre au large de l'Angola (Ingram et al., 1977), va favoriser le phénomène de concentration du poisson.

- Un vent fort, par exemple de force supérieure à 4 sur l'échelle Beaufort, ne permet pas à des senneurs de travailler efficacement et seuls les canneurs peuvent pêcher: c'est ainsi qu'en Mauritanie durant l'été, dans une zone où soufflent les alizés, peu de senneurs peuvent opérer. Les zones de forts vents peuvent dans la zone de l'étude couvrir des surfaces importantes comme le montre la figure 7.23. On note dans le tableau 7.3 la rareté des coups de senne effectués par forts vents. Ce tableau donne pour les senneurs FIS les pourcentages des calées effectuées dans le golfe de Guinée par des vents de force inférieure ou supérieure au niveau 4 de l'échelle Beaufort. On peut noter que seulement 2.8% des calées ont lieu par un vent de force supérieure ou égale à 4, alors que ces vents sont fréquents dans la zone.

- Bien que l'effet du courant semble avoir peu d'influence (Stretta et Slepoukha, 1986), en revanche sur l'équateur (de 10 à 20 milles de part et d'autre de celui-ci), malgré la présence de thons, un patron de senneur hésitera à larguer sa senne à cause de la présence du sous-courant de Lomonossov. En surface, le courant équatorial sud porte à l'ouest-nord-ouest et vers 20-40 mètres, le courant de Lomonossov porte à l'est, ce qui entraîne le cisaillement de la senne et une forte probabilité d'avarie et de coup nul.

- Il arrive parfois que le poisson soit concentré dans un espace très restreint. C'est le phénomène de concentration décrit par Fonteneau (1985) où plusieurs milliers de tonnes de thons se concentrent dans une surface de quelques dizaines de milles de côté. Cela peut être le résultat d'une concentration de nourriture liée à l'apparition de conditions hydrologiques particulières (convergence de courant, formation d'un front particulièrement actif, etc.). Il est possible également que les poissons se rassemblent dans une aire de ponte.

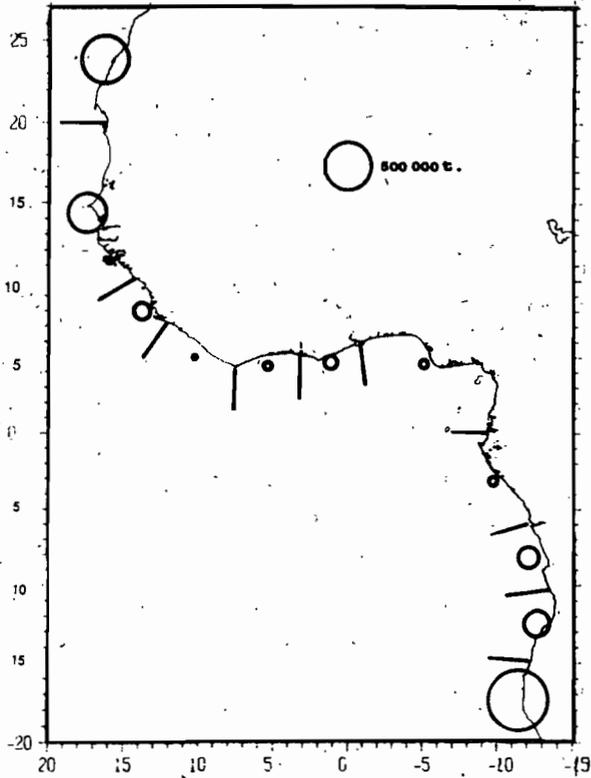


Figure 7.21 Prises moyennes de sardinelles, de carangidés et de scombridés durant la période 1979 à 1982 (d'après les bulletins statistiques du COPACE et de l'ICSEAF).

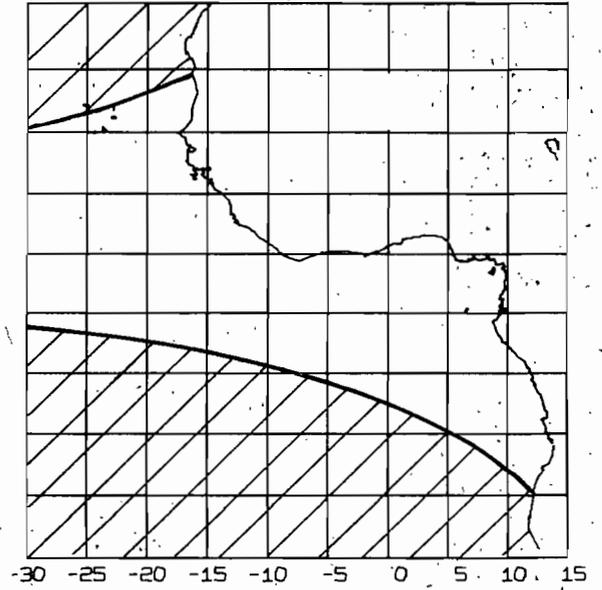


Figure 7.23 Zone de vents forts en juillet (vitesse supérieure à 6 m/s), i.e. impropres aux manoeuvres des senneurs (d'après l'atlas d'Hastenrath et Lamb, 1977).

Tableau 7.3 Tableau comparatif des pourcentages de calées par classe de 10 tonnes effectuées avec des vents de force 1 à 4, et supérieurs à force 5.

	Coups nuls	1 à 30 T	11 à 20 T	21 à 30 T	31 à 40 T	41 à 50 T	51 T	Nbre calées
Force 1 à 4	20.8 %	27.8 %	18.5 %	10.9 %	6.5 %	4.9 %	10.7 %	5 839
Force 5 +	30.2 %	23.4 %	19.7 %	6.8 %	3.7 %	6.2 %	9.9 %	168

- Le poisson peut se trouver associé à un DCP (Dispositif Concentrateur de Poissons); pour ce type d'association, nous ne pouvons apporter une explication de type environnementale.

- Un senneur peut être confronté à un comportement particulier du poisson et aura donc des difficultés pour l'encercler: c'est le cas lorsque le poisson se trouve dispersé, nage trop vite ou encore se trouve en profondeur. Peut-on attribuer ces comportements à des paramètres d'environnement ?

- Il est des situations qui agissent également sur la tactique de pêche bien que les paramètres d'environnement ne soient pas impliqués dans la prise de thons; nous nous bornons à les énumérer. Un engin de pêche inadapté peut entraîner des prises nulles dans une aire poissonneuse: c'est le cas des senneurs se trouvant sur un banc de gros albacores ou patudos. Un canneur peut se trouver à cours d'appât sur une zone riche en thon; il peut se trouver également dans une région où les bancs de thons ne répondent pas à l'appâtage et refusent de mordre aux hameçons, par exemple par suite de la forte abondance de la nourriture naturelle.

- Le libre accès aux zones économiques exclusives constitue aussi un facteur mal maîtrisé par les scientifiques. Il est ainsi très probable que la plupart des flottilles de senneurs opérant dans la région ont, durant la période récente, restreint leur activité de pêche dans certains secteurs côtiers, non pas à cause de l'absence de thons, mais par suite de l'absence d'accord de pêche avec les pays riverains.

## 7.6 CONCLUSIONS

La présente analyse montre bien la grande complexité des relations entre les thons et l'environnement. S'il semble certain à l'heure actuelle que les zones riches en thons sont en général les zones écologiquement les plus productives, les liaisons entre thons et milieu s'avèrent très complexes à analyser et à comprendre dans le détail, en particulier quand il s'agit de faire des prévisions de pêche à une échelle spatio-temporelle fine. Celles-ci doivent en effet se baser tant sur les connaissances biologiques afférentes aux espèces (biologie, comportement, état des stocks), que sur celles afférentes au milieu. Les points d'interrogation sur les mécanismes en jeu et sur l'importance respective des divers facteurs restent en particulier très nombreux. Seules de nouvelles recherches approfondies orientées vers l'étude de ces relations entre les thons et leur environnement permettront de répondre à ces multiples questions.