

COMMISSION DE L'OCEAN INDIEN

ORSTOM

ASSOCIATION THONIERE
PROJET THONIER REGIONAL II

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE POUR LE
DEVELOPPEMENT EN COOPERATION

LA CONVERGENCE SUBTROPICALE DANS LE SUD-OUEST
DE L'OCEAN INDIEN AVEC REFERENCE
A LA PRESENCE DE GERMON AUSTRAL

par

F. Marsac ¹ et B. Piton ²

- Février 1994 -

Série des Documents Scientifiques de l'Association Thonière, n° 13

¹ Antenne ORSTOM, Seychelles Fishing Authority, BP 570, Victoria, Mahé, Seychelles

² ORSTOM, c/o IFREMER, BP 60, 97822 Le Port, La Réunion

La référence bibliographique de ce document devra être présentée comme suit:

MARSAC, F et B. PITON, 1994 - La convergence subtropicale dans le sud-ouest de l'océan Indien avec référence à la présence de germon austral. *Doc. Sci. AT/COI/PT2*, 13 : 36 p.

TABLE DES MATIERES

I- INTRODUCTION	5
II- LA CONVERGENCE SUBTROPICALE DANS LE SUD-OUEST DE L'OCEAN INDIEN	7
III- EVOLUTION SAISONNIERE DE QUELQUES CARACTERISTIQUES THERMIQUES DELIMITANT L'HABITAT DU GERMON AUSTRAL IMMATURE.....	12
III.1 - Délimitation des facteurs limitants	12
III.2 - Résultats	17
IV- ANALYSE DE LA PECHERIE TAIWANAISE AU FILET MAILLANT DERIVANT.....	26
V- SYNTHESE DES ZONES A PROSPECTER.....	32
VI- CONCLUSION	34
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	36



I - INTRODUCTION

Le germon *Thunnus alalunga*, est un thon d'habitat tempéré. Son cycle vital l'amène à se déplacer tout d'abord en surface au cours de sa phase juvénile (50-70 cm), puis en profondeur une fois devenu adulte. Les immatures évoluent dans des eaux de température comprise entre 16°C et 20°C, riches en oxygène dissous (teneurs supérieures à 2,5 ml/l) (Flittner, 1970; Collette et Nauen, 1983, Bard, 1981). Ces caractéristiques peuvent être trouvées dans les zones de transition entre les eaux d'origine tropicale et celles d'origine polaire ou à la périphérie d'upwelling. C'est en particulier le cas des concentrations trouvées sur le front du Kuroshivo à l'est du Japon et dans la zone de transition entre le courant de Californie et l'eau tropicale nord-Pacifique où se développent d'importantes pêcheries de jeunes germons.

En ce qui concerne l'hémisphère sud, l'existence d'une pêcherie de germons de surface à proximité de la Nouvelle-Zélande avait conduit Marcille (1979) à émettre l'hypothèse que cette espèce pouvait également être trouvée en surface tout le long de la convergence subtropicale sud du Pacifique. Des campagnes exploratoires menées par la France (PROSGERMON, 1982 et 1987), par les USA et la Nouvelle-Zélande (1987) ont bien confirmé l'existence d'une ressource exploitable sur une base commerciale très à l'est (jusqu'à 110°W) des zones connues jusqu'alors. Des ligneurs américains et tahitiens opèrent d'ailleurs saisonnièrement (décembre à avril) entre 35°S et 40°S dans le sud de Tahiti.

Partant de ces résultats prometteurs sur la convergence subtropicale du Pacifique, l'étude des structures océanographiques et des ressources potentielles en germon qui pourraient y être associées dans le sud-ouest de l'océan Indien revêt un intérêt tout particulier pour les pays de la région qui souhaiteraient développer ce nouveau volet de pêche hauturière. C'est l'objet de ce document.

A l'occasion de la mise en service à La Réunion d'un palangrier "CIAP" (Compagnie Industrielle d'Armement et Pêche) de 49 mètres, une première étude française sur la biologie du germon dans l'océan Indien avait été entreprise par Lebeau (1971). Basée sur l'examen des cartes de pêche des palangriers japonais et sur les résultats des 2 campagnes de prospection effectuées par le CIAP entre 29°S et 35°S, de 45°E à 60°E, en juillet-août puis en septembre-octobre 1971 (fig. 1), elle avait permis de souligner deux éléments intéressants:

- la présence d'une zone de ponte dans l'est de Madagascar, entre 14°S et 28°S, de 55°E à 80°E;
- le développement d'une pêcherie d'hiver entre 25°S et 35°S, de la côte est-africaine jusqu'à 63°E.

Les germons juvéniles (poids moyen = 3 kg, taille d'environ 50 cm) n'ayant été rencontrés qu'en faible quantité lors des campagnes expérimentales, Lebeau en concluait que l'orientation à donner aux études ultérieures devrait être la localisation des concentrations de cette fraction de la population.

La zone de prospection retenue pour la recherche des zones de pêche du germon austral de surface accessibles à partir de La Réunion s'étend de 30°S à 44°S, entre 35°E et 75°E (fig. 1); elle englobe les zones prospectées par le CIAP en 1971.

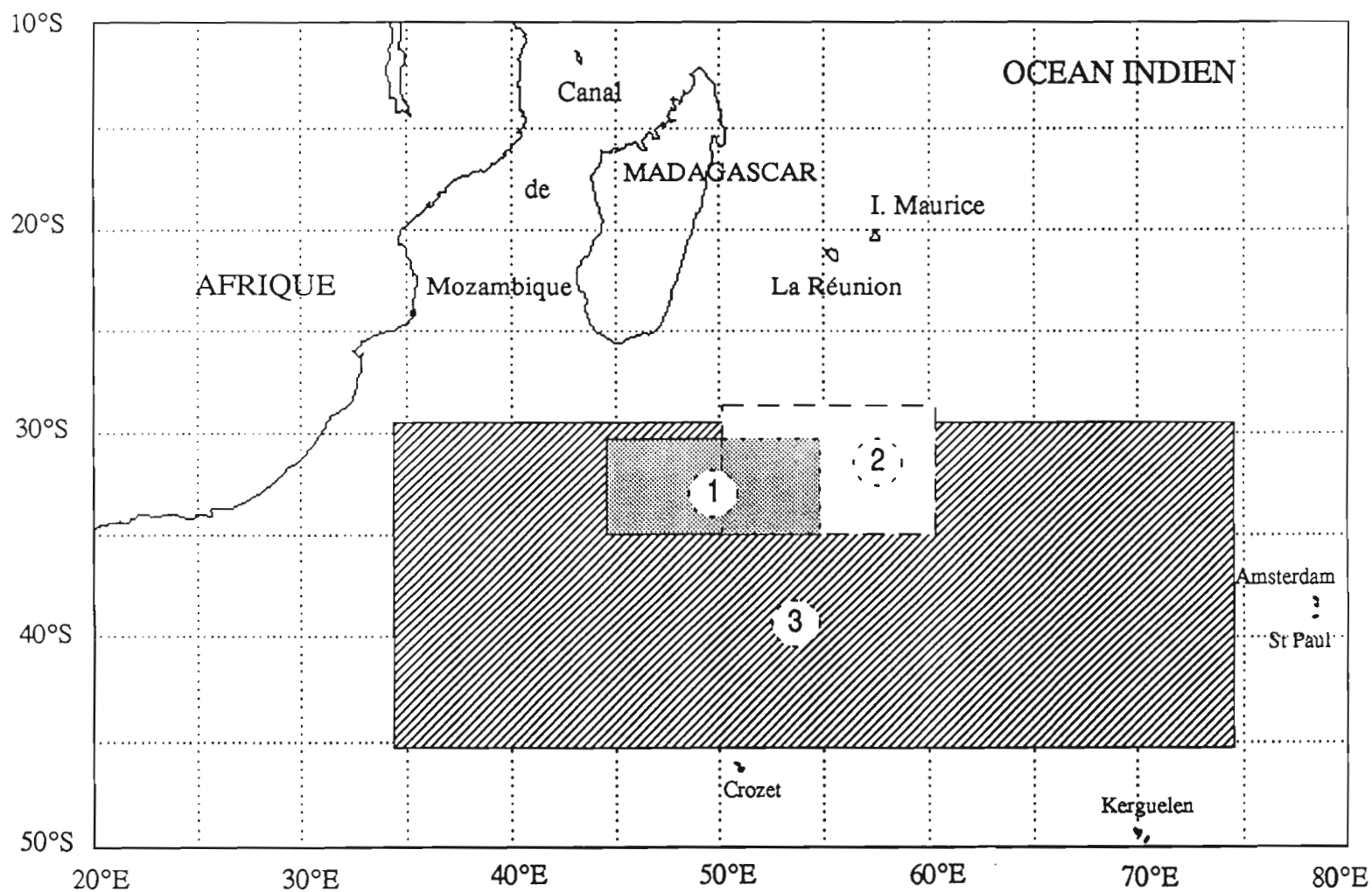


Figure 1 - Le sud-ouest de l'océan Indien, avec les îles de La Réunion, Maurice, Crozet, Kerguelen, St Paul et Amsterdam.

Zone 1: zone prospectée par le CIAP en juillet-août 1971

Zone 2: zone prospectée par le CIAP en septembre-octobre 1971

Zone 3: zone de prospection et d'essais éventuels de pêche du germon austral

II - LA CONVERGENCE SUBTROPICALE DANS LE SUD-OUEST DE L'OCEAN INDIEN

La zone de convergence subtropicale sud (ZCST), présente dans les 3 océans (Atlantique, Pacifique, Indien), constitue la limite nord de l'océan austral. Elle est située en moyenne au voisinage de 40°S. C'est la zone de rencontre entre, d'une part, le flux de retour vers l'est-sud-est de l'eau superficielle prise dans la circulation anticyclonique créée par les alizés tropicaux et, d'autre part, l'eau transportée par le courant antarctique circumpolaire vers l'est-nord-est sous l'action des vents d'ouest soufflant entre 40°S et 50°S.

Dans l'océan Indien, la ceinture anticyclonique est axée sur 30°S en hiver austral, avec des valeurs maximales de pression atmosphérique supérieures à 1024 hectopascals (fig. 2a), et sur 35°S en été avec des pressions maximales atteignant à peine 1020 hP (fig. 2b). Au sud de cette ceinture, la pression atmosphérique baisse rapidement toute l'année jusqu'à des valeurs inférieures à 990 hP, vers les perturbations du front polaire austral à 50°S-60°S qui donnent naissance au fort vent d'ouest-nord-ouest rencontré entre 40°S et 50°S. C'est vers 50°S qu'est généralement située la convergence Antarctique, discontinuité hydrologique entre le système subantarctique et le système polaire.

L'examen des cartes mensuelles de température de surface sur les océans provenant de la NOAA (USA) permet de constater l'existence permanente, au niveau de la convergence subtropicale vers 40°S, d'un front thermique important dans le sud-ouest de l'océan Indien et l'extrême sud-est de l'océan Atlantique, entre 10°E et 80°E. Une telle zone frontale n'est retrouvée dans l'hémisphère sud que dans l'est de la Patagonie, entre le courant des Falkland et le courant du Brésil.

Ce front thermique de la convergence subtropicale, entre 10°E et 80°E, mérite d'être suivi pour deux raisons principales:

- tout d'abord, dans le sud-ouest de l'océan Indien tropical se développe le système du courant des Aiguilles héritant de l'eau chaude issue du Canal de Mozambique (Piton, 1989). Ce courant côtier se propage assez difficilement vers l'ouest, au point de former un courant de "rétroflexion", un courant de "recirculation" et d'autres tourbillons de diamètre plus petit (fig. 3). La conséquence directe de cette circulation anticyclonique est un enfoncement relatif des isothermes de l'est vers l'ouest, qui peut être décelé jusque vers 1500 mètres en moyenne (Lutjeharms, 1976). Ce point sera repris en détail plus loin.
- la deuxième raison expliquant l'importance de ce front est peut-être moins connue. Il est assez fréquemment noté sur les cartes isobariques de surface du sud de l'océan Indien l'existence d'une cellule anticyclonique "secondaire" dans le sud de Madagascar, que cette île repousse vers le sud par rapport à la ceinture anticyclonique principale. A titre d'exemple, le 14 septembre 1978, le satellite américain SEASAT a mis en évidence une active cellule par 35°S et 53°E dont sont issus des vents de secteur est au nord de 30°S, puis de secteur nord entre 30°S et 40°S, sur la zone de "recirculation" du courant des Aiguilles (fig. 4). Une telle situation n'est pas sans rappeler l'événement chaud (anomalies positives en surface de 2°C à 4°C en septembre, octobre et novembre 1985) décrit par Walker (1990) en relation avec de fortes anomalies de vent générées par un anticyclone actif dans le sud-ouest de l'océan Indien (fig. 5). Cet anticyclone a pour effet de repousser vers le sud le système frontal subtropical. A contrario, on peut raisonnablement supposer qu'une situation isobarique créant un vent de sud-est sur la zone puisse provoquer des anomalies négatives de température, c'est-à-dire une remontée vers le nord du système frontal. La situation observée le 6 août 1961 avec dépression polaire sur 40°S et 50°E et invasion d'air polaire jusqu'à Madagascar (Donque, 1962) est typique de ces périodes de vent du sud (fig. 6).

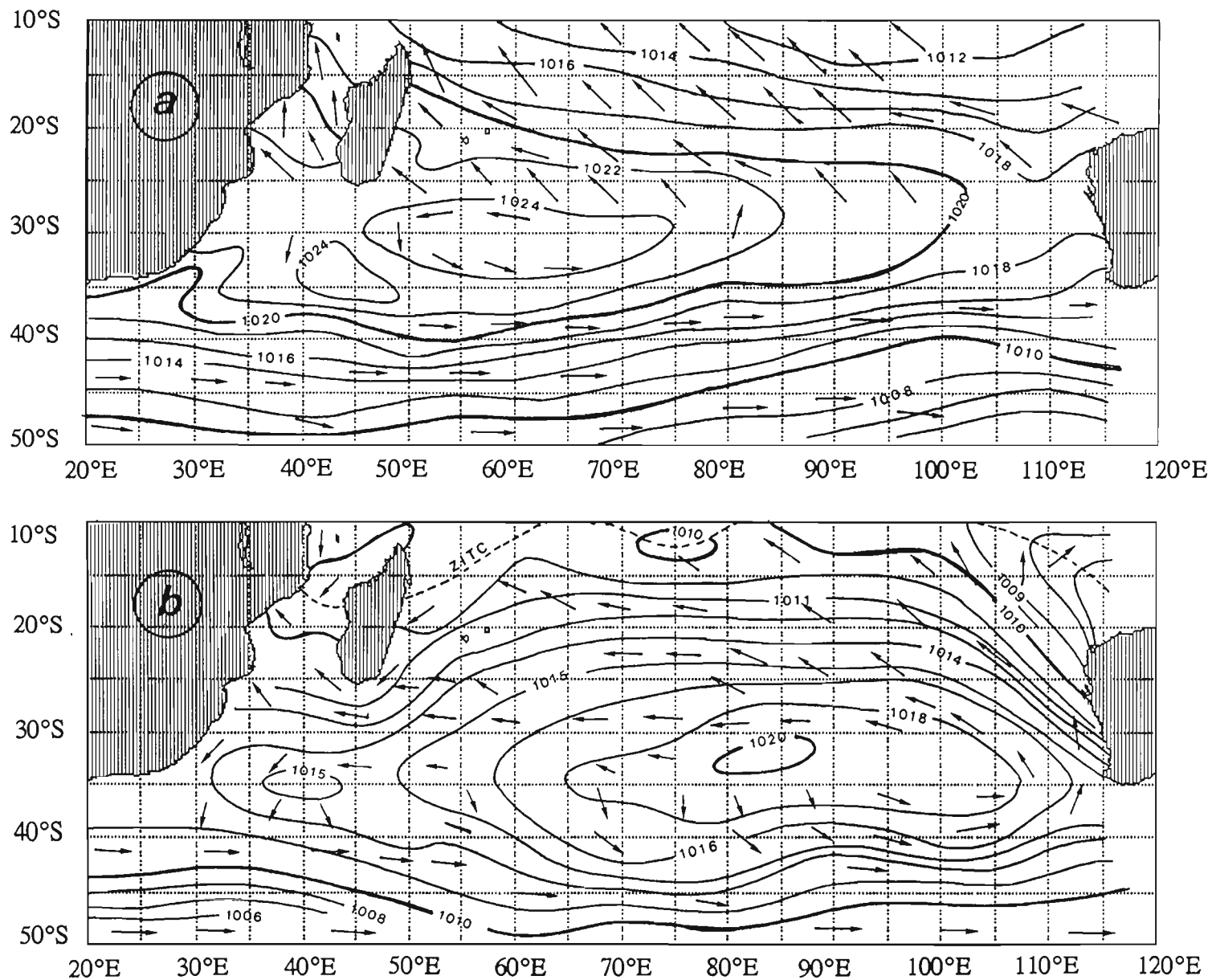
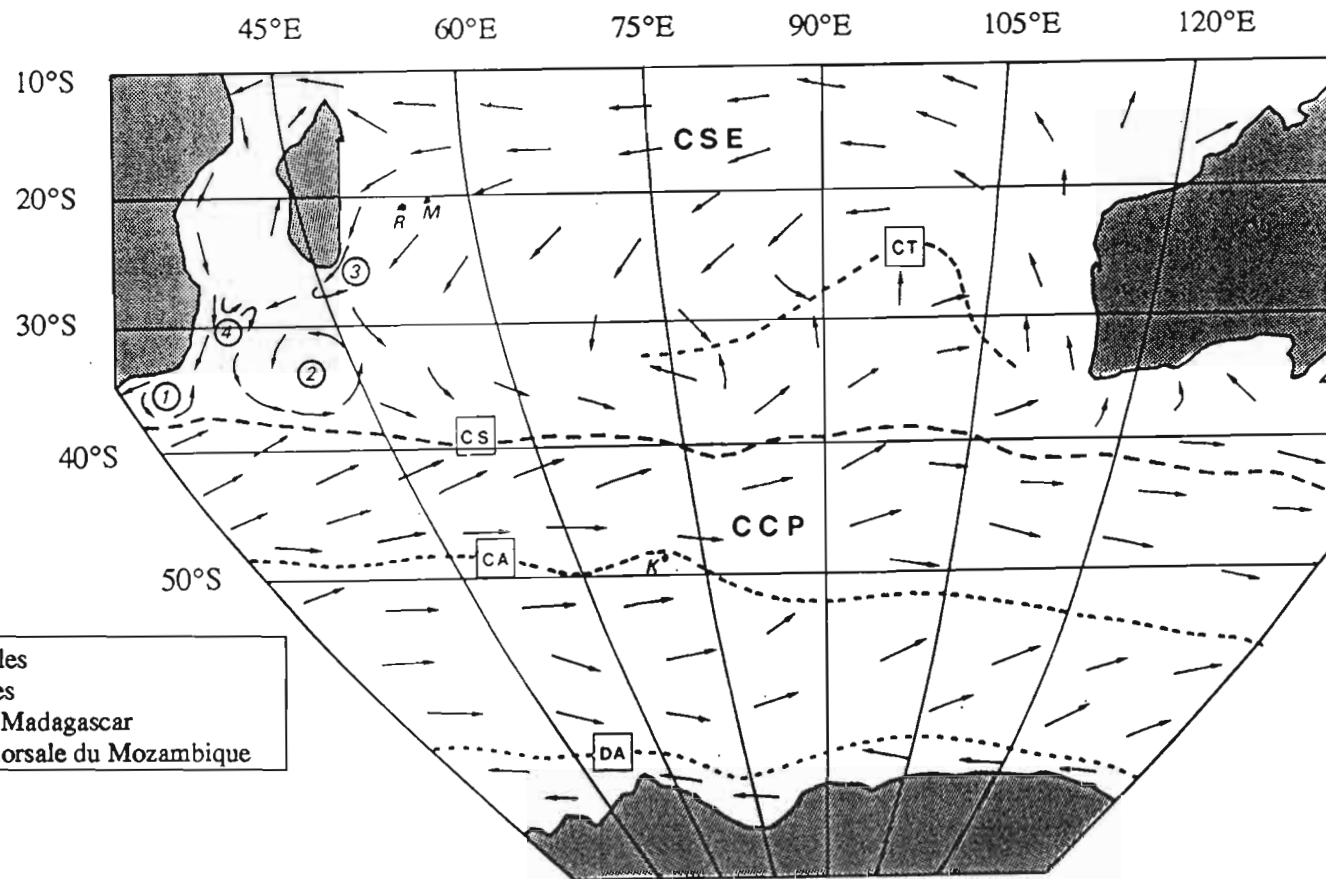


Figure 2 - Situations isobariques de surface dans le sud de l'océan Indien et direction des vents dominants
 (a) en hiver austral (juillet) et (b) en été (janvier), d'après Leborgne (1987)
 Pression atmosphérique en millibars ou hectopascals



- (1) "Rétroflexion" du courant des Aiguilles
- (2) Recirculation du courant des Aiguilles
- (3) "Rétroflexion" du courant de l'est de Madagascar
- (4) Circulation tourbillonnaire liée à la dorsale du Mozambique

Figure 3 - Principales lignes de courant de surface dans le sud de l'océan Indien et lignes de discontinuité (d'après Neumann, 1968)

CT: Convergence Tropicale; CS: Convergence Subtropicale; CA: Convergence Antarctique;
 DA: Divergence Antarctique; R: Réunion; M: Maurice; K: Kerguelen

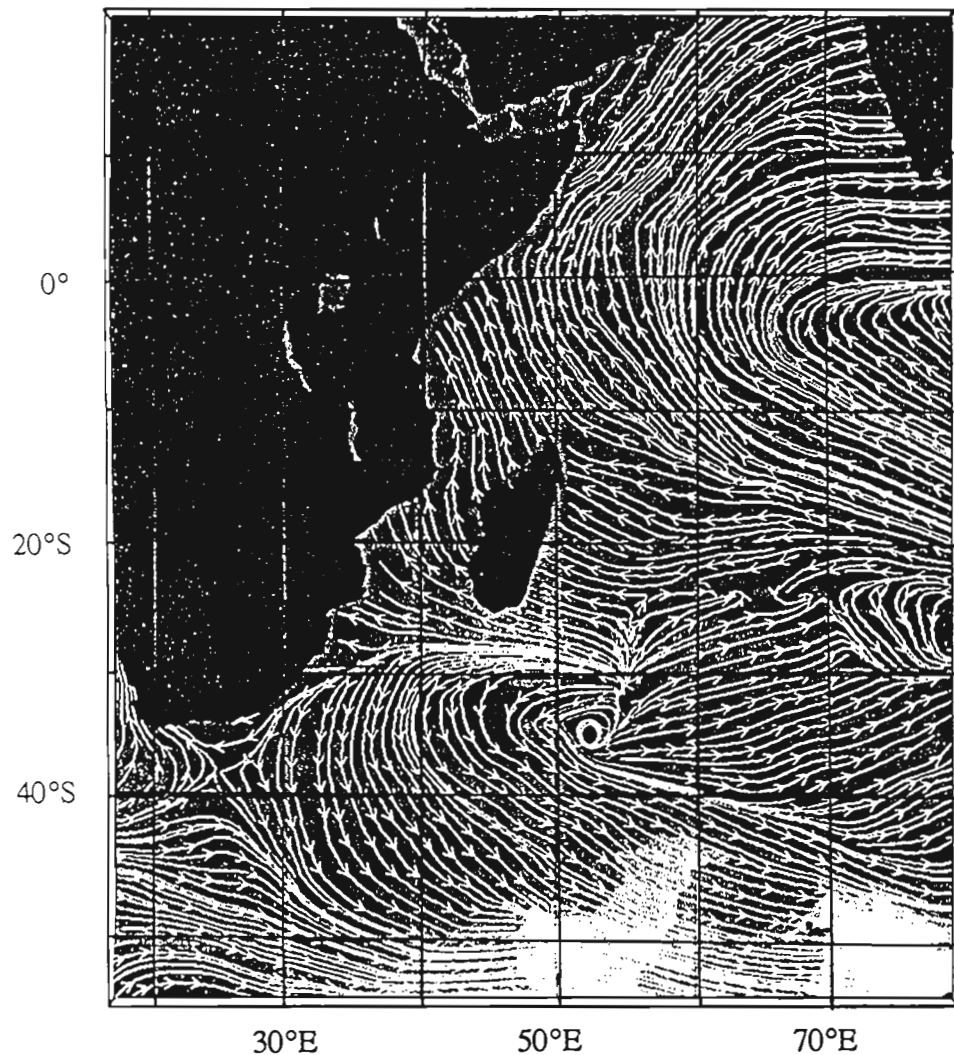


Figure 4 - Représentation du champ de vent sur la partie ouest de l'océan Indien (14 septembre 1978) obtenu à partir de données du scattéromètre de SEASAT (d'après ESA, 1989)

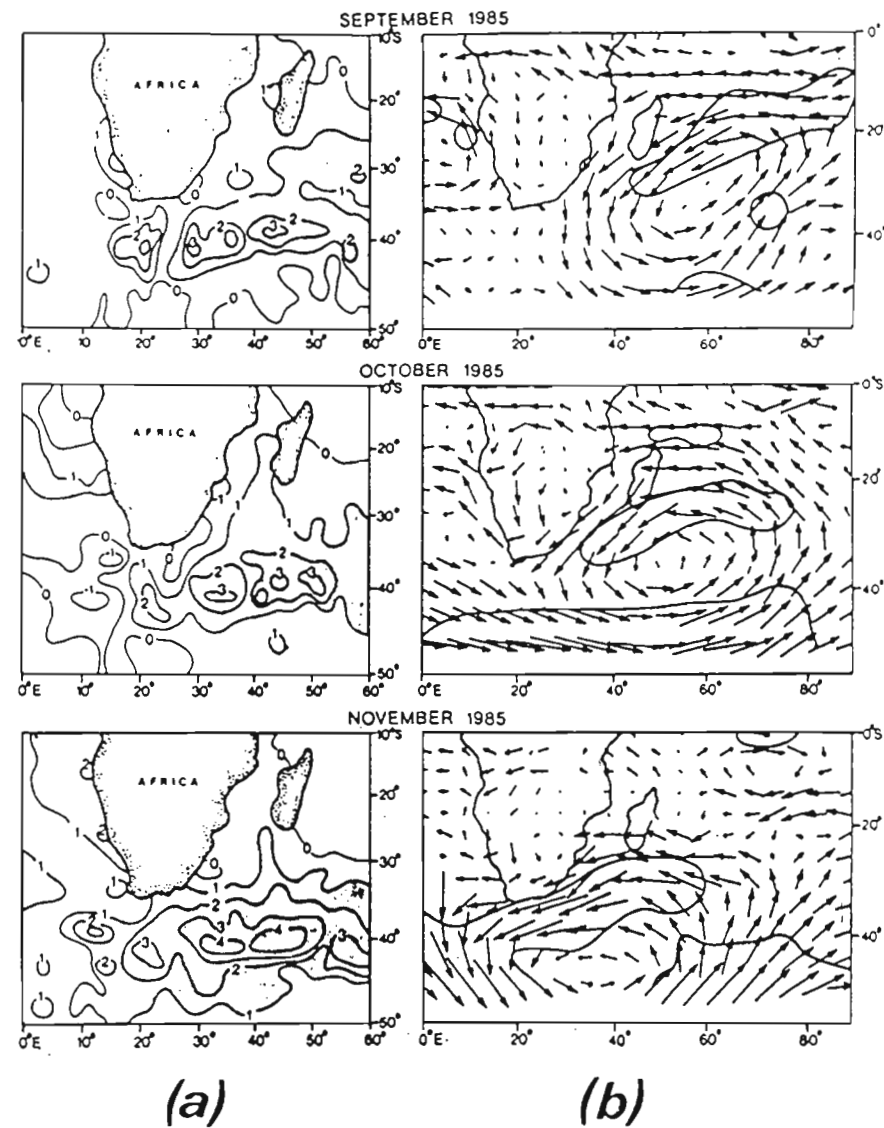


Figure 5 - Evolution d'un "évènement chaud" dans le système du courant des Aiguilles de septembre à novembre 1985 (tiré de Walker, 1990).

- (a) anomalies de la température de surface, en degrés Celsius
- (b) anomalies de vent

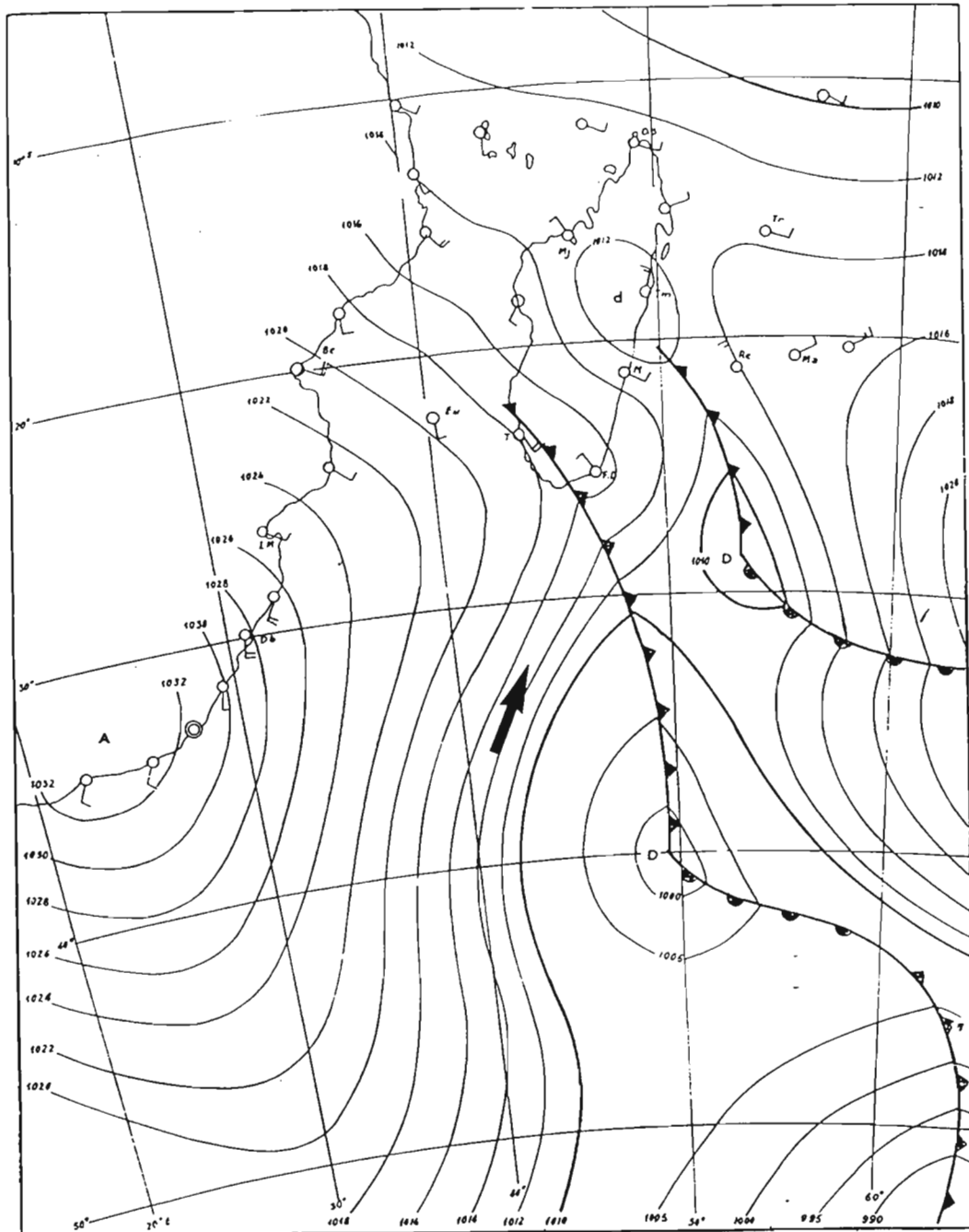


Figure 6 - Situation isobarique de surface dans le sud-ouest de l'océan Indien avec les différents fronts (d'après Donque, 1962).

Lutjeharms (1985) décrit dans le sud de l'Afrique, de 10°E à 30°E, des baisses de 7,3°C en température (17,9 à 10,6°C) et de 1,2‰ en salinité (35,5 à 34,3‰) en l'espace de 80 milles du nord vers le sud. Il souligne également une grande variabilité des structures horizontales et la possibilité d'apparition de plusieurs fronts, tous situés entre 39°S et 43°S.

La radiale XBT du GALLIENI (TAAF) effectuée en mars 1972 le long de 47°E entre 35°S et 50°S, présentée par Park *et al.* (1990) (fig.7) montre une zone de transition très abrupte en surface entre l'eau subtropicale chaude ($T > 19^{\circ}\text{C}$) et salée ($S > 35,5 \text{ ‰}$) et une eau froide ($T < 7^{\circ}\text{C}$) et dessalée ($S < 33,6 \text{ ‰}$). Cette transition s'opère en 170 milles entre 41°S et 44°S; la convergence antarctique (température superficielle comprise entre 3°C et 5°C) est trouvée juste au nord de 45°S, succédant rapidement à la convergence subtropicale localisée par 40°S - 41°S. Le courant circumpolaire *sensu stricto* n'aurait que 170 milles de large à cette longitude.

Un autre exemple de radiale traversant les deux convergences australes est tiré de la campagne de mars-avril 1993 de l'ALBATROS, entre 50°E et 55°E (fig. 8 a,b). A la différence de la situation précédemment décrite, la convergence subtropicale a une position plus nord (entre 38°S et 39°S). La diminution de température en surface présente également une allure différente dont la raison tient peut-être à la présence d'une anomalie positive de température qui a marqué, dans la zone des 40°, durant le premier semestre 1993. Ces anomalies ont varié de +1 à +2°C de février à mai (fig. 8c), puis sont réapparues en juillet et août avec une intensité de l'ordre de +1°C (CAC, 1993).

Sur une carte plus générale de la répartition isothermique de surface (fig. 9), on voit qu'en été austral comme en hiver, le resserrement des isothermes est plus important à l'ouest de 60°E qu'à l'est de ce méridien. Par ailleurs, les fronts les plus marqués se produisent entre 18°C et 9°C en été, et entre 14°C et 5°C en hiver. Dans l'est de 70°E, les gradients horizontaux sont plus faibles. Cela étant, la ZCST est une région où le déplacement des isothermes peut être très important : Pianet *et al.* (1990) ont pu constater des déplacements dépassant 100 milles à l'échelle de la journée dans le Pacifique sud.

Ces observations mettent l'accent sur le fait que la situation réelle observable depuis un navire peut s'écarter notablement des moyennes climatologiques. Le suivi des déplacements zonaux du front subtropical entre 30°E et 70°E à l'aide de télémessures d'origine satellitaire de température et de vent (NOAA, ERS-1) devrait aboutir à des résultats plus précis et utiles pour le guidage de campagnes de pêche.

La dissymétrie entre l'est et l'ouest observée dans la répartition des isothermes de surface correspond cependant à une certaine réalité. Cette dissymétrie se retrouve en profondeur jusque vers 1500 mètres. Il en résulte un "décrochement" dans le dessin des isothermes de subsurface à 100 et 200 mètres de profondeur: l'isotherme 15°C à 100 mètres est trouvée vers 40°S dans la partie ouest de la zone étudiée et vers 30°S dans la partie orientale (fig. 10a). La même observation peut être faite à 200 mètres avec l'isotherme 14°C (fig. 10b). Dans les deux cas, le "décrochement" apparaît vers 60°E. Ces grands traits étant esquissés, il devient nécessaire de procéder à une analyse plus précise de l'évolution saisonnière des structures hydrologiques en relation avec l'habitat du germon.

III - EVOLUTION SAISONNIERE DE QUELQUES CARACTERISTIQUES THERMIQUES DELIMITANT L'HABITAT DU GERMON AUSTRAL IMMATURE

III.1 - Définition des facteurs limitants

Par analogie avec les observations faites dans les pêcheries de l'hémisphère nord (Laurs and Lynn, 1977, Sund *et al.*, 1981, Bard, 1981) ainsi que durant les prospections de 1987 dans le Pacifique sud (Laurs *et al.*, 1987; Pianet *et al.*, 1990), on peut considérer que l'habitat du germon juvénile est délimité de manière assez générale par deux isothermes, 16°C et 19°C. Les captures de

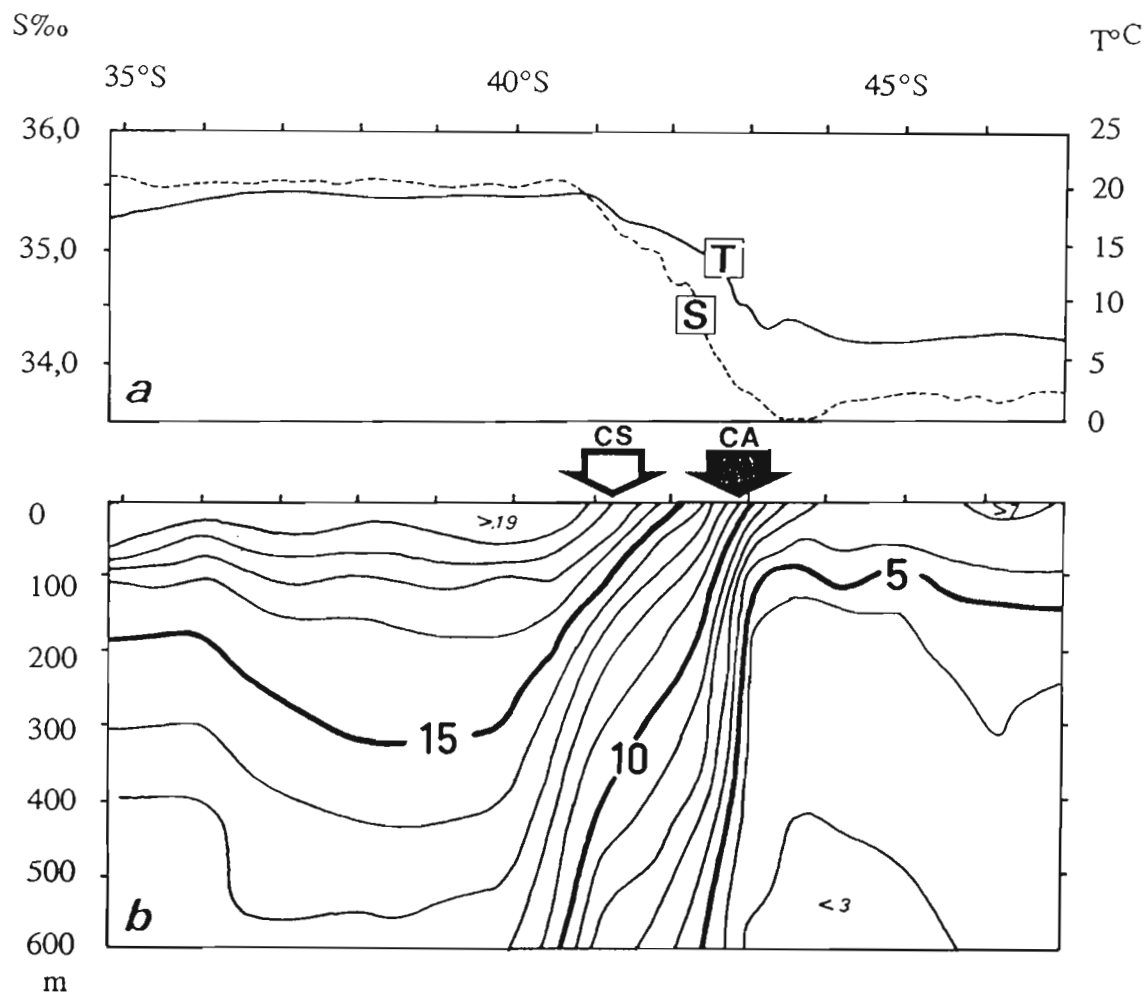
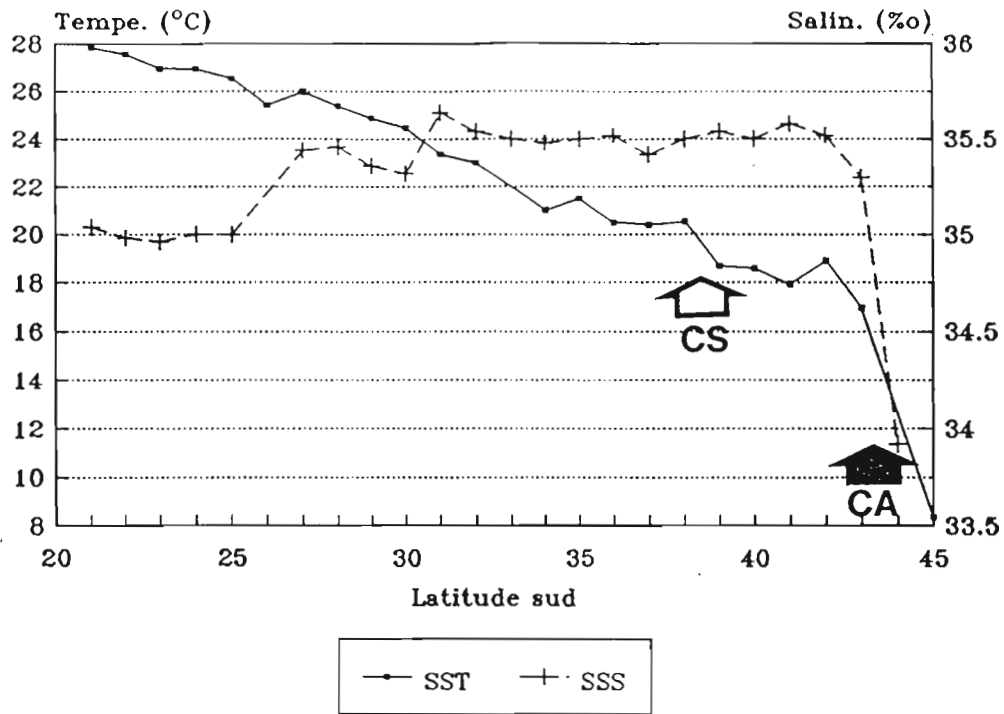


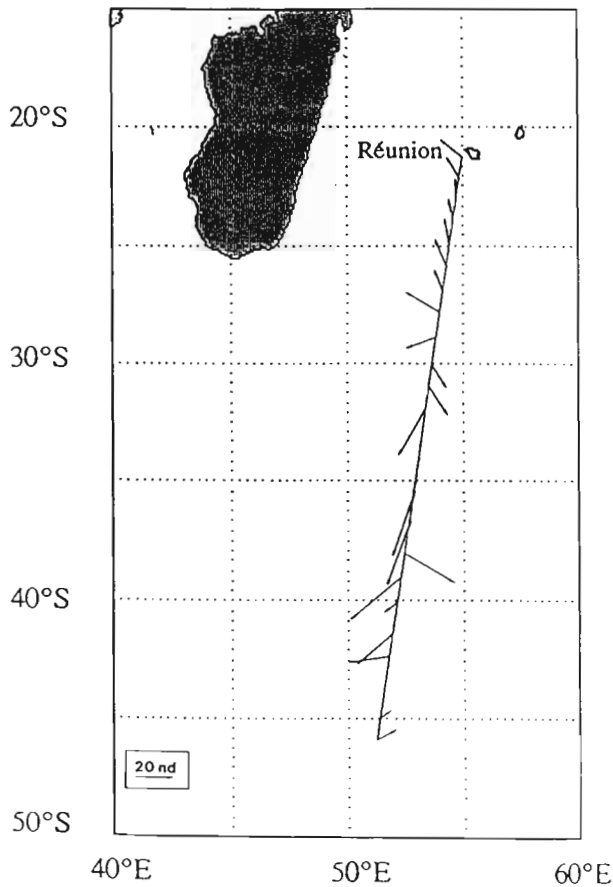
Figure 7 - Radiale effectuée par le GALLIENI, ravitailleur des TAAF, de 35°S à 47°S le long de 47°E, en mars 1972 (d'après Park *et al.*, 1990)

- (a) enregistrement de la température et de la salinité de surface par un thermosalinographe
- (b) coupe verticale de température entre 0 et 600 m de profondeur à partir de sondages XBT

a 26/03 au 2/04/1993



b



c

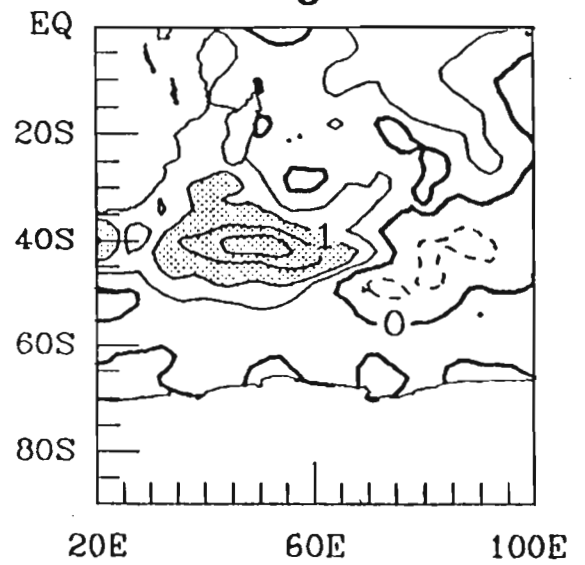


Figure 8 - Radiale effectuée par l'ALBATROS, de 21°S à 45°S, du 26 mars au 2 avril 1993

- (a) température (SST) et salinité (SSS) de surface
- (b) trajet du navire et vecteurs vents observés
- (c) anomalies de température de surface observée en avril 1993 (d'après CAC, 1993)

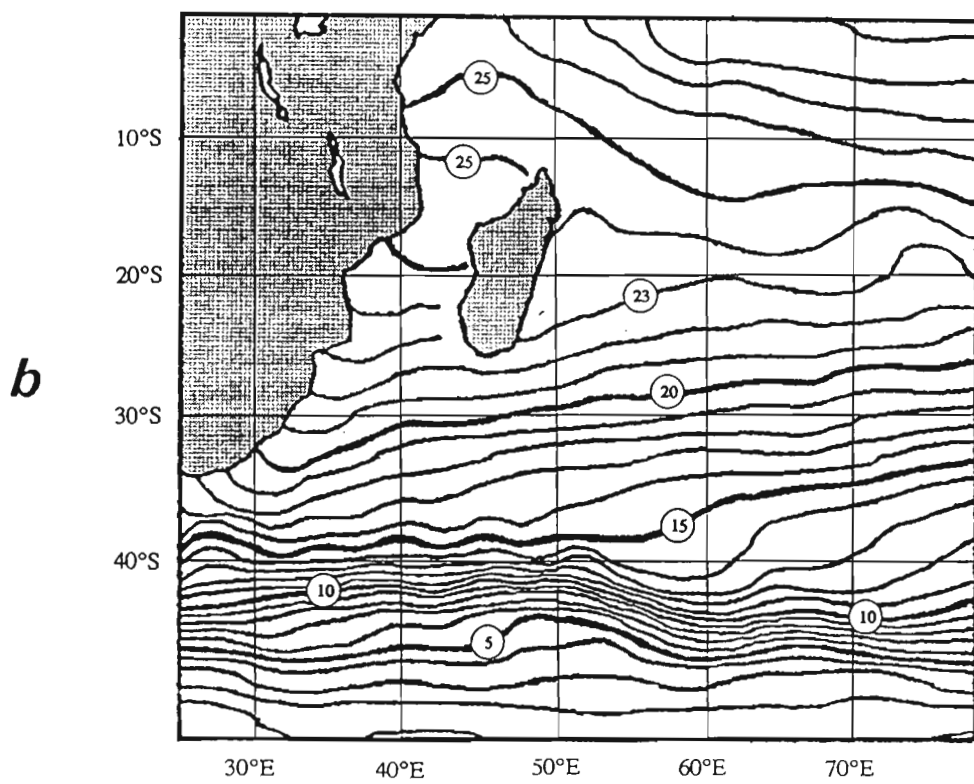
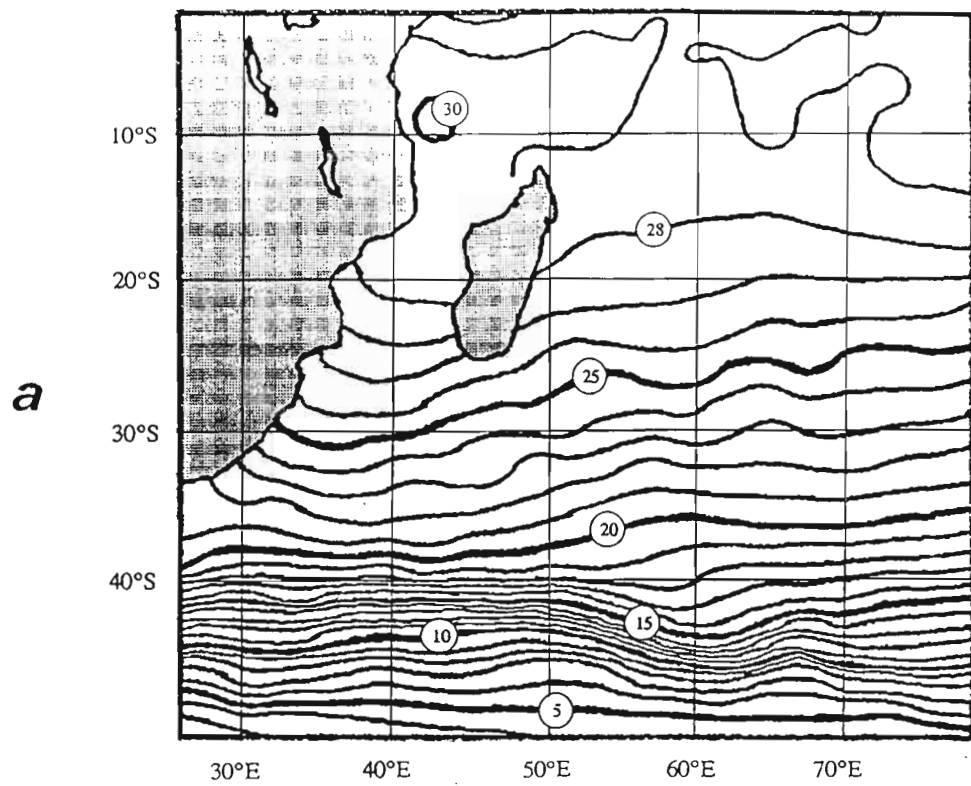


Figure 9 - Répartition horizontale de la température de surface dans le sud-ouest de l'océan Indien (a) en février et (b) en août 1991, d'après les cartes diffusées par la NOAA.

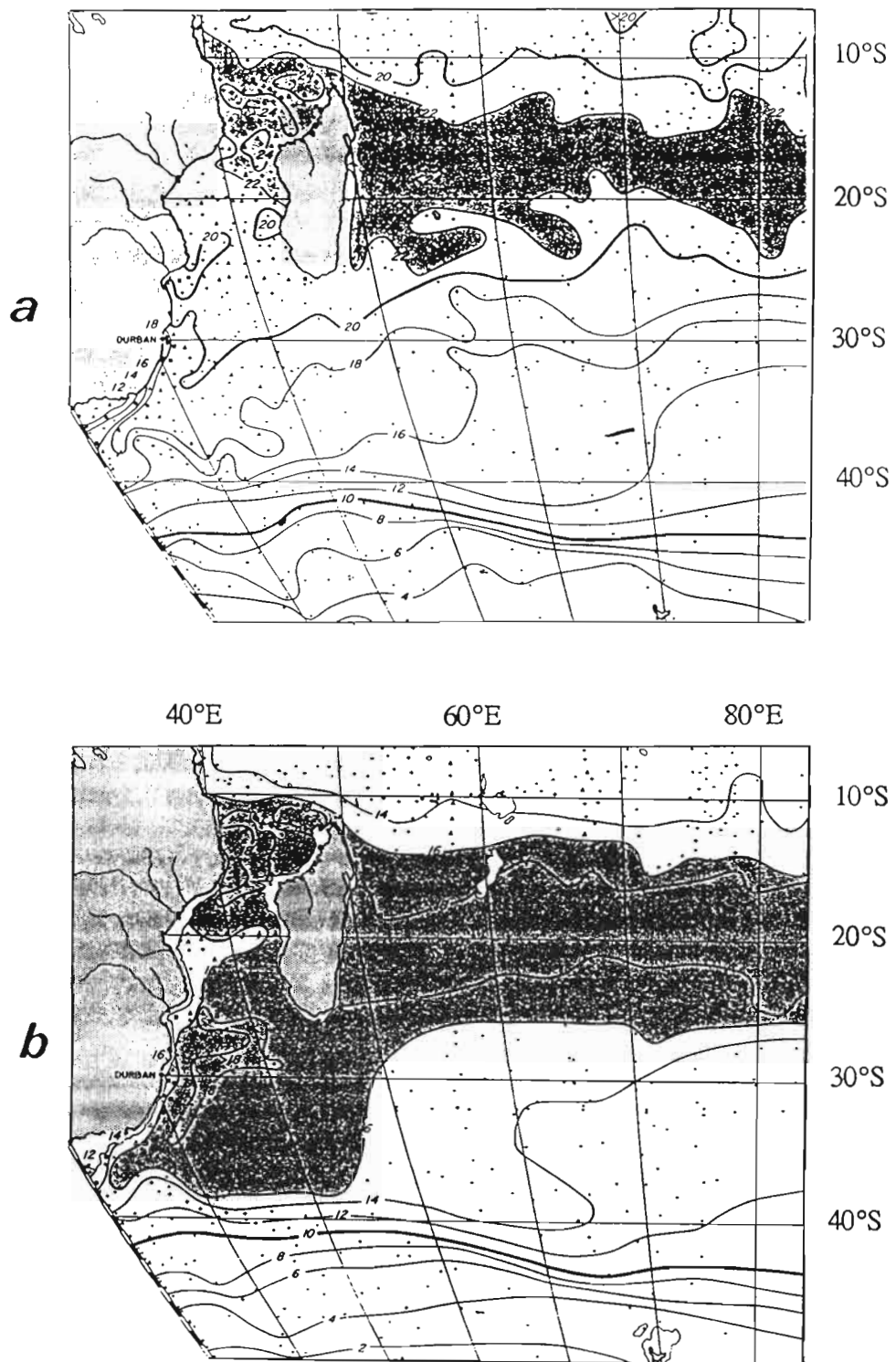


Figure 10 - Répartition horizontale de la température à (a) 100 m et (b) 200 m de profondeur dans le sud-ouest de l'océan Indien (d'après Wyrski, 1971)

juvéniles faites durant ces prospections étaient contenues dans la gamme thermique 16,5 - 19°C, avec un maximum de prises aux environs de 17,5°C. Par ailleurs, Sharp (1979) suggère que la vulnérabilité des jeunes germons aux engins de surface serait maximale dans la zone située entre l'isotherme 15°C en surface et le lieu où cette même isotherme est trouvée entre 50 et 80 mètres de profondeur. Dans le présent travail, nous pourrions essayer d'identifier de tels secteurs en relation avec l'isotherme 16°C (pour se rapprocher des conditions décrites dans le Pacifique sud) au lieu de 15°C (limite de répartition constatée dans la pêcherie américaine nord-Pacifique). Enfin, ce potentiel de vulnérabilité pourrait être accru à proximité d'une zone frontale, d'une île ou de toute autre masse terrestre *. Ces considérations restent valables sous l'hypothèse adoptée dans ce rapport, à savoir que le comportement du germon de l'océan Indien est analogue à celui du germon de l'Atlantique est et du Pacifique.

Pour résumer, la délimitation des zones et périodes favorables s'appuiera sur les éléments suivants:

- resserrement des isothermes de surface dans la gamme 16° - 19°C
- juxtaposition de l'isotherme 16°C en surface et à 100 mètres de profondeur: cette condition traduit un rapide changement de masse d'eau (subtropicale à tempérée);
- présence de reliefs sous-marins dans la zone de présence, délimitée par les isothermes 16°C et 19°C en surface.

III.2 - Résultats

De manière à réaliser des cartes de synthèse mensuelles puis saisonnières, deux premières séries de cartes (température de surface et température à 100 mètres de profondeur) ont été produites à partir des profils verticaux de toute nature (bathythermographe et XBT pour l'essentiel) effectués dans la zone d'intérêt (fig. 11 et 12). Ces données ont été obtenues auprès du COAP (Center for Ocean Analysis and Prediction), NOAA, Monterey (USA) puis intégrées dans la base exploitée par le logiciel GAO (Marsac, 1993). L'essentiel des observations provient de la période 1960-1975 qui a été très active en matière de campagnes à la mer. Le nombre de points de grille échantillonnés est très variable (tableau 1) et n'est pas sans incidence sur la signification réelle des cartographies. Considérons que cet ensemble de cartes fournit une idée générale des tendances moyennes.

Les cartes de synthèse mensuelles réunissant les différentes conditions posées au paragraphe précédent sont présentées à la figure 13. Les zones favorables identifiées en janvier et mars sont très méridionales (38°S à 42°S): un premier secteur est situé à l'ouest de 50°E, un autre à l'est de 60°E. En avril, la localisation de ces zones est plus nord (de 34°S à 38°S). En juin, la poussée vers le nord (surtout dans l'est de la zone) se poursuit: des secteurs favorables associés à des fronts thermiques de surface seraient présents vers 30°S, alors qu'une longue et étroite bande zonale traverserait la zone le long de la frange délimitée par l'isotherme 16°C en surface et à 100 mètres de profondeur. De juillet à septembre, on n'identifie que des zones favorables étroites associées à ce type de structure hydrologique, sans fronts marqués de température en surface. En novembre et décembre, le réchauffement estival et l'apparition de resserrements d'isothermes délimitent des zones propices entre 35°S et 40°S, dans l'ouest de 50°E.

Dans la zone de présence potentielle (entre isothermes 16°C et 19°C en surface), on trouve toujours au moins l'un des trois monts sous-marins identifiés sur les cartes marines. Néanmoins, les reliefs sous-marins dans cette région sont très peu connus et la topographie du fond de l'océan est

* Dans la zone, référence aux hauts-fonds trouvés sur la "Madagascar Ridge" (-15 et -130 mètres vers 34°S et 44°E), sur la "SW Indian Ridge" (-140 mètres au banc Sapmer, par 36°S et 53°E; et -102 mètres au banc Melville par 38°S et 47°E), pour ne citer que ceux répertoriés à ce jour.

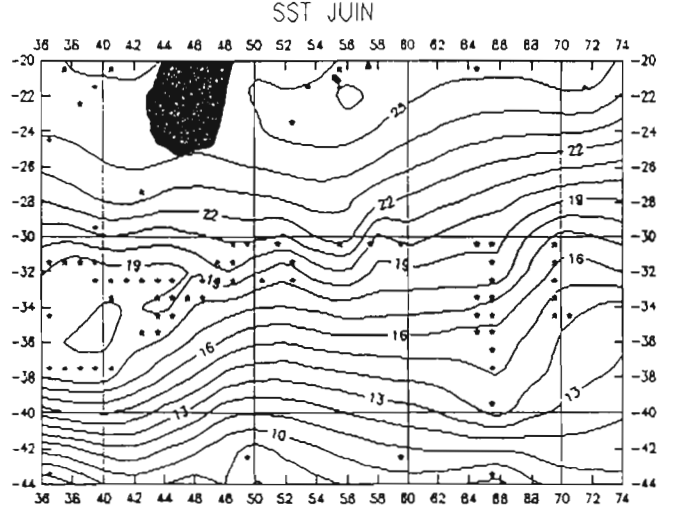
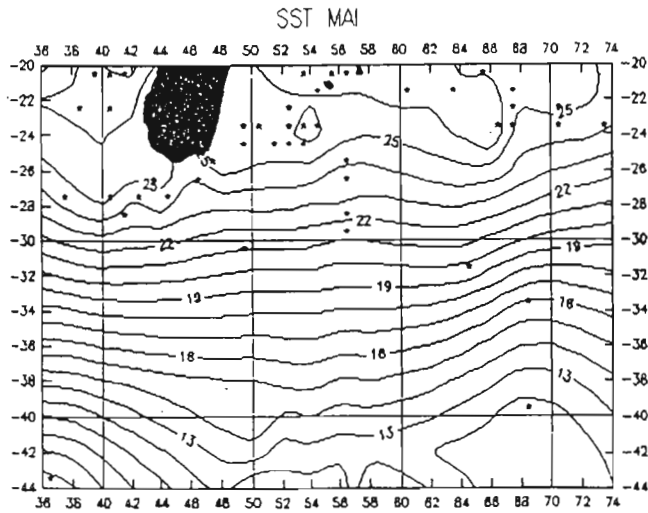
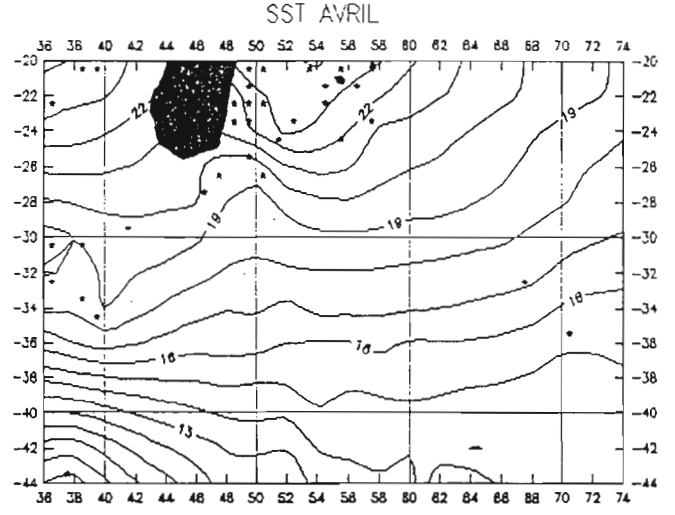
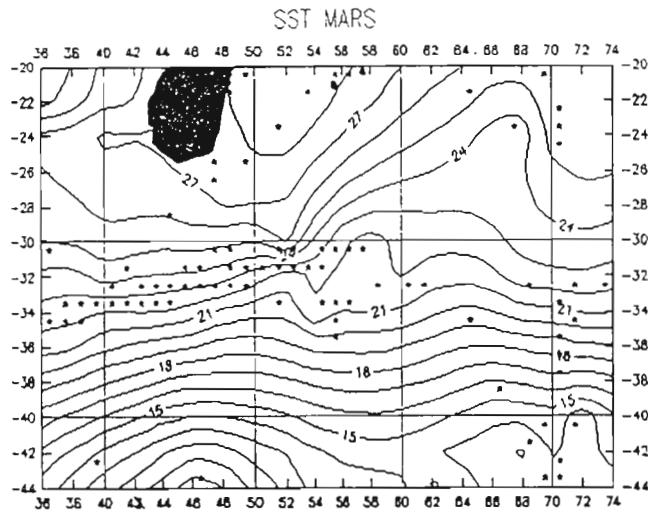
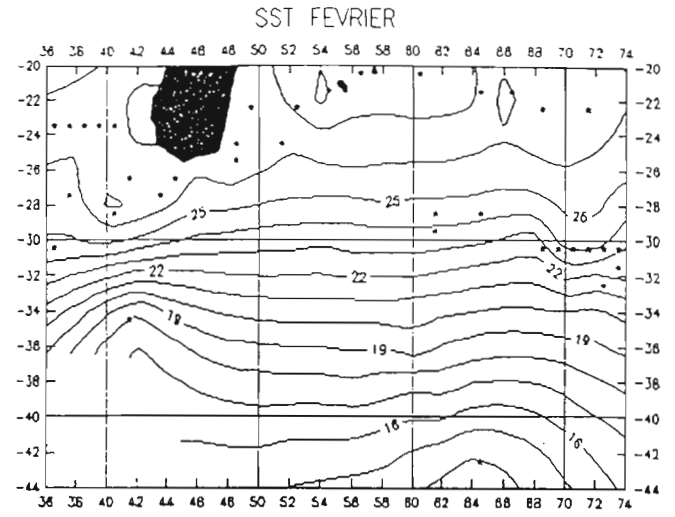
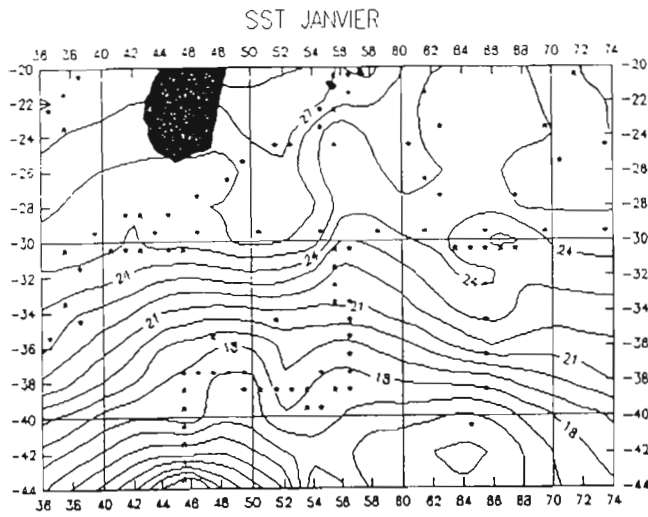


Figure 11 - Cartes mensuelles de température de surface dans la zone de prospection du germon austral (moyenne sur la période 1960-75)

Les astérisques portés sur les cartes représentent les points de grille 1°x 1° utilisés dans le contourage.

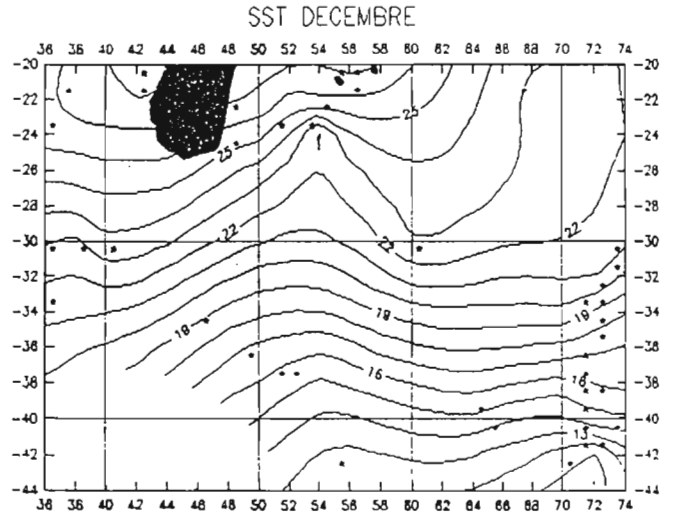
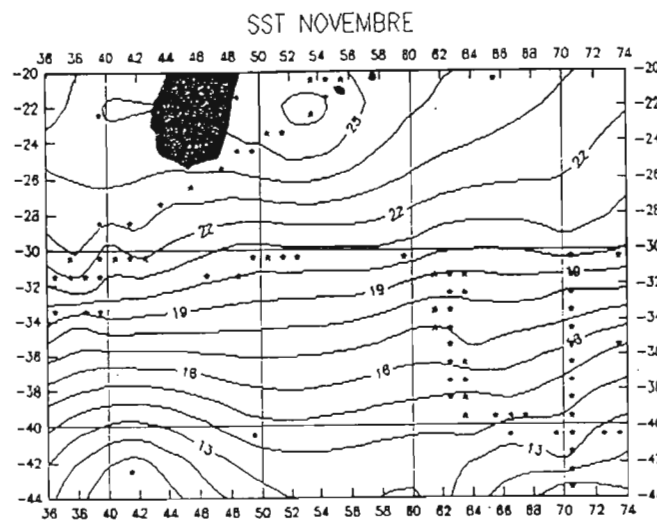
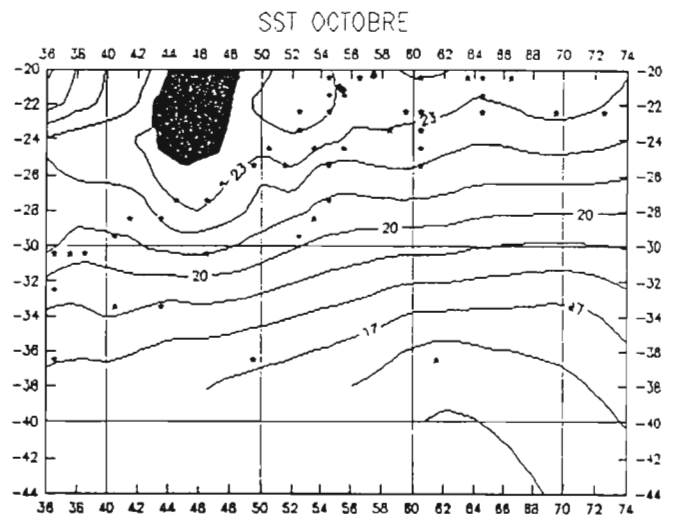
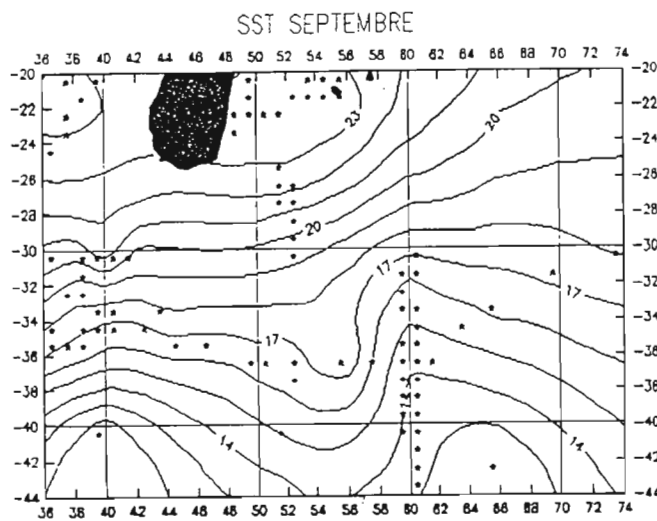
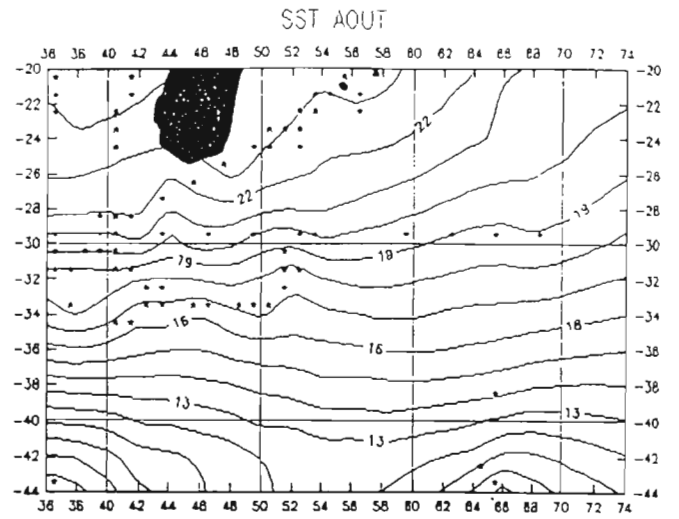
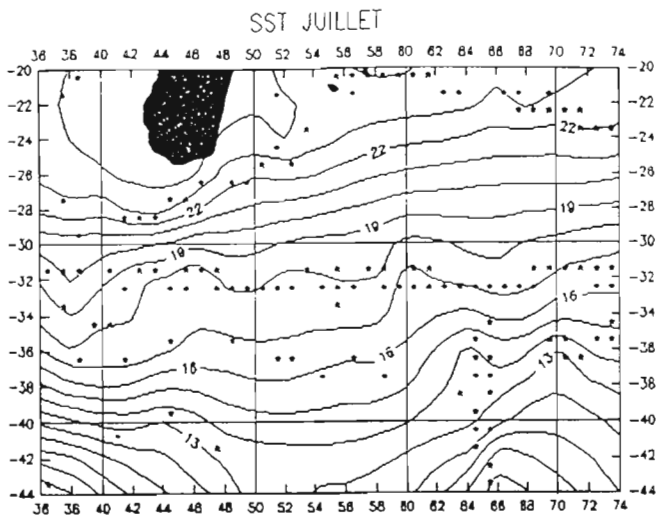


Figure 11 (suite)

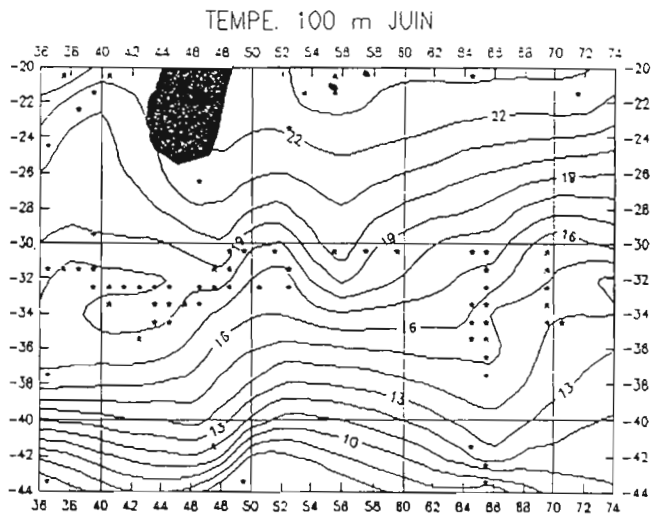
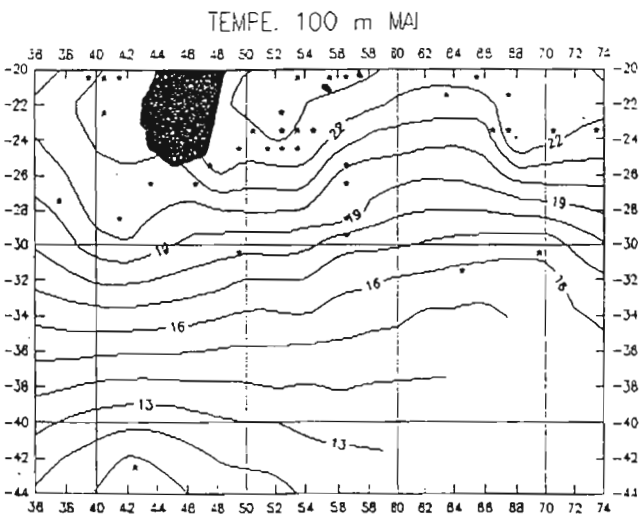
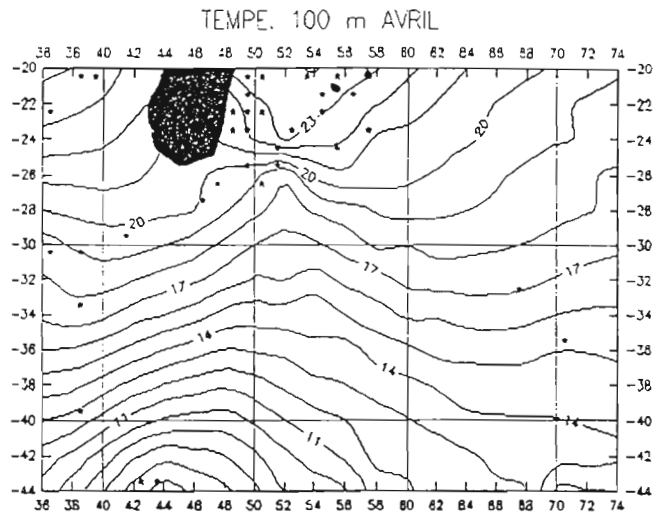
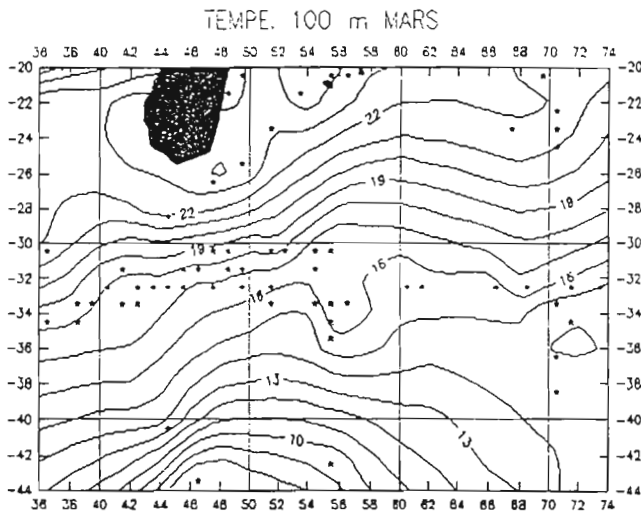
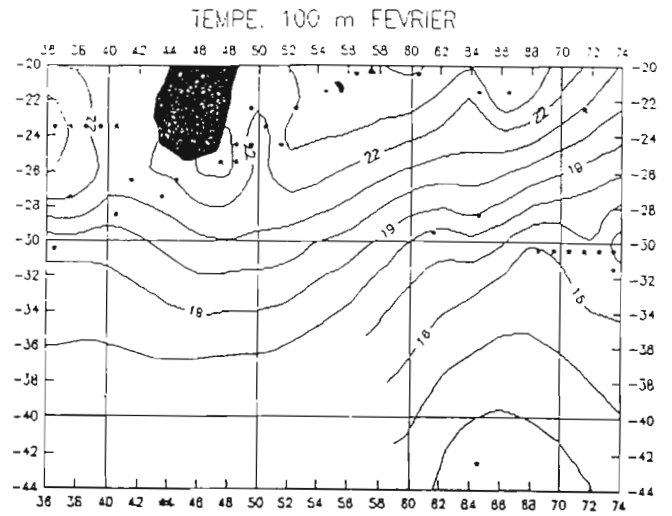
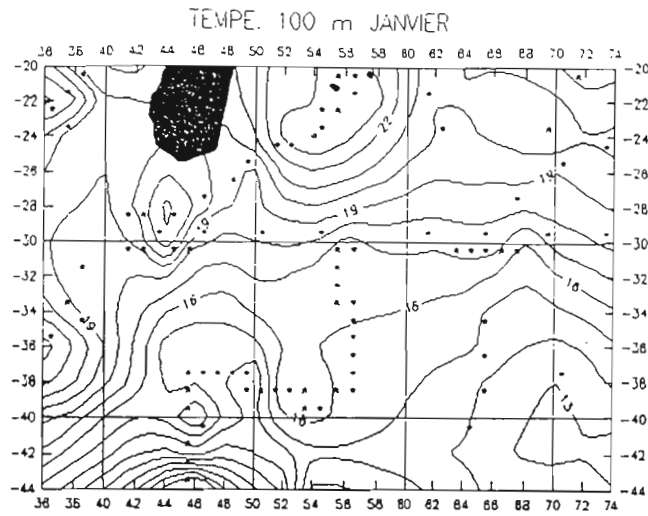


Figure 12 - Cartes mensuelles de la température à 100 mètres de profondeur dans la zone de prospection du germon austral (moyenne sur la période 1960-75)

Les astérisques portés sur les cartes représentent les points de grille 1°x 1° utilisés dans le contourage.

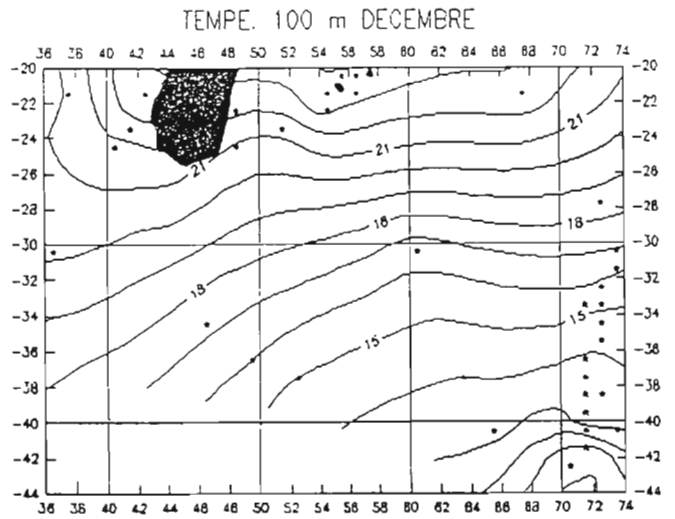
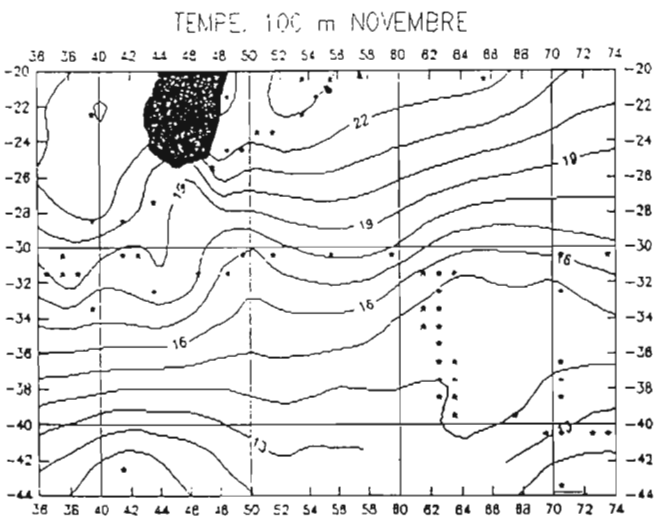
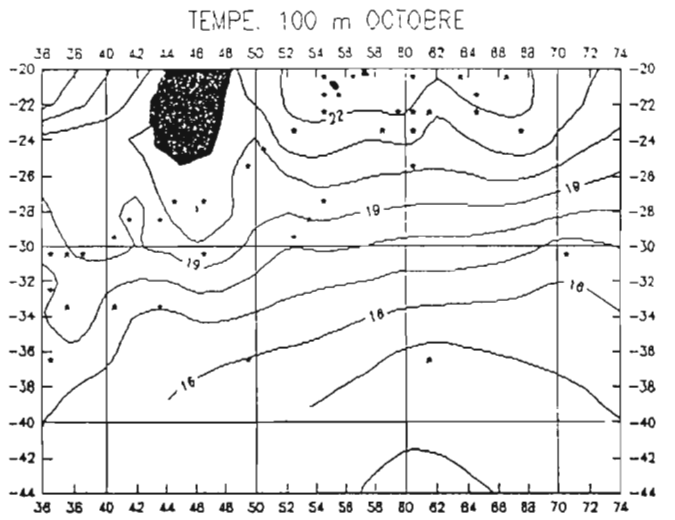
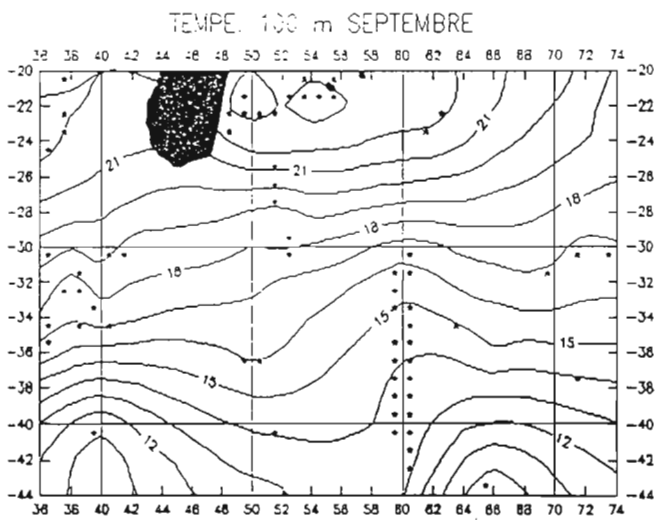
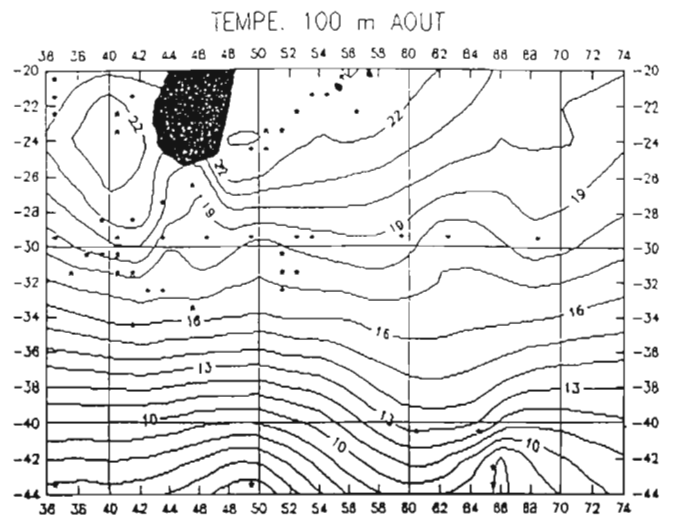
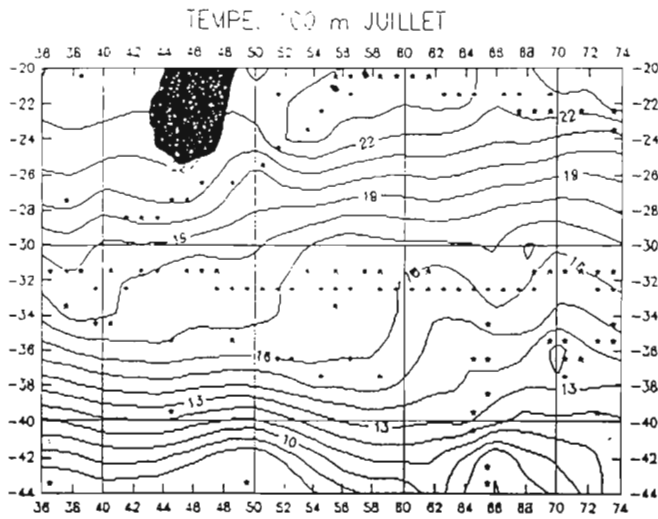
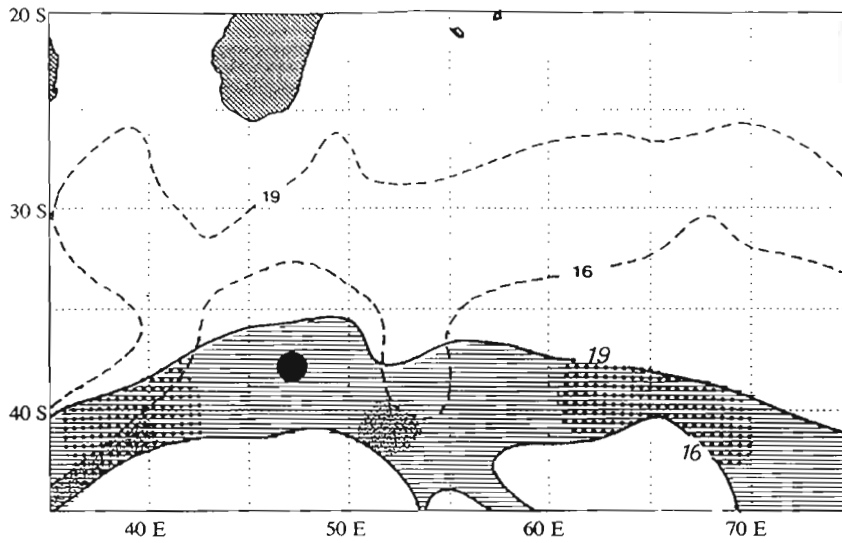
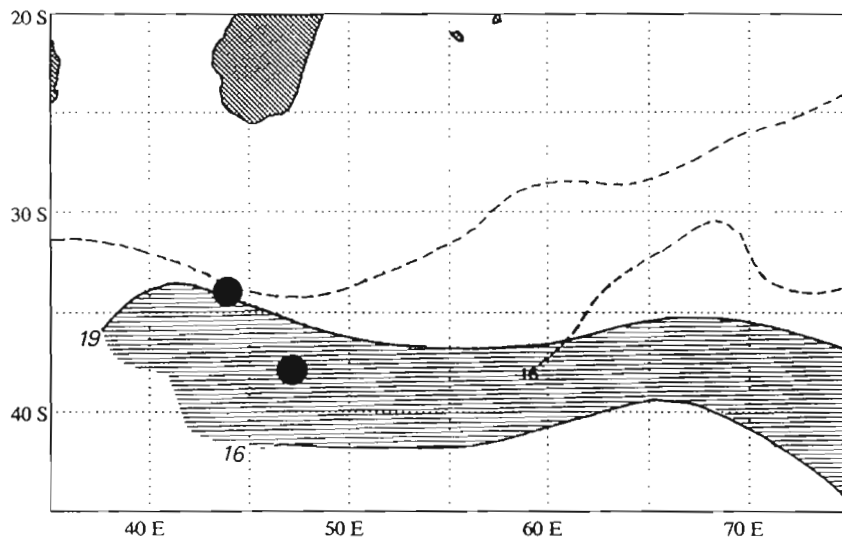


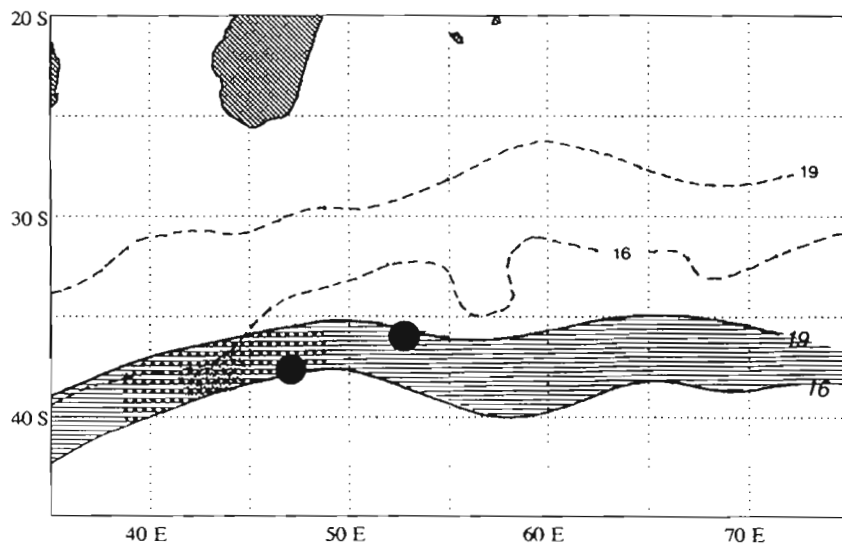
Figure 12 (suite)



JANVIER



FEVRIER



MARS





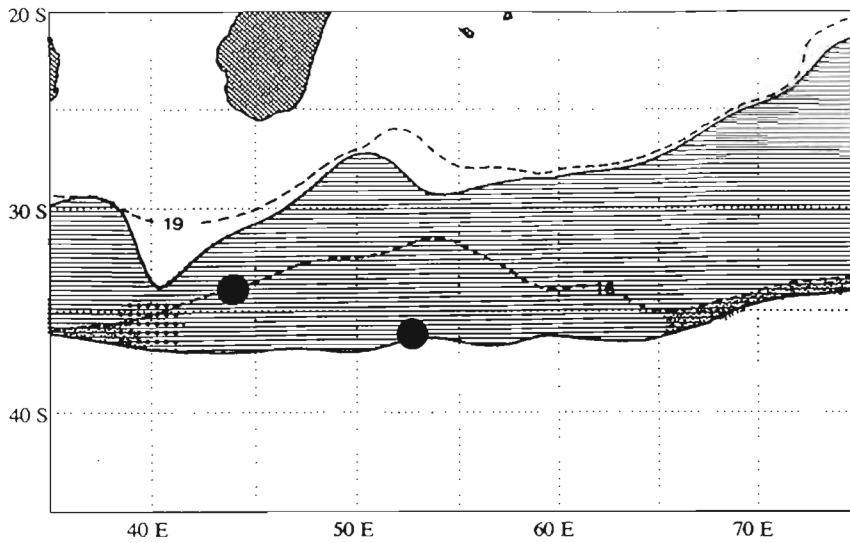
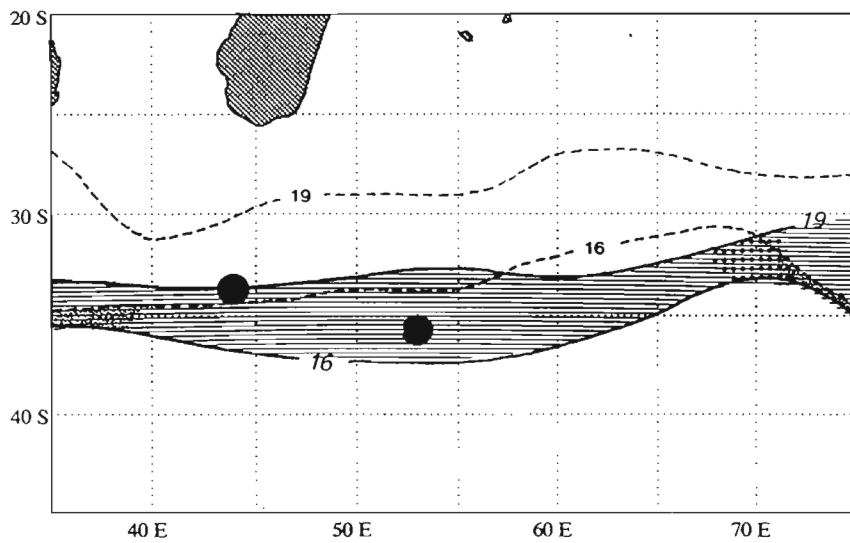
-  Aire de présence potentielle
-  Proximité de l'isoth. 16°C à 0 et 100 m
-  Fronts thermiques de surface
-  Mont sous-marin (répertorié sur carte marine)

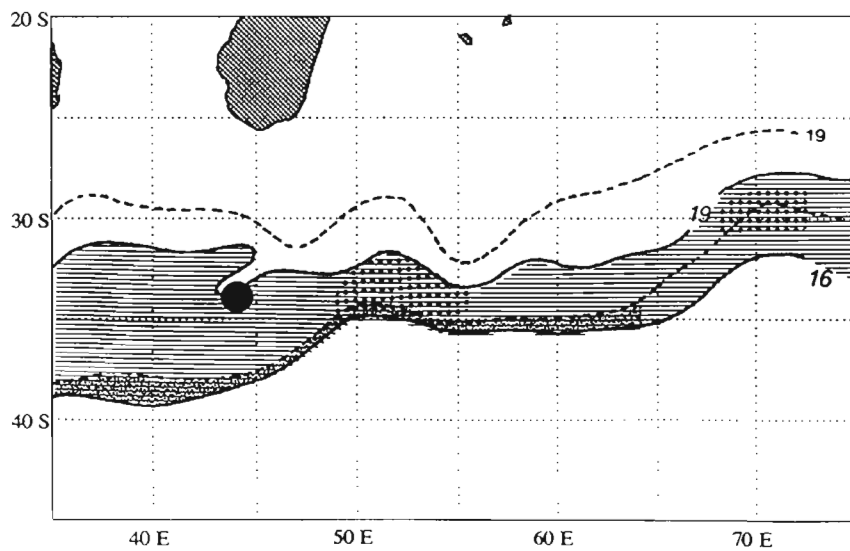
Figure 13 - Cartes mensuelles de synthèse des aires de présence potentielle et des zones de concentration favorisées par différents facteurs hydrologiques.



AVRIL



MAI



JUIN





-  Aire de présence potentielle
-  Proximité de l'isoth. 16°C à 0 et 100 m
-  Fronts thermiques de surface
-  Mont sous-marin (répertorié sur carte marine)

Figure 13 (suite)

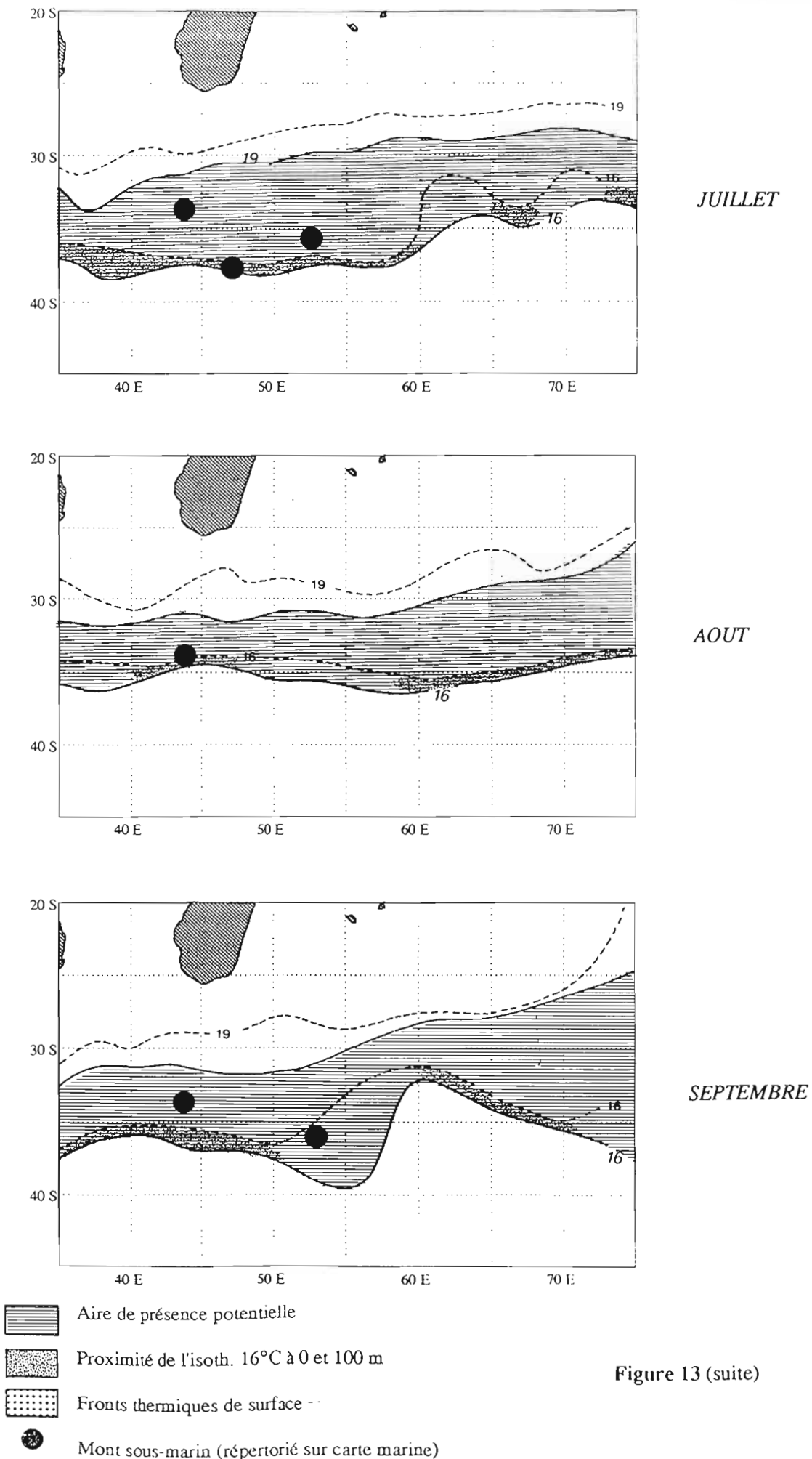
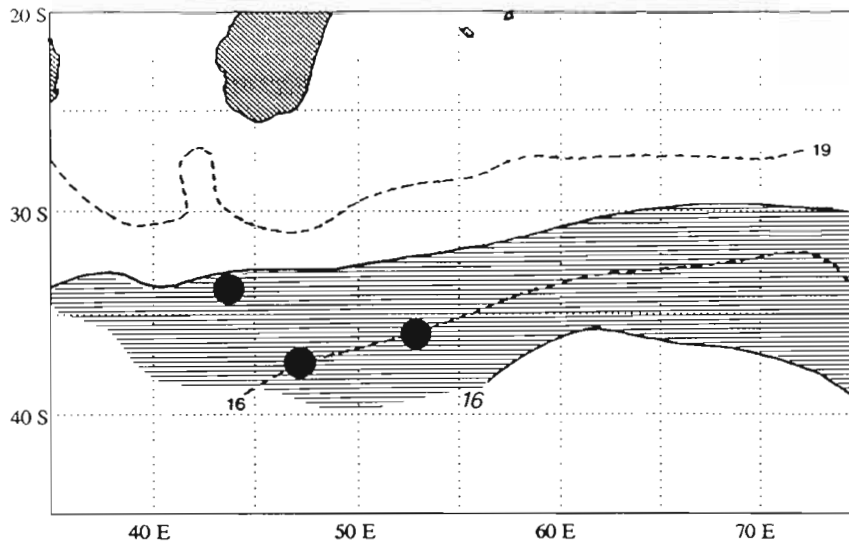
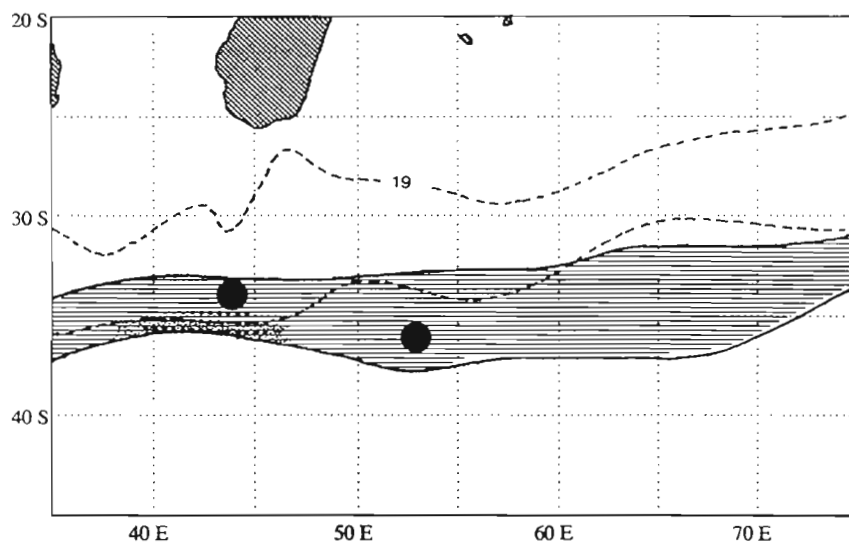


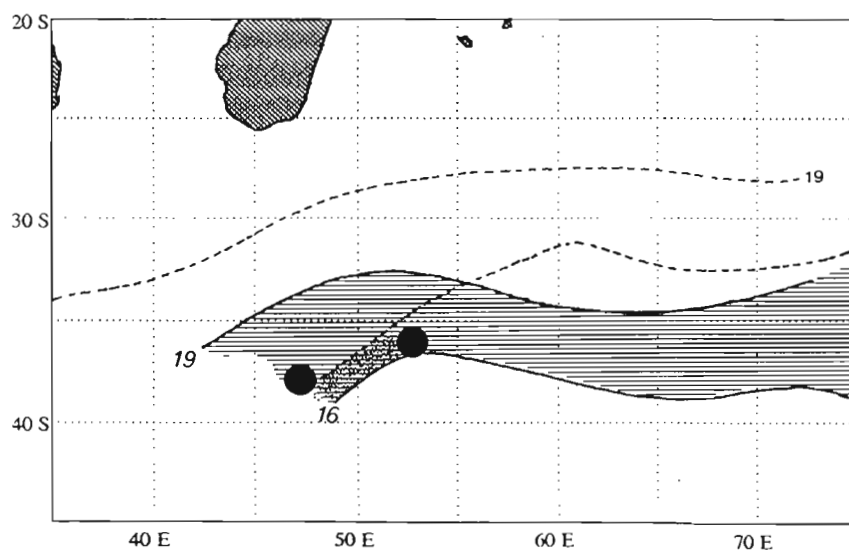
Figure 13 (suite)



OCTOBRE



NOVEMBRE



DECEMBRE





-  Aire de présence potentielle
-  Proximité de l'isoth. 16°C à 0 et 100 m
-  Fronts thermiques de surface
-  Mont sous-marin (répertorié sur carte marine)

Figure 13 (suite)

certainement beaucoup plus contrastée que ce que suggèrent les cartes marines actuelles. Une étude portant sur la détermination des reliefs sous-marins par altimétrie satellitaire, effectuée dans le cadre du programme de recherche du PTR 2, est en cours de publication. Un test réalisé en pleine résolution dans le secteur 50°E - 55°E/30°S - 35°S révèle des reliefs très tourmentés (dont est issu le banc Sapmer) associés à l'une des failles transformantes du rift sud-indien. Si les monts sous-marins jouent un rôle agrégatif sur les jeunes germans (ce qui reste encore à démontrer), alors la région située au sud de 35°S devrait jouir d'un potentiel tout à fait remarquable.

Mois	Température de surface	Température à 100 m
1	99	87
2	39	39
3	87	65
4	49	49
5	49	39
6	81	74
7	129	116
8	71	53
9	91	69
10	49	42
11	72	62
12	32	37

Tableau 1 - Nombre de points de grille échantillonnés dans la zone 36°E - 74°E / 20°S - 44°S et utilisés pour le krigeage et le contourage des cartes de température.

IV - ANALYSE DE LA PECHERIE TAIWANAISE AU FILET MAILLANT DERIVANT

Des navires taiwanais ont exploité la ressource de germans de surface de 1983 à 1991 dans le sud de l'océan Indien au moyen de filets maillants dérivants. Cette activité a du être stoppée suite à l'interdiction frappant ce type d'engin. Les résultats de 6 années d'exploitation fournissent des compléments aux analyses précédemment effectuées sur la base des facteurs de l'environnement.

Les caractéristiques des filets sont portées au tableau 2. Il en ressort principalement que la ressource de germans juvéniles était exploitée dans les 50 premiers mètres. Le nombre de navires en opération a rapidement crû de 1983 à 1986 (de 1 à 123) puis s'est stabilisé. La tendance est identique pour les débarquements qui atteignaient près de 18500 tonnes en 1988 (tableau 3) (Hsu and Liu, 1991).

Tableau 2 - Caractéristiques des filets maillants dérivants utilisés par les thoniers formosans

Eléments	Dimensions
Taille des mailles	20 - 22 cm
Profondeur	45 - 47 m
Nombre de filets unitaires déployés	700 - 900
Distance séparant 2 bouées	20 m
Longueur totale de l'engin	20 - 25 milles nautiques soit 37 - 47 km

Des données de prises et d'effort nous ont été communiquées par l'IPTP (Indo-Pacific Tuna Project). Elles ne concernent que la période récente (postérieure à octobre 1986) et ne couvrent qu'une partie des débarquements. Une rapide comparaison entre les données fournies et les quantités réellement débarquées durant les saisons 1986-87 et 1987-88 (Hsu and Liu, 1991) permet d'estimer des taux de couverture des statistiques à 50,6 et 67,5%. En l'absence de données précises de débarquement pour les 3 saisons de pêche suivantes, nous avons adopté une hypothèse de taux de couverture des statistiques de 60%. Sous cette hypothèse, on montre que l'effort nominal global de la flottille est relativement stable, entre 14000 et 16000 jours de pêche par saison. Les p.u.e. de chaque saison se maintiennent entre 1,2 et 1,5 t/jour, sauf pour la saison 1989-90 qui a été nettement plus productive (2,7 t/jour) (tableau 4).

Tableau 3 - Evolution du nombre de fileyeurs taiwanais et des débarquements (tonnes) durant les premières années de la pêcherie (Hsu and Liu, 1991)

Saison de pêche	Nb. de bateaux	Débarquements
1983-1984	1	24
1984-1985	36	3941
1985-1986	74	13777
1986-1987	123	18281
1987-1988	130	18486

Tableau 4 - Estimation de l'effort nominal global de la flottille par saison de pêche à partir des données partielles disponibles

Saison de pêche	Données fournies		p.u.e. estimée (t/jour)	Débarquements (t)	Taux de couverture (%)	Effort extrapolé (jours)
	nb. jours	prises (t)				
1986-1987	7353	9251	1.3	18281	50.6	14062
1987-1988	9990	12478	1.3	18486	67.5	14220
1988-1989	9035	13142	1.5	21903*	60.0**	14602
1989-1990	9767	26099	2.7	43498*	60.0**	16110
1990-1991	9047	13442	1.5	22403*	60.0**	14935

(*) valeurs estimées à partir des prises fournies, sous l'hypothèse d'un taux de couverture de 60%

(**) hypothèse sur le rapport entre prises fournies et prises débarquées

Un récapitulatif des statistiques de prises, effort et p.u.e. est donné au tableau 5 et les cartes mensuelles regroupant les années 1986 à 1991 sont présentées aux figures 14 et 15. La période de pêche est d'environ 6 mois (octobre-novembre à avril-mai), centrée sur la saison chaude, avec un maximum d'effort déployé en décembre et janvier (fig. 14). En début de saison, les navires sont concentrés à l'est de 80°E, de 30°S à 40°S. Puis, en décembre, la flottille entame un mouvement vers l'ouest qui l'amène jusque vers 30°E. En janvier et février, la bande 35°S - 40°S est la région la plus pêchée. En fin de saison (mars-avril), à mesure que l'effort global diminue, les navires s'éparpillent vers le nord (20°S) et vers le sud (45°S).

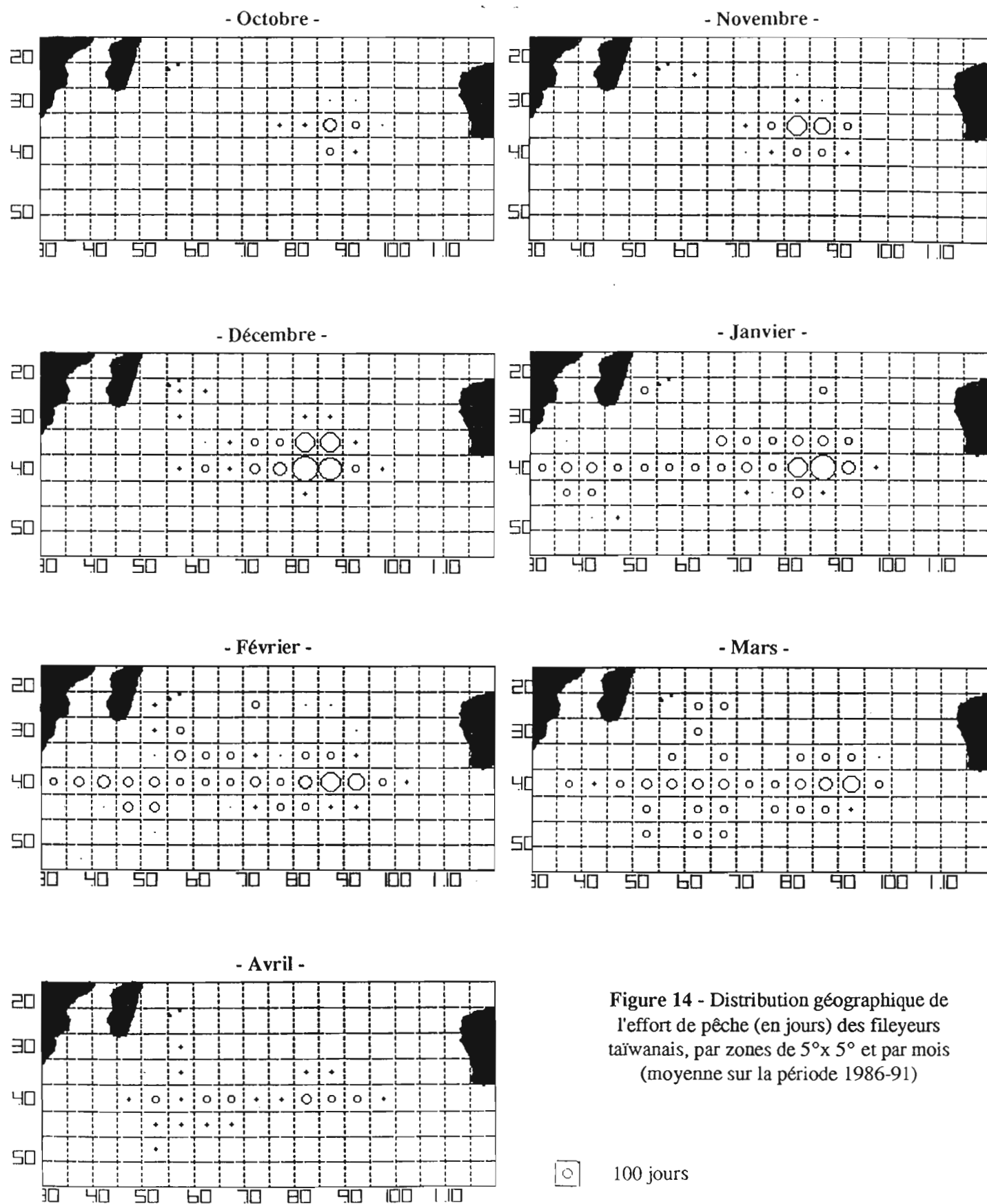


Figure 14 - Distribution géographique de l'effort de pêche (en jours) des fileyeurs taïwanais, par zones de 5°x 5° et par mois (moyenne sur la période 1986-91)

○ 100 jours

Les p.u.e. sont généralement plus élevées en décembre et janvier (tableau 5). La saison 1989-90 se distingue des autres par des rendements élevés tout au long des 6 mois d'activité. Les cartes de répartition des p.u.e. (fig. 15) montrent de fortes valeurs de janvier à avril dans la zone traitée dans ce rapport (35°E - 75°E). Le poids moyen des germons capturés par les filets dans l'océan Indien étant d'environ 9 kg (Hsu and Liu, 1991), les p.u.e. les plus fortes représentées sur les cartes (8 t/jour), en particulier en avril entre 35°S - 45°S et 55°E - 70°E, correspondent à une prise d'environ 850 à 900 germons par jour de pêche. Les meilleures p.u.e. moyennes enregistrées sur l'ensemble de la pêcherie représentent des prises journalières allant de 200 à 450 individus. A titre de comparaison, les p.u.e. obtenues par les fileyeurs japonais dans le Pacifique central et ouest s'établissaient entre 330 et 950 germons par jour durant la période 1983-90. Il a été rapporté par Pianet et Grandperrin (1990) que les p.u.e. des fileyeurs dans la zone de convergence subtropicale sont presque triples de celle des ligneurs dans la même zone. Ces considérations ne présagent en rien des rendements qui pourraient être attendus de la part de petits ligneurs opérant dans le sud de l'océan Indien mais elles doivent quand même être gardées à l'esprit.

Tableau 5 - Statistiques mensuelles de prises (tonnes), effort (jours) et p.u.e. (t/jour) par saison de pêche

Année	Mois	Effort	Prises	P.U.E.
86	10	79	141	1.8
86	11	484	1046	2.2
86	12	0	0	-
87	1	2591	6532	2.5
87	2	1348	1522	1.1
87	3	2123	10	0
87	4	726	0	0
87	5	2	0	0
87	10	256	331	1.3
87	11	686	856	1.2
87	12	2975	4747	1.6
88	1	2355	3269	1.4
88	2	2205	2397	1.1
88	3	1514	878	0.6
88	10	329	65	0.2
88	11	1562	1875	1.2
88	12	2685	5916	2.2

Année	Mois	Effort	Prises	P.U.E.
89	1	2380	3817	1.6
89	2	1143	1054	0.9
89	3	718	415	0.6
89	4	218	0	0
89	11	1019	2902	2.8
89	12	2464	6136	2.5
90	1	2269	5365	2.4
90	2	2142	5840	2.7
90	3	1227	3201	2.6
90	4	646	2655	4.1
90	11	562	989	1.8
90	12	1928	3483	1.8
91	1	2623	4518	1.7
91	2	1875	3074	1.6
91	3	996	1324	1.3
91	4	760	54	0.1
91	5	303	0	0

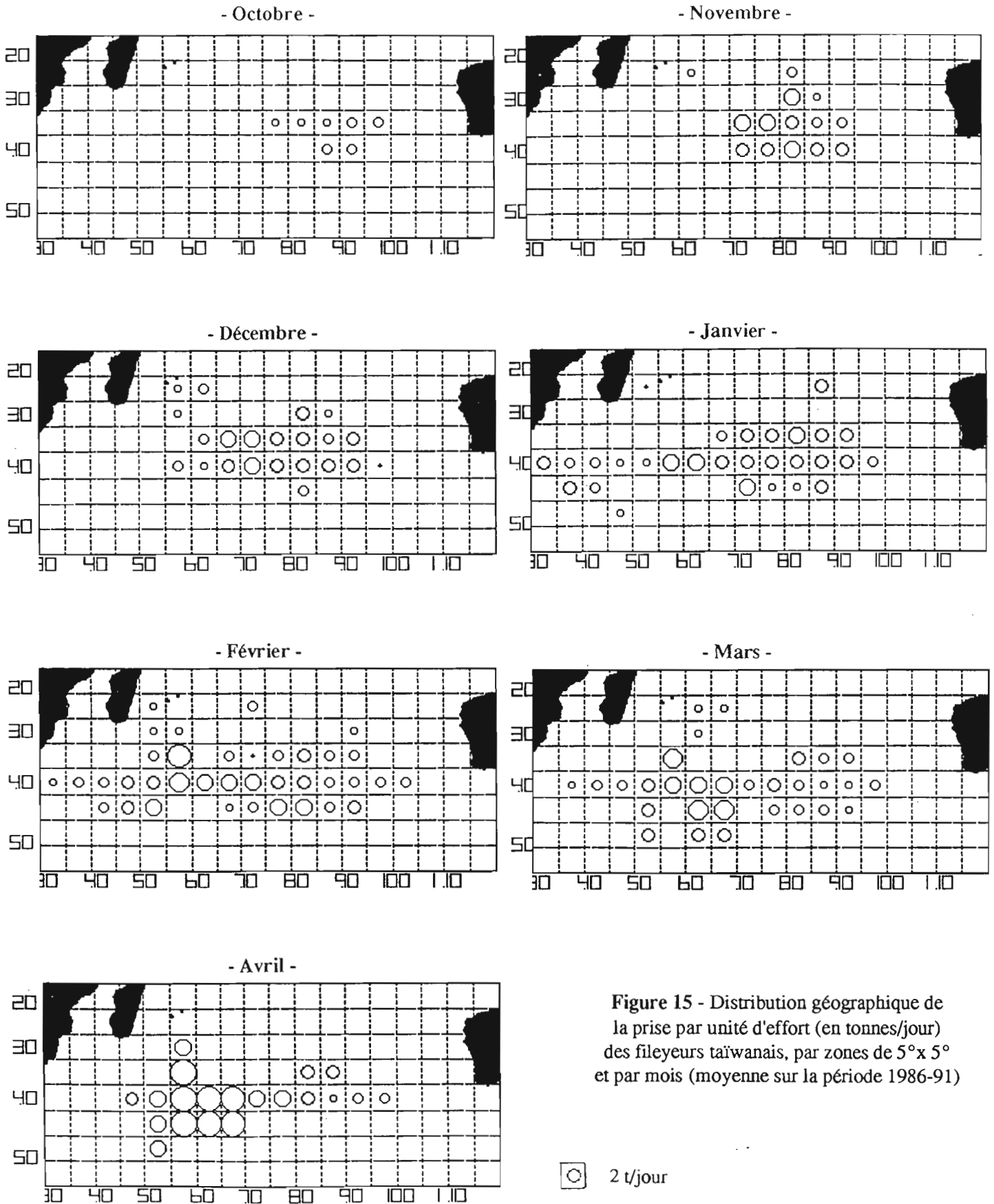


Figure 15 - Distribution géographique de la prise par unité d'effort (en tonnes/jour) des fileyeurs taiwanais, par zones de 5°x 5° et par mois (moyenne sur la période 1986-91)

Tableau 6 - Relation longueur-poids des germons capturés durant la campagne PROSGERMON 87 dans le Pacifique sud (Pianet et Grandperrin, 1990)

$$W = 1,29 \cdot 10^{-5} \cdot LF^{3,104}$$

(n=278)
LF en cm, W en kg

LF	Poids
50	2.4
55	3.3
60	4.3
65	5.5
70	6.9
75	8.5
80	10.4
85	12.6
90	15.0

En l'absence de distributions en tailles des prises des filets maillants taiwanais, on se reportera aux données des fileyeurs japonais dans le Pacifique sud (fig. 16b): les tailles capturées en quantité significative s'étendent de 50 à 90 cm de longueur fourche (avec 3 modes à 60 et 68 et 75 cm). D'après la relation longueur-poids présentée au tableau 6, la plus grande fraction des prises concernent des individus pesant de 3 à 10 kg. La distribution des prises des ligneurs américains de cette même zone (fig. 16a) couvre le même spectre de tailles (qui s'étend un peu plus vers les grands individus) avec un mode principal à 68 cm. Il est vraisemblable (pour ne pas dire certain) que les germons capturables dans les eaux de surface de la zone de convergence subtropicale de l'océan Indien appartiennent à cette même catégorie de taille.

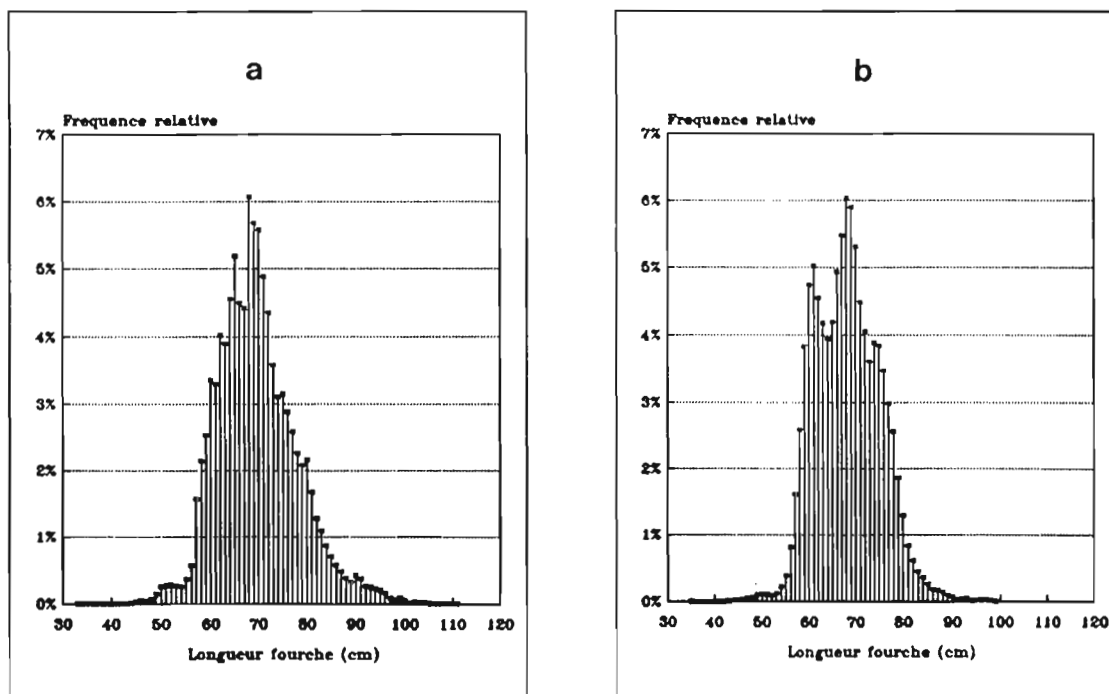


Figure 16 - Distribution des tailles des germons capturés (a) par les ligneurs américains et (b) par les fileyeurs japonais dans le Pacifique sud.

V - SYNTHÈSE DES ZONES A PROSPECTER

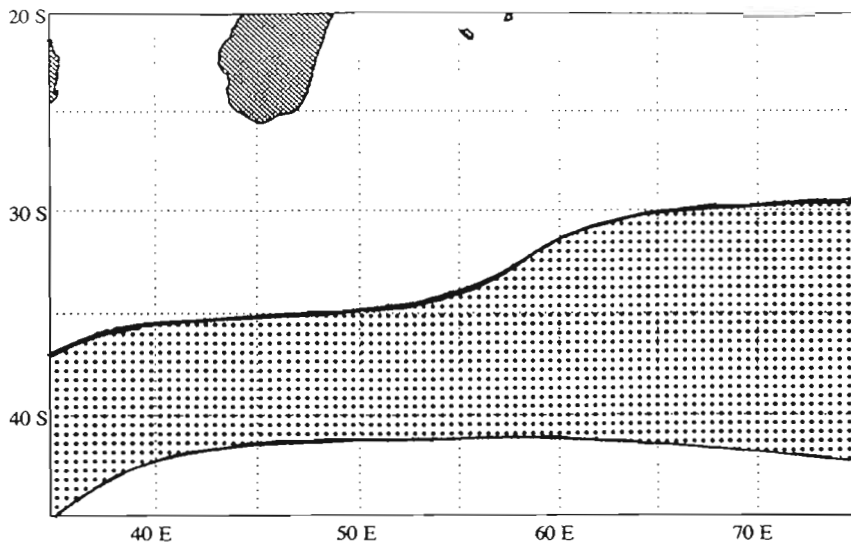
Le regroupement des informations ayant trait à l'environnement et des résultats de la pêche taiwanaise permet d'établir des cartes de synthèse saisonnière, présentées à la figure 17.

- en novembre et décembre, c'est le début de la saison de pêche avec des secteurs favorables centrés sur 35°S, de 35°E à 50°E et à l'est de 65°E;
- de janvier à mars, les zones favorables s'étendent en une bande zonale d'environ 400 milles nautiques au sud de 35°S, qui s'élargit en remontant vers le nord (30°S) à l'est de 60°E;
- d'avril à juin, cette bande est dissociée, la partie la plus large s'étendant à l'est de 50°E. Les latitudes les plus sud (35°S à 40°S) devraient être prospectées en avril et les plus nord (30°S - 35°S) en mai et juin.

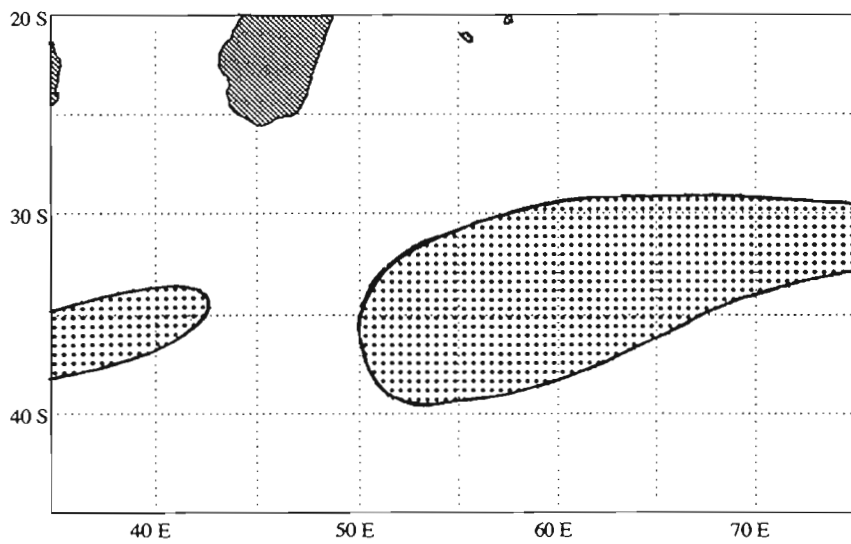
Les conditions météorologiques peuvent changer rapidement dans les latitudes concernées. En janvier, la zone de vents variables est limitée par les parallèles 30°S et 40°S. Les grandes brises d'ouest qui soufflent au sud de 40°S en janvier remontent jusque vers 35°S en juillet. Les sautes de vent peuvent être brutales. Ces brises correspondent à la partie nord des perturbations du front polaire qui se succèdent à courts intervalles d'ouest en est au sud de 50°S, mais qui peuvent remonter vers 35°S - 40°S en hiver austral. La vitesse moyenne de déplacement des dépressions est rapide, pouvant atteindre 700 km en 12 heures. Les prospections à mener en saison estivale ne doivent donc pas dépasser le 45^e parallèle sud et bénéficier d'une couverture météorologique parfaite.

VI - CONCLUSION

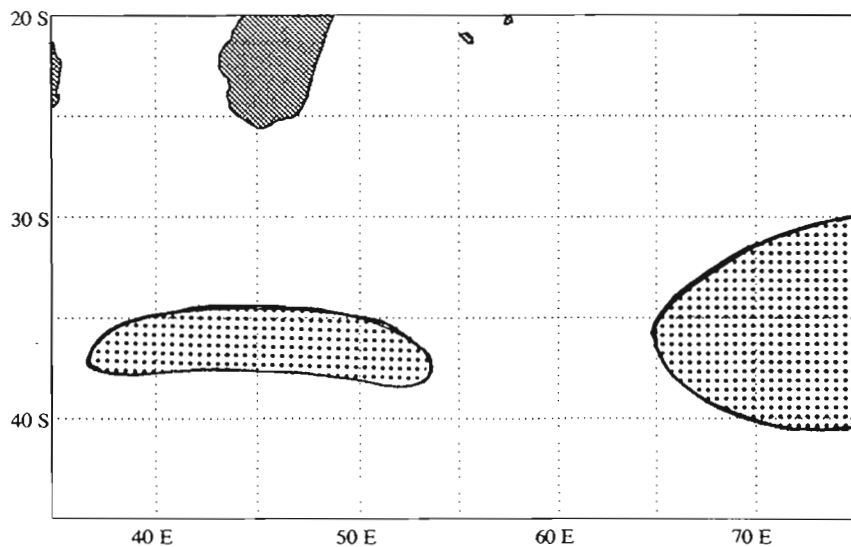
Il existe une ressource exploitable en jeunes germons (poids de 3 à 9 kg) dans les eaux superficielles du sud de l'océan Indien. Les zones favorables sont centrées sur la zone de convergence subtropicale et principalement limitées par les isothermes 16°C et 19°C en surface. Cette étroite relation entre les zones de concentration et la température peut être mise à profit dans la délimitation des zones favorables en temps réel au moyen de thermographies satellitaires, complétées par l'analyse des températures enregistrées par le navire lui-même au cours de ses opérations de recherche et de pêche. La couverture nuageuse étant généralement forte aux latitudes supérieures à 30°S, l'utilisation des thermographies radar s'avère indispensable (en particulier ERS-1). Des radiales de sondages XBT par les navires assurant la liaison Réunion-TAAF apporteraient des précisions supplémentaires sur la localisation du front subtropical. Les engins de surface potentiels sont la traîne et le chalut pélagique, la couche d'eau concernée allant de 0 à 50-80 m. La présence de reliefs sous-marins très accidentés dans la région australe pourrait être favorable à des regroupements bien localisés spatialement: dans cet ordre d'idée, une étude complémentaire de celle initiée dans le cadre du PTR 2 entre 30°S - 35°S et 55°E - 60°E au moyen de données altimétriques satellitaires, pourrait être recommandée sur une plus vaste région.



JANVIER
FEVRIER
MARS



AVRIL
MAI
JUIN



NOVEMBRE
DECEMBRE

Figure 17 - Délimitation des grandes zones de prospection du germon austral immature par des engins de pêche de surface, sur une base saisonnière, dans le sud-ouest de l'océan Indien.

Il est impossible pour l'instant d'évaluer quantitativement l'importance de cette ressource. D'ores et déjà, on peut considérer que la pêche aurait un caractère saisonnier (6 mois maximum), pour des raisons liées à la ressource elle-même (émigration des jeunes germons vers des zones plus tropicales) et aux conditions météorologiques. Les bases scientifiques étant esquissées, il reste maintenant à évaluer la faisabilité économique d'un tel projet, en particulier l'évaluation du marché potentiel du petit germon sur le plan régional et international. Comme c'est souvent le cas pour les ressources hauturières de grands pélagiques, les contraintes de l'exploitation dépendent plus souvent des conditions économiques que de l'état des stocks.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CAC, 1993 - Climate Diagnostics Bulletin: near real-time analyses ocean/atmosphere. US Dept of Commerce, NOAA.
- BARD, F-X., 1981 - Le thon germon *Thunnus alalunga* (Bonaterre, 1788) de l'océan Atlantique: de la dynamique des populations à la stratégie démographique. Thèse de Doctorat d'Etat es Sciences Naturelles, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, 330 p.
- COLLETTE, B.B. and C.E. NAUEN, 1983 - FAO species catalogue - Vol. 2: Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date. *FAO Fish. Synopsis*, 125 (2), 137 p.
- DONQUE, G., 1962 - Etude de quelques types de temps à Madagascar. *Revue de Géographie*, 22 : 103 - 126.
- ESA, 1989 - ERS-1, a new tool for global environmental monitoring in the 1990's. ESA BR-36, 38 p.
- FLITTNER, G.A., 1970 - Forecasting availability of albacore tuna in the eastern Pacific ocean. In *Fisheries Oceanography*, Hela I. and Laevastu T., Ed., Fishing News Ltd, London.
- HSU C.C and H.C. LIU, 1991 - Taiwanese longline and gillnet fisheries in the Indian. *Coll. Vol. Work. Doc. IPTP*, TWS/90/54 : 244 - 258.
- LAURS, R.M., and R.J. LYNN, 1977 - Seasonal migration of North Pacific albacore, *Thunnus alalunga*, into north american coastal waters : distribution, relative abundance and association with transition zone waters. *Fish. Bull.*, 4 (75) : 795 - 822.
- LAURS, R.M., K. BLISS, J. WETHERALL and B. NISHIMOTE, 1987 - South Pacific albacore fishery exploration conducted by U.S. Jigboats during early 1987. Admin. Rep. NOAA/NMFS/SWFC LJ-87-22, 52 p.
- LEBEAU, A., 1971 - Etude de la biologie du germon de l'océan Indien. *Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit.*, 204, 10 p.
- LEBORGNE, J., 1987 - Climatologie du sud-ouest de l'océan Indien. Le cas de l'île Maurice. Tomes 1 et 2. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, 204.

- LUTJEHARMS, J.R.E., 1976 - The Agulhas current system during the northeast monsoon season. *Journ. Phys. Oceanogr.*, 6 : 665 - 670.
- LUTJEHARMS, J.R.E., 1985 - Location of frontal systems between Africa and Antarctica: some preliminary results. *Deep Sea Res.*, 32 (12) : 1499 - 1509.
- MARCILLE, J., 1979 - La pêche du germon (*Thunnus alalunga*) en surface au sud de la Polynésie Française est-elle possible? *Doc. Sci. ORSTOM Tahiti*.
- MARSAC, F., 1993 - GAO (Gestionnaire d'Applications Océanographiques): un logiciel de l'ORSTOM pour le traitement de données océanographiques (versions française et anglaise). *Doc. Sci. AT/COI/PT2*, 10, 4 p.
- NEUMANN, G., 1968 - Ocean currents.
- PARK, Y.H., L. GAMBERONI, and E. CHARRIAUD, 1990 - Frontal structure, transport and variability of the Antarctic circumpolar current in the South Indian ocean sector, 40°E - 80°E. The biogeochemistry and the circulation of water masses in the southern ocean, Brest, 2 - 6 juillet 1990.
- PIANET, R., J. CHABANNE, J-L. CREMOUX, R. ETAIX-BONNIN, R. GRANDPERRIN, R. LE BORGNE, G. MOARI, G. MOU-THAM, J-Y. PANCHE et M.H. RADENAC, 1990 - Rapport de la campagne PROSGERMON 87, N.O. CORIOLIS, 21 février au 20 mars 1987. ORSTOM Nouméa, *Rapp. de Missions, Sciences de la mer, Biologie Marine*, 7, 70 p.
- PIANET, R. et R. GRANDPERRIN, 1990 - Prospection des ressources en germons de surface dans le Pacifique sud: rapport de la campagne PROSGERMON 87 et évolution de la situation (1988-1990). ORSTOM Nouméa, *Conventions Sciences de la Mer, Biologie Marine*, 4, 48 p.
- PITON, B., 1989 - Quelques aspects nouveaux sur la circulation superficielle dans le canal de Mozambique (océan Indien). *Doc. Sci. ORSTOM Brest*, 54, 31 p.
- SHARP, G.D. - 1979 - Areas of potentially successful exploitation of tunas in the Indian ocean with emphasis on surface methods. FAO Rome, IOFC/DEV/79/47, 55 p.
- SUND, P., M. BLACKBURN and F. WILLIAMS, 1981 - Tunas and their environment in the Pacific ocean : a review. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 19 : 443 - 512.
- WALKER, N.D., 1990 - Links between South African summer rainfall and temperature variability of the Agulhas and Benguela current systems. *Journ. of Geophys. Res.*, 95 (C3) : 3297 - 3319
- WYRTKI, K., 1971 - Oceanographic atlas of the International Indian Ocean Expedition. Washington D.C., National Science Foundation, 531 p.
-