

F. ROUGERIE

L. MAREC

Y. GOURIOU

**CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES DE
LA ZONE MARINE DE POLYNÉSIE FRANÇAISE
PENDANT L'ANNÉE 1979**

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER



CENTRE DE PAPÛTÈ

NOTES ET DOCUMENTS D'Océanographie

NR.80/28

OCTOBRE 1980

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE PAPEETE

CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES
DE LA ZONE MARINE DE POLYNESIE FRANCAISE
PENDANT L'ANNEE 1979

ROUGERIE Francis

MAREC Louis

GOURIOU Yves

NOTES ET DOCUMENTS D'OCEANOGRAPHIE

N° 1980/28

NOVEMBRE 1980

S O M M A I R E

	<u>Pages</u>	
I	ORIGINE DES DONNEES, RESEAU ET METHODOLOGIE	
	I.1. Paramètres météorologiques	4
	I.2. Paramètres océanographiques	5
	I.3. Réseau	6
II	STATION COTIERE DE TAHITI	
	II.1. Recueil des données	9
	II.2. Données quotidiennes	9
	II.3. Moyennes par décades	14
III	ANALYSE HYDROCLIMATIQUE TRIMESTRIELLE	
	III.1. 1er trimestre 1979	19
	III.2. 2ème trimestre 1979	28
	III.3. 3ème trimestre 1979	37
	III.4. 4ème trimestre 1979	46
IV	SITUATION MOYENNE ANNUELLE	
	IV.1. Moyennes annuelles	55
	IV.2. Eléments de synthèse	62
	REMERCIEMENTS	64

RESUME

Le réseau de collectes des données de surface par les navires, mis en place par l'O.R.S.T.O.M. dans le Pacifique tropical, a atteint en 1979, dans la zone marine de Polynésie Française, une densité permettant de décrire l'évolution de la situation thermohaline de la couche océanique superficielle. La Polynésie Française bénéficie en outre des données climatiques relevées aux 15 stations principales du Service de la Météorologie de l'Aviation Civile.

La comparaison des données relatives à l'air et à la mer montre, à la station côtière de Tahiti, une remarquable concordance de phase entre l'ondulation thermique des deux milieux, et une amplitude annuelle identique de $3,3^{\circ}\text{C}$. La comparaison de l'évolution du bilan évaporation - précipitations et de la salinité de surface révèle en période chaude et pluvieuse (été austral) un décalage de 10 jours entre l'observation d'un fort excès de précipitations (E-P négatif) et l'apparition d'une dessalure notable. A partir de mai, la salinité de l'océan croît plus vite que ne l'autorise l'excès local d'évaporation (E-P positif), indice probant de l'importance de l'advection zonale, globalement dirigée vers l'ouest. En novembre, E-P redevient négatif et la salinité superficielle diminue fortement.

La description des situations trimestrielles successives de l'hydroclimat polynésien confirme l'existence d'un double processus fixant la salinité superficielle : d'une part les fluctuations de la valeur relative du terme E-P, illustrées par le déplacement de l'isoline zéro entre l'archipel des TUAMOTU et Tahiti; d'autre part, la dynamique des courants zonaux, maintenant une couche dessalée entre les îles Cook et Tahiti (partie terminale du Contre Courant Equatorial Sud) et transportant à proximité de Tahiti, en période de forts alizés d'est (hiver austral), l'Eau Subtropicale Sud très salée formée dans la nord-est des TUAMOTU. Il en résulte que les fronts thermiques superficiels se développent essentiellement selon les parallèles géographiques alors que le front halin principal est situé à la latitude de Tahiti entre les méridiens 154°W et 148°W (carte 5d de la salinité moyenne annuelle en 1979).

SUMMARY

The ship conducted surface data collection network established by ORSTOM in the tropical pacific region reached a density in 1979 in the marine zone of French Polynesia which resulted in the description of the development of the thermo-haline situation of the superficial oceanic layer. In addition, French Polynesia possesses climatic data recorded at the 15 principale stations of the Meteorological and Civil Aviation Department.

At the coastal station of Tahiti, the comparison of athmospheric and marine data shows a remarkable phase similarity between the heat fluctuations of the two environments and an identical annual amplitude of 3,3°C. During the hot and rainy period (austral summer), the comparison of the evolution of the evaporation-rainfall survey (E-P) and surface salinity shows a lag of 10 days between the observation of heavy excess rainfall (E-P negative) and the appearance of considerable sea-water freshing. From the month of may onwards, ocean salinity increases faster than normally allowed by local excess evaporation (E-P positive) giving conclusive evidence for high zonal advection, globally directed towards the west. In november, E-P becomes negative once again, and superficial salinity drops sharply.

The description of successive quaterly situations of the polynesian hydroclimate confirms the existence of a dual procedure which defines superficial salinity ; firstly, fluctuations of the value concerning the term E-P demonstrated by the movement of the zero isoline between the TUAMOTU archipelago and TAHITI ; secondly, the dynamics of zonal currents, maintaining a desalinated layer between the Cook Islands and Tahiti (terminal part of the Southern Equatorial Counter Current) and which during the passage of strong castern trade winds (austral winter) transports to the vicinity of Tahiti extremely salty Southern Sub Tropical Water formed in the north-eastern TUAMOTU. The result is that superfical thermic gradients are formed essentially according to geographic parallels whereas the principle haline gradient is located on the Tahiti latitude between meridiens 154°W and 148°W (map 5d of the average annual salinity in 1979).

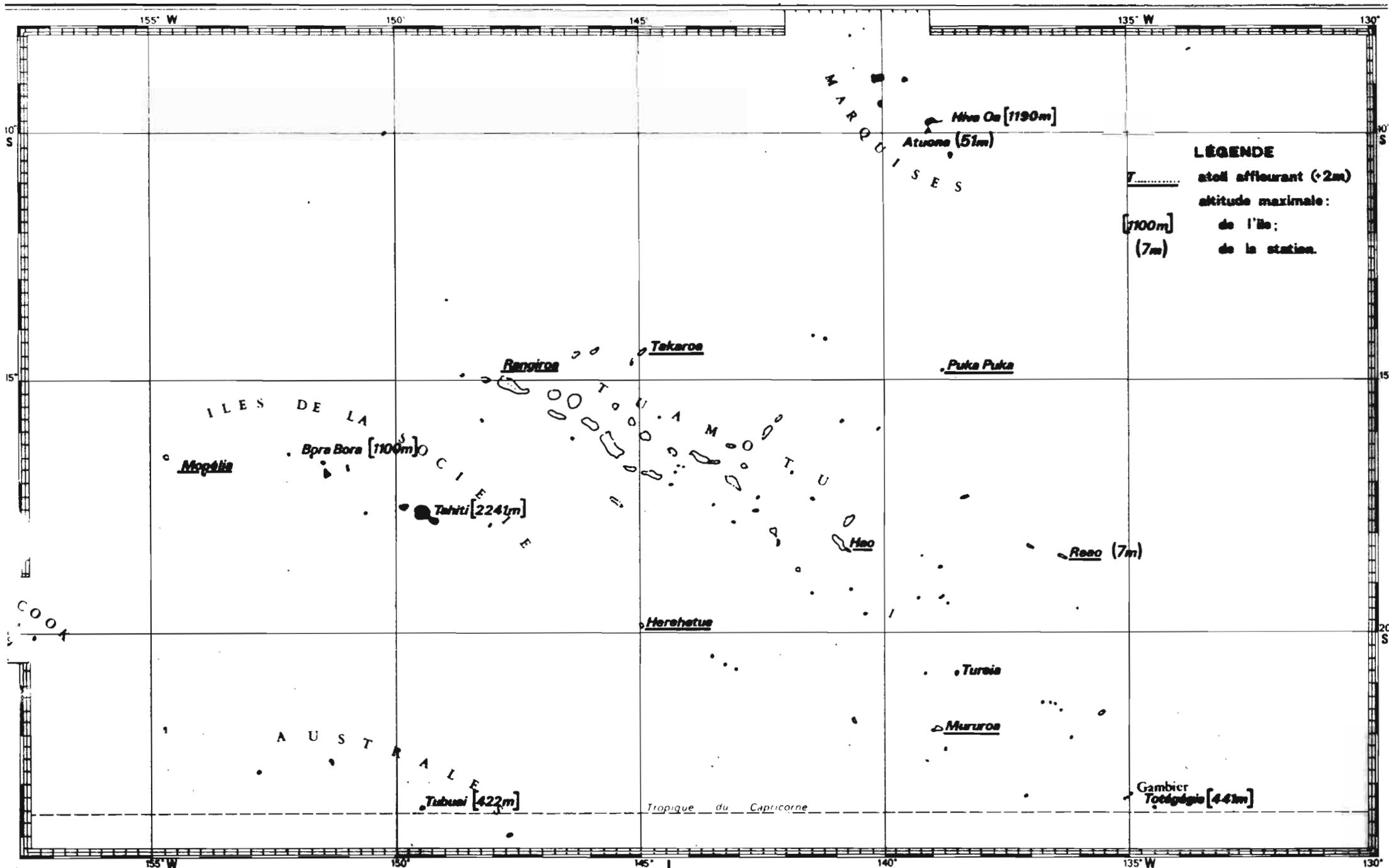


FIG. A: RÉSEAU DES STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES.

Rape 27°20'Sud
[633m]

CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES DE LA ZONE
MARINE DE POLYNESIE FRANCAISE

- ANNEE 1979 -

I - Origine des données, réseau et méthodologie

I.1 - Paramètres météorologiques

Les données météorologiques utilisées ont été fournies par le Service de la Météorologie, Direction du Service de l'Aviation Civile en Polynésie Française⁺. Ce service publie un "Résumé mensuel du temps" qui contient les relevés principaux (température de l'air, précipitations, insolation, évaporation, évapotranspiration potentielle, situation isobarique) de 15 stations météorologiques (figure A). Ces informations sont répertoriées annuellement dans le "Résumé des observations en surface" qui contient également les données relatives au vent.

Toutes ces stations sont situées au niveau de la mer sauf ATUONA (+ 51 m) et REAO (7 m). La figure A indique pour les îles hautes la hauteur en mètres du plus haut sommet. Pour les atolls l'élévation ne dépasse pas quelques mètres au-dessus de l'océan, ce qui en fait des sites privilégiés pour les observations climatiques. En revanche les stations des îles hautes sont soumises aux influences orographiques qui ont tendance à augmenter les précipitations et à diminuer les températures de l'air et la vitesse des vents. Quoique biaisées dans des proportions difficiles à préciser, ces données sont toutefois indispensables à la connaissance climatique de la Polynésie Française où seule, la station météorologique de l'île de RAPA (144°10 W, 27°20 S) se trouve en dehors de la zone tropicale.

- Température : Les valeurs des températures qui figurent sur les cartes trimestrielles ont été calculées à partir d'une moyenne mensuelle tirée de la moyenne journalière (moyenne des 8 observations trihoraires quotidiennes, en degré Celsius et dixième).

+ B.P. 6005 - Aéroport de FAAA - TAHITI - Polynésie Française.

- Evapotranspiration potentielle : La valeur de l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) a été préférée à celle de l'évaporation "Piche" car elle indique de façon beaucoup plus juste l'amplitude du phénomène. L'E.T.P. n'est pas, en Polynésie, mesurée directement avec un évapotranspiromètre (sauf à la station de FAAA avec un bac évaporateur de type A) mais calculée selon la méthode de PENMAN* qui nécessite la connaissance de la température et de l'humidité de l'air, de la vitesse du vent, de l'insolation, de l'albedo du milieu et de quelques constantes physiques (chaleur latente d'évaporation de l'eau, constantes psychrométriques et de STEFAN-BOLTZMAN, etc...). Il a été établi expérimentalement que le résultat est très voisin de celui obtenu avec un bac d'évaporation et représente en milieu tropical marin un chiffre qui se situe entre 1,8 et 1,9 fois celui de l'évaporation Piche. L'E.T.P. est exprimée en mm d'eau.

- Précipitations : Le total trimestriel a été calculé à partir des valeurs relevées quotidiennement et exprimées en millimètres et dixièmes.

- Bilan évapotranspiration potentielle - précipitations (ETP-P) :

On postule que sur une zone marine aussi vaste que la Polynésie Française (5 millions de km²) où les terres émergées représentent moins de 1/1000ème de la surface totale, l'expression ETP-P devrait, sur le long terme, révéler dans quel sens s'opère l'échange d'eau océan-atmosphère, le résultat ayant une incidence directe sur la charge en sel (salinité) de l'eau océanique superficielle. Lorsqu'elle apparaît, la ligne d'écart zéro est donc celle où le niveau des précipitations égale celui de l'évaporation réelle. Cette ligne permet donc de séparer les zones subissant un excès de précipitations (ETP-P négatif) des zones où un déficit en eau révèle une prépondérance des processus d'évaporation (ETP-P positif).

1.2 - Paramètres océanographiques

- Température : La température de la surface de la mer exprime en fait une température mesurée au sein des 5 premiers mètres de la couche superficielle, sans préjuger aucunement de l'existence et de la force d'éventuels gradients verticaux. Les températures peuvent être lues au

(*) Voir "l'Evapotranspiration" par P. BROCHET et N. GERBIER - Monographie N° 65 de la Météorologie Nationale.

centième (navires océanographiques) ou au dixième (seau thermométrique, sondes autonomes, thermomètres des circuits de refroidissement machine). A cause des problèmes d'étalonnage de ces différents capteurs, et de la maille large et fluctuante du réseau de mesures, les isothermes ne sont tracés que par demi-degré Celsius.

- Données GOSSTCOMP (Global Operational Sea Surface Temperature Computation) : Ces données sont fournies par la National Oceanographic and Atmospheric Administration américaine (NOAA). Elles se présentent sous forme de cartes hebdomadaires où la structure thermique superficielle de la mer résulte essentiellement de données recueillies par les satellites de type TIROS et GOES (satellites stationnaires) équipés de radiomètres infrarouge haute sensibilité. Ces données brutes sont pondérées avec les données déjà existantes en fonction de la zone et de la saison. Nous avons regroupé pour chaque trimestre les situations hebdomadaires de la zone tropicale polynésienne (cartes de la série b'), ce qui permet une comparaison avec nos propres données.

- Salinité : Les échantillons d'eau de mer prélevés en surface (entre 0 et 5 mètres), conjointement aux mesures de températures, et destinés à la mesure de la salinité, sont stockés en canettes bouchées de 33 cl. Les salinités sont déterminées ultérieurement en laboratoire à terre avec un salinomètre à induction AUTOLAB, la précision finale pouvant être estimée à 0,01‰. Les cartes trimestrielles intégrant des situations instantanées en constant réarrangement et imparfaitement décrites par notre réseau de mesures, les isohalines sont seulement tracées par 0,5‰.

I.3 - Réseau

Le réseau de mesures hydrologiques superficielles qui intéresse la Polynésie Française est en fait intégré dans un ensemble beaucoup plus vaste, puisqu'il couvre la totalité du Pacifique tropical et une partie de l'Atlantique et de l'Océan Indien. Ce réseau, qui permet une analyse hydroclimatique à grande échelle, a été mis en place à partir de Nouméa, par l'O.R.S.T.O.M., dès le début des années 1970. De nombreuses publications

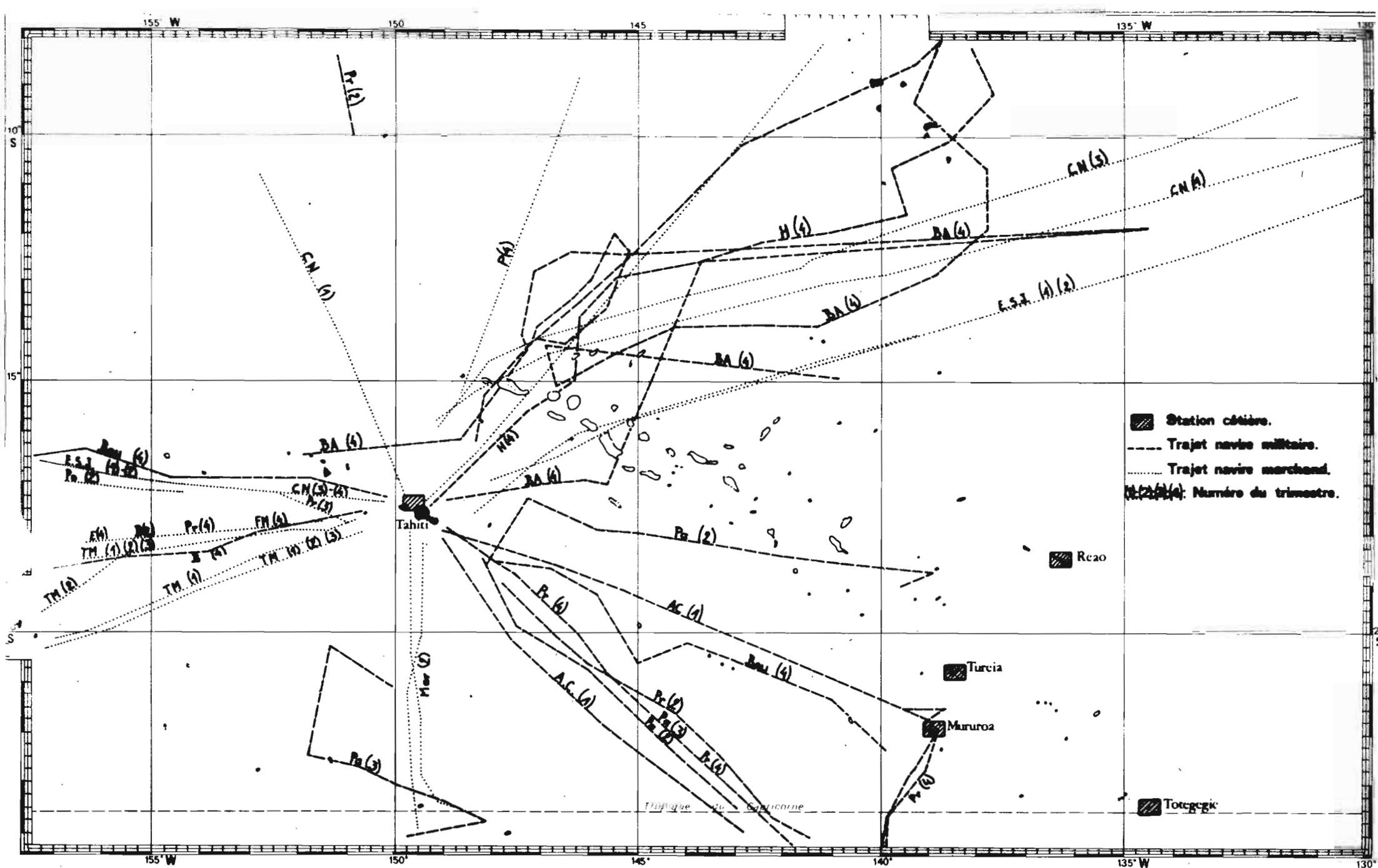


FIG. b: RÉSEAU DE COLLECTE DES DONNÉES HYDROLOGIQUES EN 1979.

(DONGUY et al. 1976) font d'ores et déjà état des remarquables résultats obtenus par ce type de collecte de données, collecte qui tend actuellement à inclure la chlorophylle a et même le zooplancton superficiel.

L'intérêt du réseau polynésien est de pouvoir resserrer la maille des mesures dans le Pacifique central et particulièrement dans la zone économique exclusive des 200 milles nautiques (Z.E.E.), en mettant à contribution les navires touchant Tahiti, et en créant des stations côtières dans les îles les plus excentrées.

Contrairement au réseau des stations météorologiques et aux 5 stations côtières géographiquement bien définies, le réseau de mesures hydrologiques (température et salinité) est fluctuant puisqu'il dépend essentiellement de la route des navires qui acceptent bénévolement de faire ces relevés.

Pour l'année 1979, les principales caractéristiques de ce réseau (fig.B) ont été :

- Stations côtières : TAHITI (côte ouest), REAO, TUREIA, MORUROA, TOTELEGIE (GAMBIER). Mesures quotidiennes de la température et échantillonnage pour la salinité : 3.650 données.

- Données occasionnelles : par le Service Mixte de Contrôle biologique, le Laboratoire d'Etude et de surveillance de l'Environnement, le Museum National d'Histoire Naturelle (800)

- Navires marchands (les abréviations des noms des navires apparaissent sur la carte B) : ESSO ST JOHN (ESJ), CHEVRON NAPLES (CN), TIARE MOANA (TM), POYANG (Po), POLYNESIA (P).

- Navires militaires : PROTET (Pr), CDT BORY (B), PAIMPOLAISE (Pa), BALNY (Ba), AMIRAL CHARNER (A.C.), HENRY (H).

Navires océanographiques et hydrographiques : B.C.B. MARARA (M), B.H. BOUSSOLE (Bou), B.H. ESTAFETTE (E).

Prélèvements dont l'intervalle peut varier de 50 à 150 Km
Nombre de données fournies dans la Z.E.E. par ces 14 bâtiments en 1979 :
1.000 données.

II - STATION COTIERE DE TAHITI : ANALYSE DES DONNEES QUOTIDIENNES

II.1 - Recueil des données

Les données météorologiques utilisées sont celles de la station de TAHITI-FAAA. Cette station étant équipée d'un bac évaporateur de type A fournissant l'évaporation réelle mesurée (E), c'est cette valeur qui a été choisie, plutôt que celle de l'évapotranspiration potentielle calculée (ETP) qui sera utilisée pour les autres stations. Ces deux valeurs se révèlent être d'ailleurs toujours très proches l'une de l'autre. Les températures et les échantillons d'eau pour la salinité sont recueillis dans l'eau océanique superficielle à l'extérieur de la jetée du port de Papeete; ces deux sites sont distants de 5 km et ils sont tous deux situés sur la côte nord-ouest qui est la zone la moins pluvieuse de l'île : les précipitations n'y dépassent en effet pas 2 mètres par an, niveau équivalent à celui de l'atoll de Tetiaroa situé à 50 km dans le nord de Tahiti. On peut donc considérer que ces données sont assez bien représentatives de l'hydroclimat au niveau de la surface de la mer, seul le champ de vent étant notablement perturbé par le relief de l'île.

II.2 - Données quotidiennes (figures C1 à C4)

En janvier, l'écart thermique air-mer est faible et la température de l'air égale certains jours celle de la mer. Cet écart augmente fortement en mars, la température de la mer dépassant systématiquement celle de l'air, puis il diminue à nouveau à partir de septembre lorsque l'air se réchauffe. D'un jour à l'autre, l'amplitude des variations thermiques peut atteindre 2 à 3°C pour l'air (fin juillet) mais rarement plus de 0,8°C pour la mer. Dans ces deux cas les chutes brutales de température coïncident avec de fortes précipitations qui rendent négatif le terme Evaporation-Précipitations (E-P).

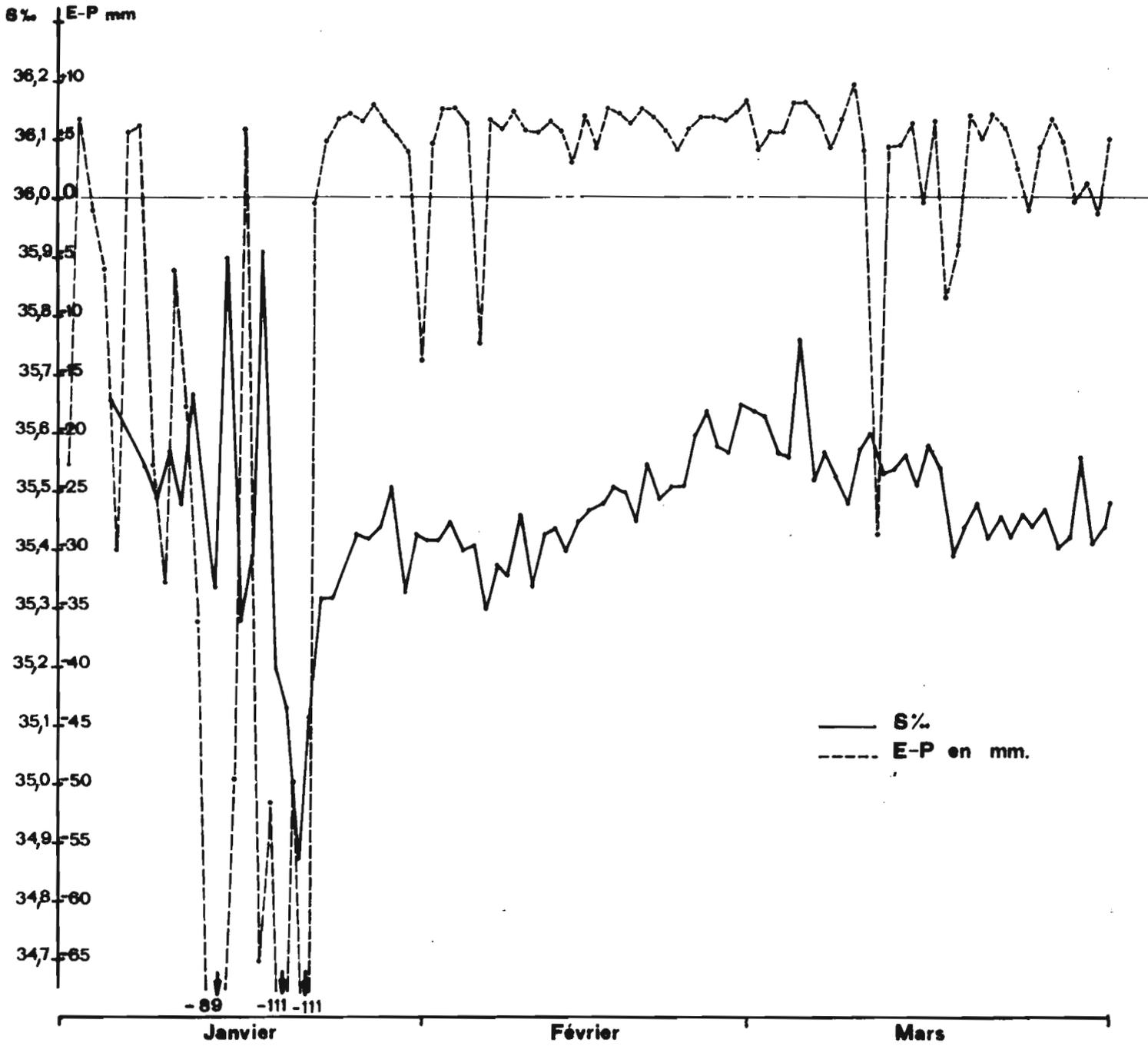
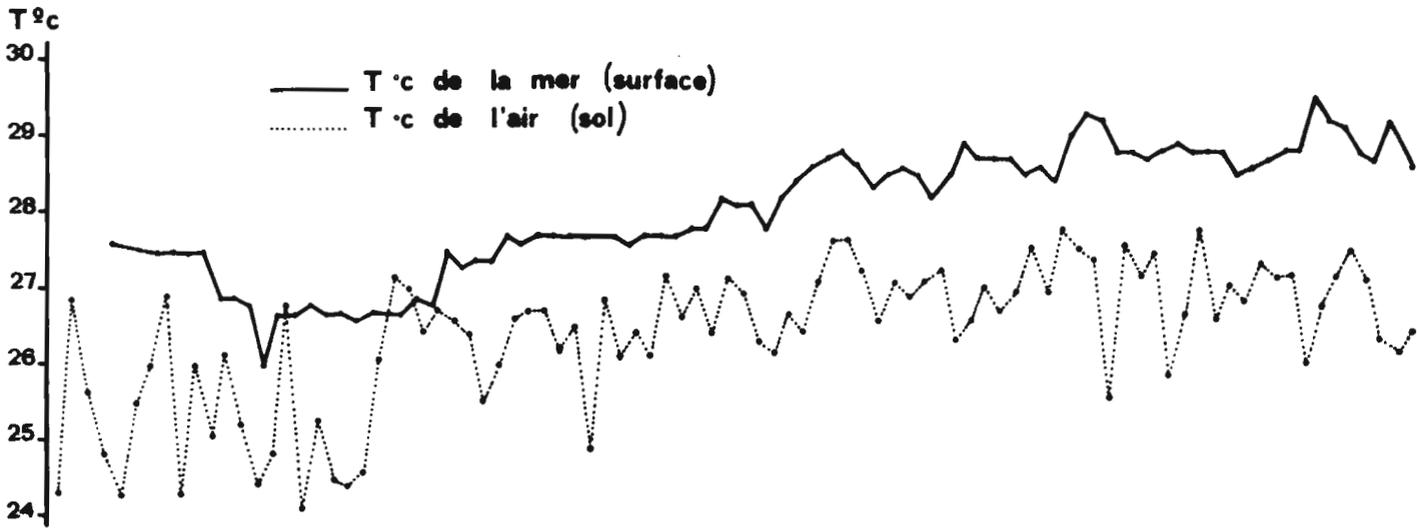


FIG. C1: STATION CÔTIÈRE DE TAHITI.

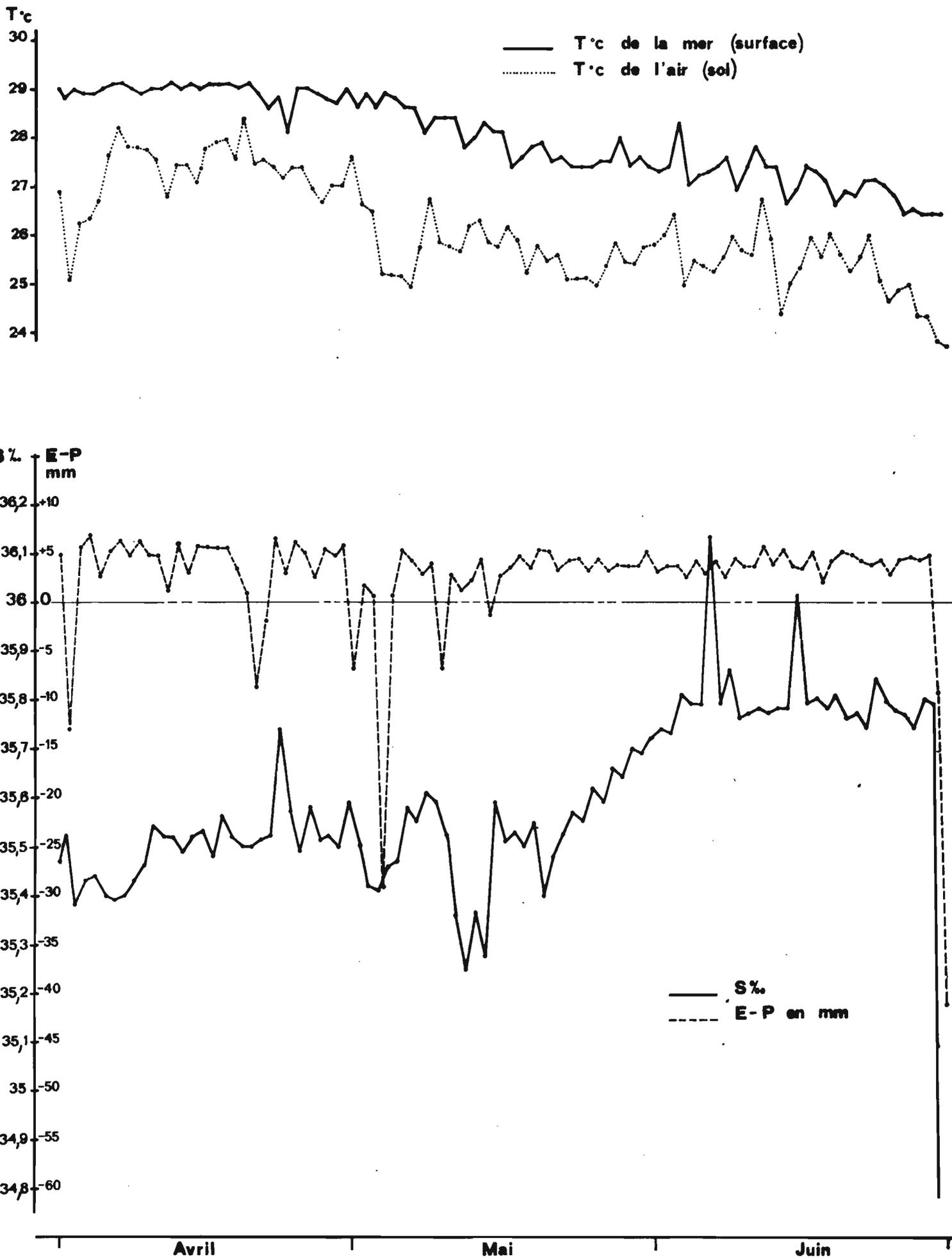


FIG. C2: STATION CÔTIE E DE TAHITI

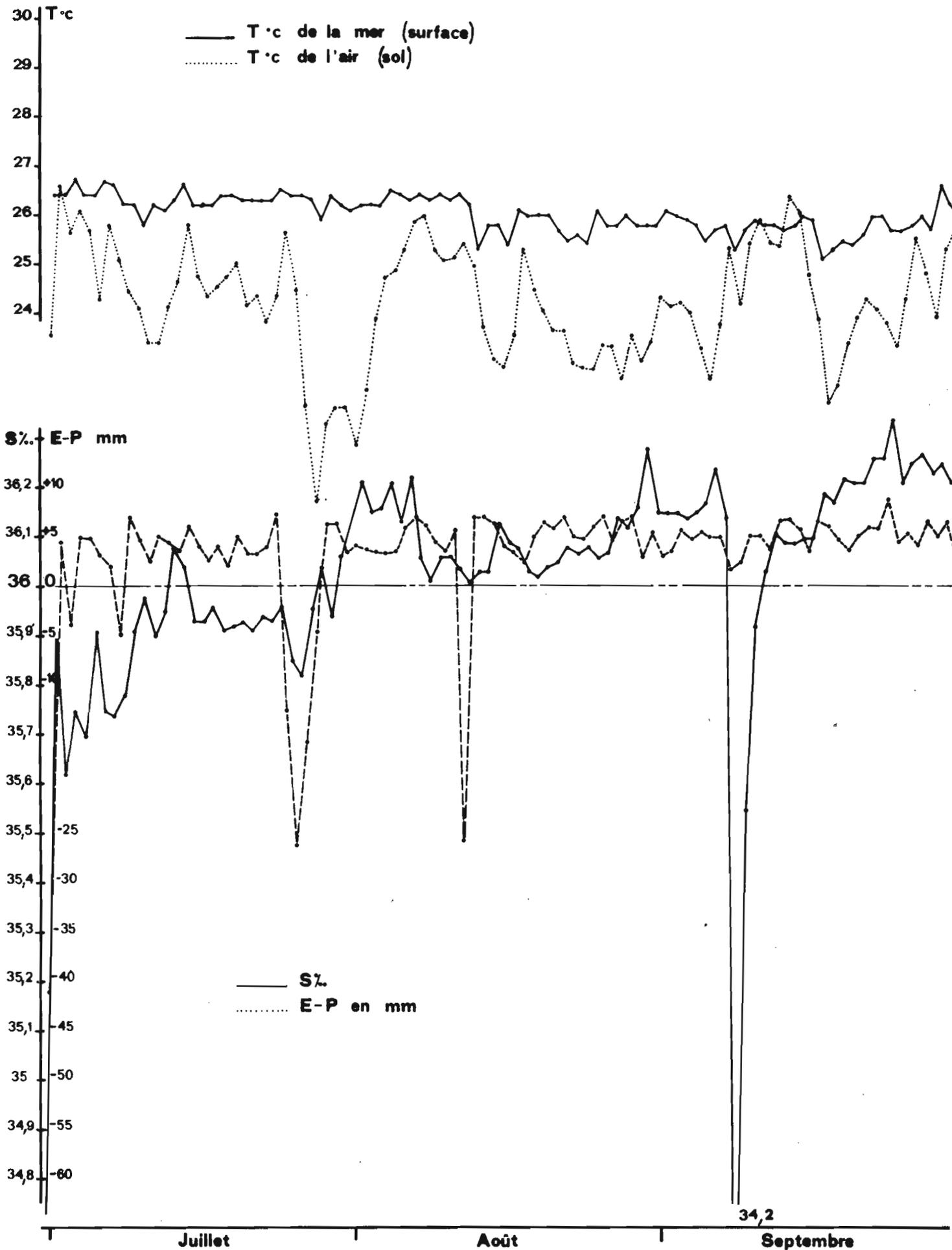


FIG. C3: STATION CÔTIÈRE DE TAHITI

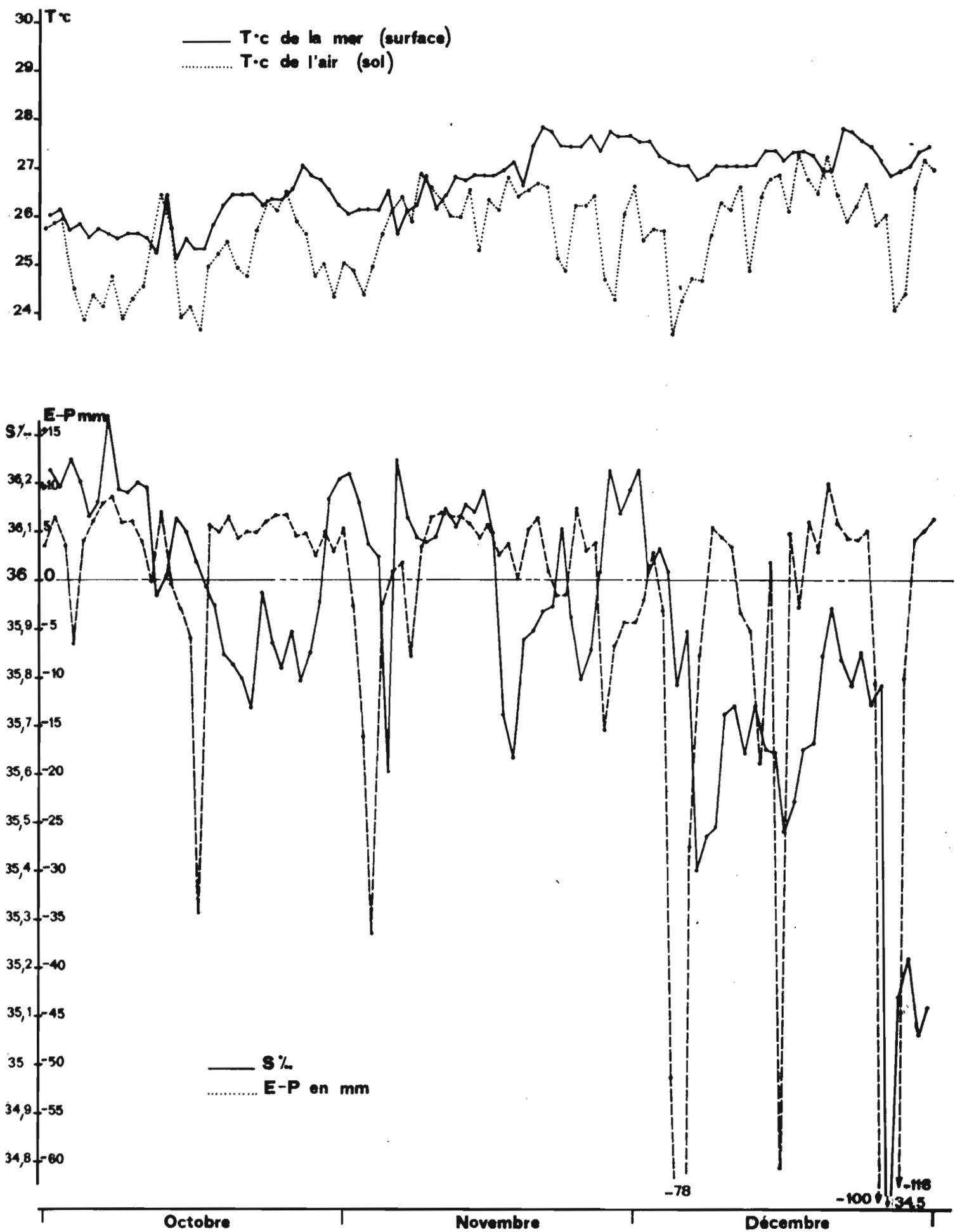


FIG. C4: STATION CÔTIÈRE DE TAHITI

En 1979, c'est en janvier et en décembre que les valeurs négatives E-P ont été les plus fortes et ont dépassé le chiffre de 50 mm/jour d'excédent d'eau pendant un total de 11 jours. Hors de la saison des pluies, l'évaporation nette est en moyenne de l'ordre de 5 mm/jour, ce qui donne un total de 1,5 mètres par an et donc un gain en eau de 0,5 mètres/an sur la côte nord-ouest. Les variations de la salinité des eaux côtières reflètent avec une certaine inertie les déséquilibres successifs du sens des échanges d'eau océan-atmosphère. A la mi-janvier, après plusieurs jours où E-P est compris entre - 50 et - 110 mm, la salinité passe de 35,9‰ à 34,9‰, puis se restabilise à 35,4‰ jusqu'à la fin du mois. De pareils accidents sont également observés fin juin, début septembre et fin décembre. Les augmentations de salinité sont à la fois plus lentes et de moins grande amplitude; la plus remarquable a eu lieu du 20 mai au 7 juin, temps pendant lequel la charge en sel a augmenté quotidiennement de 0,025‰ (de 35,4‰ à 35,85‰). Au cours du 3ème trimestre, les valeurs de la salinité ont peu varié, alors qu'entre octobre et décembre, elles présentent de brusques écarts, pas toujours synchronisés avec les variations de E-P.

II.3 - Moyennes par décades (figures D1 et D2)

En groupant les données précédentes par décade et par mois, on obtient une représentation lissée des variations thermohalines annuelles. On constate que l'écart thermique air-océan est identique en été et en hiver (2°C) mais qu'au printemps (octobre), à cause du réchauffement plus rapide de l'air, il est minimum et de l'ordre de 0,5°C. L'amplitude des ondulations thermiques annuelles de l'air et de l'océan est équivalente pour les 2 courbes et atteint 3,3°C - ce qui indique que les 2 systèmes se maintiennent en état d'équilibre homéostatique. A la latitude de Tahiti, il n'y a donc pas de transfert réel de quantité de chaleur d'un système à l'autre, l'évolution

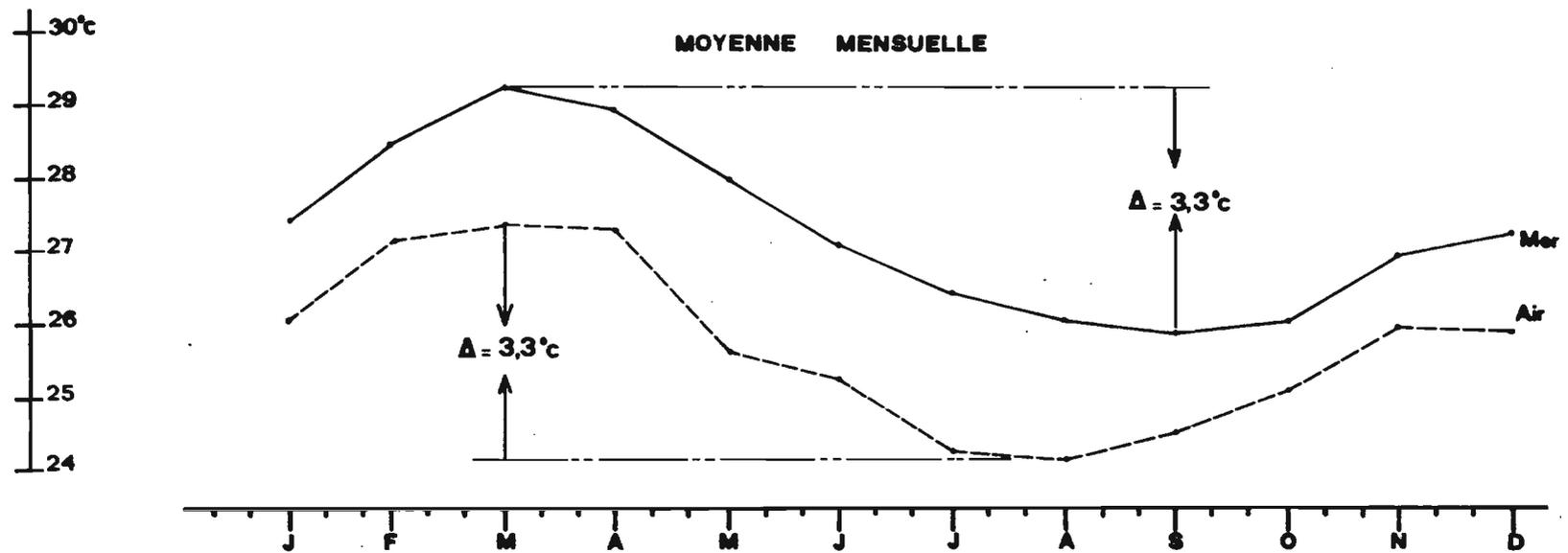
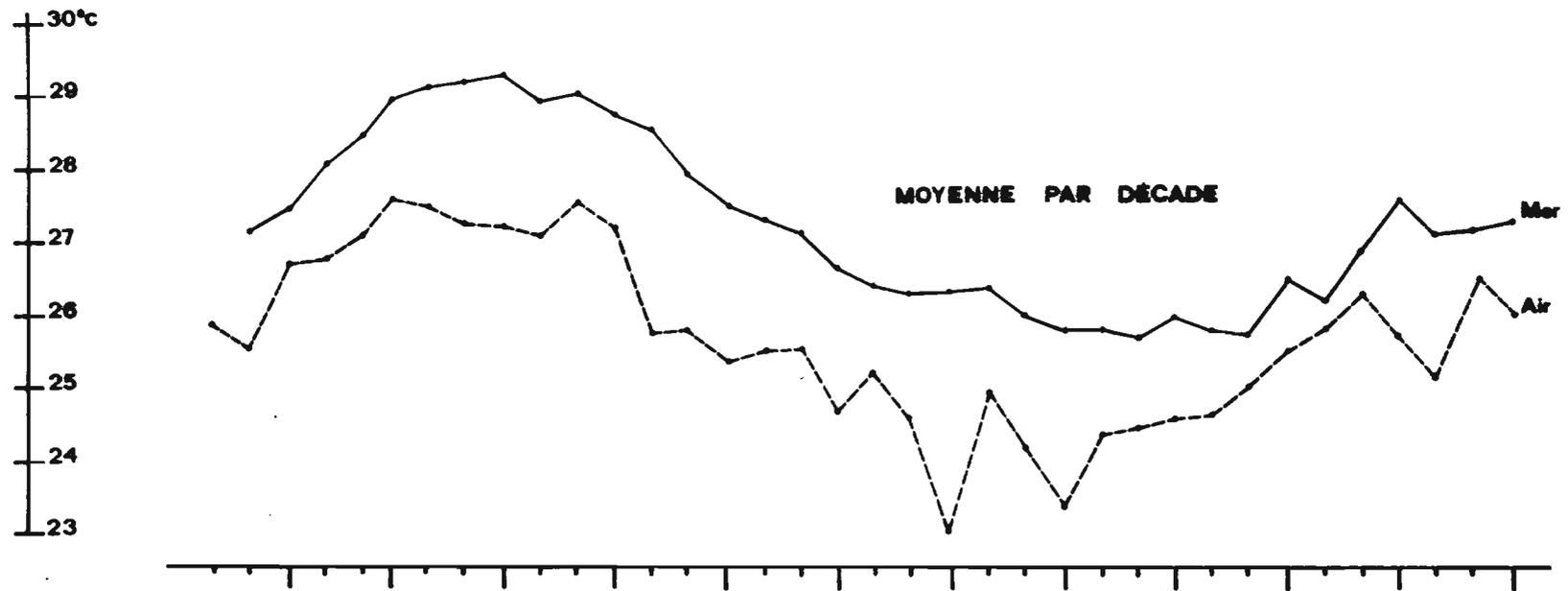


FIG. D 1: TEMPÉRATURE DE L'AIR ET DE LA MER A TAHITI EN 1979

non synchrone des courbes thermiques aux changements de saison résultant essentiellement de la différence d'inertie entre l'atmosphère et l'océan.

Le diagramme salinité/E-P (figure D2) permet de mettre en évidence l'influence des conditions météorologiques locales sur la salinité océanique de surface. Pendant les premiers mois de l'année 1979, on observe un décalage d'une dizaine de jours entre les valeurs minima de E-P et de la salinité. A partir de la troisième décennie de juin et jusqu'à la première décennie d'octobre, le décalage disparaît et les extrêmes des courbes E-P et salinité coïncident de façon remarquable. Au cours du dernier trimestre, la corrélation ponctuelle est moins bonne mais la tendance générale est bien marquée : les fortes pluies de novembre et décembre sont suivies d'un fléchissement important de la salinité qui de 36,0% passe à moins de 35,5%. Si la relation causale E-P/salinité paraît évidente en période de décroissance de celle-ci, i.e. pendant la saison des pluies d'été, il n'en est pas de même quand la salinité augmente. En effet, la valeur E-P est positive dès le mois de février, alors que la salinité ne commence à croître fortement qu'en mai (35,4%) pour atteindre 36,2% en septembre. Cette ressalure importante du système superficiel semble dans ce cas être due tout autant à l'arrivée aux abords de Tahiti d'une eau initialement plus chargée en sel, qu'aux effets cumulés de l'évaporation et du manque de précipitations. Cette hypothèse d'un double processus fixant la salinité de l'eau superficielle sera globalement confirmée par les conclusions de l'analyse hydroclimatique trimestrielle de toute la zone marine de Polynésie (Chapitre IV).

Pendant l'année 1979, on peut donc séparer dans la province tahitienne deux régimes hydrologiques distincts : l'un caractérisé par une eau chaude ($T > 28^{\circ}\text{C}$) et peu salée ($S < 35,5\%$) présente pendant les mois d'été; l'autre caractérisé par une eau très salée ($S > 36,0\%$) et plus froide ($T \approx 26^{\circ}\text{C}$) dont la présence et le maintien semblent favorisés par le régime des vents alizés d'est.

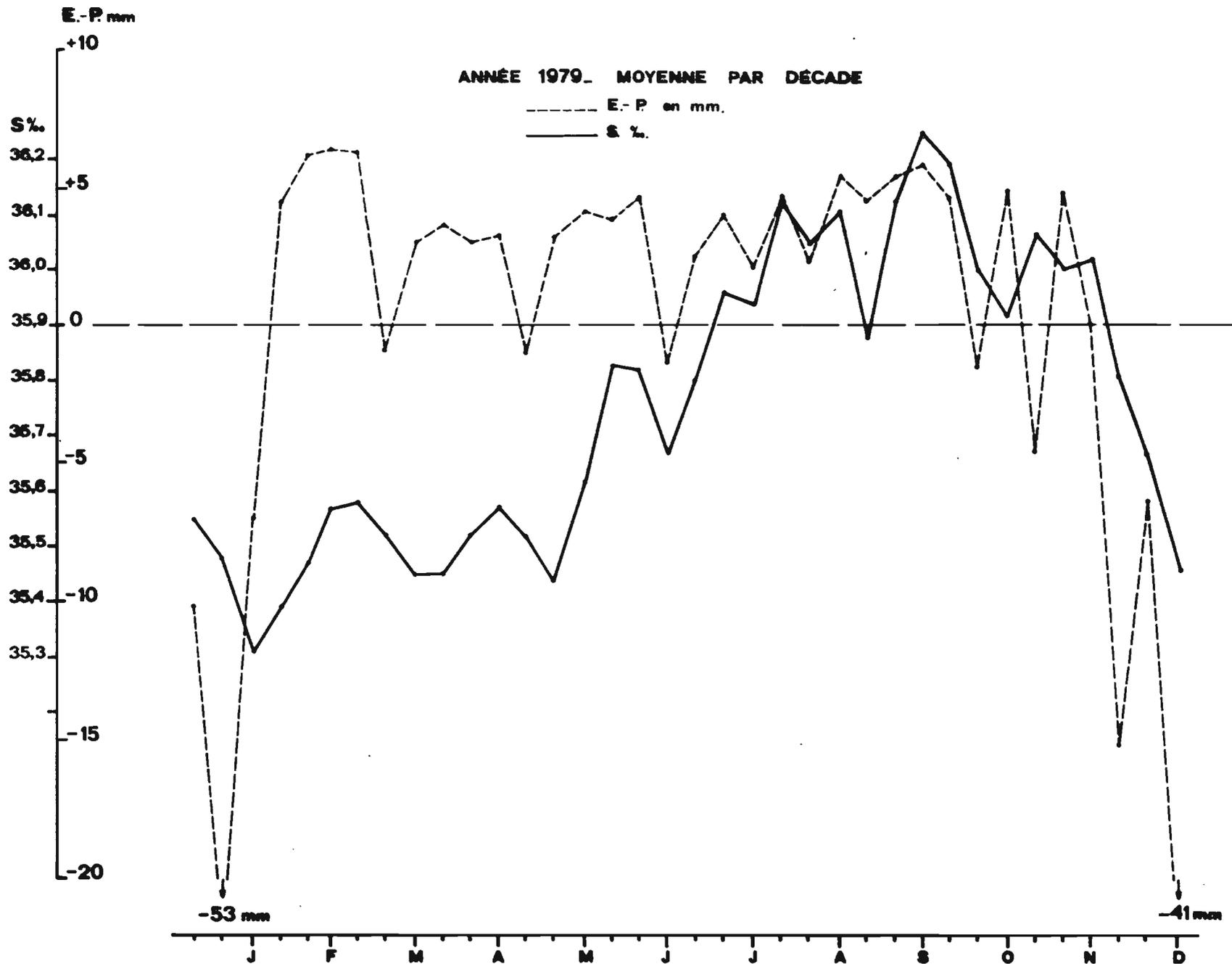
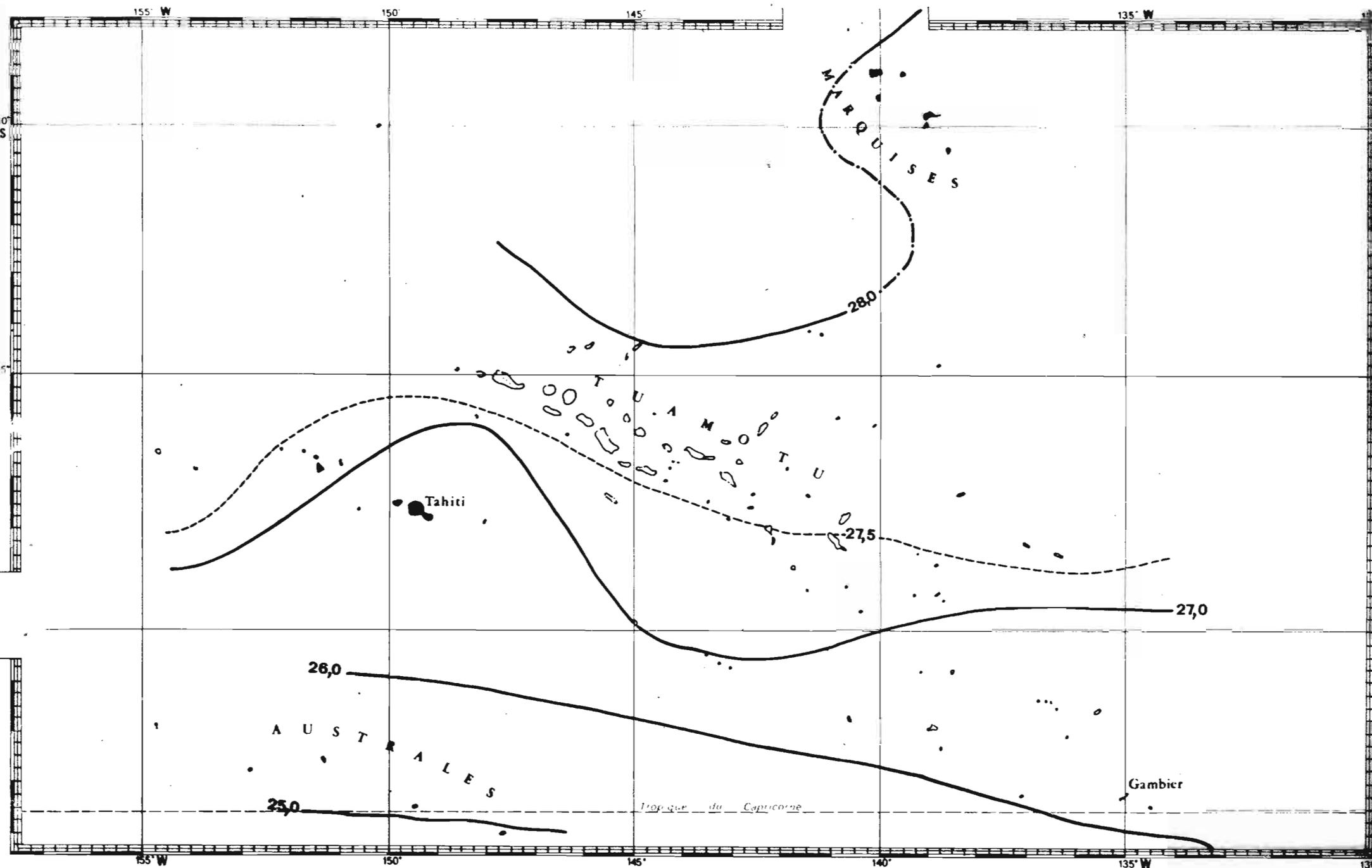


FIG. D2 : SALINITÉ ET BILAN ÉVAPORATION-PRÉCIPITATIONS A TAHTI EN 1979.

ANALYSE
HYDROCLIMATIQUE
TRIMESTRIELLE





1^{er} TRIMESTRE. CARTE 1^a
TEMPERATURE MOYENNE DE L'AIR (T°C)

III - ANALYSE HYDROCLIMATIQUE TRIMESTRIELLE

III.1 - 1ER TRIMESTRE 1979

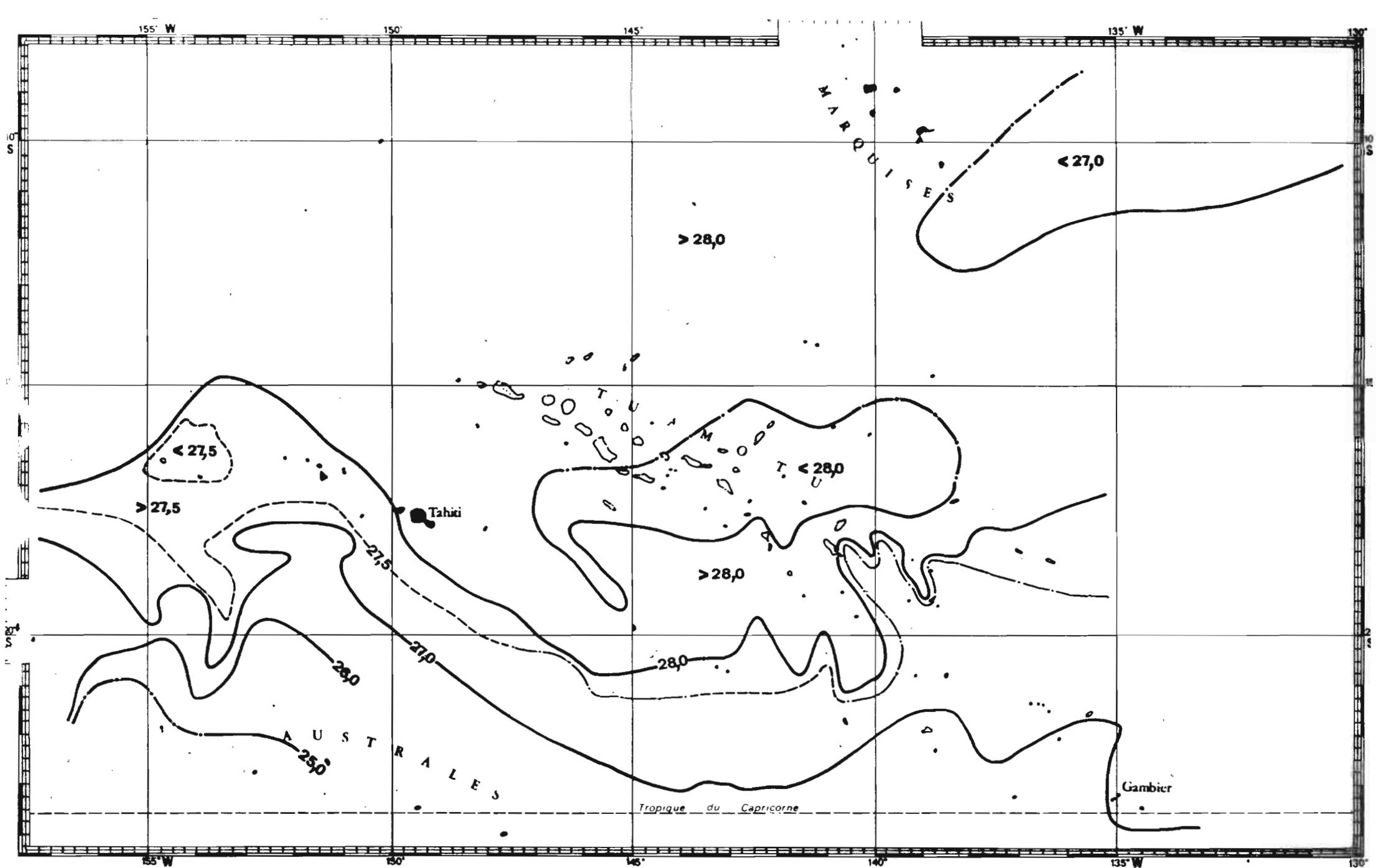
TEMPERATURE DE L'AIR (carte 1a)

Pendant le premier trimestre (été de l'hémisphère sud), les températures moyennes au niveau de la mer sont, dans la zone tropicale de Polynésie Française, comprises entre 25°C et 28°C. Les isothermes suivent globalement les parallèles géographiques sauf aux abords des ILES DU VENT (TAHITI) où l'importance du relief entraîne un léger refroidissement, le même phénomène étant observé aux îles Marquises (HIVA-OA). Sur l'île de RAPA (27°20 sud, 144°10 ouest) située au sud du tropique sud, la température ne dépasse pas 23,4°C, chiffre caractéristique d'un régime plus tempéré que tropical.

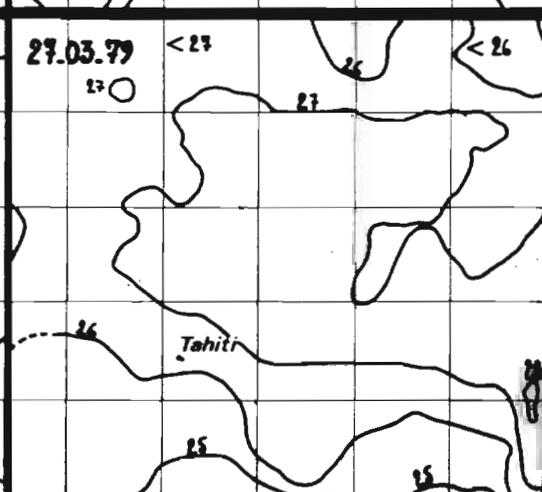
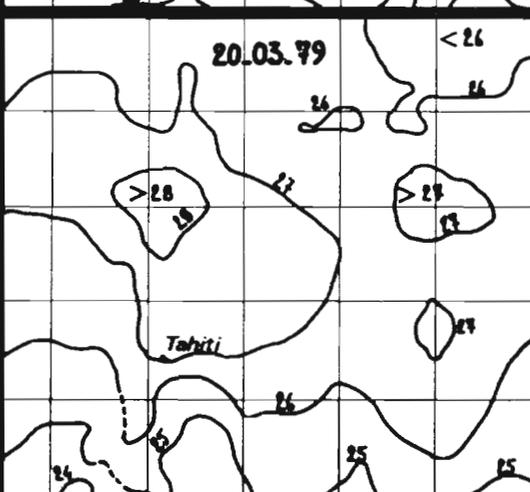
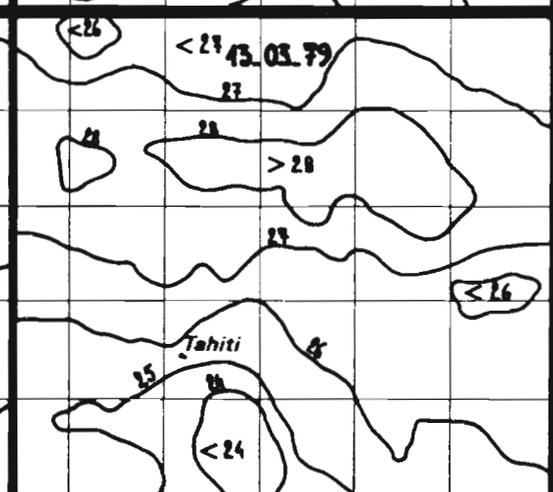
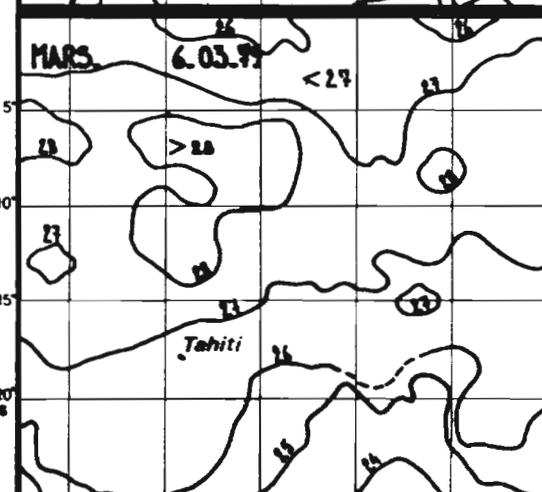
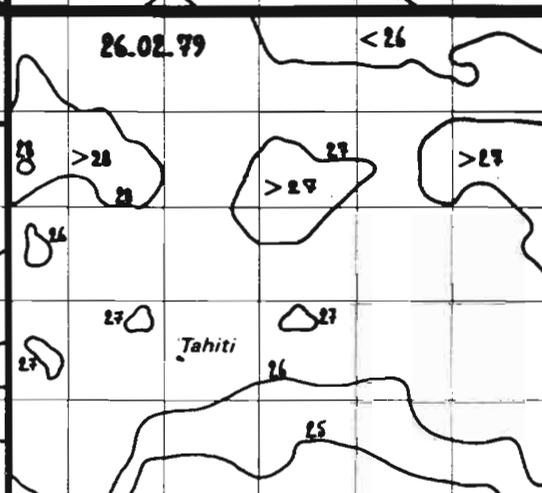
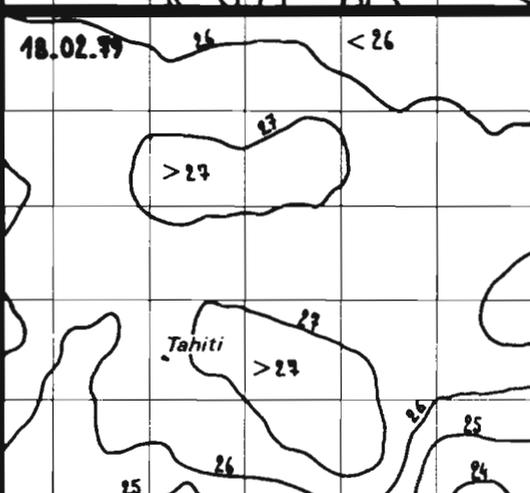
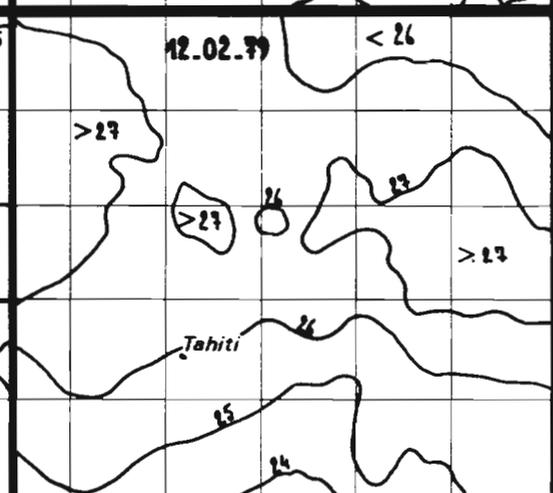
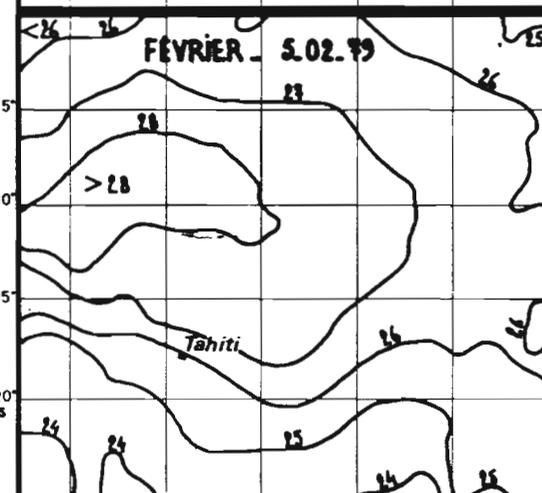
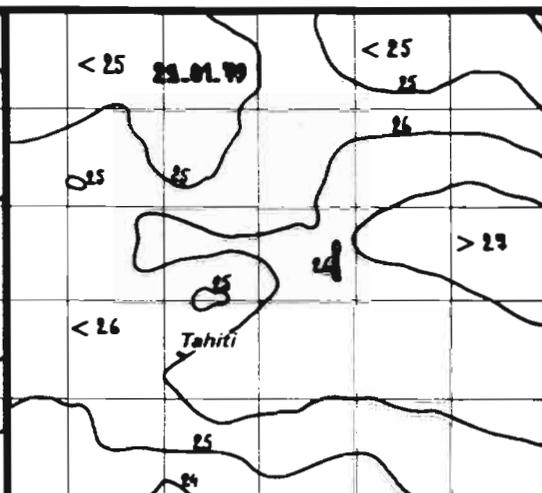
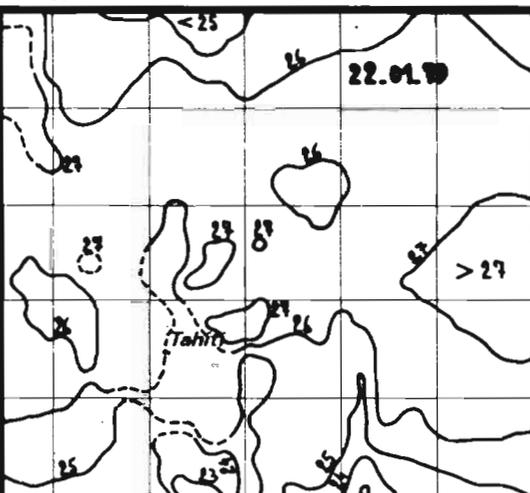
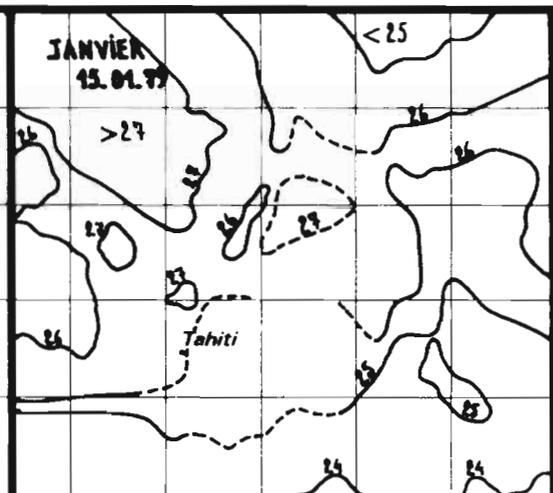
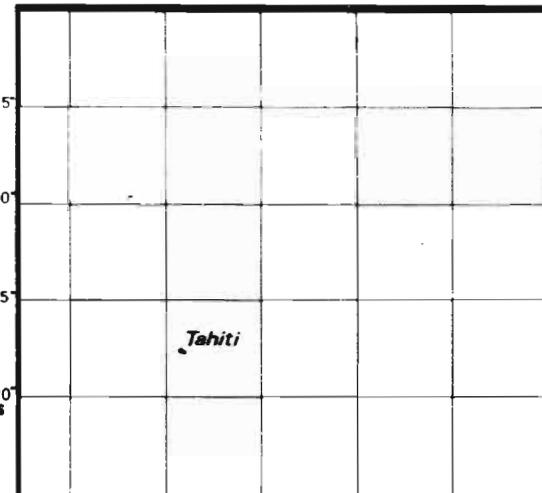
Comparées aux températures des vingt années précédentes, celles de l'ensemble de la zone sont légèrement supérieures à la moyenne par suite d'une insolation excédentaire et d'un mois de février anormalement ensoleillé et sec sur les îles de la Société.

En janvier, un flux d'alizés modérés souffle sur le Territoire et se maintient avec de brèves disparitions jusqu'en février où il se renforce à la suite de l'installation d'un système de hautes pressions dans le sud.

En mars, de petites dépressions tropicales se succèdent sur les îles de la Société et les Australes où elles déclenchent de très fortes précipitations. Le 29 mars en fin de matinée, on a observé à TAHITI-FAAA un phénomène exceptionnel analogue à un effet de foehn : la température de l'air a atteint le maximum de 34°C, tandis que l'humidité relative descendait à 23%.



1^{er} TRIMESTRE - CARTE 1b.
TEMPÉRATURE DE LA MER EN SURFACE (T°C)



TEMPERATURE DE LA SURFACE DE LA MER (carte 1b)

L'isotherme 28°C traverse les îles de la Société selon un axe nord-ouest - sud-est, s'étire vers l'est puis remonte vers le nord dans l'est des TUAMOTU. Cet archipel est lui-même baigné dans sa partie centrale par des eaux dont la température fluctue entre 27,5°C et 28°C. Dans l'ouest de TAHITI apparaissent des eaux plus fraîches provenant des latitudes subtropicales et dont l'extension vers le nord - nord-est a été favorisée par un régime irrégulier de vent de secteur ouest lié aux dépressions cycloniques ayant touché les îles Cook en janvier.

L'isotherme 27°C atteint ainsi la latitude 18° sud puis, vers l'est, se rapproche du tropique qu'il coupe au niveau des îles Gambier. La poche d'eau froide située entre les îles Cook et Tahiti crée ainsi le seul front thermique important de toute la zone marine de Polynésie avec un gradient moyen de 1°C/150 km selon l'axe 220° (isothermes 28°C à 25°C).

Dans le nord de la Polynésie, les températures sont plus élevées à l'ouest des îles Marquises qu'à l'est, où la présence d'une poche d'eau de température < 27°C indique la pénétration vers le sud-ouest de l'eau du courant équatorial, issu de la dérive vers l'ouest du courant froid du Pérou.

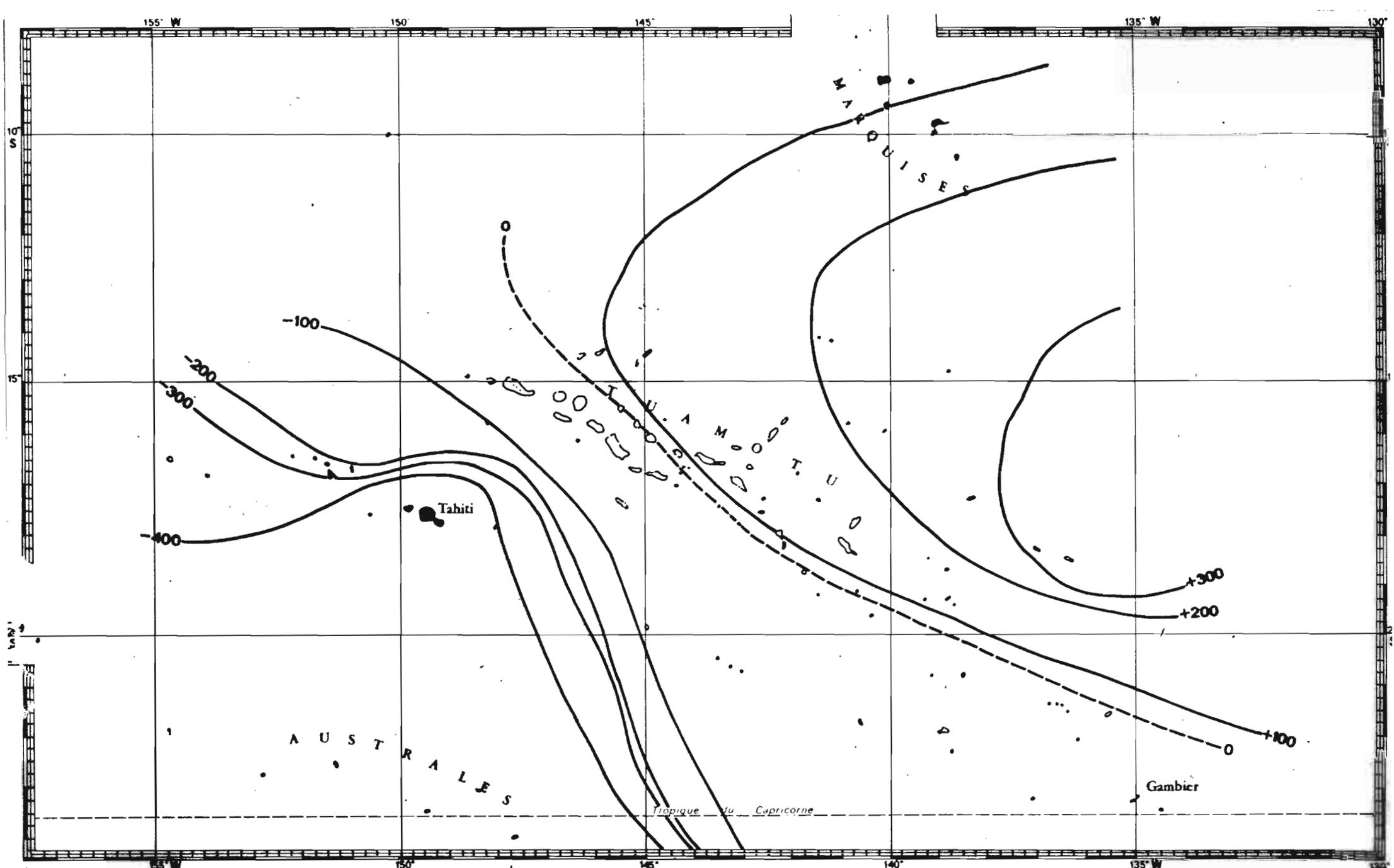
DONNEES GOSSTCOMP (carte 1b')

Janvier : L'ensemble de la zone polynésienne tropicale est occupée par des eaux dont la température est comprise entre 24 et 27°C; de l'équateur à 5° sud la présence d'une eau plus froide ($T < 26^\circ\text{C}$) témoigne de l'activité de l'upwelling équatorial. De ce fait les eaux les plus chaudes sont localisées dans la bande 10° - 15° sud.

Février : La quantité de chaleur de cette cellule chaude tend à augmenter (apparition de l'isotherme 28°C) alors qu'à la latitude de Tahiti la température moyenne dépasse de peu 26°C. Par comparaison, nos chiffres pour la station côtière de Tahiti donnent une température moyenne de 27,2°C.

Mars : La cellule chaude tropicale tend à se déplacer vers le sud-est et l'isotherme 27°C à se rapprocher de Tahiti. Dans la bande équatoriale la présence d'eau de température < 26°C indique le maintien de l'upwelling entre 160°W et 130°W.

Par comparaison avec la carte 1b, ces différentes situations thermiques révèlent un écart global négatif de l'ordre de 1°C.



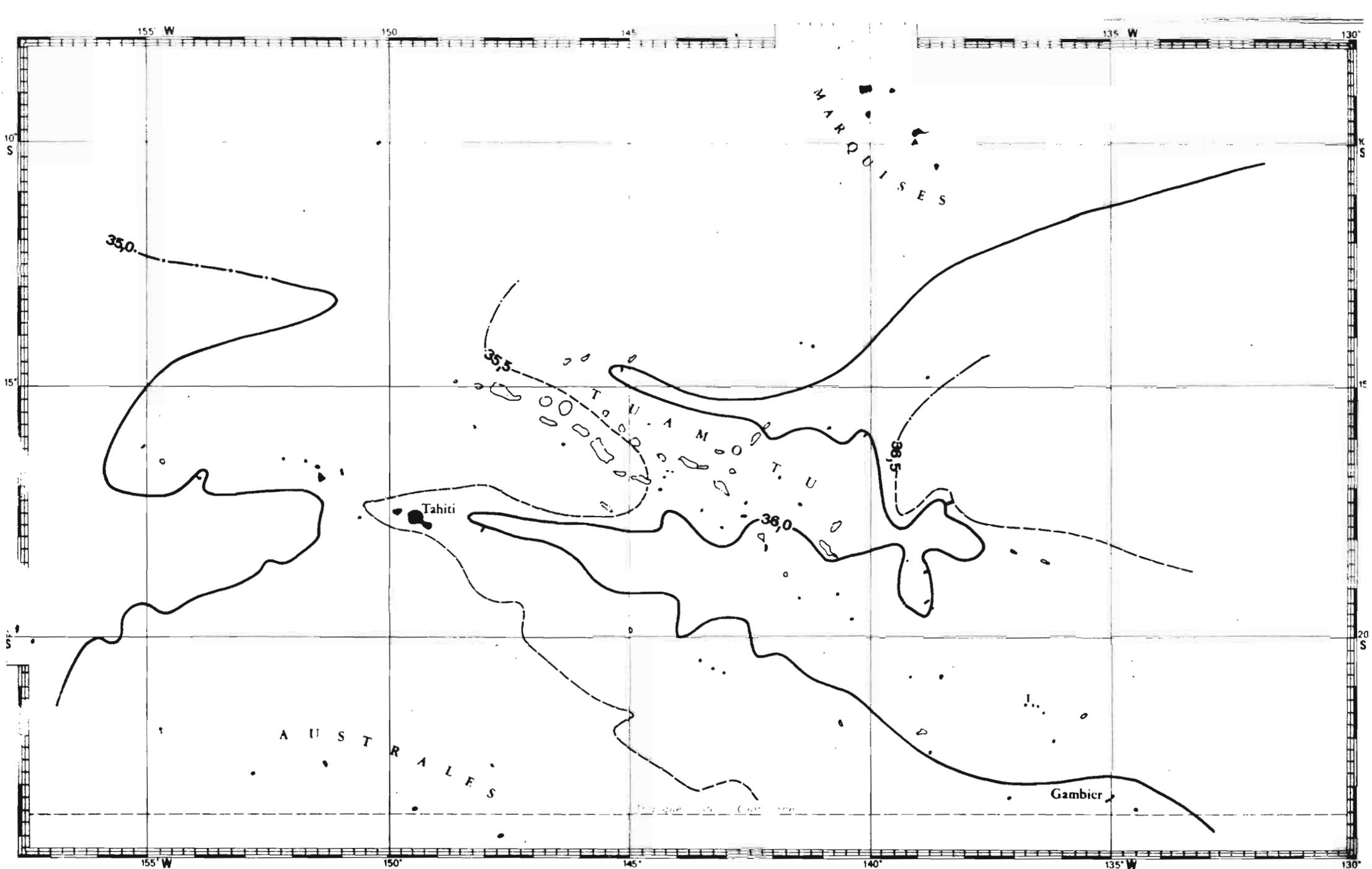
1^{er} TRIMESTRE CARTE 1c.
 BILAN ÉVAPOTRANSPIRATION - PRÉCIPITATIONS E.T.P. - P. EN mm. (l'excès d'évaporation est compté positivement)

BILAN EVAPORATION-PRECIPITATIONS (ETP-P) (carte 1c)

Au cours du premier trimestre, la ligne d'écart zéro suit l'axe de la dorsale GAMBIER-TUAMOTU, dorsale composée essentiellement d'îles à faible relief (GAMBIER) et d'atolls affleurants. Dans l'est de cette ligne, l'évaporation nette atteint le seuil 100 - 200 mm dans un couloir circulaire Marquises - Takaroa - Hao, puis croît à plus de 300 mm dans une poche située au nord-est de REAO.

En marge ouest de la ligne zéro, cinq atolls enregistrent un excès de précipitations ne dépassant pas toutefois - 100 mm. Ces chiffres négatifs sont importants car découlant d'enregistrements effectués dans des conditions météorologiques que l'on peut qualifier de purement marines, ils confirment le pouvoir de discrimination du concept ETP-P et renforcent considérablement le degré de signification du bilan ETP-P des îles hautes, fortement négatif également puisque compris entre - 200 mm (île de BORA-BORA) et - 700 mm (île de RAPA - Australes sud).

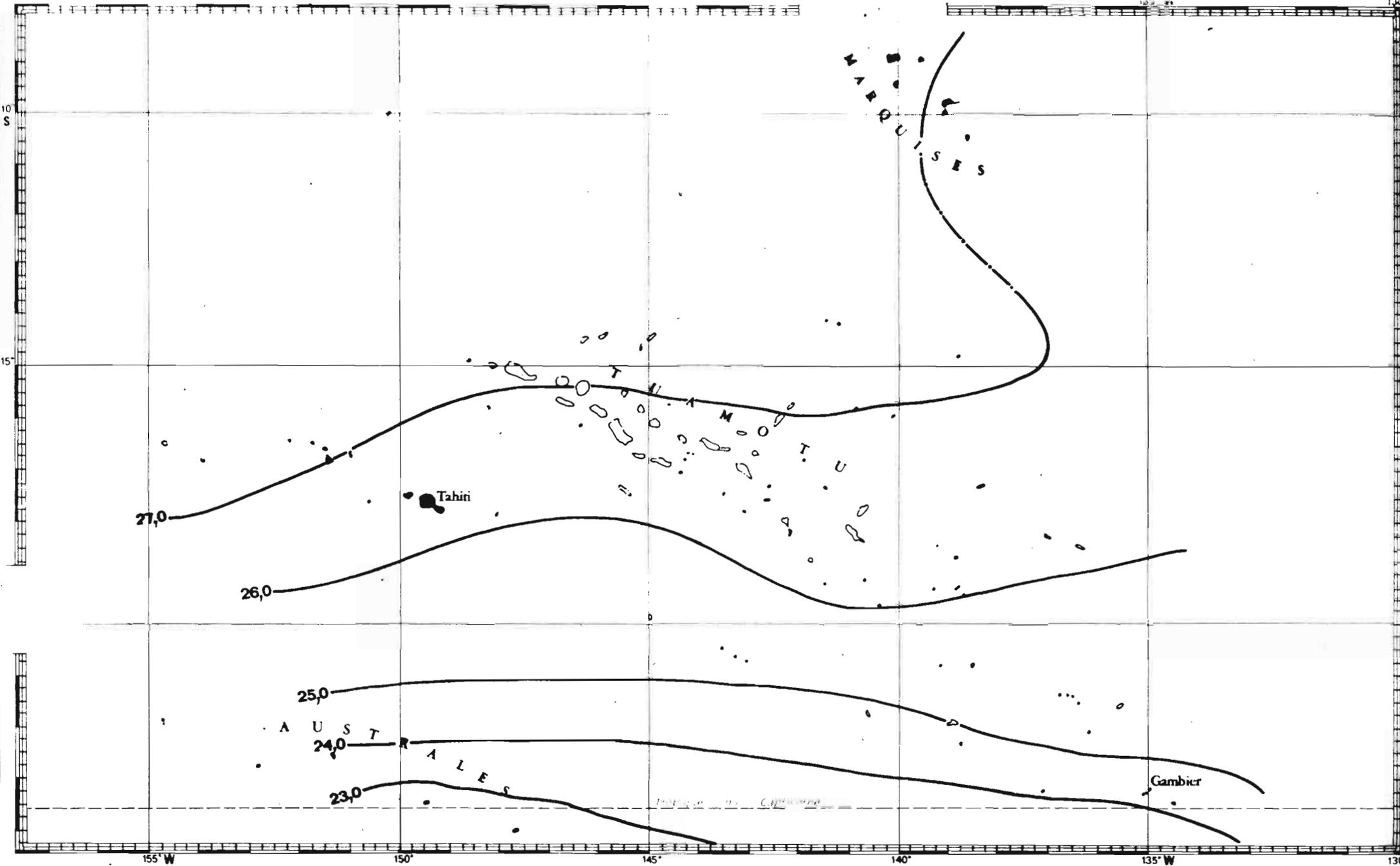
De relief très accentué, l'archipel des Marquises a pourtant un bilan d'eau déficitaire ($ETP-P = + 185$ mm), bien que les précipitations aient été légèrement supérieures à la moyenne des 40 années précédentes; ce résultat surprenant est la conséquence de la forte anomalie thermique de l'air (+ 0,5C), jointe à une insolation anormalement élevée (sauf en mars) et à un maintien des vents alizés dans la gamme moyenne à assez forte (10 à 25 noeuds).



1^{er} TRIMESTRE CARTE 1d.
 SALINITÉ DE LA SURFACE DE LA MER. (S‰)

SALINITE SUPERFICIELLE (carte 1d)

Entre janvier et mars, on note la présence dans la partie orientale de la Polynésie d'une couche salée ($S > 36\%$) à double excroissance vers 15° sud et 18° sud. L'isohaline 36% est ainsi profondément échancrée, le long de la ligne d'atolls des Tuamotu, par une eau à $35,5\%$ qui disparaît progressivement à l'est du méridien 145° W et se trouve remplacée à l'est de 140° W par une eau à $36,5\%$ qui constitue la partie superficielle du noyau très salé de l'eau subtropicale sud. Dans le sud et le nord des îles Du-Vent la salinité s'écarte peu de $35,5\%$; dans l'ouest en revanche, une poche peu salée ($S < 35,0\%$) de forme triangulaire et dont la pointe est dirigée vers TAHITI, englobe les îles COOK et indique l'arrivée dans le Pacifique central d'une eau qui est, soit de type équatorial occidental pouvant être amenée par le contre courant équatorial sud, soit de type tempéré. En raisonnant uniquement en terme d'advection horizontale, l'analyse précédente de la structure thermique (carte 1b) nous conduit à préférer cette seconde hypothèse, puisque cette eau dessalée est également plus froide, sa limite sud étant proche du front thermique déjà décrit. Toutefois, le bilan ETP-P de cette zone (carte 1c) y montre l'énorme apport en eau douce de la pluie, ce qui implique une dessalure notable. La dessalure superficielle de cette zone pourrait donc résulter aussi bien de l'excès local de pluie que de la dérive océanique zonale vers l'est, la discrimination entre les deux processus nécessitant un réseau géographique plus dense et des mesures dans le plan vertical, afin de connaître l'épaisseur de cette couche dessalée.

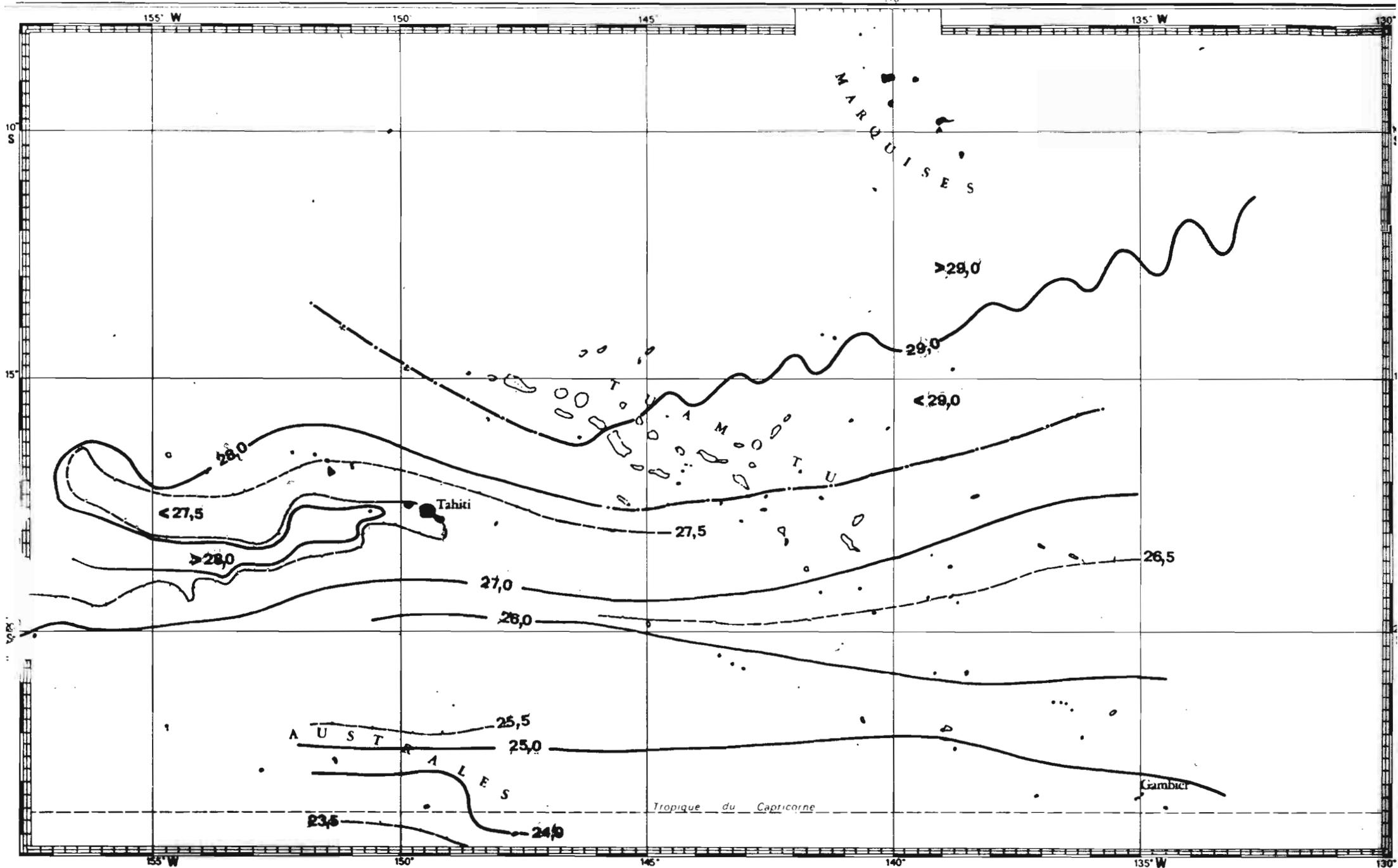


2^{ème} TRIMESTRE. CARTE 2a.
TEMPERATURE MOYENNE DE L'AIR. (T°C)

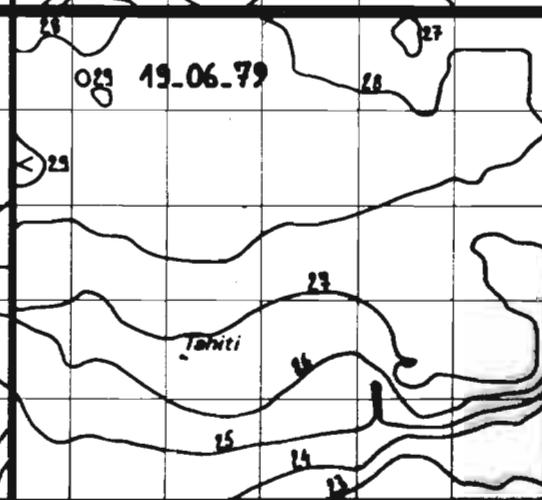
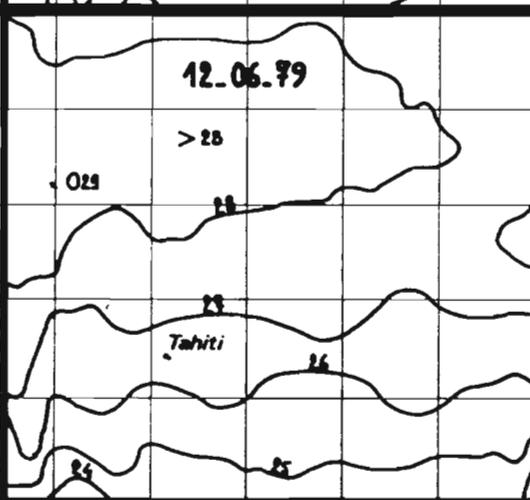
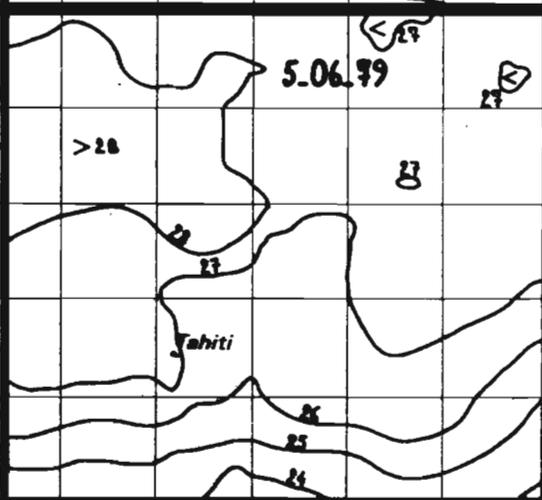
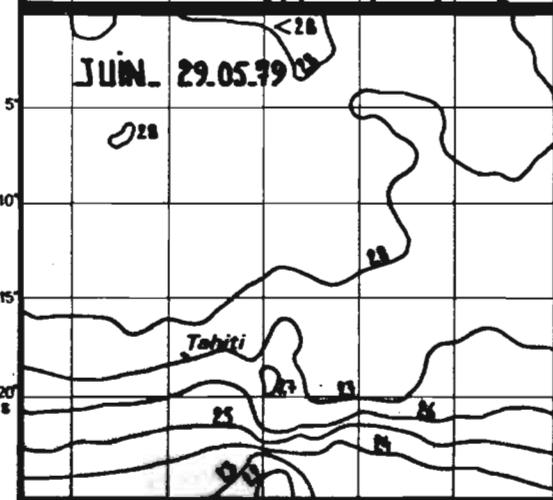
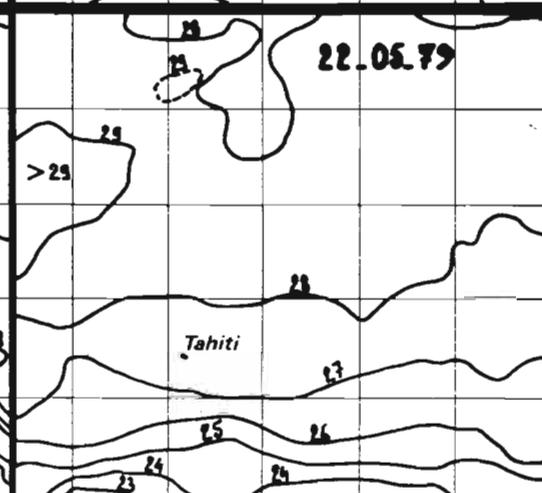
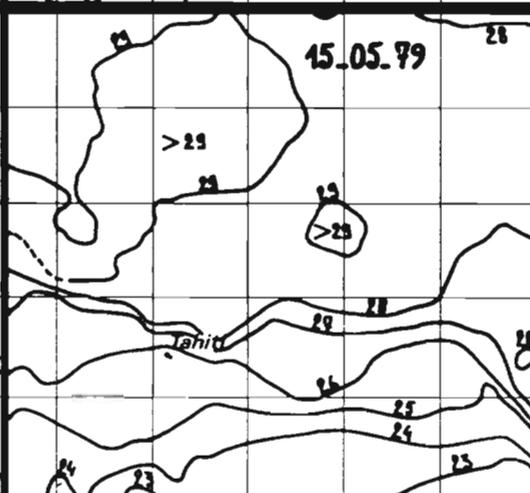
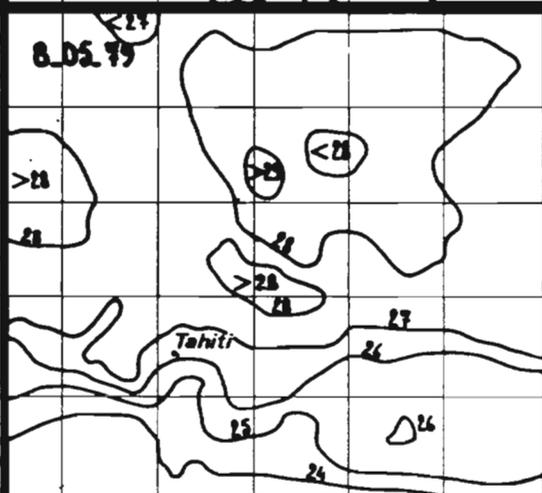
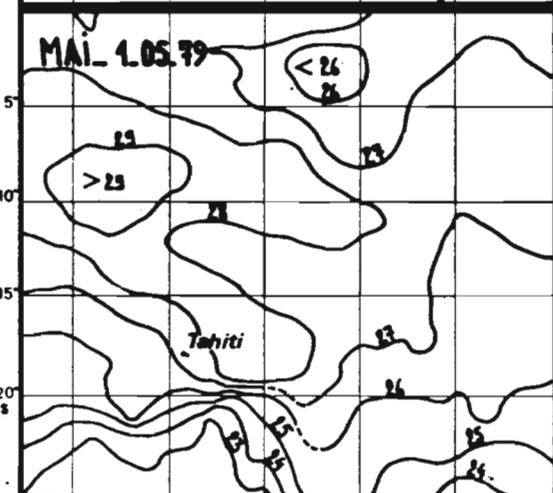
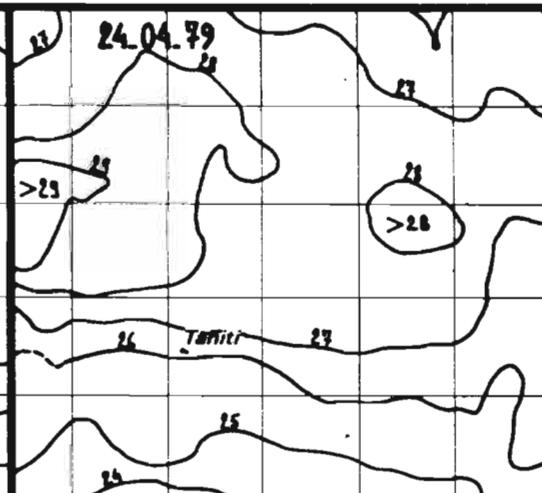
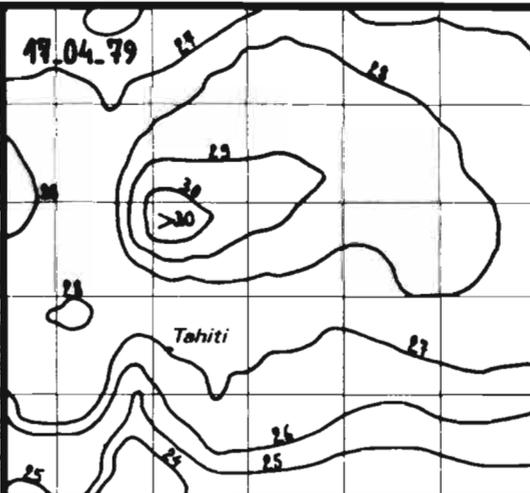
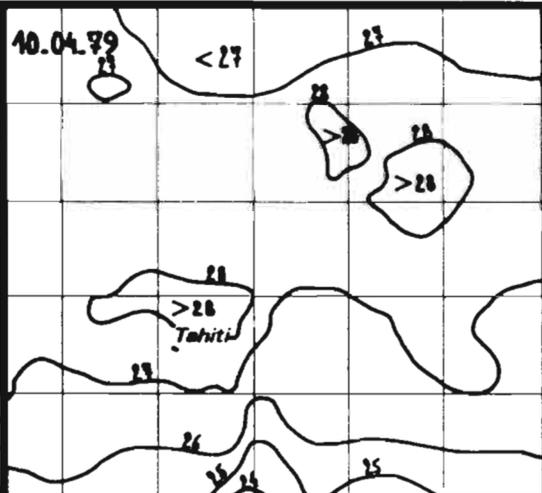
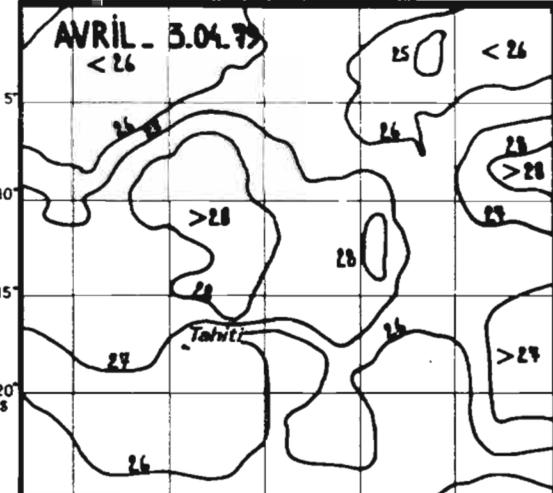
III.2 - 2EME TRIMESTRE 1979

TEMPERATURE DE L'AIR - carte 2 a -

Le long du tropique sud apparaît une différence significative entre la moyenne thermique de l'air à TUBUAI (22,9°C) et aux GAMBIER (24,0°C), alors qu'à RAPA cette valeur dépasse de peu 20°C (20,2°C). L'analyse globale du champ de pression entre avril et juin indique la présence et le renforcement de hautes pressions sur la zone sud de la Polynésie, largement balayée par un flux d'alizé d'est à sud-est. Cette ceinture anticyclonique axée entre 25 et 30° sud a assuré en juin le blocage des perturbations polaires et explique le déficit thermique sur les Australes par la forte nébulosité associée à la ligne frontale. A la latitude de TAHITI, les températures sont plus élevées dans l'ouest (27,1° à BORA-BORA) que dans l'est (26,1° à REAO), ce qui fait que le gradient thermique méridien est nettement plus fort dans l'ouest de la Polynésie (1°C/200 km entre BORA-BORA et TUBUAI) que dans l'est. Aux îles Marquises (ATUONA) l'écart thermique par rapport à la moyenne de la période 1962-1978 a toujours été positif et atteint 0,7°C pour le trimestre et ce malgré les très fortes précipitations enregistrées en mai et juin.



2^{ème} TRIMESTRE. CARTE 2b.
TEMPÉRATURE DE LA MER EN SURFACE. (T°C)



TEMPERATURE DE LA SURFACE DE LA MER (carte 2b)

Dans la couche superficielle marine, les isothermes suivent globalement les parallèles géographiques sauf à l'ouest de TAHITI où le resserrement du réseau de mesures permet de mettre en évidence une profonde indentation de l'isotherme 28,0°C. Dans le sud de TAHITI, on peut noter deux zones à fort gradient thermique méridien : de TAHITI à 20° sud (27,5 à 26,0°C) et de 22° sud à TUBUAI où la température passe de 25°5 à 23°5C. La présence de ce front thermique illustre de façon précise la poussée vers le nord, en début de saison fraîche, d'eau plus froide originaire de la zone tempérée. Ce refroidissement est moins important aux GAMBIER où l'équithermie air-mer est beaucoup plus étroite.

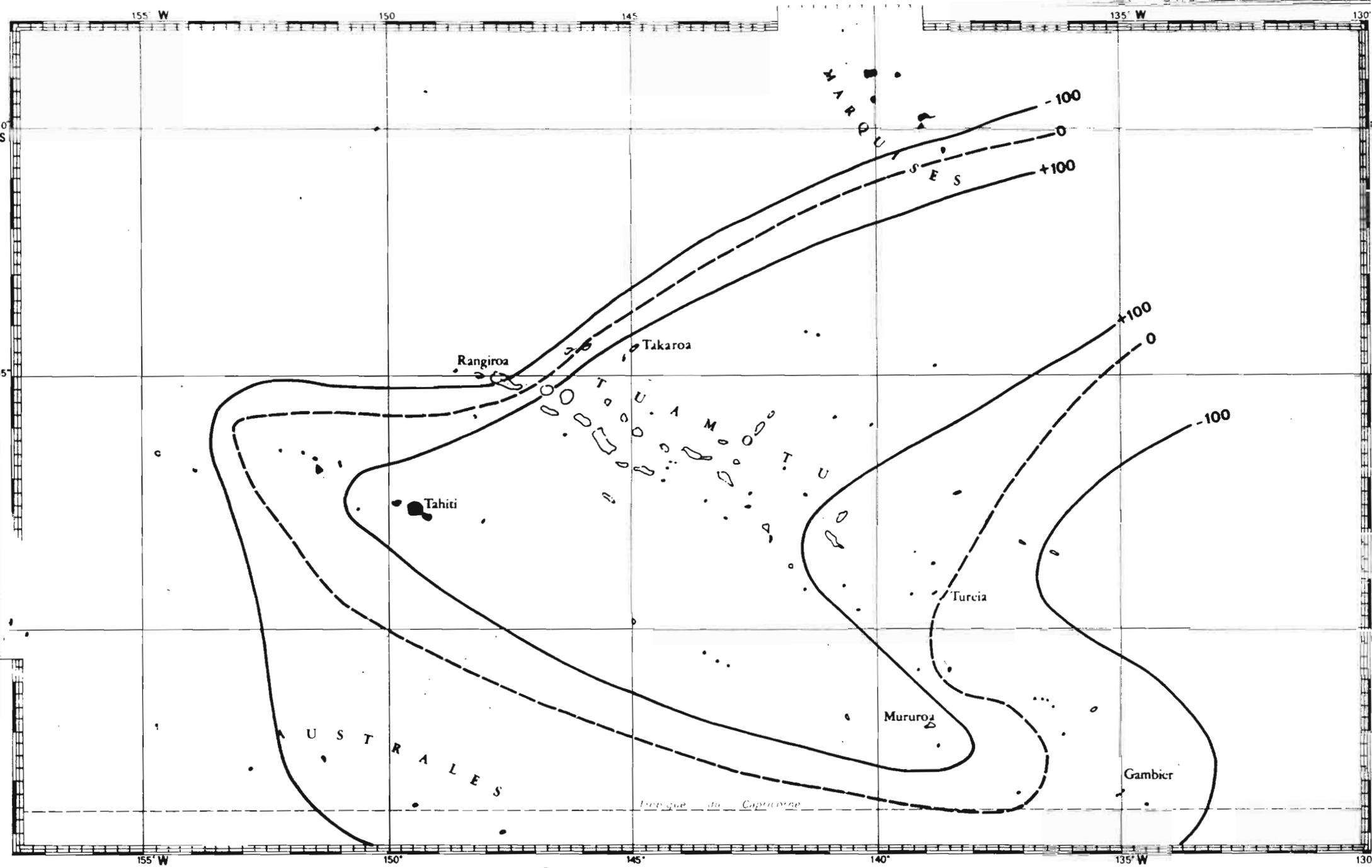
DONNEES GOSSTCOMP (carte 2b')

Avril : L'isotherme 27°C se stabilise au sud de TAHITI alors qu'aux Australes la moyenne thermique est comprise entre 24 et 25°C, donc à 1°C de moins qu'aux îles Gambier, situées à la même latitude mais à l'est de la zone.

Mai : La température de la bande tropicale centrale (entre 5 et 15° sud) atteint son plus haut niveau avec l'étalement maximal de la cellule > 29°C. Au sud de 20° sud, l'apparition de l'isotherme 23°C indique le début du refroidissement saisonnier.

Juin : La température de la zone équatoriale s'est accrue de 2°C depuis le début Avril, signe probant de la disparition de l'upwelling; l'ensemble de la zone tropico-équatoriale est ainsi occupée, jusqu'à 20° sud, par un marais thermique à 27 + 1°C. A la fin du mois un front thermique modéré (26°C à 23°C) se développe au sud des Gambier.

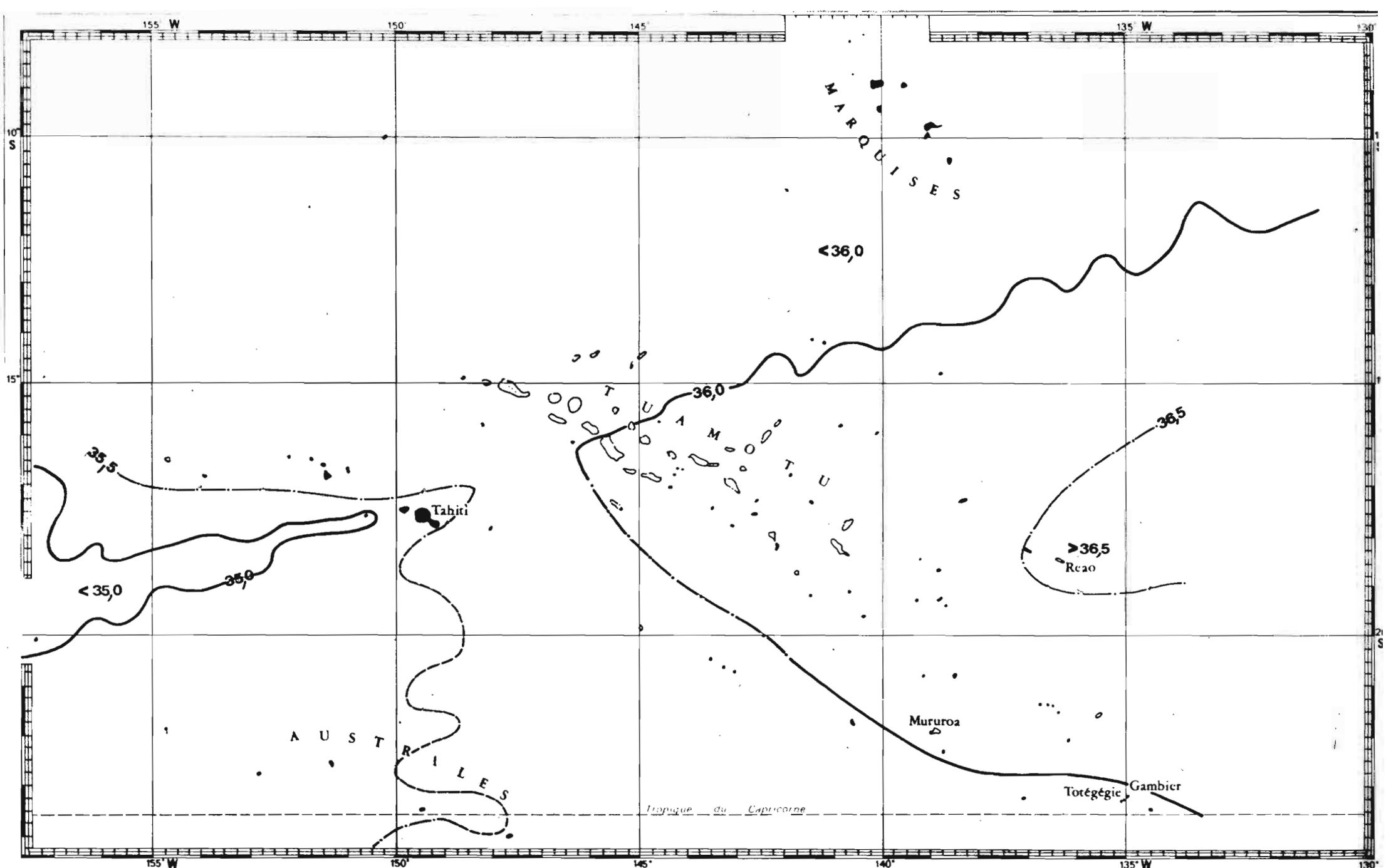
La comparaison de ces structures thermiques successives avec la carte synoptique 2b montre une forte cohésion d'ensemble pour la période mi-mai à mi-juin.



2^{ème} TRIMESTRE. CARTE 2c.
BILAN EVAPOTRANSPIRATION - PRECIPITATIONS. (E.T.P. - P. en mm.)

BILAN EVAPORATION-PRECIPITATIONS - (E.T.P. - P.) - carte 2 c -

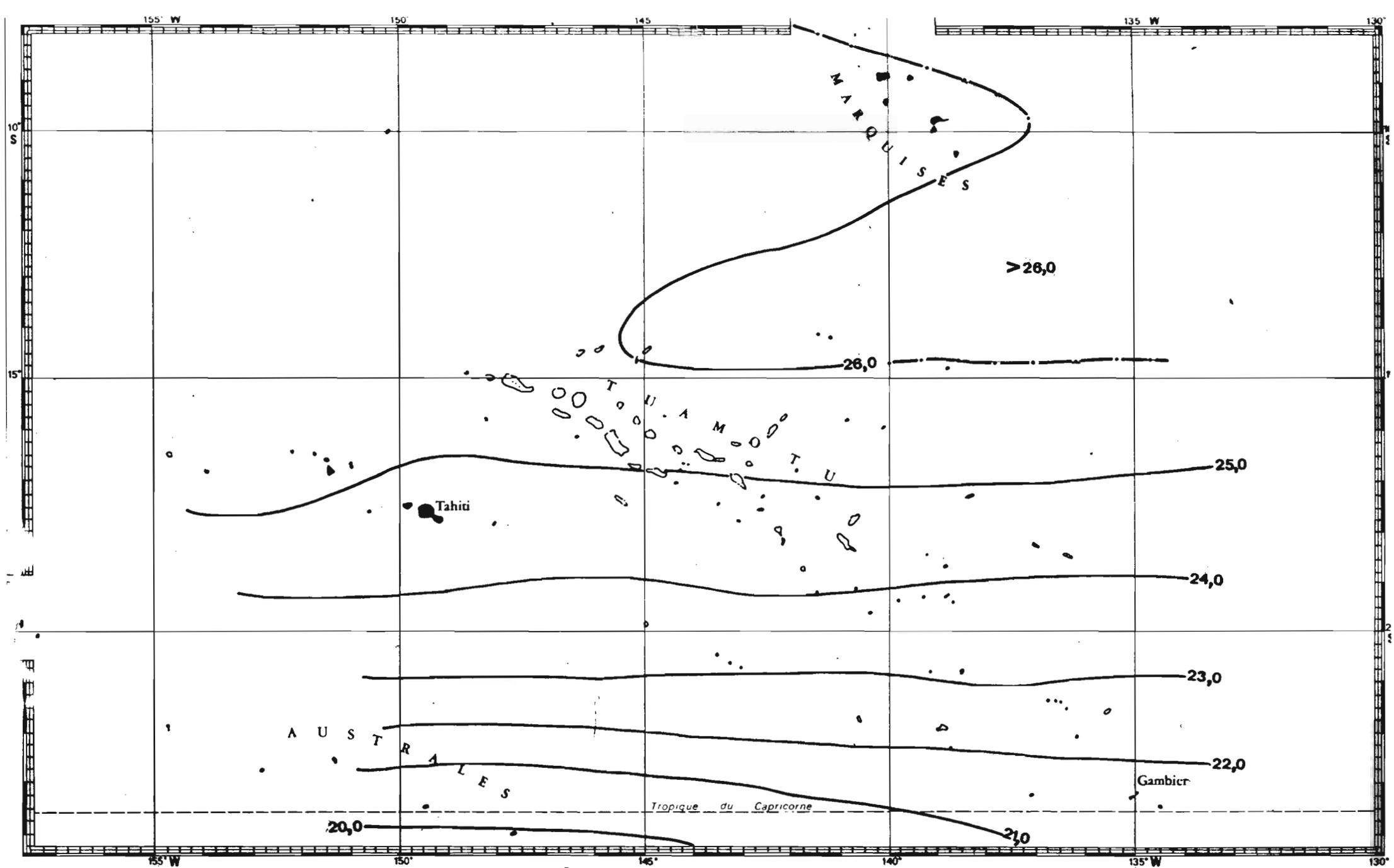
La ligne d'écart zéro a subi par rapport au 1er trimestre, une forte poussée vers le sud-ouest puisqu'elle englobe la totalité des îles hautes de l'archipel de la Société. Cette situation résulte essentiellement d'un déficit en pluie allié à un excès d'insolation qui, à TAHITI, est de l'ordre de 8% par rapport à la moyenne de la période de référence 1958-1978. Aux bordures ouest et nord de la ligne zéro, les précipitations deviennent très rapidement excédentaires et E.T.P.- P. oscille entre - 100 et - 300 mm le long de l'axe MOPELIA - RANGIROA - ATUONA. Aux Australes et aux Gambier, le bilan d'eau est également légèrement négatif mais beaucoup plus faiblement qu'au 1er trimestre. Sur les TUAMOTU, le fait le plus remarquable est l'inversion brutale du signe E.T.P. - P. pour des atolls peu éloignés les uns des autres ; ainsi le bilan de RANGIROA (- 189mm) s'oppose à celui de TAKAROA (+ 168mm) et celui de TUREIA (- 48mm) à celui de MURUROA (+ 116mm). Etant donné la façon dont ces chiffres sont calculés, on peut estimer que les zones marines périphériques seront significativement soumises à un excès ou à un déficit en eau douce, modifiant d'autant leur salinité superficielle.



2^{ème} TRIMESTRE. CARTE 2d.
 SALINITÉ DE LA SURFACE. (S ‰)

SALINITE DE LA COUCHE DE SURFACE - carte 2 d -

On retrouve la forme caractéristique triangulaire de l'isohaline 36,0 ‰ dont le sommet se place sur les TUAMOTU du centre. Autour et à l'est de REAO, apparaît en surface une poche de salinité supérieure à 36,5 ‰, bien que cette zone ait subi pendant ce trimestre un excès de précipitations (E.T.P.-P. = - 145 mm). Il semble donc que dans ce cas les effets de l'advection horizontale, caractérisée par une dérive générale des eaux de surface de 1 noeud vers l'ouest, l'emportent nettement sur ceux du microclimat local. De l'atoll de REAO aux Gambier, la structure haline superficielle est très voisine de celle décrite au 1er trimestre, avec le passage de l'isohaline 36,0 ‰ entre MURUROA et TOTELEGIE. Dans le sud de TAHITI, la salinité est de $35,5 \pm 0,1$ ‰ (données de la croisière AUSTRALES 1979 du B.C.B. MARARA), cette absence de gradient halin réduisant au front thermique déjà décrit autour de TUBUAI les caractéristiques structurales de la convergence sub-tropicale. Entre TAHITI et les îles COOK s'étend une poche dessalée ($S < 35,0$ ‰) semblable à celle reconnue pendant le 1er trimestre : le contour de cette poche suit très précisément celui de l'isotherme $28,0^{\circ}\text{C}$, révélant ainsi la présence d'une eau à faible densité de type équatorial ou équatorial occidental, se déplaçant donc vers l'est contre les alizés dominants, sans qu'il soit possible d'identifier de façon certaine ce flux dessalé dans le système de contre-courants tropicaux décrits dans le modèle classique de circulation du Pacifique sud. Là aussi le terme advectif semble l'emporter nettement sur la valeur locale de E.T.P.-P.

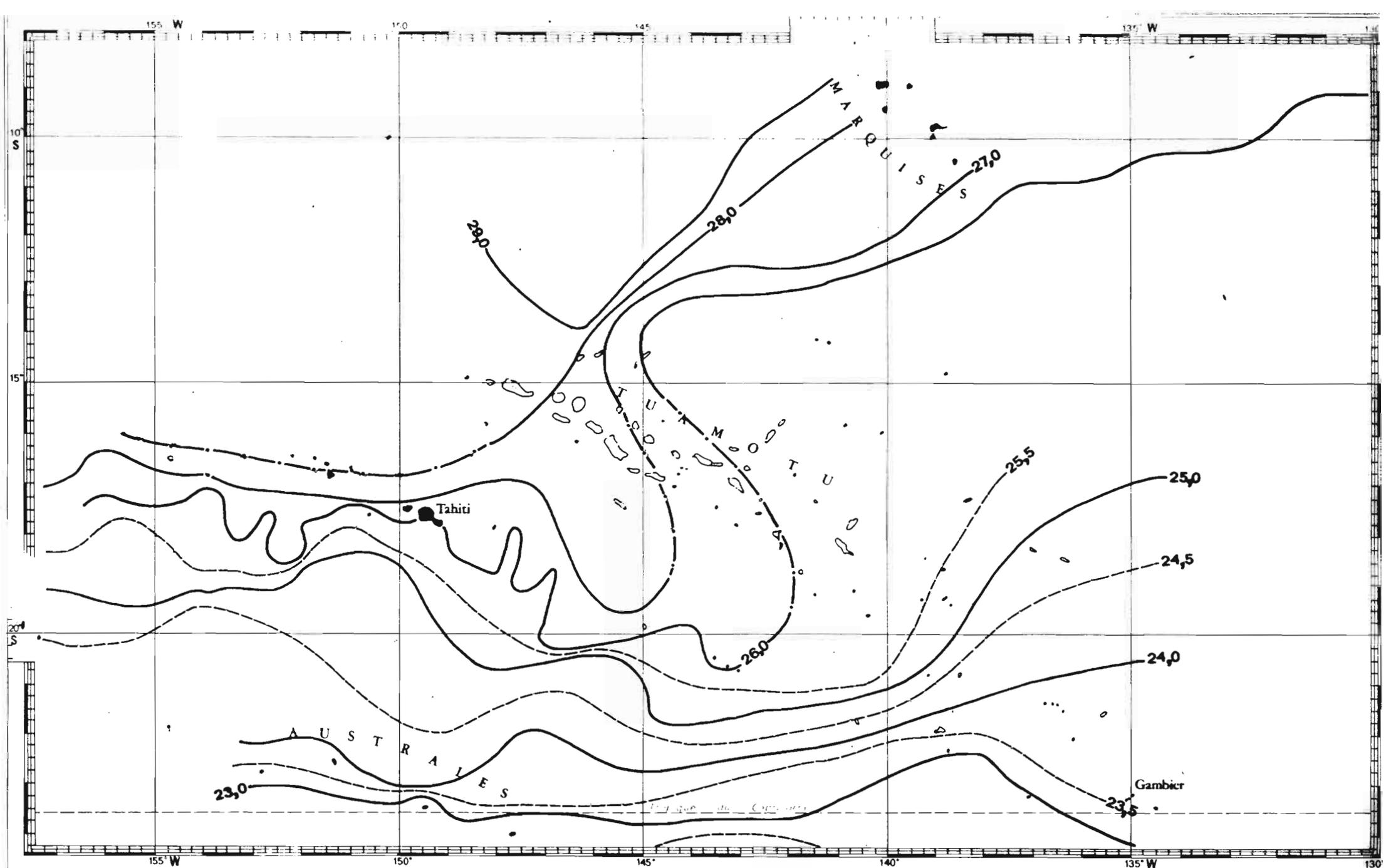


3^{ème} TRIMESTRE. CARTE 3a.
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR. (T°C)

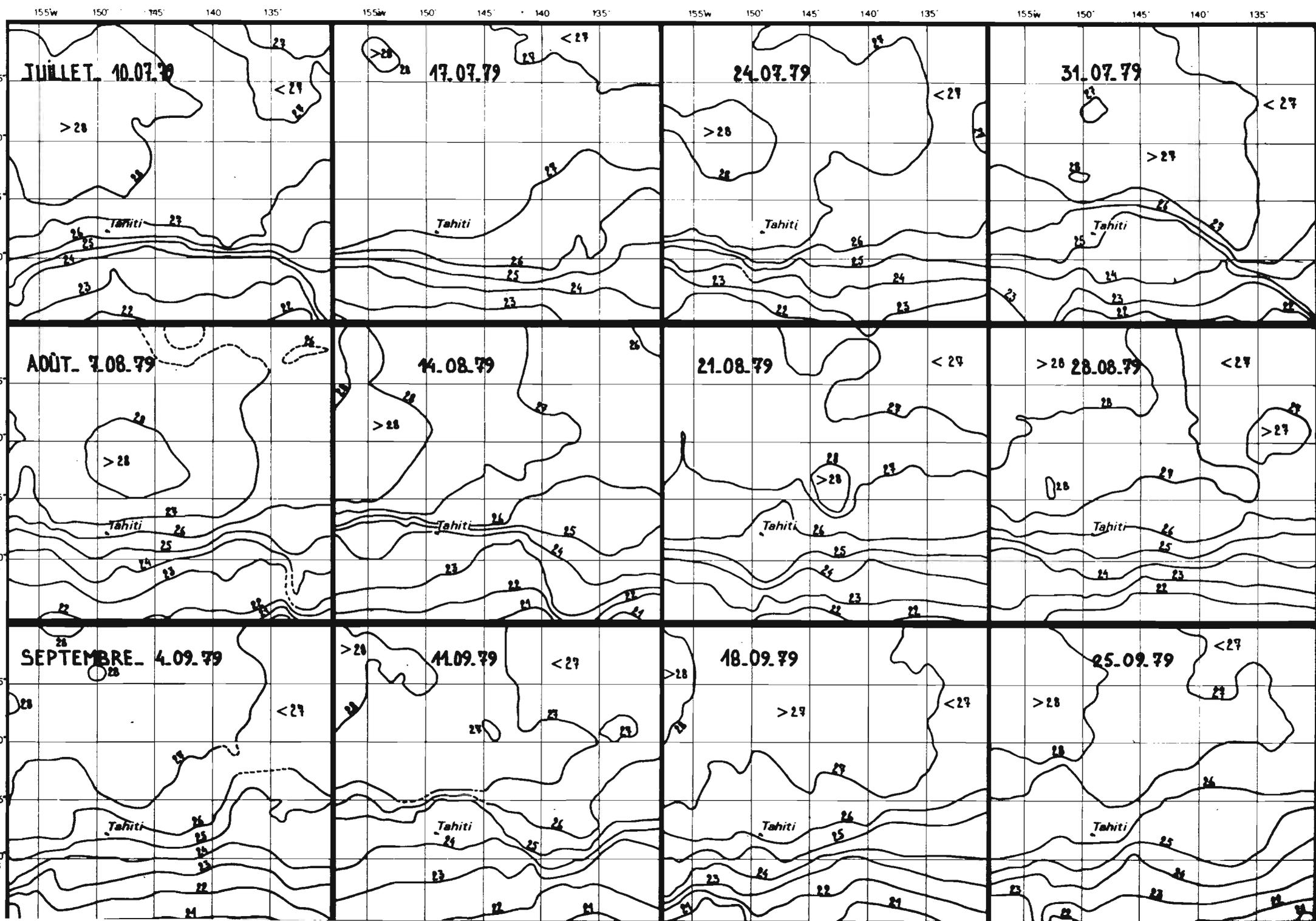
III.3 - 3EME TRIMESTRE 1979

TEMPERATURE DE L'AIR - carte 3a -

Au cours du 3ème trimestre (hiver austral de l'hémisphère sud), les moyennes thermiques de l'air sont minimales, l'amplitude du refroidissement croissant avec la latitude. L'écart thermique été-hiver est de 1,3°C à ATUONA (Marquises), 2,5°C à TAHITI, 4,5°C à TUBUAI et 5,6°C à RAPA où la température moyenne est seulement de 17,8°C. Dans le plan méridien, le resserrement des isothermes est le plus prononcé entre TAHITI et TUBUAI qui, situé à la même latitude que TOTEPEGIE (îles GAMBIER) mais 15 degrés plus à l'ouest, a, comme au second trimestre, une moyenne thermique plus basse de 0,9°C. Au plan climatologique, une ligne de hautes pressions, axée sur le tropique sud a protégé pendant le mois de juillet la zone TUAMOTU-MARQUISES des dépressions tempérées se succédant entre les 30ème et 40ème sud et donnant sur RAPA de forts coups de vents d'ouest accompagnés de pluie. En août, quelques masses froides d'origine subpolaire ont atteint les îles de la Société et les TUAMOTU, abaissant les minima nocturnes et engendrant sur les versants ouest de fortes précipitations. Le mois de septembre a été marqué par une franche reprise des alizés de sud-est alors que les incursions d'air froid s'estompaient avec le glissement de 25 à 30° sud de la barrière de hautes pressions.



3^{ème} TRIMESTRE. CARTE 3b.
TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER. (T°C)



TEMPERATURE DE LA SURFACE DE LA MER (carte 3b)

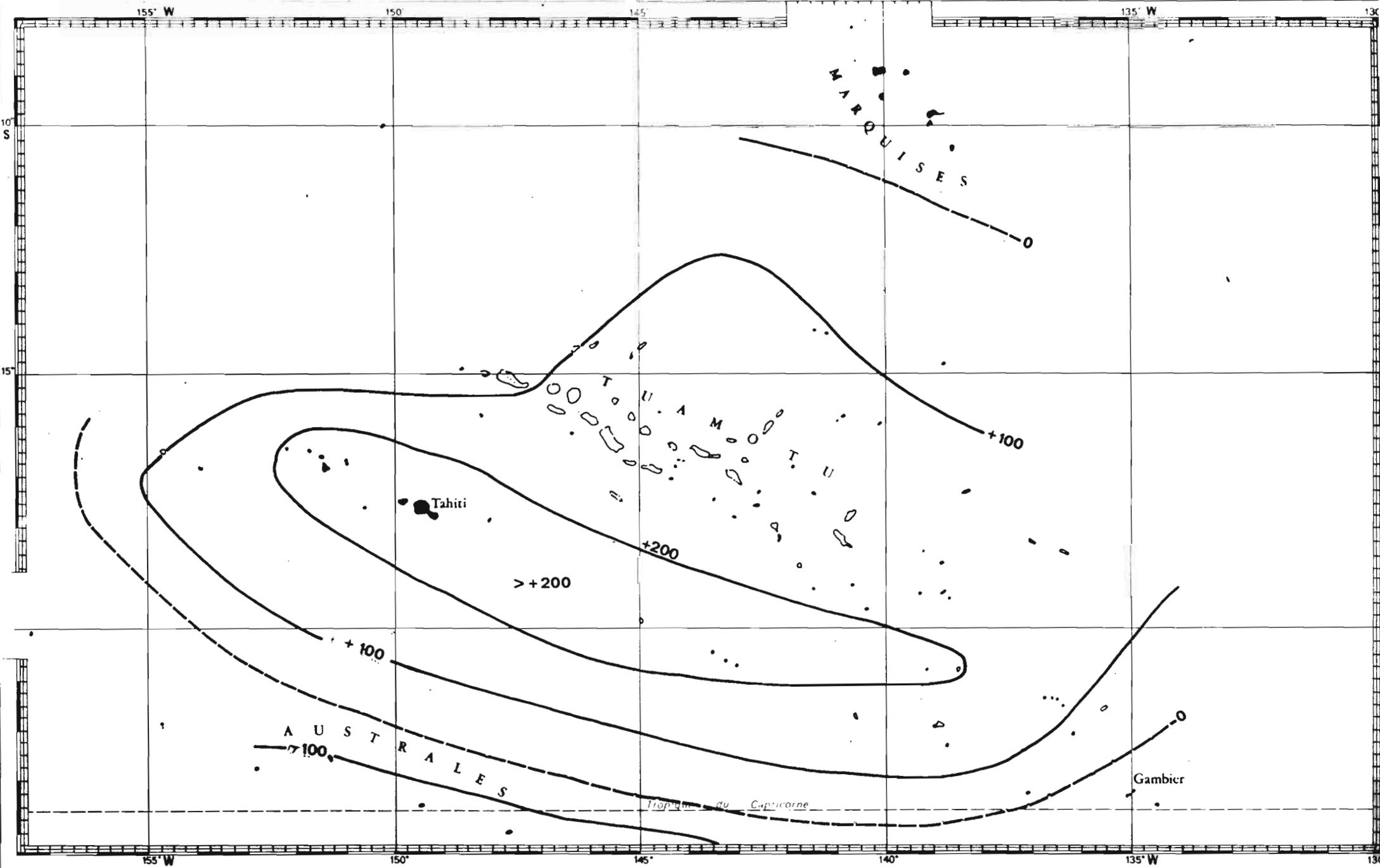
A l'exception des abords de RAPA, située hors de la zone tropicale, la totalité de la zone marine de Polynésie Française est occupée par des eaux de température égale ou supérieure à 22°C, donc bien au-dessus de la limite de survie (18°C) des madrépores coralliens. Comme pour l'air, l'amplitude du refroidissement hivernal est surtout important dans le sud de la zone : il est négligeable aux Marquises, de l'ordre de 2,5°C à TAHITI et atteint 4°C le long du tropique sud où l'écart thermique avec l'atmosphère est alors de 3°C. En hiver, la couche océanique superficielle fournit donc massivement des calories à l'atmosphère alors qu'en été la zone marine intertropicale est très proche de l'équithermie avec l'air. Dans la zone centrale des TUAMOTU, la carte 3b montre une distorsion méridienne du tracé synoptique des isothermes 26 et 27°C; la zone située à l'est de 140°W est donc plus touchée par le refroidissement saisonnier alors que le couloir TAHITI-TUAMOTU est au contraire envahi par des eaux relativement chaudes ($T > 27^\circ\text{C}$) en provenance de la région équatoriale. Cette nappe d'eau chaude bloque la poussée vers le nord des eaux tempérées sud et crée à la zone de contact, entre 17 et 19° sud, un front thermique particulièrement bien marqué à l'ouest de TAHITI.

DONNEES GOSSTCOMP (carte 3b')

Juillet : En début de mois, la structure thermique superficielle est caractérisée par une quasi-isothermie des eaux entre l'équateur et 18° sud, et par la présence au sud de cette latitude, d'un brutal décrochement thermique de 3°C.

Août : Au cours de "l'hiver" austral, la quantité de chaleur de la bande tropico-équatoriale se conserve à son niveau du trimestre précédent alors que dans le sud, la poussée vers le nord des eaux tempérées est matérialisée par le tracé des isothermes 22 et 21°C.

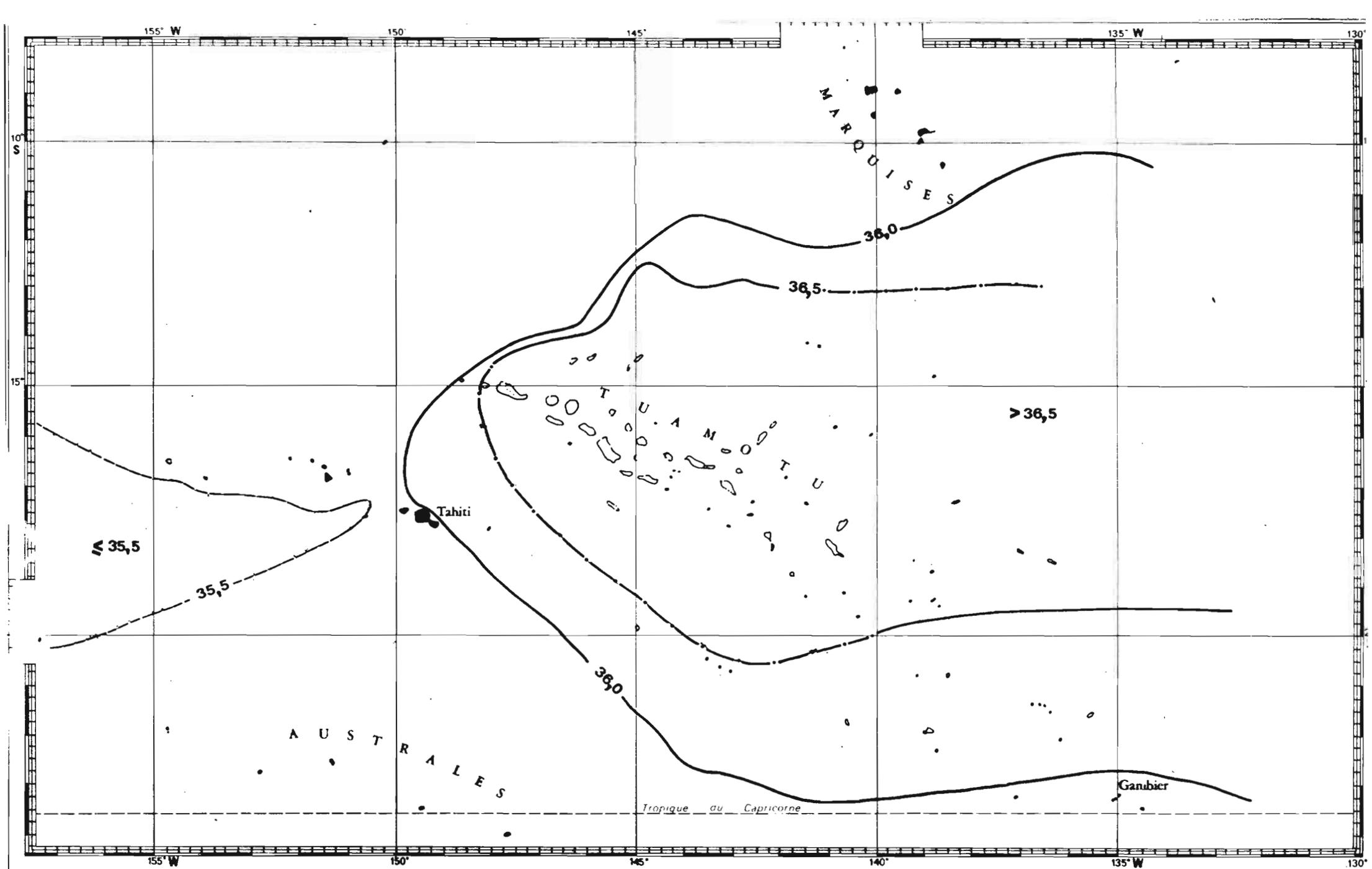
Septembre : La permanence de l'isotherme 26°C à proximité de TAHITI marque la limite méridienne à partir de laquelle se développe un gradient nord-sud de 1°C/200 km, indiquant le passage progressif du système tropical au système tempéré et la position la plus septentrionale atteinte, au cours de l'année, par la convergence subtropicale. La situation thermique du début de septembre est remarquablement proche de celle de la carte 3b, et confirme le tracé particulier de l'isotherme 27°C.



3^{ème} TRIMESTRE. CARTE 3c.
 BILAN ÉVAPOTRANSPIRATION - PRÉCIPITATIONS. (E.T.P. - P. en mm.)

BILAN EVAPORATION - PRECIPITATIONS - (E.T.P.-P.) - carte 3 c -

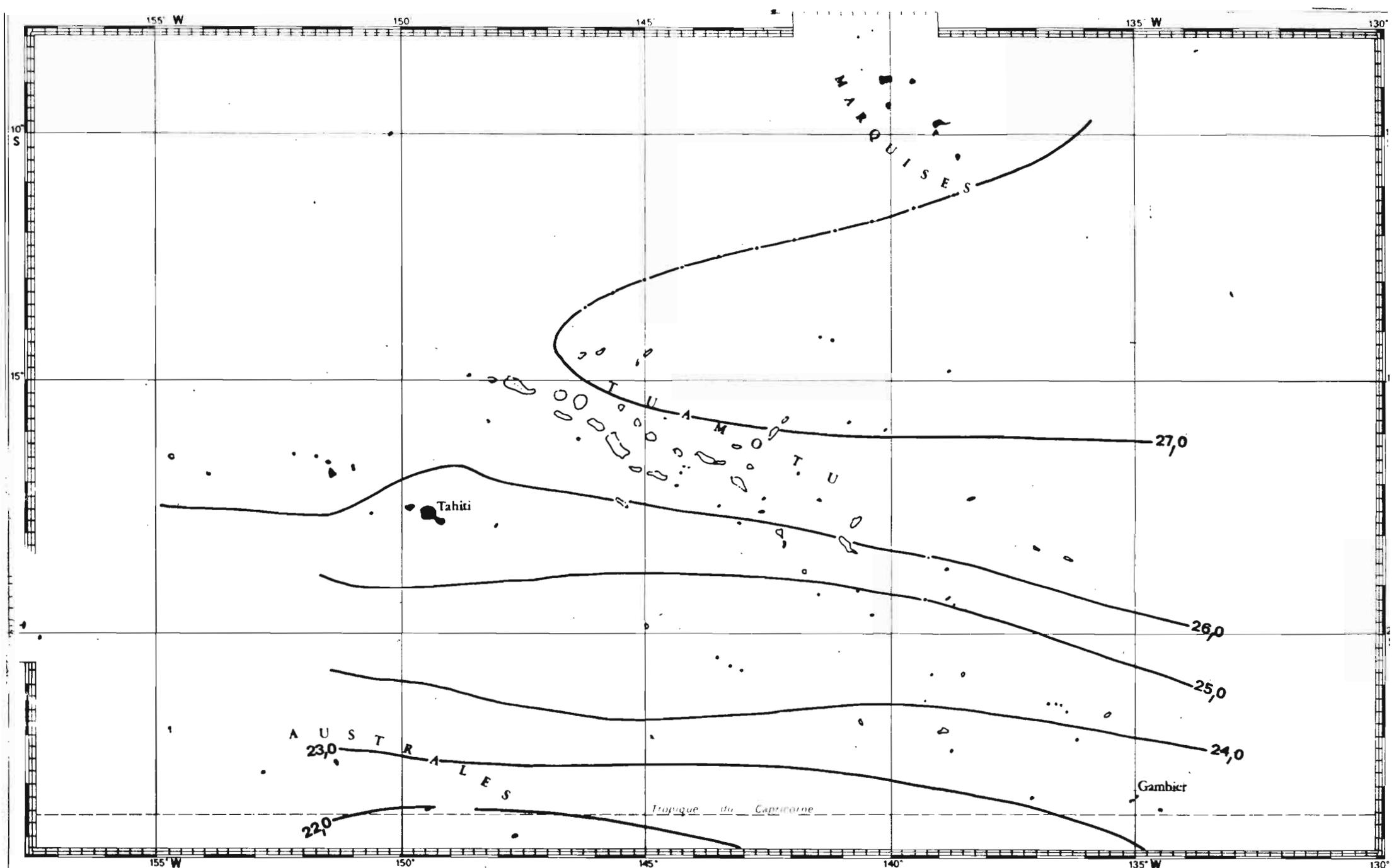
Le bilan des échanges d'eau douce océan - atmosphère révèle la présence d'une langue à fort déficit de précipitations (E.T.P.-P. > 200 mm) s'étendant de BORA-BORA à TUREIA et bordée à sa périphérie par une bande de plusieurs centaines de km de large à évaporation positive. La ligne d'écart zéro tangente les îles Marquises et les Gambier, l'effet des précipitations ne devenant réellement prédominant qu'aux Australes et surtout à RAPA. Ainsi, seule la zone sud de Polynésie, soumise aux perturbations d'ouest, a reçu d'importantes pluies hivernales, alors qu'au nord du tropique du Capricorne, la barrière de hautes pressions a entraîné une relative sécheresse, surtout ressentie sur l'ensemble SOCIETE-TUAMOTU. Aux Marquises, les importantes précipitations enregistrées en août et septembre ont fait légèrement basculer du côté négatif le bilan E.T.P.-P. Sur les TUAMOTU, la faiblesse des vents alizés s'est accompagnée d'une nébulosité importante, certains atolls comme TAKAROA subissent un déficit moyen d'insolation de 12% pour l'ensemble du trimestre.



3^{ème} TRIMESTRE. CARTE 3d.
 SALINITE DE LA SURFACE DE LA MER. (‰)

SALINITE DE LA SURFACE DE LA MER - carte 3 d -

Par comparaison avec la situation haline précédente (carte 2 d), celle du troisième trimestre indique une forte augmentation de la salinité des eaux de surface. La pointe du triangle formée par l'isohaline 36,0‰ s'est rapprochée de TAHITI et, dans ce même mouvement vers l'ouest, la poche d'eau salée à 36,5‰ englobe totalement les TUAMOTU du centre et du nord-ouest. La zone dessalée, présente depuis le début de l'année 1979 entre TAHITI et les îles COOK, subit également une légère ressalure puisque le contour de l'isohaline 35,5 ‰ remplace celui de l'isohaline 35,0‰ qui a complètement disparu. Si on compare les cartes 3 c (E.T.P.-P.) et 3 d (salinité), on constate que la prépondérance des processus d'évaporation sur la Polynésie centrale, essentiellement due à un déficit des précipitations, va de pair avec une ressalure générale de la couche océanique superficielle. Cette forte corrélation indique que, dans ce cas de figure, les facteurs climatiques locaux sont au moins équivalents dans leurs effets sur l'équilibre du bilan de sel océanique, à ceux de l'advection zonale. Il est probable que celle-ci ait été par ailleurs moins active puisque couplée aux vents dominants en net affaiblissement par rapport au second trimestre.



4^{ème} TRIMESTRE. CARTE 4a.
TEMPÉRATURE MOYENNE DE L AIR. (T°C)

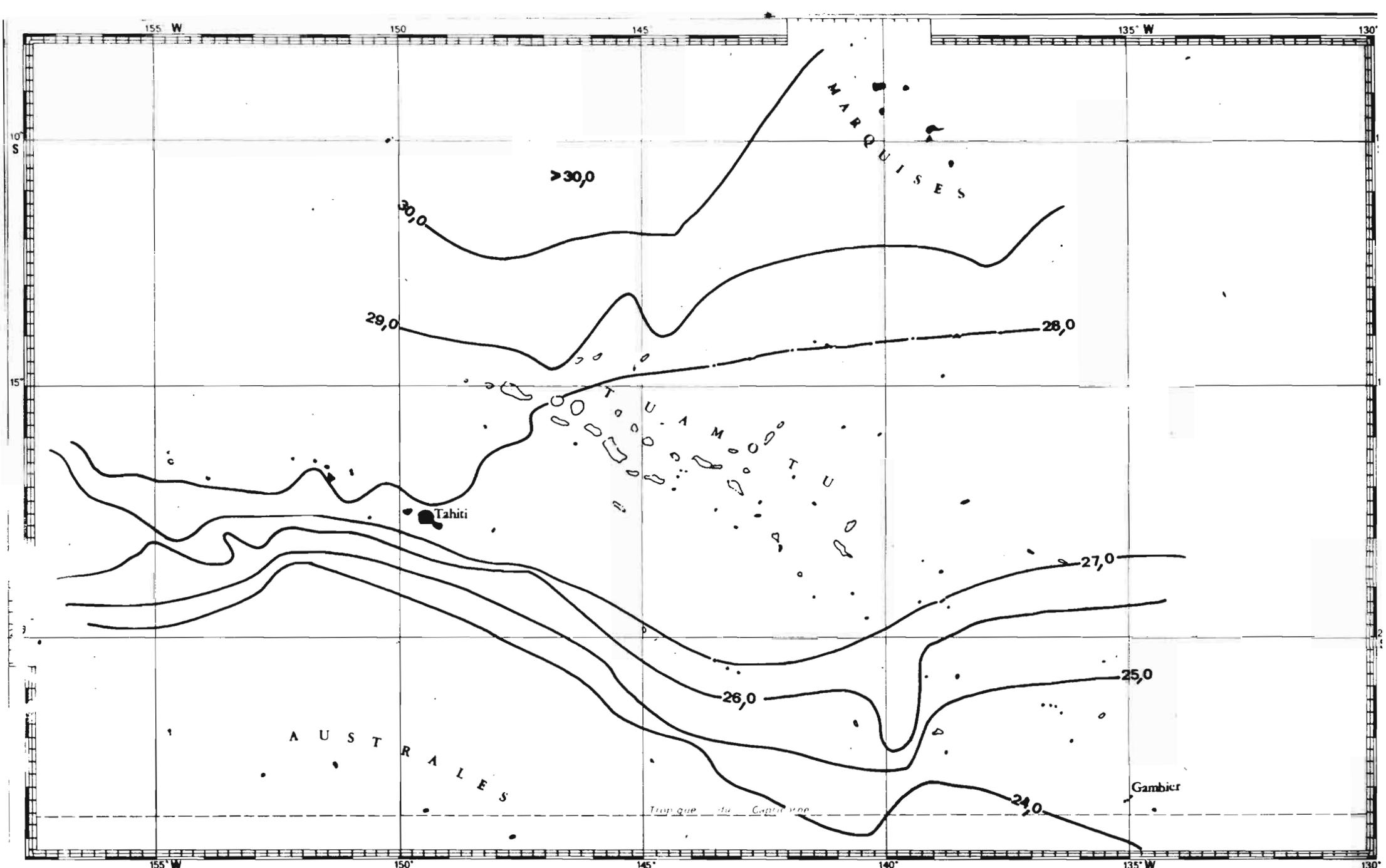
III.4 - 4EME TRIMESTRE 1979

TEMPERATURE DE L'AIR - carte 4 a -

La physionomie thermique est semblable à celle du trimestre précédent, la zone la plus chaude étant située entre les Marquises et les Tuamotu avec un réchauffement saisonnier de l'ordre de 1°C à 1,5°C. On retrouve un écart équivalent sur les îles de la Société et les Australes et l'habituel gradient méridien moyen de 1°C/150 km entre TAHITI et RAPA.

En octobre, quelques incursions d'air provenant des hautes latitudes sud ont bloqué le réchauffement amorcé en septembre et entraîné un déficit moyen thermique de 0,1 à 0,7°C sur toute la Polynésie.

En novembre, les températures moyennes ont été supérieures de 1°C par rapport à la normale sur la moitié nord du Territoire, inférieures du même chiffre sur le sud. Ce contraste thermique renforcé est à l'origine de la forte activité de la zone frontale des alizés suivant un axe Société-Gambier, où les précipitations ont été surabondantes. En décembre, le contraste thermique entre le nord et le sud du Territoire est maintenu par la poussée vers le nord de la ligne de hautes pressions tempérées (air froid) et par l'arrivée en zone tropicale ouest de la dépression tropicale OFA formée au voisinage des îles Salomon. Le système dépressionnaire complexe ainsi obtenu crée de puissants courants advectifs (le vent oscille rapidement du nord-ouest au sud-est) et déclenche d'importantes précipitations sur la totalité du Territoire.



4^{ème} TRIMESTRE. CARTE 4 b.
 TEMPERATURE DE LA SURFACE DE LA MER. (T.°C.)

OCTOBRE. 2.10.79

9.10.79

16.10.79

23.10.79

NOVEMBRE. 30.10.79

6.11.79

13.11.79

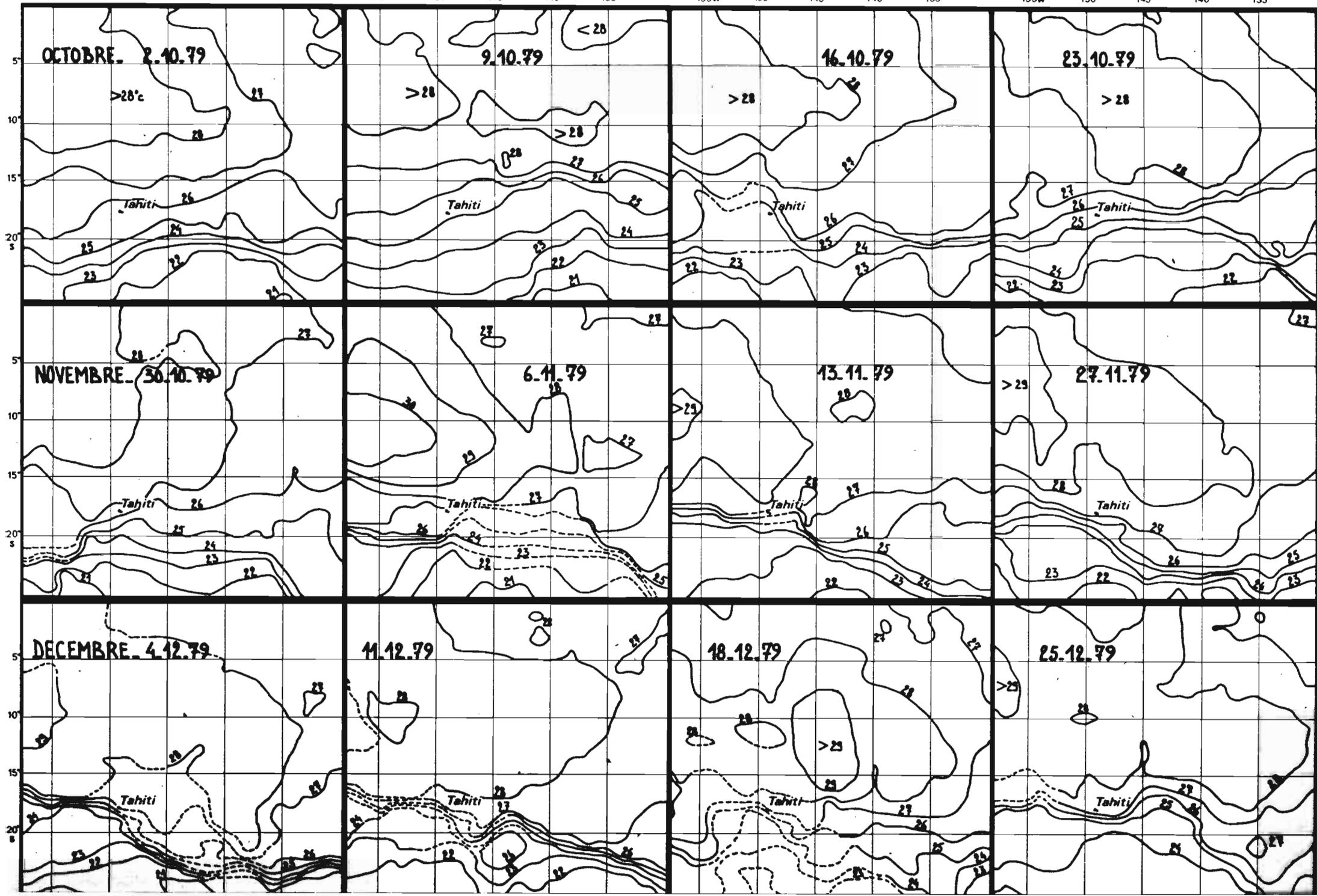
27.11.79

DECEMBRE. 4.12.79

11.12.79

18.12.79

25.12.79



TEMPERATURE DE LA SURFACE DE LA MER (carte 4b)

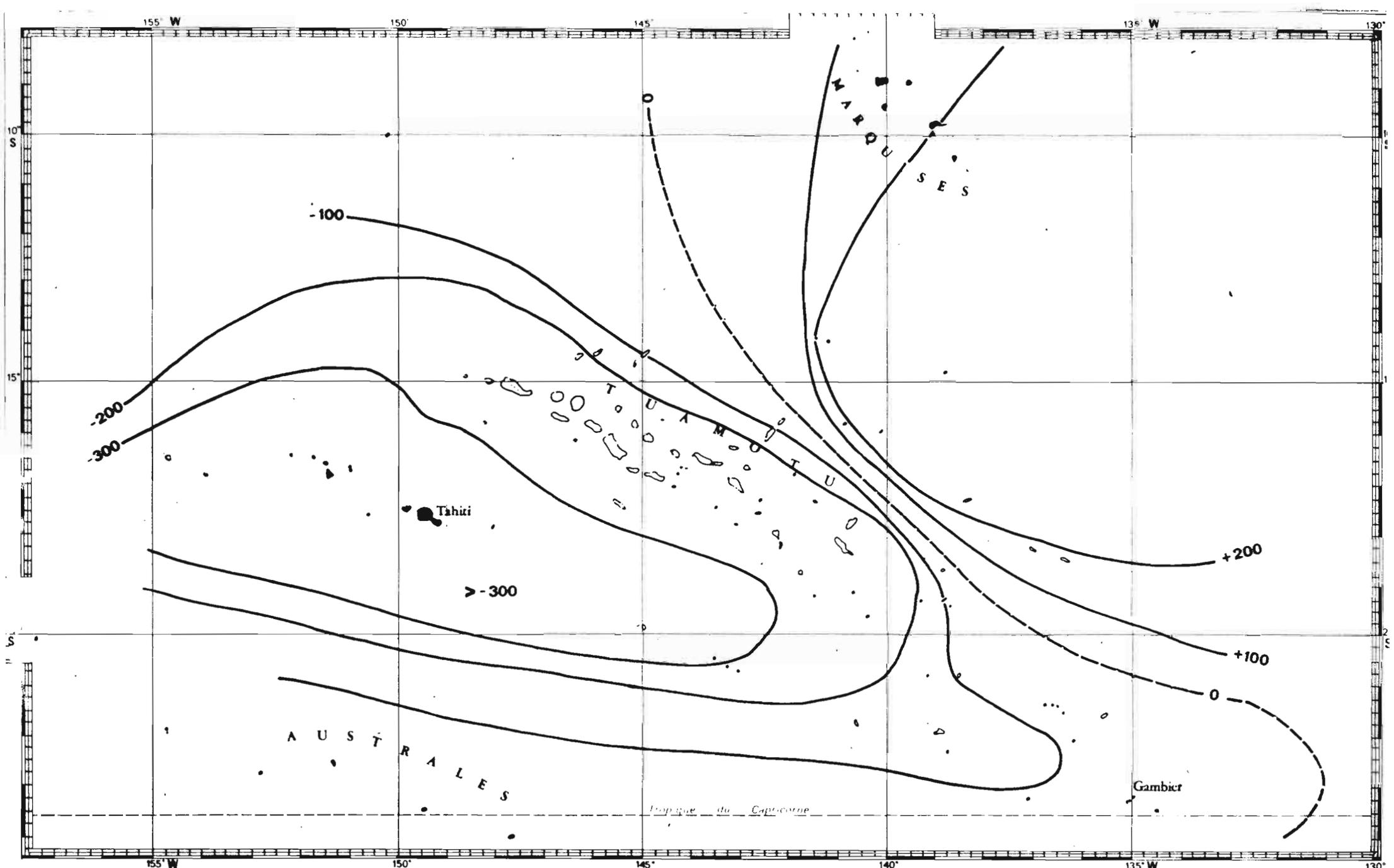
L'eau océanique se réchauffe globalement dans les mêmes proportions que l'air puisque l'augmentation de température est de 1,5°C aux Marquises et à Tahiti et de 1°C aux Gambier. Comme pendant le précédent trimestre, les eaux à l'est des Tuamotu sont très homogènes en température alors qu'un gradient d'intensité moyenne apparaît au sud de 20° sud. Ce front thermique se développe en se resserrant vers le nord-ouest et atteint sa puissance maximale (1°C/50 km) entre 150 et 155° ouest. L'isotherme 24°C est ainsi plus proche de Tahiti au cours du 4ème trimestre que pendant les mois "d'hiver"; la forme concave des isothermes de ce front suggère une poussée d'eau du sud en direction de Tahiti, conséquence probable de l'action des vents d'ouest engendrés par les dépressions tempérées. Dans le nord des Tuamotu, pour la première fois depuis le début de l'année 1979, apparaît l'isotherme 30°C qui révèle l'intrusion d'une eau équatoriale ou même équatoriale nord.

DONNEES GOSSTCOMP (carte 4b')

Octobre : Autour de l'île de Tahiti la température océanique est comprise entre 25 et 26°C, ce qui est en accord avec les données de la station côtière. Au nord de 15° sud la forme de l'isotherme 28°C indique une pénétration importante d'eau équatoriale occidentale.

Novembre : L'isotherme 27°C tangente l'île de Tahiti qui se trouve à nouveau sous l'influence directe du système équatorial; la zone de contact avec les eaux tempérées se situe entre 20 et 23° sud, ce qui crée un front thermique dont la constriction principale se déplace au cours du mois de 155°W à 140°W. L'isotherme 30°C apparaît pour la première fois dans le quadrans nord-ouest, ce qui confirme la disparition de l'upwelling équatorial à l'ouest de 150°W.

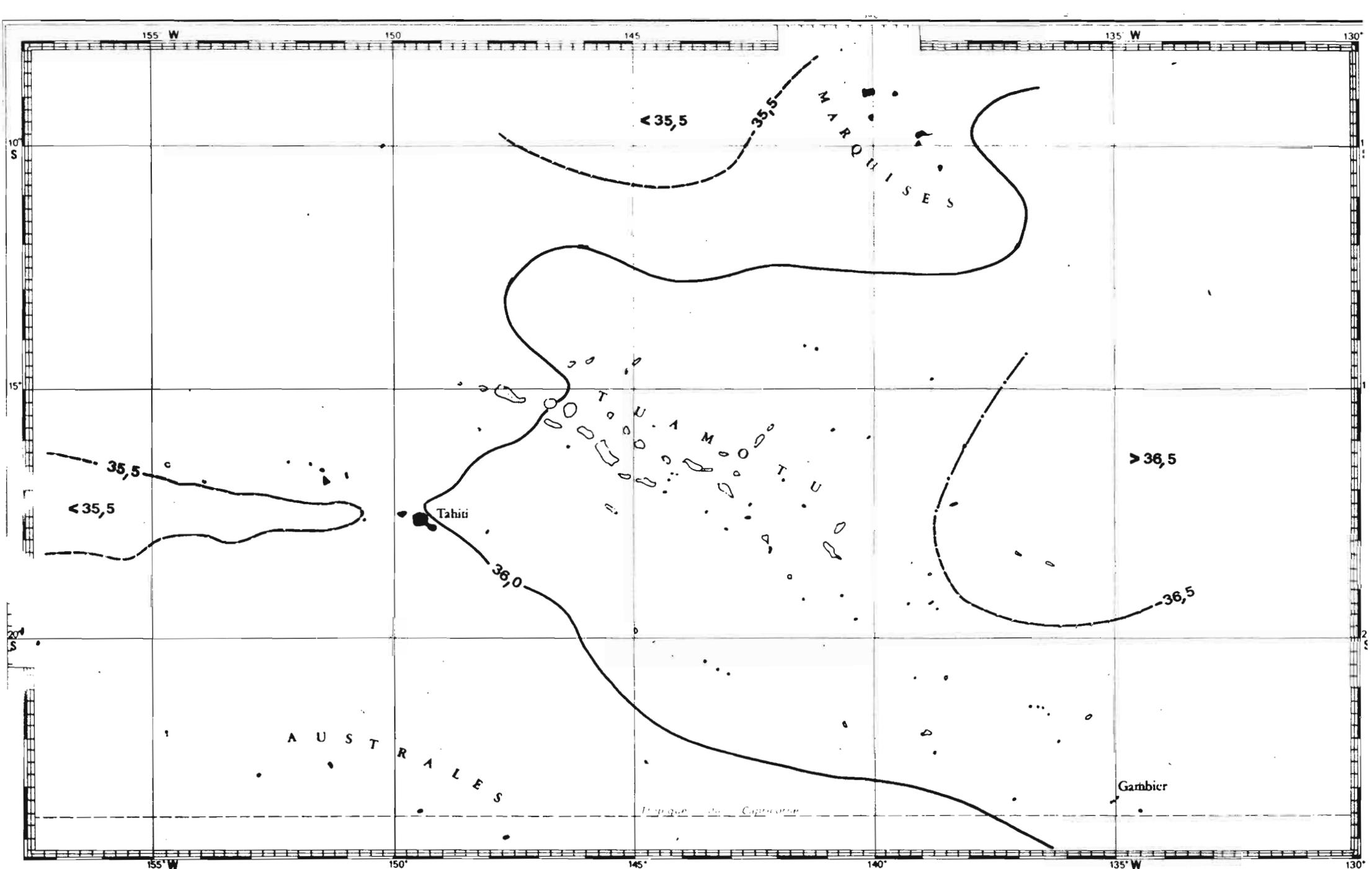
Décembre : Le renforcement spectaculaire du gradient thermique méridien au sud de Tahiti confirme la poussée inopinée vers le nord des eaux tempérées mises en branle par les dépressions ayant touché les îles Cook et les Australes. Cette frontogénèse, qui se déplace le long de la ligne du tropique sud, s'atténue progressivement à cause du réchauffement de la partie froide du front qui en un mois passe de 21°C à 24°C.



4^{ème} TRIMESTRE. CARTE 4c.
 BILAN ÉVAPOTRANSPIRATION - PRÉCIPITATIONS. (E.T.P. - P. en mm.)

BILAN EVAPORATION - PRECIPITATIONS - (E.T.P.-P.) - carte 4 c -

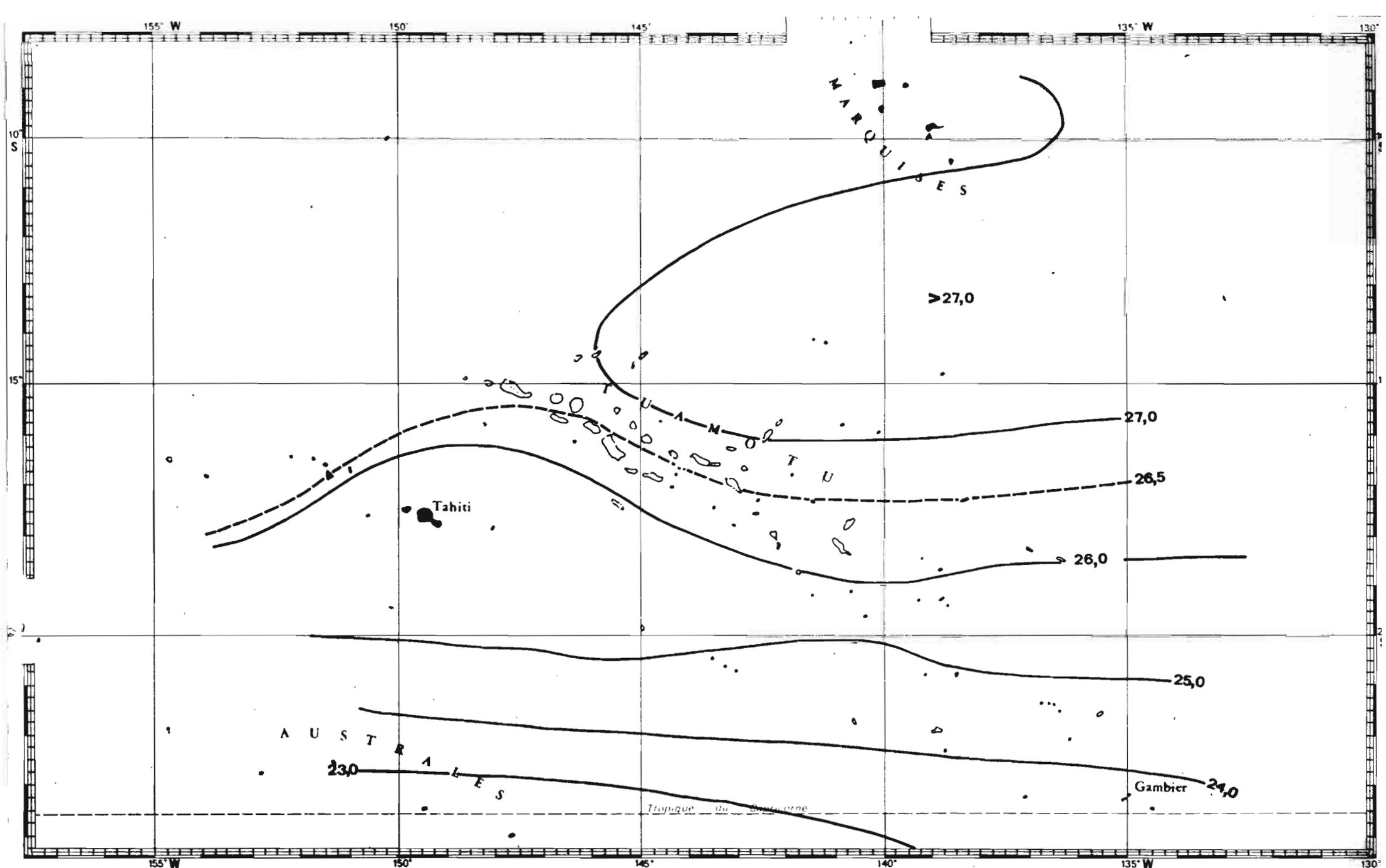
La tendance s'est, en ce domaine, presque totalement inversée par rapport à celle du 3ème trimestre (carte 3 c) : on observe en effet un énorme excédent de précipitations sur l'ensemble Société-Tuamotu-Gambier, la ligne d'écart zéro passant entre les Marquises et TAKAROA, puis à l'est des Gambier et, pour la première fois de l'année, au nord de RAPA ou E.T.P.-P. est très légèrement positif (+ 1 mm). On a déjà noté que les incursions d'air tropicalisé venant de l'ouest avaient déclenché de très fortes précipitations sur la Société où les records mensuels ont été battus en de nombreux points (chutes supérieures à 500 mm en décembre à Tahiti-Faaa et à Bora-Bora). Au contraire, dans le quadran nord-est polynésien, les alizés ont été plus constants et les précipitations normales : le bilan E.T.P.-P. est donc largement positif et atteint à PUKA-PUKA le chiffre record de + 339 mm. La situation de ce 4ème trimestre est en fait beaucoup plus proche de celle du 1er trimestre de l'année 1979 que de celle du trimestre précédent. En comparant entre elles les 4 cartes synoptiques E.T.P.-P. on peut donc séparer 2 situations; celle qui correspond à une période hivernale, relativement sèche sur l'ensemble Société-Tuamotu-Gambier et où l'ensemble de la couche superficielle marine tend à se ressaler; celle qui correspond à la saison des pluies telle qu'elle se fait sentir sur les îles de la Société, et qui débute en novembre pour se terminer en avril; l'excès des précipitations tend alors à diminuer la salinité des eaux de surface, mais le phénomène peut être fortement atténué par l'advection horizontale océanique.



4^{ème} TRIMESTRE CARTE 4d
 SALINITE DE LA SURFACE DE LA MER (S‰)

SALINITE DE LA SURFACE DE LA MER - carte 4 d -

Entre Tahiti et les îles Cook, la distribution du sel est très proche de celle du 3ème trimestre puisque la langue d'eau dessalée déjà décrite conserve globalement les mêmes caractéristiques. A l'est de l'île de Tahiti, toujours baignée par des eaux de salinité 36,0‰, la salinité n'augmente que faiblement, l'isohaline 36,5‰ étant repoussée vers l'est dans la zone PUKA-PUKA - REAO. Le même phénomène de dessalure est observé autour des Marquises, l'isohaline 36,0‰ passant au sud de HIVA-OA et 35,5 ‰ faisant son apparition à l'ouest de NUKU-HIVA. Les fortes valeurs négatives de E.T.P.-P. apparues pendant ce trimestre ont donc complètement modifié la tendance puisque la salinité de toute la zone marine située à l'ouest de 140° ouest s'est affaiblie alors qu'elle avait augmenté régulièrement de juin à septembre. L'apparition dans l'ouest et au sud des Marquises d'une eau chaude (30°C) et peu salée (S < 35,5‰) indique une forte poussée d'eau équatoriale, probablement entraînée par un contre courant coulant vers l'est. De par ses propriétés hydrologiques, cette eau peut être issue du Contre Courant Equatorial Nord et avoir pénétré dans l'hémisphère sud à la faveur de la disparition de la divergence et de l'upwelling équatorial, disparition liée à l'affaiblissement des alizés d'est, ainsi que cela semble avoir été le cas au cours du trimestre précédent.



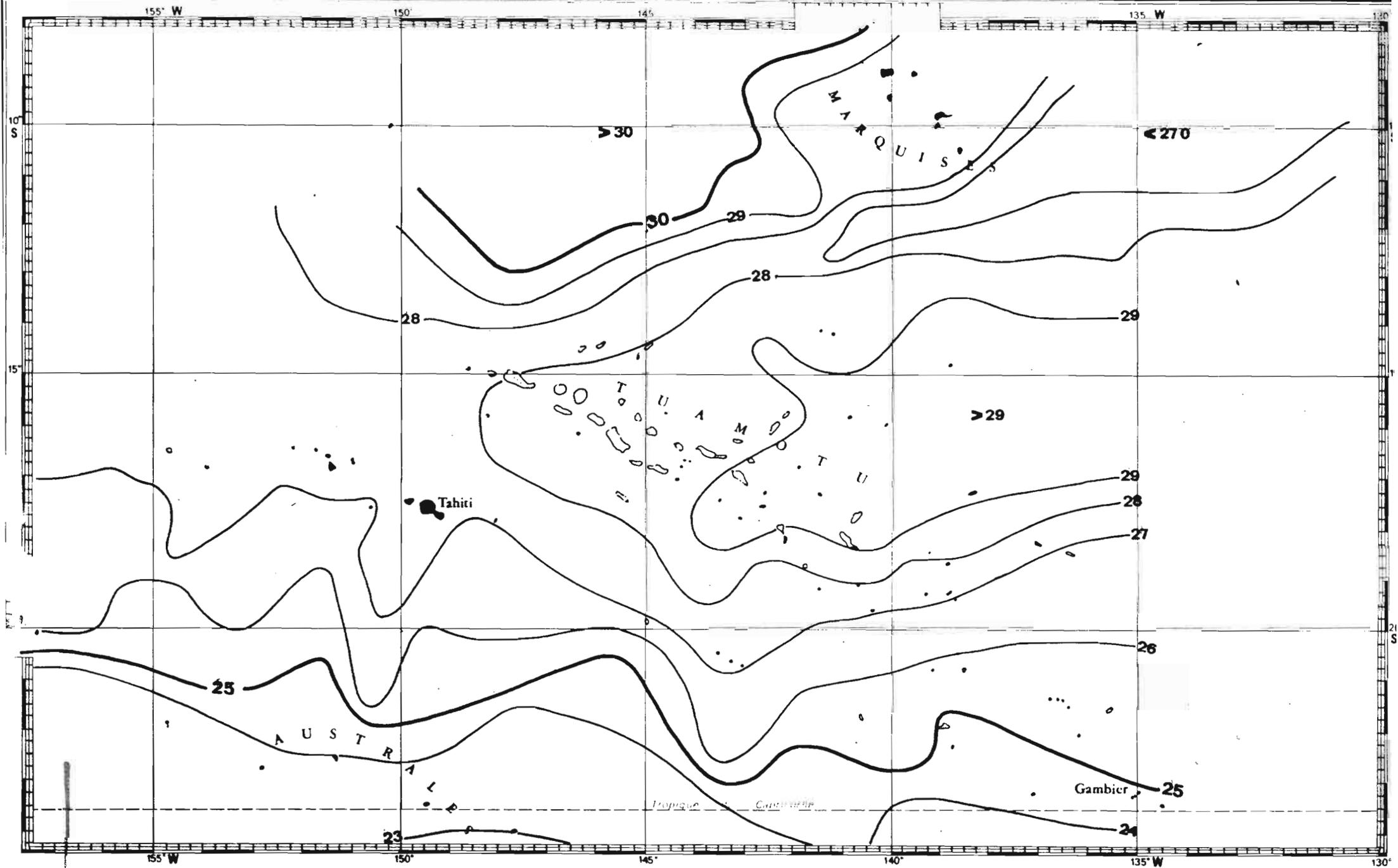
MOYENNE ANNUELLE DE 1979. CARTE 5a.
TEMPERATURE DE L'AIR (T₂c)

IV - SITUATION MOYENNE ANNUELLE

IV. 1 - Moyennes annuelles

TEMPERATURE DE L'AIR (carte 5a)

Entre le nord et le sud de la Polynésie, et en excluant RAPA, l'écart thermique moyen est de $4,7^{\circ}\text{C}$, chiffre supérieur à l'ondulation thermique annuelle de l'air à TAHITI ($3,3^{\circ}\text{C}$). Dans cette zone océanique tropicale, la température ponctuelle dépend donc plus de la latitude que de la saison. Aux abords des îles hautes au relief très escarpé, la turbulence des vents et les précipitations s'intensifient et un flux d'air froid descend généralement pendant la nuit des sommets vers la côte ; ce vent de terre entraîne un abaissement des températures moyennes, de l'ordre de $0,5^{\circ}\text{C}$ à TAHITI et aux MARQUISES. Les isothermes 26°C et 27°C subissent ainsi des distorsions et pour cette dernière une double flexion à l'est des MARQUISES et au nord des TUAMOTU, ce qui délimite entre 11° et 16° sud, la zone la plus chaude de Polynésie. Dans le sud, les isothermes se resserrent légèrement alors qu'un gradient zonal apparaît sur la ligne du tropique entre TUBUAI ($22,7^{\circ}\text{C}$) et les îles Gambier ($23,7^{\circ}\text{C}$) qui seraient donc moins soumises aux dépressions subtropicales d'hiver.



MOYENNE ANNUELLE DE 1979.- CARTE 5b.
TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DE LA MER. (T[°]c)

TEMPERATURE DE LA SURFACE DE LA MER

- carte 5 b -

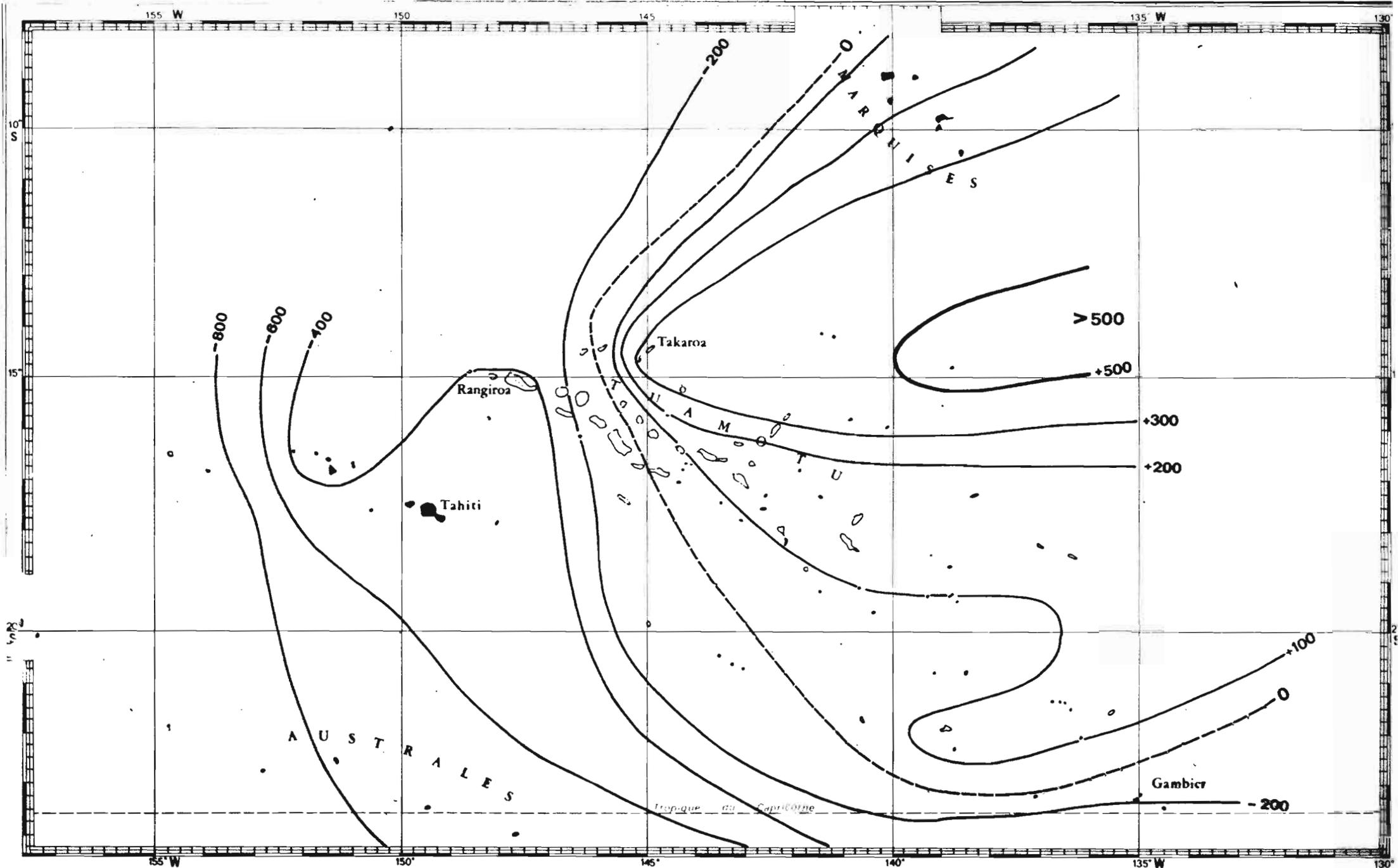
La structure thermique de la surface de la mer est plus complexe que celle de l'air; l'écart thermique méridien y est plus important puisqu'il atteint 7°C, soit le double de l'ondulation thermique annuelle océanique à Tahiti. Dans la carte 5 b, plusieurs systèmes hydrologiques se différencient par leur quantité de chaleur

- une nappe d'eau chaude ($T > 30^{\circ}\text{C}$) qui s'étale à l'ouest des Marquises en provenance de la région équatoriale et qui est bordée à sa frange sud par un front thermique modéré ($1^{\circ}\text{C}/100\text{ km}$).

- une deuxième poche d'eau chaude ($T > 29^{\circ}\text{C}$) située au nord-est des Tuamotu et qui résulte essentiellement d'une insolation fortement excédentaire puisqu'elle coïncide avec la zone la plus chaude de Polynésie.

- une langue d'eau plus froide ($T < 27^{\circ}\text{C}$) venant du nord-est tend à se glisser entre ces deux couches chaudes au sud des Marquises; cette eau est donc issue de la grande dérive équatoriale qui transporte vers l'ouest les eaux froides initialement emmenées en zone tropicale par le courant du Pérou. Ces eaux ont une température d'autant plus basse que l'upwelling équatorial est puissant, donc que les vents alizés sont forts.

- au sud de 20° sud le tracé des isothermes tend à devenir zonal ce qui indique que la quantité de chaleur de la couche superficielle diminue rapidement avec le gain en latitude. Dans cette zone l'amplitude de l'écart thermique saisonnier augmente et en début d'hiver apparaissent de puissants fronts thermiques associés au déplacement vers le nord de la convergence subtropicale.



MOYENNE ANNUELLE DE 1979. CARTE 5c.
 BILAN ÉVAPOTRANSPIRATION - PRÉCIPITATIONS (ETP-P en mm.)

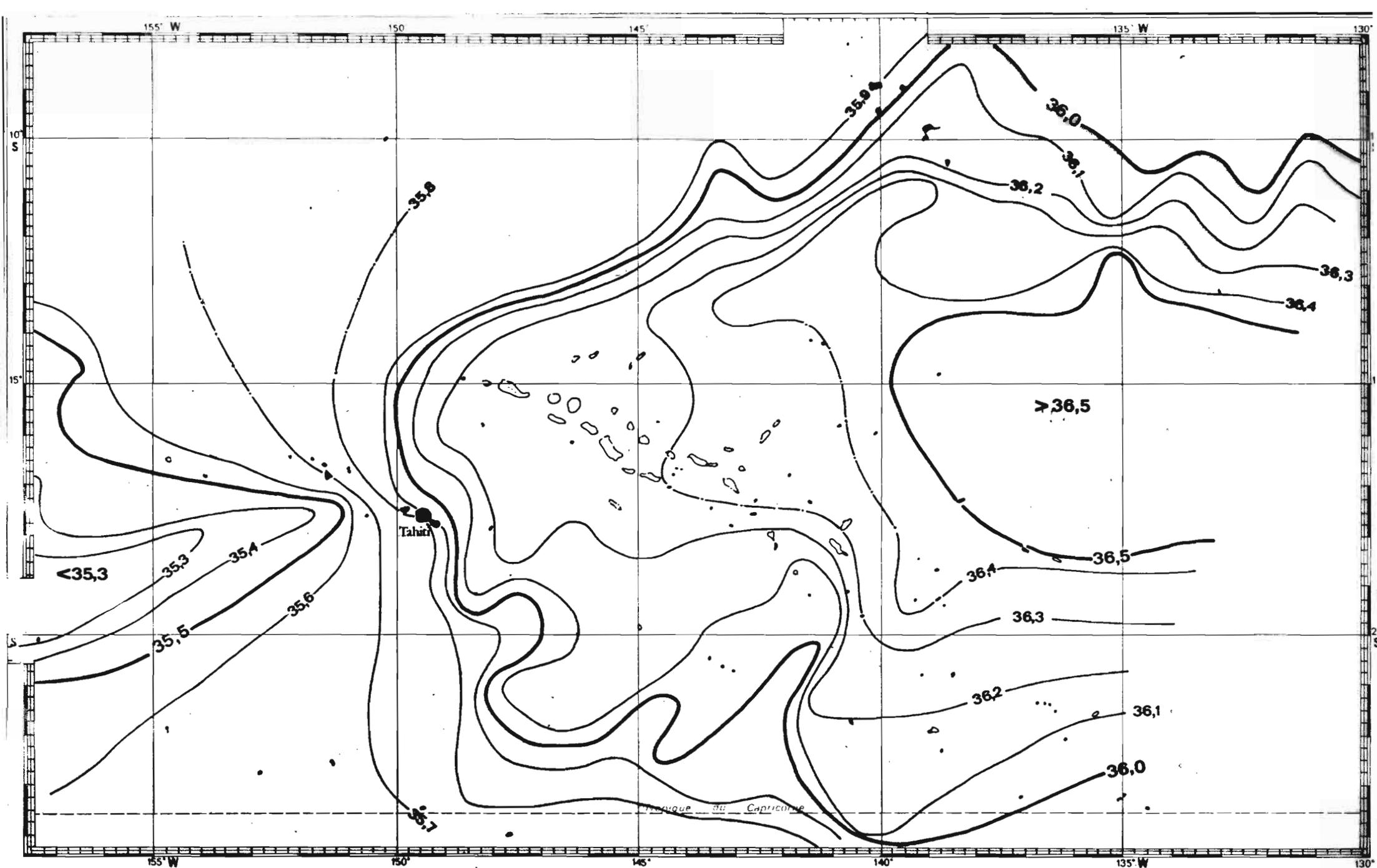
BILAN EVAPORATION - PRECIPITATIONS (E.T.P. -P.) - carte 5c -

Le tracé de la ligne d'écart zéro indique que la Polynésie peut être séparée en 2 zones bien distinctes.

- une zone qui englobe les Marquises, les Tuamotu centrales et orientales et qui tangente les Gambier, et où l'évaporation nette est supérieure aux chutes de pluie.

- une zone où l'apport d'eau douce sur la mer est prépondérant (E.T.P. -P.négatif) et qui s'étend à l'ouest du méridien 146° ouest et au sud du tropique. C'est à RAPA que l'excès d'eau est le plus important puisqu'il atteint 1.369 mm/an. Dans la zone purement tropicale l'atoll de MOPELIA reçoit également un énorme excès d'eau évalué à 957 mm/an, soit le double du chiffre des îles hautes de BORA-BORA et TAHITI. La zone marine des îles de la Société et de leur bordure occidentale reçoit donc globalement plus de précipitations qu'elle ne perd d'eau par évaporation, d'où un effet de dilution et d'affaiblissement de la salinité de la couche océanique superficielle.

Dans les Tuamotu du nord, les 2 atolls de RANGIROA et de TAKAROA, situés dans la même bande de latitude et seulement distants de 250 Km, ont deux régimes parfaitement opposés, l'excès de précipitations sur le premier étant égalé par le déficit en eau du second. Il faudra sans doute faire appel à des considérations météorologiques plus fines et plus complètes pour expliquer la présence d'une pareille discontinuité hydroclimatique dans une zone où l'influence des terres est quasiment nulle. Les autres atolls des Tuamotu du centre et de l'est subissent une évaporation nette positive, essentiellement due au niveau d'insolation très élevé et à la quasi-permanence des vents alizés. L'atoll de PUKA-PUKA, isolé dans le nord-est des Tuamotu a le déficit en eau le plus élevé (822 mm) et se trouve donc au coeur d'une zone de forte sécheresse dont les limites géographiques orientales ne sont toutefois pas connues. Le bilan E.T.P.-P. est également positif aux Marquises, les précipitations ayant été en 1979 inférieures à la normale.



MOYENNE ANNUELLE 1979. CARTE 5 d.
SALINITE DE LA SURFACE DE LA MER. (‰)

SALINITE DE LA SURFACE DE LA MER - carte 5d

La carte de la distribution moyenne annuelle de la salinité, établie à partir de la moyenne calculée par degré carré, révèle la présence, en Polynésie de 2 types d'eau bien distincts.

- une eau dont la salinité dépasse 36,5‰ dans une poche située au nord-est des Tuamotu dans la bande de latitude 13-19° sud et qui coïncide donc avec la zone d'évaporation maximale. Cette eau, qui se forme en surface, là où le bilan ETP-P est le plus fortement positif, est appelée Eau Subtropicale Sud et sa salinité peut atteindre 36,7‰, ce qui en fait l'eau la plus salée du Pacifique. Dans sa dérive vers l'ouest, sous la dépendance des vents alizés qui selon la saison soufflent d'une direction comprise entre le nord-est (été austral) et le sud-est (hiver austral), cette eau est progressivement recouverte par des eaux moins salées, donc plus légères, et sa profondeur augmente : le coeur du noyau salé à 36,5‰ se trouve à 100 mètres de profondeur, vers 14° sud à la longitude de Tahiti ; à 170° est le noyau a une salinité maximale de 36,1‰ et sa profondeur atteint 180-200 mètres dans la bande de latitude 10-5° sud.

- une eau de faible salinité ($S < 35,5‰$) présente à l'ouest de 150° ouest et bien caractérisée par la forme triangulaire du contour des iso-halines 35,3‰ à 35,6‰ dont la pointe est proche de l'île de Tahiti. Cette forme particulière des isohalines suggère une tendance à un déplacement vers l'est de cette eau dessalée, qui serait ainsi associée à un contre courant, les vents dominants venant de l'est et entretenant un mouvement global des eaux vers l'ouest (Courant Equatorial Sud). L'état actuel de la connaissance de la dynamique et de l'hydrologie du Pacifique tropical occidental et central permet de supposer que ce flux dessalé représente la pointe terminale du Contre Courant Equatorial Sud, issu de la mer des Salomon et coulant vers l'est-sud-est jusqu'en Polynésie. Ce schéma basé exclusivement sur un processus d'advection zonal doit toutefois être complété par l'examen de l'équilibre évapotranspiration potentielle/précipitations de cette zone, dont on a vu qu'il était très largement excédentaire en pluie.

La couche superficielle dessalée qui s'étend des îles Cook à Tahiti peut ainsi conserver sa faible charge en sel et selon la saison se déplacer vers l'est (1er trimestre) ou au contraire occuper une surface plus réduite tout en se rechargeant en sel (3ème trimestre).

Cette représentation globale de la situation haline de l'année 1979 permet de bien rendre compte des importantes variations de salinité enregistrées à la station côtière de Tahiti, située au coeur de la zone frontale : pendant les cinq premiers mois de l'année, la salinité oscille entre 35,3 et 35,6‰, les eaux du Contre Courant Equatorial Sud mélangées à des eaux peu salées formées en zone tempérée, ont donc atteint Tahiti ; à partir de juin, une brutale augmentation de la salinité révèle l'influence prépondérante du Courant Equatorial Sud, dont la vitesse se renforce avec celle des alizés, et dont les eaux tendent à conserver leur forte salinité puisque l'évaporation enregistrée pendant le 3ème trimestre est nettement prépondérante. L'influence de ce système oriental culmine en septembre-octobre, quand la salinité atteint 36,2‰, et régresse rapidement à partir de novembre, partie à cause de la rotation des alizés, partie à cause des très fortes précipitations locales ; en décembre, la salinité des eaux côtières superficielles autour de Tahiti est à nouveau inférieure à 35,5‰, l'halocline frontale étant repoussée à l'est de 145° ouest.

IV. 2 - Eléments de synthèse

La salinité des eaux superficielles de la zone marine polynésienne dépend donc de l'état d'équilibre atteint par un double processus. :

- un processus advectif illustré par l'oscillation zonale d'un front halin méridien délimitant la frontière entre l'Eau Subtropicale Sud très salée formée dans la Polynésie orientale et l'eau peu salée de la partie terminale du Contre Courant Equatorial Sud qui disparaît entre les îles Cook et les Iles-sous-le-Vent.

- un processus local d'interaction océan-atmosphère qui s'exprime par le signe du bilan évaporation-précipitations, bilan dont les variations spatio-temporelles se sont révélées importantes et significativement différentes entre l'est et l'ouest de la Polynésie.

Le premier processus est directement couplé au régime des courants océaniques géostrophiques et au champ de vent sur la mer, donc à la situation isobarique sur l'ensemble de la zone du Pacifique Tropical Central ; le second intègre tous les paramètres météorologiques locaux et en reflète l'évolution saisonnière. Il en résulte un état particulier de la situation thermohaline moyenne : les fronts thermiques, très actifs au sud de Tahiti aux changements de saison, se développent de façon surtout zonale selon les parallèles géographiques (Convergence Subtropicale) ; le front halin principal est en revanche présent de part et d'autre de Tahiti entre les méridiens 154° W et 148° W et se prolonge dans le plan méridien par une halocline secondaire aux frontières sud et nord du flux dessalé occidental (Contre Courant Equatorial Sud) et de l'Eau Subtropicale Sud.

BIBLIOGRAPHIE

- DONGUY (J.R.), 1976. - La collaboration des navires de la Compagnie avec L'O.R.S.T.O.M. conduit à une meilleure connaissance du Pacifique et de l'Océan indien. Courrier de la Compagnie Générale Maritime, n° 7, 31, 34.
- DONGUY (J.R.), HENIN (C.), 1978. - Hydroclimatic anomalies in the South Pacific Oceanologica Acta, Vol. 1, n° 1, 25-30.
- DONGUY (J.R.) et HENIN(C.), 1978. - La salinité de surface dans l'Océan Pacifique tropical sud ouest; Cahier ORSTOM, série Océanographie, vol. XVI, n° 2, p. 107-136.

REMERCIEMENTS

Nous sommes redevables au Service de la Météorologie de la Direction du Service de l'Aviation Civile en Polynésie Française de l'utilisation des données publiées dans le "Résumé mensuel du temps" et dans le "Résumé annuel des observations de surface". Des éléments complémentaires nous ont été également fournis par Monsieur Jean PASTUREL qui nous a par ailleurs explicité les notions d'évaporation et d'évapotranspiration potentielle.

Nos remerciements vont également aux équipages et officiers des navires marchands et militaires qui acceptent bénévolement de recueillir en routine les données de température et les échantillons d'eau de mer.

Nous sommes par ailleurs reconnaissants de l'aide précieuse apportée par le Service Mixte de Contrôle Biologique qui a assuré le bon fonctionnement des stations côtières des TUAMOTU de l'est et par le Laboratoire d'Etude et Surveillance de l'Environnement pour son soutien logistique à Tahiti.

Enfin, ce travail n'aurait pu être mené à bien sans le dévouement quotidien de Monsieur Ahsoy ASINE qui assure le relevé de la station côtière de Tahiti et la manutention des caisses d'échantillons d'eau de mer entre les bateaux et le laboratoire d'analyse, où il effectue une part importante des mesures de salinité.
