

Océanographie

Notes et documents n° 18

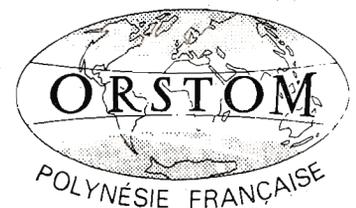
1982

CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES  
DE LA ZONE MARINE POLYNÉSIE  
PENDANT L'ANNÉE 1981.

F. ROUGERIE  
L. MAREC  
E.P. PICARD

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ET TECHNIQUE OUTRE-MER



Notes et Documents  
N°18

Océanographie

ORSTOM  
TAHITI  
1982

P O L Y N E S I E   F R A N C A I S E

---

O.R.S.T.O.M.

CARACTÉRISTIQUES HYDROCLIMATIQUES DE  
LA ZONE MARINE POLYNÉSIENNE  
PENDANT L'ANNÉE 1981

---

Francis ROUGERIE

Louis MAREC

Edmond-Pierre PICARD

Océanographes de l'O.R.S.T.O.M.  
Centre ORSTOM de TAHITI, B.P. 529 - PAPEETE -

## S O M M A I R E

-----

	<u>Pages</u>
<u>I - ORIGINE DES DONNEES, RESEAU ET METHODOLOGIE</u>	
I. 1. Paramètres météorologiques	1
I. 2. Paramètres océanographiques	3
I. 3. Réseau	5
<u>II - STATIONS COTIERES DE TAHITI DE MURUROA ET DE REAO -</u>	
II.1 Recueil des données	6
a) Station de TAHITI	7
b) Station de MURUROA et de REAO	7
II.2 Moyennes décadaires et mensuelles	
a) Températures	9
b) Bilan Evaporation vraie et salinité	11
c) Discussion	17
<u>III - ANALYSE HYDROCLIMATIQUE TRIMESTRIELLE</u>	
III.1 1er trimestre 1981	23
III.2 2ème trimestre 1981	32
III.3 3ème trimestre 1981	41
III.4 4ème trimestre 1981	50
<u>IV - SITUATION MOYENNE ANNUELLE</u>	
IV.1 Moyennes annuelles	59
IV.2 Eléments de synthèse	67

BIBLIOGRAPHIE

REMERCIEMENTS

## RESUME

L'utilisation des données météorologiques recueillies en Polynésie Française et aux îles Cook jointes aux données hydrologiques de surface recueillies par les navires océanographiques, marchands et militaires sillonnant le Pacifique Central sud, permet d'effectuer la synthèse annuelle des caractéristiques hydroclimatiques d'une zone marine de neuf millions de km<sup>2</sup>.

Les relevés quotidiens effectués aux stations côtières de Tahiti Mururoa et Reao fournissent en outre une estimation précise des fluctuations à court terme des principaux paramètres hydro-météorologiques. L'étude de l'évolution du bilan évapotranspiration potentielle - précipitation ( $ETP - P = Ev$ ) et de la salinité permet en particulier de quantifier, dans les variations de celle-ci, la part due à l'advection zonale et celle due au seul bilan hydrique local, fonction du signe de l'évaporation vraie  $Ev$ .

La description des situations trimestrielles successives pour 1981 des paramètres hydroclimatiques fondamentaux met en évidence, par rapport à l'année 1980, une poussée du système dépressionnaire polaire sud en direction des Australes, et une rotation concomitante vers le nord du couloir convectif des alizés. Le champ thermique océanique global se trouve en déficit de 0,5°C par rapport à celui de 1980, ce phénomène étant aggravé dans le nord-est des Marquises par un renforcement de l'upwelling équatorial pendant le 1er trimestre.

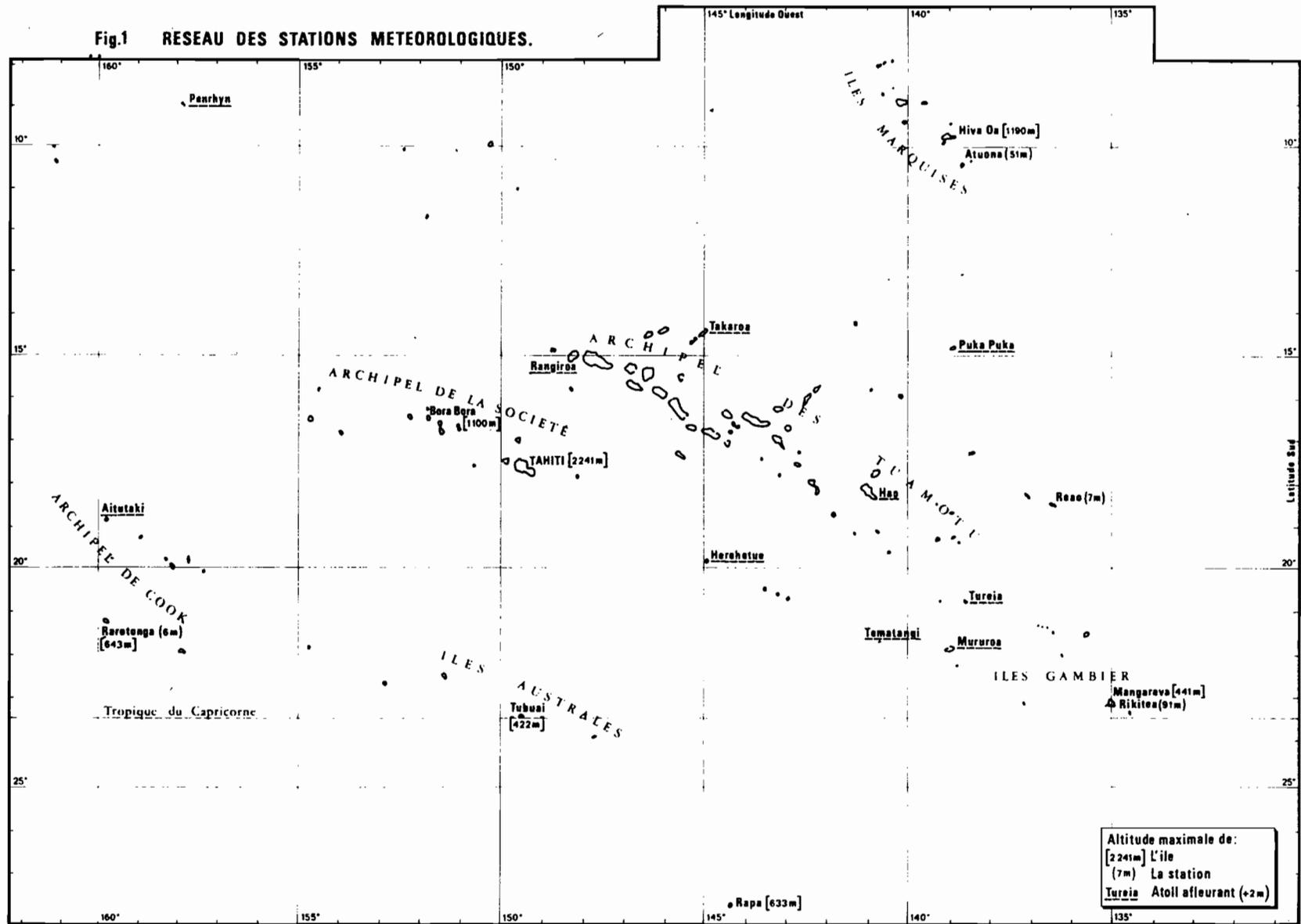
## ABSTRACT :

Météorological data of French Polynesia and Cook Islands pooled with the oceanographical surface data collected by research, merchant and military ships in the Central South Pacific make it possible to carry out an annual synthesis of hydroclimatic features in a maritime area of nine million square kilometers.

In addition daily measurements at Tahiti, Mururoa and Reao coastal stations give a good estimate of short-term fluctuations for the main hydro-meteorological parameters. In particular the study of the development of both the true Evaporation  $Ev$  ( $Ev = ETP - P$ , Potential Evapotranspiration minus rainfall) and the salinity makes possible to quantify in the variations of the latter the share allotted to zonal advection and that to local hydric balance.

The description of quarterly situations for 1981 of main hydroclimatic parameters, by comparison with 1980, evidences a northward push (towards Austral Islands) of the polar depressions system and a related northward rotation of the South Pacific Convergence Zone of the trades. The thermal oceanic field is 0,5° C lower than in 1980, this cooling being increased in the north-east of Marquisian area by a strengthening of equatorial upwelling in the first quarter

Fig.1 RESEAU DES STATIONS METEOROLOGIQUES.



CARACTERISTIQUES HYDROCLIMATIQUES DE LA  
ZONE MARINE POLYNESIENNE

-----  
- ANNEE 1981 -

I - ORIGINE DES DONNES, RESEAU ET METHODOLOGIE

1.1. Paramètres météorologiques :

Les données météorologiques utilisées proviennent essentiellement du Service de la Météorologie, Direction du Service de l'Aviation Civile en Polynésie Française. <sup>(1)</sup> Ce service publie un "Résumé mensuel du temps" qui contient les relevés principaux (température de l'air, précipitations, insolation, évaporation, évapotranspiration potentielle, situation isobarique) des 15 stations météorologiques principales (Figure 1). Ces informations sont répertoriées annuellement dans le "Résumé des observations en surface" qui contient également les données relatives au vent. Nous avons également utilisé les données climatiques concernant l'archipel des COOK (RAROTONGA, AITUTAKI et PENRHYN) et recueillies par le Service Météorologique de Nouvelle-Zélande. <sup>(2)</sup>

Toutes ces stations sont situées au niveau de la mer sauf ATUONA (Marquises) à 51 m et RIKITEA (Gambier) à 91 m ; les stations de RAROTONGA (Cook) et de l'atoll de REAO sont à + 6 m. La figure 1 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 marines. En revanche, les stations des îles hautes au nombre de 7, 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

---

(1) - B.P. 6005 - Aéroport de FAAA - TAHITI - Polynésie Française

(2) - N.Z. - Météorological Service. RAROTONGA AIRPORT - COOK ISLANDS.

climatique de la Polynésie où seule, la station météorologique de l'île de RAPA (144 W, 27° 36 S) se trouve en dehors de la zone tropicale.

Le réseau météorologique des stations principales a subi en 1981 2 modifications importantes : ouverture d'une station à TEMATANGI, atoll situé à 200 km dans l'ouest de MURUROA, et fermeture pour raisons de vétusté, de la station de MOPELIA, dont les enregistrements sur l'ouest polynésien étaient pourtant des plus précieuses.

- Température : Les valeurs des températures de l'air 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). On a appliqué aux températures d'ATUONA (Marquises) et de RIKITEA (Gambier), une correction positive de + 0,5° C et de + 0,9° C pour compenser le gradient vertical de température de - 1°C/100 mètres.

- Evapotranspiration potentielle : La valeur de l'évapotranspiration potentielle (ETP) a été préférée à celle de l'évapotranspiration "Piche", car elle indique de façon beaucoup plus juste l'amplitude du phénomène. L'ETP n'est pas, en Polynésie, mesurée directement avec un évapotranspiromètre (sauf à la station de FAANA 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'ETP 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 :  $ETP - P = Ev$

On postule que sur une zone marine aussi vaste que la Polynésie, soit près de 9 millions de km<sup>2</sup> dans le quadrant 170°W - 130°W, 5°S - 30° Sud, où les terres émergées représentent seulement 1/3.000ème de la surface totale, l'expression ETP-P devrait, sur le long terme, révéler dans quel sens s'opère l'échange

---

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

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  $ETP-P = E_v = 0$  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 ( $E_v$  négatif) des zones où un déficit en eau révèle une prépondérance des processus d'évaporation ( $E_v$  positif).

## 1.2. Paramètres océanographiques :

### Cartes trimestrielles :

a) Température : La température de la surface de la mer exprime en fait une température mesurée au sein des 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 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 degré Celsius.

### Données synoptiques mensuelles :

Elles sont extraites du périodique "Oceanographic Monthly Summary" publié aux U.S.A. par la "National Oceanographic and Atmospheric Administration" (N.O.A.A.). La température de surface océanique  $y$  est moyennée à l'échelle du mois à partir d'une analyse biquotidienne rassemblant les données océanographiques (navires océanographiques, bouées, bathythermographes) et de télédétection (satellites). Le tracé des isothermes est effectué à partir d'une maille de  $2^\circ$  en latitude/longitude.

Chaque carte mensuelle est accompagnée par une carte donnant l'anomalie thermique spatiale par rapport à la moyenne climatologique du mois considéré. Les zones foncées sont en anomalie thermique négative (de 0,5 en  $0,5^\circ\text{C}$ ).

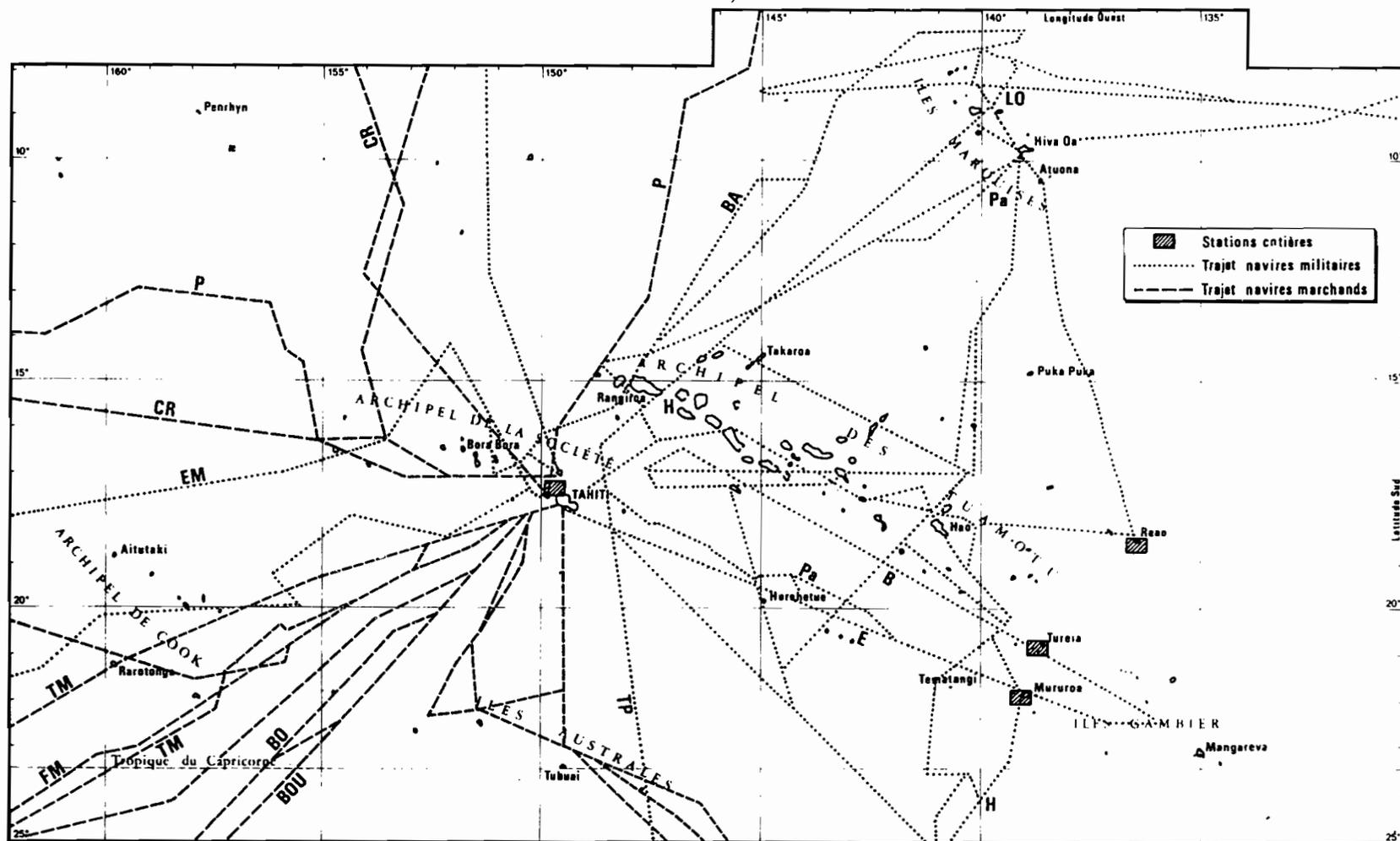


Fig.2 - RÉSEAU DE COLLECTES DE DONNÉES HYDROLOGIQUES DE SURFACE EN 1981.

b) 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 aux laboratoires ORSTOM de PAPEETE ou NOUMEA à l'aide de salinomètres à induction AUTOLAB, la précision finale pouvant être estimée à  $\pm 0,01$  ‰.

Les cartes trimestrielles intégrant des situations instantanées en constant réarrangement et imparfaitement décrites par notre réseau de mesures, les positions des isohalines et des isothermes sont seulement caractéristiques d'états d'équilibres moyens.

### 1.3. 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 des Océans Atlantique et 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 de la décade 1970. De nombreuses publications (DONGUY, 1976) font d'ores et déjà état des remarquables résultats obtenus par ce type de collecte de données. La 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 la plupart des navires touchant régulièrement Tahiti, et en maintenant des stations côtières où salinité et température sont relevées quotidiennement.

Contrairement au réseau des stations météorologiques et aux 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 1981, les principales caractéristiques de ce réseau (Fig. 2) ont été :

- Stations côtières : TAHITI, côte ouest, (ORSTOM), REAO, TUREIA, MURUROA, (S.M.C.B.). Mesures quotidiennes de la température et échantillonnage pour la salinité : 2.600 données.

- Données occasionnelles. Par : Le Laboratoire d'Etude et de Surveillance de l'Environnement, le Museum National d'Histoire Naturelle, le Service de la Pêche.

- Navires marchands (les abréviations des noms des navires apparaissent sur la Figure 2). BOUNTY II (Bo.), BOUNTY III (Bou), Cielo di ROMA (C.R.), Esso Montreal (E.M.), FETU MOANA (F.M.) Polynesia (P.), Tiare MOANA (T.M.), TUHAA PAE II (T.P.).

- Navires militaires : BALNY (Ba), Cdt BORY (B.), Estafette (E), HENRY (A), LORIENTAISE (L.), PAPENOO (Pa.), Protet (Pr.).

- Navires océanographiques : B.C.B. MARARA (M.), TAI-NUI (T.N.) CORIOLIS (C.).

Prélèvements dont l'intervalle peut varier de 50 à 150 km. Nombre de données fournies dans la Z.E.E. par ces bâtiments en 1981: environ 3000.

## II/ - STATIONS CÔTIÈRES DE TAHITI ET DE MURUROA

### 2.1. Recueil des données :

Le relevé quotidien des données météorologiques et hydrologiques à TAHITI et MURUROA, stations distantes de 1.300 km permet de représenter à l'échelle de la décade et du mois les fluctuations respectives des 4 paramètres hydroclimatiques fondamentaux, température de l'air et de l'océan, bilan évapotranspiration potentielle - précipitations, salinité océanique.

a) Station de TAHITI : (G = 149°37' ouest, l = 17°33'). Les données météorologiques utilisées sont celles de la station de Tahiti - FAAA qui est implantée à proximité du récif barrière du lagon ouest de l'île, le long de l'aérodrome. Cette station est en outre équipée d'un bac évaporateur de type A fournissant l'évaporation réelle, valeur qui s'est révélée toujours très proche de l'évapotranspiration potentielle calculée.

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 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 2,5 mètres par an, chiffre toujours très proche de celui enregistré sur l'atoll de Tetiaroa situé à 50 km dans le nord de Tahiti. On peut donc considérer que ces données sont bien représentatives de l'hydroclimat au niveau de la surface de la mer à la latitude des îles de la Société, seul le champ de vent était notablement perturbé par le relief élevé de l'île (2.240 m).

b) Station de MURUROA : (G = 138°48' ouest, l = 21°49' sud) (Tuamotu du sud). La station météorologique est implantée à proximité de l'aérodrome sur la couronne est de l'atoll qui bénéficie, comme les 15 autres stations principales de Polynésie, d'un relevé trihoraire quotidien des paramètres climatologiques.

Les relevés hydrologiques quotidiens sont réalisés par des agents du Service Mixte de Contrôle Biologique (S.M.C.B.) à la fois dans le lagon et du côté océanique, seules ces dernières valeurs étant utilisées pour cette étude.

c) La station de REAO (136°30 W, 18°30 S) bénéficie des mêmes relevés météorologiques et hydrologiques.

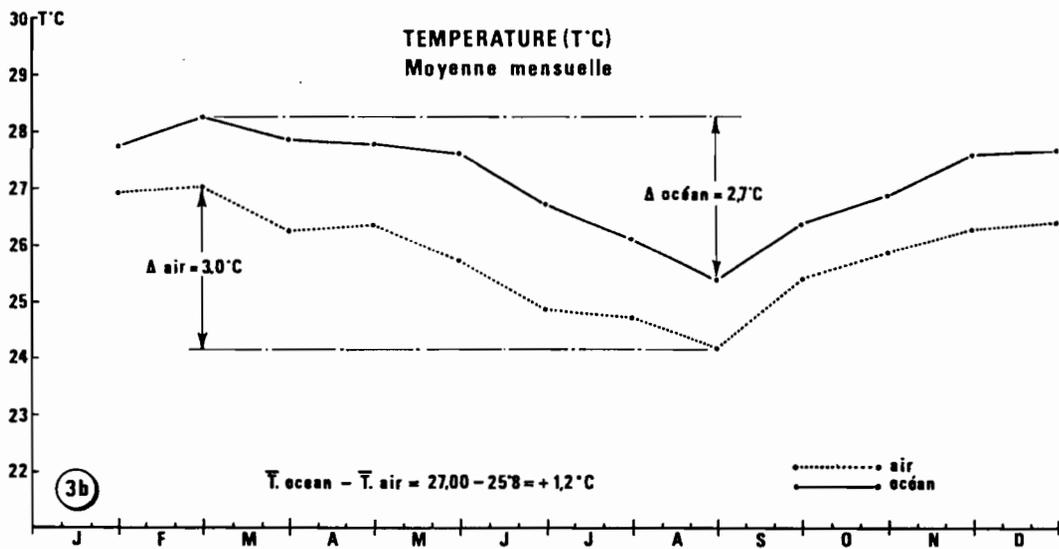
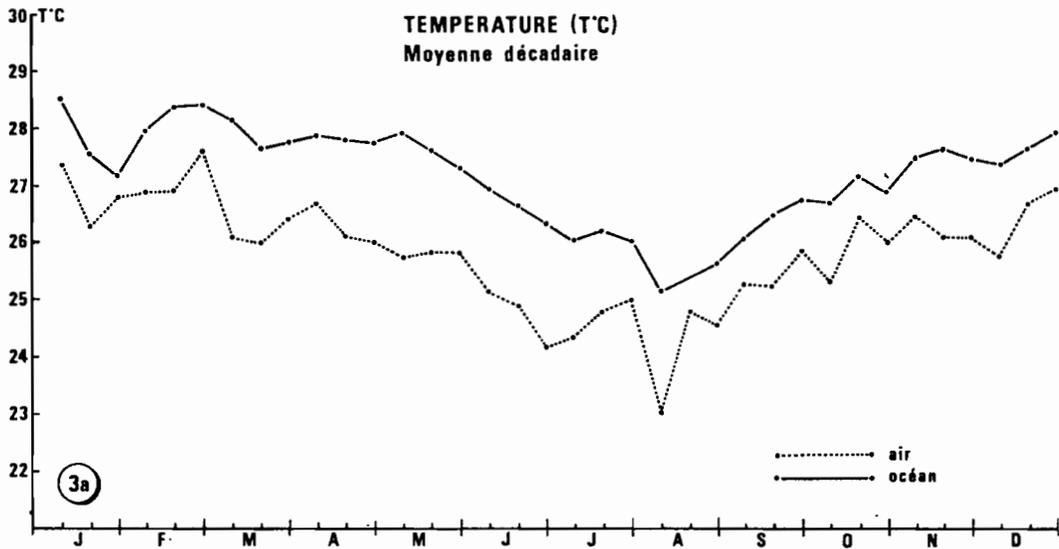


Fig. 3a-3b - STATION CÔTIÈRE DE TAHITI. lat. 17°33'S. - long. 149°37'W.

## 2.2. Moyennes décennales et mensuelles :

### a) Températures :

Le tracé des moyennes décennales de la température de l'air et de l'océan permet d'évaluer la différence d'inertie des deux systèmes. A Tahiti (Fig. 3a), les variations thermiques de la couche de surface océanique peuvent atteindre, au cours d'une décennie,  $0,8^{\circ}\text{C}$  aussi bien dans le sens d'un réchauffement (1ère décennie de Janvier), que d'un refroidissement (1ère décennie de Juillet). Les fluctuations thermiques de l'air sont généralement synchrones de celles de l'océan, mais ont une amplitude qui peut atteindre le double. Le tracé des courbes mensuelles (Fig. 3b) permet de quantifier l'écart thermique été-hiver : en 1981, cet écart est de  $2,7^{\circ}\text{C}$  pour l'océan et de  $3,0^{\circ}\text{C}$  pour l'air, chiffres respectivement supérieurs de  $0,4^{\circ}\text{C}$  et de  $0,3^{\circ}\text{C}$  à ceux de l'année 1980. Cette relative augmentation de la valeur de l'ondulation thermique annuelle est essentiellement due à un refroidissement hivernal plus intense consécutive à une forte intrusion d'air néo-polaire en Juillet : la température océanique a alors atteint pendant 15 jours sa valeur minimale de  $25,5^{\circ}\text{C}$ . Les maxima ont en revanche été modérés, la température océanique ne dépassant pas  $28^{\circ}\text{C}$  en Février contre  $29^{\circ}\text{C}$  aux mois de Mars 1980 et 1979. Il faut également noter, que contrairement aux années précédentes, les minima thermiques de l'air et de l'océan (Juillet) sont parfaitement en phase, les transferts caloriques océan-atmosphère étant manifestement favorisés par la diminution d'humidité de l'air ; l'humidité en Juillet était, dans l'archipel de la Société inférieure à 77 % pour une moyenne de l'ordre de 83 % pendant l'été précédant. A l'interface océan-atmosphère, l'écart thermique global entre les 2 systèmes est positif :  $\bar{T}_{\text{océan}} - \bar{T}_{\text{air}} = 27,0 - 25,8 = + 1,2^{\circ}\text{C}$ . A la latitude de Tahiti, l'océan cède donc de façon permanente des calories à la basse troposphère : toute condensation d'air est ainsi exclue et les brumes et brouillards sont inconnus aux îles de la Société.

- Aux abords de l'atoll de MURUROA, situé 11 degrés plus à l'est, mais seulement 4 degrés plus au sud, l'écart thermique océan - atmosphère est, pendant l'été austral, de signe inverse à ce qu'il est à Tahiti. L'atmosphère cède donc pendant quelques mois des calories à la couche superficielle océanique, ce qui permet à celle-ci d'atteindre une température maximale de l'ordre de  $26^{\circ}\text{C}$  au cours du premier trimestre 1981 (Fig. 4a et 4b). Pendant le reste

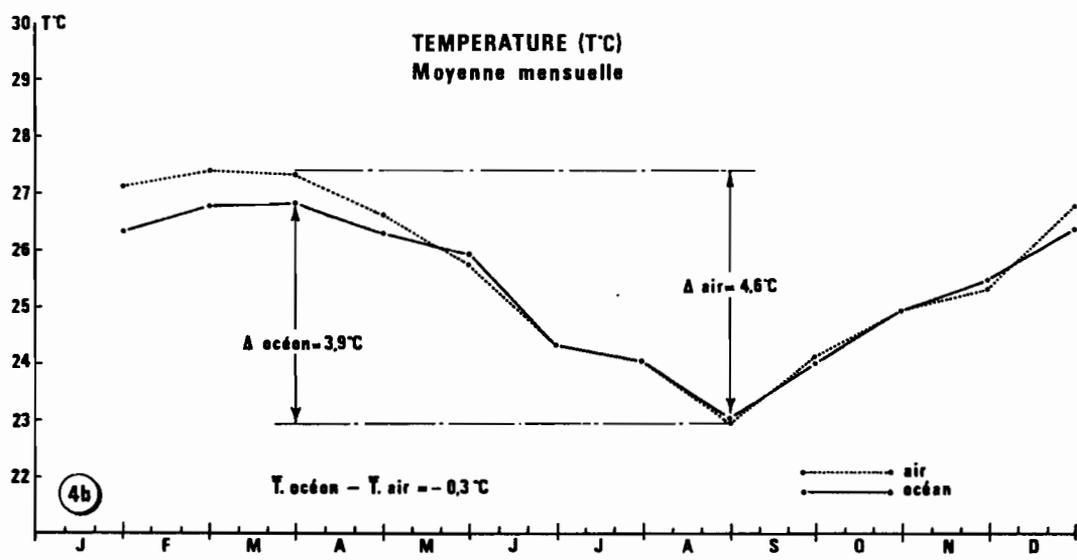
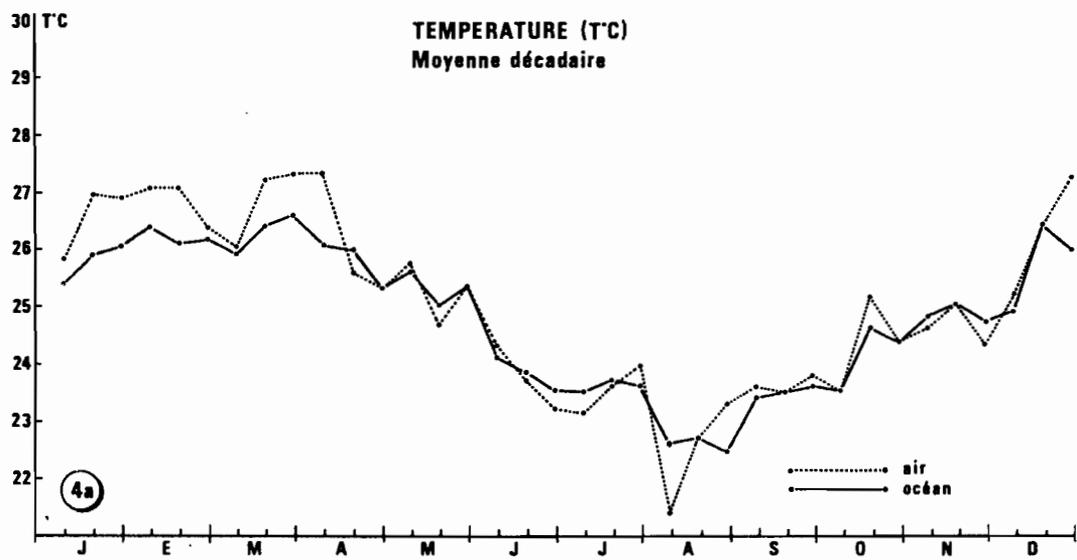


Fig. 4a-4b - STATION CÔTIÈRE DE MURUROA. lat. 21°49'S. - long. 138°48'W.

de l'année; les 2 systèmes sont en quasi-équilibres thermiques, le refroidissement maximal de l'air (Juillet) précédant d'un mois celui de la couche superficielle océanique (Août - Septembre).

En 1981, l'amplitude de l'ondulation thermique été-hiver dans les basses couches atmosphériques est de  $4,6^{\circ}\text{C}$ , soit une différence de  $-0,4^{\circ}\text{C}$  par rapport à 1980 ; la comparaison des 2 courbes indique que ce tassement est imputable à un moindre réchauffement estival, du essentiellement au passage (Janvier et Mars) de plusieurs systèmes dépressionnaires. Dans l'océan, l'écart saisonnier est de  $3,9^{\circ}\text{C}$ , chiffre très voisin de celui de l'année précédente. L'écart thermique global entre les 2 systèmes est négatif :  $\bar{T}_{\text{océan}} - \bar{T}_{\text{air}} : 24,7 - 25,0 = -0,3^{\circ}\text{C}$ . Ce bilan radiatif négatif indique que l'atoll de MURUROA, bien que situé à l'intérieur de la zone tropicale sud, subit l'influence du système tempéré puisque l'atmosphère cède des calories à l'océan. Le fait que ce résultat soit similaire à celui de l'année précédente, implique une certaine permanence dans l'advection océanique superficielle de la zone des TUAMOTU du sud-est : toute poussée vers le nord du système océanique tempéré tendrait en effet à aggraver le déséquilibre radiatif, alors qu'un déplacement vers le sud aurait l'effet contraire et pourrait inverser le signe du bilan thermique.

b) Bilan Evapotranspiration Potentielle - Précipitations (ETP-P = Ev)  
et salinité (S-10<sup>3</sup>)

A Tahiti; la valeur décadaire du terme ETP-P = Ev (Evaporation vraie) subit de brutales oscillations au cours du 1er trimestre 1981, trimestre qui est statistiquement le plus pluvieux de l'année. A ce titre, le chiffre des précipitations total de 1981 s'écarte significativement de la moyenne 1958-1981 (1692 mm) avec 2249 mm, soit un excédent de 33 % ; De plus, les précipitations cumulées du 1er trimestre, et qui concernent essentiellement Janvier et Mars, atteignent 1616 mm, soit pratiquement le chiffre de la moyenne annuelle, ce qui se traduit par un bilan hydrique très fortement négatif (fig. 5a).

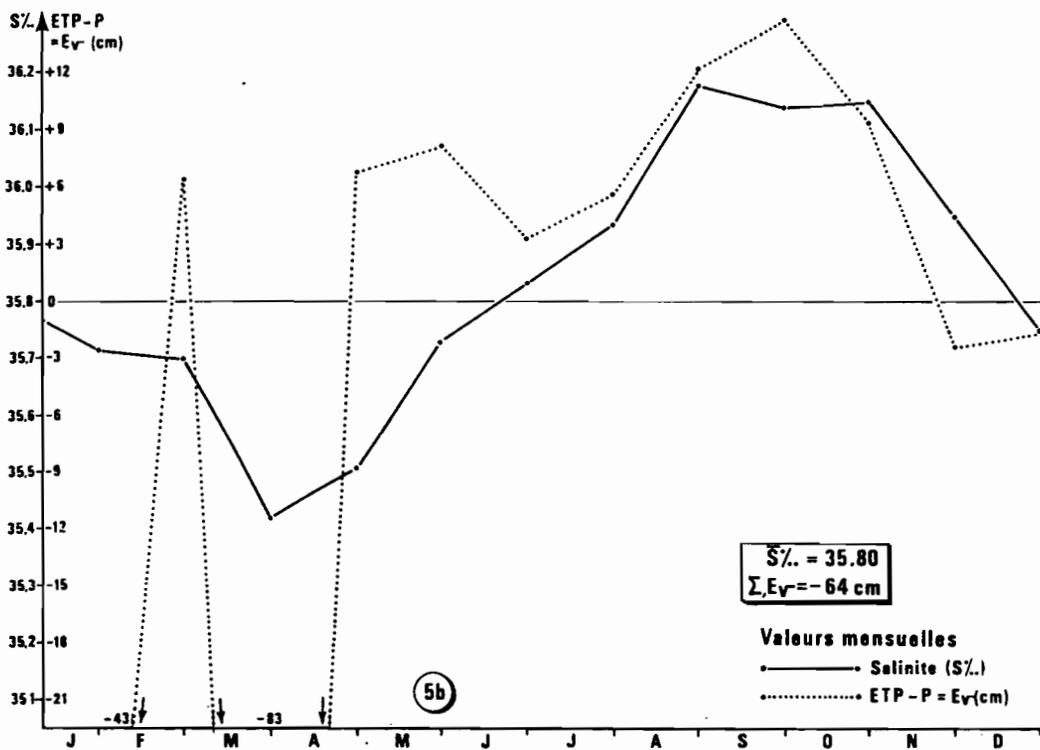
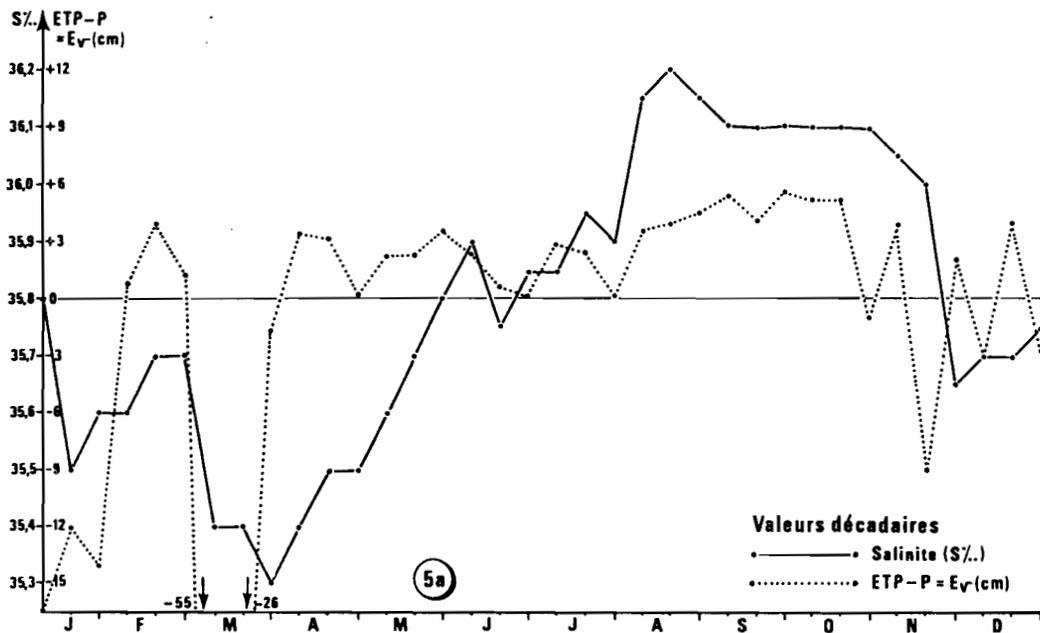


Fig. 5a - 5b: TAHITI - BILAN EVAPORATION VRAIE / SALINITÉ -

A partir d'Avril, les précipitations sont faibles ou presque nulles (Août et Septembre) et le bilan Ev est franchement positif jusqu'à la 2ème décade de Novembre où il redevient négatif, puis s'inverse plusieurs fois à la fin du 4ème trimestre. Comme en 1980, les fluctuations décadaires de la salinité de la couche océanique de surface paraissent assez étroitement liées à celles du bilan Ev, et principalement lorsque celui-ci bascule du côté négatif : la baisse de salinité peut alors atteindre  $0,3\text{‰}$  en une décade (1ère décade de Mars, 3ème décade de Novembre). En période d'évaporation prépondérante l'augmentation de salinité est de l'ordre de  $0,1\text{‰}/\text{décade}$ , sauf en Août où le gradient est significativement plus élevé (voir le paragraphe c, discussion). A l'échelle du mois (fig. 5b) les valeurs cumulées du terme Ev varient entre - 83 cm (Mars) à + 15 cm (Septembre), le bilan annuel s'établissant à - 64 cm : les précipitations l'ont donc globalement emporté sur l'évapotranspiration, et la province marine tahitienne a reçu un excédent d'eau de l'ordre de  $64\text{ cm}/\text{m}^2/\text{an}$ . Par comparaison, le bilan Ev de l'année, 1980 était de - 8 cm et donc beaucoup plus proche de l'équilibre. La courbe illustrant la variation annuelle de la salinité de surface révèle une remarquable symétrie par rapport à la valeur moyenne annuelle  $\bar{S} \text{‰} = 35,80$  : diminution de la salinité pendant le premier trimestre, augmentation progressive d'Avril en Août (de  $S \text{‰} 35,4$  à  $36,2$ ), stabilisation jusqu'en Octobre et rediminution en Novembre - Décembre. On peut donc séparer, comme pendant les 2 années précédentes, la saison chaude et pluvieuse (1er trimestre) où la couche océanique de surface est dessalée, d'une saison sèche et plus fraîche où les eaux de surface ont une salinité supérieure de  $0,4\text{‰}$  par rapport à la moyenne de l'année. Bien que les courbes de variation annuelle de la salinité (S) et de l'évaporation vraie (Ev) présentent des analogies, ces deux paramètres ne sont que faiblement corrélés, avec un coefficient de 0,47.

Aux abords de l'atoll de MURUROA, un traitement analogue des données fournit des résultats sensiblement différents (fig. 6a et 6b). On peut noter, en particulier, de fréquents changements de signes de la valeur décadaire de Ev, tout au long de l'année ; cela s'explique par une répartition temporelle assez régulière des précipitations, dont le montant global est d'ailleurs nettement inférieur à celui de Tahiti avec une moyenne sur 10 ans de 1326 mm et un total de 1545 mm en 1981 ; dans ce chiffre, le premier trimestre recueille

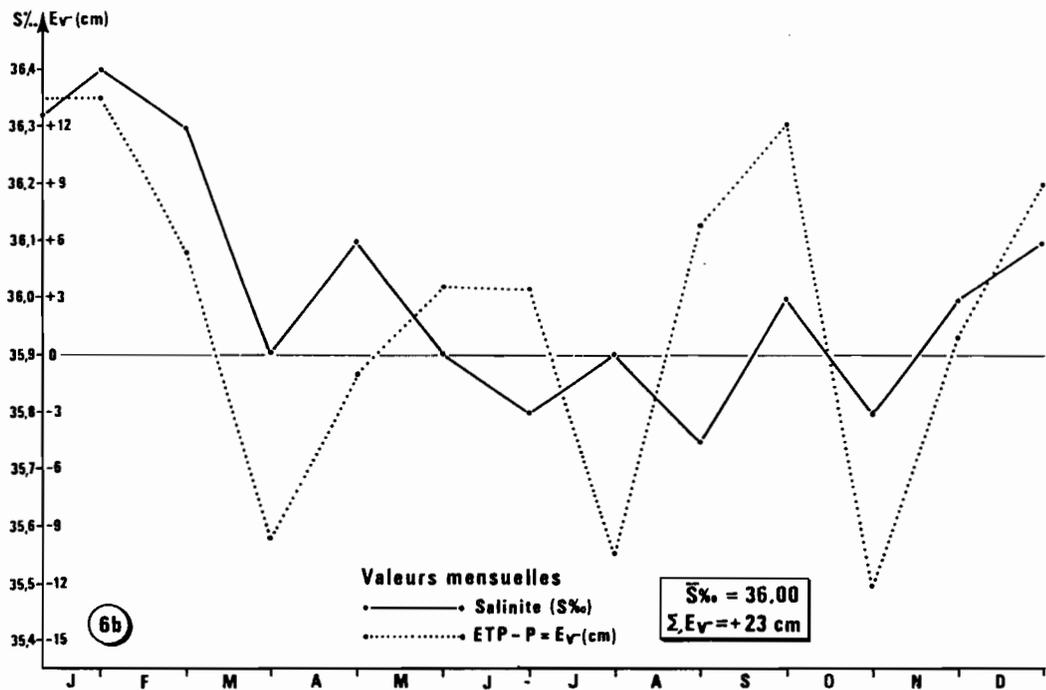
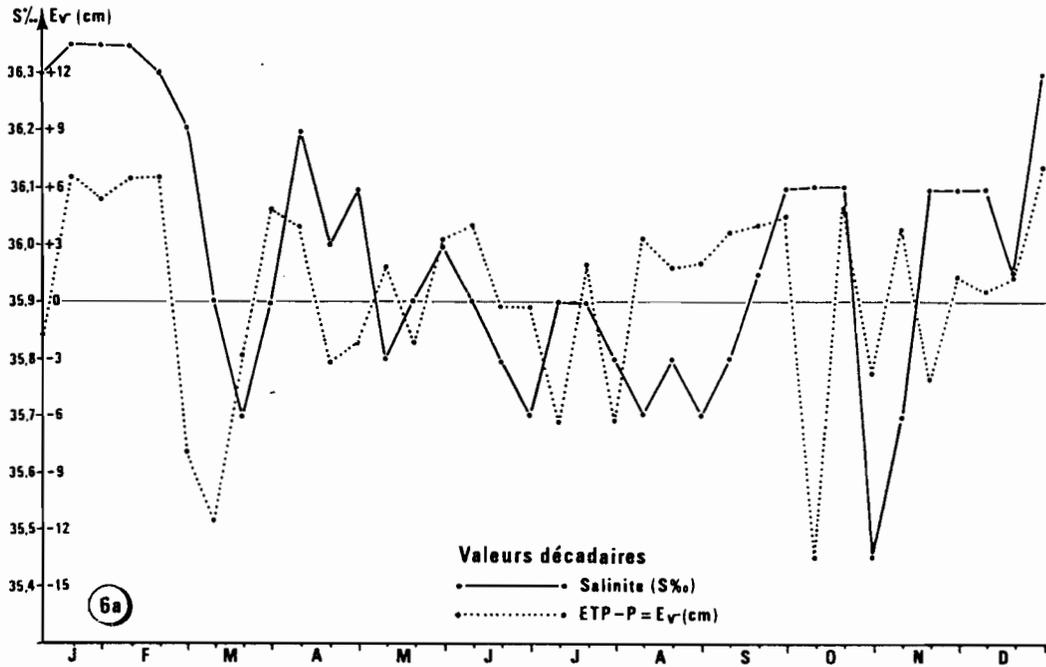


Fig. 6a - 6b: MURUROA - BILAN EVAPORATION VRAIE - SALINITÉ -

seulement le tiers des précipitations, le mois le plus pluvieux ayant été Octobre (275 mm). Les fluctuations halines, à l'échelle de la décade, sont également en "dents de scie", avec une amplitude atteignant souvent  $\pm 0,2\text{‰}$  ; à l'échelle du mois, les fluctuations maximales de salinité ont atteint  $0,4\text{‰}/\text{mois}$ , les extrêmes étant de  $36,40\text{‰}$  en Janvier et de  $35,65\text{‰}$  en Août ; la moyenne annuelle s'établit à  $\bar{S} \text{‰} = 36,00$ , chiffre peu différent de celui de l'année 1980.

A l'inverse de ce que l'on a décrit à Tahiti, la situation hydro-météorologique à MURUROA en 1981, est donc caractérisée par la présence au cours des 1er et 4ème trimestres d'une eau très salée, alors que de Mai à Octobre (hiver austral), la salinité est systématiquement plus basse et inférieure à  $35,8\text{‰}$ . La relation causale entre les fluctuations annuelles de la salinité et de l'évaporation vraie est encore plus faible qu'autour de Tahiti, le coefficient de corrélation étant de  $- 0,21$ .

Dans la zone de REAO, atoll des TUAMOTU du sud-est ( $18^{\circ}30\text{ S}$ ,  $136^{\circ}30\text{ W}$ )  
l'ondulation thermique annuelle des troposphères marines et atmosphériques est d'amplitude égale, et atteint  $3,3^{\circ}\text{C}/\text{an}$ . (fig. 7a). Les déséquilibres de quantité de chaleur entre les 2 systèmes sont minimales et l'interface océan / atmosphère joue le rôle d'un homéostat très efficace.

La variation de salinité (fig. 7b) au cours de l'année 1981 est faible et comprise entre  $36,37$  (Janvier) et  $36,75$  (Mai), cette forte charge en sel étant caractéristique de l'Eau Subtropicale Sud, dont la zone de formation ne se trouve qu'à quelques centaines de milles dans le Nord-Est de REAO. Les fluctuations de la valeur locale de l'évaporation vraie influencent de façon minimale l'évolution de la salinité, la corrélation entre les 2 paramètres étant de  $0,36$  ; le bilan hydrique est déficitaire, l'évaporation vraie atteignant  $15\text{ cm}$  dans l'année, ce qui confirme que l'atoll de REAO se trouve, au point de vue climatologique, dans la zone aride du Pacifique Central Sud. Il y a lieu de remarquer que l'année 1981 a été particulièrement "humide", les précipitations ayant atteint  $1630\text{ mm}$  pour une moyenne annuelle de  $1300\text{ mm}$  (période 1965-1981). L'insolation a été en revanche excédentaire de  $4\%$  par rapport à la moyenne.

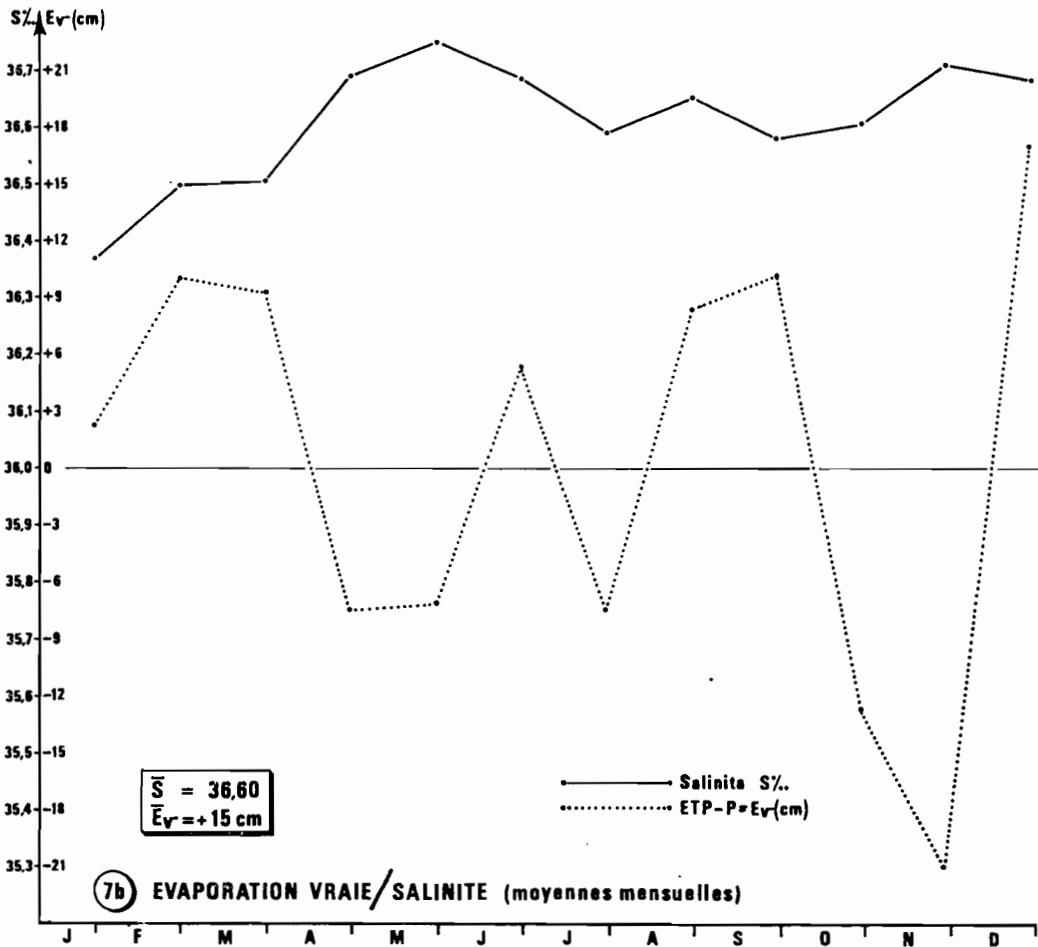
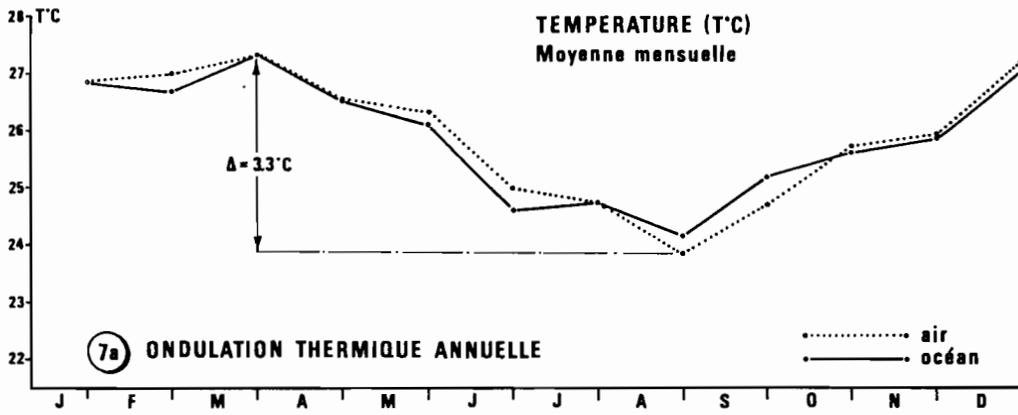


Fig. 7 - STATION CÔTIÈRE DE REAO. (18°30 S - 136°30 W)

c) Discussion et bilans :

La forte disparité entre l'évolution des situations hydrométéorologiques à TAHITI, MURUROA et REAO amène à s'interroger sur la nature des masses d'eaux qui baignent ces îles et sur l'évolution spatio-temporelle de leurs propriétés. Il faut tout d'abord rappeler que la couche de surface océanique est rarement immobile et qu'elle est animée de mouvements essentiellement tourbillonnaires, ainsi que l'ont montré les trajectoires de bouées du programme GARP-PEMG (1). Bien que souvent erratiques en représentation instantanée, ces mouvements permettent de tracer une résultante à moyen et long terme et donc à définir un sens d'écoulement privilégié de la couche superficielle. Toutefois, en Polynésie, comme dans l'ensemble du Pacifique sud, et malgré des investigations appropriées de navires de recherches comme le MARARA (2) ou le CORIOLIS (3)., le champ de courants superficiels est mal connu et le restera longtemps, tant sont nombreux et à grande échelle les facteurs hydroclimatiques et géostrophiques qui en conditionnent les différents états.

Toutefois, certaines caractéristiques physico-chimiques, et en premier lieu la salinité, permettent de "marquer" sans ambiguïté certaines masses d'eau. C'est ainsi que l'eau de salinité inférieure à  $S.10^3 = 35,5$  présente aux abords de Tahiti en été 1981, est partiellement d'origine équatoriale-occidentale et provient de la mer des Salomon. (DONGUY et al., 1967a). Cette eau est donc incluse dans un flux vers l'est/sud-est dont la vitesse se renforce en été avec la relaxation des vents alizés d'est. A partir de mai-juin, la reprise de ceux-ci entraîne un blocage de ce flux puis une renverse du courant de surface, qui porte alors à l'ouest, et favorise l'arrivée sur les îles de la Société d'une eau tropicale plus salée. Au cours du second semestre, la salinité moyenne des eaux est celle du Pacifique central tropical, avec des fluctuations liées aux variations locales du terme évaporation vraie Ev.

- 
- (1) Projet Marisonde - Bouées Météorologiques pour PEMG - Dossier 1 et 2. Ministère des transports - Direction de la Météorologie.
  - (2) cf. "Relevés océanographiques du BCB "MARARA" en 1979, 1980 et 1981 dans le sud Polynésien - ROUGERIE et al. Rapport CEA - R. 5155 - 1982.
  - (3) Missions "POLYDROTHON" et "PROSGERMON" dans le sud polynésien en Janvier et Février 1982.

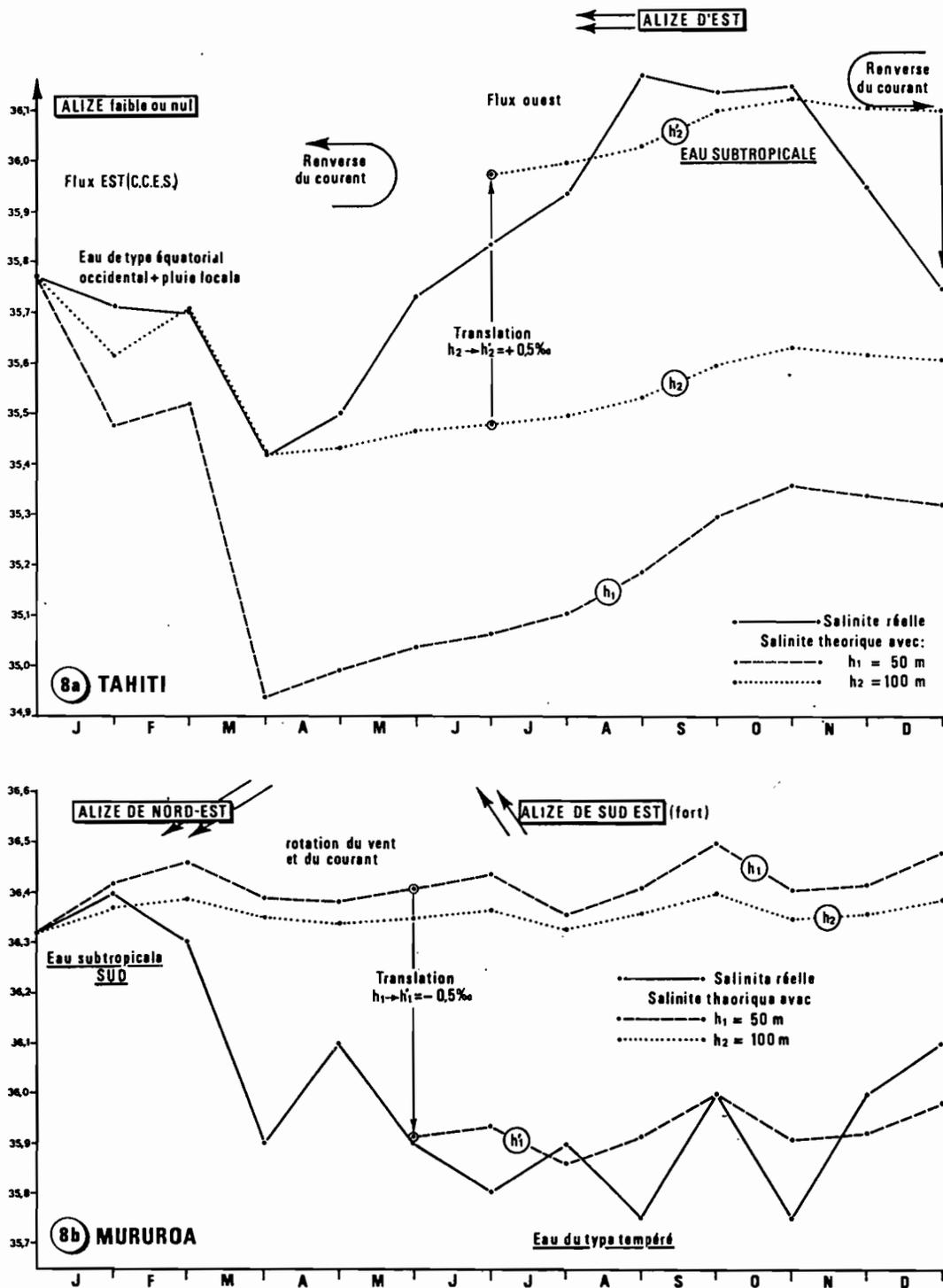


Fig. 8 - COMPARAISON SALINITE RÉELLE/SALINITE THÉORIQUE CALCULÉE À PARTIR DE L'ÉVAPORATION VRAIE EV.

Peut-on quantifier la part qui revient à chacun des deux mécanismes fondamentaux, évaporation vraie et advection, dans l'établissement de la salinité de la couche superficielle ?

On peut facilement calculer la salinité finale  $S_f$  d'une eau de salinité initiale  $S_i$  soumise à une évaporation vraie connue, à condition de déterminer l'épaisseur  $h$  de la couche océanique concernée.

$$\text{On a } S_f = \frac{S_i \cdot h}{h - Ev}$$

Le problème est donc de connaître la valeur de  $h$ . Or, on sait que dans le Pacifique tropical sud il n'y a généralement pas de pycnocline bien marquée, séparant de façon précise la couche superficielle des eaux subsuperficielles et intermédiaire. Ceci étant, en se plaçant dans une situation hydrologiquement stable, comme au 1er trimestre ou au 3ème trimestre, on peut tester différentes valeurs de  $h$  afin de mettre en évidence celle permettant de calculer une salinité finale théorique proche de la salinité réelle mesurée.

Sur la Fig. 8a ont été tracées les salinités théoriques pour  $h_1 = 50$  mètres et  $h_2 = 100$  mètres. De Janvier à Avril, on constate ainsi l'étroite similitude entre les salinités mesurées ( $S$ ) et les salinités théoriques avec  $h_2 = 100$  mètres. En Mai et Juin, une brutale augmentation de salinité sépare les 2 courbes dont l'évolution redevient comparable au cours du second semestre, ainsi qu'on le constate en opérant une translation de  $+ 0,50\text{‰}$  (courbe  $h_2$ ). On peut donc définir pour Tahiti la séquence suivante :

Présence entre Janvier et Avril d'une eau dessalée de type équatorial occidental, dont la basse salinité est maintenue, sur une épaisseur de 100 mètres, par les fortes précipitations d'été. Il semble en ce cas, que l'advection océanique et l'évaporation vraie contrôlent de façon équivalente, l'évolution de la charge en sel du système superficiel.

- En Mai et Juin, période où les alizés se renforcent, brutale augmentation de la salinité que ne peut expliquer l'évolution du terme  $Ev$  ; c'est donc le terme advectif qui prédomine très largement et reflète la renverse de la dérive superficielle qui porte alors à l'ouest.

- Au troisième trimestre, l'Eau Subtropicale Sud est présente de façon permanente et sa forte salinité se maintient, sur une épaisseur d'une centaine de mètres, en fonction des modulations de la valeur locale du terme évaporation vraie Ev, positif d'Avril à Octobre.

- A partir d'Octobre baisse brutale de la salinité, sans corrélations avec Ev ce qui implique une nouvelle renverse du courant ou pour le moins une régression de la cellule salée.

A MURUROA, une analyse identique fournit les conclusions suivantes (Fig. 8b) :

- Présence en Janvier - Février d'une eau de forte salinité, l'Eau Subtropicale Sud, qui se forme en surface dans le nord-est des TUAMOTU et qui est donc poussée vers MURUROA par l'alizé de nord-est.

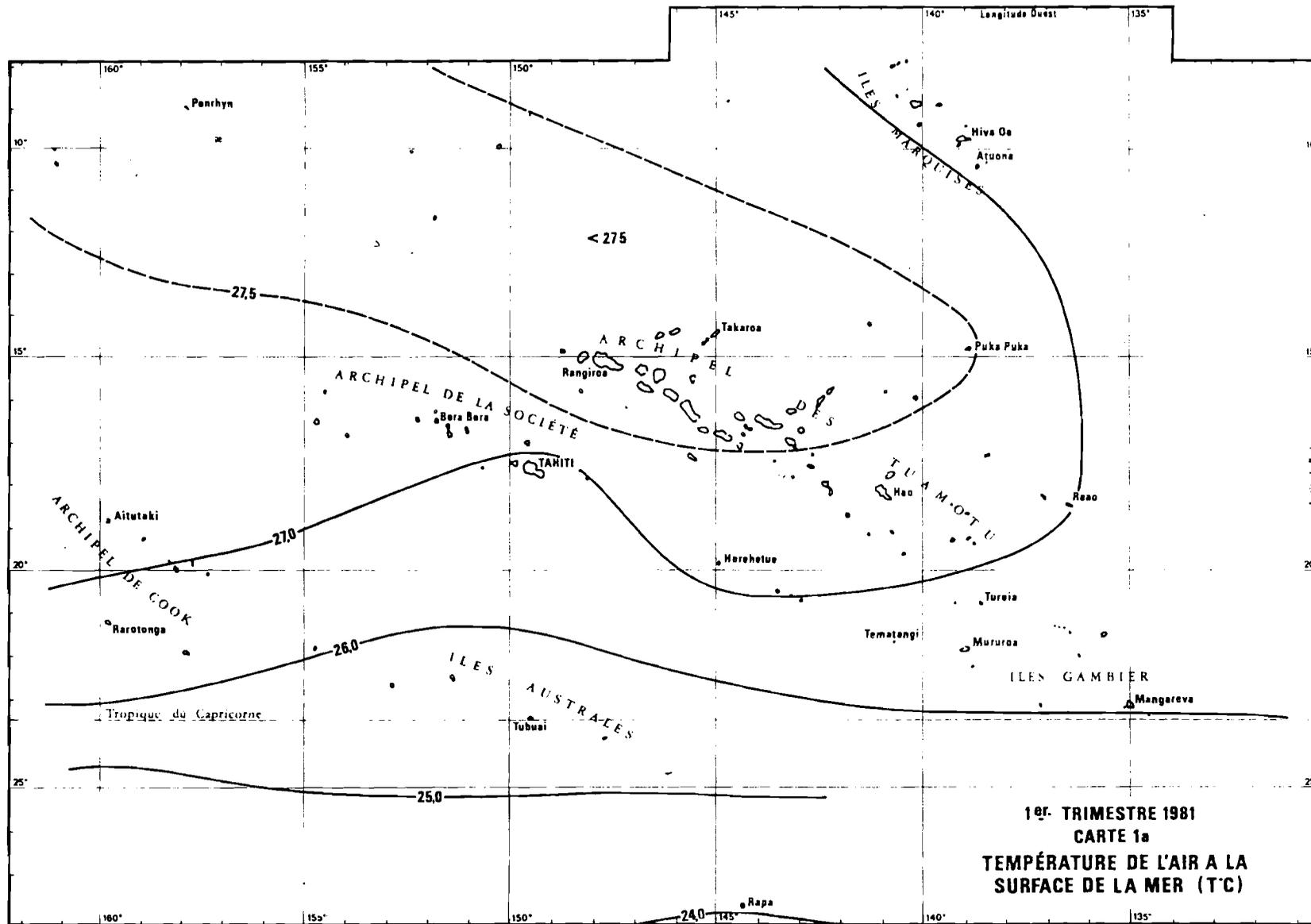
A partir de Mai, effondrement de la salinité sans liaison apparente avec la valeur mensuelle de l'évaporation vraie : le terme advectif est donc prépondérant et peut s'interpréter dans l'hypothèse d'une rotation du courant de surface amenant à proximité de l'atoll une eau moins salée ; cette rotation peut être déclenchée par une rotation préalable des alizés, qui soufflent essentiellement du secteur nord-est en été austral puis du secteur sud-est en hiver, tout en se renforçant.

Au cours du second semestre, les variations de la salinité suivent globalement celles de l'évaporation vraie, à condition de prendre 50 mètres comme épaisseur de la couche de mélange, ainsi qu'on le constate en opérant la translation de  $- 0,50\text{‰}$  de hl en h'l. Cette épaisseur de la couche de mélange peut s'expliquer par l'apparition, en hiver austral et à la latitude du tropique, d'une pycnocline située entre 50 et 100 mètres de profondeur.

Notre analyse montre ainsi, pour ces 2 cas de figures relativement différents, la cohérence entre les variations saisonnières du champ de vent, les variations induites du courant superficiel et les fluctuations de la salinité de la couche de mélange ; elle permet également de faire la discrimination entre les effets de l'advection et ceux de l'évaporation vraie, et conduit à fixer à une centaine de mètres l'épaisseur de la couche océanique directement concernée en zone tropicale par les échanges d'eau océan-atmosphère.

ANALYSE  
HYDROCLIMATIQUE  
TRIMESTRIELLE





1<sup>er</sup>. TRIMESTRE 1981  
 CARTE 1a  
 TEMPÉRATURE DE L'AIR A LA  
 SURFACE DE LA MER (°C)

III - 1<sup>er</sup> TRIMESTRE 1981

Température de l'air à la surface de la mer (carte la)

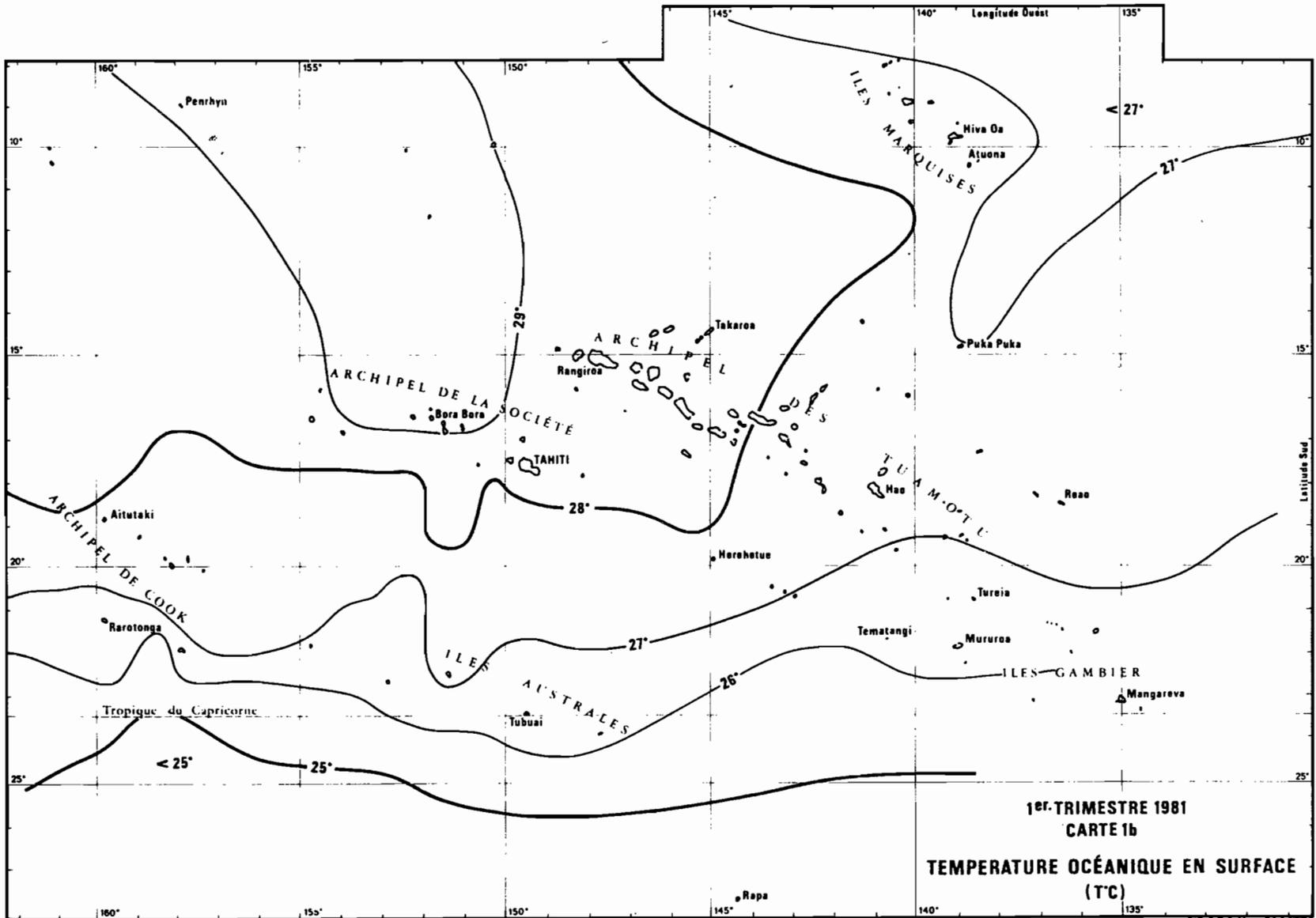
Le Champ thermique en zone polynésienne est caractérisé dans le quadrant nord-ouest par l'influence prépondérante de l'air équatorial surchauffé alors que le secteur nord-est (Archipel des Marquises) est sous l'influence directe des alizés d'est relativement plus frais. Cette double dépendance est parfaitement illustrée au cours du 1<sup>er</sup> trimestre (carte la) par le tracé de l'isotherme 27,5°C qui permet de délimiter la zone la plus directement soumise à l'air équatorial. Dans le sud polynésien, l'isotherme 26°C suit globalement la ligne du tropique sud, alors qu'à la latitude de RAPA (28° sud) la moyenne thermique est de 24°C, ce qui constitue un écart positif de 0,5°C par rapport à la moyenne du premier trimestre des 10 années précédentes.

En Janvier, les températures moyennes sont presque partout supérieures à la moyenne synoptique bien que l'insolation présente un déficit quasi général et atteint - 20% aux Marquises et à Rapa. Les alizés ont soufflé pendant tout le mois à des vitesses moyennes très élevées pour la saison du fait de la présence entre 35 et 40° Sud d'une chaîne anticyclonique active bloquant les incursions vers la Polynésie des dépressions du sud-ouest.

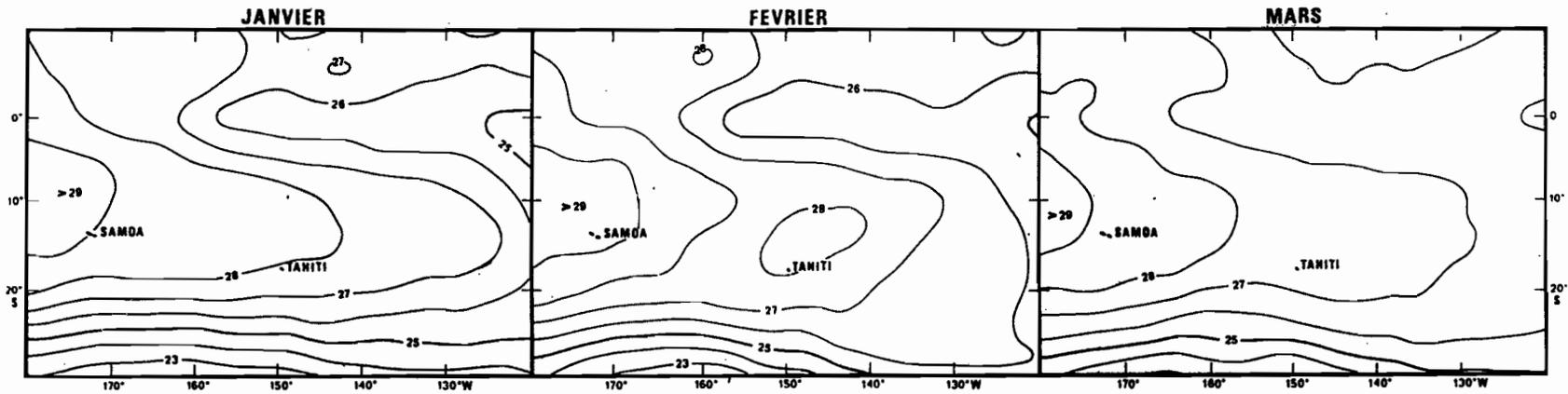
En février, l'insolation redevient normale et la polynésie reste sous l'influence d'un courant d'alizé d'est assez rapide dans lequel circulent des grains orageux.

En mars, à l'exception des Marquises, les températures et l'insolation présentent des écarts négatifs, conséquence des pluies diluviennes qui se sont abattues sur la zone. Les pressions moyennes sont également déficitaires du fait de la présence quasi permanente d'un couloir dépressionnaire selon l'axe SAMOA - AUSTRALES, couloir où se succèdent les dépressions ESAU, TAHMAR, et le cyclone FRAN (centre à 986 mb à son passage à RURUTU).

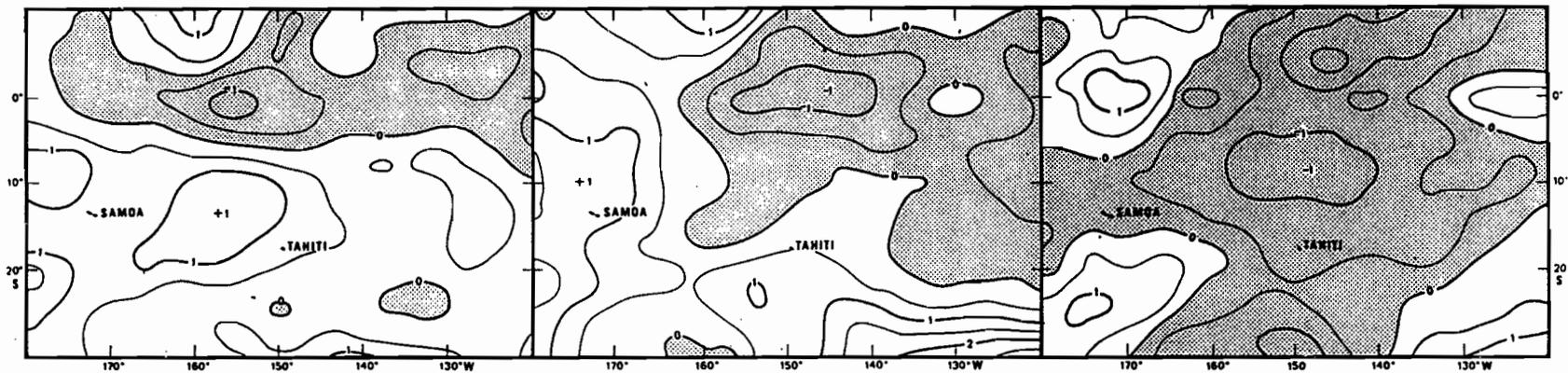
*N.B. Les commentaires des paragraphes "température de l'air" et "Evaporation vraie" sont pour l'essentiel repris des périodiques des Services de la Météorologie en Polynésie Française "RESUME MENSUEL DU TEMPS" et "RESUME ANNUEL DES OBSERVATIONS EN SURFACE".*



1<sup>er</sup> TRIMESTRE 1981  
 CARTE 1b  
 TEMPERATURE OCÉANIQUE EN SURFACE  
 (°C)



**TEMPERATURE OCEANIQUE EN SURFACE (°C) - DONNEES NO A A - (OCEANOGRAPHIC MONTHLY SUMMARY)**



**1er. TRIMESTRE 1981 - Cartes 1b' - ANOMALIE THERMIQUE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (°C)**

Température océanique en surface (carte 1 b)

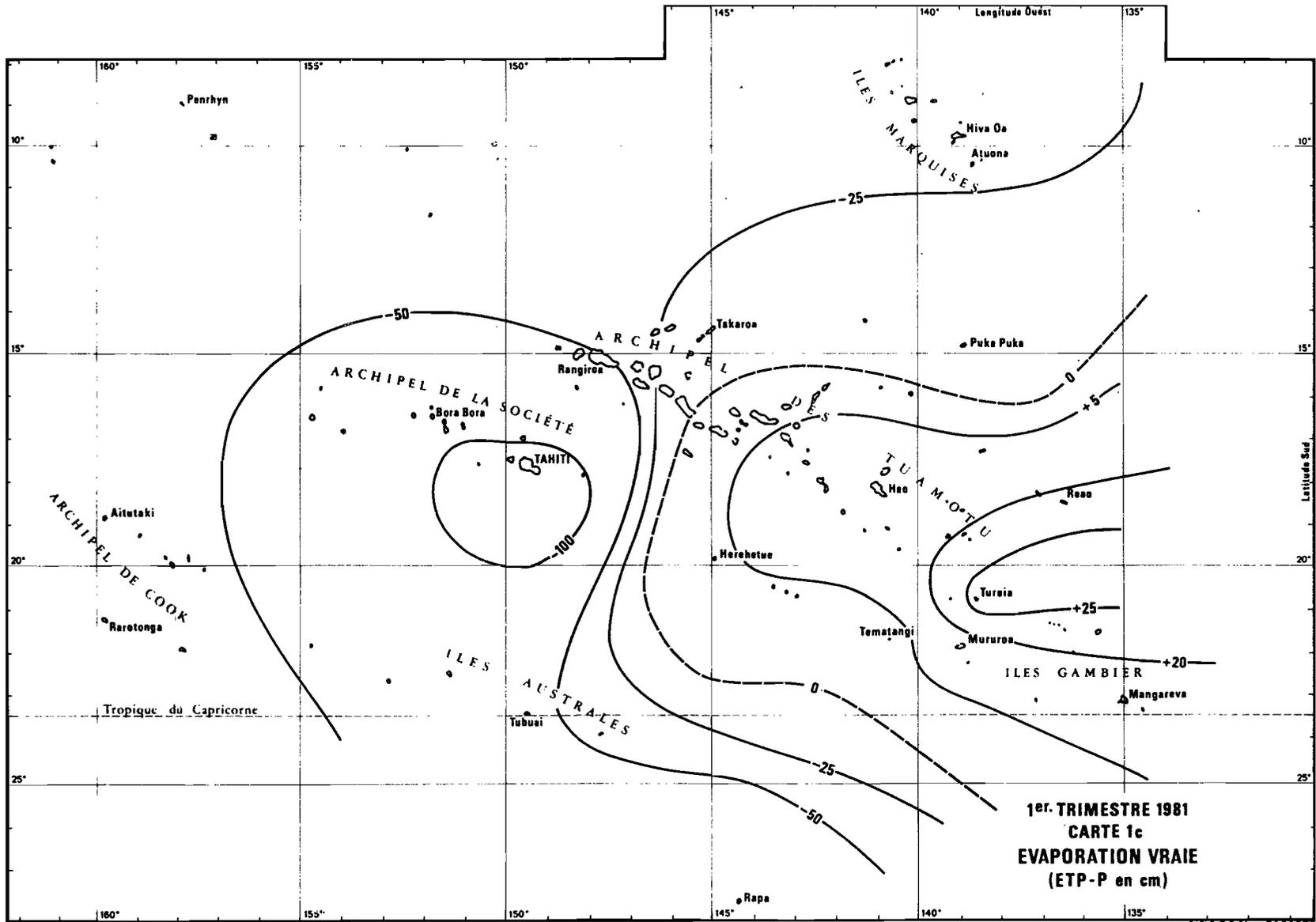
En été austral la température océanique en surface est supérieure à celle de l'air, cet écart ayant tendance à diminuer avec la croissance en latitude et à s'annuler au niveau du tropique. Du fait des fortes températures océaniques enregistrées dans le quadrant nord-ouest, la différence à l'interface océan - atmosphère est de + 1,5° C alors que sur la ligne Australes-Gambier, cette différence est nulle. L'intrusion d'eau chaude ( $T > 29^{\circ}\text{C}$ ) par le nord-ouest affecte l'ensemble de l'archipel de la Société où la température océanique est supérieure à 28° C, alors qu'à l'est des Marquises, le refroidissement de 1 à 2° C ( $T < 27^{\circ}\text{C}$ ) est significatif de la présence des eaux de la grande dérive orientale, auxquelles se mêlent des eaux plus froides issues de la divergence équatoriale et de l'upwelling associé. A la longitude des Marquises (140° W) les fronts thermiques sont plutôt zonaux alors que dans le sud polynésien et surtout dans le quadrant sud-ouest, ils sont franchement méridiens.

Cartes mensuelles (1 b') (Oceanographic Monthly Summary)

Janvier : Position remarquable de l'isotherme 25°C qui se superpose au parallèle 25° de latitude sud entre les méridiens 120° et 180° ouest. En zone tropicale poussée maximale vers l'est de l'isotherme 28°C qui englobe ainsi les îles du vent et une partie des TUAMOTU. Température inférieure à 26°C en zone équatoriale, ce qui reflète la vigueur de l'upwelling et se traduit par une anomalie thermique négative supérieure à 1°C par rapport à la moyenne mensuelle climatologique.

Février : Maintient de l'upwelling équatorial au nord de la Z.E.E. polynésienne ; dans la partie centrale, la limite de l'influence des eaux chaudes d'origine occidentale est marquée par la position de l'isotherme 26°C - Renforcement de l'anomalie thermique négative en zone équatoriale.

Mars : Au niveau du tropique la poussée zonale des eaux chaudes est maximale, mais l'isotherme 28°C se replie à l'ouest de 160° W, par suite d'une très forte nébulosité sur la Polynésie. L'upwelling équatorial faiblit, mais la presque totalité de la zone ne trouve encore en anomalie thermique négative.

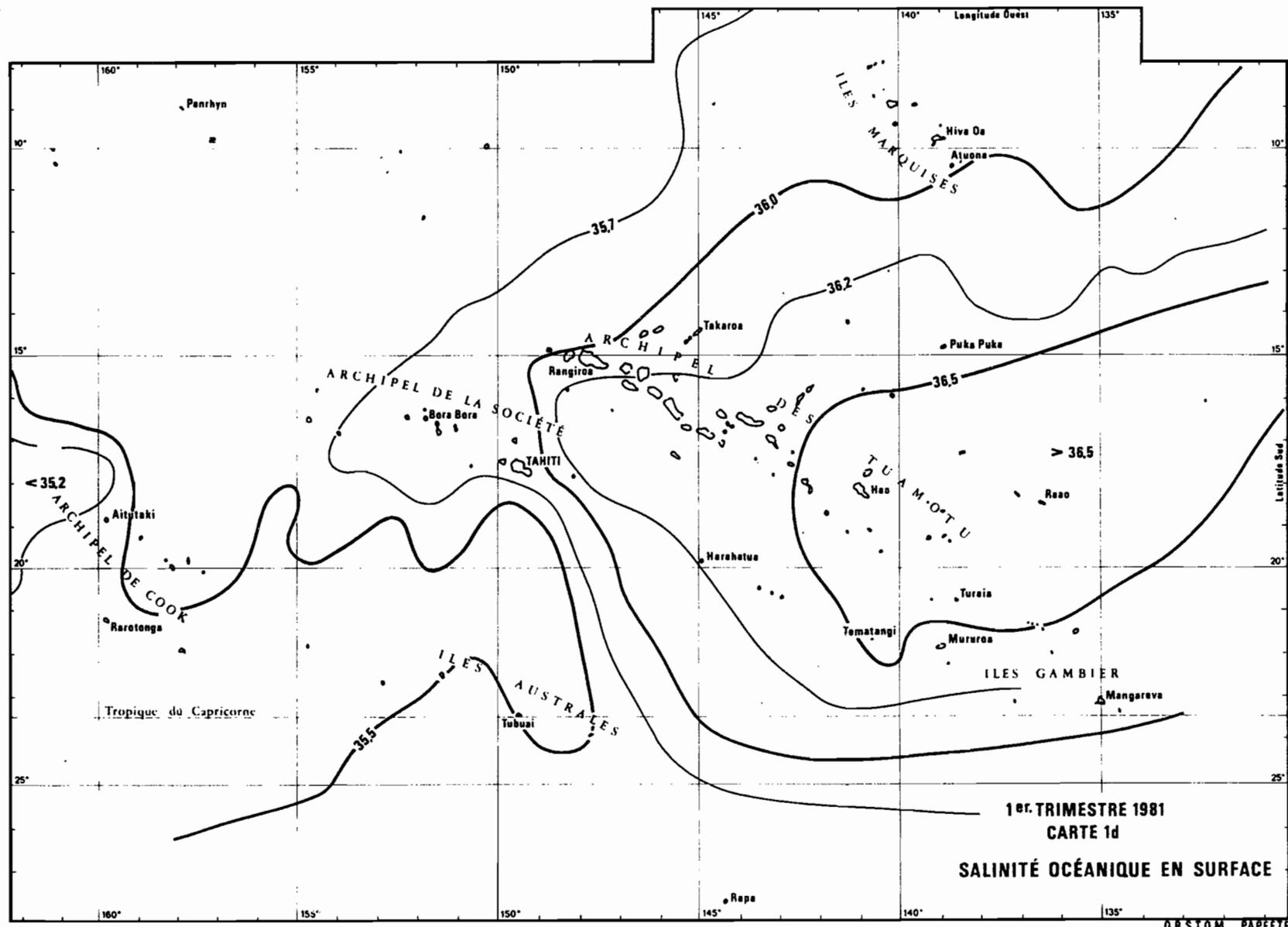


Evaporation vraie (Ev = ETP-P) - carte 1c -

Le bilan évapotranspiration potentielle/précipitations du premier trimestre 1981 fait ressortir 2 zones bien distinctes : l'une située à l'ouest du méridien 144° ouest, et incluant les Marquises, où les précipitations ont été prépondérantes (Ev négatif), l'autre située à l'est sur la quasi totalité des TUAMOTU-GAMBIER où l'évaporation vraie est positive. Dans cette zone, la perte d'eau atteint au maximum 25 cm, alors que dans l'ouest polynésien une large zone a reçu un excès de précipitations donnant un bilan négatif supérieur à - 50 cm. Cette situation est assez semblable à celle observée en 1980, à l'exception notable de l'archipel des Marquises où l'évaporation était également positive. En janvier et février 1981, tout au contraire, cet archipel a reçu d'importantes précipitations, constituant même un record absolu pour ces 2 mois (291 mm et 265 mm à ATUONA).

Sur l'archipel de la Société, ce sont Janvier et Mars qui ont été les plus arrosés du fait de l'activation normale en début d'été austral de la Zone de Convergence des alizés du Pacifique Sud (Z.C.P.S) ou "front des alizés", et par la présence quasi permanente en mars d'un couloir dépressionnaire sur la ligne Samoa - RAPA : sur cet axe se sont déplacés les cyclones TAHMAR (10 mars à TAHITI) et la dépression tropicale FRAN (22 mars à RURUTU). Ces séquences exceptionnellement pluvieuses ont permis d'enregistrer en plusieurs points les totaux mensuels les plus élevés d'un mois de mars, notamment à PENRHYN (761 mm), BORA-BORA (625 mm), TAHITI FAAA (941 mm), TETIAROA (536 mm), RANGIROA (494 mm), HERE HERETUE (657 mm), TUBUAI (456 mm). En corollaire, les insolation ont été très déficitaires (près de 5 heures/jour à TAHITI). En ce domaine, la moyenne trimestrielle est partiellement rééquilibrée par les chiffres de février, mois sec et très ensoleillé sur la Polynésie centrale. Les fluctuations du pourcentage d'humidité relative reflètent directement celles des 2 paramètres précédents. A TAHITI FAAA la moyenne journalière est de 83 % en Janvier, 80 % en Février et 85 % en mars, pour une valeur moyenne de 78 % au cours de la période 1958 - 1981.



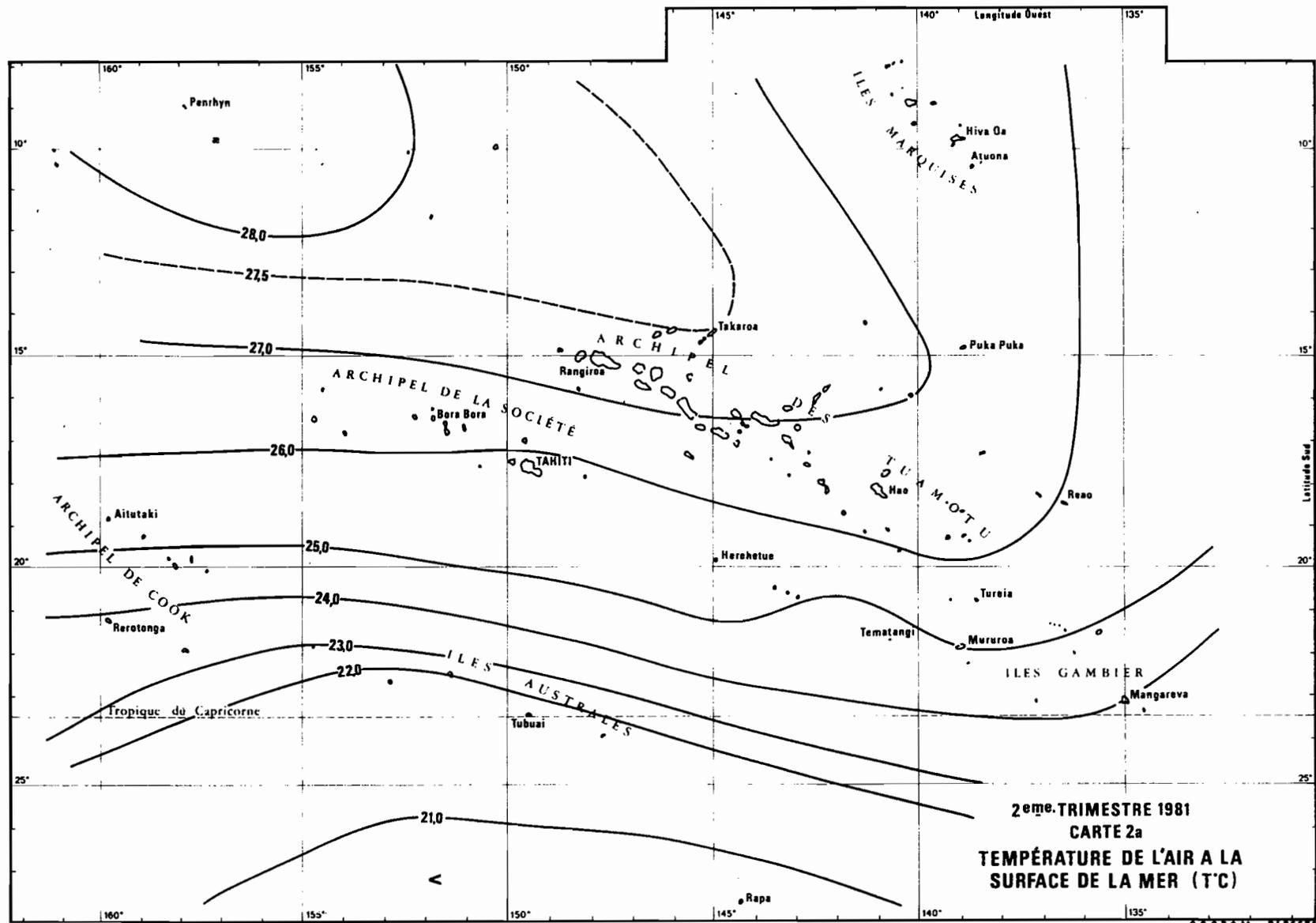


- Salinité Océanique en surface - (carte 1 d) -

La forte densité des points de prélèvement permet un tracé précis de la distribution de la salinité de surface entre les méridiens 165° et 145° ouest ; plus à l'est et surtout dans la bande de latitude 13 - 20° sud, les données se raréfient (sauf aux abords de la station côtière de REAO), mais la valeur de la salinité de surface est plus constante : c'est la zone de formation de l'Eau Sudtropicale Sud, de salinité supérieure à 36,5 ‰, ce qui en fait l'eau la plus salée de tout le Pacifique. Au premier trimestre 1981, on constate que l'Eau Sudtropicale Sud atteint les TUAMOTU du centre (HAO) et les Gambier. A l'ouest du méridien de TAHITI (150° ouest) la salinité diminue de façon importante et devient minimale autour des Cook du Sud ( $S < 35,2\text{‰}$ ) ; Les analyses hydroclimatiques des années précédentes ont montré que cet archipel était baigné de façon quasi permanente par un flux d'eaux dessalées originaires du Pacifique équatorial occidental (Mer des Salomon) et transportées vers le sud-est par le Contre Courant Equatorial Sud. Sur la bande de latitude 15 - 20° Sud existe donc un fort gradient zonal de salinité, dont l'amplitude maximale se trouve dans le périmètre des îles de la Société.

Dans les quadrants nord ouest et sud ouest tout au contraire, les salinités de la couche de surface ne sont pas représentatives de types d'eaux définis et s'écartent peu de la valeur moyenne 35,5‰. Les eaux insulaires des archipels des Marquises, des Tuamotu du nord et des Gambier, sont situées sur le tracé de l'isohaline 36,0‰ qui délimite la zone d'extension maximale vers l'ouest, au cours de ce premier trimestre, de l'Eau subtropicale Sud. L'examen de la carte de la distribution de l'évaporation vraie  $E_v$  (1C) montre le recouvrement entre la zone d'étalement de l'eau à forte salinité et la zone d'évaporation vraie positive, les tracés des isohalines 36,2‰ et  $E_v = + 5$  cm étant superposables.

Dans la partie ouest en revanche la zone des plus fortes précipitations ( $E_v > - 50$  cm), bien que située dans la partie dessalée du front halin zonal, ne correspond pas exactement à la couche superficielle la moins salée ( $S < 35,2\text{‰}$ ) ; l'importance du facteur advectif zonal semble en ce cas dépasser celui du bilan local des échanges d'eau océan-atmosphère.



III-2 2ème TRIMESTRE 1981

Température de l'air à la surface de la mer (carte 2a)

Le réarrangement saisonnier du champ thermique, se matérialise par un léger réchauffement du quadrant nord ouest et dans le sud polynésien par une vigoureuse poussée des masses d'air néo-polaires véhiculées par les alizés de sud-est. Sur le tropique, on observe comme les années précédentes ; mais de façon encore plus nette, un refroidissement plus intense sur l'archipel des Australes que sur celui des Gambier, l'écart atteignant 2°C. Cette dissymétrie thermique résulte essentiellement de l'influence des puissantes dépressions du front polaire centré au sud des KERMADEC et qui dès le début de mai entretiennent des poussées advectives froides des Cook du sud à RAPA.

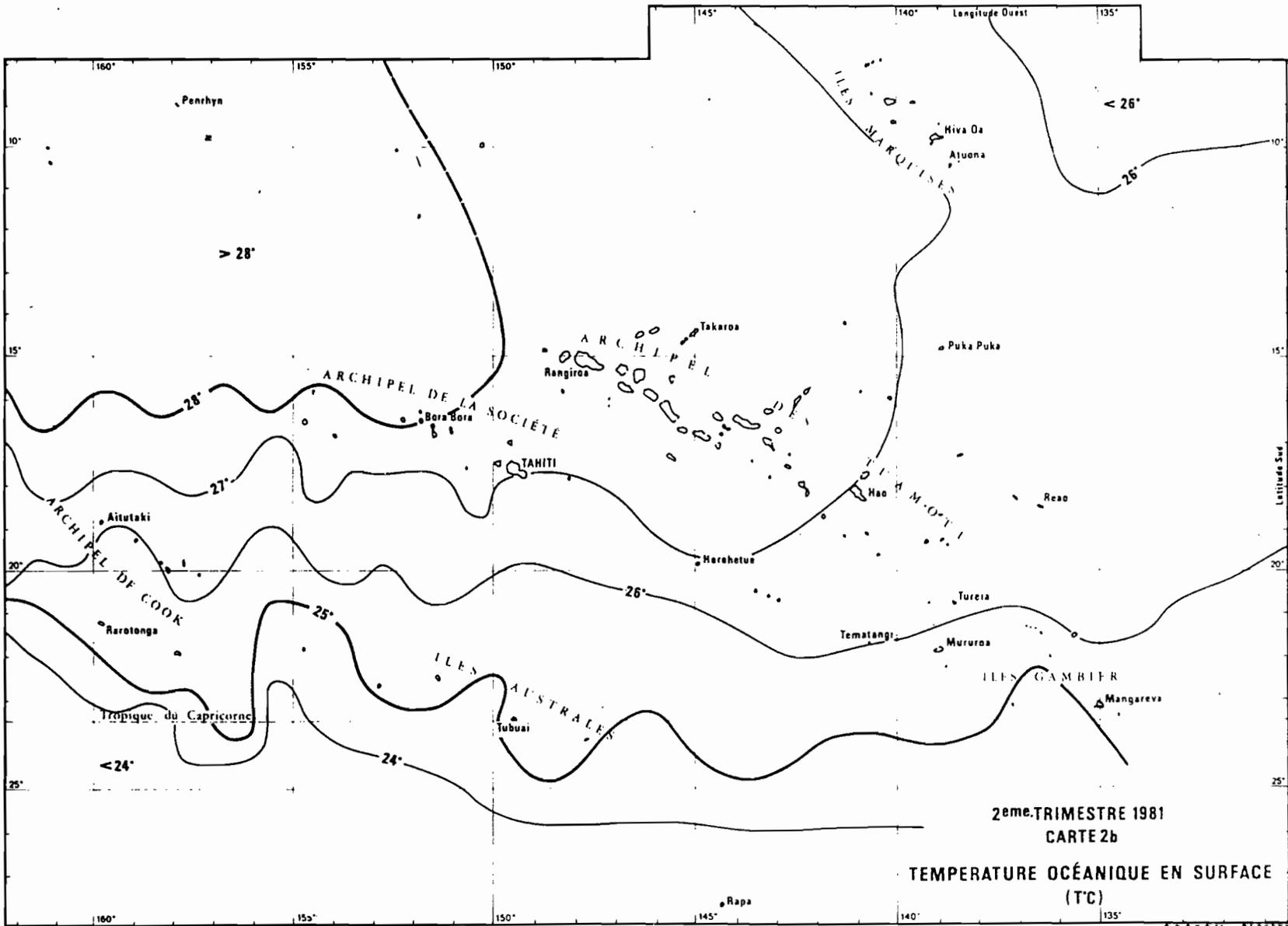
Par rapport au 2ème trimestre de 1980, les températures sont au niveau du tropique inférieures de 1°C, alors qu'elles sont équivalentes ou légèrement supérieures le long de la ligne TAHITI - PENRHYN.

En avril, les températures et les pressions sont normales et les alizés assez rapides, dominants de secteur nord-est la première quinzaine, de secteur sud-est la seconde. En fin de mois, une incursion dépressionnaire originaire du sud des SAMOA touche le sud polynésien et entretient des coups de vent de secteur ouest.

En mai, l'ensoleillement est en moyenne un peu supérieur à la normale et les températures déficitaires sur les Australes. Les dépressions du front polaire deviennent prédominantes et entraînent une faiblesse relative des alizés.

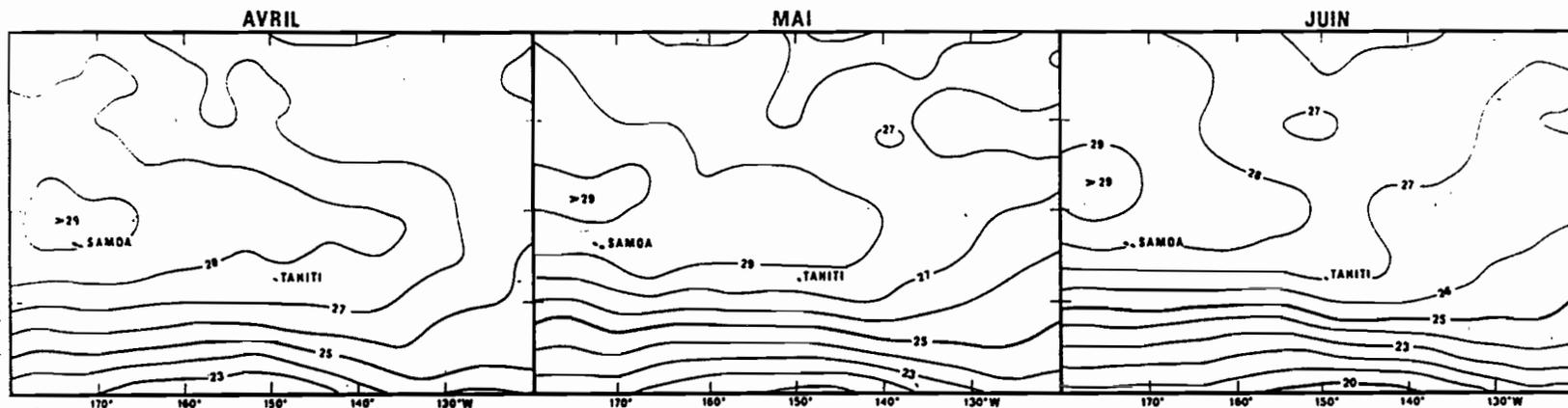
En juin, le déficit thermique se maintient sur les Australes, qui enregistrent des minima records. La reconstitution de la ceinture anticyclonique permet le rétablissement d'un régime d'alizé assez fort (15-25 noeuds) et l'augmentation du champ de pression moyen.



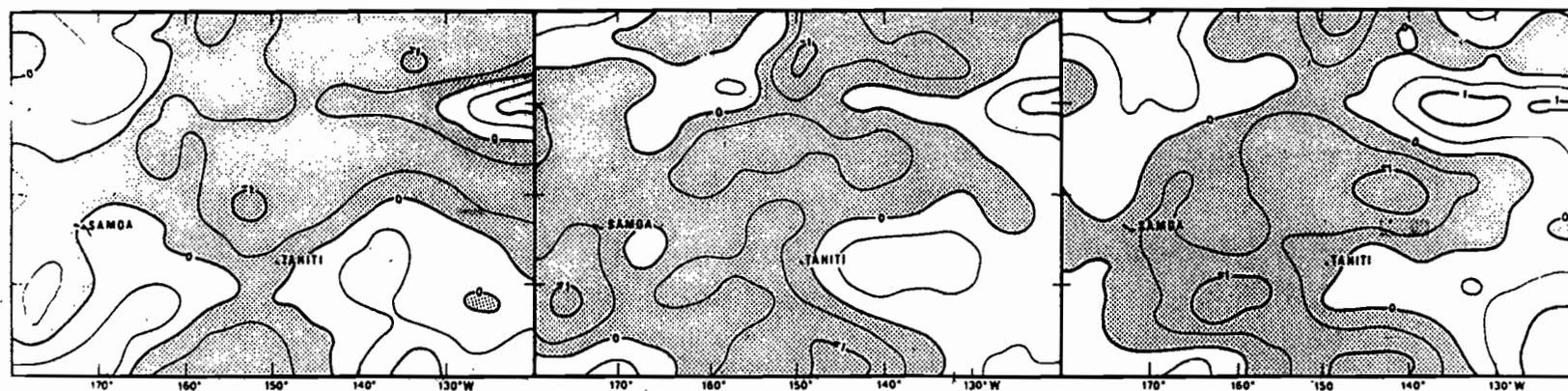


2eme.TRIMESTRE 1981  
CARTE 2b

TEMPERATURE OCÉANIQUE EN SURFACE  
(T°C)



TEMPERATURE OCEANIQUE EN SURFACE (°C) - DONNEES N O A A - (OCEANOGRAPHIC MONTHLY SUMMARY)



2<sup>eme</sup>. TRIMESTRE 1981 - Cartes 2b' - ANOMALIE THERMIQUE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (°C)

Température océanique en surface (carte 2b)

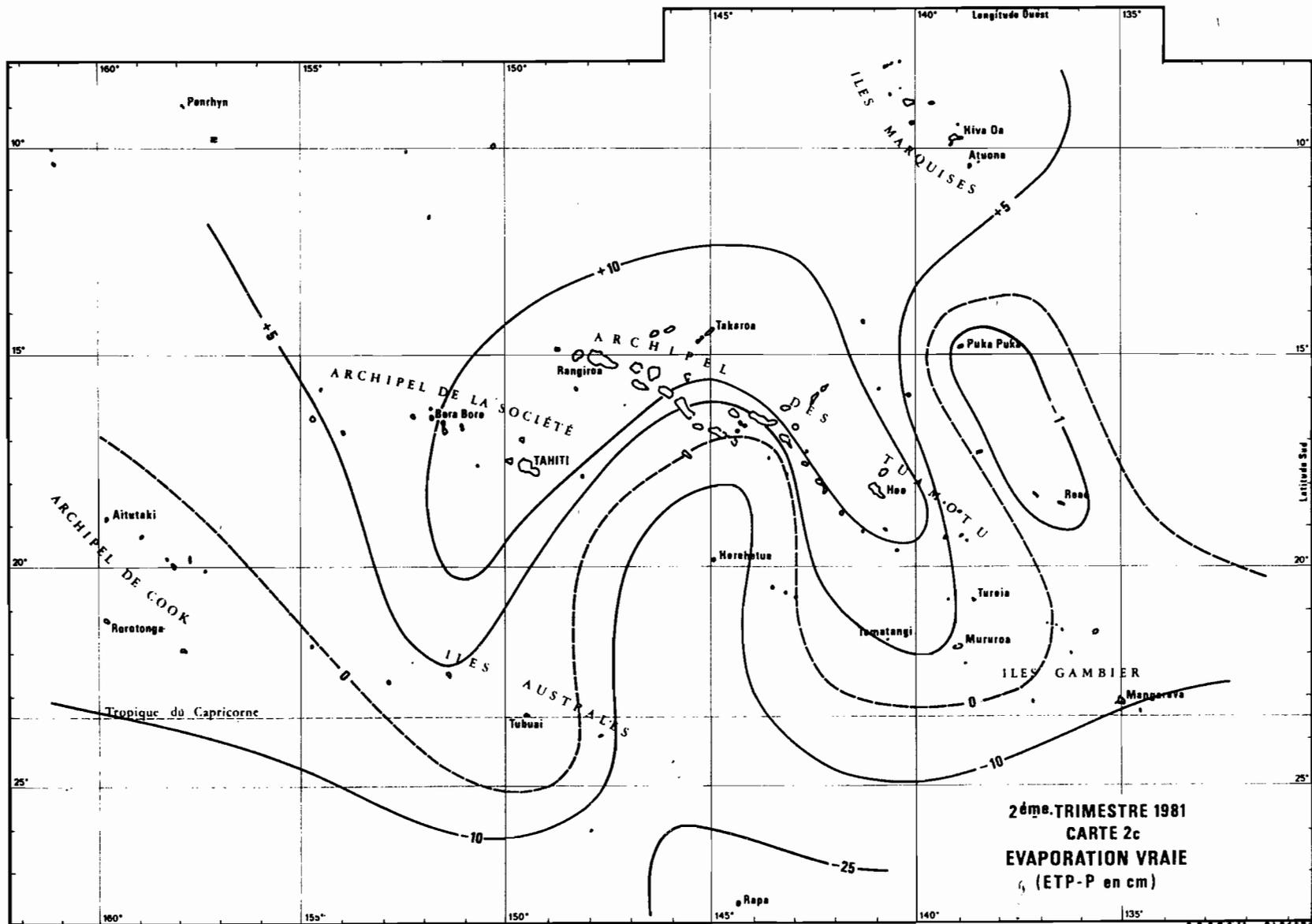
On note, par rapport au trimestre précédent, la disparition, dans le quadrant nord ouest d'eaux de température supérieure à 29° C et l'apparition dans le quadrant nord est, d'une couche froide de température inférieure à 26° C : cette chute thermique se produisant entre la latitude des Marquises et l'équateur ne peut être imputée au refroidissement saisonnier mais plutôt au renforcement de l'advection marine zonale (Courant Equatorial) et donc à celui des alizés d'est. Par rapport au 2ème trimestre de l'année précédente, la température globale de la zone marine polynésienne est plus basse de 1° C ; au sud de TAHITI la distribution des isothermes est régulière, l'isotherme 24° C ayant toutefois atteint le tropique entre les Cook et les Australes, par suite d'un renforcement de la tension des vents frais de sud-ouest, associés aux dépressions polaires.

- Cartes mensuelles : (2 b') (Oceanographic Monthly Summary)

Avril : La lentille d'eau chaude à 28° C s'étire encore jusqu'aux TUAMOTU, alors qu'au niveau du tropique sud le tracé des isothermes se réajuste de façon zonale, le gradient méridien moyen étant de 0,5° C / degré de latitude entre 20 et 30° Sud. Une vaste zone d'anomalie thermique négative s'étend de part et d'autre de l'équateur, signe de la vigueur, à l'ouest de 130° W, de l'upwelling.

Mai : L'atténuation de l'upwelling équatorial se traduit par une forte extension, au nord des Marquises, de la plage thermique 27-28° C. La bande équatoriale située à l'est de 140° W se trouve en anomalie thermique positive, par rapport à la moyenne climatologique du mois de Mai.

Juin : L'anomalie thermique équatoriale se renforce et dépasse + 1° C signe indubitable de la disparition de l'upwelling, et donc de la relaxation des alizés. Autour des Marquises et des Cook du sud deux zones d'anomalie négative se creusent jusqu'à - 1° C. Au sud du tropique sud le léger resserement des isothermes et l'apparition d'une couche froide de température < 20° C témoignent du début du refroidissement saisonnier.



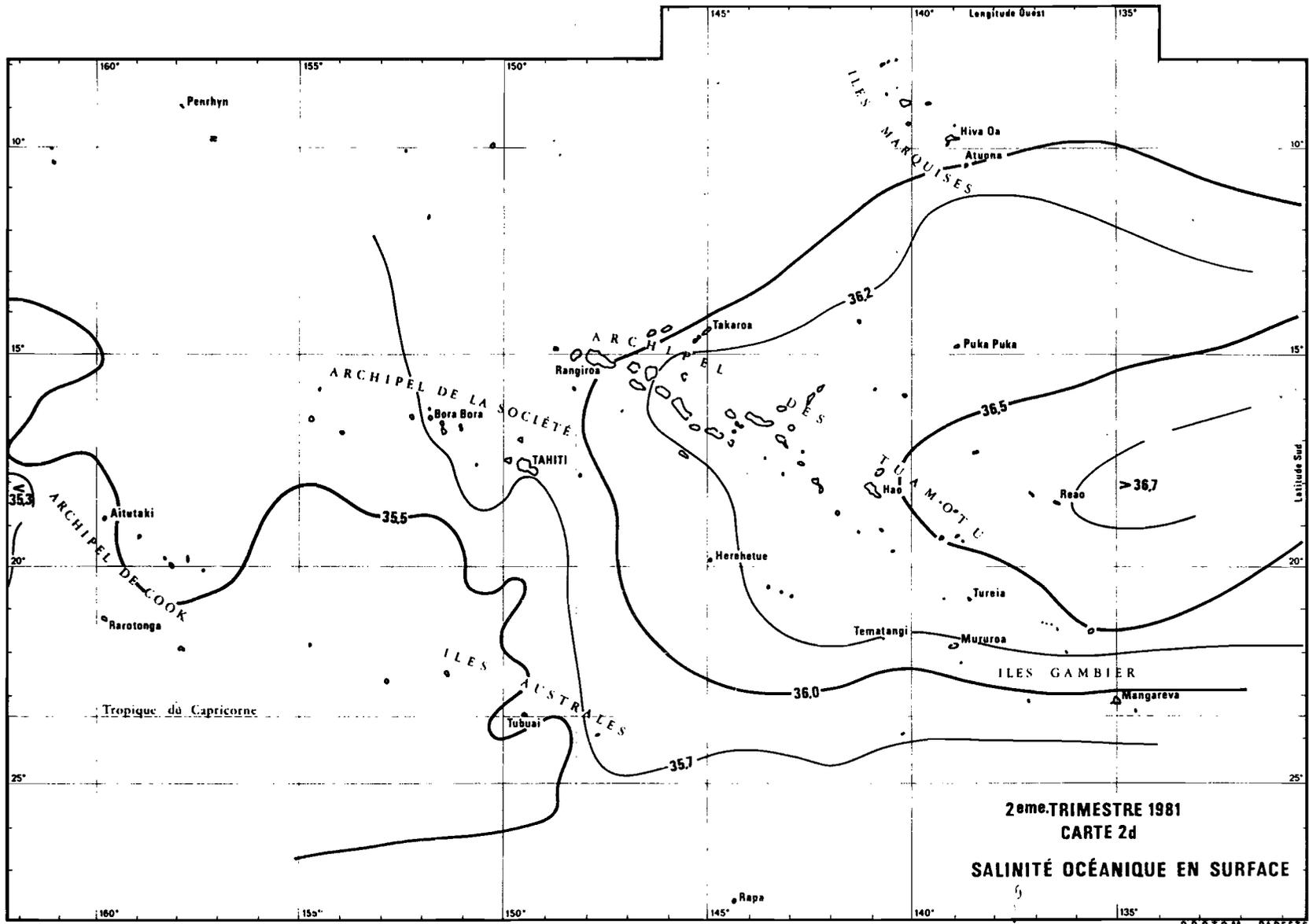
Evaporation vraie (Ev = ETP-P) - carte 2c -

La distribution des isolignes chiffrant l'évaporation vraie Ev est très différente aussi bien de celle du trimestre précédent, que de celle du 2ème trimestre de l'année 1980. La caractéristique principale de l'évaporation est d'être positive dans le triangle Marquises - TUAMOTU - Société et négative sur les autres archipels. En ce cas, les excédents d'eau sont modestes et ne dépassent 120 mm qu'à RAPA.

L'évaporation moyenne est en revanche très forte sur TAHITI et les TUAMOTU du Nord où elle dépasse 100 mm en de nombreux points. Dans cette zone centrale, les pluies du trimestre ont été peu abondantes et le déficit pluviométrique a même dépassé 50 % sur la Société en avril et mai.

Un déséquilibre notable est observé sur les atolls les plus orientaux et donc les plus soumis à l'influence de la zone aride du centre Pacifique : les très fortes pluies d'avril - mai ont constitué des records à REAO (201 mm) et à PUKA PUKÁ (166 mm) et ont fait basculer du côté négatif le terme Ev, ce qui se produit très rarement dans cette zone.

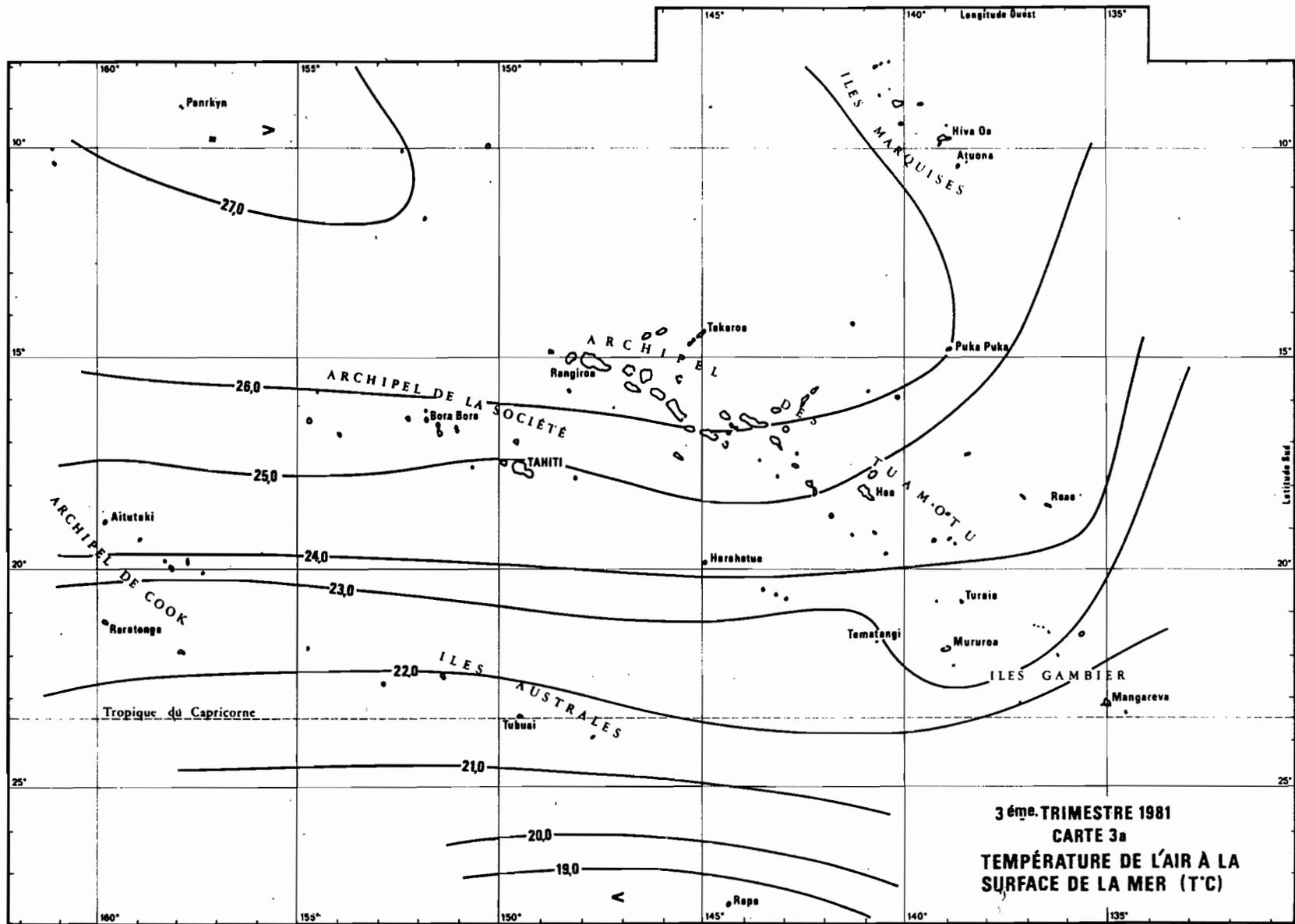
A l'extrémité occidentale (Cook) les pluies ont été prédominantes, situation habituelle en toute saison sur la partie sud de cet archipel. Sur les Australes, juin a été très sec du fait de l'établissement des fortes pressions dans le grand sud : à TUBUAI l'humidité relative est descendue à 78 %, soit 4 % de moins que la moyenne annuelle.



- Salinité Océanique en surface - carte 2 d -

Par rapport au trimestre précédent on observe une remarquable stabilité de la zone d'extension occidentale de l'Eau Subtropicale Sud, zone matérialisée par le tracé de l'isohaline  $36,0\text{‰}$ , qui tangente à nouveau le méridien de l'île de Tahiti.

Dans l'est des TUAMOTU apparaissent des eaux de salinité supérieure à  $36,7\text{‰}$ , révélatrices de la frontière occidentale de la zone de plus grande aridité du Pacifique Central sud ; toutefois la couche superficielle salée se trouve plus au sud qu'au 2ème trimestre 1980 et ne paraît que faiblement corrélée à la zone d'évaporation positive. Celle-ci (carte 2 c) présente une topographie très inhabituelle, l'évaporation vraie étant négative dans le secteur PUKA-PUKA-REAO par suite de séquences pluvieuses d'amplitudes exceptionnelles (III, 3, 2) - Sur la Société, les valeurs de salinité décroissent régulièrement d'est en ouest et se stabilisent à  $35,5 + 0,1\text{‰}$  dans le triangle TUBUAI - BORA-BORA - AITUTAKI - Sur cette zone marine, l'évaporation vraie est positive, alors qu'elle était au total de  $- 30$  cm un an auparavant, ce qui a certainement contribué à rehausser la valeur moyenne de la charge superficielle en sel. La zone dessalée ( $S < 35,3\text{‰}$ ) occupe toujours les îles des Cook du Sud et se prolonge vers l'ouest en direction des SAMOA, sur l'axe d'écoulement habituel du Contre Courant Equatorial Sud. La quasi disparition à partir d'Avril de la zone de convergence des alizés et les fortes intrusions de dépressions polaires par le sud ouest polynésien en Mai - Juin ont certainement gêné l'extension vers le sud-est du Contre Courant et hâté la reprise de la dérive vers l'ouest (Courant Equatorial Sud). A la station côtière de TAHITI, la renverse du courant estimée à partir de l'augmentation rapide de salinité, a eu lieu entre le début et la fin du mois de Mai.



III-3 3ème TRIMESTRE 1981

Température de l'air à la surface de la mer (carte 3a)

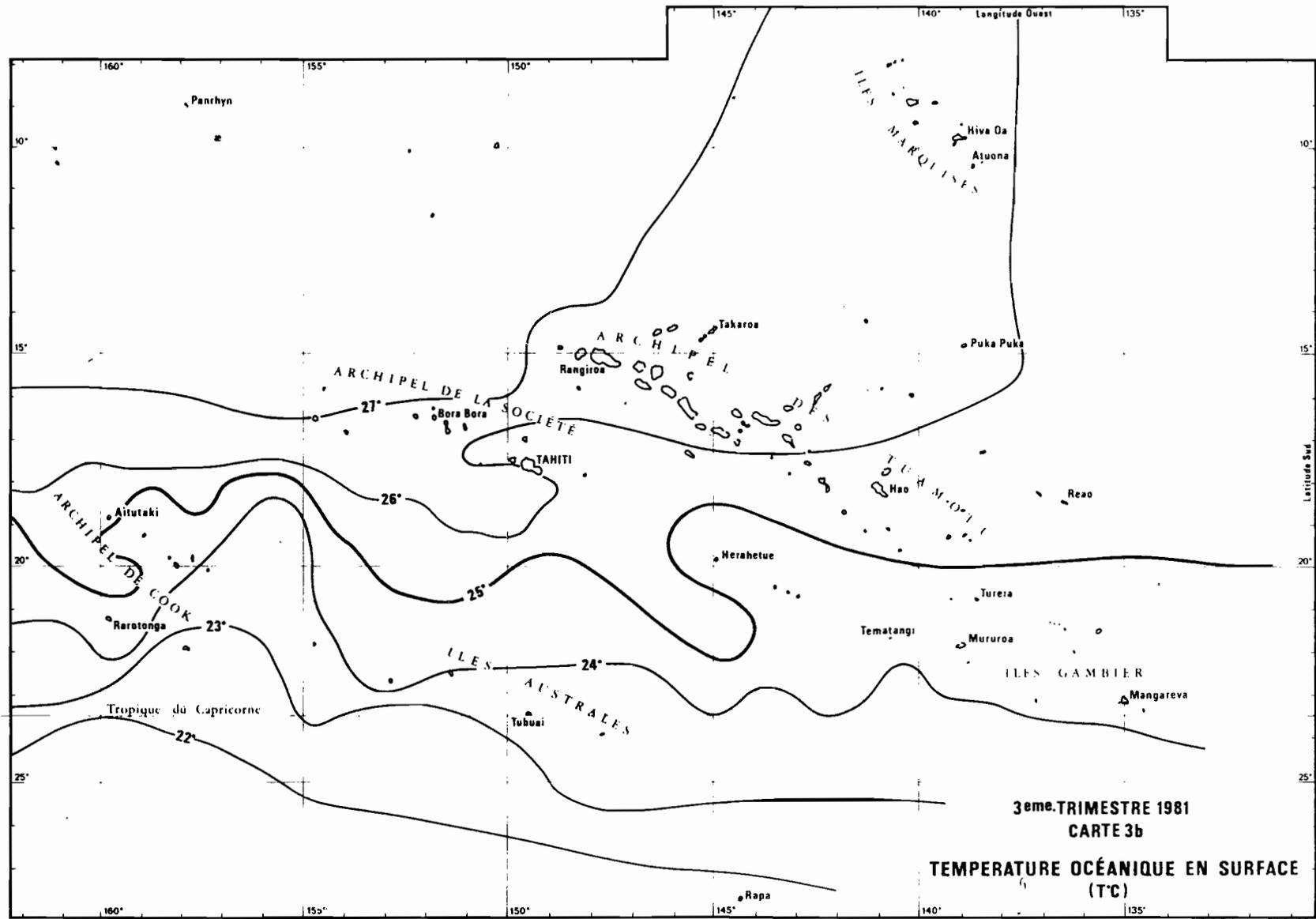
Le troisième trimestre est celui de l'hiver austral et correspond évidemment à un minima thermique d'ensemble. L'amplitude du refroidissement hivernal est proportionnel au gain en latitude : l'écart avec la valeur moyenne du 1er trimestre est de 0,8°C aux Marquises, de 2°C à Tahiti, de 4,3°C à TUBUAI et de 5,7° à RAPA. Ces écarts sont, par rapport à ceux observés en 1980 plus faibles aux Marquises et à TAHITI, plus élevés au sud ; l'influence des perturbations polaires sur le sud polynésie a été plus marquée que l'année précédente, et de même importance qu'en 1979. Le tracé des isothermes montre un resserrement spectaculaire au sud de Tahiti selon un axe zonal et un basculement d'ensemble selon un axe méridien à partir de la longitude 135°W : à l'est de cette limite l'influence des masses d'air froides anticycloniques centrées sur l'île de Pâques devient prépondérante.

En juillet, les températures moyennes, l'insolation et la pression barométrique sont supérieures à la normale ; les alizés d'est à nord-est ont prédominé, sauf dans l'extrême sud touché par l'avancée des perturbations du front polaire.

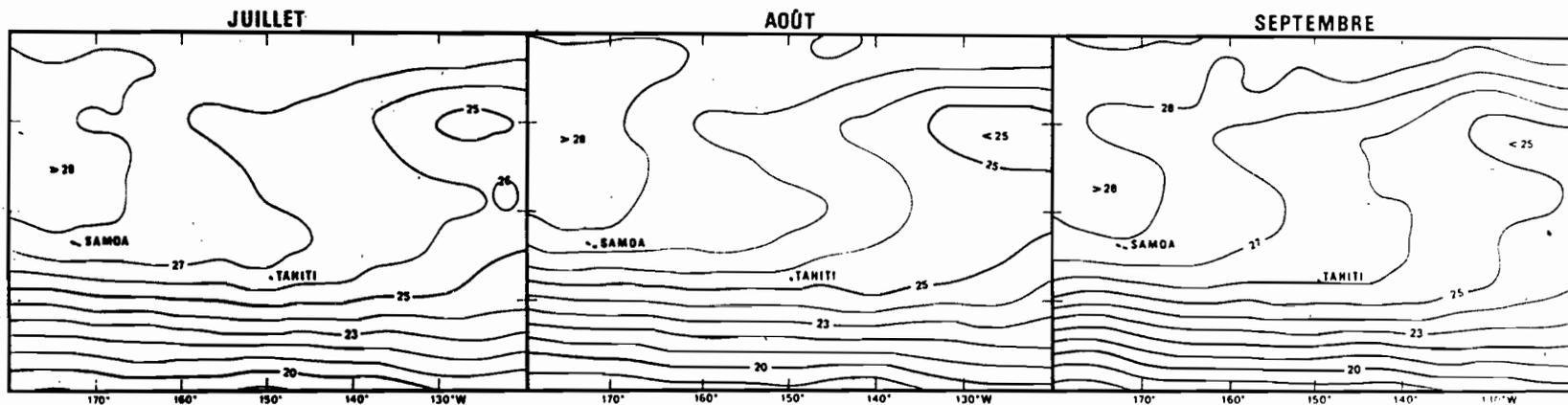
En aout, les températures moyennes sont normales, mais l'insolation un peu plus élevée. Les alizés de sud-est ont été bien établis (12 à 20 noeuds) sans atteindre toutefois, comme il est habituel en cette saison, le stade de "MARAAMU" fort (20-30 noeuds). Le champ de pression moyen a traduit la faiblesse des anticyclones subtropicaux avec une anomalie négative de 2 mb à RAPA et RIKITEA.

En septembre, les températures moyennes sont nettement supérieures à la norme en Polynésie centrale, avec un écart positif de 0,5°C à 1°C. Dans le sud, en revanche des minima minimorum ont été enregistrés (10,3°C à TUBUAI le 1er septembre) couplés avec des anomalies négatives de pression, révélant l'intrusion de cellules cycloniques sub-polaires.

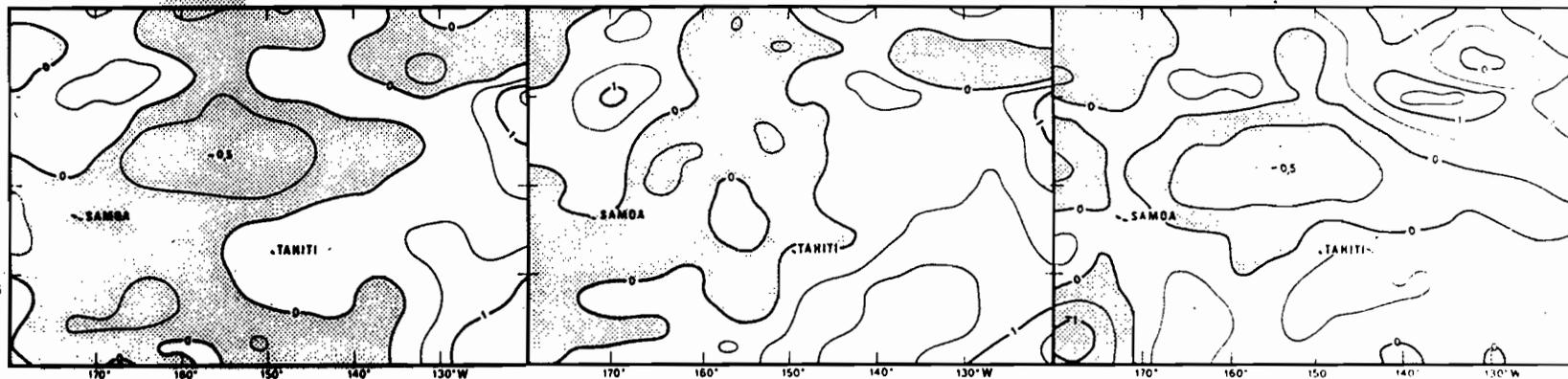




3eme. TRIMESTRE 1981  
 CARTE 3b  
 TEMPERATURE OCÉANIQUE EN SURFACE  
 (T°C)



TEMPERATURE OCEANIQUE EN SURFACE (°C) - DONNEES NO A A - (OCEANOGRAPHIC MONTHLY SUMMARY)



3<sup>eme</sup>. TRIMESTRE 1981 - Cartes 3b' - ANOMALIE THERMIQUE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (°C).

Température Océanique en surface - carte 3 b -

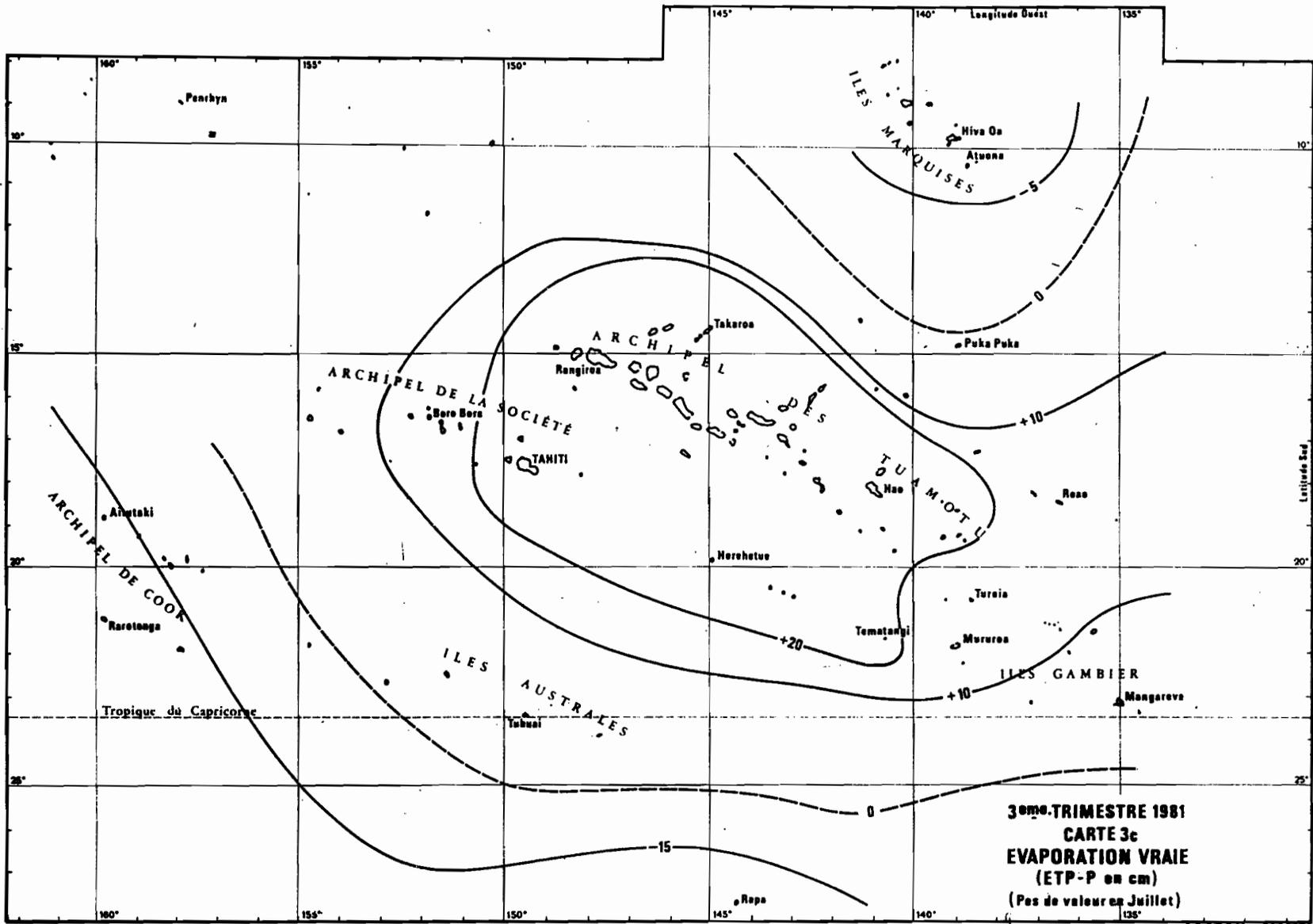
Le champ thermique polynésien subit selon la diagonale sud-ouest / nord-est un double refroidissement ; dans le sud-ouest, ce sont les dépressions polaires de l'hiver austral qui entretiennent des poussées advectives froides matérialisées par le glissement vers les tropiques de l'isotherme 22° C. Ce phénomène est beaucoup moins marqué sur les Australes orientales et les Gambier où la température océanique est encore de l'ordre de 24° C. Dans l'est des Marquises, la plage froide s'est encore agrandie, par rapport au trimestre précédent, et la limite des eaux de température supérieure à 26°C a regressé vers l'ouest et passe par le milieu de l'archipel des TUAMOTU. Si on compare la distribution des champs thermiques atmosphériques (carte 3 a) et océaniques (carte 3 b) pendant ce trimestre d'hiver austral, on constate que l'écart thermique est négatif à l'ouest de la ligne - Marquises - Tuamotu occidentales - Société et au sud de 20° sud.

- Cartes mensuelles (3 b) (Oceanographic Monthly Summary)

Juillet : Au nord des Samoa les températures moyennes sont voisines de 28°C, proches de 27° C en Polynésie centrale et inférieures à 25° C aux Gambier. A l'est de 130° W un net refroidissement équatorial indique la reprise de l'upwelling et donc un renforcement de l'alizé d'est.

Août : Ce processus de refroidissement se confirme et l'advection vers l'ouest des eaux froides issues de l'upwelling équatorial crée la spectaculaire sigmoïde des isothermes 27, 26 et 25° C. Toutefois l'ensemble de la zone tropico équatoriale est en équilibre thermique vis à vis des moyennes climatiques décennales, ce qui implique un champ de vent normal pour la saison.

Septembre : L'upwelling équatorial se renforce à l'est de 140° W et le tracé des isothermes 28 à 25° C devient méridien en zone tropicale. Au sud, les isothermes se resserrent à cause de la migration vers le tropique des eaux tempérées sud (19° C à RAPA).



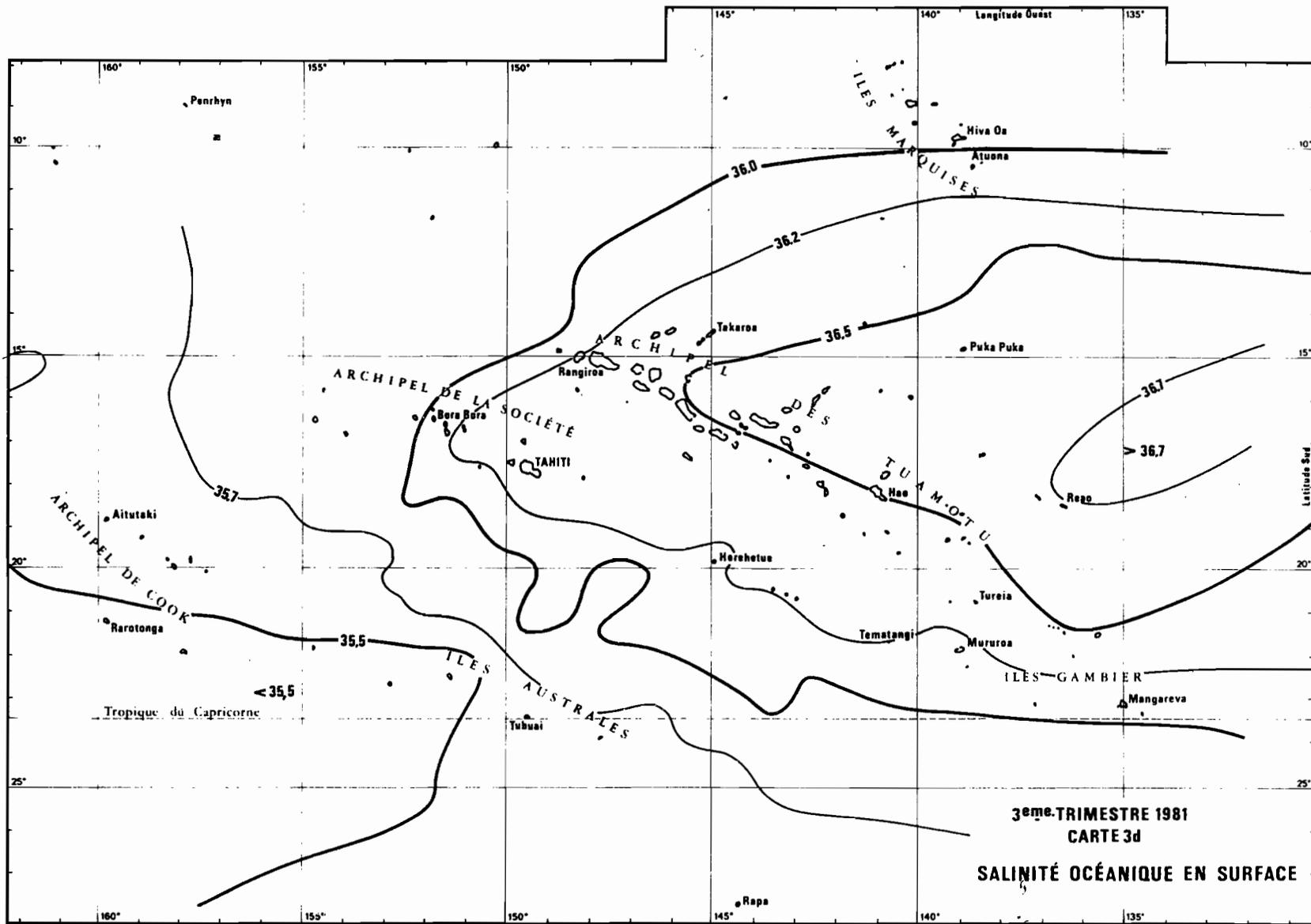
**3<sup>ème</sup> TRIMESTRE 1981**  
**CARTE 3c**  
**EVAPORATION VRAIE**  
**(ETP-P en cm)**  
**(Pes de valeur en Juillet)**

Evaporation vraie (Ev = ETP-P) - carte 3c -

Dans toute la Polynésie centrale, l'évaporation vraie est positive et dépasse 20 cm dans la zone TAHITI - TUAMOTU du centre. Cette situation est donc très proche de celle des 2 hivers précédents ce qui indique une grande stabilité dans le réajustement saisonnier des différents paramètres hydroclimatiques.

La ligne d'évaporation nulle  $Ev = 0$  passe au sud du tropique puis à l'est de RAROTONGA, fortement touché par les pluies de juillet. Aux Marquises, l'excédent en eau est du même ordre que celui des années précédentes, juin à août étant la période des plus fortes précipitations annuelles sur cet archipel : celui-ci se trouve alors sur l'axe zonal de convergence entre l'alizé de nord-est chaud et humide et l'alizé de sud-est plus frais et plus sec régi par les hautes pressions du sud ; le contact de ces masses d'air dont le point de rosée est sensiblement différent, engendre des précipitations qui peuvent être aggravées par effet orographique. De même l'insolation sur l'archipel fléchit significativement et a diminué de 38 heures en août à ATUONA. En septembre, les précipitations y sont anormalement élevées et atteignent de ce fait un excédent de 50 % depuis le début 1981.

Sur la Société, la tendance est évidemment inverse et le déficit pluviométrique est important et atteint des extrêmes en août - septembre. Cette période hivernale bien ventilée par les alizés est de plus celle où le taux d'humidité est le plus bas : 75 % en moyenne journalière à TAHITI - FAAA pour 79 % en moyenne annuelle.

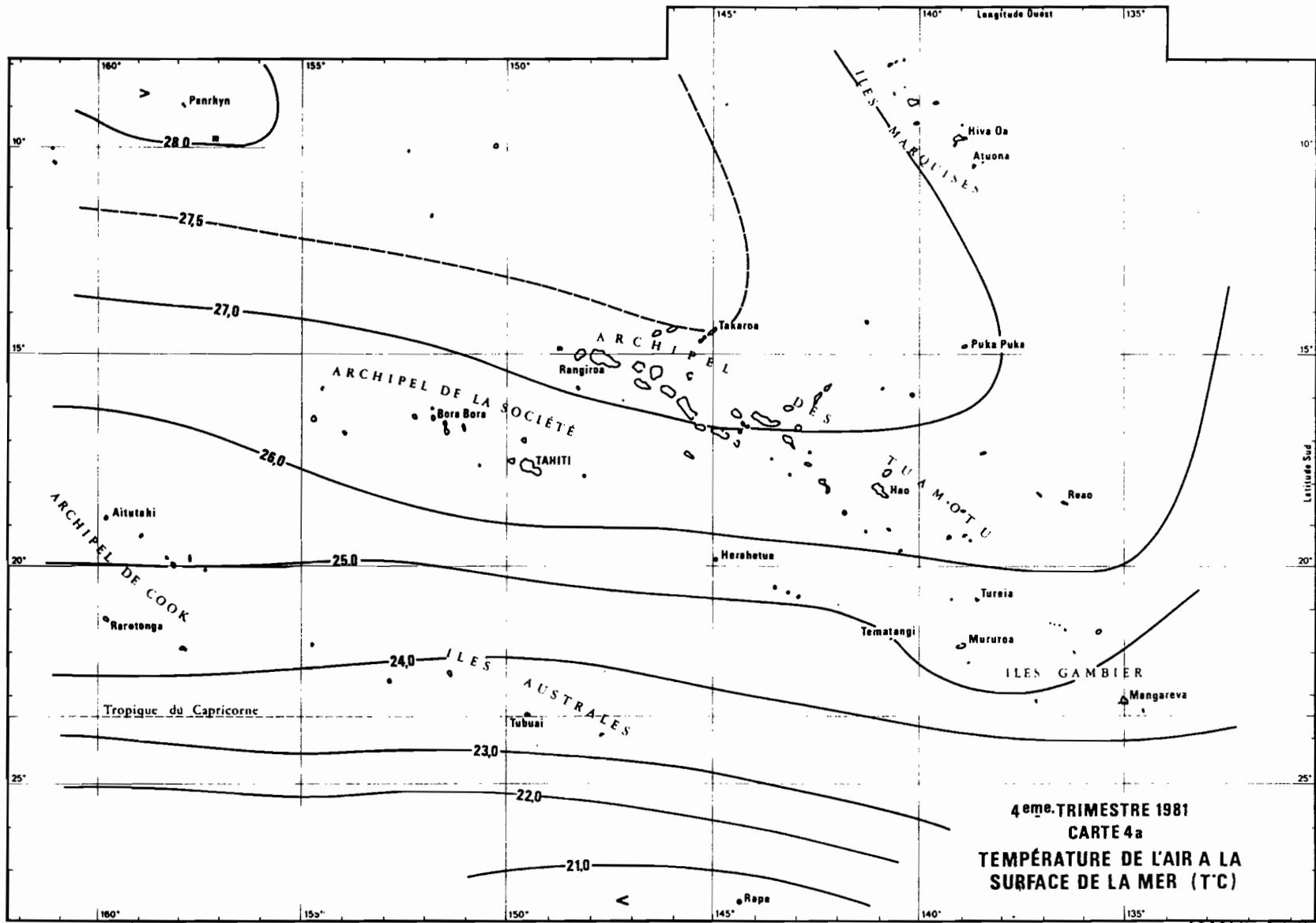


- Salinité Océanique de surface - carte 3 d -

Pendant ce trimestre d'hiver austral on note une forte poussée vers l'ouest du système salé oriental (Eau Subtropicale Sud), tous les archipels polynésiens, à l'exception des Australes et des Cook, étant baignés par des eaux de salinité supérieure à 36,0‰.

Cette dérive vers l'ouest de la cellule salée a été favorisée, par les conditions climatiques d'ensemble, franche reprise des alizés d'est-sud-est en Polynésie orientale et forte évaporation dans toute la partie centrale. Sur les Marquises, les précipitations ont été abondantes et l'approche par le sud-est du noyau salé a été identique à celui de l'hiver précédent. Toutefois la densité de données ne permet pas de se prononcer sur la position ni sur les caractéristiques du contre courant des Marquises, dont les analyses précédentes avaient montré le renforcement en Juillet - Août. Le flux et la dessalure de ce contre courant, normalement positionné entre 9 et 11° Sud, sont logiquement favorisés en hiver austral par la stabilisation à la latitude des Marquises de la Z.C.P.S. : celle-ci ayant été très active en 1981, il n'y a pas lieu de penser que le Contre Courant des Marquises ait pu régresser, par rapport à son régime moyen des années précédentes.

Dans l'archipel des Cook, la salinité moyenne atteint 35,5‰ ce qui constitue le maximum annuel, et permet de situer à l'ouest du méridien de RAROTONGA la limite maximale d'extension hivernale du Contre Courant Equatorial Sud. Cette saison, est par ailleurs celle où le flux de ce Contre Courant, à sa sortie de la mer des Salomon (10° sud, 170° est), est le plus faible et où sa salinité est la plus élevée (35,5‰), par suite du renforcement du champ des vents alizés sur tout le Pacifique tropical sud.



III-4 4ème TRIMESTRE 1981

Température de l'air à la surface de la mer (carte 4a)

L'ensemble polynésien subit, par rapport au trimestre précédent un réchauffement global de 1,2°C, ce chiffre étant doublé à la latitude du tropique. Dans le secteur nord-ouest, la température de l'air atteint à nouveau 28°C et reste inférieure à 27°C à l'est des Marquises.

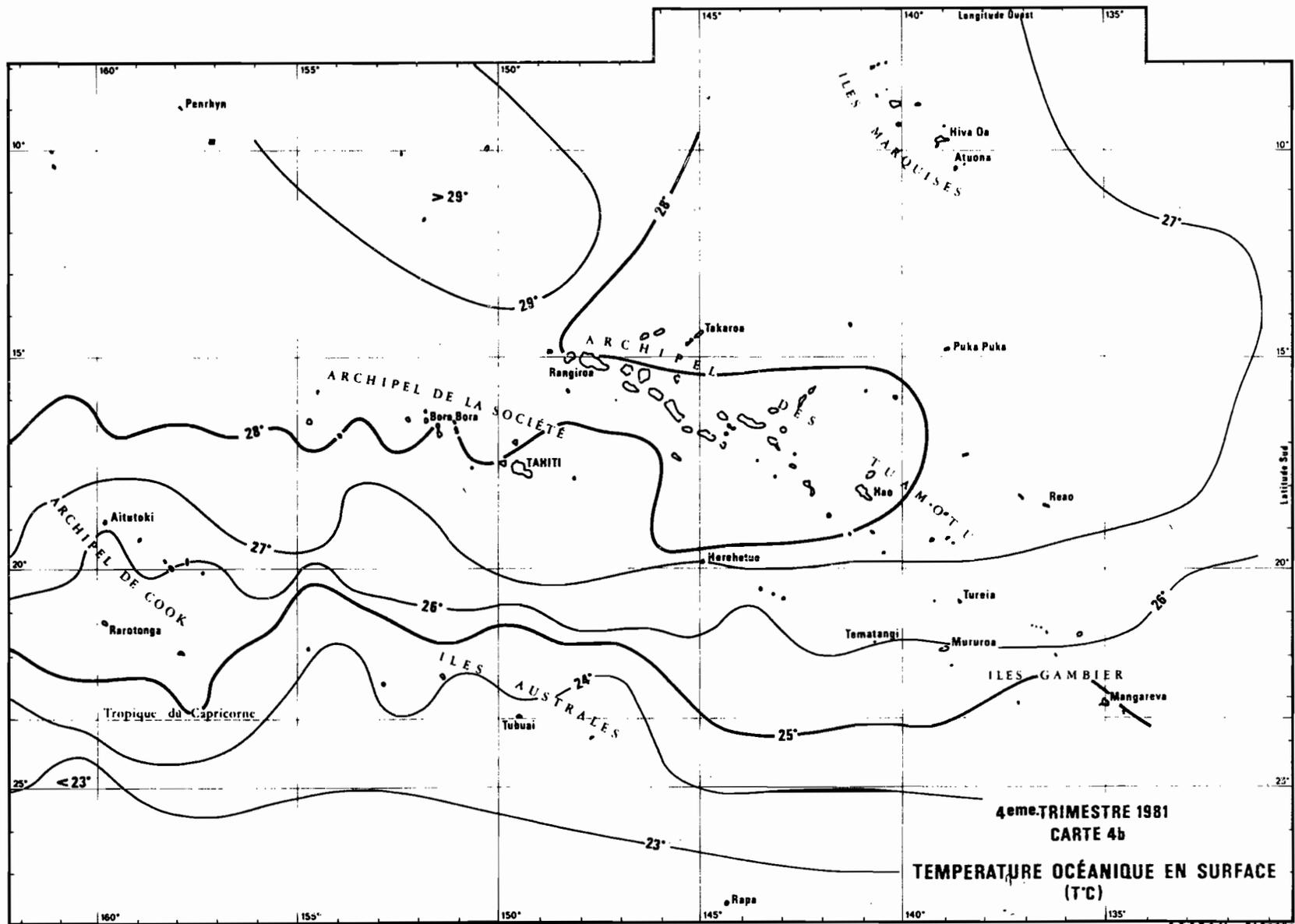
En octobre, les températures moyennes sont plus élevées que les normales saisonnières de 0,5°C à 1°C. Les pressions sont en revanche un peu faibles : l'écart négatif moyen est de 0,5 mb des Marquises à la Société et croit jusqu'à 2 mb à Rapa, ce qui traduit la faiblesse relative des anticycloniques subtropicaux et l'irrégularité des alizés.

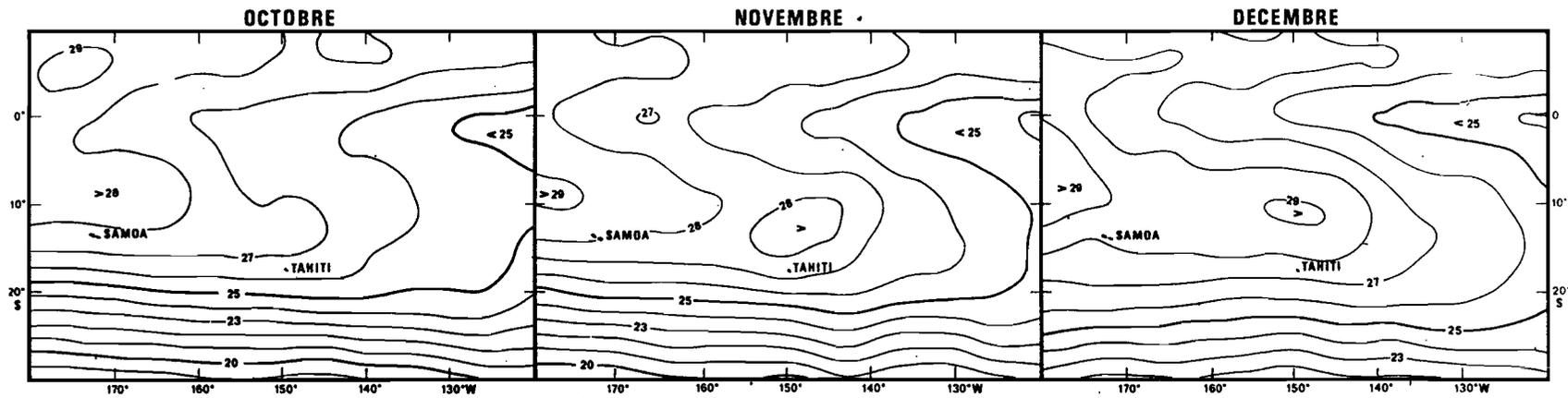
En novembre, le début de la saison chaude est marqué par "la persistance en haute troposphère d'une incursion méridienne qui favorise les cyclogenèses secondaires tout en renforçant la bande anticyclonique subtropicale", les alizés de sud-est soufflent, à la latitude du tropique entre 20 et 30 noeuds. A l'avant des creux d'ouest, les convergences d'alizés donnent naissance à de puissants foyers convectifs, générateurs de fortes précipitations.

En décembre, les températures moyennes sont en écart positif de même que le champ de pression (+ 2 mb à MORUROA).

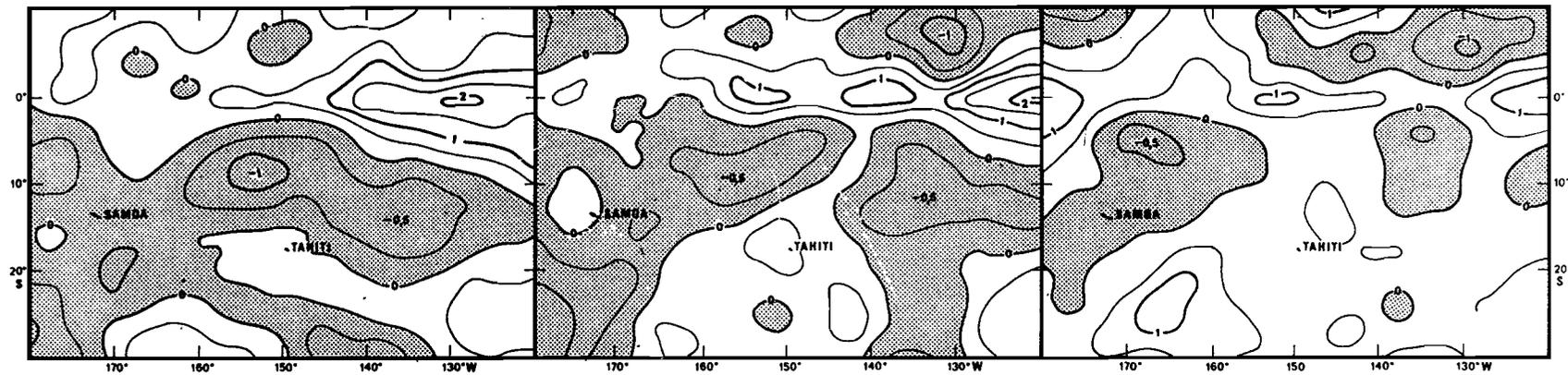
L'archipel des TUAMOTU a été particulièrement ensoleillé (+ 30 % à REAO) et soumis à un alizé d'est bien établi.







TEMPERATURE OCEANIQUE EN SURFACE (°C) - DONNEES NOAA - (OCEANOGRAPHIC MONTHLY SUMMARY)



4<sup>eme</sup>. TRIMESTRE 1981 - Cartes 4b' - ANOMALIE THERMIQUE PAR RAPPORT A LA MOYENNE MENSUELLE (°C)

Température Océanique en surface - carte 4 b

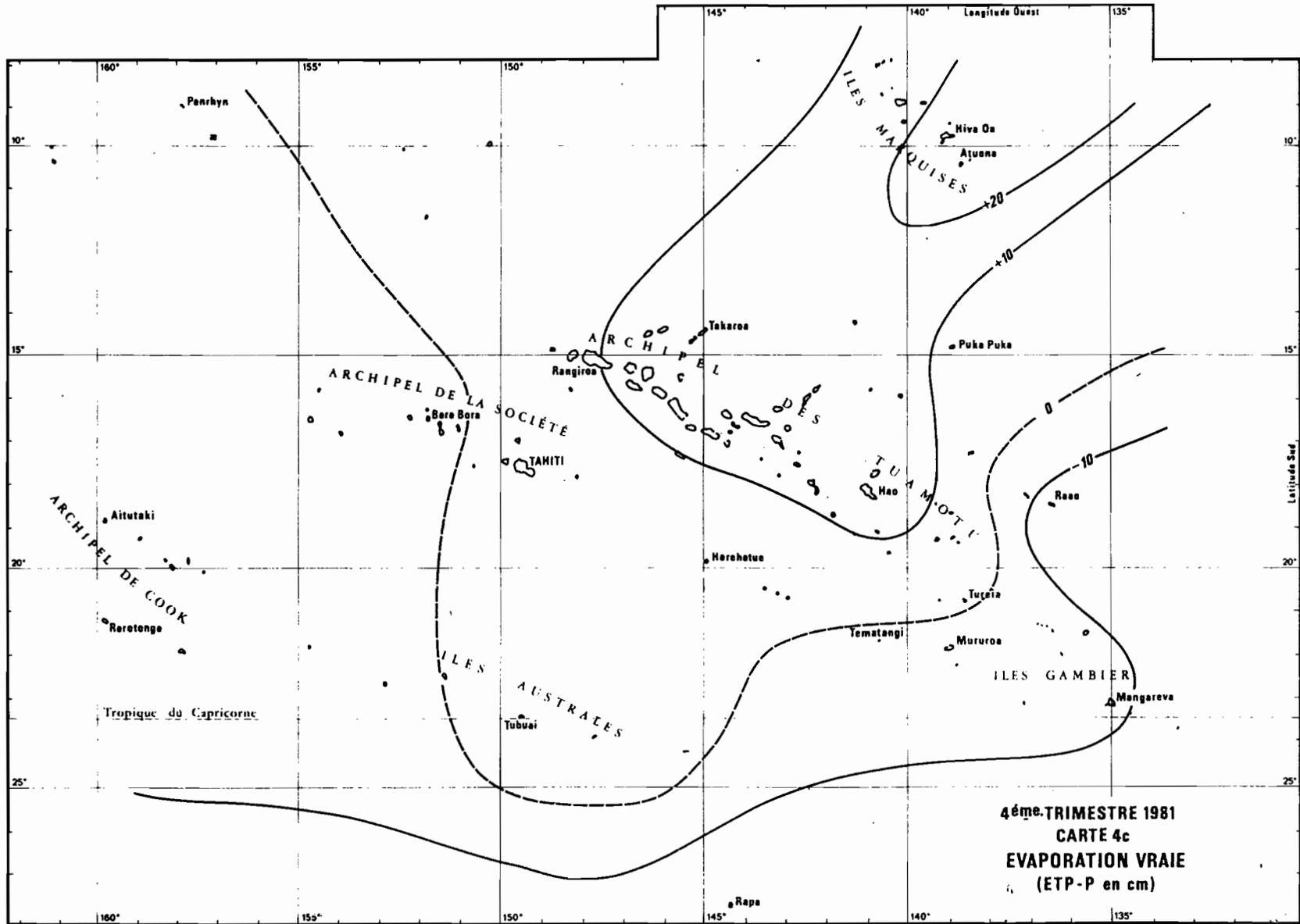
Pendant ce trimestre le réchauffement d'ensemble de la zone marine polynésienne atteint  $1^{\circ}$  C et se fait de façon suffisamment homogène pour que les gradients thermiques méridiens restent inchangés et de l'ordre de  $0,8^{\circ}$  C' / degré de latitude entre TAHITI et TUBUAI. La zone froide à l'est des Marquises ( $T < 26^{\circ}$  C) régresse fortement ce qui peut s'interpréter comme un affaiblissement conjugué du Courant Equatorial et de l'upwelling, par suite d'une baisse de puissance du régime d'alizé d'est. Dans le quadrant nord ouest, la réapparition de la couche isothermique  $29^{\circ}$  C est ponctuelle et beaucoup plus limitée qu'au 4-ème trimestre 1980.

- Cartes mensuelles (4 b') (Oceanographic Monthly Summary)

Octobre : Le Champ thermique de surface est peu différent de celui du mois précédent : refroidissement zonal important à la latitude des Marquises et maintient de l'anomalie positive dans la province tahitienne. Disparition de l'upwelling équatorial à l'est de  $150^{\circ}$  W.

Novembre : L'isotherme  $20^{\circ}$  C atteint à nouveau le parallèle  $30^{\circ}$  sud alors que des eaux à  $28^{\circ}$  C apparaissent au nord de Tahiti. L'upwelling équatoriale est quasi inexistant puisque toute la bande équatoriale  $180^{\circ}$ - $120^{\circ}$  W est en anomalie thermique positive.

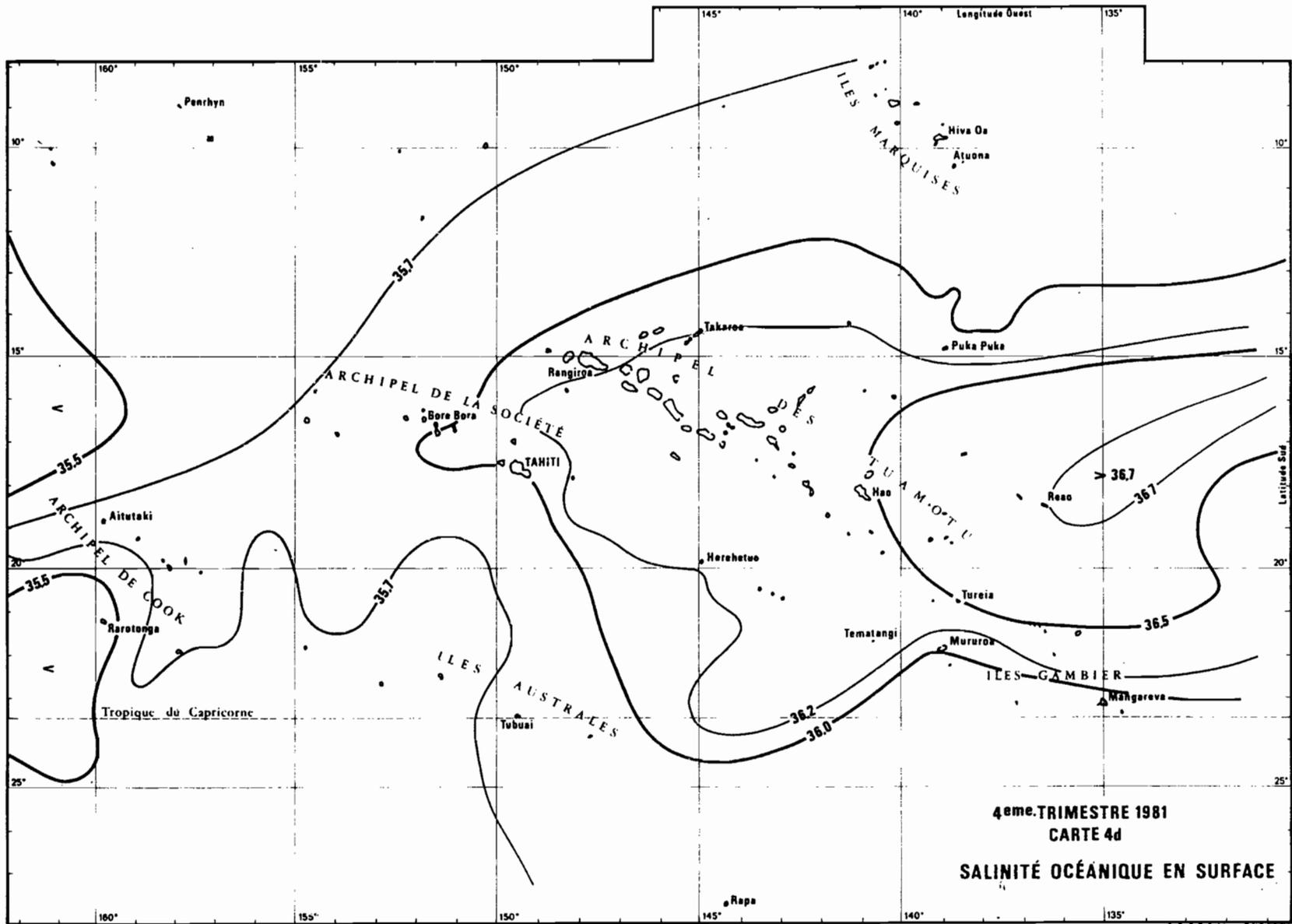
Décembre : Important réchauffement de la zone tropicale centrale dont l'anomalie négative tend à s'estomper ; corrélativement la bande équatoriale est en phase de refroidissement par le nord ce qui implique une reprise de l'upwelling sous l'action des alizés de nord-est.



Evaporation vraie (Ev = ETP-P) - carte 4c - :

Au cours du 4<sup>ème</sup> trimestre, le bilan hydrique révèle l'installation dans le secteur central et nord-est, d'une zone de forte évaporation avec des valeurs supérieures à + 20 cm aux Marquises. Sur cet archipel, la tendance s'est donc complètement inversée par rapport au trimestre précédent, alors qu'elle est restée identique sur l'axe AUSTRALES - TUAMOTU du centre. Aux Iles Sous le Vent, la forte sécheresse des mois précédents tend à s'estomper et les fortes pluies de la fin du trimestre entraînent à BORA-BORA un excédent de précipitations par rapport à l'évapotranspiration (Ev = - 47 mm). Le même phénomène est enregistré aux Gambier (RIKITEA) où les précipitations du trimestre ont dépassé chaque mois 140 mm. A REAO, atoll le plus oriental des TUAMOTU, les pluies exceptionnelles d'octobre et de novembre, dues à la poussée de creux barométriques vers le sud-est et à leur convergence avec les alizés, expliquent le très fort excédent trimestriel d'eau (Ev = - 156 mm) et ce malgré un minimum très marqué en décembre.

Au cours de ce mois, qui constitue "sensu stricto" le début de l'été, le déficit pluviométrique et l'insolation moyenne décroissent d'est en ouest c'est ainsi que l'insolation est très importante à REAO (+ 82 H) et déficitaire à TAHITI - FAAA (- 45H soit 25 % de moins que la normale). Sur les Cook du sud, le début de la saison des pluies est discret et le terme Ev, quoique restant négatif est très proche de la nullité. Les précipitations ont été en revanche exceptionnelles sur les Cook du centre et du Nord avec pour le trimestre un total de 84 cm à AITUTAKI et de 49 cm à PEN-RHYN. Pourtant sur cet atoll, l'humidité relative n'est que de 78 % en décembre, minimum mininorum de l'année (moyenne annuelle 82 %).



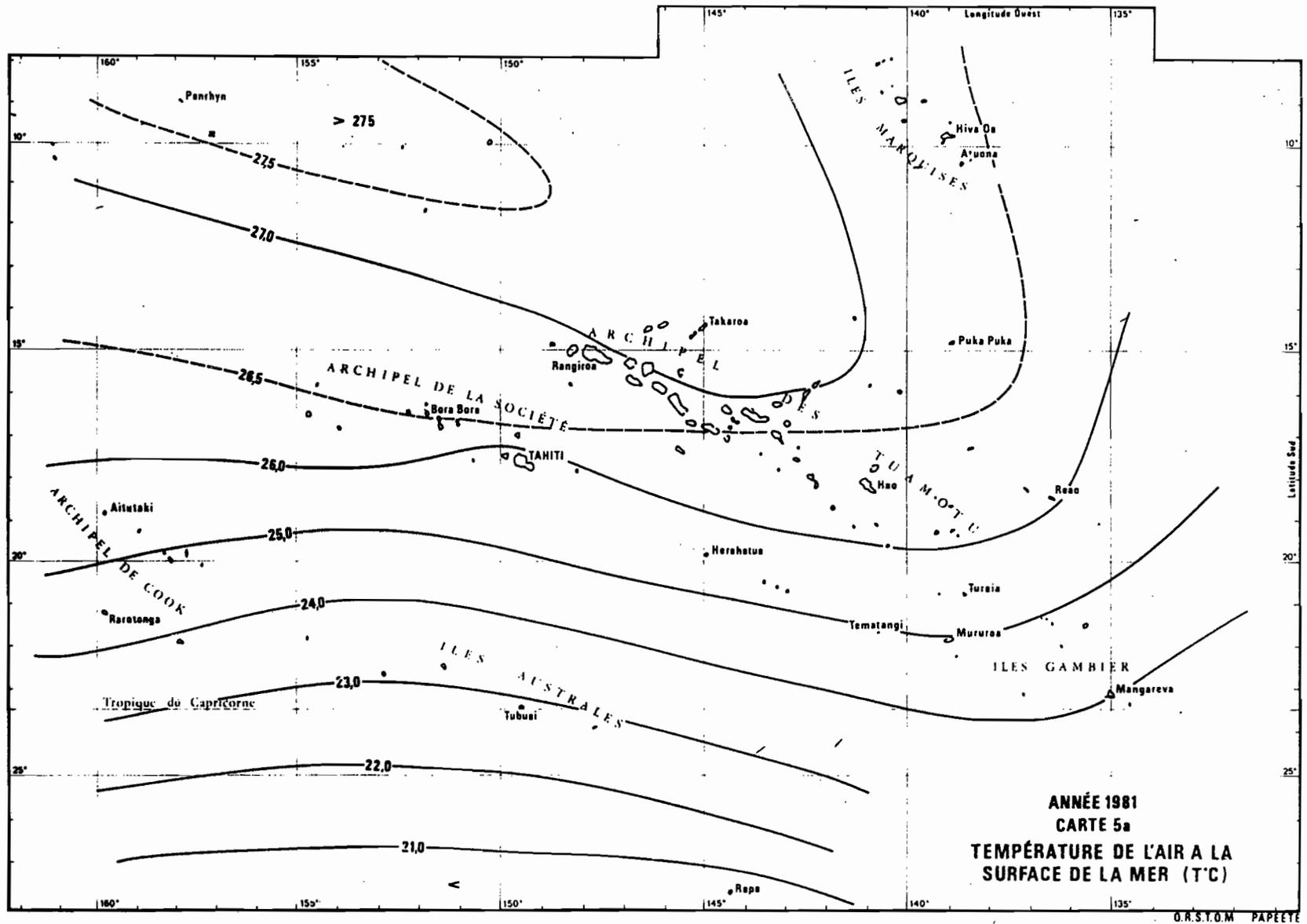
- Salinité Océanique de surface - carte 4 d -

Dans la Polynésie Orientale les couches superficielles les plus salées se maintiennent en place, le salinité atteignant comme au trimestre précédent  $36,7\text{‰}$  à REAO,  $36,5\text{‰}$  à HAO et  $36,0\text{‰}$  à TAHITI.

De plus la poussée vers l'ouest de cette eau salée atteint son amplitude maximale puisque l'isohaline  $35,7\text{‰}$ , localisée en Août à mi-distance entre les Cook et les îles Sous-Le-Vent, est maintenant aux abords de Rorotonga. La forme générale des isohalines  $35,7\text{‰}$  et  $36,6\text{‰}$  montre clairement cette dérive vers l'ouest / sud-ouest, logiquement déclenchée par la rotation des vents pendant ce trimestre : à la latitude de Tahiti ceux-ci ont soufflés essentiellement du secteur sud-est pendant l'hiver puis ont tourné au Nord-Est en Novembre, favorisant donc une advection marine dirigée vers le sud-ouest.

Cette reprise des alizés de nord-est s'est accompagnée, de l'archipel des Marquises jusqu'aux Australes, d'une forte évaporation ayant contribué à agumenter la charge en sel des eaux superficielles. Dans les TUAMOTU orientales toutefois, le bilan hydrique océan-atmosphère est négatif, ce qui est exceptionnel à pareille époque, mais provient de fortes chutes de pluies associés à des frontogenèses locales.

Ces précipitations ont d'ailleurs été assez ponctuelles et n'ont pas abaissé de façon significative la valeur moyenne de la salinité de l'Eau subtropicale Sud, l'extension spatiale vers l'ouest de la cellule délimitée par l'isohaline  $36,5\text{‰}$  étant presque aussi importante qu'à la fin de l'année 1980. De plus aux abords de MURUROA, le gradient méridien est plus élevé, du fait de la plus grande proximité, par rapport au tropique, du noyau très salé.



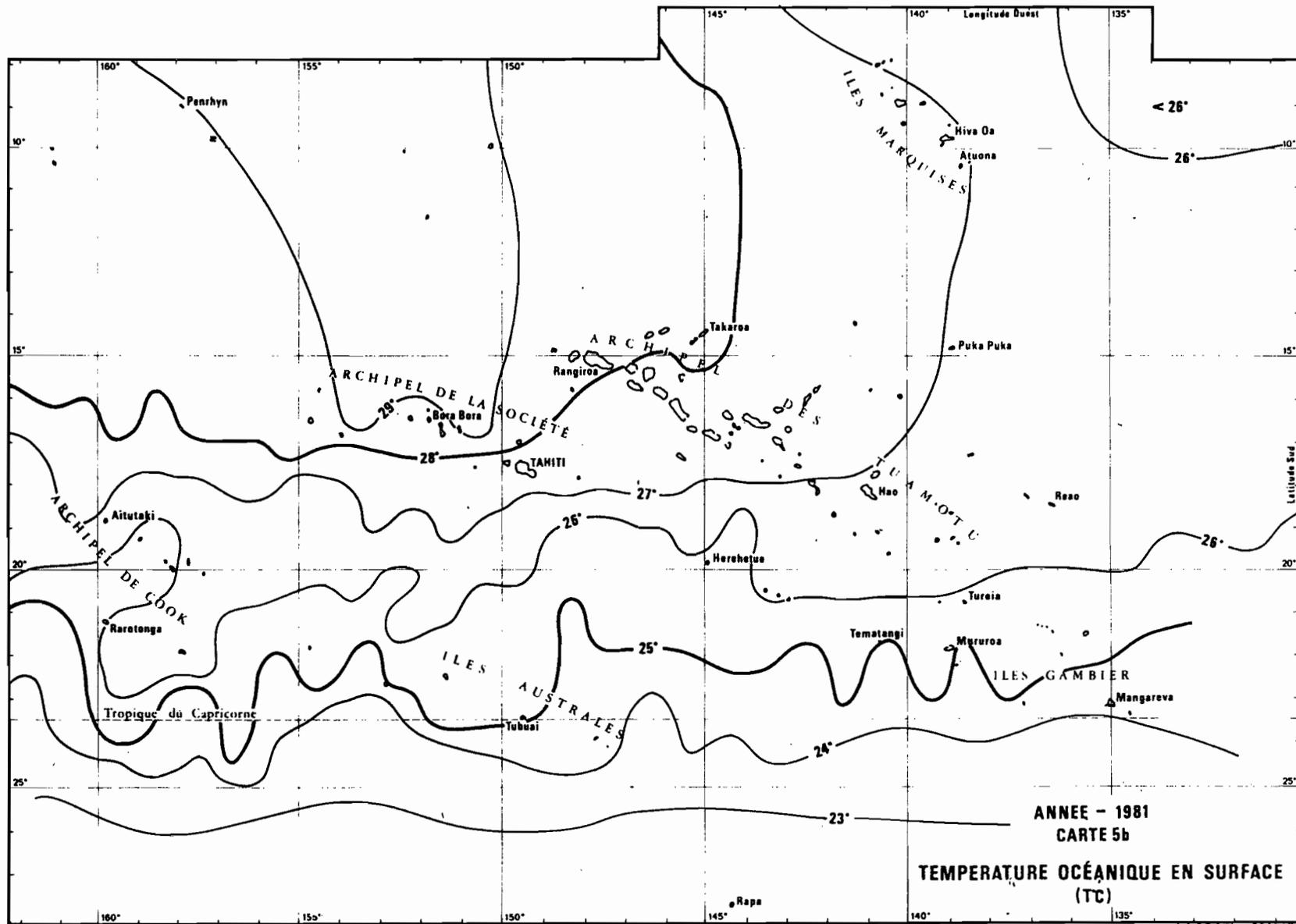
IV/ - SITUATION MOYENNE ANNUELLE

IV - 1 - Moyenne annuelles (établies par degré carré) :

Température de l'air à la surface de la mer (carte 5 a)

La disposition moyenne du champ thermique en 1981 s'écarte peu de celle décrite en cours des années précédentes, avec cependant la conservation d'une quantité de chaleur un peu plus élevée dans le secteur nord-ouest (atoll de PENRHYN). La valeur moyenne synoptique de la température de l'air aux 18 stations météorologiques principales est 25,50°C, chiffre très voisin de celui de l'année 1980 (25,63°C). Le tracé de l'isotherme 26,5°C, qui passe à la fois sur l'archipel de la Société (Tahiti) et sur celui des Marquises (HIVA HOA), permet de situer la limite d'influence directe des masses d'air équatoriales surchauffées ; le quadrant nord-ouest polynésien est aussi celui où l'ondulation thermique annuelle est inférieure à 2°C, ainsi qu'en témoignent les extrêmes thermiques moyens enregistrés sur l'atoll de TAKAROA : 26° en Août, 27°9 en Janvier.

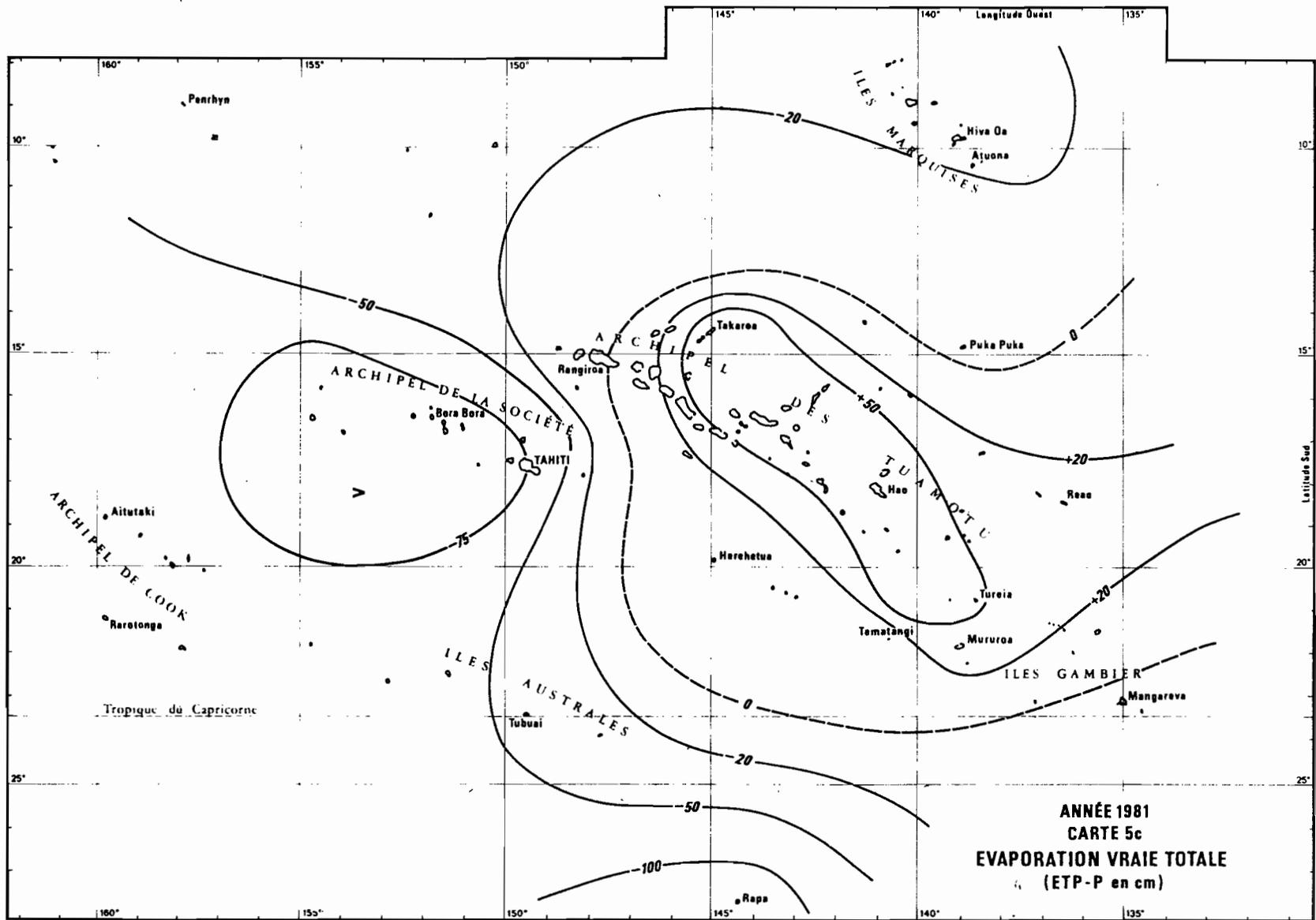
A partir de cette zone chaude, la décroissance thermique en direction du sud polynésien s'exprime par le tracé quasi zonal des isothermes alors qu'à l'est de l'archipel des Marquises les isothermes se réorientent selon un axe méridien : l'influence des alizés contrôlés par les hautes pressions centrées sur l'île de Pâques devient notable. A la latitude du Tropique le contenu thermique des basse couches atmosphériques est plus élevé sur les Gambier (RIKITEA) que sur les Australes (TUBUAI), conséquence de la plus forte poussée, à la longitude de cette île et à l'ouest de 145° ouest, des dépressions polaires d'hiver austral. Ce phénomène reste toutefois secondaire à l'échelle de la zone marine polynésienne et la pression barométrique synoptique moyenne, est de 1013, 8 mb pour une valeur synoptique sur le décade 1972-1982 de 1013, 6 mb. Il n'y a donc pas en 1982 de réarrangement anormal du champ de pression.



- Température Océanique en surface - carte 5 b -

La situation moyenne annuelle permet de préciser les grands traits de la distribution de chaleur au sein des couches océaniques superficielles en zone marine polynésienne. Ainsi que cela apparaissait nettement dans la carte annuelle de l'année précédente, le quadrant nord ouest est occupé en permanence par les eaux les plus chaudes, de température moyenne de l'ordre de  $29^{\circ}$  C. Plus à l'est la température diminue régulièrement et tombe en dessous de  $26^{\circ}$  C à l'est du méridien  $135^{\circ}$  ouest : cette zone océanique est sous l'influence directe de la grande dérive tropico-équatoriale orientale, ou Courant Equatorial, extension du courant froid du Pérou ; les cartes de température mensuelles (Oceanographic Monthly Summary, NOAA) ont également montré l'importance, sur le contenu thermique des couches de surface, des fluctuations de l'upwelling équatorial, lui même directement contrôlé par le régime des alizés d'est. A cet égard, le refroidissement global de  $1^{\circ}$  C de la zone océanique du nord-est des Marquises, constaté par rapport à l'année 1980, indique un renforcement sensible de la force de l'upwelling et de l'advection zonale vers l'ouest, donc du flux du Courant Equatorial. A la latitude des Marquises, la variation zonale de température est supérieure à  $3^{\circ}$  C entre  $135^{\circ}$  W et  $155^{\circ}$  W, du fait du réchauffement progressif des eaux superficielles dérivant vers l'ouest.

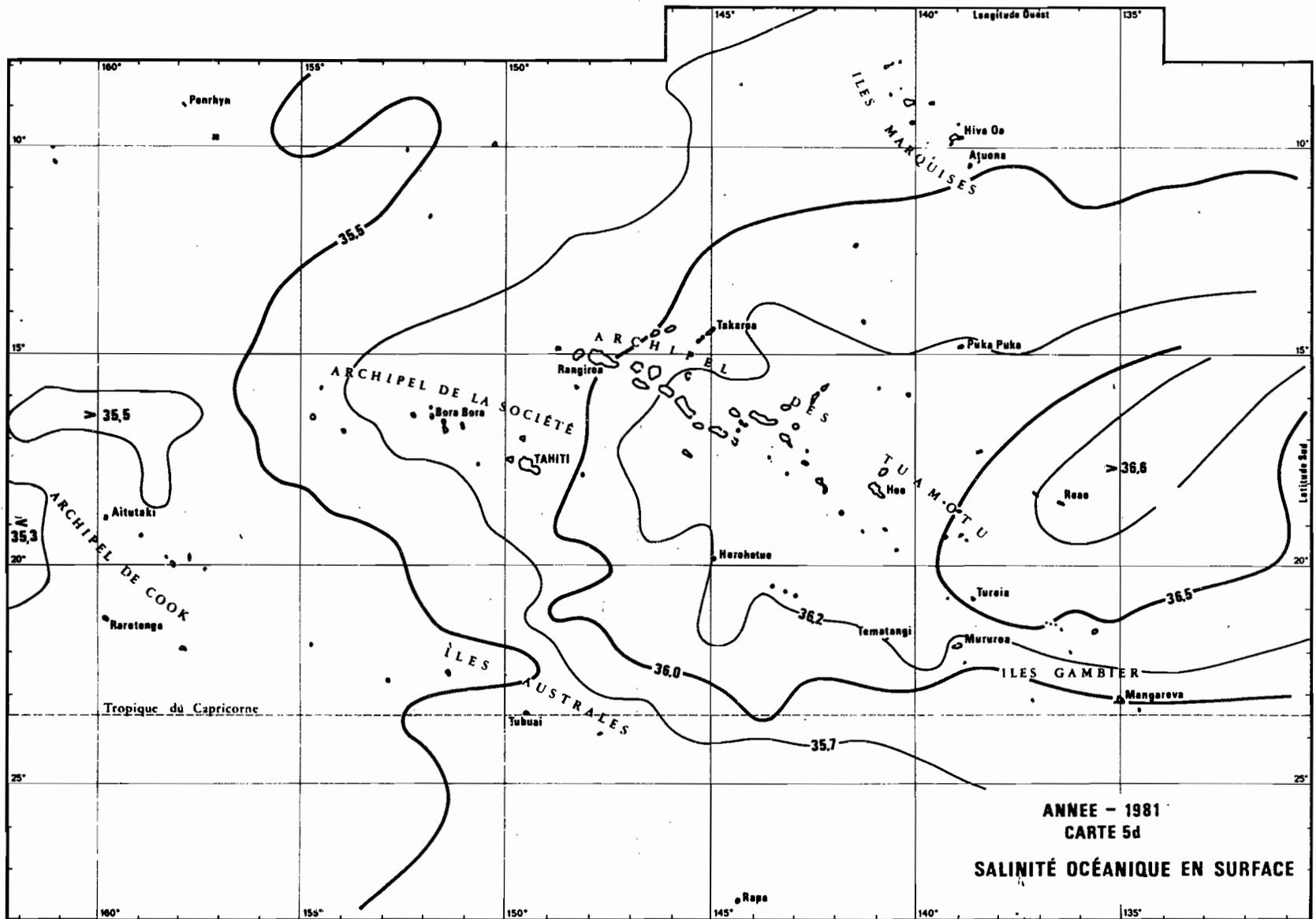
A partir de Tahiti, le gradient thermique de surface est négatif aussi bien vers le sud, avec une moyenne de  $-1^{\circ}$  C/ $2^{\circ}$  latitude, que vers l'est mais avec une amplitude plus faible. Le champ thermique du sud polynésien est peu différent de celui décrit en 1980, la température moyenne à la latitude du Tropique étant de l'ordre de  $24^{\circ}$  C ; la position moyenne des isothermes du quadrant sud ouest a peu varié en 1 an ce qui prouve que la plus grande pénétration vers le tropique des dépressions polaires hivernales a eu peu d'effet sur la circulation océanique d'ensemble. Par rapport à l'année 1980, le champ thermique moyen est globalement plus froid de  $0,5^{\circ}$  C, et donc très proche de celui de l'année 1979.



Evaporation vraie (Ev = ETP) - carte 5c -

La représentation de la distribution annuelle des lignes d'égalité d'évaporation vraie permet une approche quantitative du bilan des échanges d'eau à l'interface océan-atmosphère. Il apparaît ainsi qu'en 1981 seule l'archipel des TUAMOTU et la zone située à l'est de celui-ci ont subi une évaporation positive, supérieure à 50 cm dans les TUAMOTU du centre. Tous les autres archipels et leurs extensions marines ont reçu un excédent de précipitations, avec dans l'ordre croissant les Gambier (Ev = -2,5 cm), les Marquises (Ev = -21 cm), les Australes et les Cook du sud (Ev = -40 cm), la Société (Ev = -75 cm) et RAPA (Ev = -150 cm).

Le tracé de la ligne d'évaporation nulle  $Ev = 0$  se révèle assez semblable à celui de l'année précédente, bien que décalé vers le nord au niveau de l'archipel des Gambier. Dans son extension la plus occidentale, ce tracé suit comme les années précédentes le méridien  $147^{\circ}$  W et passe donc, entre l'atoll de RANGIROA (Ev = -8,3 cm) et celui de TAKAROA (Ev = + 50cm). Ce résultat global confirme que les TUAMOTU du Nord se trouvent dans la zone où s'équilibrent les influences de la zone aride du Pacifique central oriental d'une part, et celle soumise au front des alizés d'autre part. En 1981, les frontogénèses les plus actives, observée au premier et au 4ème trimestre sont alignées sur l'axe RAPA - TUBUAI - BORA-BORA - PENRHYN ; sur ces quatre îles les précipitations annuelles ont atteint respectivement 342 cm, 185 cm, 256 cm et 322 cm. Ces chiffres sont très significativement supérieurs à ceux de la moyenne des 15 années précédentes, sauf à TUBUAI où ils sont proches de la normale, et représentent un excès de 25 % pour RAPA, de 30 % pour BORA-BORA, et de 72 % pour PENRHYN : tout se passe comme si l'axe principal du front des alizés avait été à la fois moins fluctuant et légèrement décalé vers le nord-est : le couloir de plus forte nébulosité révélateur de la formation en été austral de la zone de Convergence du Pacifique Sud (Z.C.P.S.) est en effet généralement situé sur l'axe RAPA - RAROTONGA - SAMOA. En 1981, son influence sur les Cook du sud a été moindre, ce qui est confirmé par un léger déficit en eau à RAROTONGA. Sur les îles du vent, la tendance est évidemment inverse et la province marine tahitienne a reçu un excès de précipitations de l'ordre de 30 % (TAHITI FAATAI et TETIAROA) ce qui explique la forte valeur négative de l'évaporation vraie annuelle (Ev = - 50 cm). Celle-ci était en 1980 proche de zéro.



- Salinité Océanique en surface - carte 5 d -

A l'échelle de l'année, les grands traits de la distribution de sel des couches superficielles confirment la présence de part et d'autre de la Polynésie de deux systèmes dont les salinités sont très différentes ;

- dans l'est polynésien, et plus précisément à l'est de l'atoll de REAO, une cellule de salinité moyenne supérieure à  $36,6\text{‰}$  est caractéristique de la zone de formation de l'Eau Subtropicale Sud. Cette eau type, se forme en surface dans la zone de plus grande aridité du Pacifique central sud, zone où l'évaporation vraie annuelle a atteint, en 1981, un niveau compris entre 20 et 50 cm. La carte 5C indique par ailleurs que la zone de plus forte évaporation recouvre en 1981 les TUAMOTU du centre, la zone PUKA-PUKA-REAO historiquement la plus sèche ayant reçus en 1981 des pluies anormalement élevées. L'atoll de PUKA-PUKA se trouve ainsi en limite sud de la zone d'évaporation négative centrée sur les Marquises, ceci pouvant expliquer la position plus sud que l'année précédente, des isohalines  $36,2\text{‰}$  - L'extension occidentale de l'eau subtropicale salée (Courant Equatorial Sud) est en revanche identique, la position synoptique de l'isohaline  $36,0\text{‰}$  étant à nouveau proche du méridien  $148^\circ$  ouest, donc située à 200 km à l'est de TAHITI. Dans le sud le tracé de cette isohaline chevauche les parallèles  $21^\circ$  à  $23^\circ$  sud et, comme les 2 années précédentes, touche l'archipel des Gambier.

- dans l'ouest polynésien, une couche de salinité inférieure à  $35,3\text{‰}$ , occupe, entre les parallèles  $18^\circ$  et  $21^\circ$  sud, les Cook occidentales. Bien que ne coïncidant pas en 1981 avec la zone de précipitations maximales centrée sur les îles de la Société, les limites géographiques synoptiques de cette couche dessalée sont très proches de celles des années précédentes, ce qui indique pour le moins, une grande stabilité des équilibres géostrophiques et hydroclimatiques, qui régissent les variations spatio temporelles de ce système.

Entre les Cook et TAHITI, zone de pulsations, respectives et d'affrontements des 2 systèmes salés (Courant Equatorial Sud) et dessalés (Contre Courant Equatorial Sud), la valeur du champ halin moyen est intermédiaire et stabilisé autour de  $35,5 \pm 0,1\text{‰}$ . Toutefois ; le tracé de l'isohaline  $35,5\text{‰}$  est plus méridien en 1981 ce qui contribue au renforcement du front halin de Polynésie centrale, sur la bande de longitude  $155^\circ$  -  $147^\circ$  ouest et entre les latitudes  $12^\circ$  et  $23^\circ$  sud.

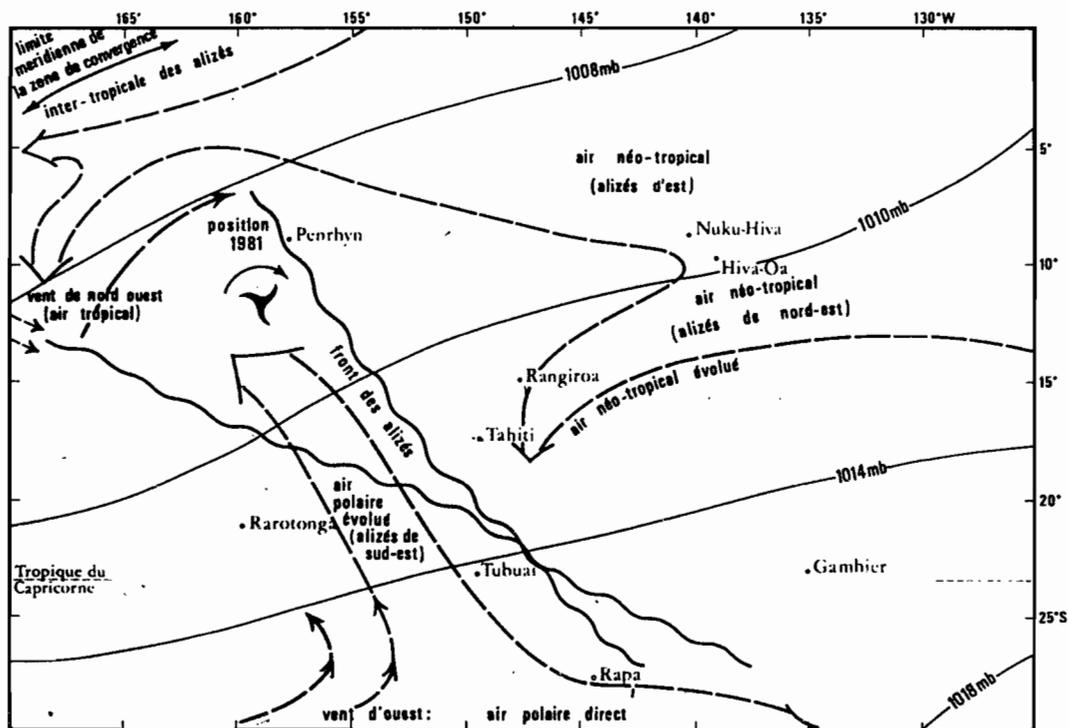


Fig.9a ÉTÉ AUSTRAL - SITUATION ISOBARIQUE MOYENNE ET CIRCULATION À 1000mb. (d'après CAUCHARD & INCHAUSPÉ)

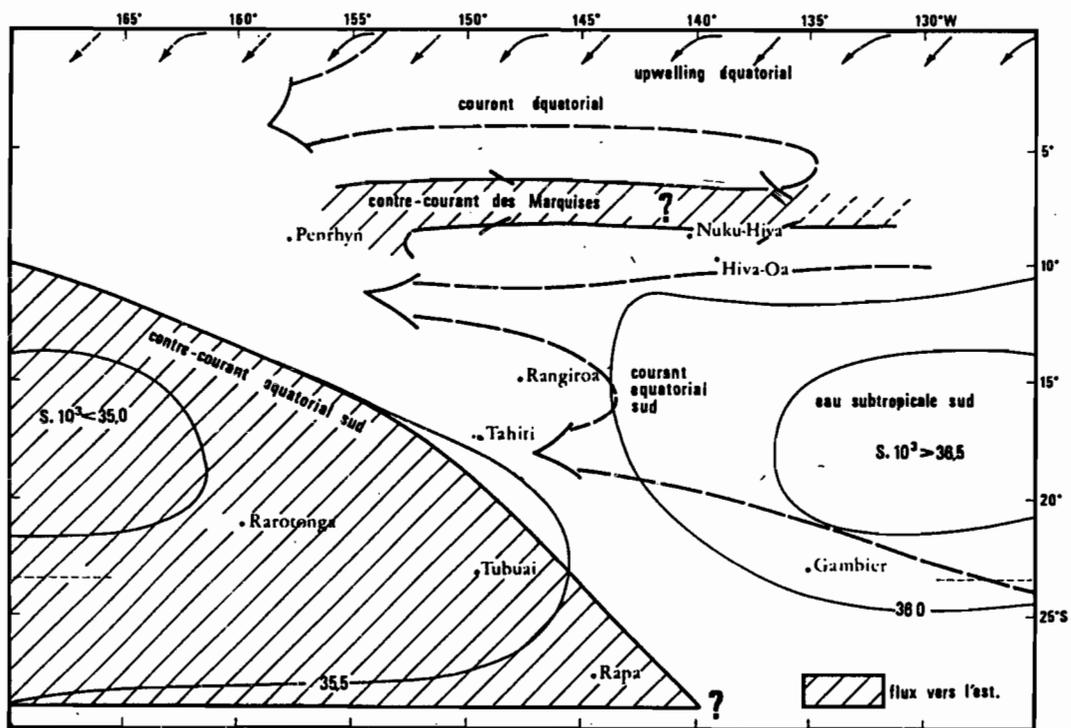


Fig.9b ÉTÉ AUSTRAL - SITUATION HYDROLOGIQUE MOYENNE ET CIRCULATION OCÉANIQUE DE SURFACE.

IV. 2 - Eléments de synthèse -

Toute analyse hydroclimatique postule à priori le caractère réversible des interactions entre les basses couches de l'atmosphère (troposphère) et la couche océanique superficielle, sans préjuger d'un sens privilégié dans lequel s'exerceraient ces interactions. Les différences d'inertie des deux systèmes et la spécificité des équilibres géostrophiques auxquels ils sont soumis, empêcheraient d'ailleurs de pouvoir proposer un modèle type d'interactions, valables en toutes zones et en toutes saisons. C'est pourquoi, nous nous limitons ici à schématiser les deux situations hydroclimatiques correspondant à l'été et à l'hiver austral de l'année 1981, sans perdre de vue le caractère forcément fluctuant de certaines limites hydrologiques, thermiques ou isobariques.

En été austral, (fig. 9a), la troposphère polynésienne est cisailée, selon l'axe SAMOA, COOK, AUSTRALES, par la Zone de Convergence des alizés du Pacifique Sud (Z.C .P.S.), ou front des alizés, qui délimite la zone d'affrontement entre les alizés du sud-est (air néo-polaire sec et frais) et les alizés de nord-est (air néo-tropical humide) ayant contourné l'anticyclone centré sur l'île de Pâques. Ce couloir de calmes plats et de précipitations intenses constitue à priori une zone de moindre résistance pour un flux marin coulant vers l'est. Dans le Pacifique occidental une structure analogue mais de plus grande ampleur, appelée Zone de Convergence Intertropicale des vents marque la confluence entre les alizés de l'hémisphère nord et ceux de l'hémisphère sud ; cette Convergence Intertropicale migre en été austral dans le Pacifique sud occidental, à l'ouest du méridien 160°W, et se stabilise normalement à la latitude moyenne de 10° sud.

Il y a donc en été austral une bande quasi-continue de convergences des vents entre le Pacifique sud-ouest et le Pacifique central. Ce couloir, où la tension du vent est minimale, constitue l'axe zonal privilégié d'écoulement du Contre-Courant Equatorial Sud qui transporte vers l'est des eaux dessalées issue du courant côtier de Nouvelle-Guinée et de la mer des Salomon. Ce contre-courant se renforce en été et atteint alors la Polynésie entre les îles de la Société et les Cook, où la dessalure initiale des eaux de surface est entretenue, voire renforcée, par les fortes pluies associées au front des alizés (fig. 9b). On a déjà noté qu'au cours des premiers mois de l'année

1981 le couloir des précipitations maximales passait sur l'axe PENRHYN - Iles Sous-le-Vent - RAPA, phénomène confirmé par la présence sur les Iles de la Société de la zone de plus forte évaporation négative ( $E_v > - 75 \text{ cm/an}$ ).

Ce déplacement du front des Alizés, stabilisé l'année précédente sur la ligne RAPA - RAROTONGA, correspond à une rotation de l'ordre de  $30^\circ$  de l'axe frontal vers le Nord, autour d'un pivot virtuel situé sur RAPA. Cela correspond à un renforcement de la tension du vent au sud de cette ligne, renforcement induit par fortes poussées en direction de la Polynésie Centrale, des dépressions polaires. La fréquence anormalement élevée des vents de sud-ouest a également infléchi la dérive océanique superficielle, repoussant vers le méridien  $155^\circ$  ouest, la limite des eaux de salinité intermédiaire, normalement située entre BORA-BORA et RAROTONGA. Quant au flux du Contre-Courant Equatorial Sud lui-même, il est difficile de savoir dans quelle mesure il a réagi à ce déséquilibre local, les données étant insuffisantes dans le triangle AITUTAKI - PENRHYN - BORA-BORA.

Au Sud du Tropique, les traits d'ensembles de la circulation océanique sont encore mal appréhendés, du fait de la présence de cellules tourbillonnaires à moyenne échelle (dérives des bouées du programme PEMG - GARP). Toutefois la dérive générale des eaux semble porter à l'est comme l'ont montré plusieurs missions du B.C.B. "MARARA" en 1979, 1980 et 1981. En Avril 1981 par exemple, malgré un alizé de sud-est bien établi, la dérive superficielle océanique était de  $15 \text{ cm/s}$  vers l'est, de  $22$  à  $32^\circ$  sud ; dans ce système, les salinités étaient inférieures à  $35,4\text{‰}$  sur une épaisseur de 60 mètres, jusqu'à la latitude  $27^\circ$  sud, limite sud du C.C.E.S. à cette époque de l'année.

Un deuxième contre-courant, initialement mis en évidence à la longitude de l'archipel des Marquises (DONGUY, ROTSCHI, 1970) est également présent à  $155^\circ$  W (premières données du programme NORPAX par TAFT et KOVALA, 1979). Ni l'origine de ce contre-courant, ni ses relations avec le Contre-Courant Equatorial Sud ou avec le Courant Equatorial ne sont pour l'instant précisément connues. Toutefois DONGUY et HENIN (1981) proposent dans leur schéma de la circulation de surface du Pacifique sud-ouest, une liaison dynamique directe entre ce contre-courant et une veine nord de retour du Courant Equatorial Sud. Il n'existe pas de données courantométriques, pendant le 1er semestre 1981, permettant de ne prononcer sur l'existence et les caractéristiques de ce Contre-Courant.

Dans l'est polynésien, la bande 10° sud - 23° sud est occupée en surface par une eau très salée, l'Eau Subtropicale sud. La position du noyau central de cette eau, où la salinité dépasse 36,7‰, correspond précisément à la zone de plus grande aridité du Pacifique central sud dont la température est à latitude égale, inférieure de 2 à 3°C à celle de la partie océanique ouest. Cette Eau Subtropicale Sud est donc une eau type se formant en surface par suite d'une intense évaporation ( $E_v > 50 \text{ cm/an}$ ), créée par des conditions météorologiques spécifiques : faibles précipitations, faible nébulosité, permanence d'alizés moyen à forts contrôlés par les hautes pressions centrées sur l'île de Pâques.

Ce régime d'alizé entretient une dérive générale des eaux de surface vers l'ouest, le Courant Equatorial Sud ; à cause de sa plus forte densité relative, l'Eau Subtropicale sud est progressivement recouverte dans sa dérive vers l'ouest par des eaux plus légères de type occidental : à la longitude de Tahiti, le coeur du noyau salé se trouve vers 100 mètres de profondeur et atteint 150 à 200 mètres sur le méridien 170° Est. Dans la bande équatoriale, également soumise aux alizés d'est, la dérive générale des eaux porte aussi à l'ouest (Courant Equatorial) et la force de l'upwelling équatoriale est directement proportionnelle à la vitesse de ce flux. Lorsque à l'ouest de 160° W, la zone de Convergence Intertropicale des vents se bloque à l'équateur, pendant les intersaisons ou au cours d'années exceptionnelles (1958, 1973), le Courant Equatorial et l'upwelling faiblissent et disparaissent de façon synchrone (DONGUY et HENIN, 1978). De ce fait les brutales augmentations de température à l'équateur qui apparaissent sur les cartes "Oceanographie Monthly Summary" sont des indices très probants de l'atténuation ou de la disparition de l'upwelling, et donc du régime d'alizés d'est ; En 1981, à la longitude des Marquises, ce phénomène a été le plus marqué en Juin, Septembre et surtout Octobre, mois où l'anomalie thermique positive a atteint + 2° C dans la bande équatoriale.

En Hiver Austral, (Fig.10 a), le système d'alizés de sud-est se renforce sur la Polynésie dont l'extrême sud est sporadiquement balayé par des perturbations d'origine polaire. Il s'ensuit que le front des alizés est moins nettement délimité et oscille entre sa position estivale et la latitude 10° sud ; ce fut le cas en Juin et Juillet où les précipitations aux Marquises furent intenses, ces pluies hivernales constituant une des particularités du climat marquisien, ainsi que l'ont souligné CAUCHARD et INCHAUSPE (1977).

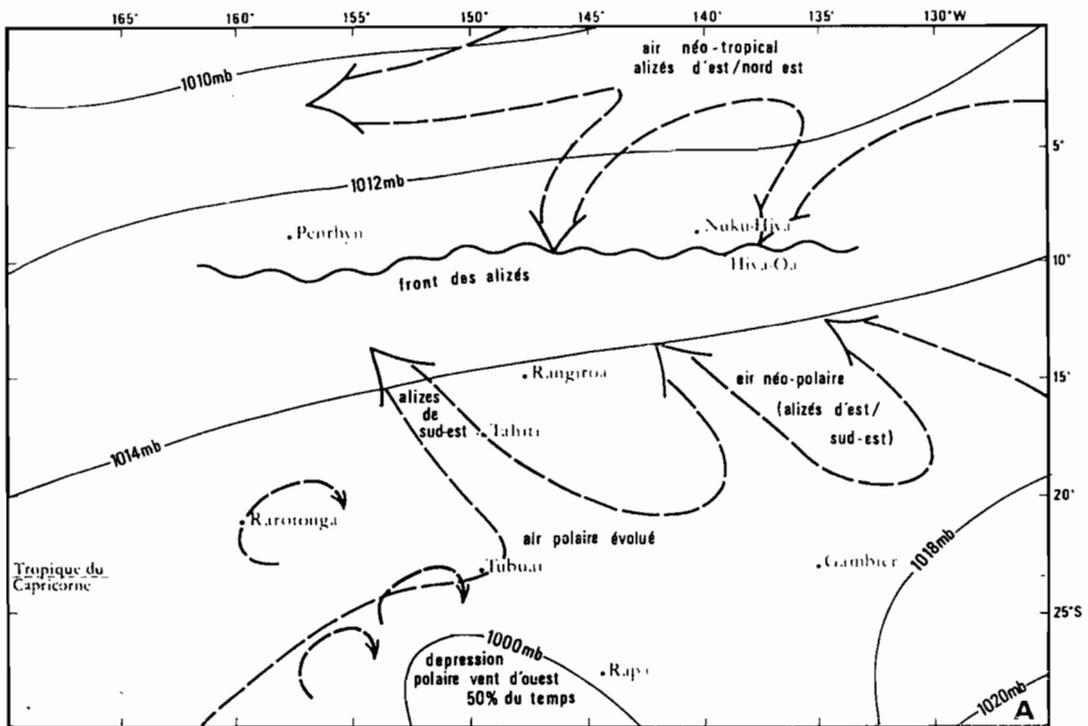


Fig.10a HIVER AUSTRAL - SITUATION ISOBARIQUE MOYENNE ET CIRCULATION A 1000 mb.

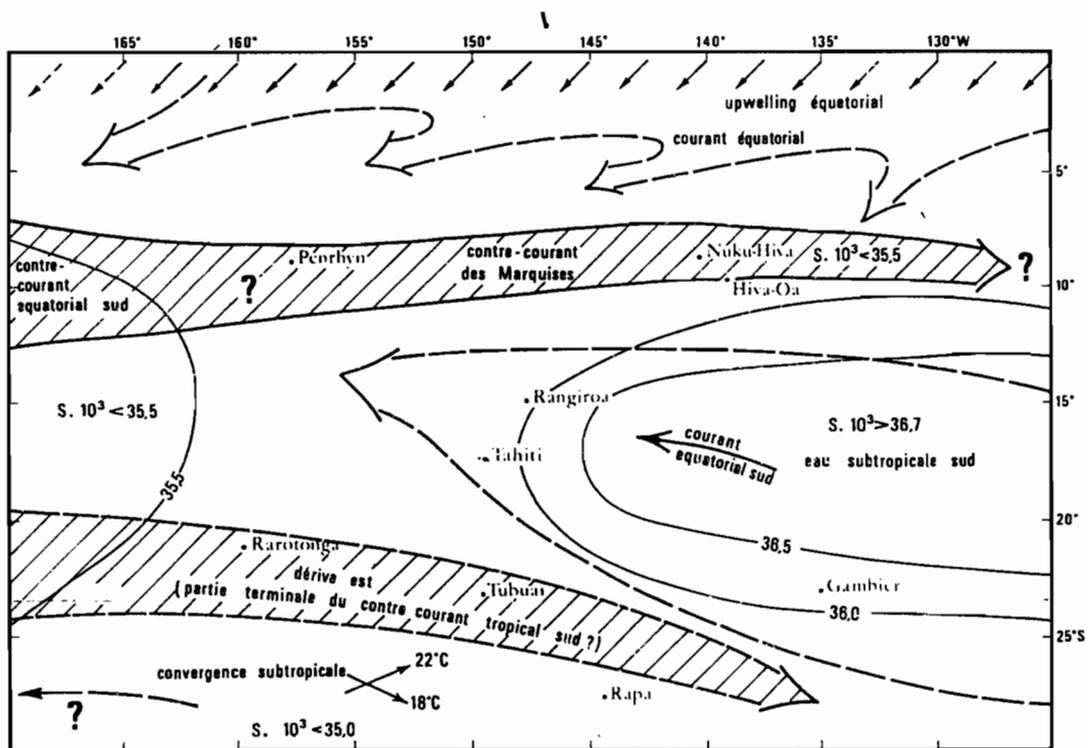


Fig.10b HIVER AUSTRAL SITUATION HYDROLOGIQUE MOYENNE ET CIRCULATION OCÉANIQUE DE SURFACE.

Au plan hydrologique (fig.10b), l'écoulement du contre-courant marquisien se trouve alors favorisé et sa salinité faiblit fortement, ainsi qu'on a pu le vérifier en Août 1981 (Mission du B.C\*.B. MARARA), quand la couche de salinité inférieure à 35,5‰ dépassait 50 mètres d'épaisseur. Le Contre Courant des Marquises étant donc, comme en hiver 1980, bien individualisé, sans que sa limite nord ni son extension zonale ne puissent être décrites. Dans leur synthèse hydroclimatique de 1981, DONGUY et HENIN estiment que, lorsque la Zone Intertropicale de Convergence du Pacifique est sur l'équateur, il y a continuité de flux vers l'est, le long de 10° sud entre les Salomon et les Marquises : le Contre-Courant Marquisien constituerait alors le prolongement saisonnier du Contre-Courant Equatorial Sud, ce qui expliquerait partiellement la dessalure de ses eaux, maintenue pour le moins par les fortes précipitations inhérentes à la zone de frontogénèse des alizés.

Il y aurait corrélativement disparition de la branche polynésienne du flux vers l'est entre les Cook et Tahiti et augmentation rapide de la salinité : celle-ci augmente effectivement en moyenne de 0,5‰ au cours du second semestre. De plus, pendant l'hiver, la cellule centrale de l'Eau Subtropicale sud se déplace vers l'ouest et arrive aux abords de Tahiti.

Au niveau de l'archipel des Australes, les données courantométriques d'hiver sont pratiquement inexistantes. Selon le modèle précité, la dérive vers l'est pourrait se maintenir et être favorisée par les coups de vent d'ouest de la période hivernale : Ce flux pouvait constituer la partie terminale du contre-courant tropical sud débouchant de la mer de corail entre la Nouvelle-Calédonie et le VANUATU et dont le sens d'écoulement est dirigé vers le sud-est.

Au sud du tropique, l'évènement hydrologique majeur est la migration vers le nord de la convergence subtropicale des eaux qui, en fin d'hiver se stabilise entre 25 et 30° sud ; le resserrement des isothermes 22 à 18° C est alors maximal et quasi permanent pendant le 4ème trimestre de l'année ; c'est donc la seule période de l'année où cette structure frontale apparaît de façon spectaculaire dans la Z.E.E. sud polynésienne et persiste suffisamment longtemps pour constituer éventuellement une barrière thermique de blocage de la faune zooplanctonique et une zone d'accumulation de prédateurs pélagiques. Les opérations de radiométrie aérienne menées dans cette zone en 1979 et 1980 n'ont toutefois pas permis de mettre en évidence de telles accumulations.

BIBLIOGRAPHIE CONSULTÉE :

- ANONYME - 1975 - Data Report - CLIMAX II Expedition - (August-October 1969).  
SCRIPPS Institution of Oceanography. S.I.O. Ref 75-6.
- AVIATION CIVILE - Mai 1979 - Vent, cyclones et houles en Polynésie Française.
- CAUCHARD G., INCHAUSPE J., 1976 - Le climat de la Polynésie.  
Météorologie tropicale VI<sup>o</sup>sér, N° 6.
- CAUCHARD G., INCHAUSPE J., 1977 - Le temps dans l'archipel des Marquises -  
Aperçu climatologique. Météorologie Nationale - Monogr.  
N° 100, 31 p.
- D'HAUSTESERRE M.A., 1960 - Les perturbations atmosphériques et le climat de la  
Polynésie Française. Météorologie Nationale Monogr. N° 18, 62 p.
- DONGUY J.R., ROTSCHE H., 1970 - Sur un courant Est dans le Pacifique Central  
Sud, C.R. Acad. Sci. Paris, série D, 271, 869-872.
- DONGUY J.R., HENIN C., ROUGERIE F., 1976a - Les contre-courants dans le Paci-  
fique tropical sud-ouest.  
Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., 14, 1, p. 15-26.
- DONGUY J.R., HENIN C., 1976b - Anomalous navifacial salinities in the Tropical  
Pacific Ocean. J. Mar. Res. 34, 3, o. 355-364.
- DONGUY J.R., HENIN C., 1978 - Hydroclimatic anomalies in the South Pacific.  
Océanologica Acta. Vol 1, N° 1, p. 25-30.
- DONGUY J.R., HENIN C., 1981 - Two types of hydroclimatic conditions in the  
south - Western Pacific. Oceanol Acta, 4, 1, p. 57-62.
- PATZERT W.C., BARNETT T.P., SESSIONS M.H. and KILONSKY B., 1978 - AXBT  
Observations of Tropical Pacific-Ocean Thermal Structure during the  
NORPAX HAWAII/TAHITI Shuttlexperiment. SCRIPPS Institution of Oceano-  
graphy. Ref. 78-24, 61 p.
- ROUGERIE F., MAREC L., GOURIOU Y., 1980 - Caractéristiques hydroclimatiques de  
la zone marine de Polynésie Française pendant l'année 1979. ORSTOM-  
PAPEETE - Notes et Documents d'Océanographie n° 80/28 - 64 p.
- ROUGERIE F. MAREC L., GOURIOU, 1981 - Caractéristique Hydroclimatiques de la  
zone marine polynésienne pendant l'année 1980  
ORSTOM-PAPEETE. - Notes et Doc. d'Océanogr. n° 8113 - 72 p.

- ROUGERIE F., LEBEAU A., GOURIOU Y., RAYMOND A., 1982. Relevés Océanogra-  
du B.C.B. "MARARA" dans le sud polynésien en 1979, 1980 et  
1981.  
Rapport CEA - R - 5155 - 43 p.
- ROUGERIE F., 1981 - Evaporation and salinity survey in french Polynesia.  
TOAN Newsletter - Number 7 -
- ROTSCHI H. , HISARD Ph. et JARRIGE F., 1972 - Les eaux du Pacifique occi-  
dental à 170° Est entre 20° Sud et 4° Nord.  
Travaux et documents de l'ORSTOM. N° 19. 113 p.
- TAFT B., KOVALA P., 1979 - Température, salinity sections along 150° W  
from NORPAX Shuttle Experiment (1976-1978). Seattle, University  
of Washington - Ref. M. 79-17, 28 p.
- WYRTKI K., FIRING D., KNOX R., Mc. NALLY G.J., PATZERT W.C, STROUP E.D.,  
TAFT B.A., WILLIAMS R., 1981 - The HAWAII to TAHITI  
Shuttle Experiment. Science. Vol. 211, N° 4484, p. 22-28.
- METEOROLOGIE NATIONALE - 1979 - Projet Marisonde - Bouées pour P.E.M.G.

## 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 PÁSTUREL qui a pu par ailleurs obtenir du "New Zealand Meteorological Service" les données concernant les îles Cook.

Nos vifs 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 et ce avec une constance jamais en défaut.

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.

## PUBLICATIONS DANS LA SERIE

"Notes et Documents d'Océanographie"  
du Centre ORSTOM de Tahiti

---

### Numéro

- 9 - JAMES (P.) - 1980 - Note sur la pêche bonitière à Uturoa (Raiatea) Août 1980. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 9 : 17 p.
- 10 - JAMES (P.) - 1980 - Rapport de la mission d'étude de la pêche lagonnaire à Raiatea et Tahaa (Iles Sous-le-Vent). ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 10 : 19 p.
- 11 - FOURMANOIR (P.) et CHABANNE (J.) - 1980 - Pêche à la palangre profonde en Polynésie Française. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 11 : 19 p.
- 12 - ROUGERIE (F.), MAREC (L.) et GOURIOU (Y.) - 1980 - Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine de Polynésie Française pendant l'année 1979. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 12 : 64 p.
- 13 - ROUGERIE (F.), MAREC (L.) et GOURIOU (Y.) - 1981 - Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine polynésienne pendant l'année 1980. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr. 13 : 72 p.
- 14 - JAMES (P.) - 1982 - L'appât vivant dans les Tuamotu du Nord-Ouest (Polynésie Française). ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr. 14 : 54 p.
- 15 - CHABANNE (J.), MAREC (L.) et ASINE (A.) - 1981 - La pêche bonitière en Polynésie Française en 1980. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 15 : 30 p.
- 16 - INTES (A.) - 1982 - La nacre en Polynésie Française. (*Pinctada margaritifera* Linné, Mollusca, Bivalvia). Evolution des stocks naturels et de leur exploitation. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 16 : 46 p.
- 17 - CHABANNE (J.) et GALLET (F.) - 1982 - La pêche bonitière en Polynésie Française en 1981. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 17 : 30 p.
- 18 - ROUGERIE (F.), MAREC (L.) et PICARD (E.P.) - 1982 - Caractéristiques hydroclimatiques de la zone marine polynésienne pendant l'année 1981. ORSTOM Tahiti, Notes et Doc. Océanogr., 18 : 75 p.