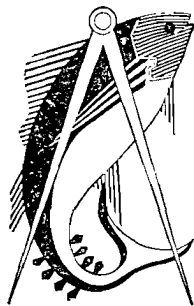


J. MERLE

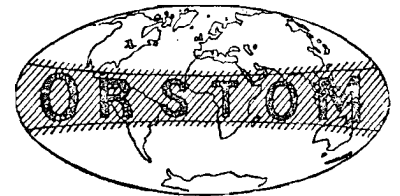
**CONDITIONS HYDROLOGIQUES SAISONNIERES
DE LA MARGE CONTINENTALE du GABON et du CONGO
(de 1° N à 6° S)
ETUDE DESCRIPTIVE**



OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

DOCUMENTS SCIENTIFIQUES DU CENTRE DE POINTE-NOIRE

Nouvelle Série N° 27



1^{er} Septembre 1972

CONDITIONS HYDROLOGIQUES SAISONNIERES DE LA MARGE
CONTINENTALE DU GABON ET DU CONGO (De 1°N à 6°S).

ETUDE DESCRIPTIVE

Projet F.A.O. - UNDP/SF/217/CON(B).

MERLE Jacques
Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire *

×

Document n° 27 N.S.
1er ~~Sept~~ Sept 1972.

* Outre les personnes ayant dirigé et exécuté les campagnes deux personnes ont participé directement au dépouillement et à l'interprétation des données dont ce rapport est l'objet, il s'agit de Messieurs GUILLERM et PIANET appartenant tous les deux au Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire.

S O M M A I R E

Résumé et Abstract.

Introduction.

1. Conditions hydrologiques générales du Golfe de Guinée.
 - 1.1. Masses d'eau et catégories d'eaux.
 - 1.1.1. Eaux superficielles.
 - 1.1.2. Eaux centrales.
 - 1.2. Circulations superficielles.
 - 1.3. Saisons marines.

2. Conditions hydrologiques de la région côtière Gabon-Congo.
 - 2.1. Evolutions hydroclimatiques saisonnières.
 - 2.1.1. Evolution de la température.
 - 2.1.2. Evolution de la salinité et de la teneur en oxygène.
 - 2.1.3. Evolution et migrations des eaux superficielles.
 - 2.2. Upwelling.
 - 2.3. Influences continentales.
 - 2.4. Circulation.

3. Conclusions.

Bibliographie.



R E S U M E

7 campagnes comportant des mesures d'hydrologie (température, salinité, teneur en oxygène) ont été réalisées entre mai 1968 et juillet 1969 dans les eaux côtières du Gabon et du Congo. Ces campagnes entraient dans le cadre d'un projet de développement de la pêche pélagique côtière organisé par la F.A.O. La région étudiée, bien que voisine de l'équateur géographique (de 1°N à 6°S), est située dans une zone d'alternances saisonnières bien marquées. La température surtout mais aussi la salinité des eaux superficielles traduisent jusqu'à une profondeur pouvant dépasser 100 mètres l'influence du passage des saisons.

En hiver boréal (saisons chaudes) une couche d'eaux chaudes dessalées et claires (eaux Guinéennes) recouvre l'ensemble de la région uniformisant ses caractères. En été boréal (saisons froides), au contraire, une zone d'upwellings côtiers se prolongeant par une aire de divergence individualise assez nettement, du Nord au Sud, 3 faciès hydrologiques distincts.

Dans la partie la plus Sud de la région, enfin, des influences continentales dues essentiellement au voisinage immédiat de l'estuaire du Congo se marquent en toutes saisons par la présence d'une mince couche d'eau particulièrement dessalée et turbide.

A B S T R A C T

Seven cruises including hydrological studies (temperature, salinity, oxygene) have been made between may 1968 and july 1969 within the coastal waters of Gabon and Congo. They were a part of a general project of development of coastal pelagic fisheries, organized by F.A.O. Although very near of the equator (1°N - 6°S), the region considered is submitted to

sharp seasonal variations. This is true mostly for temperature, but also within a smaller range for the salinity of superficial waters, as deep as 100 meters depth.

During northern winter (warm seasons), a warm clear layer of low salinity (Guinean waters) stretches over the whole region. As a result the hydrological characteristics have rather uniform properties. On the contrary during northern summer (cold seasons) coastal upwellings appear lengthened by an area of divergence. Then, three different hydrological regions can be distinguished from north to south.

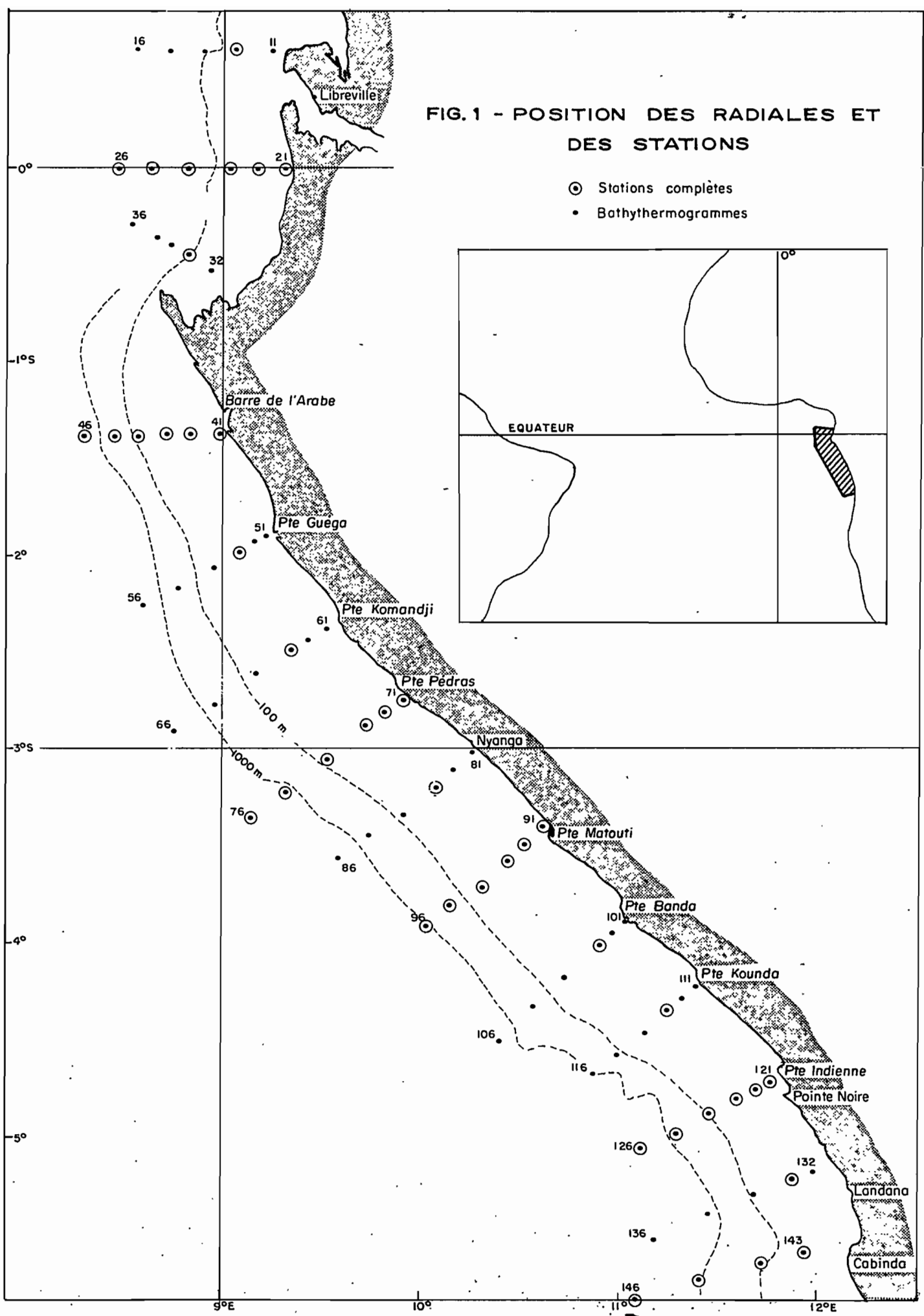
More over, in the southern part of the region continental influences coming mostly from the Congo estuary, produce within all season a thin layer of water with very low salinity and high turbidity.

+

+ +

FIG.1 - POSITION DES RADIALES ET
DES STATIONS

- ⊙ Stations complètes
- Bathythermogrammes



INTRODUCTION

Dans le cadre du projet de développement de la pêche pélagique côtière organisé par la F.A.O. (UNDP/SF/217/CON(B) sept campagnes hydrologie et zooplancton (OM 36 - OM 37 - OM 38 - OM 39 - OM 40 - OM 41 - OM 43) ont été réalisées de mai 1968 à juillet 1969 par le Centre O.R.S.T.O.M. de Pointe-Noire.

Ce rapport est une interprétation descriptive des mesures hydrologiques réalisées au cours de ces campagnes.

La zone étudiée s'étend du Cap Esterias (0°30'N) au Cabinda (6°S) et comprend 14 radiales perpendiculaires à la côte allant jusqu'aux fonds de 1500 mètres et comportant 4 à 6 stations (fig. 1). Seulement 6 de ces radiales ont été décrites complètement avec des mesures de salinité, d'oxygène et de température.

L'organisation des campagnes, les méthodes de mesures et une esquisse des résultats hydrologiques obtenus à chaque campagne ont été décrits par DESSIER et PIANET dans le rapport "Répartition et abondance des oeufs et larves de clupeidae et engraulidae des côtes du Congo et du Gabon en 1968-69. Aperçu sur les conditions physico-chimiques et biologiques du milieu" (DESSIER, PIANET, 1971). Les données sont disponibles au W.D.C.A. à Washington (U.S.A.).

Rappelons les dates d'exécution de ces campagnes :

- Campagne n° 1 (OM 36) du 7 au 16 mai 1968
- Campagne n° 2 (OM 37) du 29 juillet au 15 août 1968
- Campagne n° 3 (OM 38) du 18 au 26 septembre 1968 †
- Campagne n° 4 (OM 39) du 19 au 28 novembre 1968
- Campagne n° 5 (OM 40) du 26 janvier au 3 février 1969
- Campagne n° 6 (OM 41) du 20 au 30 mars 1969
- Campagne n° 7 (OM 43) du 9 au 17 juillet 1969

Seules les mesures de température, salinité, teneur en oxygène, transparence et couleur de la mer, ont été retenues pour cette étude.

† Deux radiales (4 et 5) n'ont pas été exécutées au cours de la campagne n° 3 (OM 38).

1. - CONDITIONS HYDROLOGIQUES GENERALES
DU GOLFE DE GUINEE

La région étudiée se situe dans la zone intertropicale de l'océan Atlantique sur le rebord ouest du continent Africain. Il est utile de situer cette région par rapport aux caractères hydrologiques généraux de la zone intertropicale Atlantique Sud. Nous retiendrons les 3 aspects suivants :

- Masses d'eau et catégories d'eau
- Circulation superficielle
- Evolutions saisonnières.

1.1. Masses d'eau - Catégories d'eau

Nous considérerons seulement les eaux superficielles et les eaux centrales.

1.1.1. Eaux superficielles (catégories d'eau)

Depuis SVERDRUP on considère généralement dans la zone intertropicale 2 catégories d'eaux superficielles :

- Les eaux Tropicales ou subtropicales relativement froides (18°-25°) et salées.
- Les eaux équatoriales plus chaudes et moins salées qui recouvrent les premières dans la zone proprement équatoriale.

Ces deux catégories d'eaux superficielles sont généralement séparées par une zone frontale thermique dont la position varie avec l'alternance des saisons (de l'équateur à 20°S environ pour l'Atlantique Sud). Le Golfe de Guinée cependant, par sa situation particulière, est le siège d'influences continentales importantes difficilement négligeables ; BERRIT étudiant le premier les eaux superficielles de cette région fut amené à proposer une classification particulière des eaux superficielles du Golfe de Guinée ; rappelons cette classification.

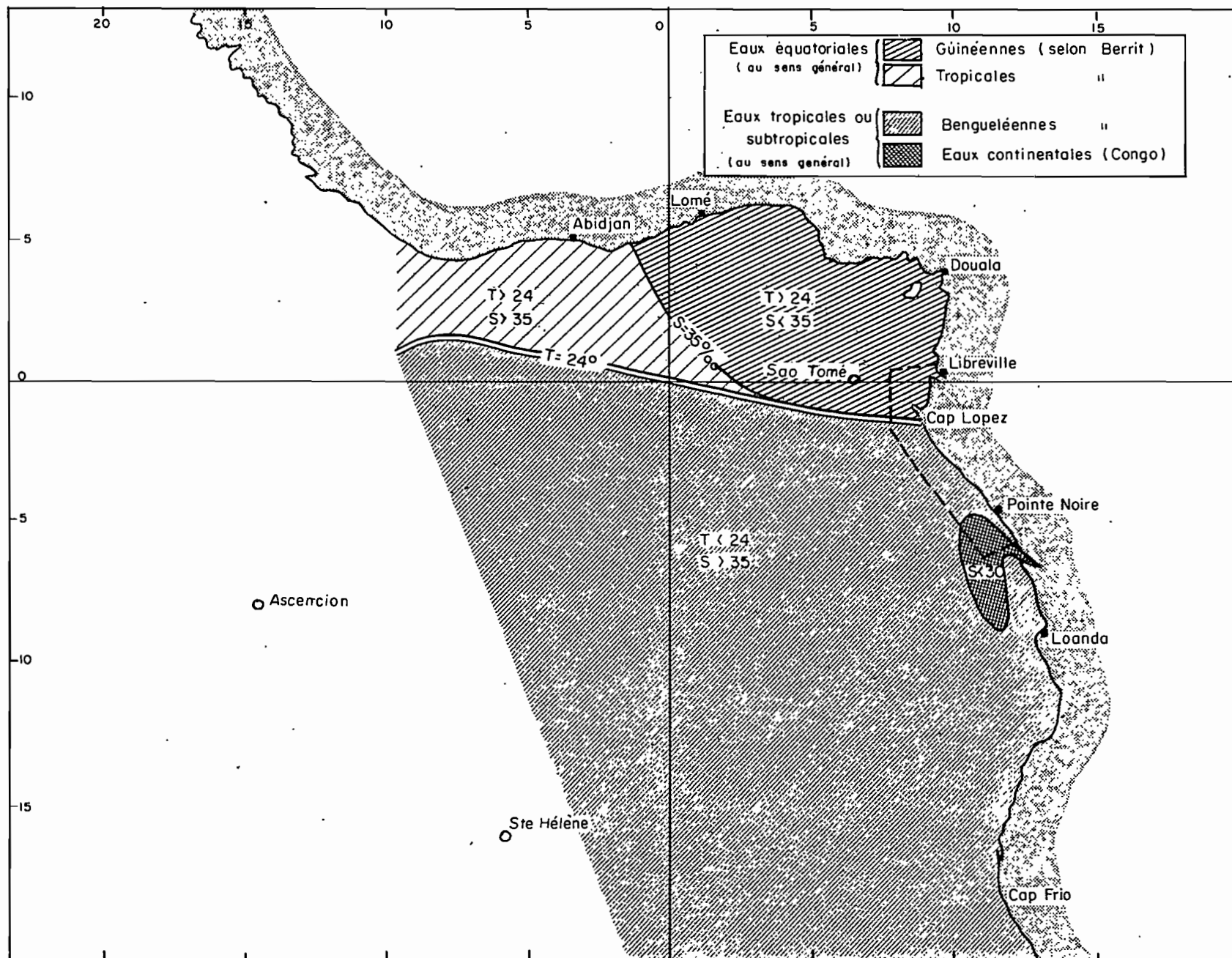


FIG.2 - SCHEMA GENERAL DES EAUX SUPERFICIELLES DU GOLFE DE GUINEE

(ETE BOREAL : Juillet - Août - Septembre)

BERRIT distingue 4 catégories d'eau superficielles :

- . les Eaux Guinéennes $T^{\circ} > 24^{\circ}$ $S < 35 \text{ ‰}$
- . les Eaux Tropicales $T^{\circ} > 24^{\circ}$ $S > 35 \text{ ‰}$
- . les Eaux Bengueléennes $T^{\circ} < 24^{\circ}$ $S > 35 \text{ ‰}$
- . les Eaux Froides, dessalées $T^{\circ} < 24^{\circ}$ $S < 35 \text{ ‰}$

Les Eaux Guinéennes et Tropicales de BERRIT sont des eaux Equatoriales au sens général.

Les Eaux Bengueléennes de BERRIT constituent les eaux Tropicales ou Subtropicales au sens général.

Les Eaux Froides dessalées, de l'avis même de BERRIT peu fréquentes, seraient en fait des eaux Tropicales ou subtropicales (au sens général) dessalées.

Nous classerons à part les eaux du Congo qui suivant la saison produit des eaux froides dessalées ou chaudes dessalées ; ces dernières, entrant dans la catégorie des eaux Guinéennes de BERRIT, sont très dissemblables par l'origine et par certaines propriétés (transparence, couleur) des eaux de la baie de Biafra qui ont servi de définition aux eaux Guinéennes. Nous appellerons ces eaux : eaux continentales.

La caractérisation des eaux superficielles du Golfe de Guinée, on le voit, n'est ni claire ni simple ; on peut cependant schématiser les différentes situations saisonnières de la façon suivante :

En été boréal (juillet - août - septembre) (fig. 2) les eaux chaudes et dessalées (Guinéennes et Tropicales selon BERRIT - Equatoriales au sens général) sont maintenues au Nord du Cap Lopez.

Les eaux froides salées (Bengueléennes selon BERRIT - Tropicales ou Subtropicales au sens général) couvrent l'ensemble de la zone tropicale jusqu'à l'équateur.

Les eaux du Congo qui appartiennent alors à la catégorie des eaux froides dessalées de BERRIT ont leur extension minimum (le fleuve est à l'étiage - débit 50.000 m³ environ).

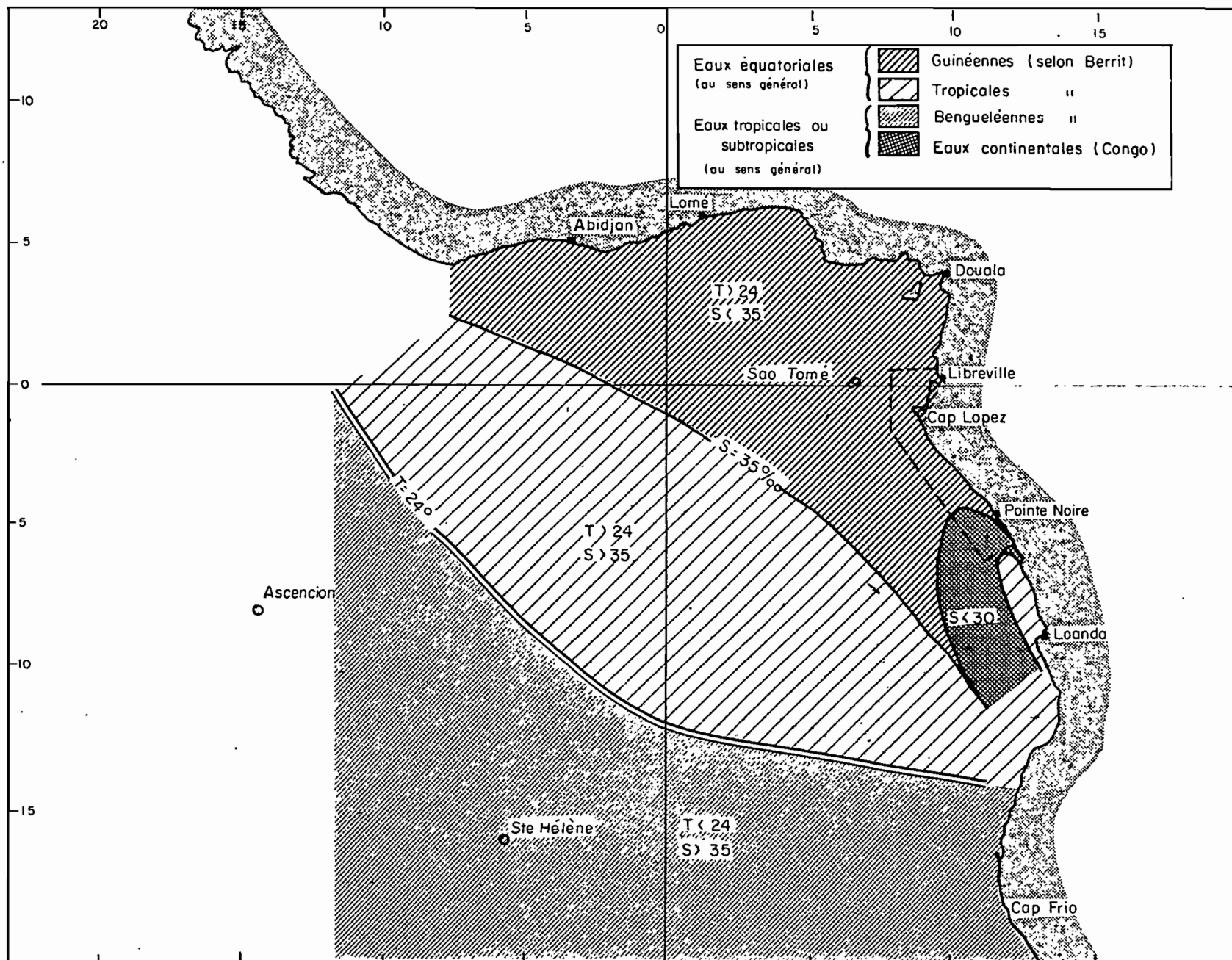


FIG.3 - SCHEMA GENERAL DES EAUX SUPERFICIELLES DU GOLFE DE GUINEE

(HIVERS BOREAL : Janvier - Février - Mars)

En hiver Boréal (janvier - février - mars) (fig. 3).

Les eaux chaudes dessalées s'étendent au Sud jusqu'au Cap Frio.

Les eaux du Congo qui sont alors chaudes et dessalées ont leur extension maximum [crue du Congo en novembre-décembre (75.000 m³ environ) et avril-mai (65.000 m³ environ)].

Pendant les saisons intermédiaires (petites saisons et intersaisons) la situation est assez variable et nous ne tenterons pas de la schématiser ici ; notons seulement que les intersaisons sont marquées par des oscillations rapides des limites séparant eaux chaudes et eaux froides, créant un ensemble complexe de fronts, pouvant aller jusqu'à former des occlusions chaudes ou froides.

1.1.2. Eaux Centrales (masses d'eau)

Les eaux centrales de l'Atlantique Sud sont le résultat du mélange des eaux Tropicales ou Subtropicales Sud et des eaux antarctiques intermédiaires ; sur un diagramme T-S ces eaux sont représentées par une droite joignant les points représentatifs des eaux types subtropicales (T = 20° - S = 36 ‰) et antarctiques intermédiaires (T = 4° - S = 34 ‰) (fig. 4).

Les eaux centrales sont présentes dans l'ensemble du Golfe de Guinée, en toutes saisons, dès que les fonds atteignent 50 mètres ; cependant au voisinage même de la côte, sur des fonds inférieurs à 50 mètres, on peut les rencontrer pendant les saisons froides.

Une station effectuée dans le Golfe de Guinée pourra rencontrer à partir de la surface la succession suivante (figs 4 bis et 4 ter) :

- eaux continentales très dessalées (Congo)
 - eaux équatoriales
 - eaux tropicales (ou subtropicales)
 - eaux centrales
- | | | |
|---|---------------|----------|
| { | Guinéennes | (BERRIT) |
| { | Tropicales | (BERRIT) |
| } | Bengueléennes | (BERRIT) |

Il est clair que les eaux continentales et les eaux équatoriales (Guinéennes et Tropicales selon BERRIT) pourront être absentes en fonction du lieu et de la saison.

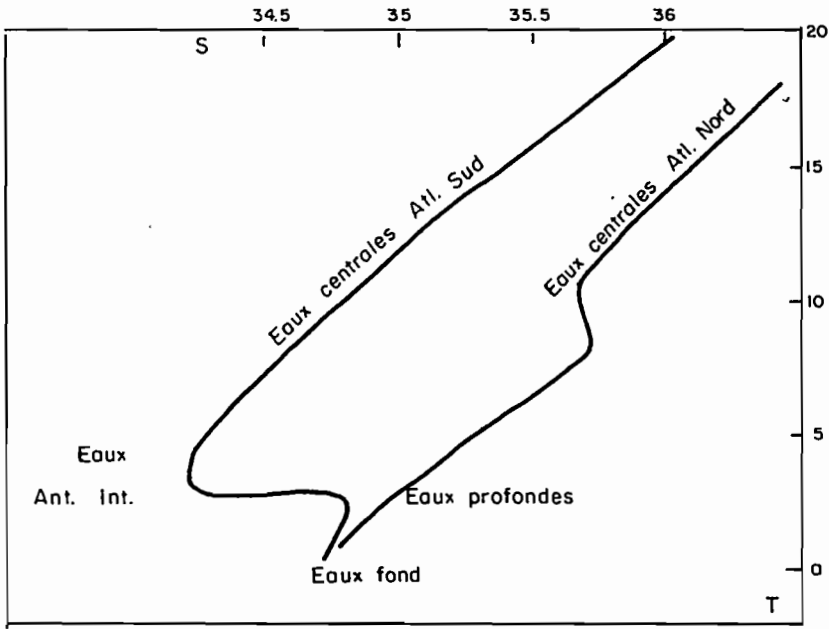


FIG.4 - DIAGRAMME TS DES EAUX CENTRALES-INTERMÉDIAIRES ET PROFONDES DE L'Océan ATLANTIQUE (D'APRÈS SVERDRUP)

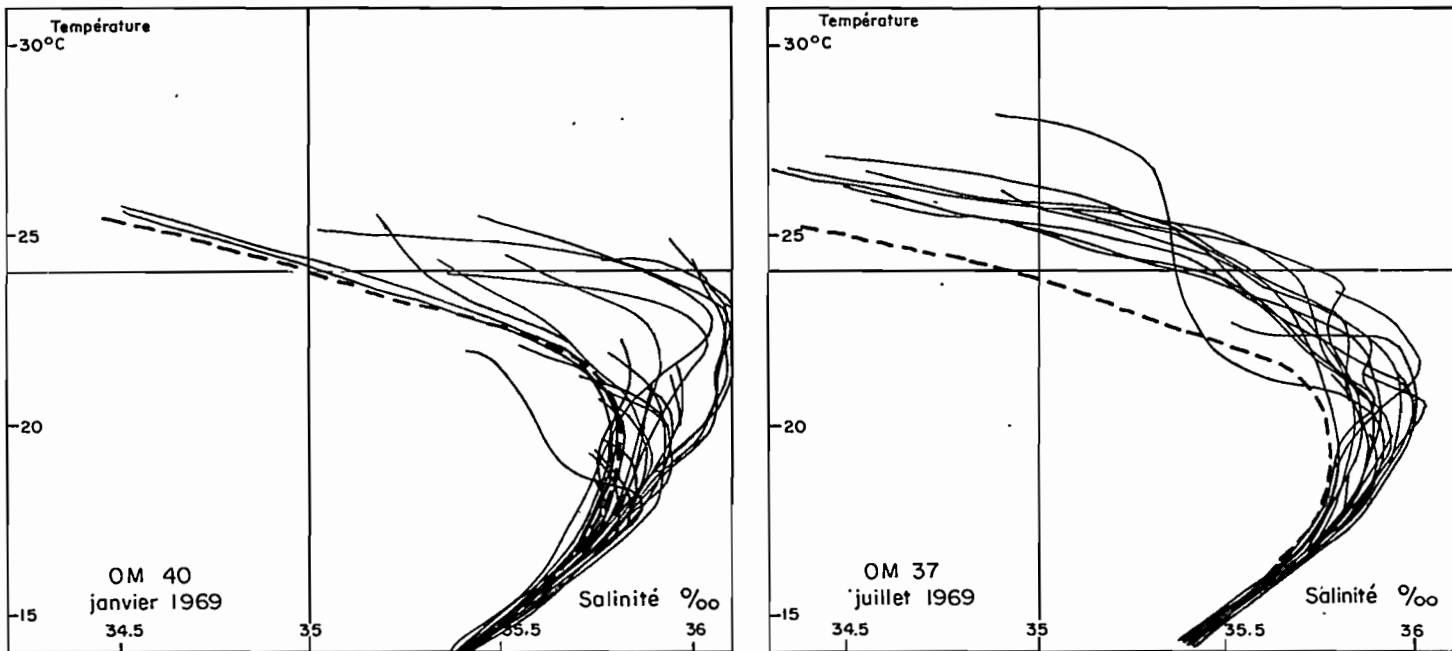


FIG.4 Bis - DIAGRAMME TS DES EAUX CENTRALES ET SUPERFICIELLES (STATIONS DU LARGE)

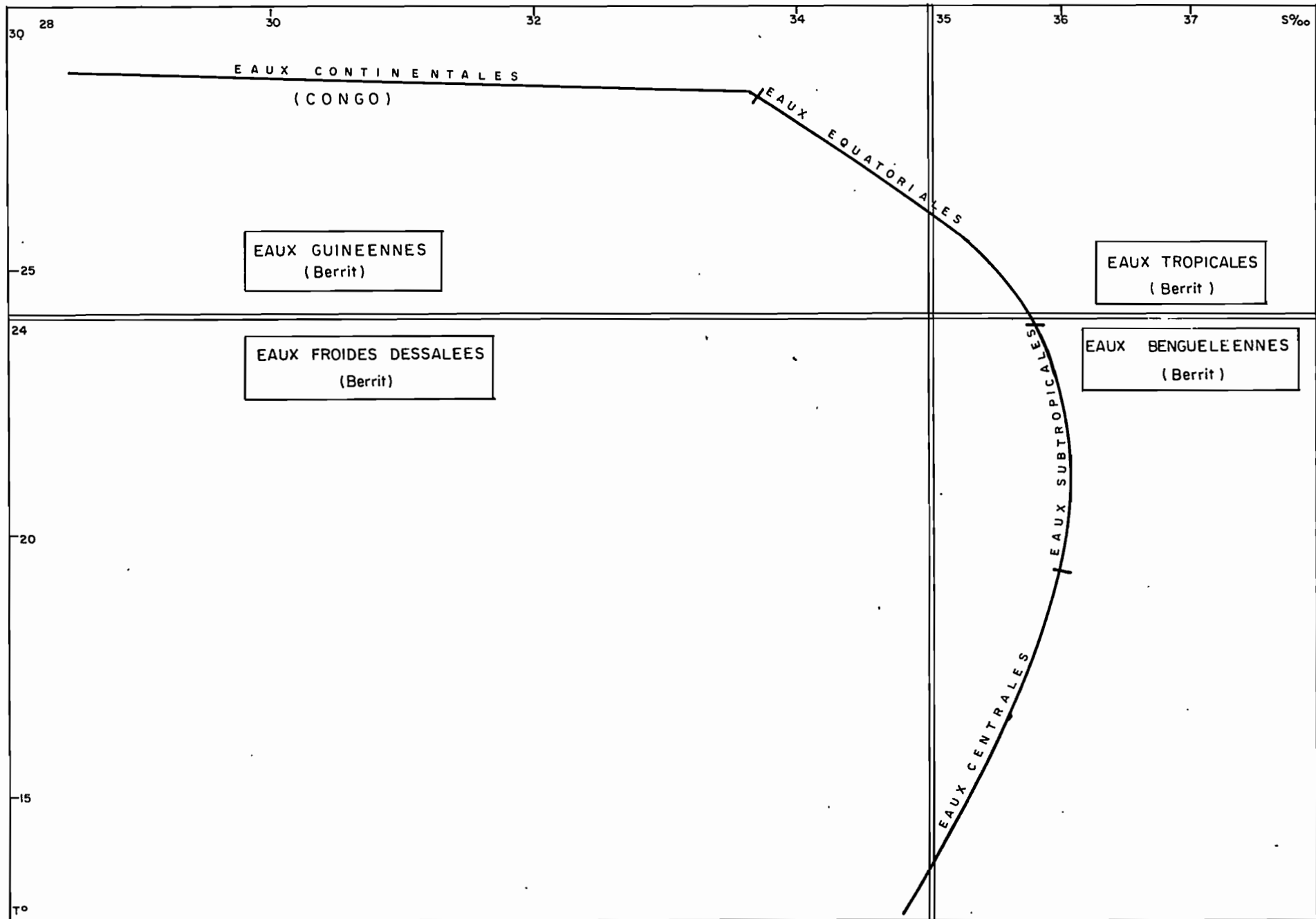


FIG.4 Ter- DIAGRAMME TS SCHEMATIQUE ET CATEGORIES D'EAU
DANS LA ZONE D'INFLUENCE DU CONGO

Les eaux Subtropicales et Centrales par contre seront toujours présentes dès que les fonds seront suffisants (50 mètres environ).

1.2. Circulation superficielle

La circulation superficielle du Golfe de Guinée est marquée par 3 courants principaux :

- . le courant de Benguela
- . le courant Sud équatorial
- . le courant de Guinée

Mentionnons aussi une zone tourbillonnaire au large de l'Angola : le Dôme d'Angola, apparente seulement en hiver boréal (janvier, février, mars).

En été boréal (juillet - août) (fig. 5)

Le schéma de circulation générale du Golfe de Guinée est simple. La circulation générale est Nord-Ouest (courant de Benguela) s'infléchissant vers l'Ouest (courant Sud-équatorial) en approchant de l'équateur ; vers 2°N la circulation ouest rencontre le courant de Guinée (dirigé vers l'Est) créant une zone de convergence.

En hiver boréal (janvier - février) (fig. 6)

Le schéma de circulation est plus complexe ; une zone tourbillonnaire au large de l'Angola (Dôme) crée une circulation cyclonique pouvant amener à proximité des côtes Africaines (Angola - Congo - Gabon) un courant portant au Sud-Est, cette circulation renforcée par la terminaison du courant de Guinée pourrait expliquer l'envahissement de ces régions, en saison chaude, par les eaux Guinéennes venues du Nord.

1.3. Saisons marines

Les travaux de BERRIT ont permis de distinguer dans le Golfe de Guinée des évolutions saisonnières liées au climat. Dans la zone des alternances Sud (Sud du Cap Lopez) BERRIT distingue 4 saisons principales et 4

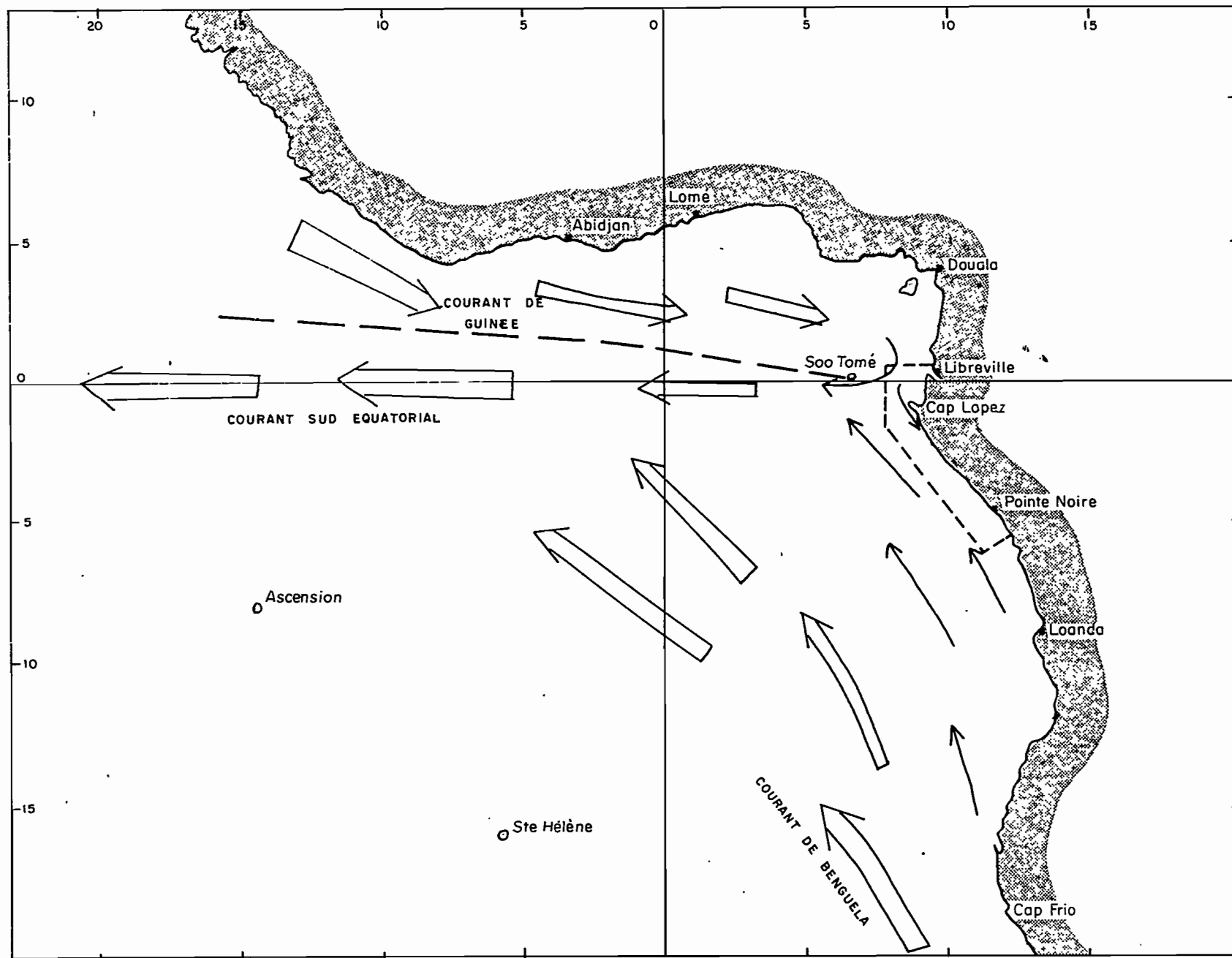


FIG.5 - SCHEMA DE CIRCULATION DES EAUX SUPERFICIELLES DU GOLFE DE GUINEE

(ETE BOREAL : Juillet - Août - Septembre)

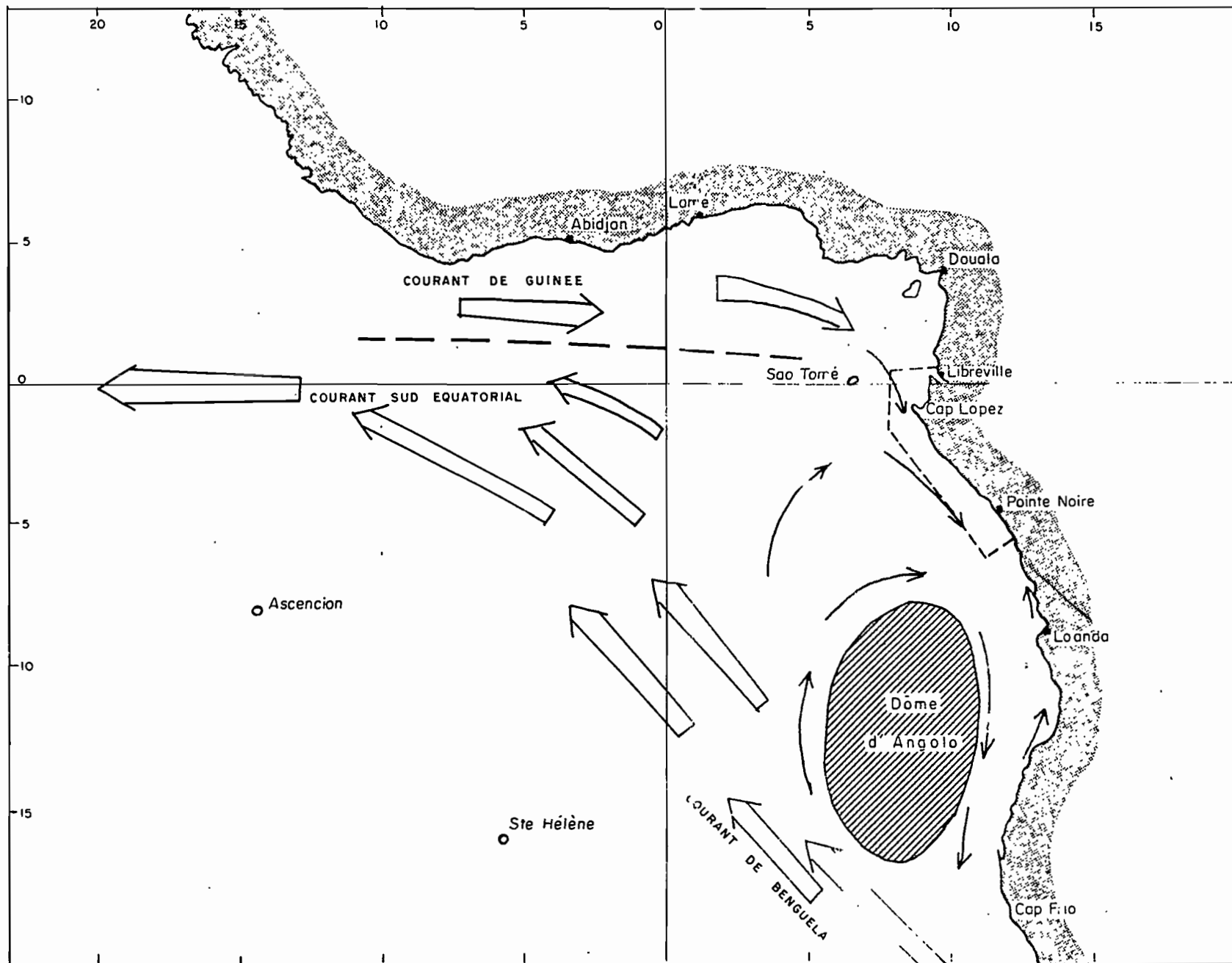


FIG.6 - SCHEMA DE CIRCULATION DES EAUX SUPERFICIELLES DU GOLFE DE GUINEE

(HIVERS BOREAL : Janvier - evrier - Mars)

intersaisons ; saisons et intersaisons sont définies par des critères hydrologiques quelquefois délicats à appliquer. Rappelons cependant les périodes sur lesquelles s'étendent généralement les 4 saisons :

- saison froide de mai à septembre
- petite saison chaude d'octobre à décembre
- petite saison froide en décembre et janvier
- grande saison chaude de janvier à mars.

La grande saison froide correspond à la présence jusqu'au Cap Lopez des eaux subtropicales froides et salées (Bengueléennes selon BERRIT).

La grande saison chaude correspond à la descente vers le Sud jusqu'en Angola des eaux équatoriales chaudes (Guinéennes et tropicales selon BERRIT).

Les petites saisons chaudes et froides sont également marquées par la présence en surface d'eaux chaudes et souvent dessalées.

Les intersaisons sont des périodes d'oscillations qui correspondent : « Non pas à une évolution progressive des caractères hydrologiques, mais à une alternance plus ou moins rapide des masses d'eau qui caractérisent la saison précédente ou la saison suivante » (BERRIT, 1958).

Dans la suite de cet article nous ne considérerons que les situations de grande saison chaude et de grande saison froide.

2. - CONDITIONS HYDROLOGIQUES DE LA REGION

COTIERE GABON-CONGO

Dans l'étude hydrologique de cette zone nous considérerons 4 aspects qui se recoupent partiellement :

- Evolutions hydroclimatiques saisonnières
- Upwelling
- Influences continentales
- Circulation

FIG. 7 - EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATIONS DU LARGE (26-46-76-96-126-146)

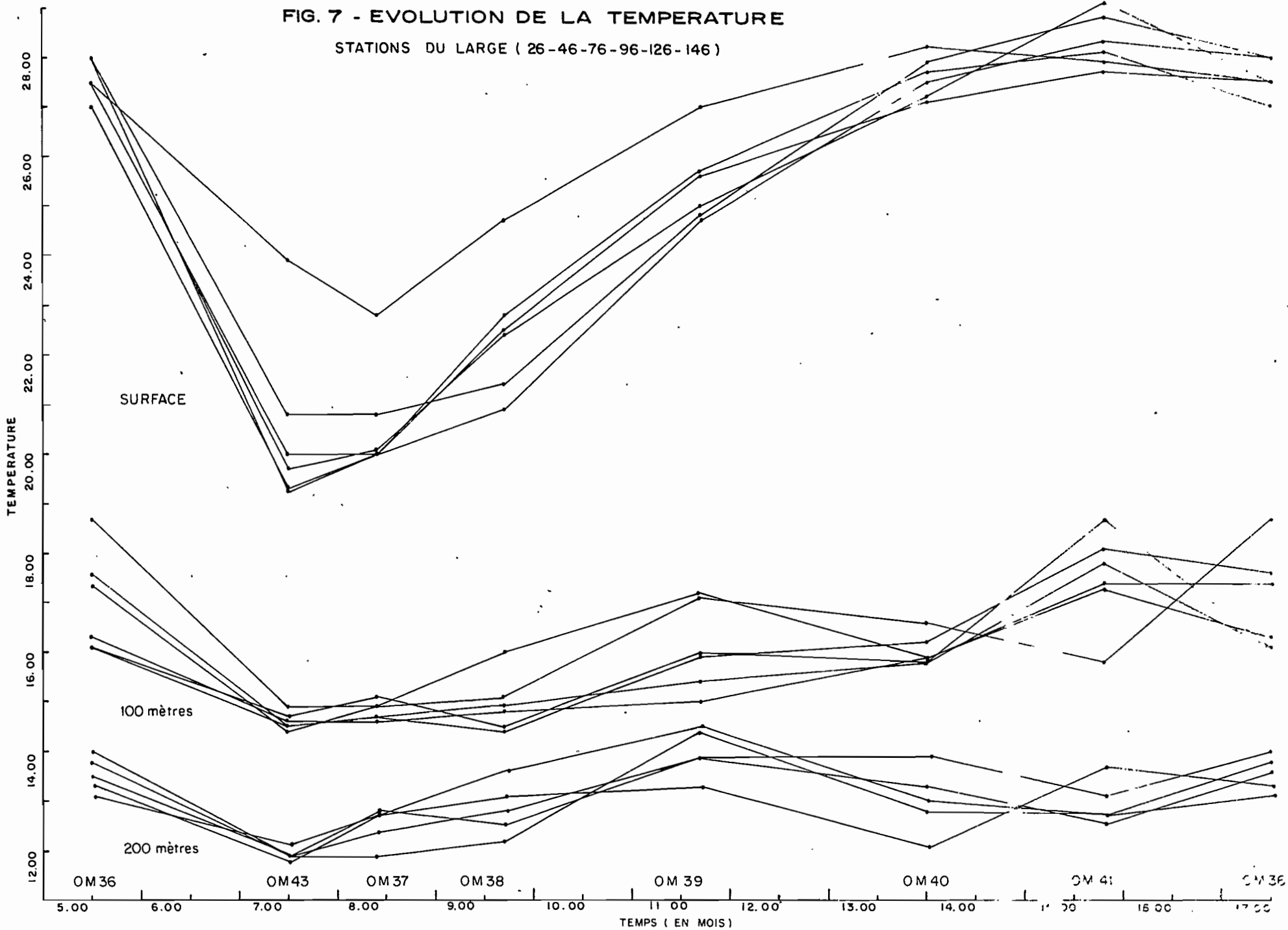


FIG. 8 - EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATION 26

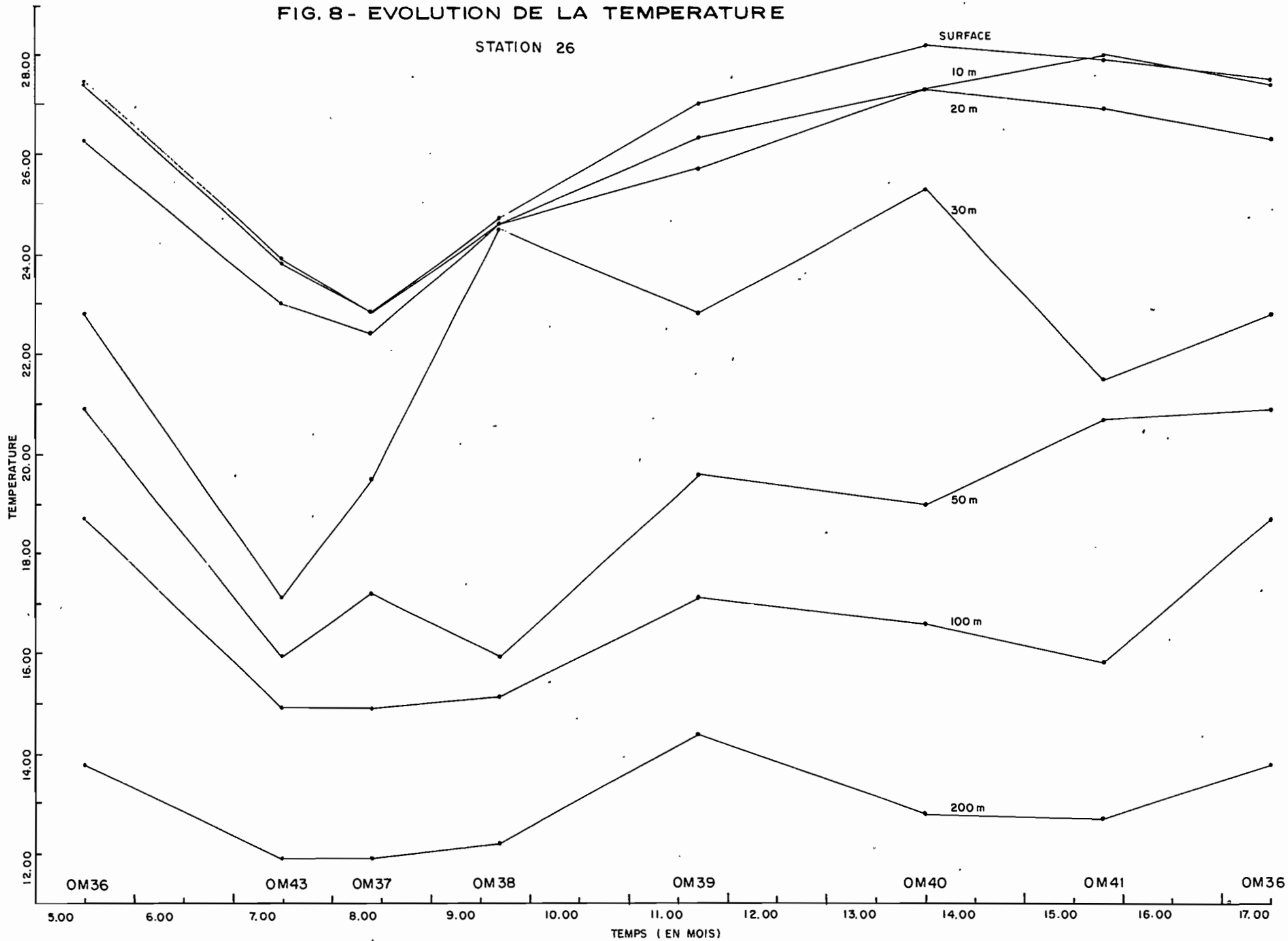


FIG.9 - EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATION 46

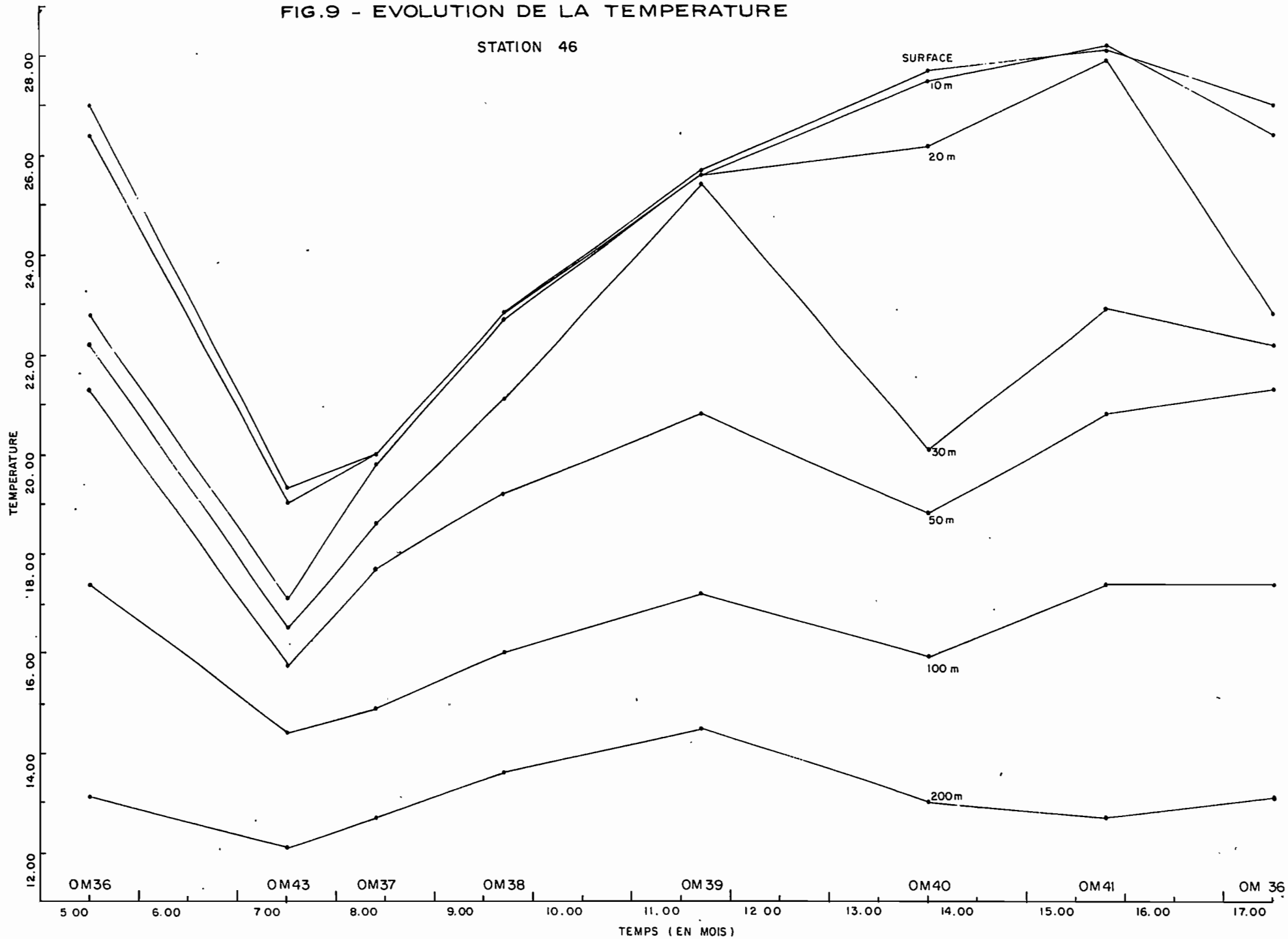


FIG.10 - EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATION 76

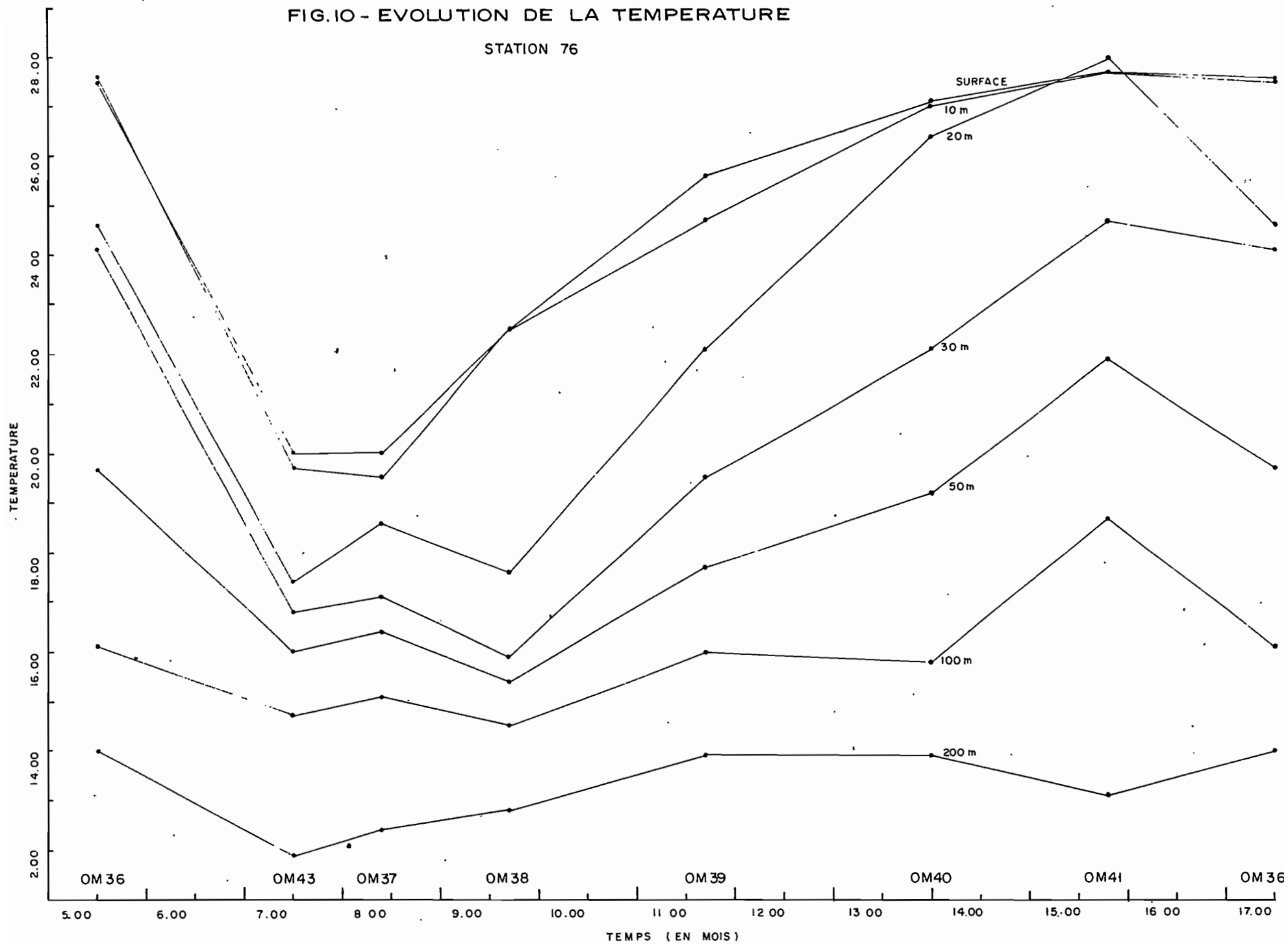


FIG.11 - EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATION 96

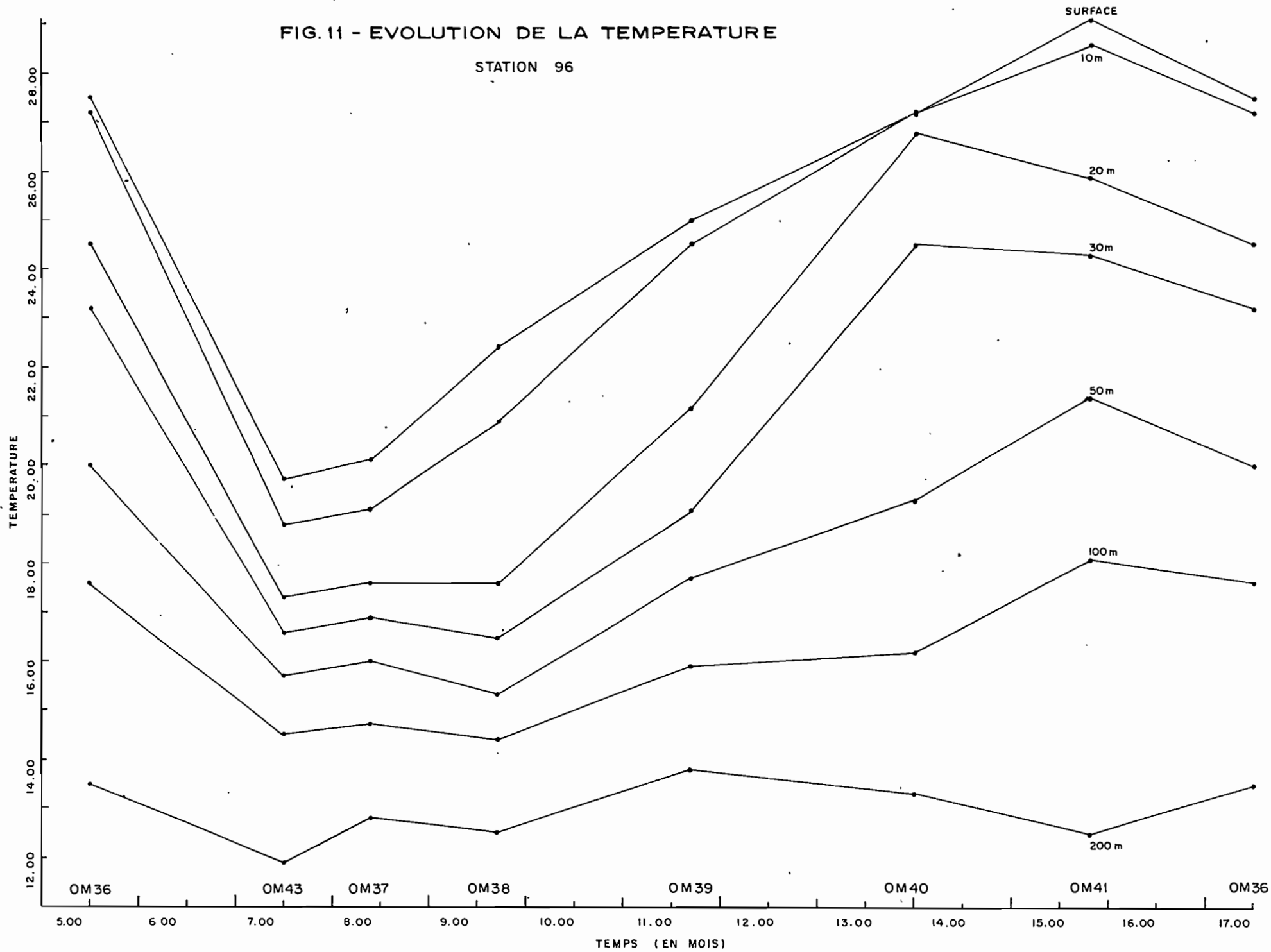


FIG. 12- EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATION 126

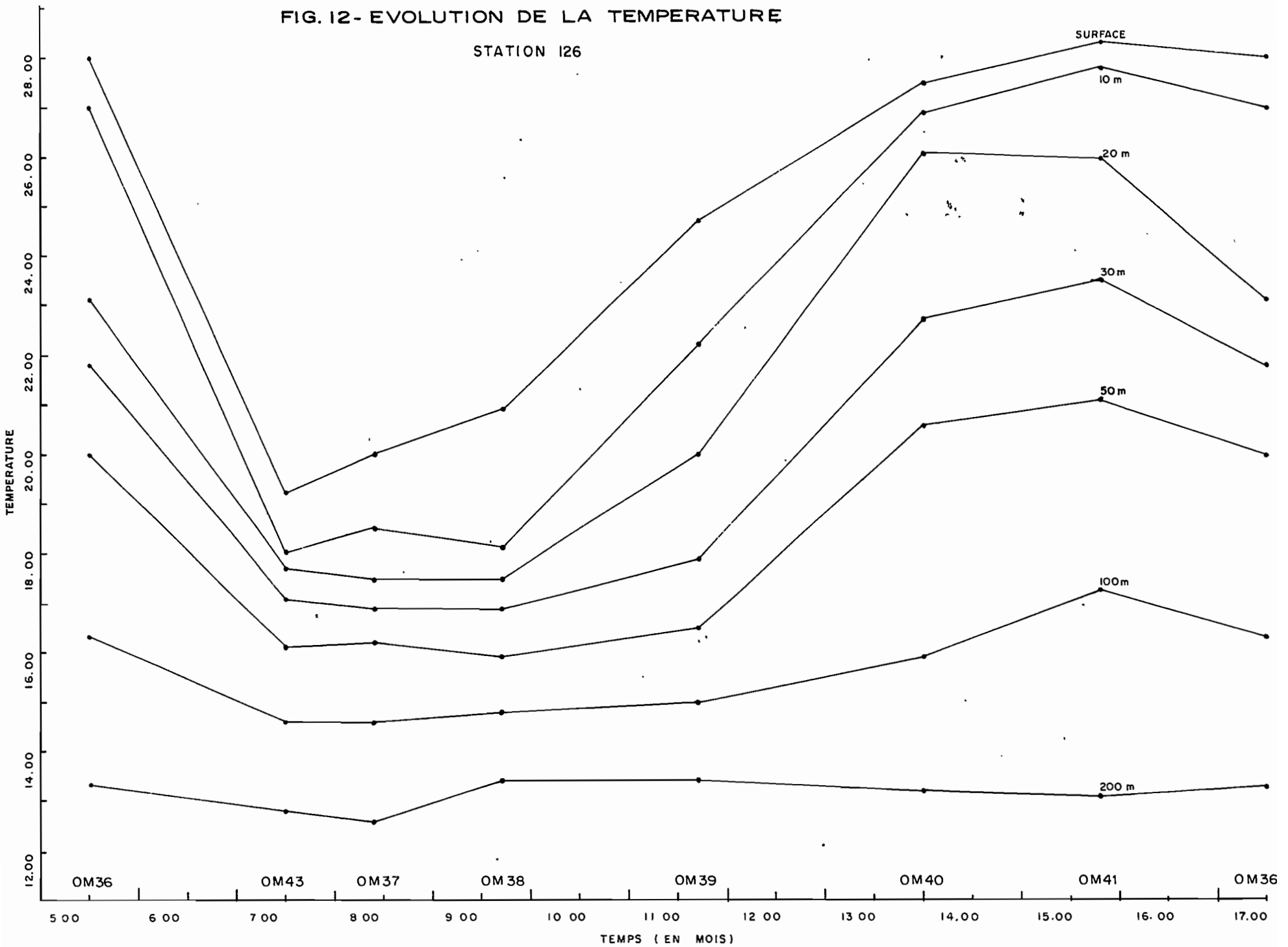
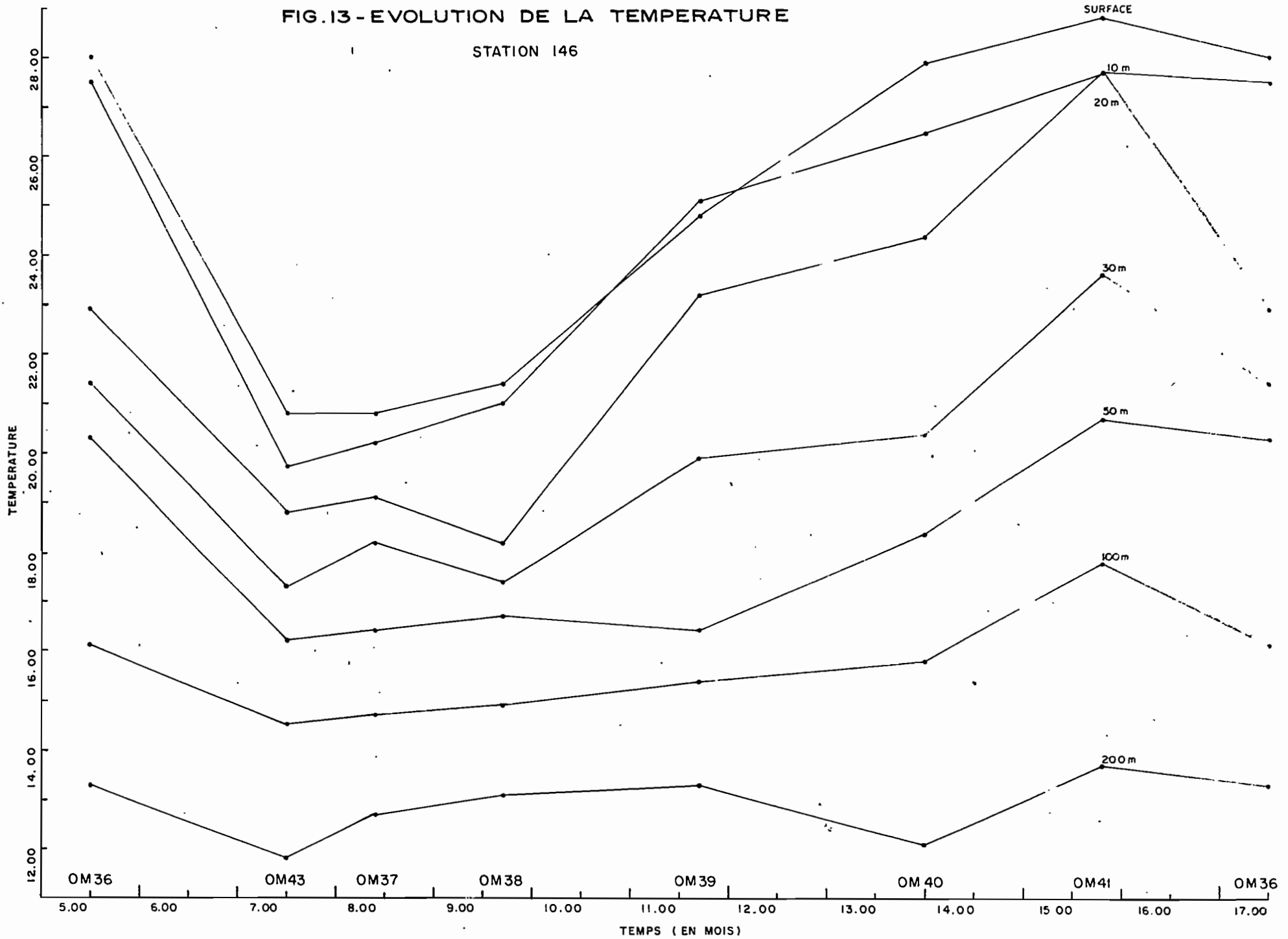


FIG.13 - EVOLUTION DE LA TEMPERATURE

STATION 146



2.1. Evolutions hydroclimatiques saisonnières

La région que nous étudions est située dans la zone des alternances saisonnières (Sud du Cap Lopez) à l'exception des radiales les plus Nord (1 et 2) ; on peut donc s'attendre à ce que les évolutions saisonnières soient importantes et bien marquées.

2.1.1. Evolution de la température

Pour éviter de faire interférer les phénomènes d'upwelling et d'évolutions saisonnières nous ne considérerons ici que les stations du large. Les figures 7 à 13 montrent l'évolution saisonnière des températures ; à l'exception de la radiale 2 (située au Nord du Cap Lopez) les écarts thermiques annuels superficiels sont constants du Nord au Sud et voisins de 9°C ; les températures les plus basses observées sont de l'ordre de 20,5°C et les plus élevées voisines de 30°C. A 50 mètres la variation saisonnière est encore très nette et voisine de 7°C. A 100 mètres cette évolution se distingue encore mais elle est plus faible : 3°C. A 200 mètres on peut considérer que les saisons ne sont plus perceptibles thermiquement.

2.1.2. Evolution de la salinité et de la teneur en oxygène

La figure 14 montre, qu'en dehors de la zone d'influence immédiate des eaux continentales du Congo, l'évolution saisonnière de la salinité est nettement décelable.

En saison froide les salinités de surface sont voisines de 36 ‰ ; en saison chaude les salinités de surface sont inférieures à 34 ‰ ; à partir de 4°S les dessalures continentales sont présentes toute l'année.

La teneur en oxygène (fig. 15) par contre ne montre pas d'évolutions saisonnières très nettes ; tout au plus peut-on remarquer qu'en saison froide des sursaturations et des sousaturations importantes traduisent une activité biologique importante (fig. 28).

FIG.14- EVOLUTION DE LA SALINITE DE SURFACE

STATIONS DU LARGE (26-46-76-96-126-146)

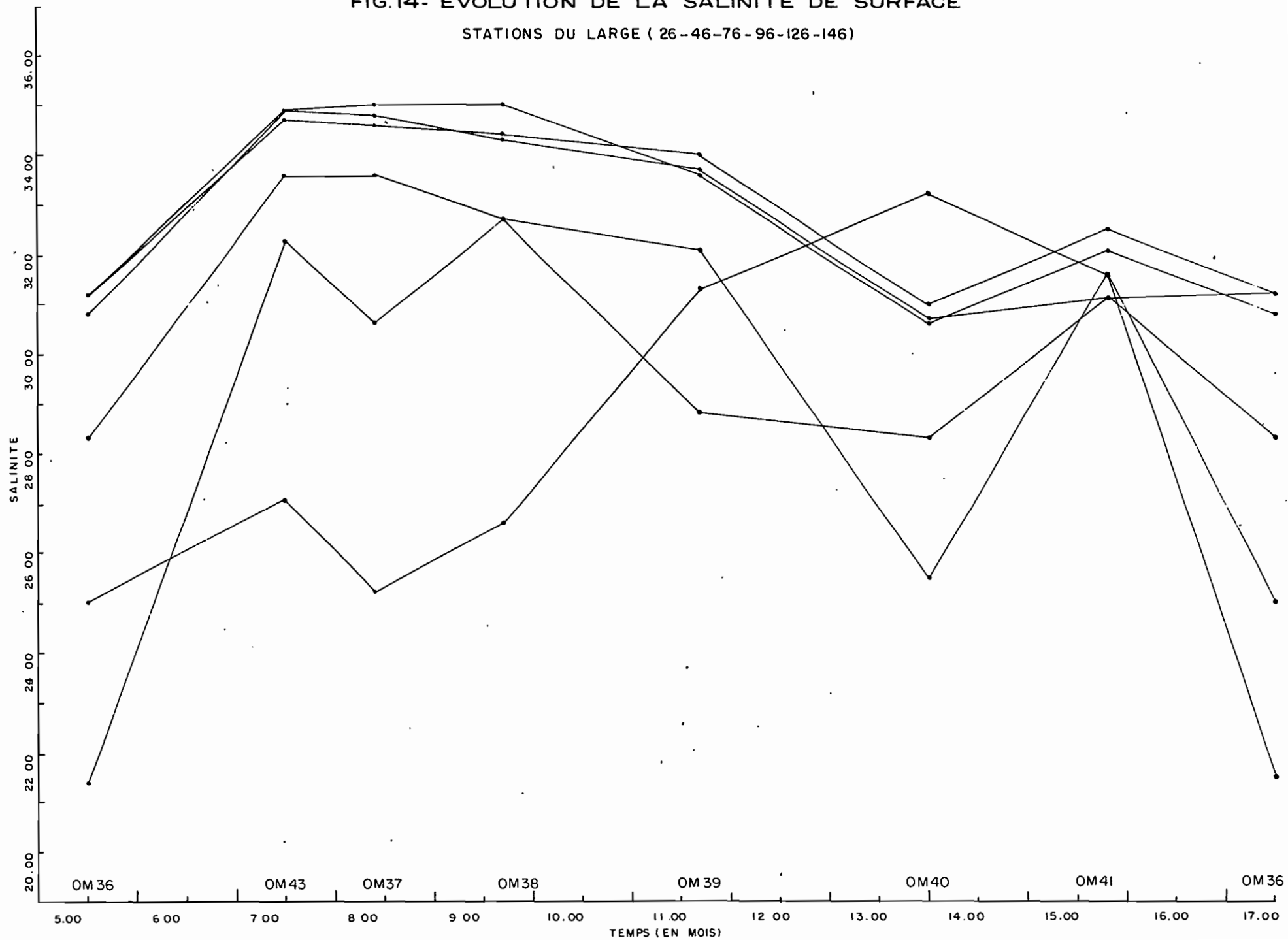


FIG. 28A
OM 36
Mai 68
OXYGENE
Surface

FIG. 28 B
OM 37
Juillet-Août 68
OXYGENE
Surface

FIG. 28 C
OM 38
Septembre 68
OXYGENE
Surface

FIG. 28 D
OM 39
Novembre 68
OXYGENE
Surface

FIG. 28 E
OM 40
Janvier-Février 69
OXYGENE
Surface

FIG. 28 F
OM 41
Mars 69
OXYGENE
Surface

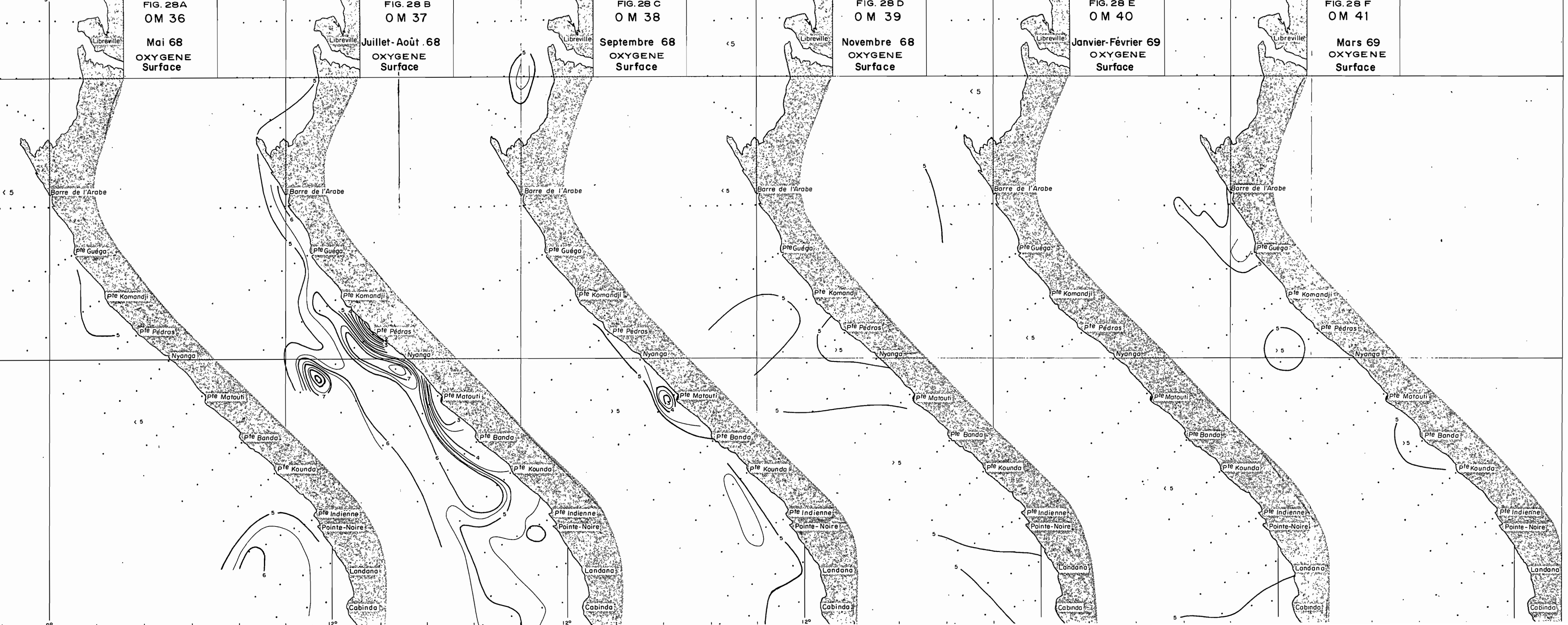


FIG.16 A
OM 36
Mai 68
CATEGORIE D'EAUX
SUPERFICIELLES





FIG.16 B
OM 37
Juillet-Août 68
CATEGORIE D'EAUX
SUPERFICIELLES

FIG.16 C
OM 38
Septembre 68
CATEGORIE D'EAUX
SUPERFICIELLES

FIG.16 D
OM 39
Novembre 68
CATEGORIE D'EAUX
SUPERFICIELLES

FIG.16 E
OM 40
Janvier-Février 69
CATEGORIE D'EAUX
SUPERFICIELLES

FIG.16 F
OM 41
Mars 69
CATEGORIE D'EAUX
SUPERFICIELLES

-  Eaux continentales
-  Eaux, guinéennes
-  Eaux benguéléennes
-  Eaux tropicales

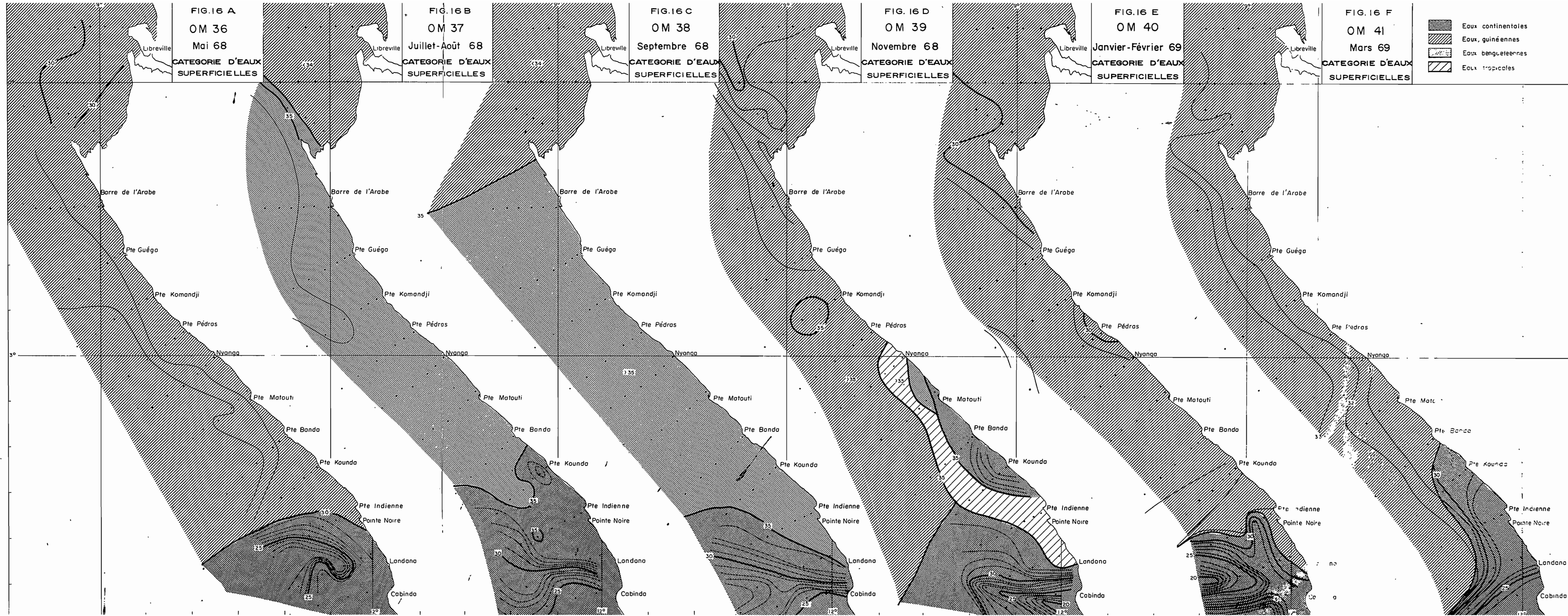


FIG. 17 A
OM 36

Mai 68
TEMPERATURE
Surface

FIG. 17 B
OM 37

Juillet-Août 68
TEMPERATURE
Surface

FIG. 17 C
OM 38

Septembre 68
TEMPERATURE
Surface

FIG. 17 D
OM 39

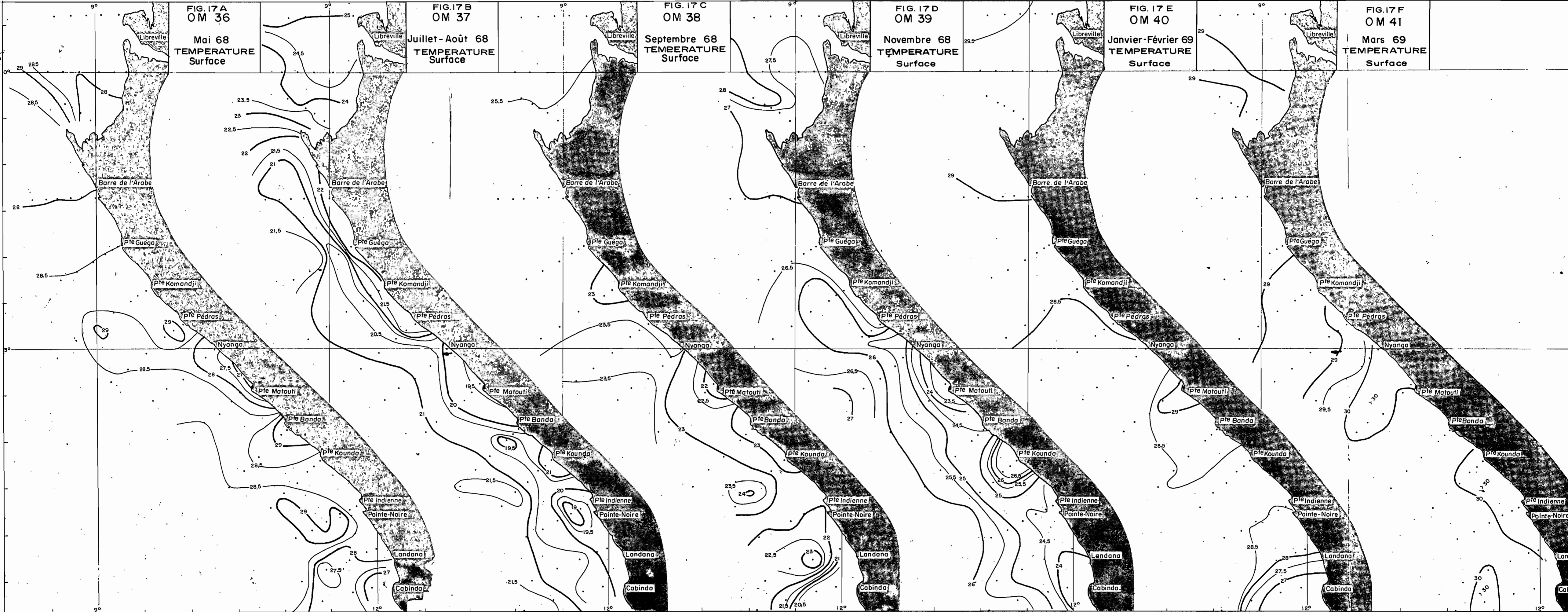
Novembre 68
TEMPERATURE
Surface

FIG. 17 E
OM 40

Janvier-Février 69
TEMPERATURE
Surface

FIG. 17 F
OM 41

Mars 69
TEMPERATURE
Surface



2.1.3. Evolutions et migrations des eaux superficielles (fig. 16)

Les figures 16 montrent les différentes situations hydrologiques superficielles rencontrées au cours des campagnes étudiées (OM 36 à OM 41).

Eté Boréal (juillet, août, septembre - campagnes OM 37, OM 38) (fig. 16B et 16C) ; c'est l'époque de la grande saison froide ; les eaux Guinéennes sont normalement maintenues au Nord de la région du Cap Lopez. Au Sud du Cap Lopez affleurent les eaux Bengueléennes (froides et salées) elles-mêmes recouvertes dans la région Pointe-Noire Cabinda par les eaux continentales très dessalées du Congo.

Hiver Boréal (janvier, février, mars - campagnes OM 40, OM 41) (fig. 16E et 16F) ; c'est l'époque de la grande saison chaude ; les eaux Guinéennes recouvrent l'ensemble de la zone étudiée ; elles sont cependant elles-mêmes recouvertes dans la région Pointe-Noire Cabinda par les eaux continentales du Congo dont l'extension est alors maximale.

A l'époque des petites saisons (octobre, novembre, décembre - campagne OM 39) (fig. 16D) la situation est assez complexe ; les eaux Guinéennes s'étendent très nettement au Sud du Cap Lopez ; cependant entre Nyanga et Pointe-Noire une bande d'eaux tropicale (selon BERRIT) et même Bengueléenne affleure, recouverte encore à la côte et au Sud par des eaux continentales.

La campagne du mois de mai (OM 36) (fig. 16A) montre une situation caractéristique de la grande saison chaude[‡] ; les eaux Guinéennes s'étendent sur toute la zone, recouvertes au Sud par les eaux continentales du Congo.

2.2. Upwelling

Le phénomène d'upwelling peut être défini comme étant la remontée rapide vers la surface, et le long d'une côte, d'eaux sous-jacentes, sous

‡ Nous classerons la campagne OM 36 dans la catégorie des campagnes de grande saison chaude.

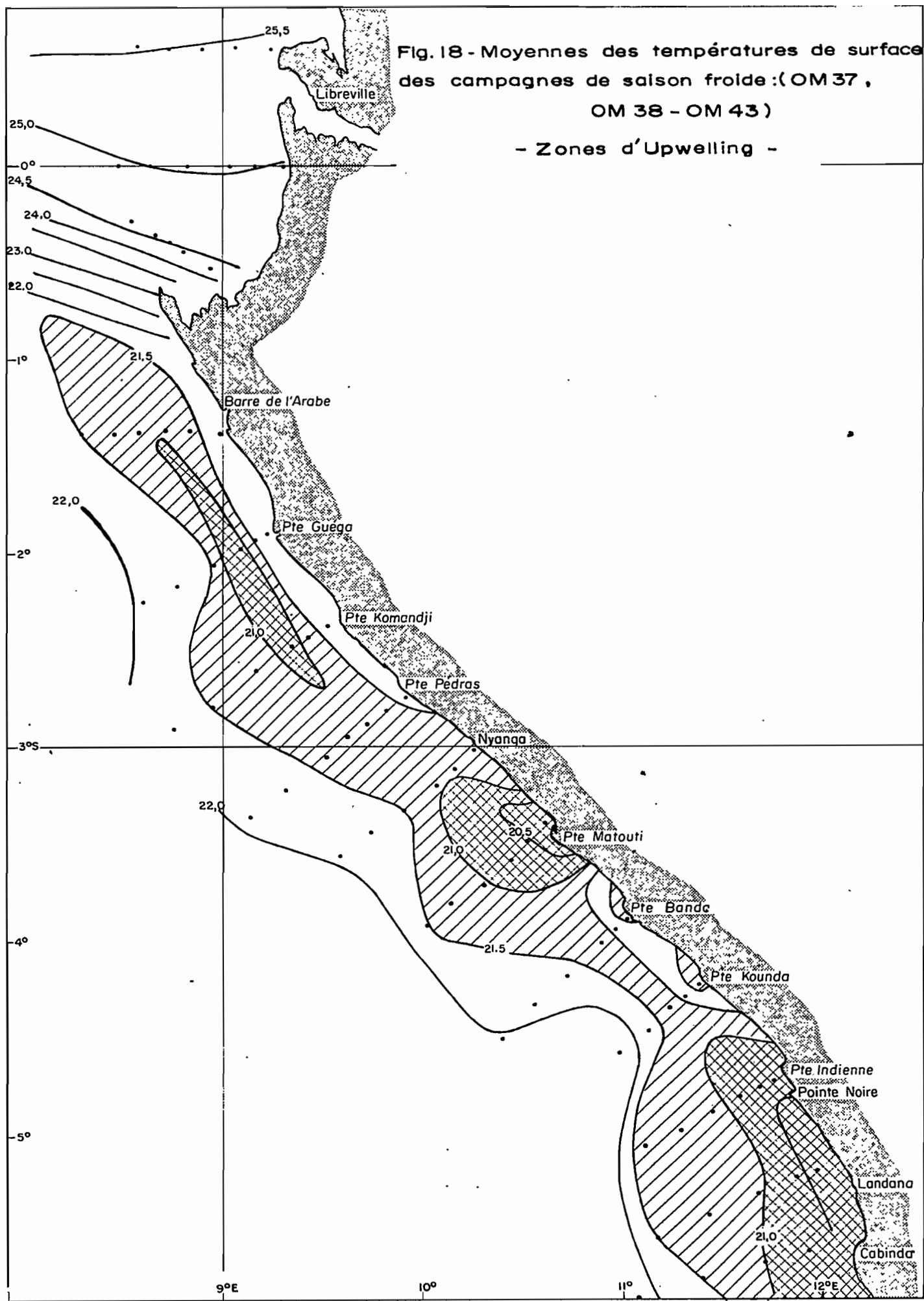
l'effet d'un "moteur" qui peut être soit le vent (Wind driven upwelling) soit une circulation horizontale intense (current driven upwelling). Les paramètres indicateurs d'upwelling sont ceux qui permettent de caractériser une masse d'eau c'est-à-dire le plus souvent la température et la salinité. Dans notre étude la salinité ne pourra être utilisée car elle est très homogène dans la dimension verticale aux saisons où apparaissent des upwellings (eaux Bengueléennes froides et salées en surface). La température sera donc ici l'indicateur unique de remontées d'eaux profondes ; remarquons cependant que l'oxygène, par le rôle important qu'il joue dans la photosynthèse (production d'oxygène) et la reminéralisation (consommation d'oxygène), pourrait être un indicateur indirect d'upwelling ; en l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas possible de l'utiliser efficacement dans ce sens.

Les températures de surface observées au cours des campagnes que nous étudions (figs 17) font apparaître des situations d'upwelling en des lieux et à des époques particulières. Il n'y a pratiquement pas d'upwelling en saison chaude (OM 40 - OM 41) ; en saisons froides ou en période de transition les sources d'upwelling sont localisées essentiellement dans les baies sous le vent des pointes (Pointe Indienne, Pointe Kounda, Pointe Banda et surtout Pointe Matouti). Au nord de la pointe Pedras l'upwelling paraît absent à la côte ; cependant les sources précédemment nommées semblent renforcer en eaux froides et riches une zone de divergence qui, séparée de la côte par une étroite bande d'eaux plus chaudes, peut s'étendre jusqu'à hauteur du Cap Lopez (fig. 18).

Ces upwellings sont peu intenses (en aucun cas comparables à ceux de Mauritanie ou du Sud-ouest Africain), intermittents et probablement liés à un renforcement momentané du vent. La figure 19 montre que les remontées affectent une faible épaisseur d'eau (20 à 30 mètres) et donc que l'enrichissement en sels nutritifs doit être faible. La comparaison des figures 19 et 20 montre encore que ce sont les eaux de la thermocline qui, au coeur de la saison froide, alimentent l'upwelling. En saison chaude au contraire la thermocline se maintient entre 30 et 50 mètres de profondeur

Fig.18 - Moyennes des températures de surface
des campagnes de saison froide:(OM 37 ,
OM 38 - OM 43)

- Zones d'Upwelling -



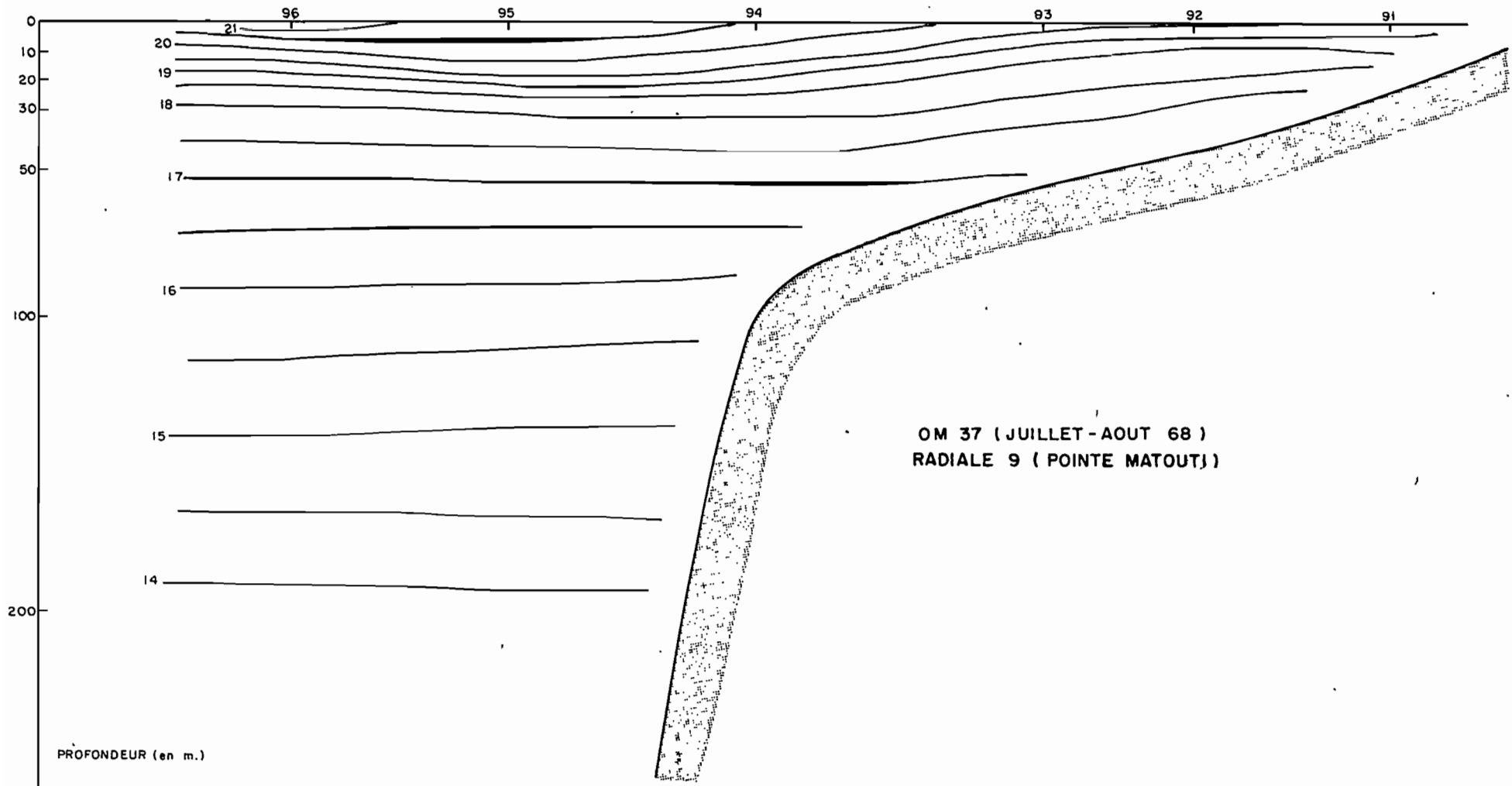


FIG.19 - COUPE THERMIQUE EN SITUATION D'UPWELLING
(SAISON FROIDE)

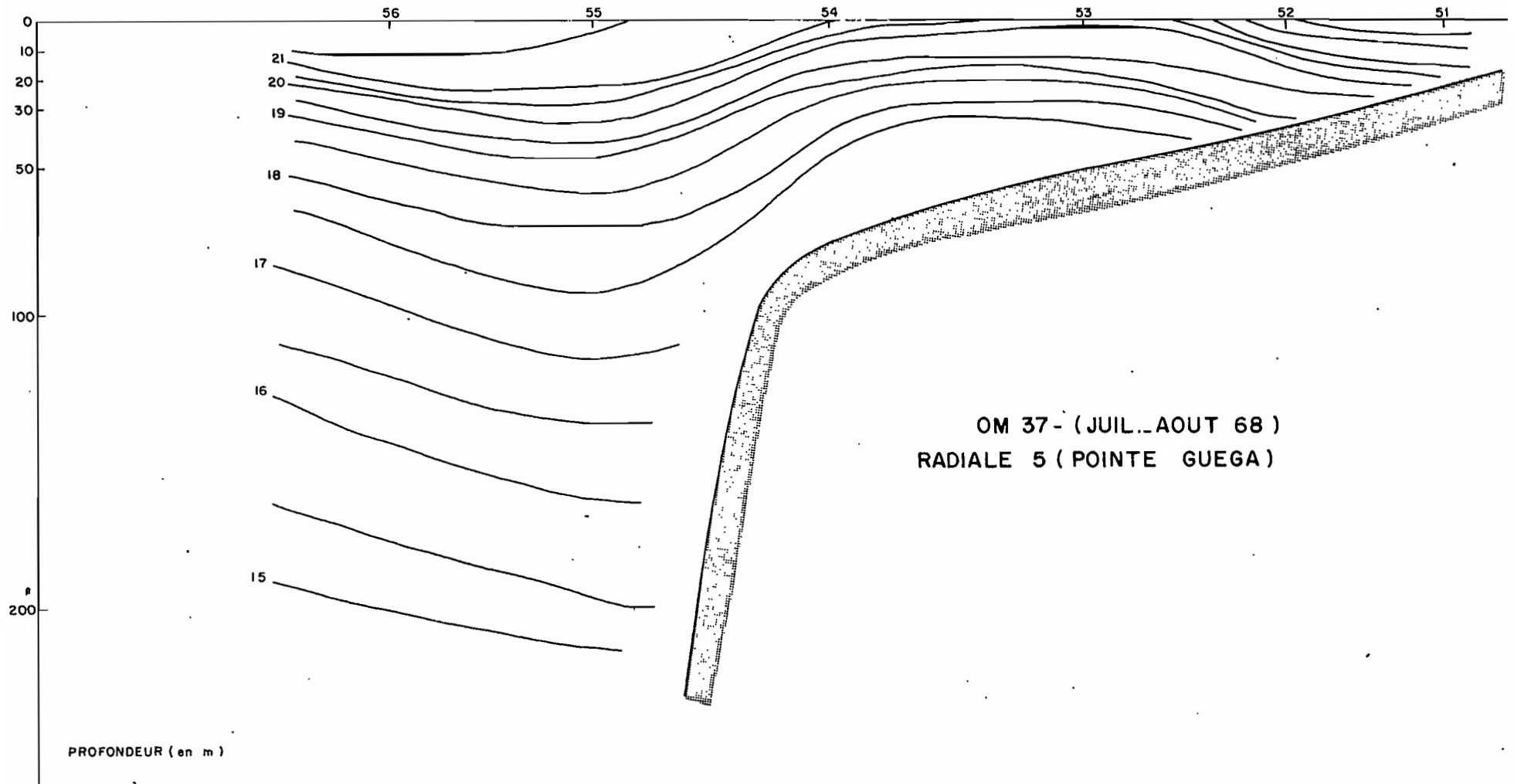


Fig.19 bis- COUPE THERMIQUE EN SITUATION DE DIVERGENCE

(Au nord de la pointe Pédras et en saison froide)

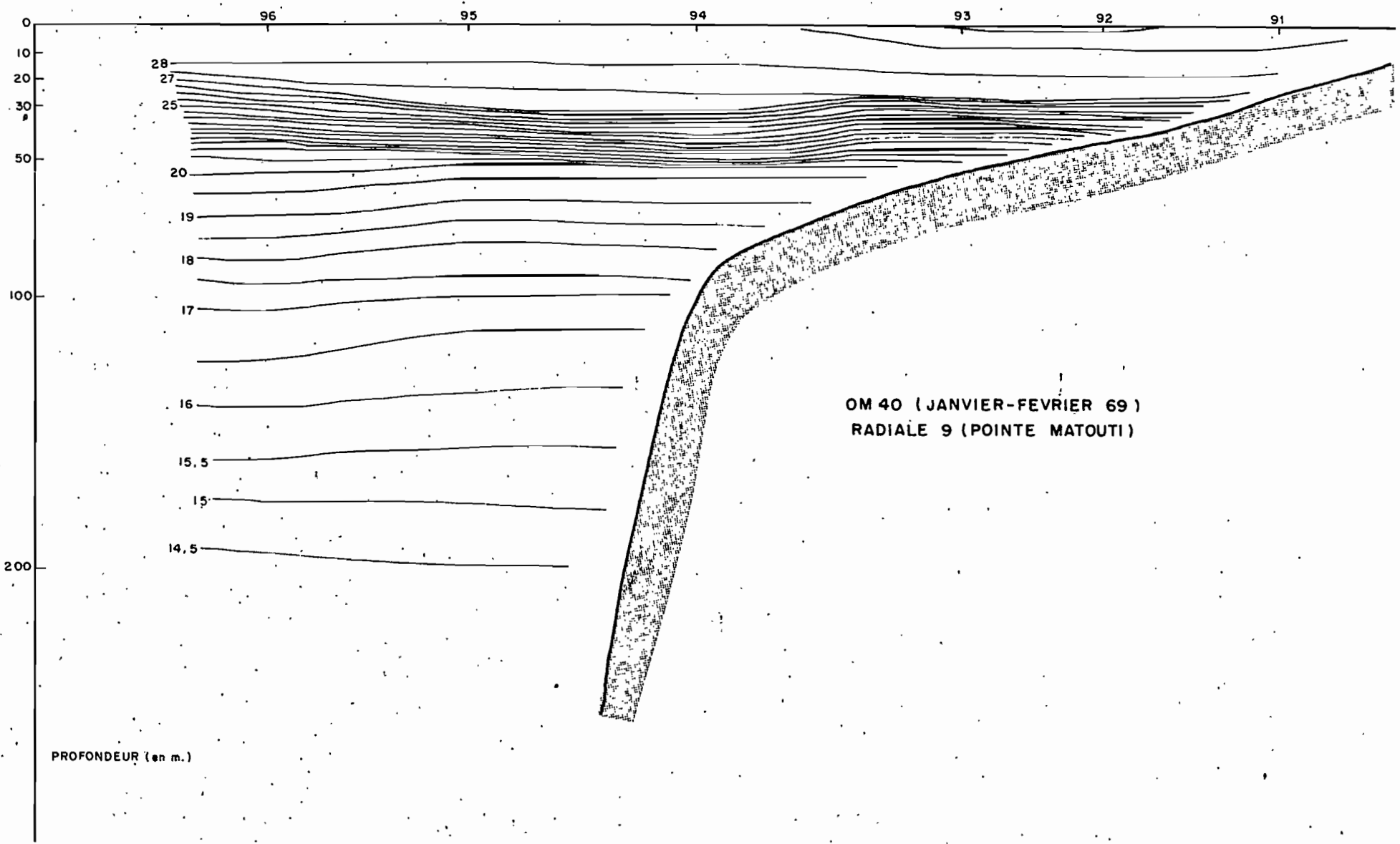


FIG. 20 - COUPE THERMIQUE EN SAISON CHAUDE

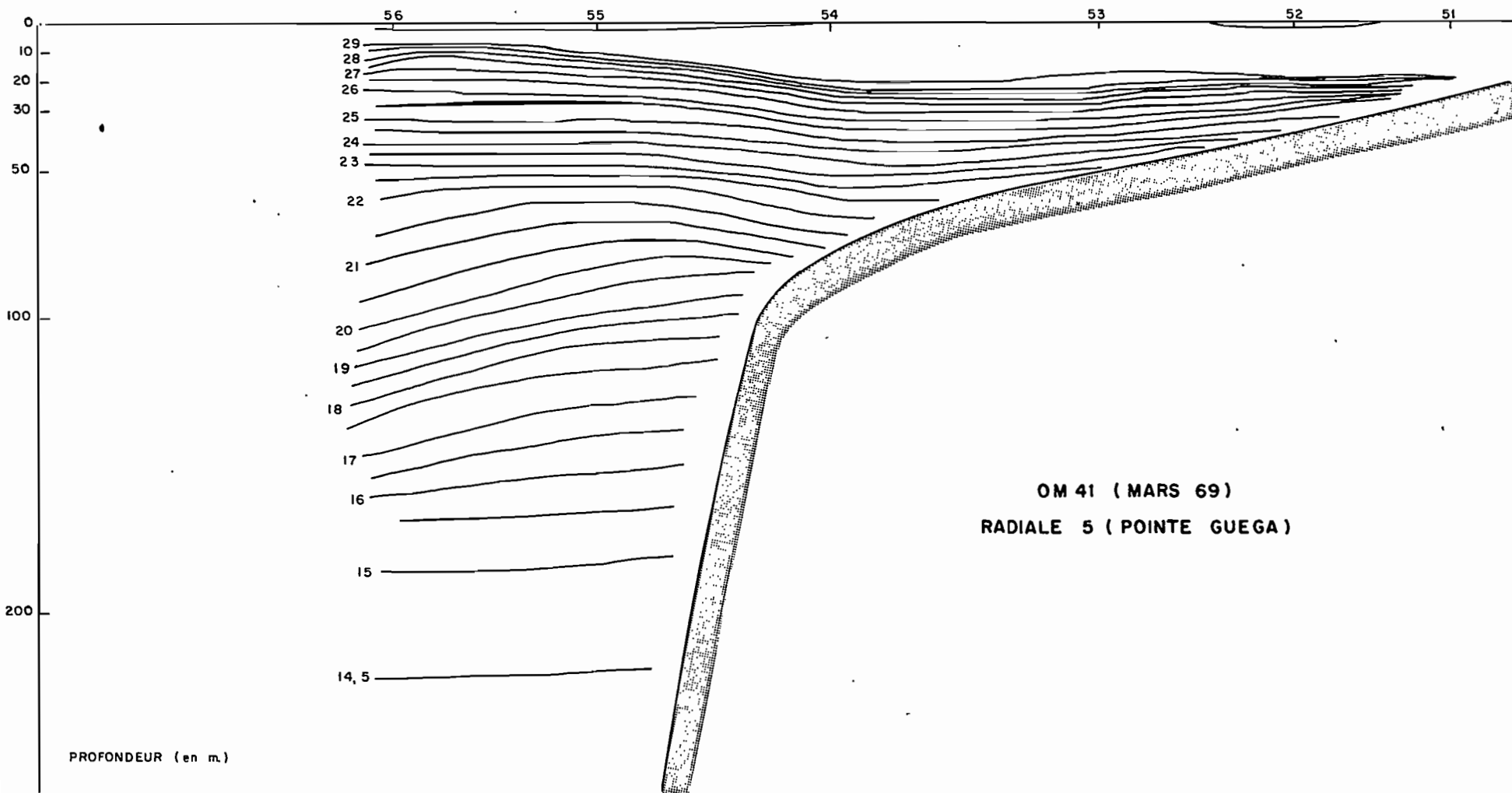
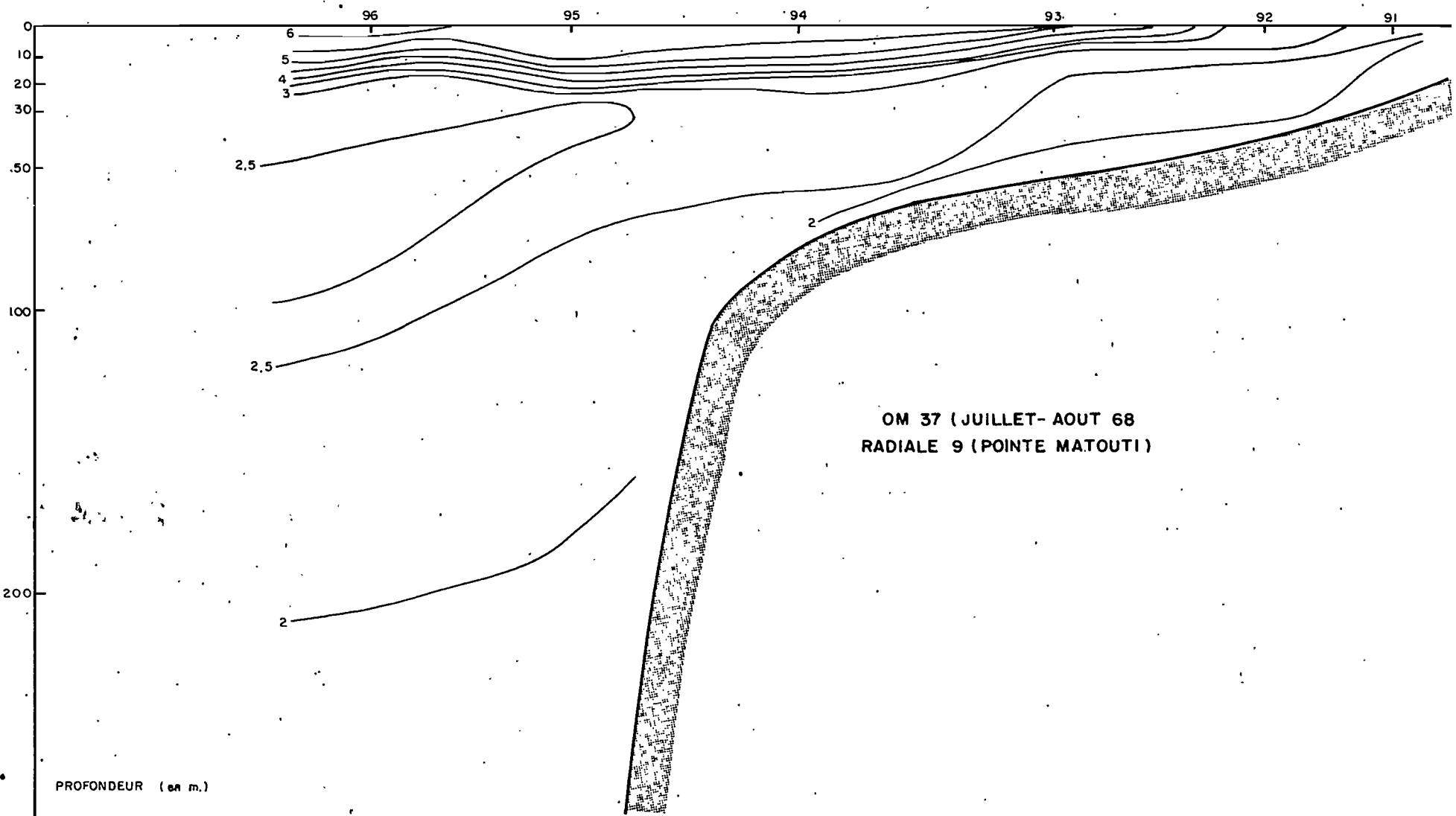


Fig.20 bis - COUPE THERMIQUE EN SAISON CHAUDE



PROFONDEUR (en m.)

FIG.21- COUPE OXYGENE (mi/l) EN SITUATION D'UPWELLING
(SAISON FROIDE)

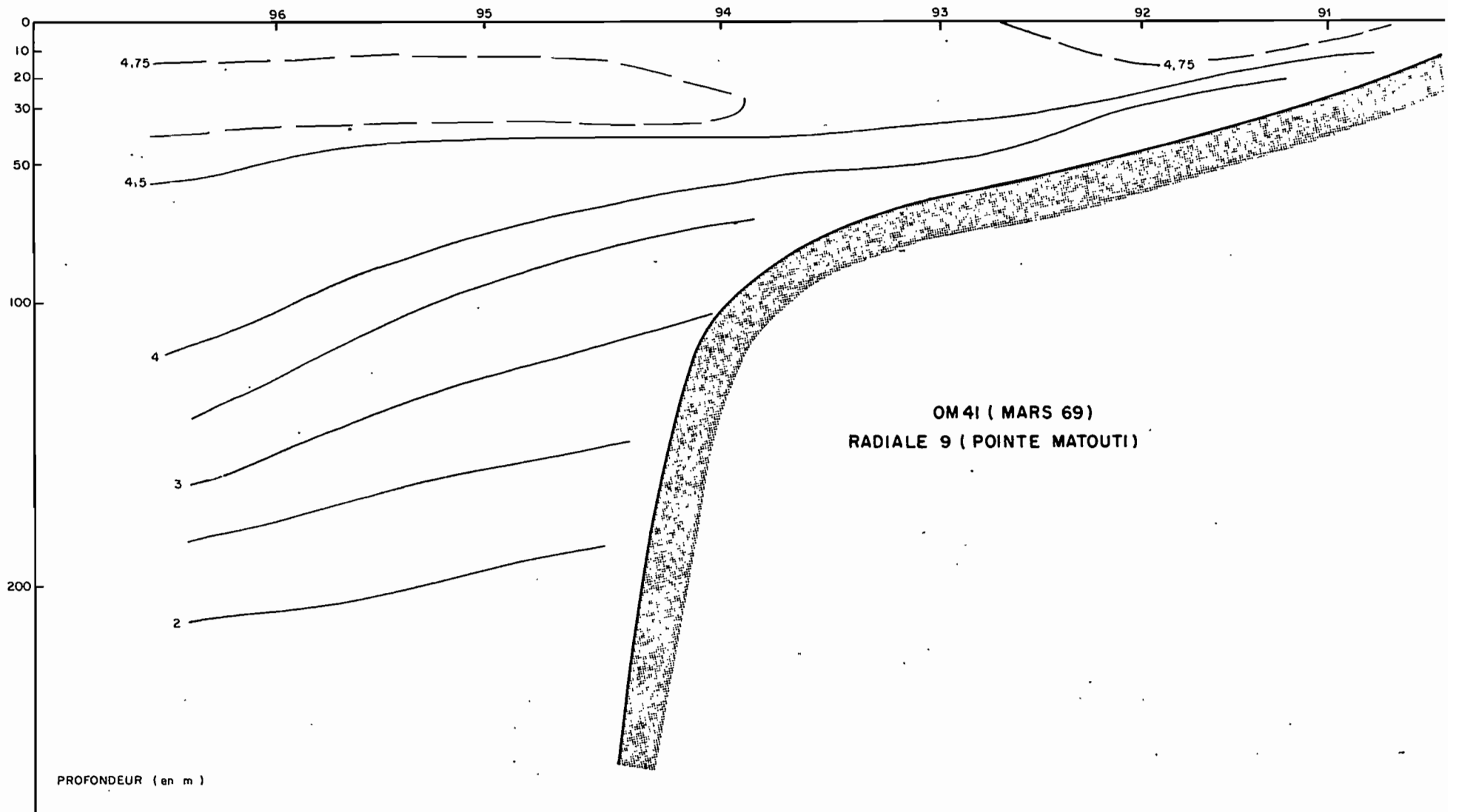


FIG. 22 - COUPE OXYGENE (m/l) EN SAISON CHAUDE

recouverte uniformément par 30 mètres d'eaux chaudes et dessalées (eaux Guinéennes).

Les coupes oxygène (fig. 21 et 22) et les figures 28 montrent, en situation d'upwelling (nous l'avons déjà noté), d'importantes sursaturations et déficits d'oxygène en surface et près de la surface ; l'oxycline est très intense et couvre les 25 premiers mètres d'eau ; les faibles teneurs en oxygène (inférieur à 4 ml/l) sont localisées près du fond sur le plateau continental et atteignent dans certains cas la surface au voisinage de la côte à la source même de l'upwelling. L'aspect des courbes d'isoteneur en oxygène suggère une "alimentation" des eaux du minimum d'oxygène (entre 200 et 400 mètres de profondeur au large) par "écoulement", le long du plateau et du talus continental, d'eaux presque épuisées en oxygène. Le minimum d'oxygène des eaux centrales Atlantique Sud, dont la source est l'intense activité biologique au large des côtes du Sud-ouest Africain (upwelling de Benguela) serait ainsi renforcé par les petits upwellings intermittents de la côte du Nord Angola et du Congo.

2.3. Influences continentales

La région que nous étudions est soumise, on l'a vu, dans sa partie Sud à l'influence du Congo (2ème fleuve du monde par son débit) qui déverse en moyenne chaque année 50.000 m³ d'eau douce par seconde ; ces eaux, par l'importance de leur extension, leur origine, leurs caractères très particuliers (dessalures considérables, turbidité) doivent être considérées à part. Elles sont très différentes des eaux Guinéennes, elles mêmes très dessalées mais dont certaines propriétés (transparence, couleur) et l'origine (précipitations importantes de la baie de Biafra) ne peuvent permettre de les confondre ; ceci nous a conduit à les exclure de la classification générale des eaux superficielles de BERRIT pour en faire une catégorie à part. Leur définition cependant n'est pas aisée ; nous avons retenu comme critère de séparation l'isohaline 30 ‰, lorsque ces eaux continentales recouvrent des eaux Guinéennes (déjà dessalées) et l'isohaline

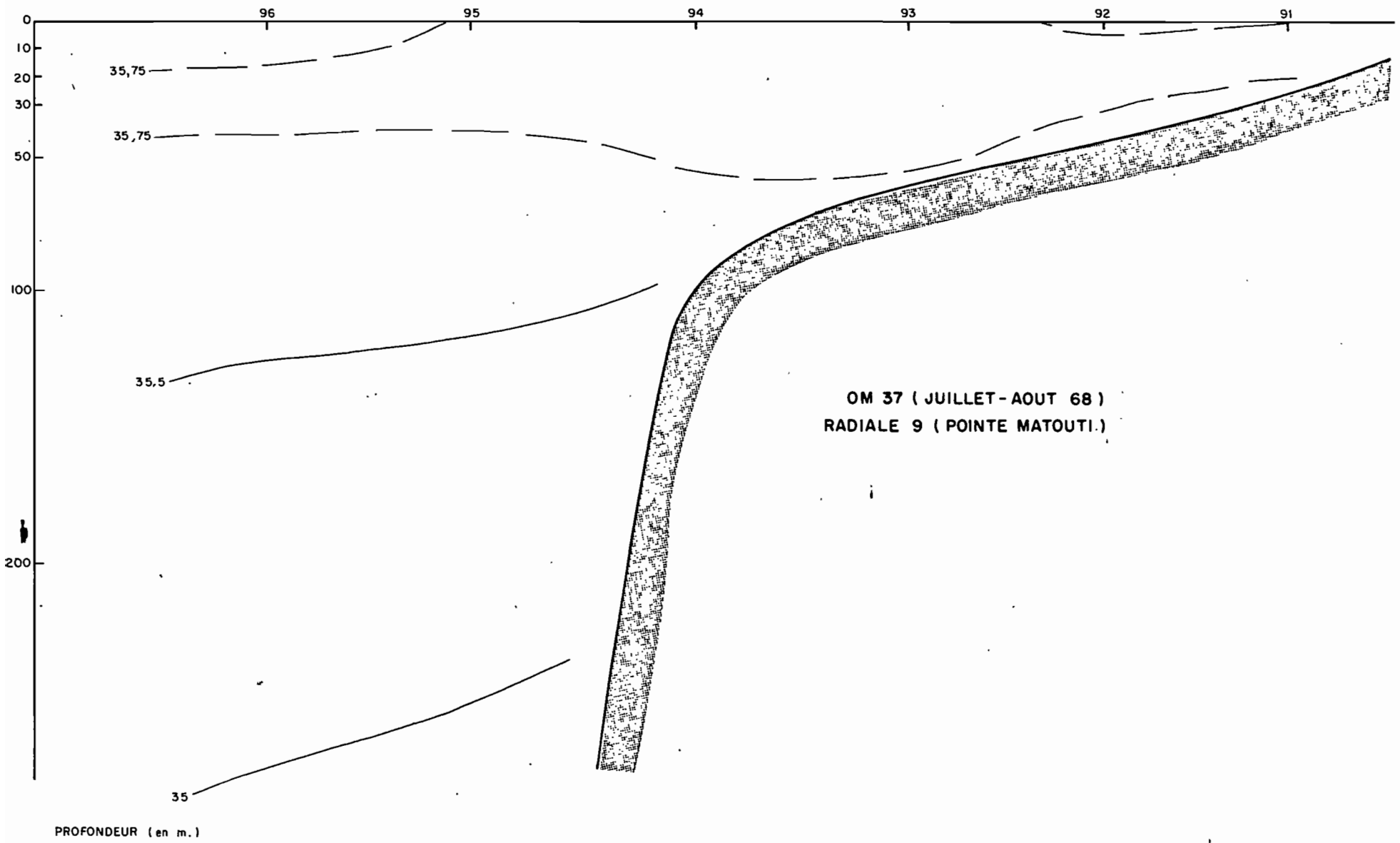


FIG. 23 - COUPE SALINITE EN SAISON FROIDE

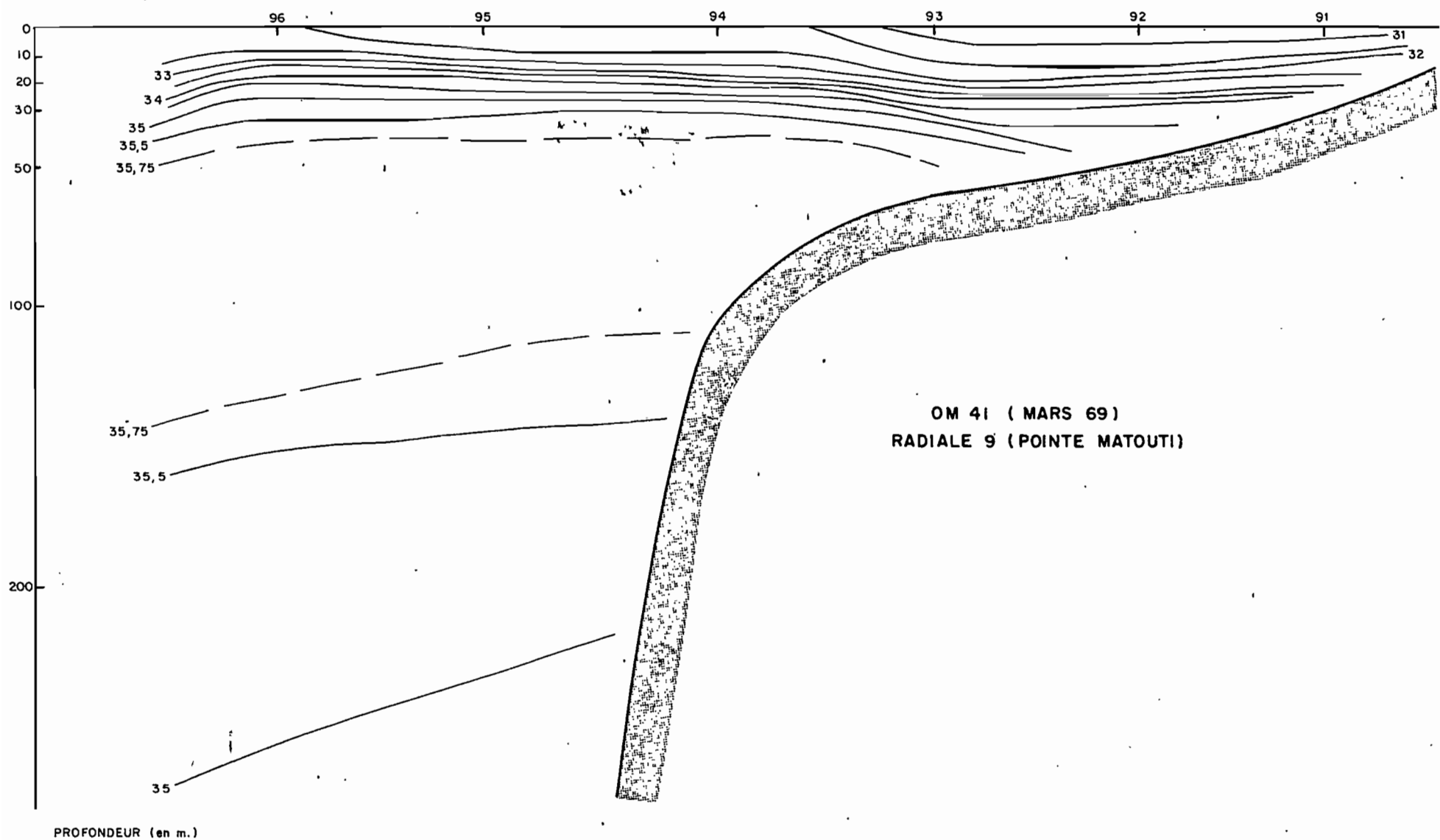


FIG. 24 - COUPE SALINITE EN SAISON CHAUDE

FIG. 25 A
OM 36
Mai 68
SALINITE
Surface

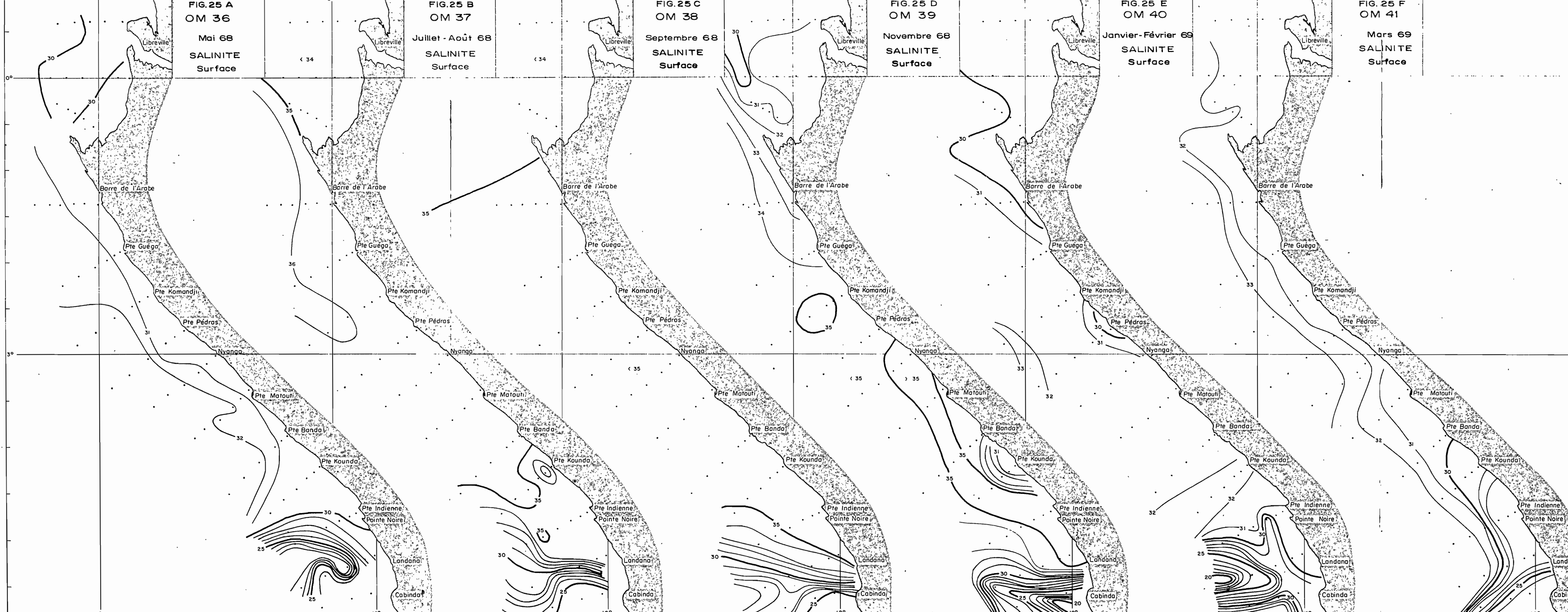
FIG. 25 B
OM 37
Juillet - Août 68
SALINITE
Surface

FIG. 25 C
OM 38
Septembre 68
SALINITE
Surface

FIG. 25 D
OM 39
Novembre 68
SALINITE
Surface

FIG. 25 E
OM 40
Janvier-Février 69
SALINITE
Surface

FIG. 25 F
OM 41
Mars 69
SALINITE
Surface



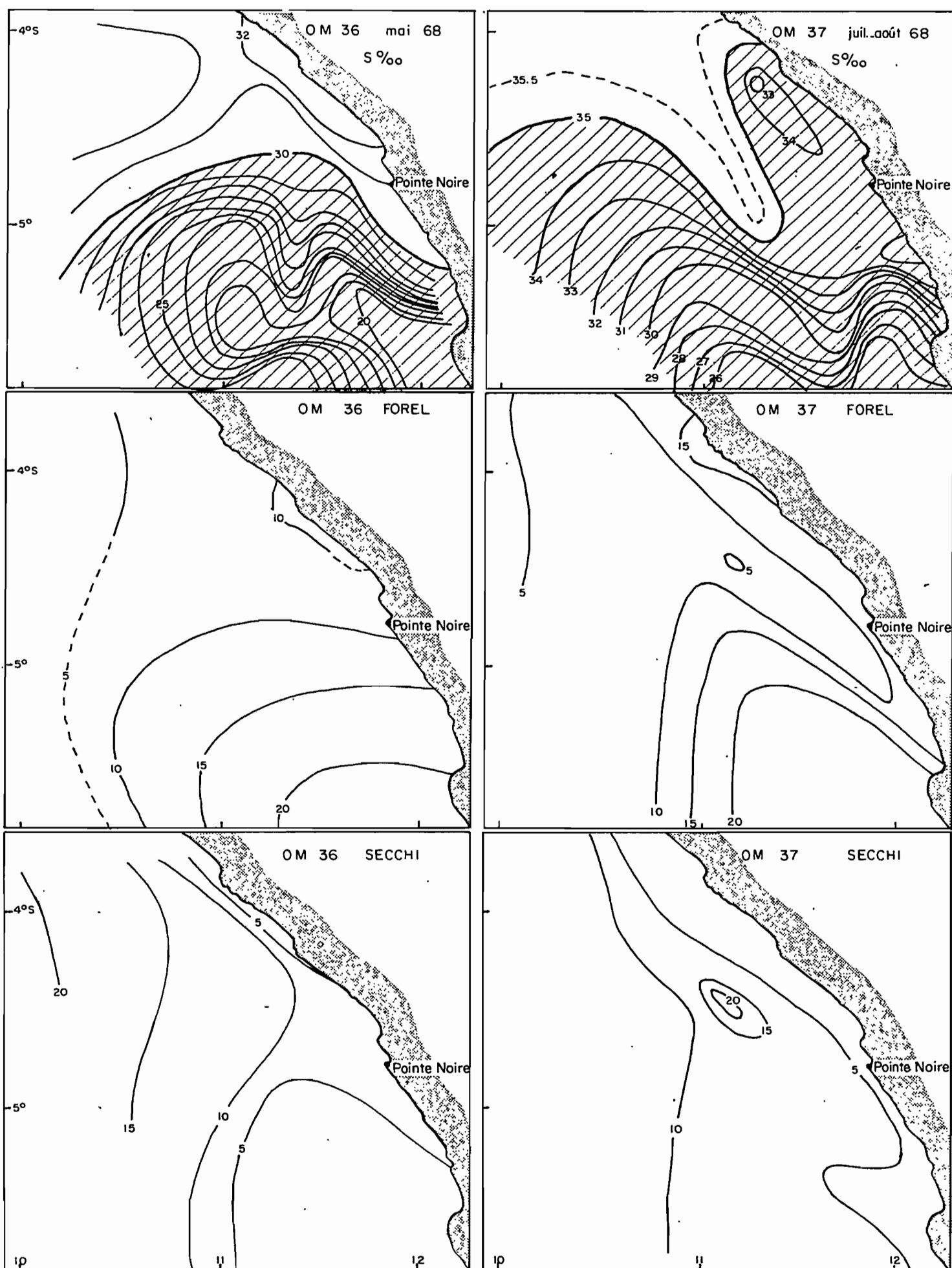


FIG. 26 A - ZONE D'EXTENSION DES EAUX CONTINENTALES OM36 - OM37

(Salinité - couleur echelle Forel Ule - turbidité Profondeur Secchi)

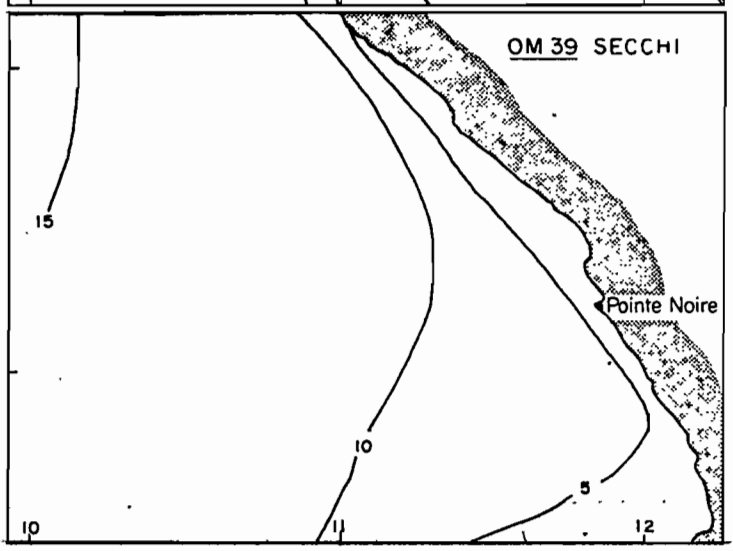
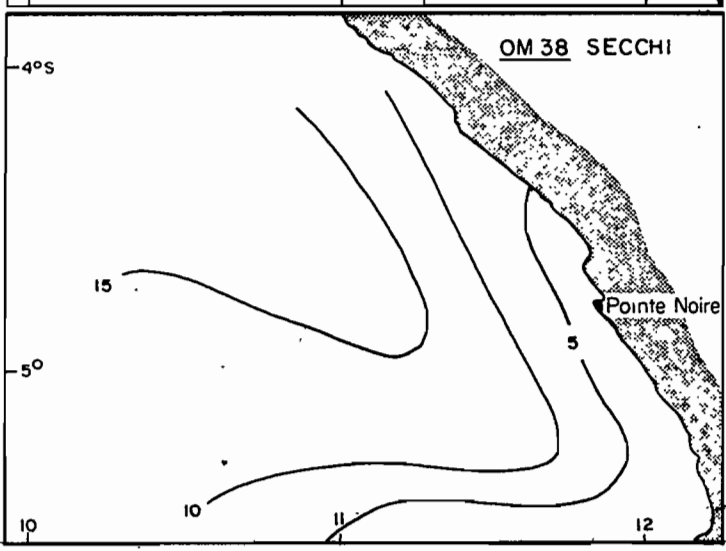
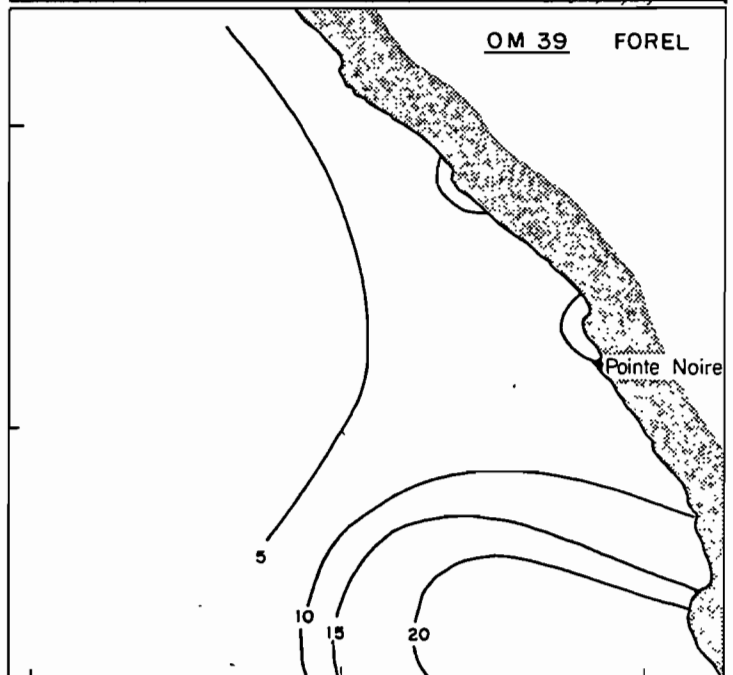
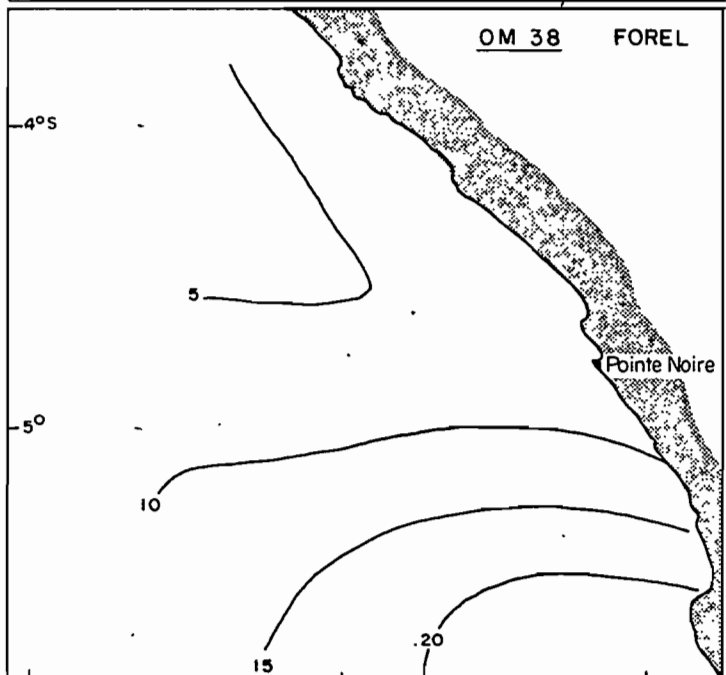
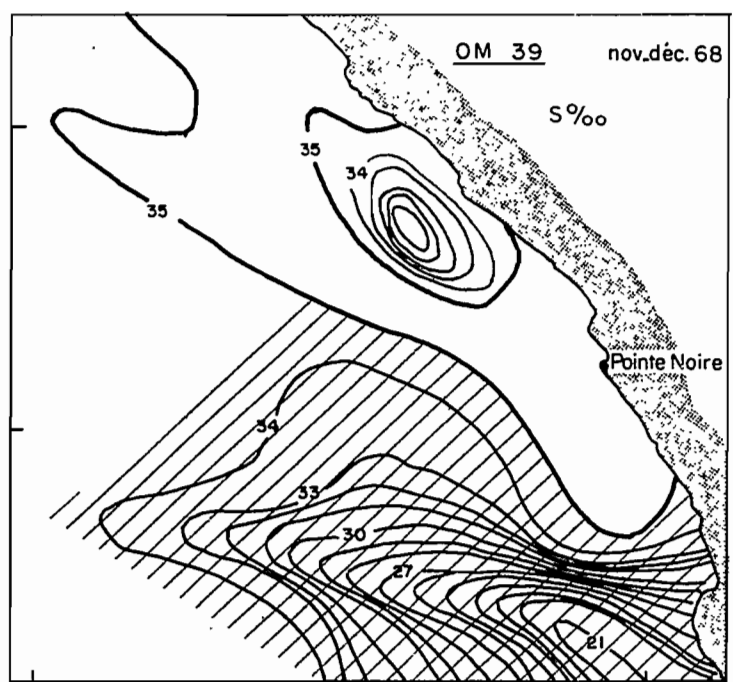
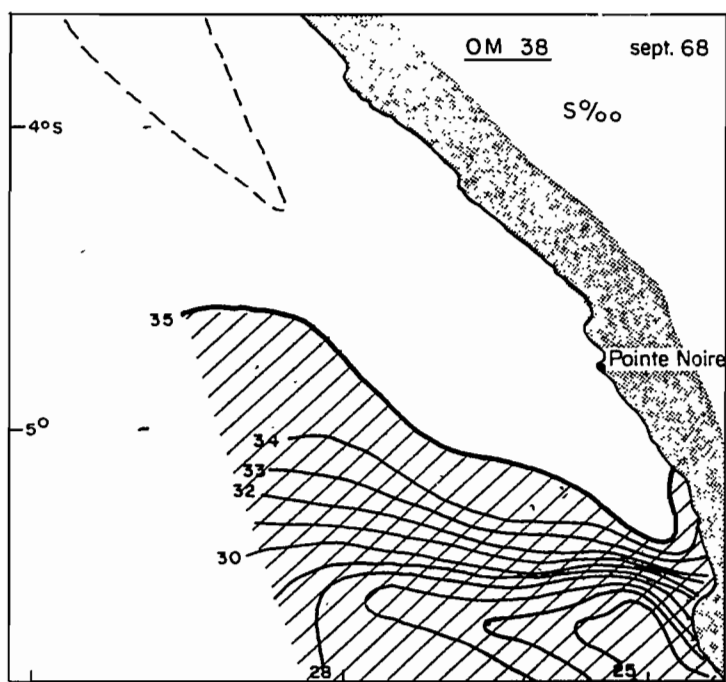


FIG. 26 B - ZONE D'EXTENSION DES EAUX CONTINENTALES OM38-OM39

(Salinité - couleur echelle Forel Ule - turbidité Profondeur Secchi)

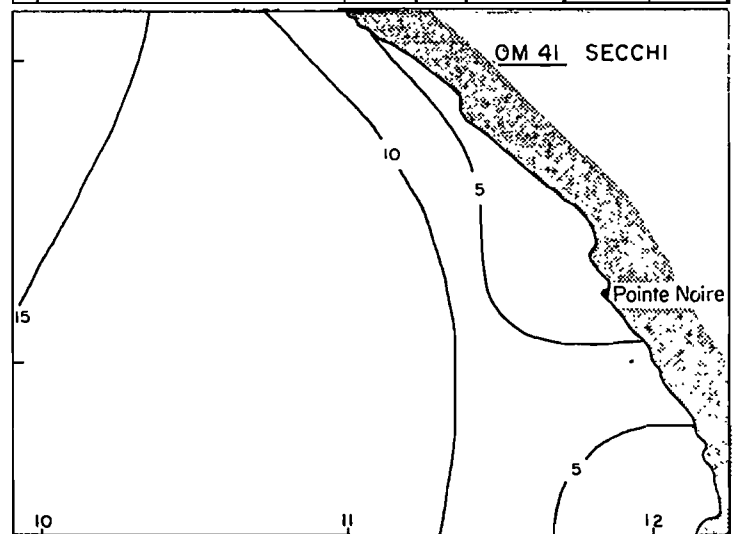
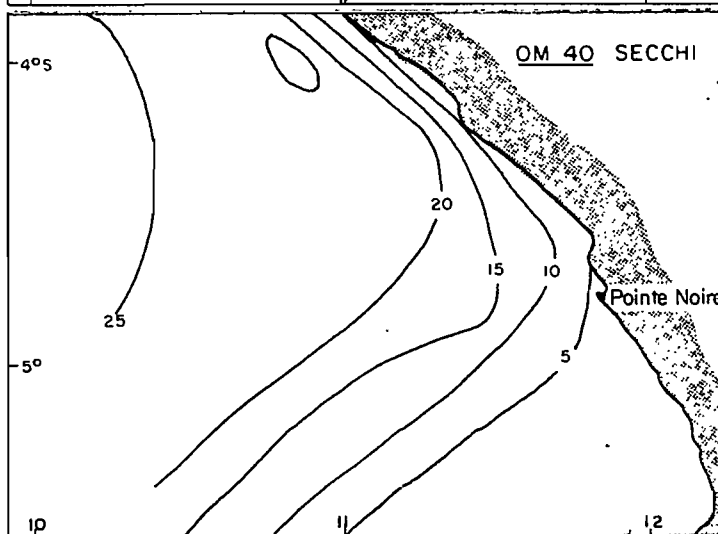
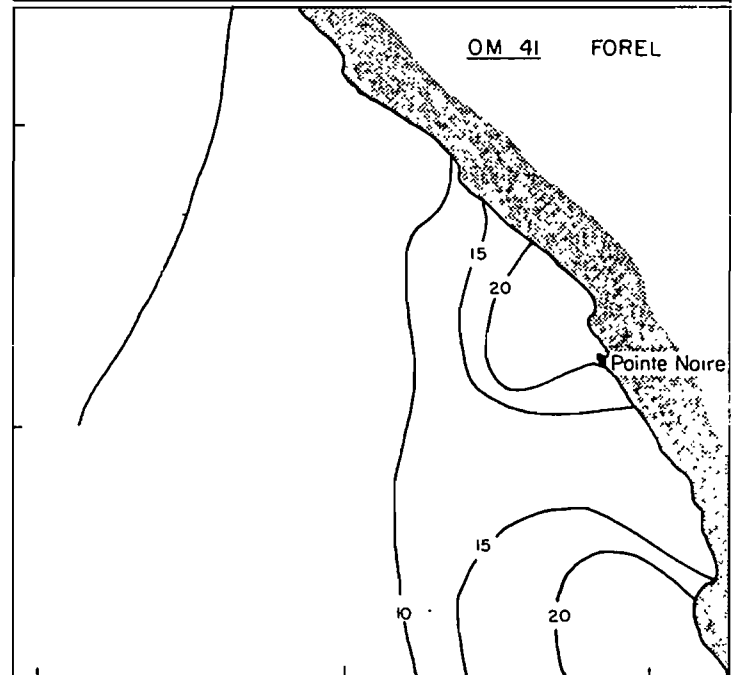
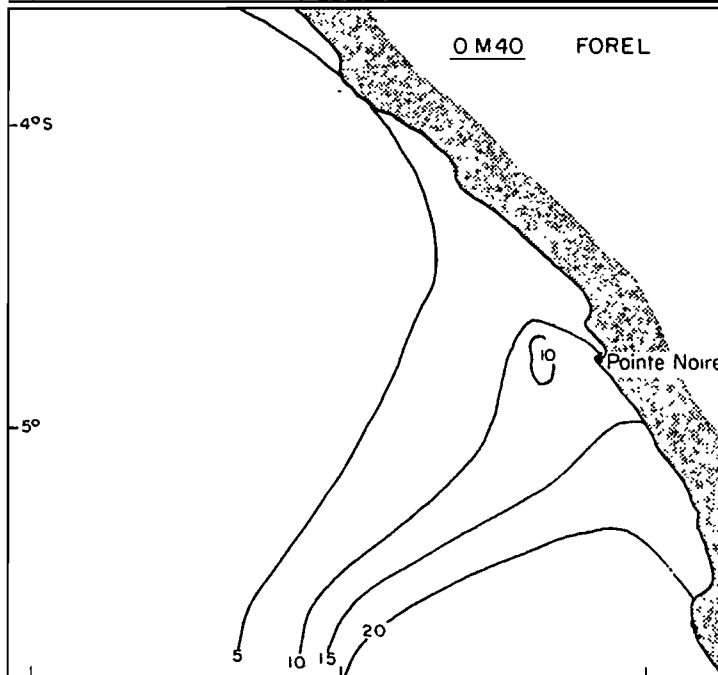
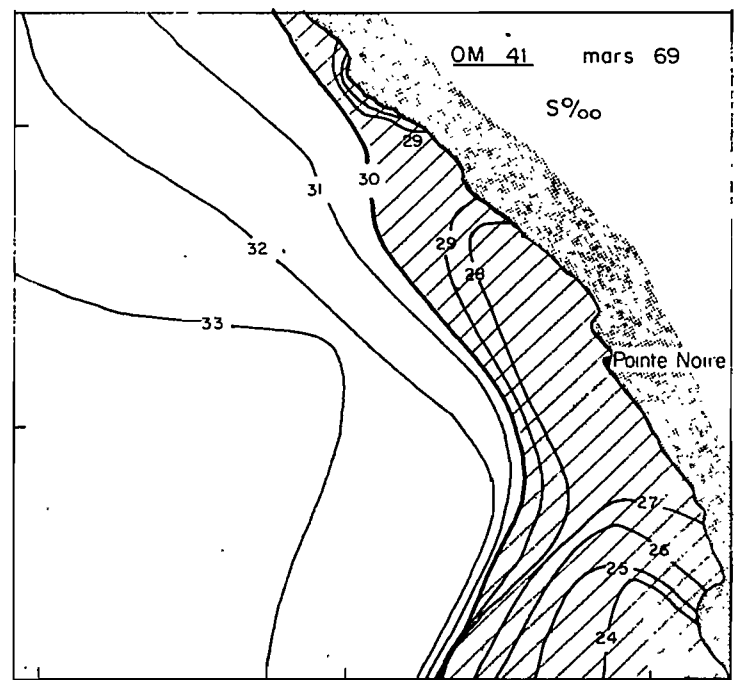
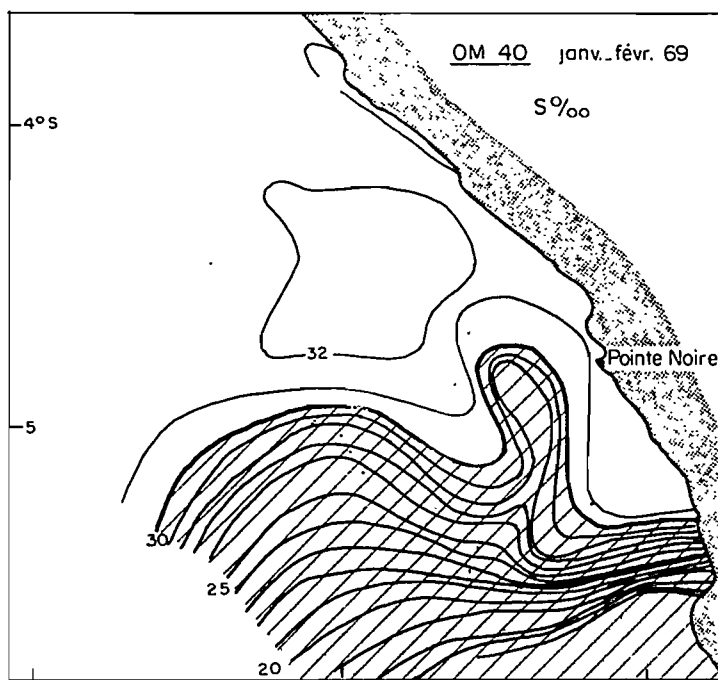


FIG.26 C - ZONE D'EXTENSION DES EAUX CONTINENTALES OM40-OM41

(Salinité - couleur echelle Forel Ule - turbidité Profondeur Secchi)

35 ‰ lorsqu'elles recouvrent des eaux Bengueléennes (salinités $> 35 ‰$) ; cette définition empirique peut se justifier par l'aspect des gradients horizontaux de salinité qui deviennent importants dans les 2 cas considérés à partir de 30 ‰ et de 35 ‰ (fig. 25).

Notons qu'à proximité immédiate de la côte des sources d'eaux continentales particulières peuvent être le fait de petits fleuves locaux.

Les eaux continentales, très dessalées donc très légères, restent en surface et ne se mélangent que difficilement avec les eaux plus denses sous-jacentes. Leur influence ne dépasse pas la profondeur de 20 mètres contrairement aux eaux Guinéennes, elles aussi dessalées et légères, mais dont l'épaisseur peut atteindre 50 mètres. Les eaux continentales recouvriront donc toujours les autres catégories d'eau superficielles ou subsuperficielles et se mélangeront avec elle essentiellement par diffusion turbulente horizontale.

Les fig. 16 et 25 montrent que, quelque soit la saison, l'influence des eaux continentales est permanente dans la région Pointe-Noire Cabinda avec une extension plus marquée cependant en saison chaude. Les figures 26 montrent encore que ces eaux sont nettement caractérisées par leur couleur brune (Forel Uhle > 10) et leur profondeur de pénétration de la lumière très faible (Secchi < 10). Remarquons enfin que ces eaux sont difficilement décelables par leur température ou leur teneur en oxygène.

2.4. Circulation

En l'absence de mesures directes de courant et sur des fonds où il n'est pas possible d'appliquer la méthode dynamique il est difficile de connaître la circulation de façon précise [‡]. Les schémas généraux de circulation superficielle dans le Golfe de Guinée (fig. 5 et 6) ainsi que la

[‡] Il est illusoire de vouloir déterminer la circulation à partir de la topographie du sommet de la thermocline dans une région où celle-ci est voisine de la surface et où l'on ne dispose pas de données synoptiques.

répartition des catégories d'eaux superficielles rencontrées au cours de ces campagnes (fig. 16) nous permettent cependant d'estimer cette circulation. Nous dégagerons ainsi, pour les saisons froides, des schémas de circulation horizontale et verticale (figs 41).

En été Boréal (juillet, août, septembre - campagnes OM 37, OM 38, OM 43 - Saison froide) on est soumis au régime des alizées de Sud-Est; la circulation générale sur l'ensemble du Golfe de Guinée (fig. 5) montre que dans la région étudiée la circulation est parallèle à la côte et dirigée vers le Nord-ouest. La permanence des eaux Bengueléennes, venues du Sud (fig. 16) confirme ce schéma de circulation. La figure 18 montre encore que les eaux froides, issues des upwellings de la zone des pointes (de Pointe Indienne à Pointe Matouti) s'écoulent vers le Nord en s'éloignant de la côte à partir de la pointe Pedras ; ces eaux participent à l'enrichissement dû à la zone de divergence qui se crée vers le Nord à partir de la Pointe Pedras (figs. 41) ; la divergence, séparée de la côte par une étroite bande d'eaux plus chaudes, implique entre le Cap Lopez et la Pointe Pedras la présence d'un faible contre-courant côtier portant au Sud-Est (fig. 41C). La circulation verticale correspondant aux zones d'upwelling et de divergences s'effectue évidemment par une remontée des eaux profondes (figs 41A et 41B).

En hiver Boréal (janvier, février, mars - campagnes OM 40, OM 41, OM 36 - Saison chaude) le schéma de circulation superficielle est probablement plus complexe. Nous avons signalé précédemment (fig. 6) la présence en cette saison d'une vaste cellule de circulation anticyclonique au large de l'Angola (Dôme d'Angola). Il est possible que l'influence de cette perturbation se fasse sentir dans la zone que nous étudions. Elle pourrait être responsable des courants portant au Sud-est qui amènent les eaux Guinéennes (venues de la baie de Biafra) et assurent leur maintien à cette époque. Il semble cependant, au vu des observations faites au wharf de Pointe-Noire, que la faible circulation existant en cette saison soit très

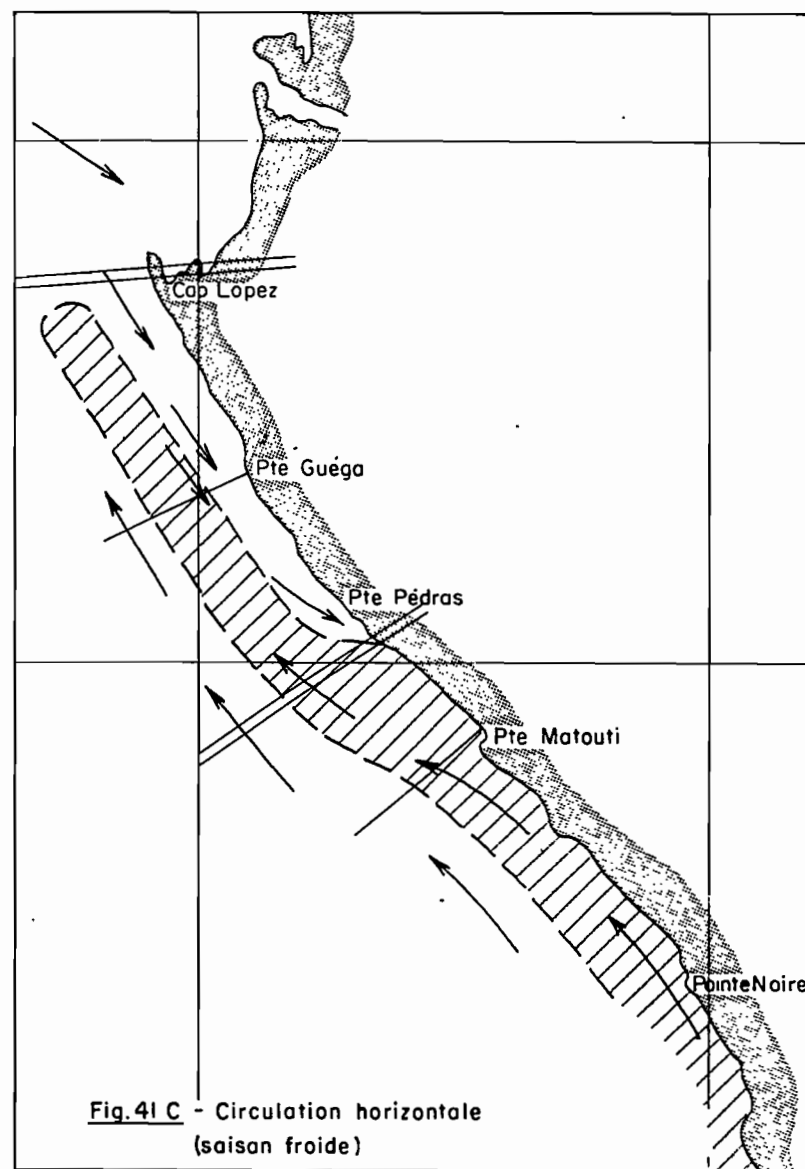
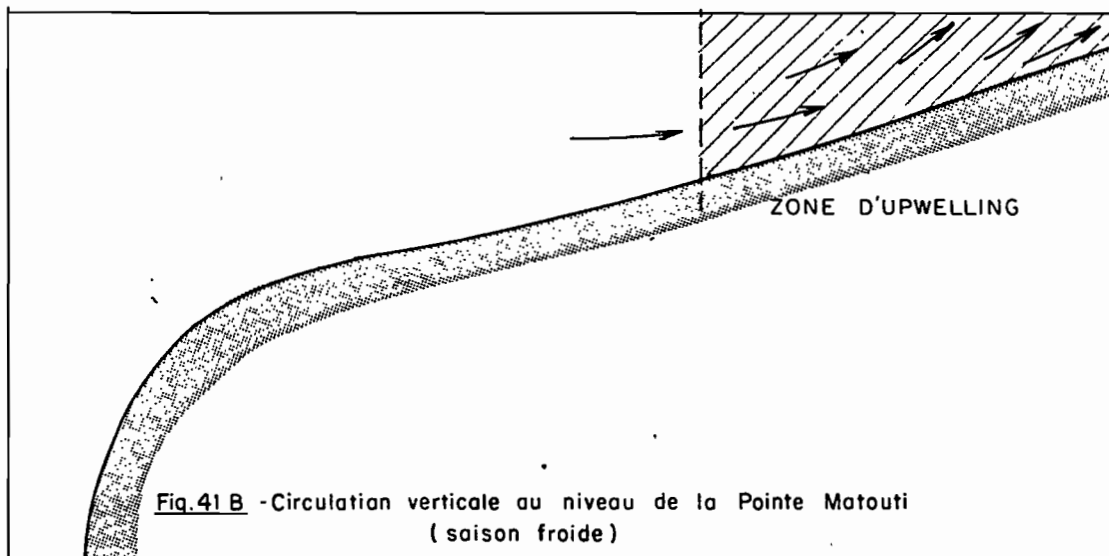
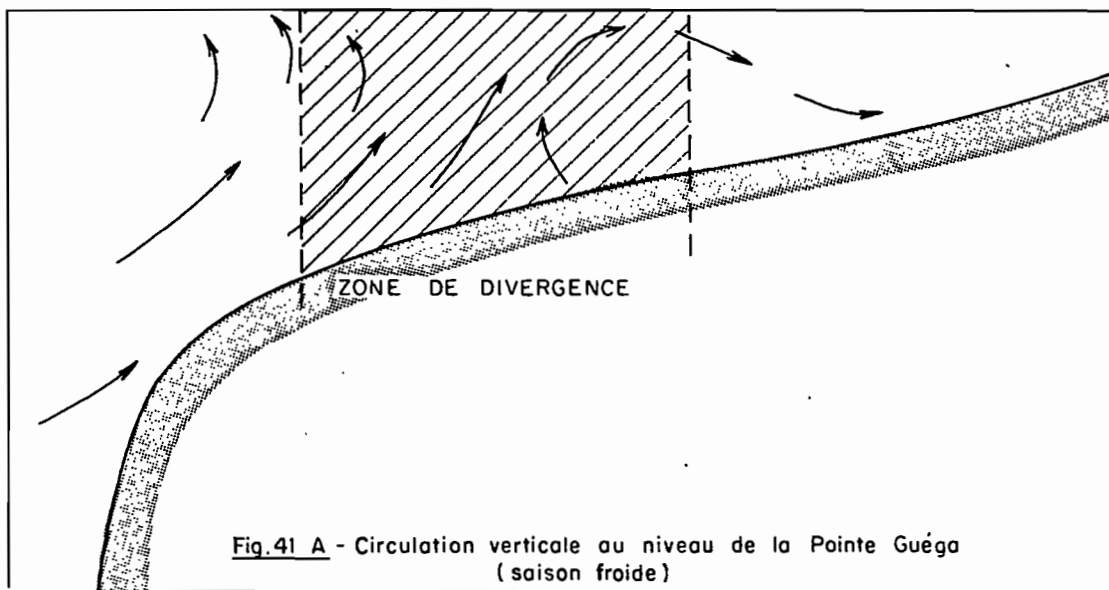


FIG.41 - SCHEMA DE CIRCULATION HORIZONTALE ET VERTICALE EN SAISON FROIDE
 (ETE BOREAL: Juillet - Août - Septembre)

variable dans le temps et dans l'espace. Il existe probablement un feuilletage complexe de courants et de contre-courants circulant parallèlement à la côte. Nous ne possédons pas actuellement de données suffisantes pour nous permettre de préciser cette circulation.

3. - CONCLUSIONS

De Libreville au Cabinda les eaux côtières du Gabon et du Congo, bien que proches de l'équateur, sont situées dans une zone d'alternances saisonnières importantes ; la succession des grandes saisons (chaude et froide) des petites saisons (chaude et froide) et des intersaisons marquent caractéristiquement l'hydrologie de cette région. Chaudes dessalées en hiver (Boréal), froides et salées en été (Boréal) les eaux superficielles s'échangent et se recouvrent les unes les autres jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 50 mètres.

Deux phénomènes complémentaires, plus ou moins dépendant du rythme saisonnier, modulent ces alternances périodiques ; ce sont les upwellings dépendant de l'importance du vent, et l'extension des eaux continentales dépendant de la pluviométrie continentale.

Les upwellings, localisés dans la région des Pointes (de Pointe-Noire à Pointe Pedras), ne s'observent qu'en saison froide (juillet, août, septembre). Ils ne sont ni permanents ni très intenses mais paraissent cependant suffisants pour permettre une production de matière vivante conséquente.

Les eaux continentales sont dues à la proximité de l'estuaire du Congo ; entre Pointe-Noire et Cabinda elles sont présentes toute l'année, plus étendues cependant en saisons chaudes. Très peu salées donc très légères, très chargées en matière minérale en suspension (couleur brune)

ces eaux ne se mélangent pratiquement pas avec les eaux sous-jacentes qu'elles recouvrent d'une couche opaque de 5 à 15 mètres d'épaisseur. Il est difficile de savoir si elles participent de façon privilégiée à la production de matière vivante.

Géographiquement la région étudiée peut se diviser en 3 zones principales, d'autant mieux distinctes qu'on est plus rapproché de l'époque des saisons froides. Au Nord du Cap Lopez, en toutes saisons, les eaux Guinéennes chaudes dessalées et claires recouvrent d'une épaisseur de 30 à 50 mètres les eaux subtropicales salées et plus froides. Au Sud du Cap Lopez et jusqu'aux environs de la Pointe Pedras, en saisons froides, une divergence située au niveau des fonds compris entre 50 et 100 mètres amène des eaux froides en surface tandis qu'à la côte une bande d'eau plus chaude se maintient. Au Sud de la Pointe Pedras, on l'a vu, des upwellings se développent à la côte en saisons froides ; nous pouvons distinguer encore dans cette région deux sous-zones ; de la Pointe Pedras jusqu'au voisinage de la Pointe Indienne s'étend la zone des upwellings proprement dit, faiblement perturbés par les eaux continentales ; au Sud de la Pointe Indienne, au contraire, les eaux continentales du Congo recouvrent fréquemment l'ensemble des autres catégories d'eaux superficielles.

Pendant les saisons chaudes les 3 zones précédemment décrites sont difficiles à distinguer car les eaux Guinéennes qui ont envahi l'ensemble de la région recouvrent les éventuelles différences hydrologiques subsuperficielles d'une couche uniforme d'eaux chaudes.

La frontière hydrologique du Cap Lopez est depuis longtemps connue : c'est la limite Nord de la zone des alternances saisonnières Sud, définie par BERRIT, qui se traduit en grande saison froide par la persistance d'une zone frontale marquée (le front du Cap Lopez) ; la zone frontière que nous avons située au environ de la Pointe Pedras, au contraire, ne correspond pas à des caractères hydrologiques généraux et connus ; cette frontière sépare 2 faciès hydrologiques côtiers différents et n'a probablement de sens que localement et pour les eaux recouvrant le plateau et le

talus ; elle n'en demeure pas moins un caractère important qu'a dégagé cette étude car, bien que marquée surtout en saisons froides, elle semble correspondre en toute saison à une distribution particulière de la matière vivante (plancton et poisson).

X

X

X

BIBLIOGRAPHIE

- BERRIT (G.R.) - 1961 - Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le Golfe de Guinée. Cahiers Océanographiques, vol. XIII, n° 10.
- BERRIT (G.R.) - 1958 - Les saisons marines à Pointe-Noire. Bull. CCOEC, 10, n° 6, pp. 335-360.
- BERRIT (G.R.) et DONGUY (J.R.) - 1962 - Evolution des conditions hydrologiques au-dessus et aux accores du plateau continental au large de Pointe-Noire lors du passage de la saison chaude à la saison froide ; mise en évidence d'un upwelling. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 123, 4 p. multigr., 7 fig.
- BERRIT (G.R.) et DONGUY (J.R.) - 1964 - La petite saison chaude en 1959 dans la région orientale du Golfe de Guinée. Bull. CCOEC, 16, n° 8, pp. 651-672.
- BERRIT (G.R.) - 1966 - Les eaux dessalées du Golfe de Guinée. Actes du symposium sur l'océanographie et les ressources halieutiques de l'Atlantique tropical. Abidjan, Côte d'Ivoire, 20-28 octobre 1965, 5 p., 12 cartes.
- DESSIER (A.), PIANET (R.) - 1971 - Répartition et abondance des oeufs et larves de clupeidae et engraulidae des côtes du Congo et du Gabon en 1968-69. Aperçu sur les conditions physico-chimiques et biologiques du milieu. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, Nouvelle série, n° 15.
- DUFOUR (Ph.) et MERLE (J.) - 1972 - Station côtière en Atlantique tropical (Pointe-Noire) hydroclimat et production primaire.
- GALLARDO (Y.) - 1966 - Contribution à l'hydrologie du bassin d'Angola. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° 343, 13 p. multigr.
- GALLARDO (Y. et LE GUEN (J.C.) - 1968 - Caractères hydrologiques des régions frontales d'Angola favorables à l'albacore. Doc. Centre ORSTOM Pointe-Noire, n° N.S. 23, 13 juillet 1972.

- LE GUEN (J.C.) - 1971 - Dynamique des populations de *Pseudolithus* (*Fon-
ticulus*) *elongatus* (Bowd. 1825). Poissons Sciaenidae. Cah. ORSTOM,
sér. Océanogr., vol. IX, n° 1, pp. 3-84, 43 fig., 2 phot., bibliogr.
(52 réf.).
- REBERT (J.P.) - 1966 - Conditions hydrologiques au sud de Pointe-Noire
en début de saison froide. Aperçu sur la transition. Doc. Centre
ORSTOM Pointe-Noire, n°333 S.R.
- SVERDRUP (H.U.), JOHNSON (M.W.), FLEMING (R.H.) - 1942 - The Oceans, their
physics, chemistry and general biology. Prentice-Hall. Inc., Englewood
Cliffs, N.J. 1087 p.

FIG. 29A
OM 36
Mai 68
TEMPERATURE
10m

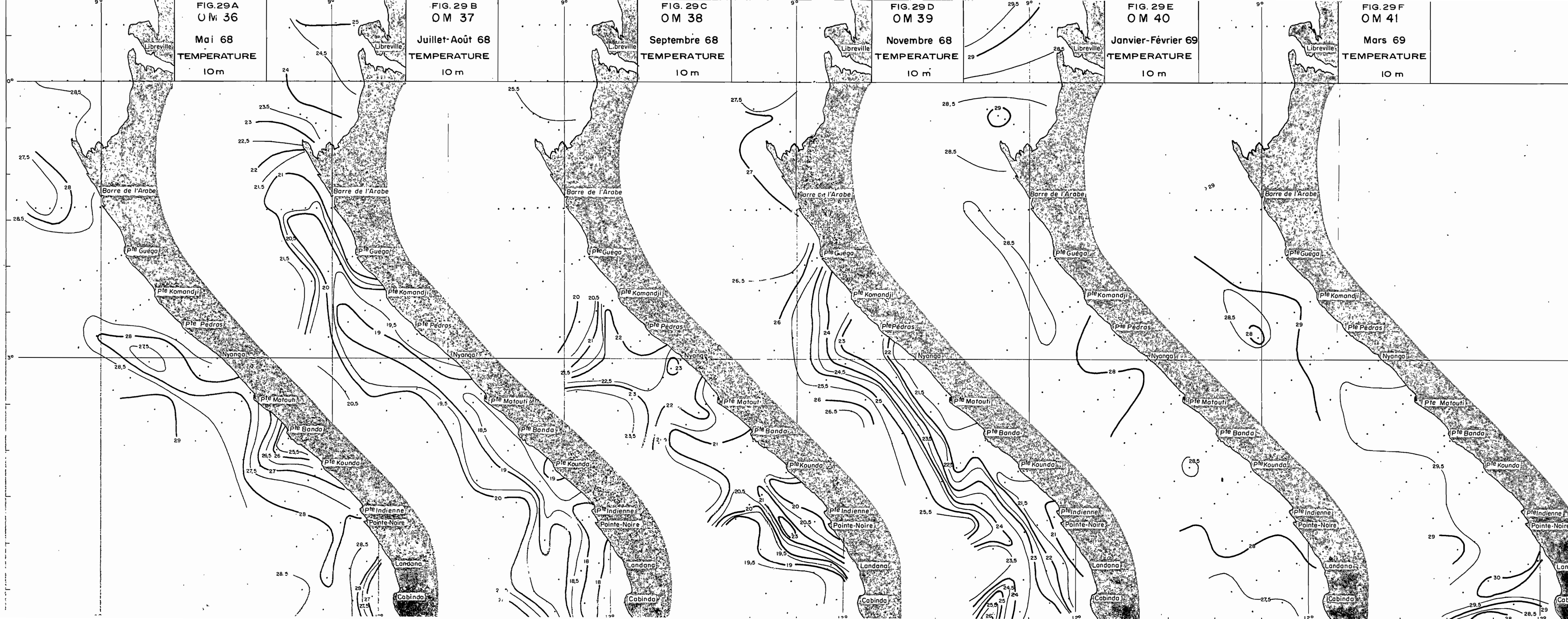
FIG. 29 B
OM 37
Juillet-Août 68
TEMPERATURE
10m

FIG. 29C
OM 38
Septembre 68
TEMPERATURE
10m

FIG. 29D
OM 39
Novembre 68
TEMPERATURE
10m

FIG. 29E
OM 40
Janvier-Février 69
TEMPERATURE
10m

FIG. 29F
OM 41
Mars 69
TEMPERATURE
10m



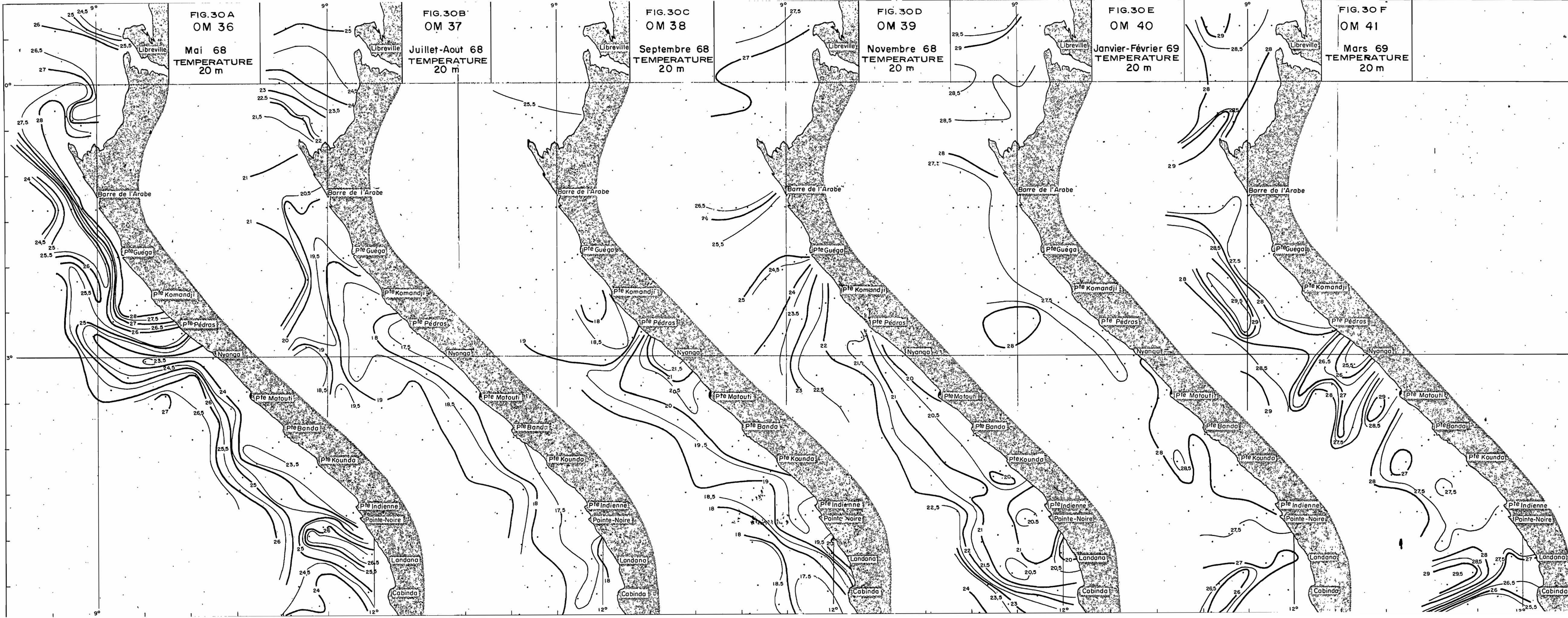


FIG. 31 A
OM 36
Mai 68
TEMPERATURE
30 m

FIG. 31 B
OM 37
Juillet-Août 68
TEMPERATURE
30 m

FIG. 31 C
OM 38
Septembre 68
TEMPERATURE
30 m

FIG. 31 D
OM 39
Novembre 68
TEMPERATURE
30 m

FIG. 31 E
OM 40
Janvier-Février 69
TEMPERATURE
30 m

FIG. 31 F
OM 41
Mars 69
TEMPERATURE
30 m

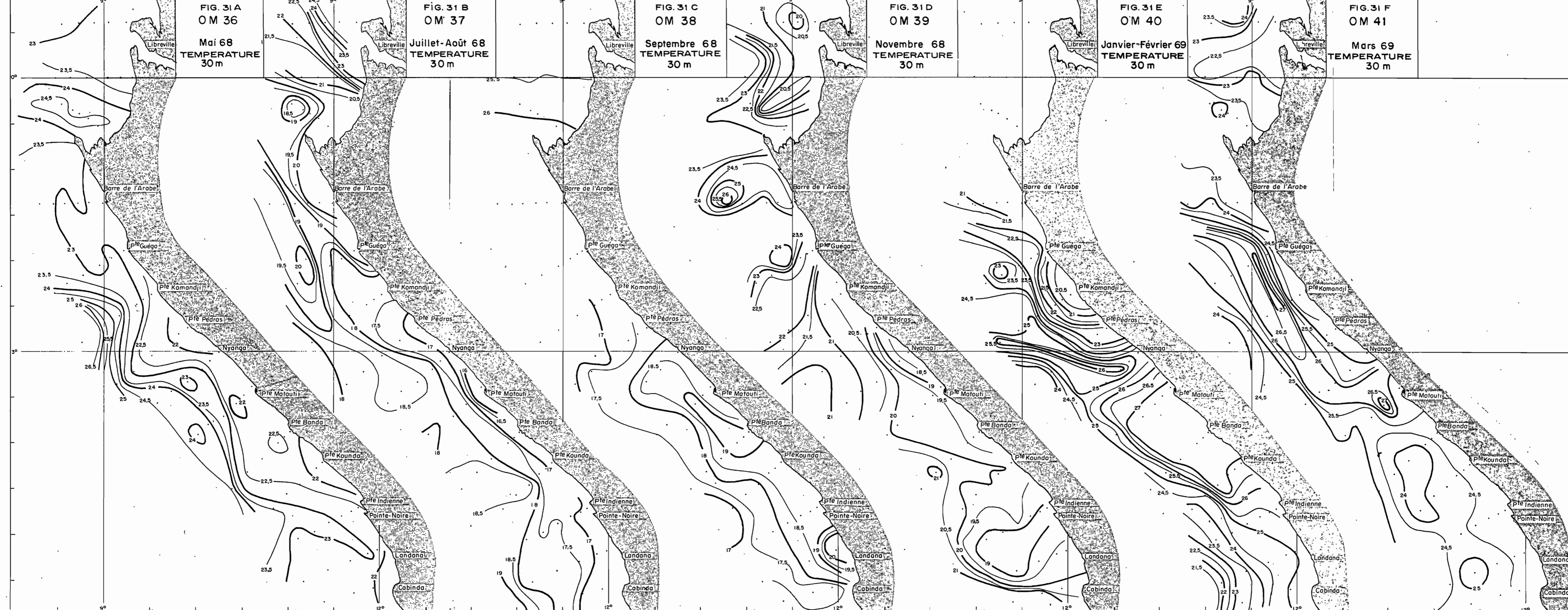


FIG. 32 A
OM 36
Mai 68
TEMPERATURE
50m

FIG. 32 B
OM 37
Juillet-Août 68
TEMPERATURE
50m

FIG. 32 C
OM 38
Septembre 68
TEMPERATURE
50m

FIG. 32 D
OM 39
Novembre 68
TEMPERATURE
50m

FIG. 32 E
OM 40
Janvier-Février 69
TEMPERATURE
50m

FIG. 32 F
OM 41
Mars 69
TEMPERATURE
50m

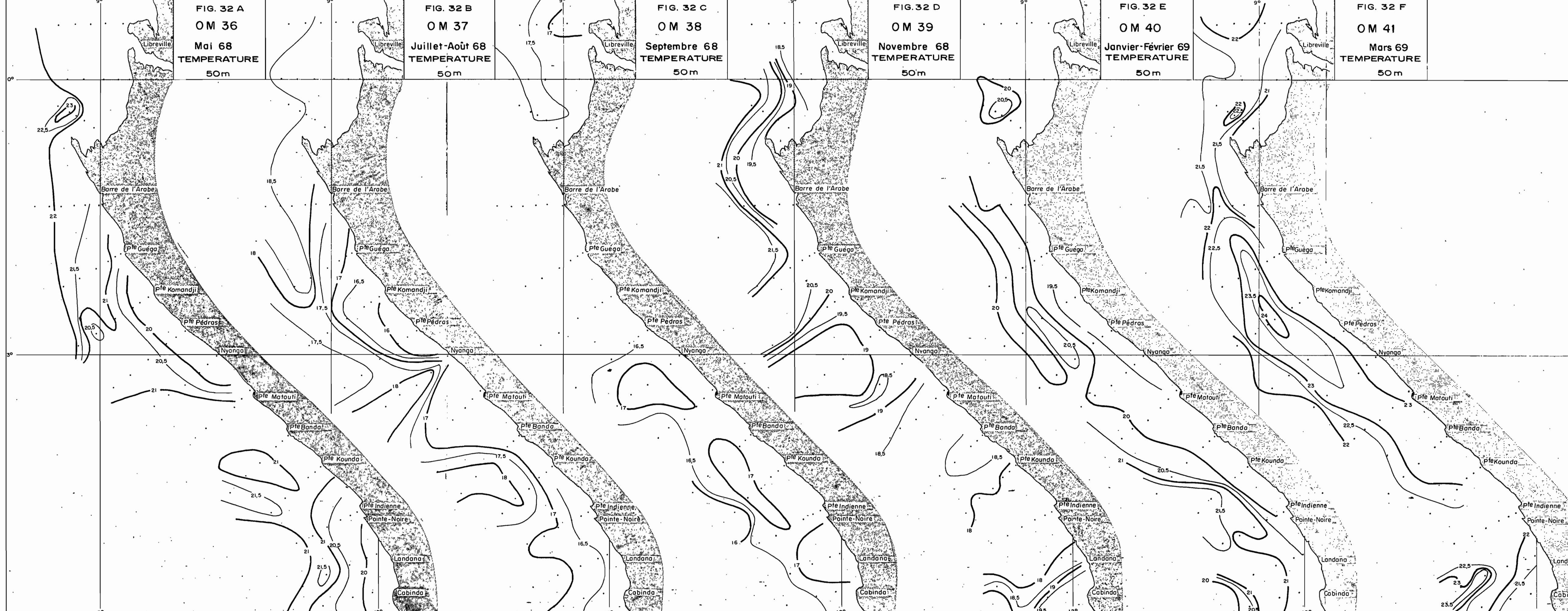


FIG. 34 A
OM 36
Mai 68
SALINITE
20 m

FIG. 34 B
OM 37
Juillet-Août 68
SALINITE
20 m

FIG. 34 C
OM 38
Septembre 68
SALINITE
20 m

FIG. 34 D
OM 39
Novembre 68
SALINITE
20 m

FIG. 34 E
OM 40
Janvier-Février 69
SALINITE
20 m

FIG. 34 F
OM 41
Mars 69
SALINITE
20 m

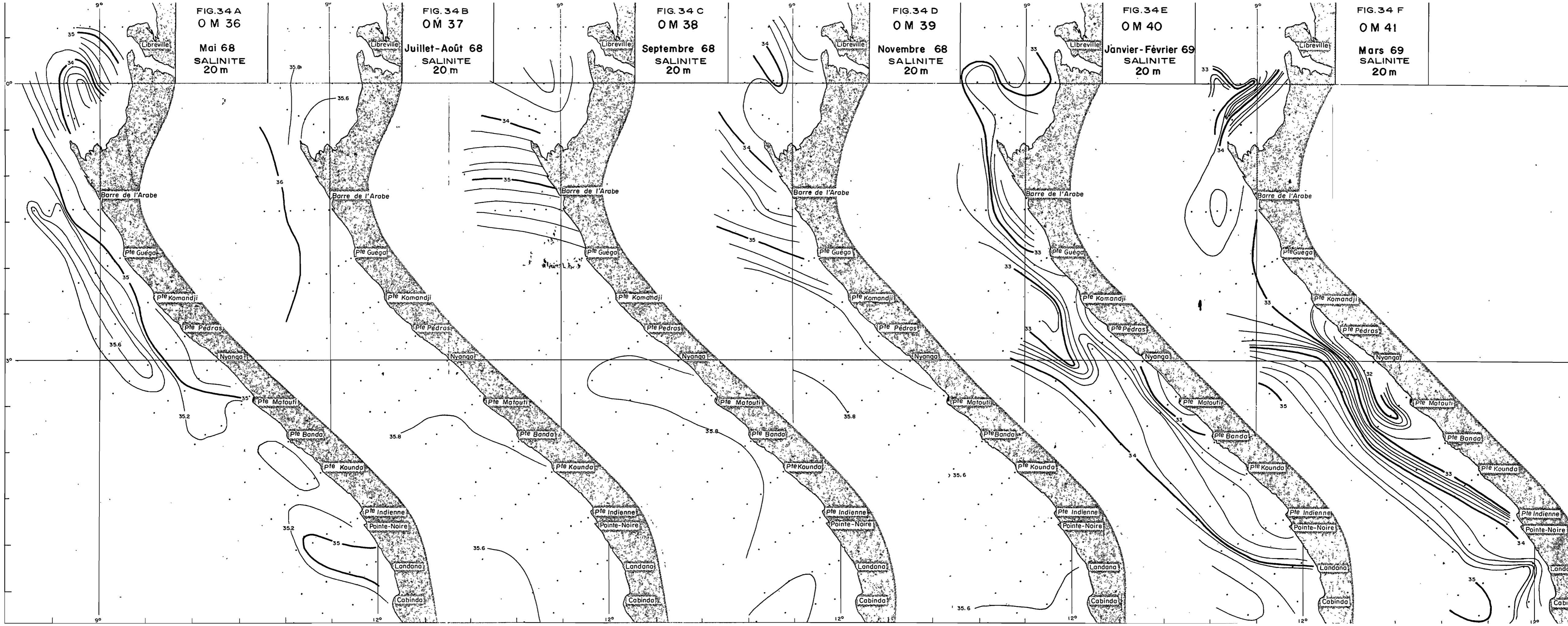


FIG. 35 A
OM 36
Mai 68
SALINITE
30 m

FIG. 35 B
OM 37
Juillet-Août 68
SALINITE
30 m

FIG. 35 C
OM 38
Septembre 68
SALINITE
30 m

FIG. 35 D
OM 39
Novembre 68
SALINITE
30 m

FIG. 35 E
OM 40
Janvier-Février 69
SALINITE
30 m

FIG. 35 F
OM 41
Mars 69
SALINITE
30 m

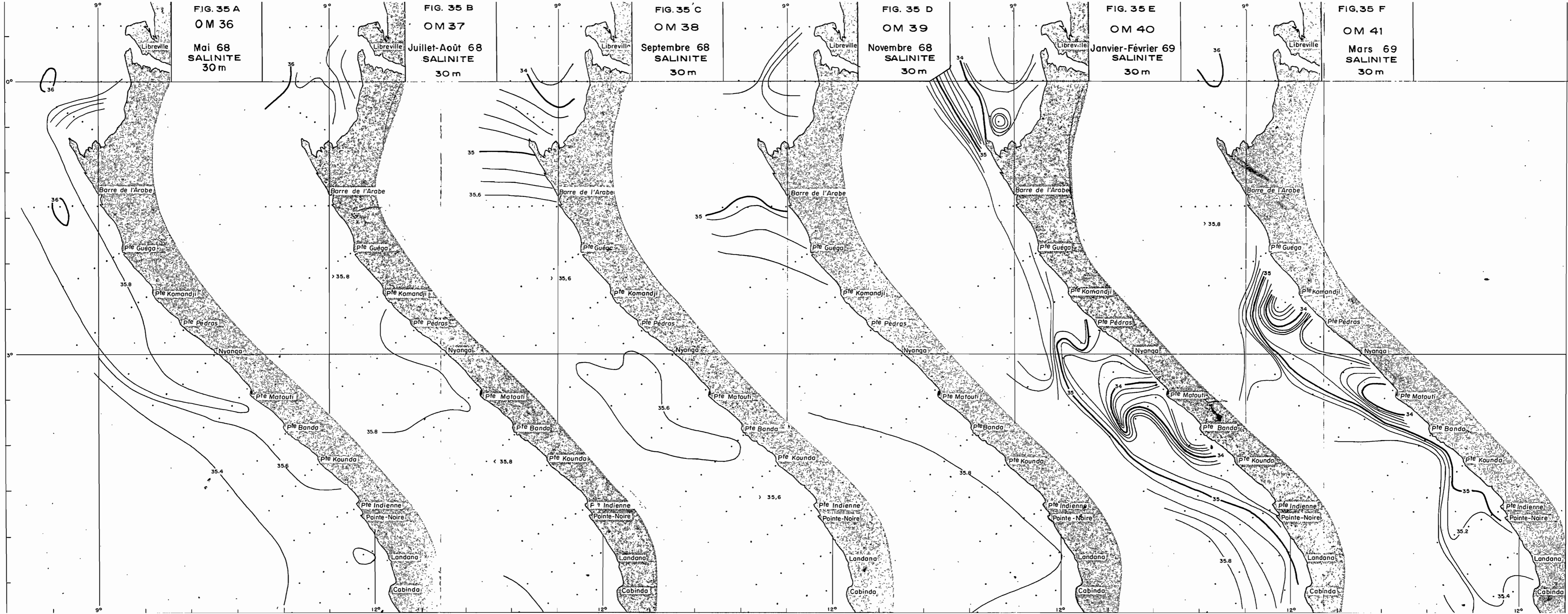


FIG. 39A
OM 36

Mai 68
OXYGENE
30m

FIG. 39B
OM 37

Juillet-Août 68
OXYGENE
30m

FIG. 39C
OM 38

Septembre 68
OXYGENE
30m

FIG. 39D
OM 39

Novembre 68
OXYGENE
30m

FIG. 39E
OM 40

Janvier-Février 69
OXYGENE
30m

FIG. 39F
OM 41

Mars 69
OXYGENE
30m

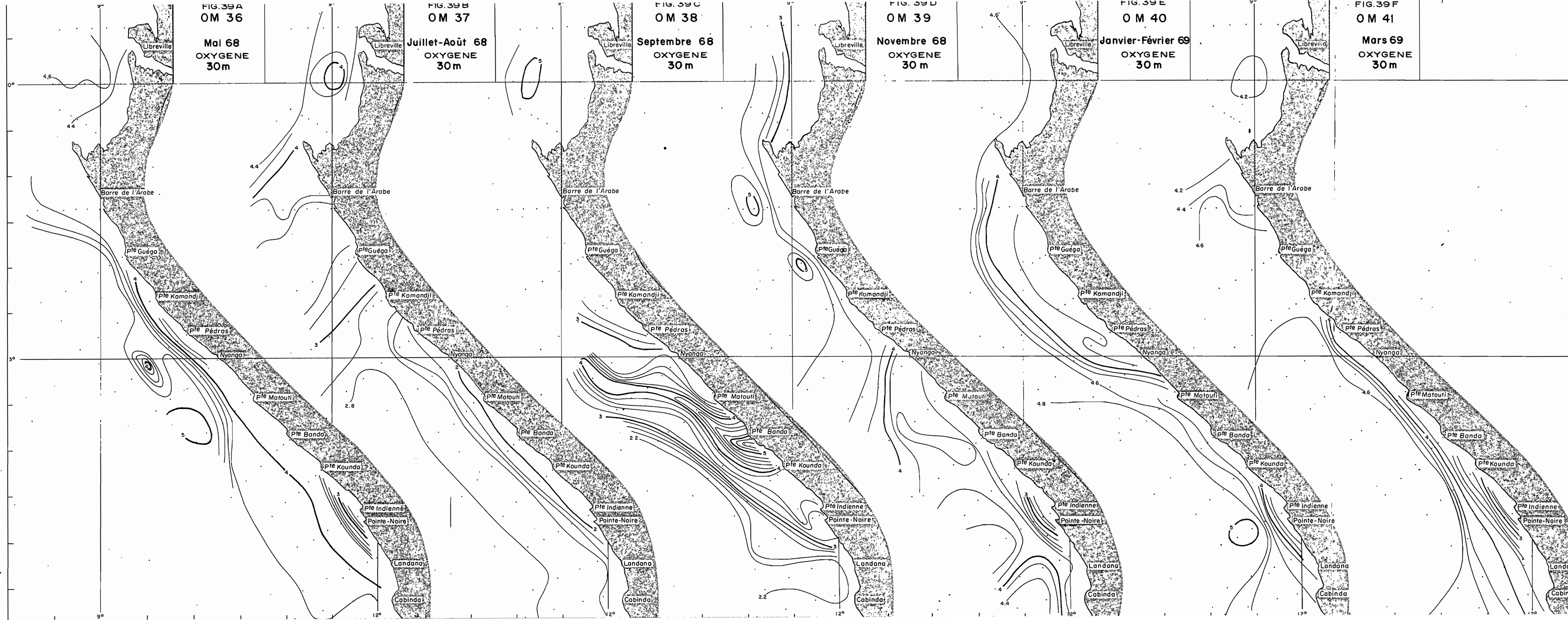


FIG. 37 A
OM 36
Mai 68
OXYGENE
10 m

FIG. 37 B
OM 37
Juillet-Août 68
OXYGENE
10 m

FIG. 37 C
OM 38
Septembre 68
OXYGENE
10 m

FIG. 37 D
OM 39
Novembre 68
OXYGENE
10 m

FIG. 37 E
OM 40
Janvier-Février 69
OXYGENE
10 m

FIG. 37 F
OM 41
Mars 69
OXYGENE
10 m

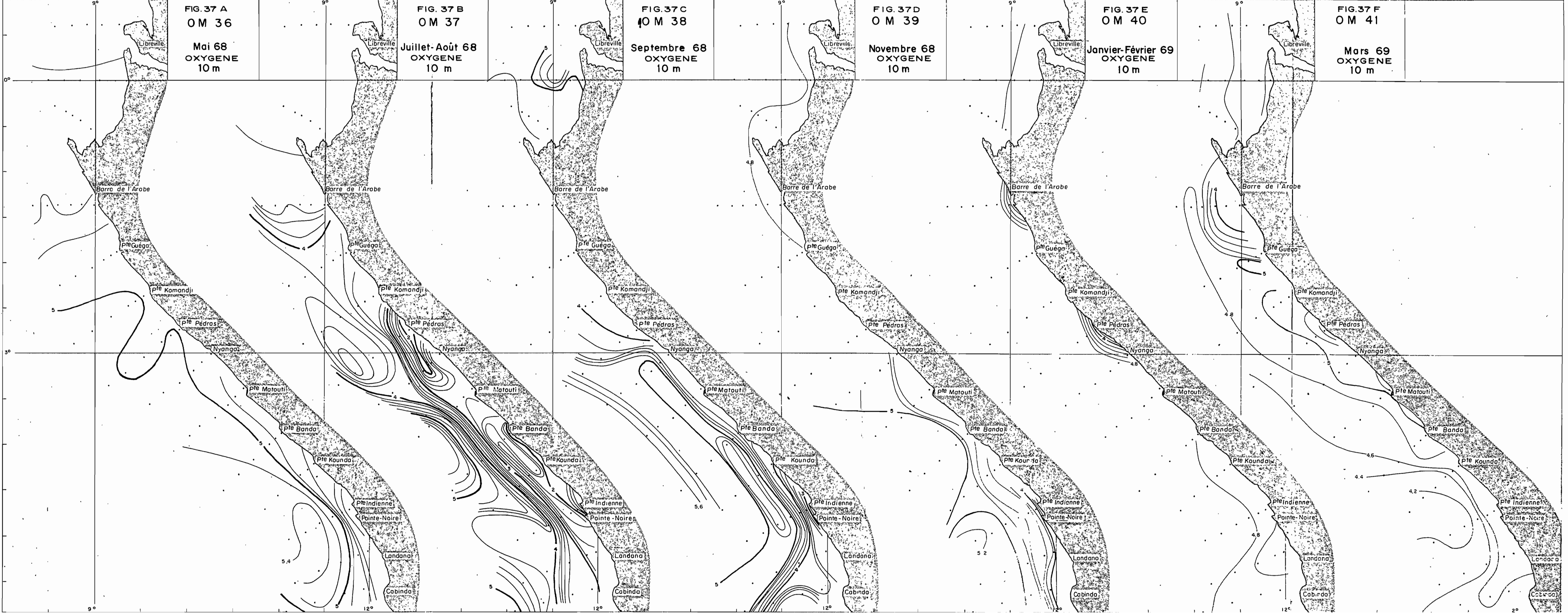


FIG. 38 A
OM 36

Mai 68
OXYGENE
20 m

FIG. 38 B
OM 37

Juillet-Août 68
OXYGENE
20 m

FIG. 38 C
OM 38

Septembre 68
OXYGENE
20 m

FIG. 38 D
OM 39

Novembre 68
OXYGENE
20 m

FIG. 38 E
OM 40

Janvier-Février 69
OXYGENE
20 m

FIG. 38 F
OM 41

Mars 69
OXYGENE
20 m

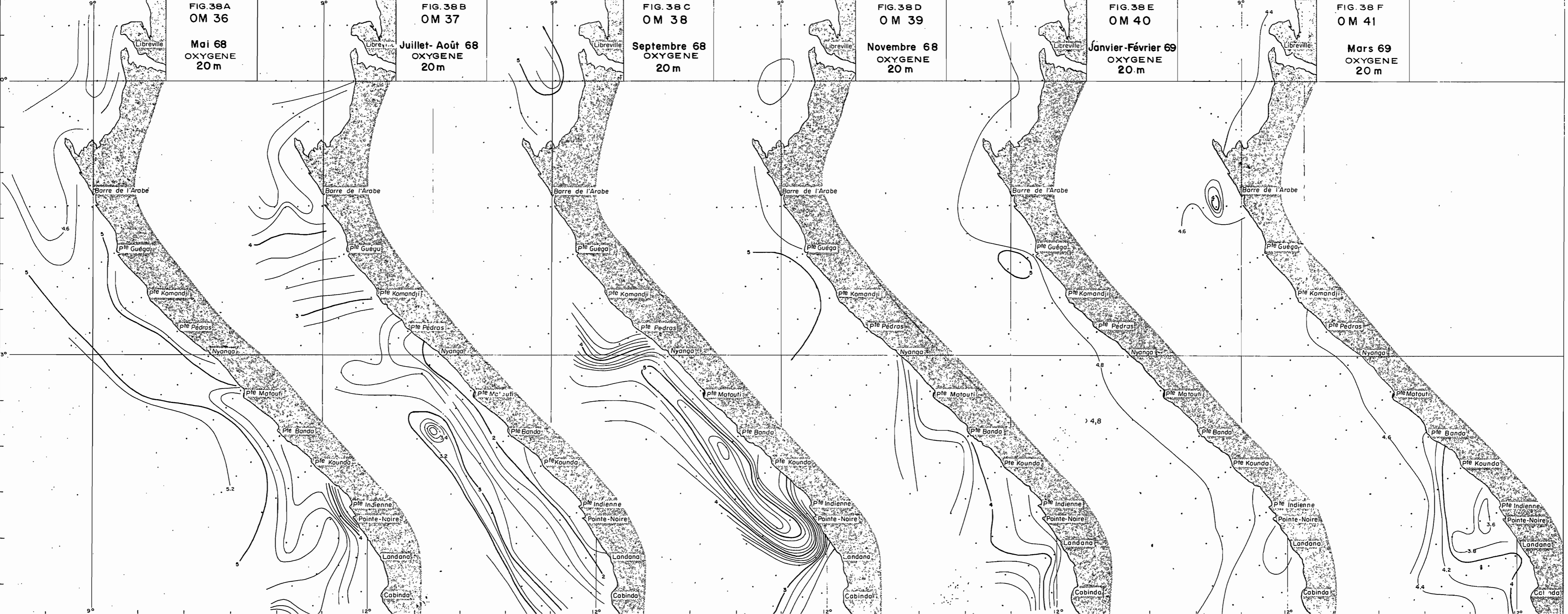


FIG. 39A
OM 36

Mai 68
OXYGENE
30m

FIG. 39B
OM 37

Juillet-Août 68
OXYGENE
30m

FIG. 39C
OM 38

Septembre 68
OXYGENE
30m

FIG. 39D
OM 39

Novembre 68
OXYGENE
30m

FIG. 39E
OM 40

Janvier-Février 69
OXYGENE
30m

FIG. 39F
OM 41

Mars 69
OXYGENE
30m

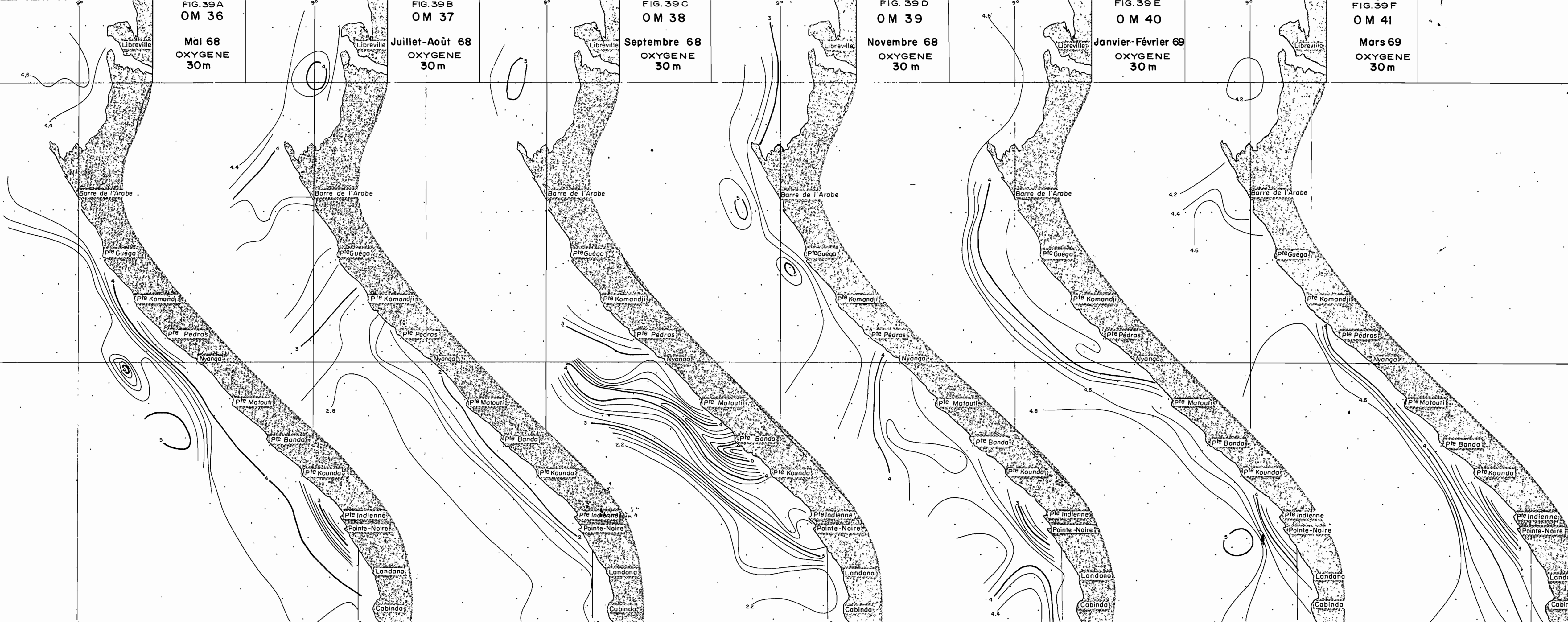


FIG. 40A
OM 36

Mai 68
OXYGENE
50 m

FIG. 40B
OM 37

Juillet- Août 68
OXYGENE
50 m

FIG. 40C
OM 38

Septembre 68
OXYGENE
50 m

FIG. 40D
OM 39

Novembre 68
OXYGENE
50 m

FIG. 40E
OM 40

Janvier-Février 69
OXYGENE
50 m

FIG. 40F
OM 41

Mars 69
OXYGENE
50 m

The figure consists of six panels, each representing a different time period in 1968 and 1969. Each panel shows a map of the West African coast from Libreville in the north to Cabinda in the south. The maps display oxygen concentration at a depth of 50 meters, indicated by contour lines. The contour lines are labeled with values such as 2.6, 3.0, 3.2, 3.6, 3.8, 4.0, 4.2, and 4.6. The maps also show the coastline and several key locations: Libreville, Barre de l'Arabe, Pte Guéga, Pte Komandji, Pte Pedras, Nyanga, Pte Matouti, Pte Banda, Pte Kounda, Pte Indienne, Pointe-Noire, Landana, and Cabinda. A grid of latitude and longitude lines is overlaid on each map, with latitude ranging from 0° to 30° S and longitude from 9° to 12° E.