

# LES PARTICULARITÉS DE LA COUCHE 0-600 m DANS L'OUEST DE L'OcéAN INDIEN SUD-ÉQUATORIAL

YVES MAGNIER et BERNARD PITON

*Océanographes au Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé (Madagascar)*

## RÉSUMÉ

*Certains critères physico-chimiques sont proposés pour délimiter les couches caractéristiques et apprécier les limites d'influence des différentes masses d'eau qui composent les 650 premiers mètres de la région océanique s'étendant entre 5° S et 15° S, de la côte africaine jusqu'à 54° E. Il apparaît que la « structure équatoriale de transition » y est beaucoup moins marquée que dans l'océan Indien central et que l'influence de l'eau tropicale et subtropicale sud se fait sentir préférentiellement dans la couche de 100 à 500 mètres de profondeur, le long de la côte nord-est de Madagascar et dans la bande 11° S-13° S dans le canal de Mozambique.*

## ABSTRACT

*The vertical and horizontal extension of the main layers and water masses to 650 m deep is defined by physico-chemical characteristics for the oceanic area between the African coast and 54° E from 5° S to 15° S. It appears that the "equatorial transition structure" is attenuated and that the influence of tropical and subtropical water from the south is strengthened, in the layer 100-500 m along the N.E. coast of Madagascar and between 11° S-13° S in the Madagascar Channel.*

## I. INTRODUCTION.

Dans tout l'Océan Indien, la zone entre 5° S et 15° S, qui inclut les frontières des courants zonaux du système sud-équatorial, présente des particularités qui l'ont fait considérer comme une structure océanique distincte, en particulier par TCHERNIA (1951), TCHERNIA *et al.* (1958), IVANOV-FRANKSTEVIČ (1961) et SHCHERBININ (1969). Selon ces auteurs, cette « structure équatoriale de transition » marque le passage entre la région « centrale indienne » typiquement océanique au sud de 15° S et la région « nord-indienne » aux caractères de mer continentale, au nord de 5° S.

SHCHERBININ (déjà cité) déplore que le manque de profils méridiens dans l'ouest de l'Océan Indien ne permette pas la description de la structure équatoriale de transition à l'ouest de 54° E. Cette lacune se trouve en grande partie comblée par certaines campagnes exécutées par le N.O. VAUBAN du Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé. La position et la date d'exécution des stations océanographiques utilisées dans cet article sont indiquées, figure 1. Les planches I à VII représentent la distribution le long des coupes matérialisées figure 1, dans les 650 premiers mètres, de la température (a), de la salinité (b), de la densité (c), de l'oxygène dissous (d), du phosphate minéral dissous (e), du nitrate (f) et

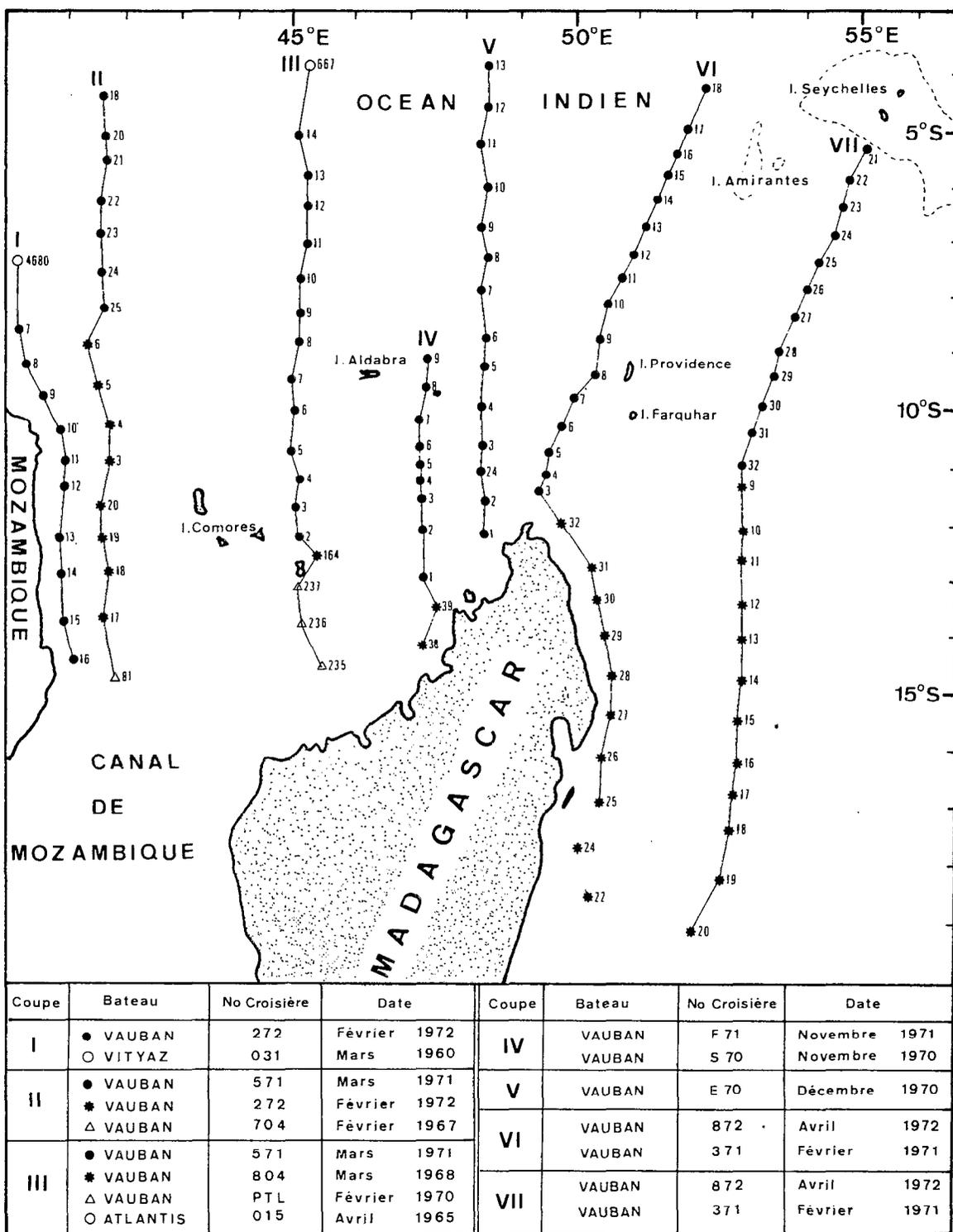


Fig. 1. — Position des stations utilisées. Indication des radiales méridiennes (I à VII).

de l'anomalie de hauteur dynamique ( $g$ ) pour certaines coupes sélectionnées entre la côte africaine et  $54^\circ$  E. Certaines coupes ont été composées avec des mesures provenant de deux croisières différentes effectuées à la même époque de l'année, dans le but de couvrir un plus grand intervalle de latitude.

## II. LA STRUCTURE ÉQUATORIALE DE PART ET D'AUTRE DE $54^\circ$ E.

Dans l'article de SHCHERBININ, est résumé l'essentiel des particularités de la zone  $5^\circ$  S- $15^\circ$  S à l'est de  $54^\circ$  E : l'axe du courant sud-équatorial ( $15^\circ$  S) et celui du contre-courant équatorial ( $6-7^\circ$  S) sont des « fronts » pour la plupart des propriétés physico-chimiques; en particulier ils constituent les limites d'une masse d'eau distincte, dessalée par l'influence du courant sud-équatorial, où les gradients verticaux de toutes les propriétés sont atténués par la divergence (front dynamique) entre ces deux courants zonaux, vers  $10^\circ$  S. L'originalité de la structure équatoriale de transition se traduit très clairement sur les courbes T-S, reproduites sur la figure 2 a, où l'on voit l'importante dessalure de la courbe typique de l'eau de transition par rapport aux deux autres jusqu'à l'immersion de l'isopycne  $\sigma_t = 26,75$ .

De part et d'autre de la bande d'eau de transition, les structures en présence peuvent être reconnues, outre la forme de leurs courbes T-S, par :

- les hautes teneurs en sels nutritifs et les basses teneurs en oxygène dissous des eaux d'origine nord-indienne,
- les basses teneurs en sels nutritifs et les hautes teneurs en oxygène dissous des eaux sud-indiennes originaires des convergences subtropicale et antarctique.

À l'ouest de  $54^\circ$  E, la « structure de transition » est très atténuée comme l'indiquent les courbes T-S de 3 stations du VAUBAN typiques des 3 structures présentes (fig. 2 b). En outre, la salinité dans cette zone de transition n'est simultanément inférieure à celle des deux autres que dans la couche limitée par les isopycnes 24,3 et 25,3. On notera enfin que la salinité de l'eau de la couche superficielle ne descend pas au-dessous de  $34,8\text{‰}$  à l'ouest de  $54^\circ$  E tandis qu'à l'est elle peut être inférieure à  $34\text{‰}$ . Cette zone de « transition atténuée » centrée sur  $10^\circ$  S n'est pas une région de formation d'une masse d'eau particulière et n'a pas ce caractère de « barrière infranchissable » pour les eaux venant du nord ou du sud, mais elle est un lieu de rencontre des principales masses d'eau de l'Océan Indien

dont les caractères physico-chimiques originaux sont « amortis » du fait de l'éloignement de leur lieu de formation.

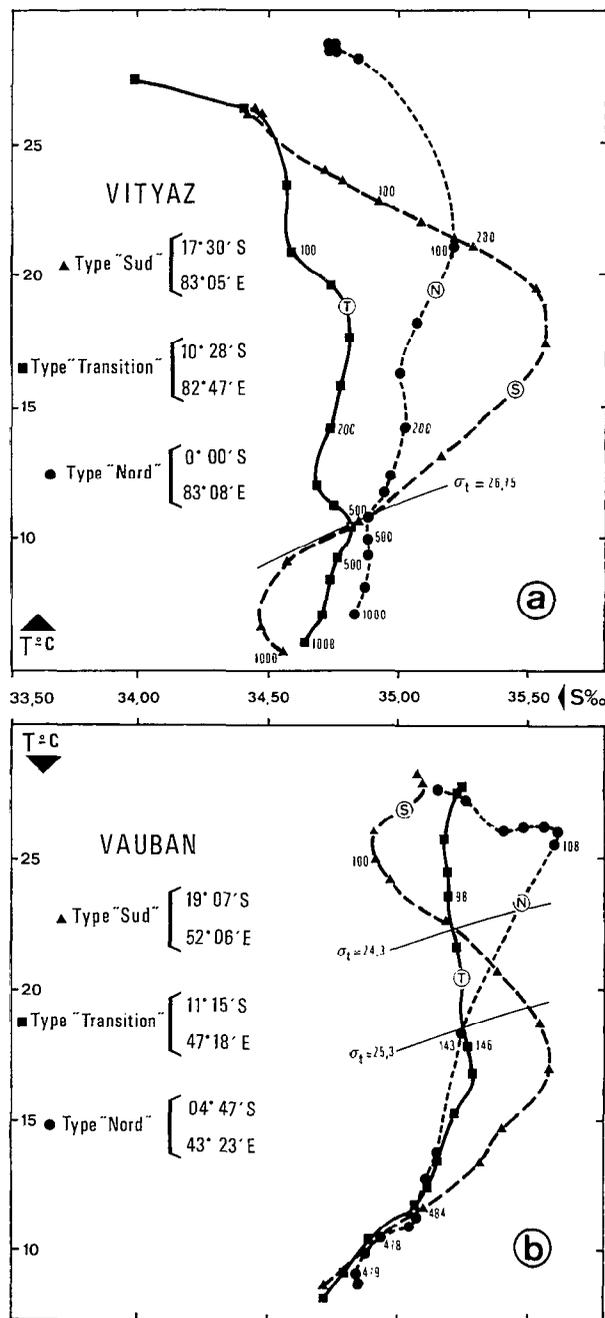


Fig. 2. — Courbes T-S typiques des 3 structures verticales de l'Océan Indien sud-équatorial : nord, sud et de transition : a) à  $83^\circ$  E, (d'après les résultats du VITYAZ), b) à l'ouest de l'Océan Indien (d'après les résultats du VAUBAN).

### III. LES CARACTÉRISTIQUES DES EAUX DE L'OUEST DE L'OcéAN INDIEN SUD-ÉQUATORIAL.

La nomenclature utilisée par les principaux auteurs : SVERDRUP *et al.* (1942), IVANENKOV et GUBIN (1960), ROCHFORD (1966), IVANOV-FRANK-TSEVITCH (1968), KIMITSA (1968), SHCHERBININ (1969), STEPANOV (1969), WYRTKI (1971) manque d'uniformité. Leurs appellations ne se recouvrant jamais parfaitement, il a paru nécessaire de dresser le tableau complet des caractéristiques retenues par nous pour différencier les couches ayant une individualité suffisante; les parentés éventuelles de dénomination seront signalées ultérieurement. De 0 à 650 mètres de profondeur, de la côte africaine à

54° E et de 4° S à 16° S, on peut individualiser les couches suivantes :

1. l'eau de surface dessalée par le courant sud-équatorial,
2. l'eau de surface ayant conservé les hautes salinités de la mer d'Arabie,
3. l'eau sud-superficielle à maximum de salinité,
4. l'eau sub-superficielle à maximum d'oxygène,
5. la partie de l'eau intermédiaire influencée surtout par l'eau antarctique intermédiaire,
6. la partie de l'eau intermédiaire influencée surtout par l'eau de la mer d'Arabie.

Les caractéristiques de chaque type d'eau sont données tableau I :

TABLEAU I

Caractéristiques des différentes eaux de l'ouest de l'Océan Indien sud-équatorial

	T °C	S ‰	O <sub>2</sub> ml/l	PO <sub>4</sub> matg/m <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> matg/m <sup>3</sup>
1	>23,0	<35,1	>4,0	<0,4	<5,0
2	>23,0	>35,3	>4,0	<0,4	<5,0
3	12,5 < T < 22,5	>35,1	<4,0	0,4 < PO <sub>4</sub> < 1,6	>5,0
4	9,0 < T < 12,5	34,8 < S < 35,1	>4,0	0,9 < PO <sub>4</sub> < 1,6	<25,0
5	<8,0	<34,8	>3,0	>1,7	>25,0
6	<9,5	>34,8	<3,0	>2,0	>30,0

Si l'on délimite sur les coupes verticales des planches I à VII les contours à l'intérieur desquels les valeurs mesurées correspondent strictement à chaque ensemble précédemment défini (un par type d'eau), on obtient les schémas « h » de ces mêmes planches montrant les domaines d'extension de chaque eau. Ces schémas indiquent que la seule couche continue de part et d'autre de 10° S sur toutes les coupes présentées est celle de l'eau de la couche sub-superficielle à maximum de salinité du type 3. Pour les autres, la latitude 10° S est la plupart du temps une frontière pour les influences provenant du nord comme du sud. Cette frontière coïncide généralement avec le sommet du dôme des isopycnes sub-superficielles (coupes « c » des planches I à VII).

### IV. RÉPARTITION DES MASSES D'EAU.

*La Couche superficielle.* — Les deux masses d'eau en présence se différencient par leur salinité : eau

dessalée (<35,1 ‰) du courant sud-équatorial, eau à plus haute salinité (> 35,3 ‰) venant de la mer d'Arabie et dont l'extension vers le sud d'après PRON *et al.* (sous presse) est variable selon les années (jusqu'à 11° S-12° S sur la coupe IV, b, novembre 1971). Le front de salinité qui les sépare est plus ou moins net, plus flou près de la côte africaine (coupes I b et II b), où aboutit le courant sud-équatorial, qu'à l'est de 47° E.

Ces deux masses d'eau ont une épaisseur de 50 à 100 mètres et sont transportées par le courant sud-équatorial et le contre-courant équatorial. La limite entre ces deux courants est à 6°30' S à 45° E (coupe III), à 6° S à 48°30' E (coupe V), et vers 10° S sur les coupes VI et VII. Ailleurs, il n'apparaît pas de limite nette bien que d'après CRTEAU *et al.* (1973), elle soit entre 5° S et 10° S quelle que soit la saison (mousson du nord-est ou mousson du sud-ouest) dans l'ensemble de la région étudiée. Cette limite correspond à une divergence des courants de surface qui se traduit par un dôme des isoplèthes

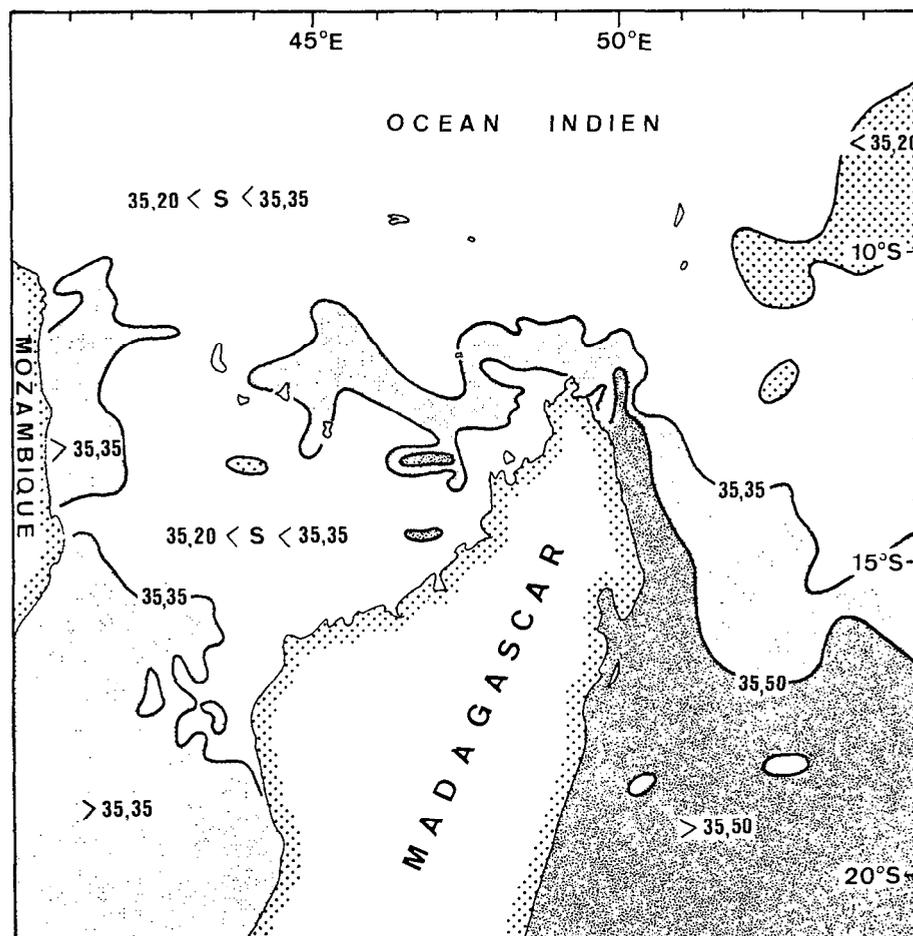


Fig. 3. — Distribution horizontale du maximum de salinité de la couche subsuperficielle.

de sels nutritifs en particulier (planches I à VII) avec enrichissement de la partie inférieure de la couche superficielle.

*La Couche à maximum de salinité.* — Elle se caractérise par une salinité supérieure à  $35,1\text{‰}$  et un minimum d'oxygène inférieur à  $4,0\text{ ml/l}$ . D'après SHCHERBININ (1969), l'eau qui la compose « doit apparemment son origine à des processus très compliqués de mélange entre les eaux adjacentes à la zone de transition ». Pour WYRTKI (1971), deux masses d'eau contribuent à la formation de la couche à maximum de salinité : « l'eau de surface du vortex subtropical sud et l'eau de surface de la mer d'Arabie qui se rencontrent vers  $10^{\circ}\text{S}$ , région où le maximum de salinité est atténué par l'influence du courant sud-équatorial ».

La carte de la figure 3 montre la répartition de la salinité dans le maximum de la couche subsuperficielle. En fait, si l'on se rapporte à la répartition verticale, on constate que dans la partie nord de

la région étudiée, le maximum de salinité que l'on suit jusqu'à  $4^{\circ}\text{S}$  sur la coupe V b peut être « caché » par la salinité élevée de l'eau superficielle descendant vers le sud (PITON *et al.*, sous-*presse*) jusqu'à  $11^{\circ}\text{S}$  (Coupe IV b). Dans ce cas, il est soit en surface soit très proche de la surface. La basse salinité du courant équatorial ne l'atténue très nettement qu'à l'est de  $52^{\circ}\text{E}$  où il est inférieur à  $35,2\text{‰}$  (fig. 3)

Par contre, cette carte fait apparaître, accolée à la pointe nord-est de Madagascar, une langue de salinité renforcée ( $> 35,35\text{‰}$ ) qui se prolonge de façon discontinue à  $12^{\circ}\text{S}$  jusqu'à la côte africaine. A l'ouest de Madagascar, cette salinité supérieure à  $35,35\text{‰}$  est associée à une température et à une concentration de l'oxygène dissous plus élevées et à des teneurs en nitrate et en phosphate plus basses que celles des eaux immédiatement contiguës au nord ou au sud; ces dernières ne peuvent donc être responsables de ces anomalies. Il est par contre possible de relier les valeurs des paramètres physico-

chimiques de ce noyau salé à celles de l'eau «tropicale de surface», au sens de KIMITSA (1968), passée en subsurface vers 20° S, et dont le maximum de salinité supérieur à 35,3 ‰ peut s'observer sur la coupe VI b jusqu'à 11°30' S. Cette eau, de caractéristiques approximatives :

$$\begin{aligned} S &> 35,35 \text{ ‰} \\ 15,3^\circ \text{ C} &< T < 16,8^\circ \text{ C} \\ 7 \text{ matg/m}^3 &< \text{NO}_3 < 12 \text{ matg/m}^3 \\ 3,5 \text{ ml/l} &< \text{O}_2 < 4,5 \text{ ml/l} \\ 0,6 \text{ matg/m}^3 &< \text{PO}_4 < 1,0 \text{ matg/m}^3 \end{aligned}$$

peut être entraînée vers l'ouest dans la frange sud du courant sud-équatorial lorsque celui-ci déborde le cap d'Ambre et faire sentir son influence le long de 12° S, vers 190-250 m de profondeur jusqu'à la côte africaine, dans la couche de densité  $25,8 < \sigma_t < 26,1$  (Tableau II).

La carte de la figure 4 montre l'extension du minimum relatif du nitrate (teneurs inférieures à 10 matg/m<sup>3</sup>) associé à ce maximum de salinité.

Mais ce cheminement de l'eau tropicale venant de l'est de Madagascar n'est peut-être pas le seul

TABLEAU II

Observations caractéristiques dans la bande de diffusion de l'eau tropicale venant de l'est de Madagascar, de 50° E à 40° E

Campagnes	Code NODC 55	N° Stations	Longi-tude	Latitude	Mois	Année	Zm	NO <sub>3</sub> matg/m <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> matg/m <sup>3</sup>	O <sub>2</sub> ml/l	T °C	S ‰	$\sigma_t$
<i>Tromelin</i>	0012	31	50°17' E	12°46' S	2	1971	244	8,06	0,69	4,07	16,49	35,51	26,05
<i>Tromelin</i>	0012	32	49°54' E	12°07' S	2	1971	197	8,98	0,69	4,00	16,81	35,50	25,96
<i>Seychelles I</i>	0019	2	49°44' E	11°26' S	4	1972	186	7,92	0,68	4,45	16,42	35,47	26,03
<i>Ambre I</i>	0014	3	48°55' E	11°40' S	5	1971	195	9,41		4,07	16,59	35,43	25,96
<i>Équateur</i>	0011	2	48°23' E	11°30' S	12	1970	227	9,01	0,69	3,96	17,22	35,43	25,81
<i>B P T L 2</i>	0006	40	47°18' E	12°35' S	3	1970	200	7,00		3,98	16,77	35,44	25,93
<i>Ambre II</i>	0016	1	47°17' E	13°00' S	11	1971	215	11,93	0,85	3,56	16,30	35,35	25,97
<i>Monbassa</i>	0013	3	45°00' E	11°48' S	3	1971	234	9,24	0,76	4,11	16,75	35,43	25,92
<i>Monbassa</i>	0013	33	43°57' E	12°00' S	3	1971	243	7,80	0,55	4,01	16,57	35,45	25,98
<i>Monbassa</i>	0013	30	41°30' E	11°29' S	3	1971	247	9,36	0,75	4,17	15,89	35,42	26,11
<i>Delgado I</i>	0017	12	40°56' E	11°28' S	2	1972	219	11,52	0,98	3,68	16,55	35,39	25,94

facteur qui provoque l'apparition des noyaux à salinité renforcée de l'axe 12° S. En effet, dans le cas d'une grande extension vers le sud d'une eau superficielle très salée (jusqu'à 35,5 ‰), ce que l'on observe quelquefois, on peut noter des indices de plongées de cette eau nord-équatoriale de surface dans une couche de densité voisine de  $\sigma_t = 25,50$ . Sur la coupe IV b par exemple, l'eau à 9° S et 96 m d'immersion (St. 9) a presque les mêmes caractéristiques (Tableau III) que celle à 13° S et 182 m (St. 1); l'eau du noyau salé à 12-13° S peut donc dériver de l'eau subsuperficielle salée ( $S > 35,35 \text{ ‰}$ ) située à 9° S.

L'interprétation du paragraphe qui attribuait l'origine de ce noyau à un entraînement d'eau tropicale provenant de l'est du Cap d'Ambre est donc à nuancer à la lumière de cette possibilité, les deux processus pouvant concourir à créer la situation observée.

En dehors de ces noyaux particuliers, les influences respectives de l'eau venant du nord (pauvre en oxygène, riche en sels nutritifs) et celle venant du sud (riche en oxygène, pauvre en sels nutritifs) peuvent être considérées comme s'arrêtant à la latitude où le gradient horizontal des sels nutritifs est le plus grand; cette limite se repère aisément

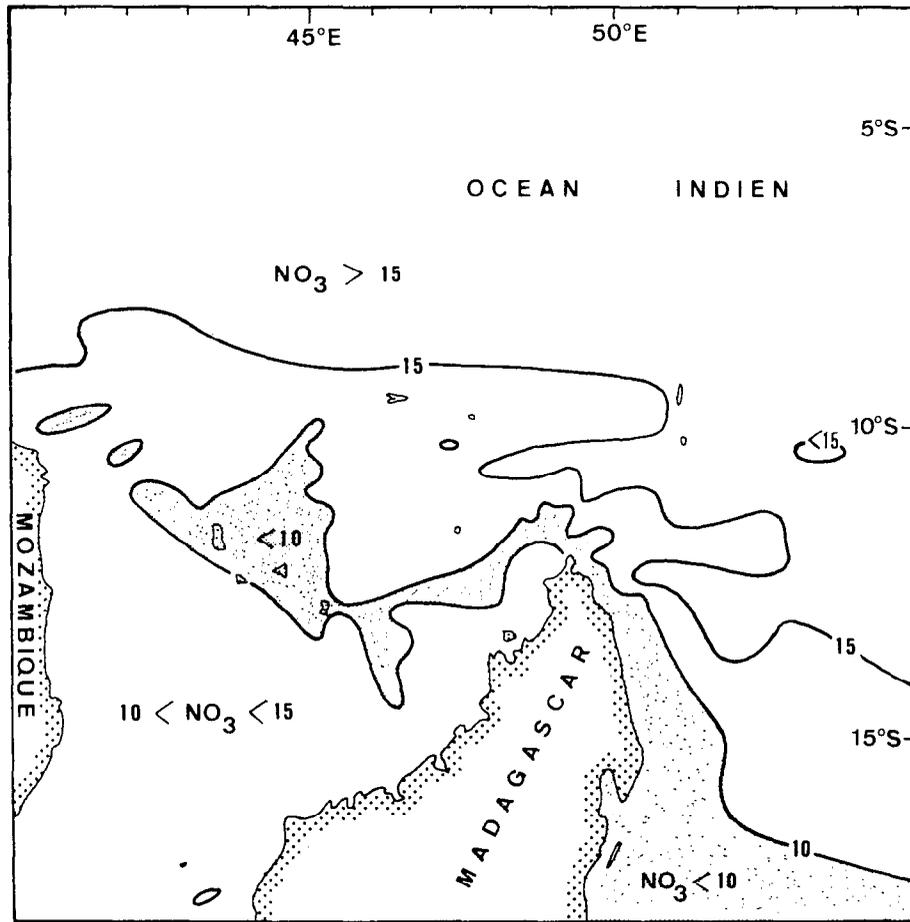


Fig. 4. — Distribution horizontale de la teneur en nitrate de l'eau à maximum de salinité subsuperficielle.

TABLEAU III

Caractéristiques physico-chimiques de l'eau subsuperficielle à 2 stations (Croisière « AMBRE II »)

COUPE IV — CROISIÈRE « AMBRE II » — Novembre 1971

	Zm	T °C	S ‰	$\sigma_t$	O <sub>2</sub> ml/l	PO <sub>4</sub> -P matg/m <sup>3</sup>	NO <sub>3</sub> -N matg/m <sup>3</sup>
Station 9.....	96	18,38	35,35	25,46	3,44	0,83	13,4
Station 1.....	182	18,04	35,33	25,53	3,37	0,79	11,7

sur les coupes verticales par la très grande pente de l'isoplethe 15 matg/m<sup>3</sup> NO<sub>3</sub>-N.

*La Couche subsuperficielle à maximum d'oxygène.* — Cette couche inclut l'eau centrale indienne (SVERDRUP *et al.*, 1942) baptisée également eau subtropicale subsuperficielle (KIMITSA, 1968) ou eau du maximum d'oxygène subtropical (ROCHFORD, 1966 et WYRTKI,

1971). Elle correspond à la partie linéaire de la courbe T-S entre le maximum subsuperficiel et le minimum intermédiaire de la salinité (DONGUY et PIRON, 1969); la salinité de cette eau est comprise entre 34,8 ‰ et 35,1 ‰. Sa teneur en oxygène est supérieure à 4 ml/l et le maximum d'oxygène est lié de façon étroite à l'isopycne 26,8 (fig. 5).

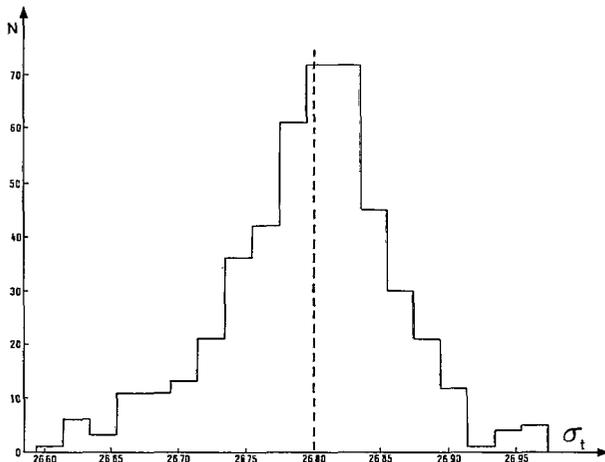


Fig. 5. — Fréquence des valeurs de  $\sigma_t$  associées au maximum d'oxygène de l'eau centrale Indienne (stations du VAUBAN).

Pour IVANOV-FRANKTSEVITCH (1960), ce maximum d'oxygène originaire du sud persiste, bien qu'inférieur à 4 ml/l, jusqu'à 2° S dans la partie occidentale de l'océan Indien alors que dans sa partie centrale on ne le trouve pas au nord de 9° S. La répartition

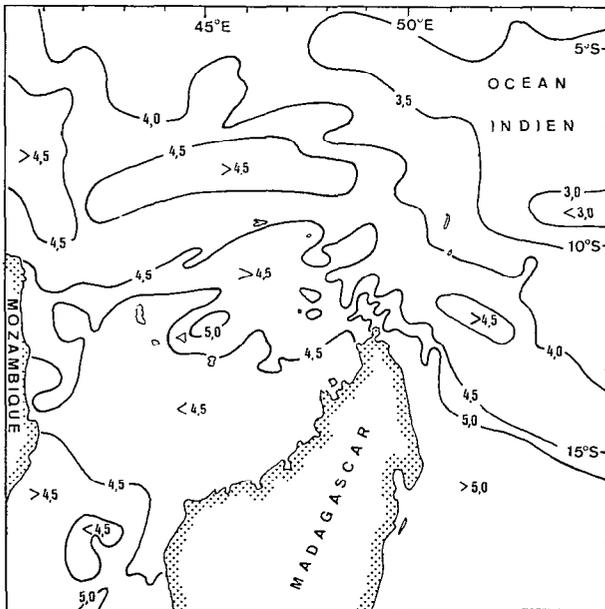


Fig. 6. — Distribution horizontale de l'oxygène dans le maximum de l'eau centrale Indienne.

de l'oxygène dans la zone étudiée confirme cette dissymétrie entre l'est et l'ouest : dans le nord du canal de Mozambique (Coupes I d à V d) la valeur du maximum d'oxygène diminue légèrement de 4,5 ml/l en moyenne vers 14-15° S jusqu'à 4 ml/l vers 5-6° S; par contre, dans l'est de Madagascar, à 52° E, elle s'atténue rapidement (Coupe VI d et VII d) de 5,0 ml/l à 3,5 ml/l en moins de 5° de latitude. Mais le socle malgache introduit une perturbation supplémentaire dans la répartition horizontale de l'oxygène : comme on peut le voir sur la figure 6, on trouve encore des teneurs en oxygène supérieures à 5 ml/l le long de la côte nord-est de Madagascar jusqu'au large du Cap d'Ambre; ce mouvement de débordement du Cap d'Ambre par l'eau centrale riche en oxygène enrichit l'eau du nord du canal de Mozambique dans la bande 11° S-13° S. La distribution de l'eau centrale indienne à ce niveau ressemble donc à celle de l'eau tropicale au niveau du maximum de salinité subsuperficiel.

*La Couche intermédiaire.* — Dans la partie inférieure de la couche d'eau centrale indienne, le gradient vertical de tous les paramètres est très atténué de sorte que l'assignation d'une limite inférieure à cette couche est forcément arbitraire. On peut toutefois distinguer, au niveau 550-600 mètres, l'influence de l'eau antarctique intermédiaire de celle de l'eau de la mer d'Arabie, la première étant relativement moins salée, plus froide, plus riche en oxygène, moins riche en nitrate et en phosphate que la seconde.

Avec les critères adoptés dans le tableau 1, les limites des influences de ces deux eaux (coupes « h » des planches I à VII) se situent presque toujours vers 10° S, à une profondeur de 600-650 mètres.

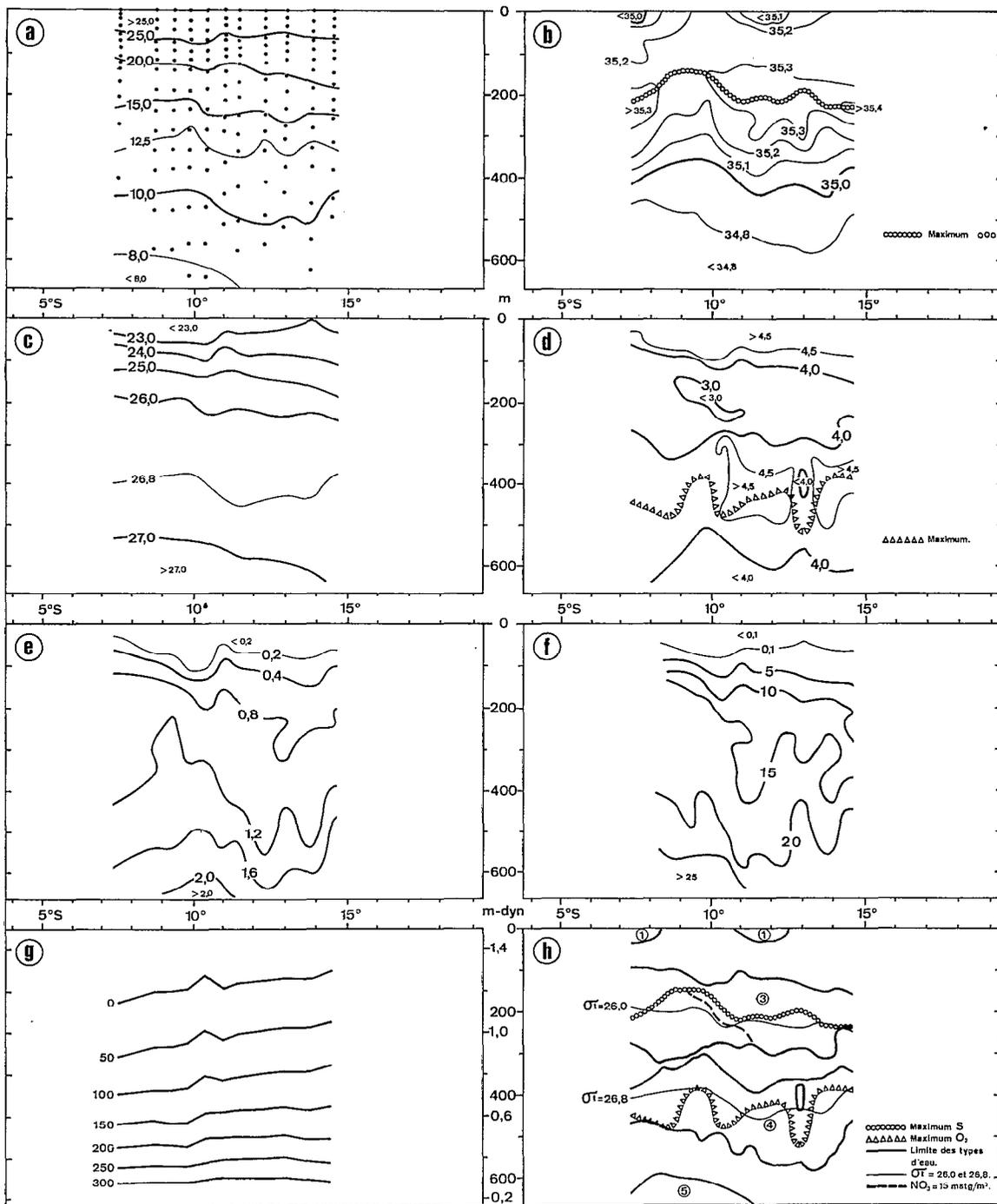
## V. CONCLUSION.

La dessalure provoquée à 10° S dans tout l'océan Indien central par l'eau du courant sud-équatorial n'est que faiblement ressentie à l'ouest. Par contre, la couche de 100-500 m est influencée par deux eaux sud-tropicales qui remontent, à des profondeurs différentes, le long de la côte nord-est de Madagascar et sont ensuite entraînées à l'ouest du Cap d'Ambre le long du parallèle 12° S.

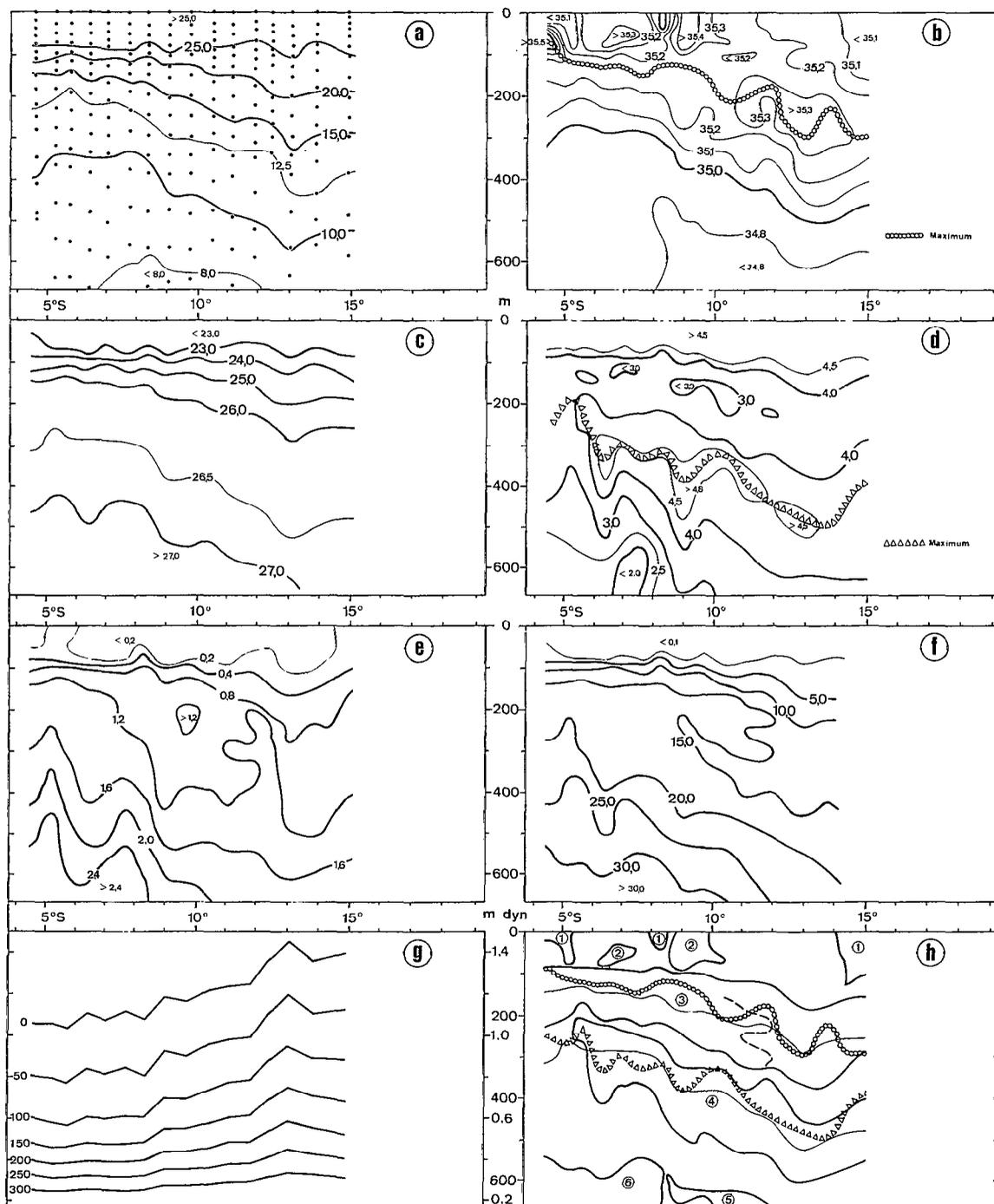
*Manuscrit reçu au S.C.D. le 3 juillet 1974*

## BIBLIOGRAPHIE

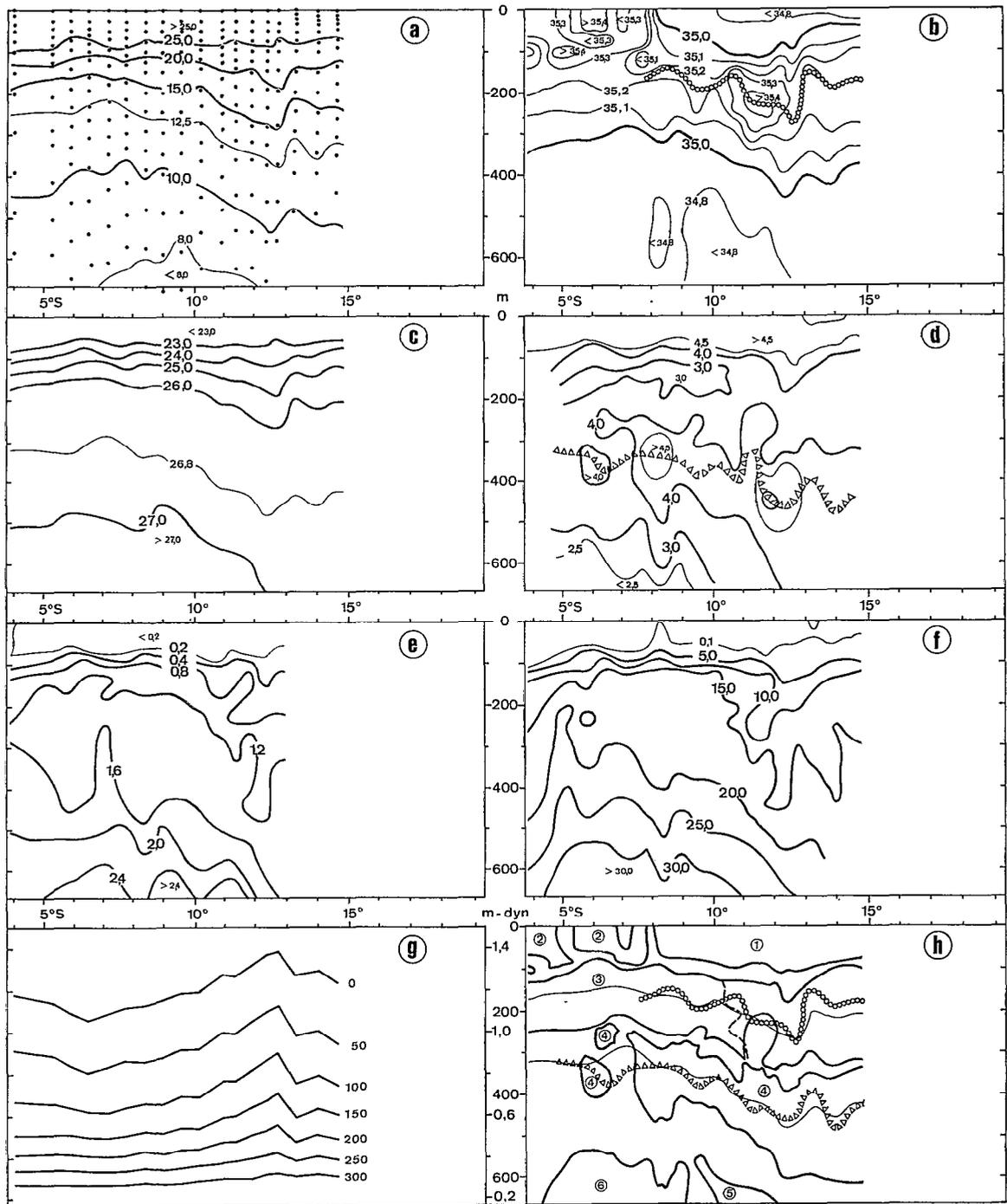
- GITEAU (J.), PITON (B.), MAGNIER (Y.), 1973. — Sur la circulation géostrophique dans l'ouest de l'Océan Indien sud-équatorial. Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Bé, doc. 31 (*multigr.*).
- DONGUY (J.-R.), PITON (B.), 1969. — Aperçu des conditions hydrologiques de la partie nord du canal de Mozambique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. 7, n° 2 : 3-26.
- IVANENKOV (V. N.), GUBIN (F. A.), 1960. — Water masses and hydrochemistry of the western and southern parts of the Indian ocean. *Trans. Mar. Hydrophysical Inst.*, vol. 22 : 33-115.
- IVANOV-FRANTSKEVITCH (G. N.), 1966. — Some features of hydrological structure and of the water masses in the Indian ocean. *Okeanol. Issled.*, n° 4 : 7-17.
- KIMITSA (V. A.), 1968. — On water masses and hydrochemistry of the Mozambique strait. *Okeanol. Issled.*, n° 19 : 180-188.
- MAGNIER (Y.), PITON (B.), 1973. — Les masses d'eau de l'Océan Indien à l'ouest et au nord de Madagascar au début de l'été austral (novembre-décembre). *Cahiers O.R.S.T.O.M., sér. Océanogr.*, vol. 11, n° 1 : 97-113.
- PITON (B.), MAGNIER (Y.), sous presse. — Remarques sur la circulation et les caractéristiques hydrologiques de la couche superficielle entre Madagascar et l'équateur. *Cahiers O.R.S.T.O.M., série Océanogr.*
- ROCHFORD (D. I.), 1966. — Source regions of oxygen maxima in intermediate depths of the Arabian sea. *Austr. J. Mar. Fresh. Res.*, vol. 17, n° 1 : 1-30.
- SHCHERBININ (A. O.), 1969. — Water structure of the equatorial Indian Ocean. *Okeanologiya*, vol. 9, n° 4 : 597-607.
- STEPANOV (V. N.), 1969. — General classification of the water masses of the world ocean their formation and transport. *Okeanologiya*, vol. 9, n° 5 : 755-766.
- SVERDRUP (H. U.), JOHSON (M. W.), FLEMING (R. H.), 1942. — The oceans, their physics, chemistry and general biology. Prentice Hall, Inc. New York, 1087 p.
- TCHERNIA (P.), 1951. — La structure hydrologique de l'Océan Indien d'après les observations faites à bord du « Commandant CHARCOT » en 1949 et 1950. *Bull. Inf. COEC*, année III, n° 10 : 422-432.
- TCHERNIA (P.), LACOMBE (H.), GUIBOUT (P.), 1958. — Sur quelques nouvelles observations hydrologiques relatives à la région équatoriale de l'Océan Indien. *Bull. Inf. COEC*, année X, n° 3 : 115-143.
- WYRTKI (K.), 1971. — Oceanographic atlas of the International Indian Ocean Expedition. National Sci. Found., Washington, 531 p.



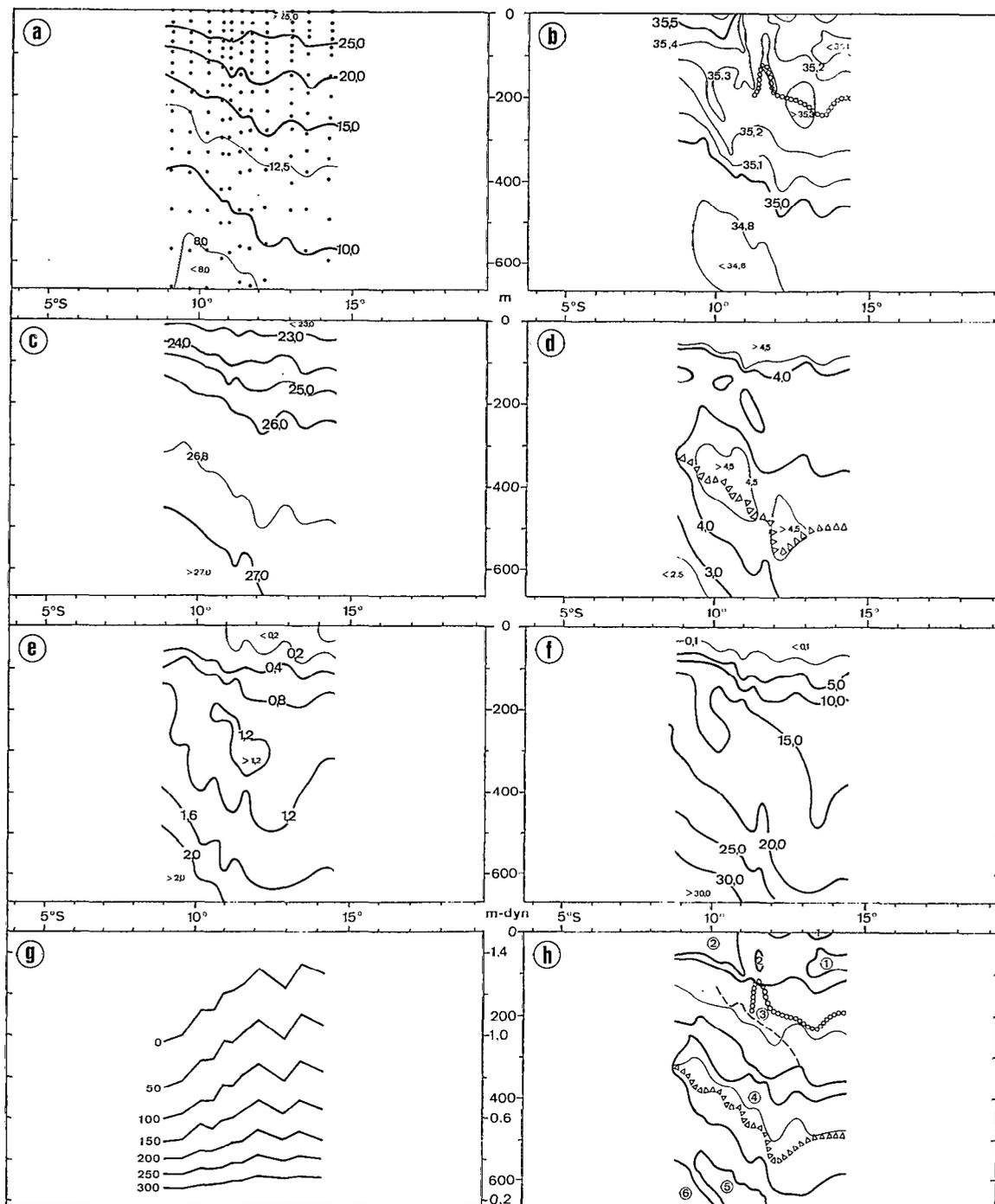
Pl. I. — Distribution verticale le long de la coupe I, a) de la température, b) de la salinité, c) de la densité, d) des teneurs en oxygène dissous, e) des teneurs en phosphate, f) des teneurs en nitrate ; hauteurs dynamiques à 0,50, 100, 150, 200, 250, et 300 mètres par rapport à 500 décibars (g) et extension des différentes masses d'eau (h).



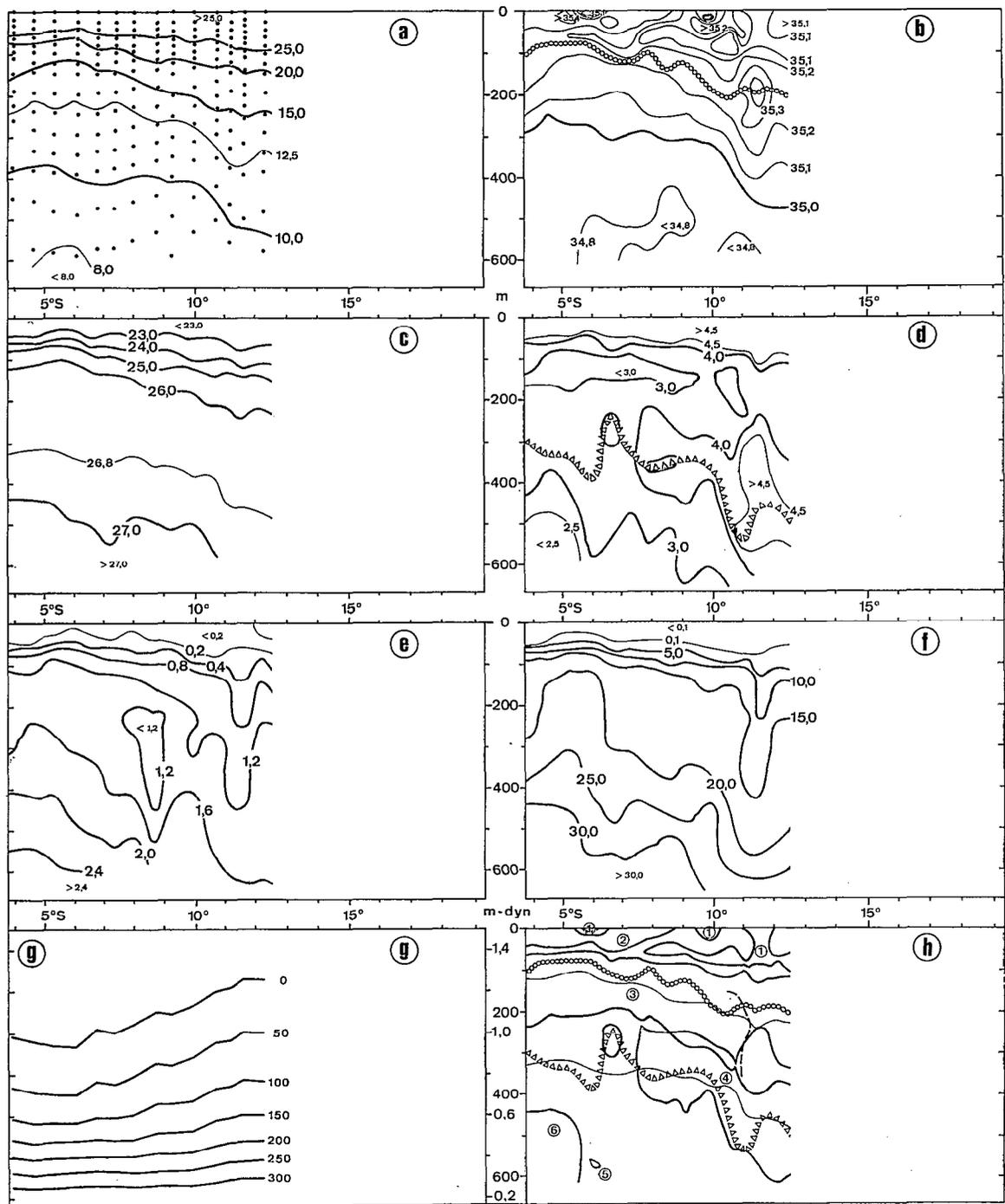
Pl. II. — Distribution verticale, le long de la coupe II.



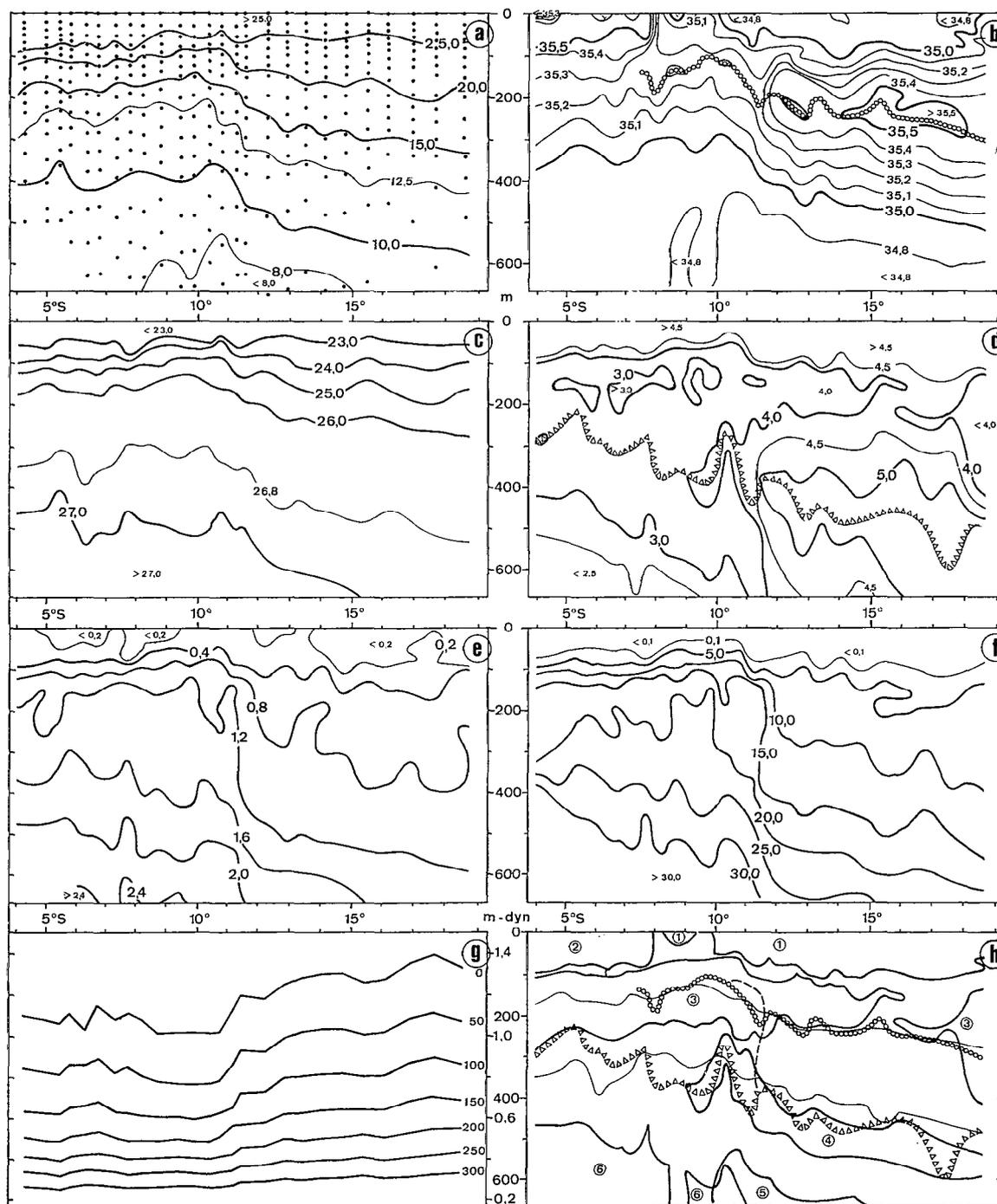
Pl. III. — Distribution verticale, le long de la coupe III.



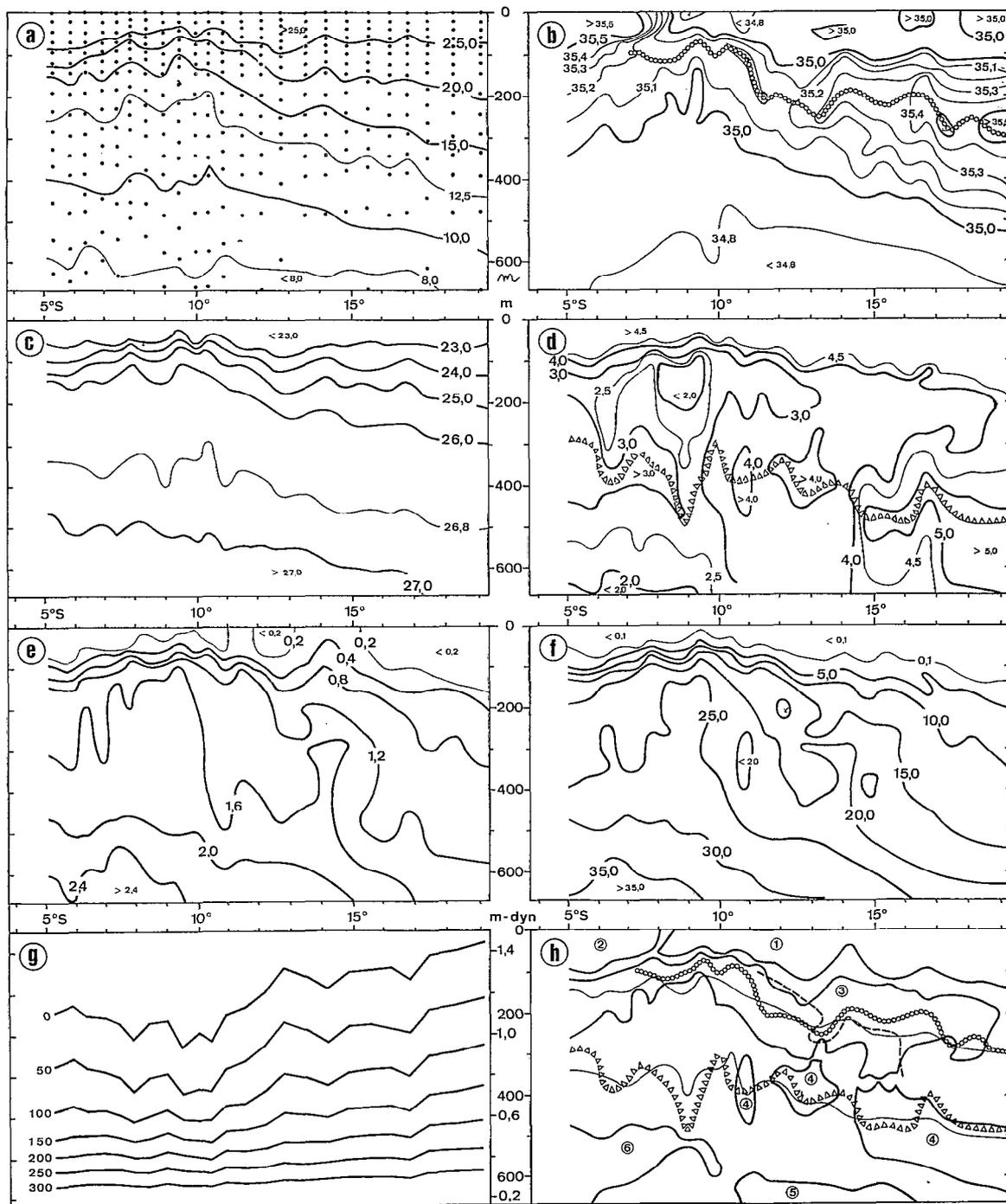
Pl. IV. — Distribution verticale, le long de la coupe IV.



Pl. V. — Distribution verticale, le long de la coupe V.



Pl. VI. — Distribution verticale, le long de la coupe VI.



Pl. VII. — Distribution verticale, le long de la coupe VII.