

HYDROGRAPHIE ET OCÉANOGRAPHIE.

/ ÉLÉMENTS D'ÉTUDE DYNAMIQUE DE LA CIRCULATION OCÉANIQUE. LEUR APPLICATION A LA DISTRIBUTION HYDROLOGIQUE DE TERRE-NEUVE EN SEPTEMBRE 1934 /

par le capitaine de frégate de réserve L. BEAUGÉ, commandant
le navire *Président-Théodore-Tissier*.

I. — LA CIRCULATION OCÉANIQUE.

/ Jadis Buchanan avait posé en principe que la cause initiale de la circulation océanique est la chaleur solaire et que le régime des vents n'intervient que comme cause secondaire. Le vent lui-même est causé par les variations de la chaleur solaire qui agit différemment sur des masses d'air contiguës de nature différente au point de vue température et hygrométrie, en provoquant des dilatations différentes et par suite des modifications d'équilibre.

Il semble qu'aujourd'hui il y ait une tendance chez certains océanographes à attribuer au régime des vents la cause la plus importante des mouvements océaniques et il est certain que dans les régions qui présentent une grande homogénéité quant à la nature des eaux qu'on y rencontre, le vent agit en effet comme cause prépondérante dans le déplacement des molécules. Ce sera le cas, en particulier, de la zone tropicale exposée aux vents alizés. Mais, sous nos latitudes, le changement fréquent de la direction du vent, la lenteur de la transmission du frottement des molécules d'air, action superficielle, aux étages inférieurs, en raison de la viscosité, ne permettent pas d'attribuer au déplacement de l'air une influence bien grande sur les déplacements de l'eau. Et en outre, cette considération est en contradiction formelle avec les faits. A Terre-Neuve, par exemple, deux molécules d'eau situées à 10 milles de distance l'une de l'autre et exposées par suite aux mêmes vents, se déplacent en sens contraire, sans que le vent modifie en quoi que ce soit leur trajectoire qui, par contre, est liée étroitement aux variations de température et de salinité que l'on relève aux deux points envisagés. Or ces variables, température et salinité, par le jeu de la dilatation et de la concentration, ont pour effet de modifier au bout du compte la densité de l'élément soumis au rayonnement solaire, soit directement en surface, soit indirectement en profondeur. /

On sait que lorsque deux liquides de densité différente sont contenus dans deux vases communiquants, la hauteur du niveau de chacun d'eux est en raison inverse des densités, et

l'action de la pesanteur aura pour effet de provoquer l'écoulement du liquide le plus léger vers le liquide le plus lourd jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse, ce qui n'aura lieu que lorsque l'égalité des rapports inverses sera obtenue. Ainsi, comme le dit le professeur Thoulet la clef de la circulation océanique est une question de nivellement.

La différence d'action solaire sur des masses d'eau de nature différentes et non miscibles en raison de l'importance de leurs masses est un des éléments principaux du *mouvement des transgressions*. Cette cause étant d'importance variable d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre pour la même saison, il en résultera que ces déplacements seront d'importance variable. L'influence du soleil étant approximativement périodique dans ses variations, il en résultera une périodicité dans le phénomène des transgressions.

On doit donc trouver, dans l'étude des densités, les éléments nécessaires de la circulation océanique et les travaux danois et norvégiens sur les phénomènes dynamiques des masses d'eau permettent en effet, par l'examen des températures et des salinités, de rendre compte de la formation et de l'entretien de ces grands mouvements auxquels le nom de courant qui évoque l'idée du fleuve aux berges bien déterminées ne s'applique plus. C'est en nous inspirant des résultats obtenus par les méthodes d'Ekman ou de Bjorknes que nous avons appliqué ces théories à la circulation des eaux à Terre-Neuve en septembre 1934. Pour ceux de nos lecteurs qui ne sont pas familiarisés avec l'élaboration des calculs nécessaires à l'établissement des graphiques, nous exposerons ici les éléments du problème en nous bornant aux considérations qui permettent d'établir les formules simples de calculs.

I. — ÉTABLISSEMENT DU NIVELLEMENT DE LA SURFACE DE LA MER.

II. — LA SURFACE DE LA MER N'EST PAS HORIZONTALE.

L'expérience prouve que la densité de la mer, fonction de la température et de la salinité, diffère en chaque point de la masse océanique et que les eaux de nature différente, en grande

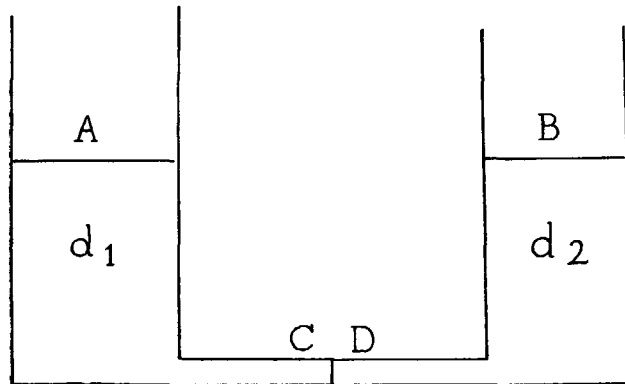


Fig. 1.

masse, peuvent être pratiquement considérés comme *non miscibles*, car elles se meuvent au sein l'une de l'autre, indépendamment l'une de l'autre.

Imaginons (figure 1) deux vases, remplis jusqu'à un niveau commun A-B de deux liquides de densités différentes, d_1 et d_2 . Les pressions qui s'exercent en C et D sont inégales et, si on établit une communication entre les deux vases par ce tube, un mouvement se produira du liquide

le plus lourd vers le plus léger, d_1 vers d_2 , jusqu'à ce que les pressions soient les mêmes. L'équilibre s'établira lorsque les densités moyennes des deux colonnes seront inversement proportionnelles aux hauteurs.

L'expérience prouve également que les mouvements des molécules océaniques sont beaucoup plus importants dans les couches supérieures que dans les couches profondes. On trouve même assez rapidement, à 1.000 ou 2.000 mètres, un plan où les déplacements sont pratiquement nuls. Cela ne peut exister que si l'équilibre des pressions à ce niveau peut être considéré comme établi. Or, les densités moyennes des colonnes d'eau, qui surmontent l'ellipsoïde concentrique à la terre et tangent à ce niveau, sont différentes en tous les points. Donc, les hauteurs de ces colonnes sont inégales et la plus haute est du côté des densités les plus faibles.

Ces différences peuvent être très importantes.

Considérons les trois stations suivantes qui font partie d'une section océanique effectuée en octobre 1934 par le « *Président Théodore Tissier* » entre le Bonnet Flamand et les Açores.

STATION.	P.	T.	S.	D.
237	10	14.6	3283	2440
45°01' N	50	2.7	3358	2680
45°57' W	100	4.0	3440	2734
	250	4.2	3483	2765
	500	3.9	3485	2771
	1000	3.5	3485	2775
MOYENNE		4.1	3481	2764
365	10	19.6	3540	2520
43°25' N	50	19.6	3553	2532
37°40' W	100	16.2	3606	2653
	250	13.6	3562	2675
	500	8.6	3526	2742
	1000	5.0	3494	2766
MOYENNE		10.3	3535	2720
373	10	19.4	3605	2508
40°18' N	50	19.4	3609	2513
30°40' W	100	16.5	3611	2582
	250	14.8	3611	2618
	500	12.8	3568	2626
	1000	8.9	3528	2665
MOYENNE		13.05	3574	2698

On voit donc que malgré l'influence de la salinité, la température agit en sens inverse et la densité moyenne, calculée en tenant compte de l'épaisseur de chaque tranche, va en diminuant sensiblement en se rapprochant des Tropiques. Il en résulte obligatoirement une dénivellation que nous pourrions calculer. *La surface libre de la mer est plus élevée aux Açores qu'au Bonnet Flamand.* Voici un premier point acquis.

III. — L'INCLINAISON DU NIVEAU LIBRE DE LA MER VARIE CONTINUELLEMENT.

Nous venons de voir que le niveau de la mer est plus élevé en B station 373 qu'en A station 237, bien que l'eau soit plus salée en B qu'en A.

Imaginons (fig. 2) que l'on divise l'océan entre ces deux stations en un certain nombre

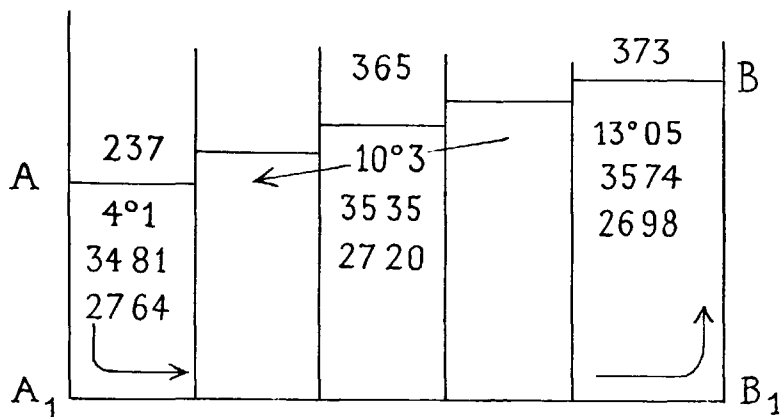


Fig. 2.

de tranches sans communication entre elles et soumettons ces tranches au rayonnement solaire

Un accroissement de 1° de la température moyenne de ces masses d'eau produirait l'augmentation suivante de différence de densité :

	AVANT L'ÉCHAUFFEMENT.			APRÈS L'ÉCHAUFFEMENT.		
	t.	s.	d.	t.	s.	d.
St 237.....	4.1	34.81	2764	5.1	3481	2752
Différence.....	"	"	44	"	"	51
St 365.....	10.3	3535	2720	11.3	3535	2701
Différence.....	"	"	22	"	"	26
St 373.....	13.05	3574	2698	14.05	3574	2675

Comme les poids, c'est-à-dire les pressions *sur le plan de mouvement nul* n'auraient pas changé, le niveau libre au-dessus de ce plan se serait modifié et la différence antérieure qui correspondait à l'équilibre aurait augmenté. Il en résulte un déséquilibre en puissance dans chaque tranche, à tous les étages autres que celui du plan sans mouvement.

Si ces tranches communiquent par le bas, aucun mouvement ne se produit à ce niveau, les pressions étant égales par hypothèse, mais si elles communiquent par le haut, il y a écoulement en surface de B vers A (fig. 2). La pression augmente alors en A₁ et diminue en B₁ et une circulation de nivellement s'établit dans le sens de la flèche.

Le plan d'équilibre varie alors de hauteur, car si la pression est plus forte près de la surface du côté de B que du côté de A, tandis que c'est l'inverse en A₁ par rapport à B₁, il faut qu'il

y ait quelque part, en état d'équilibre, un plan neutre $\alpha\beta$ sur lequel la pression est la même et, par suite, sans mouvement. Les surfaces d'égale pression seront inclinées en sens inverse par rapport à ce plan neutre, au-dessus ou au-dessous de lui (fig. 3).

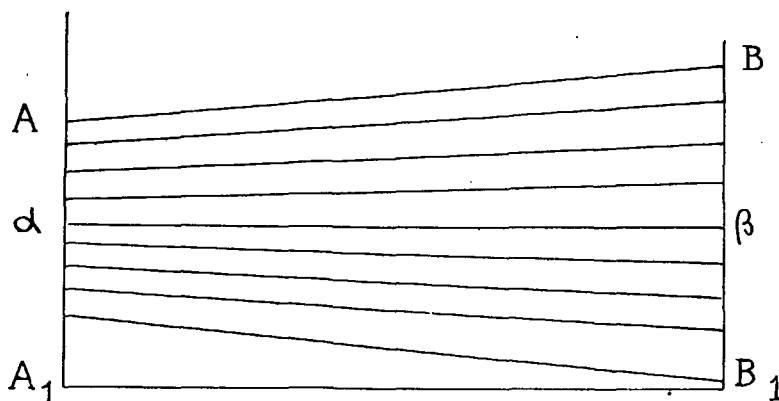


Fig 3.

En définitive, la tendance au nivellement due à la pesanteur sera d'autant plus forte entre deux points donnés de la surface libre de la mer, que les distances de ces deux points au plan d'égale pression seront plus différentes l'une de l'autre. Dans l'hypothèse d'un océan homogène, dont les densités seraient partout égales et tous les points soumis exactement au même rayonnement solaire, il n'y aurait pas de mouvement. Il en serait d'ailleurs de même de l'air qui le surmonterait, si l'on formait pour ce dernier la même hypothèse.

IV. — UNITÉ DE PRESSION. — DÉCIBAR.

La pression en un point d'un plan à l'intérieur des masses océaniques est le poids d'une colonne d'eau ayant comme hauteur la distance h de ce point à la surface.

La pesanteur $P = mg$. Dans cette formule, $m = Vd$, en appelant V le volume et d la densité. Par unité de surface, $V = h$; donc, $m = hd$ et la formule devient :

$$(1) \quad P = hdg.$$

Nous savons calculer les pressions en fonction des unités usuelles. A Paris, l'atmosphère normale est le poids d'une colonne de mercure à 0° , densité 13,596, ayant 76 c/m de hauteur.

En c. g. s., $P = 76 \times 13,596 \times 980,665 = 1.013.260$ dynes c/m^2 .

La barye, unité de pression, correspond à la dyne c/m^2 .

L'atmosphère, à Paris, vaut donc environ 1 mégabarye.

Pour les calculs océanographiques, on emploie le bar qui vaut 1 mégabarye. La hauteur de mercure correspondante est donnée par la relation :

$$1.000.000 = h \times 13.596 \times 980.665,$$

et une colonne d'eau distillée à 4° exerçant la même pression sera en raison inverse du rapport des densités :

$$1 \times H = h \times 13.596,$$

de sorte que :

$$H = \frac{1.000.000}{980.665} = 1019 \text{ cm}, 7 = 10 \text{ m}, 2 \text{ environ.}$$

Le *décibar* ou dixième du bar sera la pression d'une colonne d'eau dix fois plus petite, soit d'un mètre environ (1.02).

Dans un océan de salinité 35, température 0°, $d = 1.028$, la hauteur correspondante à une pression de 100 décibars qui serait de 102 mètres dans l'eau distillée vaudra $\frac{102}{1.028} = 99 \text{ m. } 22.$

1.000 décibars correspondent à une profondeur de 992 mètres. La différence entre les mètres usuels et les décibars n'est que de 1 0/100 et généralement négligeable. Elle deviendrait nulle si la densité de l'eau était 1.0197, ce qui correspond à 0° à une eau de salinité 24.10. Donc, plus une eau est continentale, plus la différence sera faible entre les nombres mesurant les décibars et les mètres de profondeur.

V. — SURFACES ISOBARIQUES. — LIGNES ISOBARES.

Si l'on joint les points d'égale pression, nous formons ce que l'on appelle des surfaces isobariques. En météorologie, pour représenter la situation atmosphérique, on imagine de

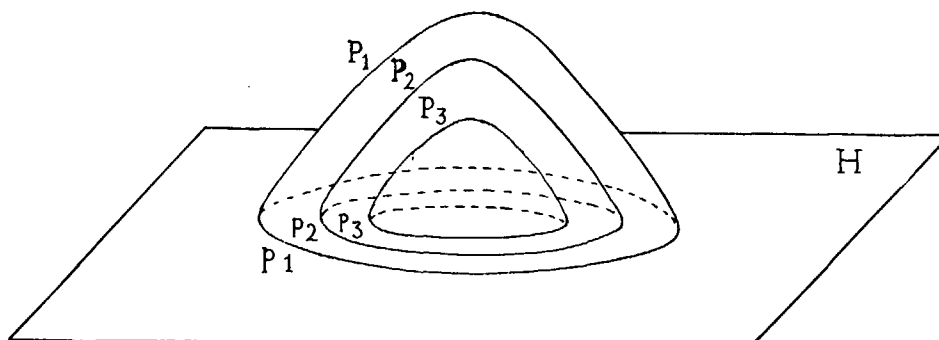


Fig 4.

couper ces surfaces par un plan de niveau, par exemple la surface de la terre (fig. 4). Les intersections des surfaces isobariques par ce plan sont des lignes isobares le long desquelles la pression est la même.

VI. — POTENTIEL DYNAMIQUE.

Pour représenter la situation hydrologique d'une région océanique à un moment donné, nous pouvons considérer la distribution des pressions. Soit, par exemple (fig. 5) P, le niveau

libre ou la surface de 0 décibar. Coupons cette surface par des plans de niveau et calculons les hauteurs des points A, B, C au-dessus du plan d'équilibre.

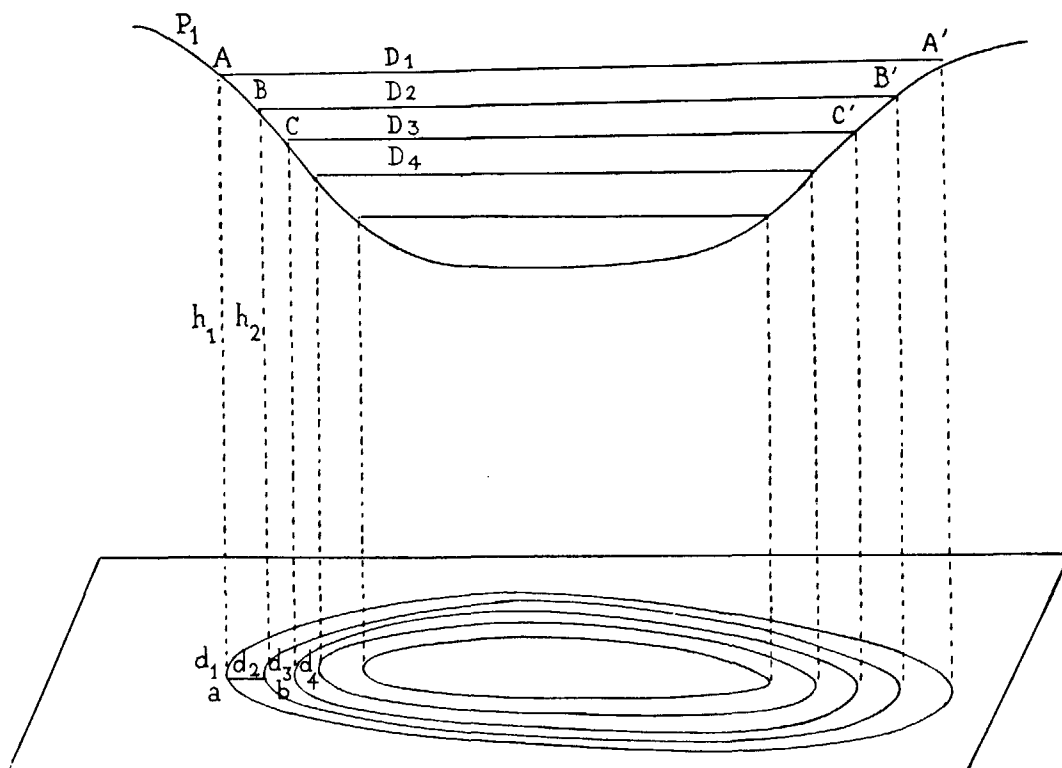


Fig. 5.

La formule : (1) $P = hdg$ peut s'écrire, en remplaçant la densité d par son inverse $1/d$ ou v *volume spécifique* :

$$(2) \quad hg = vP = D.$$

Nous remarquerons que le travail de la pesanteur $P = mg$, pour amener une molécule d'eau d'un point quelconque à la surface libre distante de h est mgh , et par suite le travail ou le potentiel de l'unité de masse sera $hg = D$. Cette quantité s'appellera le *potentiel dynamique*.

Le potentiel dynamique diffère de la hauteur en mètres de la quantité g qui varie avec la profondeur et la latitude. Nous avons vu que dans un océan de température 0° , salinité 35, une pression de 100 décibars correspond à une hauteur $h = 99,22$. A la latitude 45° , le potentiel dynamique correspondant à 100 décibars sera :

$$D = 99,22 \times 9,8 = 972,35.$$

On nommera cette quantité des *décimètres dynamiques* et son dixième 97,23 des *mètres dynamiques*. On voit que le nombre qui mesure les mètres dynamiques diffère de 2% des mètres usuels (99,2) et de 3% des nombres mesurant les décibars (100).

Le calcul de vP à chaque station nous donnera le potentiel dynamique hg et nous permettra de représenter le profil de la section de toute surface isobarique par un plan vertical. Nous aurons ainsi l'inclinaison de la surface isobarique sur le plan horizontal. Entre deux points A et B de la surface isobarique P_1 la puissance de nivellement dépendra de la pente $\frac{h_1 - h_2}{ab}$ ou $\text{tg } a$ que l'on appelle le *gradient*. Cette pente sera d'autant plus forte et la force de nivellement d'autant plus grande que la distance ab sera plus petite pour une même différence de hauteur entre h_1 et h_2 .

Si nous appelons v_a et v_b les volumes spécifiques moyens des tranches correspondantes à A et B, si D_a et D_b sont les potentiels dynamiques, l'accroissement de potentiel entre B et A est mesuré par la formule :

$$(3) D_a - D_b = P_1 (v_a - v_b)$$

Nous sommes donc en mesure de dresser le profil de la surface isobarique P_1 de la figure 5 et nous avons une expression nous permettant d'évaluer la puissance de nivellement entre deux points.

VII. — ISOBATHES DYNAMIQUES OU ISODYNAMIQUES.

Reprenons la figure 5. Imaginons que l'on coupe la surface isobarique P_1 par une série de plans parallèles horizontaux distants par exemple de 20 m/m, soient D_1, D_2, D_3, D_4 . Projetons les intersections de ces plans avec la surface isobarique sur un plan horizontal, le plan d'équilibre par exemple, nous obtiendrons une série de courbes que l'on appellera des *isobathes dynamiques* ou plus simplement des *isodynamiques* d_1, d_2, d_3, d_4 .

Le gradient $\frac{d_1 - d_2}{ab}$ perpendiculaire à ces isobathes dynamiques représente l'accélération due aux forces tendant au nivellement. Il sera d'autant plus fort que les isodynamiques seront plus rapprochées en projection horizontale. La densité des courbes sur le plan donne donc une première estimation de la puissance du nivellement. Pour avoir la direction du courant, nous devons développer une considération connue en cinématique sous le nom de théorème de Coriolis, que, pour les besoins de la cause, nous remettrons sous les yeux du lecteur.

VIII. — THÉORÈME DE CORIOLIS.

Quand un point matériel M possède un mouvement relatif V_r et une accélération j_r par rapport à un système d'axes animés d'un mouvement d'entraînement de vitesse V_e et d'accélération j_e , l'accélération absolue j par rapport à un système d'axes fixes est la somme géométrique de l'accélération d'entraînement, de l'accélération relative et d'une *accélération complémentaire*

$$j_e = 2 \Omega V_r \sin (\Omega V_r)$$

Par rapport au système d'axes du point O (fig. 6), le mobile change de vitesse relative de V_r en V_r' , et l'accélération de ce mouvement est j_r . Si pendant ce temps les axes se déplacent

de O en O' et que dans ce mouvement de translation le point O passe de la vitesse V_e à la vitesse V'_e , il en résultera une accélération j_e .

Mais dans ce mouvement sur la trajectoire d'entraînement, les axes x, y, z liés à O *tournent*, car tout déplacement d'un corps peut être ramené à une translation OO' amenant le système d'axes parallèle à lui-même $x_1y_1z_1$ suivi d'une rotation $x'y'z'$, au cours de laquelle le point

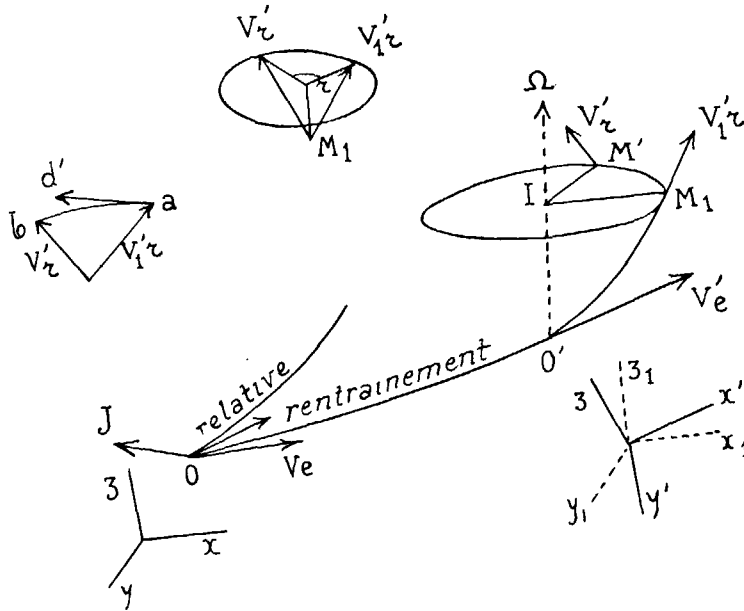


Fig. 6.

M venu en M_1 par translation prend sa position définitive M' . On fait tourner pour cela la figure d'un angle M_1IM' autour d'un axe $O'I$ dans le même temps Δt qu'il a fallu à O pour venir en O' , de sorte que si Ω est la vitesse de rotation angulaire, $M_1IM' = \Omega \Delta t$.

Dans cette rotation, le point M_1 dont la vitesse *linéaire* était nulle à l'origine acquiert une vitesse linéaire Δv au bout du temps Δt donnée par la relation $\Delta v = \Omega R$, dans laquelle R est la distance IM_1 du point M_1 à l'axe de rotation.

Mais dans le triangle rectiligne très petit $IO'M_1$ on a :

$$R = O'M_1 \sin IO'M_1 = V_r \Delta t \sin(\Omega V_r) \quad (1)$$

Construisons l'hodographe correspondant au mouvement M_1M' pour déterminer l'accélération, nous aurons :

$$j_1 = \lim \frac{ab}{\Delta t} = \lim \frac{\Delta v}{\Delta t} = \Omega V_r \sin(\Omega V_r)$$

Cette accélération perpendiculaire au plan IM_1O' est telle que sur ce vecteur on voit Ω à droite de V_r . A l'origine des temps en O cette accélération J est située à droite de V_r et lui est perpendiculaire.

Pendant que O vient en O' la vitesse relative V'_{1r} , change de direction sans changer de

(1) $O'M_1$ est l'élément de trajectoire décrit par le mobile dans le temps Δt à la vitesse V_r .

grandeur et devient V'_r . Il en résulte une accélération que nous obtiendrons également en construisant l'hodographe avec $M_1V'_{1r}$ et $M_1V'_r$ sur M_1 .

$j_2 = \lim \frac{V'_{1r}V'_r}{\Delta t}$ dans laquelle $V'_{1r}V'_r = ri$ en appelant i l'angle de rotation $\Omega\Delta t$.

Or, $r = V'_{1r} \sin iM_1\widehat{V'_{1r}}$ et, par suite :

$$j_2 = \lim \frac{\Omega \Delta t V'_{1r} \sin iM_1\widehat{V'_{1r}}}{\Delta t}$$

Lorsque Δt tend vers 0, l'angle i tend vers Ω ; V'_{1r} tend vers V_r ; $iM_1\widehat{V'_{1r}}$ tend vers la limite de $IO'V'_{1r}$, c'est-à-dire $\widehat{\Omega V_r}$.

$$j_2 = \Omega V_r \sin(\widehat{\Omega V_r})$$

Cette accélération j_2 est tangente en V'_r au cercle de centre I donc à la limite perpendiculaire au plan $IO'M_1$ à sa limite, c'est-à-dire que comme j_1 elle est perpendiculaire à V_r en O et telle que Ω soit vu à droite de V_r . Donc j_1 et j_2 sont confondues et l'accélération complémentaire totale sera :

$$j_e = j_1 + j_2 = 2 \Omega V_r \sin(\widehat{\Omega V_r})$$

IX. — FORCE DÉVIATRICE ET DIRECTION DU COURANT.

Si la terre était immobile, l'eau suivrait la direction du gradient qui est le plus court chemin entre deux isobathes dynamiques consécutives; mais la rotation de la terre dévie tous les mouvements qui se produisent à la surface, conformément au théorème de Coriolis, la force déviatrice étant égale à $-mj_e$ ou pour la masse unité à j_e .

Donc, tout corps se déplaçant sur la terre dévie vers la droite dans l'hémisphère Nord et vers la gauche dans l'hémisphère Sud.

L'accélération ou la force déviatrice, sur la masse unité, sera nulle à l'équateur, maxima au pôle et représentée par l'expression $2\omega v \sin \varphi$ dans laquelle ω est la vitesse de rotation de la terre (0.0000729), v la vitesse du mobile à la surface dans le lieu et φ la latitude.

L'angle de la force déviatrice avec le déplacement moléculaire est donné par la formule :

$$t^{\circ} \alpha = \frac{\sin \varphi}{K}$$

Cet angle est d'autant plus voisin de 90° que la latitude φ est plus grande et que K, le coefficient de frottement est plus faible. Pratiquement, cet angle est très voisin de 90° .

Si le courant est établi et conserve une direction fixe, c'est que la force due à la rotation est compensée par une force égale et opposée. La force due à la rotation, comme nous venons de le voir est à 90° et à droite du mouvement. La force compensatrice est donc à 90° et à gauche du même mouvement. Si l'on fait abstraction des frottements, cette dernière force est la force de gradient, l'énergie potentielle dynamique.

Nous avons donc obtenu le moyen de déterminer, car il n'y en a pas d'autre, la direction du courant résultant de la situation hydrodynamique connaissant la force de gradient.

Reprenons la figure 5. Considérons le profil vertical P_1 de la surface isobarique correspondante par exemple au niveau libre. La force de gradient est dirigée suivant AB ; le mouvement s'effectue à 90° et à droite de cette direction, c'est-à-dire, dans le cas de la figure, l'eau s'écoule perpendiculairement au plan de la figure et vient vers l'observateur. Au contraire, si l'on considère le profil $C'B'A'$, la force de gradient va de A' vers B' , la force déviatrice est dirigée en sens inverse de B' vers A' et l'eau s'écoule perpendiculairement au plan de la figure en s'éloignant de l'observateur. Cette simple considération suffira, à l'examen de la section verticale de la figure 5, pour donner instantanément une idée approximative de l'écoulement de l'eau. *Dans l'hémisphère Nord, si la section isobarique plonge vers l'Est, le sens du mouvement des molécules d'eau est la direction Nord-Sud; si au contraire la section isobarique monte vers l'Est, les molécules d'eau se dirigent vers le Nord.*

Mais nous pouvons également considérer la carte dynamique de la situation hydrologique c'est-à-dire la représentation par isodynamiques comme nous l'avons exposée paragraphe 7 et qui n'est autre chose que la projection horizontale de la figure 5.

Soient (fig. 7) d_1, d_2, d_3 une série d'isodynamiques obtenues en coupant la surface isobarique P_1 par des plans horizontaux de hauteur h_1, h_2, h_3 au-dessus du plan d'équilibre. La force de gradient ou potentiel dynamique pourra être représentée par un vecteur AB normal à la courbe isodynamique au point A . La force déviatrice égale et opposée sera AE ; le déplacement des molécules s'effectuera de telle façon que la force de Coriolis AE sera à 90° sur sa droite, et le potentiel dynamique AB à 90° sur sa gauche, c'est-à-dire suivant AF ; autrement dit, *les isodynamiques seront les enveloppes des tangentes successives au courant, dont la direction sera déterminée par la seule considération que les eaux les plus légères, dans l'hémisphère Nord, seront à droite du courant.* Il conviendra toutefois de ne pas oublier, lors de l'établissement de la carte isodynamique, que *les courbes sont cotées d'après la hauteur au-dessus du plan d'équilibre choisi et que par suite les eaux les plus légères correspondent aux isobathes dynamiques les plus fortes.*

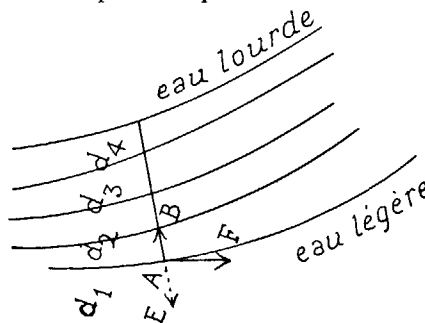


Fig. 7.

X. — CALCUL DE LA VALEUR DU COURANT. — ÉQUATION D'ÉQUILIBRE.

Jusqu'à présent, nous nous sommes bornés à des considérations géométriques élémentaires, qui ont le grand avantage de ne pas nous écarter de la réalité. Il est permis d'aller plus loin et de chercher à estimer approximativement la valeur du courant dont nous venons d'établir la direction.

Considérons (fig. 8) dans la masse océanique un élément de surface AA_1B_1B et soit s la projection de cet élément sur le plan tangent à la surface de la mer au point considéré. L'angle de l'axe de rotation avec le plan tangent est égal à l'angle φ de la latitude. La vitesse du déplacement est mesurée par l'accroissement de la projection dans l'unité de temps $\frac{ds}{dt}$. Il con-

vient de remarquer que dans le déplacement de la surface AA_1B_1B les forces normales affectent seules les projections, et que les forces tangentielles ne les changent pas.

Soient c_0 la composante normale AA' de la vitesse de translation des couches supérieures

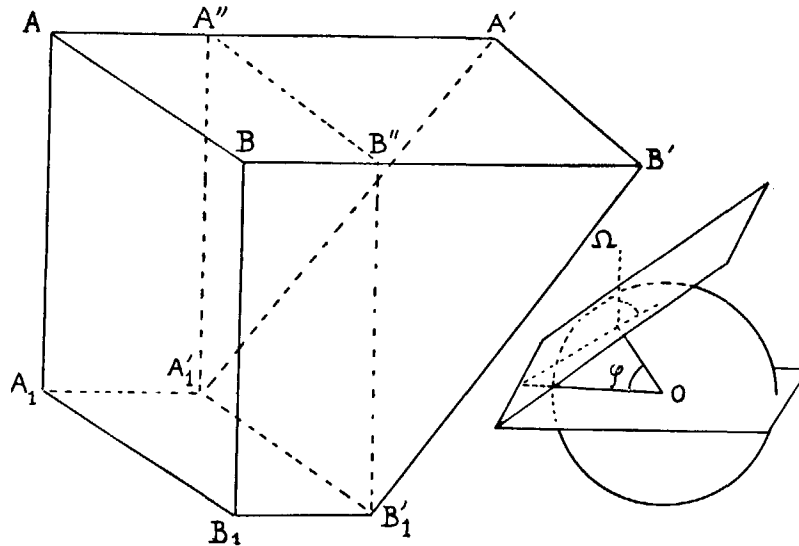


Fig 8.

et $c_1 = A_1A'_1$ la composante normale de la vitesse de la couche inférieure. Au bout d'un temps dt , le rectangle occupe la position $A'A_1'B_1B'$ dont la projection sur la surface de la mer est $A'A''B''B'$. Ce dernier est l'accroissement de la projection sur le plan tangent à la surface et l'on a :

$$\frac{ds}{dt} = A'A'' \times A''B'' = AB(AA' - AA'') = L(c_0 - c_1)$$

en appelant L la distance AB .

La force déviatrice due à la rotation de la terre :

$$2 \omega v \sin \varphi = 2 \omega \frac{ds}{dt} \sin \varphi = 2 \omega L (c_0 - c_1) \sin \varphi$$

Lorsque le courant a pris une direction déterminée, c'est que la force déviatrice est égale à la force de gradient et de sens contraire, comme nous l'avons vu plus haut. Nous pourrions donc égaler les deux forces dont nous connaissons l'expression.

$$(4) \quad 2 \omega L (c_0 - c_1) \sin \varphi = D_1 - D_2 = P_1 (V_1 - V_2)$$

$$c_0 - c_1 = \frac{D_1 - D_2}{2 \omega L \sin \varphi}$$

En supposant que l'on ait pris le plan de base assez profond pour que le mouvement dans ce plan soit pratiquement nul, $c_0 = 0$ et c_1 donne la composante normale de la vitesse en surface. Si le courant a une direction connue AM ou BM_1 (fig. 9), on construira un triangle rectangle dont l'hypoténuse OV soit parallèle à AM et forme un angle α avec OK, et l'on aura la vitesse réelle :

$$OV = V = \frac{c_0}{\cos \alpha}$$

Si la direction du courant est complètement inconnue, il suffira de faire 2 coupes à 90° l'une de l'autre pour la déterminer (fig. 10).

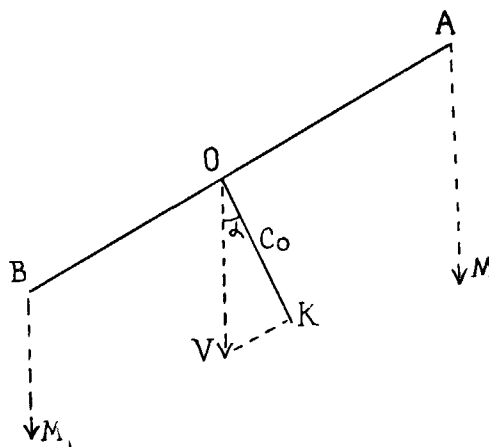


Fig 9.

II. — CONDUITE DES CALCULS.

XI. — CALCUL DES VOLUMES SPÉCIFIQUES.

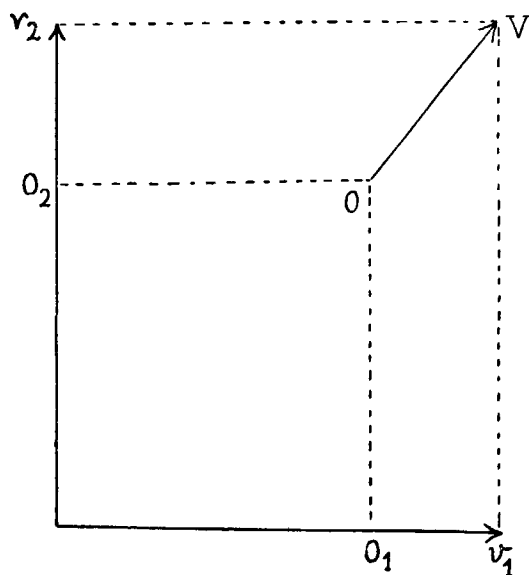


Fig 10.

Le volume spécifique dépend de trois éléments : température, salinité, profondeur.

La salinité est obtenue par l'analyse au nitrate d'argent et la densité, pour la température *in situ*, s'obtient à l'aide des tables de Knuddsen ou d'abaques, comme celles que nous avons établies personnellement. L'élément obtenu doit être corrigé de la compression due à la profondeur.

Nous utiliserons pour cette correction les tables I et II qui traduisent la formule de Svensdrup et Hesselberg :

$$(5) \quad v = 1 - \frac{dt \cdot 10^{-3}}{1 + dt \cdot 10^{-3}} + d_p + d_{sp} + d_{ip}$$

La table I donne la valeur du premier terme pour les densités de 1.020 à 1.028. Cette valeur est multipliée par 10^5 ainsi que nous le ferons pour les autres corrections,

afin d'éviter de traîner des décimales. Dans cette table, d_i est la densité *in situ*.

La table II donne les trois autres corrections multipliées par 10^5 . d_p est la correction due

TABLE I.

$$10^5 \frac{dt-10^3}{1+dt-10^3}$$

d.	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
20	1960	1970	1979	1989	1998	2008	2018	2027	2036	2046
21	2056	2066	2075	2085	2094	2104	2114	2123	2132	2142
22	2152	2162	2171	2181	2190	2200	2210	2219	2228	2238
23	2248	2258	2267	2277	2286	2296	2306	2315	2324	2334
24	2344	2353	2363	2372	2382	2391	2400	2410	2420	2430
25	2439	2449	2458	2468	2477	2487	2496	2506	2515	2525
26	2534	2544	2553	2563	2572	2582	2591	2601	2610	2620
27	2639	2638	2648	2657	2667	2676	2686	2695	2705	2714
28	2724	2733	2743	2752	2762	2771	2780	2790	2800	2809

à la pression (2^e colonne, table II, quantité négative), d_{sp} est la correction due à la salinité sous pression variée (colonnes 5, 6, 7 et 8 de la table II), d_{tp} est la correction pour la température sous pression variée (autres colonnes de la table II).

Si l'on tient compte du signe de d_{tp} seul terme qui peut être positif, car d_{sp} l'est rarement on aura $1 - v$ en prenant les quantités de la table I avec leur signe et en changeant le signe des corrections de la table II. La somme (table I + table II) sera égale à $10^5 (1 - v)$. En retranchant cette quantité de 10^5 , on aura v .

Le tableau I montre la série d'opérations nécessaire pour calculer les volumes spécifiques dans une section hydrologique effectuée en septembre 1934 par 45° de latitude à l'accore des bancs de Terre-Neuve.

XII. — CALCUL DU POTENTIEL DYNAMIQUE.

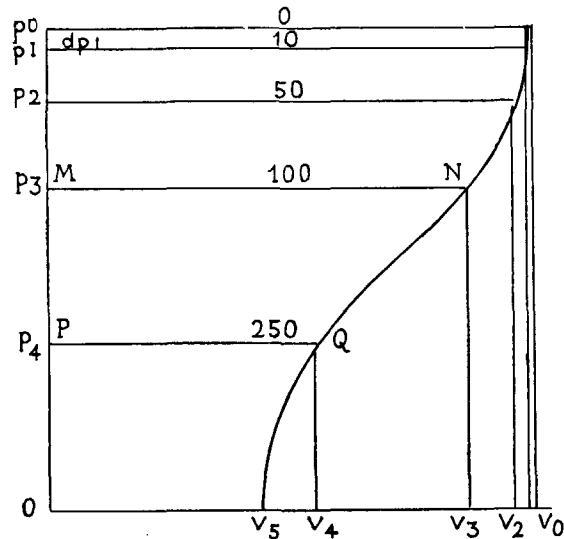


Fig. 11.

Si nous représentons en coordonnées horizontales la fonction $D = vP$, la surface de l'aire comprise entre la courbe et l'axe des pressions peut être évaluée par la méthode des trapèzes (fig. 11).

Surf. $MNPQ = \frac{MN + PQ}{2} dp$. On calculera donc les éléments $\frac{v_0 + v_1}{2} dp$ pour chaque tranche verticale correspondante à la différence de pression dp , entre les surfaces de 10, 50, 100, 250, 500, 1.000 décibars, pour les stations 233 à 240. La surface de 1.000 décibars étant la plus profonde à laquelle on se soit arrêté dans le voisinage a été prise comme plan de base et prolongée par interpolation partout où la donnée

TABLEAU I.

ÉTABLISSEMENT DES VOLUMES SPÉCIFIQUES DES STATIONS 233 A 240.
TERRE-NEUVE. SEPTEMBRE 1935.

STATIONS.	MÈTRES.	t.	s.	d.	T. I.	T. II.	$\frac{(1-r)10^5}{(T. I + T. II)}$	V.
233	10	19.1	35.70	25.55	2492	5	2497	0.97503
—	50	18.6	35.97	25.88	2523	22	2545	0.97455
45°00'	100	17.0	36.20	26.44	2576	42	2618	0.97382
40°52'	250	14.3	35.75	26.73	2604	105	2709	0.97291
	500	12.7	35.52	26.87	2617	211	2828	0.97172
234	10	18.6	35.83	25.77	2513	5	2518	0.97492
45°00'	50	17.7	36.13	26.11	2535	22	2557	0.97443
42°09'	100	16.8	36.22	26.50	2582	42	2624	0.97376
	250	14.5	35.79	26.72	2603	105	2708	0.97292
	500	11.6	35.57	27.14	2642	212	2854	0.97146
	1000	5.1	34.87	27.45	2672	434	3106	0.96893
235	10	18.9	35.52	25.46	2483	5	2488	0.97512
45°00'	50	12.2	36.04	26.36	2569	22	2591	0.97409
43°33'	100	13.2	35.50	26.74	2605	43	2648	0.97352
	250	8.6	34.79	27.06	2635	108	2743	0.97257
236	10	14.5	32.66	24.30	2375	5	2380	0.97620
45°00'	50	4.5	33.51	26.38	2570	23	2593	0.97407
44°55'	100	2.1	33.98	27.17	2645	44	2689	0.97311
	250	4.5	34.83	27.62	2688	110	2798	0.97202
	500	4.1	34.83	27.66	2692	220	2912	0.97088
237	10	14.6	32.83	24.40	2387	5	2392	0.97608
45°01'	50	2.7	33.58	26.80	2610	23	2633	0.97367
45°57'	100	4	34.40	27.34	2661	44	2705	0.97295
	250	4.2	34.83	27.65	2691	110	2801	0.97199
	500	3.9	34.85	27.71	2696	220	2916	0.97084
	1000	3.5	34.85	27.75	2700	438	3138	0.97862
238	10	16	32.79	24.07	2351	5	2356	0.97644
45°01'	50	5.8	33.46	26.03	2542	22	2564	0.97436
46°39'	100	4.7	34.20	27.10	2638	44	2682	0.97318
	250	4.2	34.38	27.30	2657	110	2767	0.97233
	500	4.5	34.54	27.39	2666	220	2886	0.97114
239	10	16	32.61	23.93	2337	5	2342	0.97658
45°00'	50	4.2	33.40	26.52	2584	23	2607	0.97393
47°29'	100	1.6	33.87	27.13	2641	44	2685	0.97315
	250	3.7	34.56	27.50	2676	111	2787	0.97213
	500	3.9	34.94	27.79	2704	220	2924	0.97076
240	10	12.7	32.18	24.30	2375	5	2380	0.97620
45°00'	50	1.8	33.69	26.97	2627	23	2650	0.97350
48°13'	100	2.8	34.23	27.33	2660	44	2704	0.97296
	250	4.5	34.81	27.61	2687	110	2797	0.97203

CALCUL DES POTENTIELS DYNAMIQUES D.

TABLEAU II.

STATION	p	dp	V	$\frac{V_0 + V_1}{2}$ DP	D	HAUTEUR
233	0					971.54465
45° 00'	10	10	0.97503	9.75030	9.75030	961.79435
40° 52'	50	40	0.97455	38.99160	48.74190	922.80275
	100	50	0.97382	48.70925	97.45115	874.09350
	250	150	0.97291	146.00475	243.45590	728.08875
	500	250	0.97172	243.07875	486.53465	485.01000
234	0					971.55895
45° 00'	10	10	0.97482	9.74820	9.74820	961.81075
42° 09'	50	40	0.97443	38.98500	48.73320	922.82575
	100	50	0.97376	48.70975	97.44295	874.11600
	250	150	0.97292	146.00100	243.44395	728.11500
	500	250	0.97146	243.04750	486.49145	485.06750
	1000	500	0.96881	485.06750	971.55895	0
235	0					971.22540
45° 00'	10	10	0.97512	9.75120	9.75120	961.47420
43° 33'	50	40	0.97409	38.98420	48.73540	922.49000
	100	50	0.97352	48.69025	97.42565	873.79975
	250	150	0.97257	145.95675	243.38240	727.84300
						971.11065
236	0					961.34865
45° 00'	10	10	0.97620	9.76200	9.76200	961.34865
44° 35'	50	40	0.97407	39.00340	48.76540	922.34525
	100	50	0.97311	48.67950	97.44490	873.66575
	250	150	0.97202	145.88475	243.32965	727.78100
	500	250	0.97088	242.86250	486.19215	484.91850
						971.01055
237	0					961.24975
45° 01'	10	10	0.97608	9.76080	9.76080	961.24975
45° 57'	50	40	0.97367	38.99500	48.75580	922.25475
	100	50	0.97295	48.66550	97.42130	873.58925
	250	150	0.97199	145.87050	243.29180	727.71875
	500	250	0.97084	242.85375	486.14555	484.86500
	1000	500	0.96862	484.86500	971.01055	0
238	0					971.18190
45° 01'	10	10	0.97644	9.76440	9.76440	961.41750
46° 39'	50	40	0.97436	39.01600	48.78040	922.40156
	100	50	0.97318	48.68850	97.46890	873.71300
	250	150	0.97233	145.91325	243.38215	727.79975
	500	250	0.97114	242.93375	486.31590	484.86600
						971.07650
239	0					961.31070
45° 00'	10	10	0.97658	9.76580	9.76580	961.31070
47° 29'	50	40	0.97393	39.01020	48.77600	922.30050
	100	50	0.97315	48.67725	97.45325	873.62325
	250	150	0.97213	145.89600	243.34925	727.72725
	500	250	0.97076	242.86125	486.21050	484.86600
						971.04700
240	0					961.28500
45° 00'	10	10	0.97620	9.76200	9.76200	961.28500
48° 13'	50	40	0.97350	38.99400	48.75600	922.29100
	100	50	0.97296	48.66175	97.41775	873.62925
	250	150	0.97203	145.87425	243.29200	727.75500

directe manquait. La colonne hauteur du tableau II donne donc, non seulement la variation au-dessus d'un plan peu profond comme 250 décibars, mais tient compte de la documentation que l'on possède sur les stations profondes les plus voisines. On voit donc que la colonne D, potentiel dynamique, s'obtient en totalisant les valeurs successives $\frac{v_0 + v_1}{2} dp$.

$$D_n = \frac{v_0 + v_1}{2} dp + \frac{v_1 + v_2}{2} dp + \frac{v_2 + v_3}{2} dp +$$

On détermine ainsi les potentiels dynamiques pour les points connus du plan de 1.000 décibars. On interpole d'après la distance entre deux stations pour prolonger hypothétiquement le plan sous les stations 233, 235, 236, etc., pour lesquelles les prises d'eau s'arrêtent à un niveau supérieur. La surface de base étant ainsi déterminée, potentiel 971... , elle est prise comme niveau 0. On prendra alors la valeur de la tranche de 500 à 1.000 décibars (485...) qui constituera le potentiel du point correspondant de la surface de 500 décibars. Cette surface sera prolongée par interpolation sous les stations pour lesquelles les prises d'eau se sont arrêtées à un niveau encore supérieur. On détermine ainsi la cote 485... des points de la surface de 500 décibars pour chaque station. En lui ajoutant la valeur $\frac{v_0 + v_1}{2} dp$ de la tranche de 250 à 500 décibars on obtiendra la cote 727... de la surface de 250 décibars pour chaque station, en interpolant s'il y a lieu, lorsque le renseignement fait défaut. De proche en proche, on aura la hauteur dynamique au-dessus du plan de base.

XIII. — GRAPHIQUE.

Les données réunies dans le tableau II servent alors à établir le graphique (fig. 12). Dans le tracé des surfaces isobariques, il n'est tenu aucun compte de la distance d'un niveau à l'autre. On s'efforce au contraire d'amplifier autant que possible les variations de niveau dans chaque surface. L'échelle adoptée est 1/10 soit 1 c/m pour 10 c/m de sorte que les dénivellations apparaissent nettement.

Les hauteurs dynamiques les plus fortes correspondent aux eaux les plus légères qui se trouvent à droite du courant. On voit alors à la seule inspection de la figure 12, en appliquant la règle donnée au paragraphe 9, que de 233 à 234, en surface, l'eau vient vers l'observateur, puisque le courant est à droite de la pente. Au contraire le courant porte vers le Nord, c'est-à-dire s'éloigne entre 234 et 237, porte à nouveau vers le Sud de 237 à 238, enfin monte au Nord de 238 à 240. On voit en outre que la direction du courant est susceptible de changer à un certain niveau (par exemple entre 238 et 239, à partir de 250 mètres).

XIV. — VITESSE DE LA COMPOSANTE NORMALE DU COURANT.

Appliquons la formule (4) du paragraphe 10 au calcul de la vitesse du courant entre les stations 233 et 234. Multiplions les deux termes de la fraction par 10^5 pour éliminer les décimales.

La table III nous donne $2 \omega \sin \varphi 10^5 = 14.58 \sin \varphi$.

La table IV permet de convertir les milles en klm.

TABLE III.

LAT.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.00	0.26	0.51	0.76	1.02	1.27	1.52	1.78	2.03	2.28
10	2.53	2.78	3.03	3.28	3.53	3.77	4.02	4.26	4.51	4.75
20	4.99	5.23	5.46	5.70	5.93	6.16	6.39	6.62	6.85	7.07
30	7.29	7.51	7.73	7.94	8.15	8.36	8.57	8.78	8.98	9.18
40	9.37	9.57	9.76	9.95	10.12	10.31	10.49	10.67	10.81	11.01
50	11.17	11.33	11.49	11.65	11.80	11.95	12.09	12.23	12.37	12.50
60	12.63	12.75	12.87	12.99	13.11	13.22	13.32	13.42	13.52	13.61
70	13.70	13.79	13.87	13.95	14.02	14.09	14.15	14.21	14.26	14.31
80	14.35	14.40	14.44	14.47	14.50	14.53	14.55	14.56	14.57	14.58

TABLE IV.

M	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0.0	1.9	3.7	5.6	7.4	9.3	11.1	13.0	14.8	16.7
10	18.5	20.4	22.2	24.1	25.9	27.8	29.6	31.5	33.3	35.2
20	37.0	38.9	40.7	42.6	44.4	46.3	48.2	50.0	51.9	53.7
30	55.6	57.4	59.3	61.1	63.0	64.8	66.7	68.5	70.4	72.2
40	74.1	75.9	77.8	79.6	81.5	83.3	85.2	87.0	88.9	90.7
50	92.6	94.5	96.3	98.2	100.0	101.9	103.7	105.6	107.4	109.3
60	111.1	113.0	114.8	116.7	118.5	120.4	122.2	124.1	127.9	127.8
70	129.6	131.5	133.3	135.1	137.1	139.9	140.8	142.6	144.5	146.3
80	148.2	150.0	151.9	153.7	156.6	157.4	159.3	161.1	163.0	164.8
90	166.7	168.5	170.4	172.2	174.1	175.9	177.8	179.6	181.5	183.3
100	185.2	187.1	188.9	190.8	192.6	194.5	196.3	198.2	200.0	201.8

Calculons donc le courant moyen de la tranche comprise entre les stations 234 et 237.

STATION	DISTANCE	TABLE IV	PRODUIT	1000	500	250	100	50	0
D 234	161 ^m 2	10.3	3074.5	0	485.06750	728.11500	874.11600	923.82575	971.55895
D 237	298 ^{km} 5			0	484.86500	727.71875	873.58925	924.75	971.055
					0.20250	0.39625	0.52675	0.57100	0.54840
Co	cm. sec.			0	6.5	12.9	17.1	18.5	17.8
Co	en nœuds				0.12	0.25	0.33	0.37	0.35

XV. — ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTE DYNAMIQUE.

Nous commencerons par calculer comme nous l'avons fait (tableaux I et II) la valeur du volume spécifique v en fonction de la température et de la salinité, en tenant compte des corrections dues à la pression à divers niveaux. On en déduit la hauteur dynamique des surfaces

isobariques au-dessus du plan pris comme base (1.000 mètres). On supposera ensuite que l'on prolonge les différentes surfaces isobariques p_1, p_2, p_3, p_4 sous les stations pour lesquelles il n'a pas été fait de prises d'eau à cette profondeur et on reliera les stations d'une face à l'autre du talus continental par interpolation entre les valeurs connues (fig. 13). On remon-

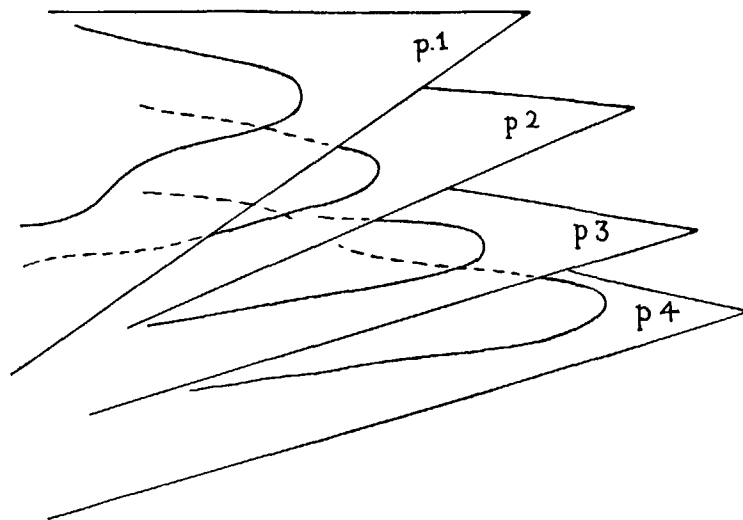


Fig. 13.

tera ainsi d'étage en étage et l'on sera en mesure de présenter le résumé des opérations dans le tableau III qui donne les hauteurs, c'est-à-dire le potentiel dynamique au-dessus du plan de base.

On porte alors sur une carte à l'échelle adoptée les valeurs des hauteurs dynamiques pour une surface isobarique déterminée, par exemple le niveau libre qui sera ici à un nombre de *mètres dynamiques* représenté par 971 et une fraction pour laquelle les calculs nous conduisent théoriquement jusqu'aux centièmes de millimètre. Nous ne retiendrons de ces valeurs que les millimètres, c'est-à-dire la troisième décimale que nous forcerons si le chiffre suivant est supérieur à 5. Nous tracerons ensuite nos courbes de centimètre en centimètre et la densité des lignes isodynamiques ainsi obtenues sera très suffisante pour nous permettre une représentation satisfaisante de la situation.

On voit donc que l'analyse volumétrique de la burette de Knudsen est plus que suffisante pour permettre de traduire en nombres les potentiels dynamiques et par suite de rendre compte de la situation hydrologique. On pourrait avoir une approximation déjà appréciable en évaluant rapidement les salinités au réfractomètre Zeiss, qui pratiquement donne la quatrième décimale.

XVI. — LA SITUATION DES BANCS DE TERRE-NEUVE EN OCTOBRE 1934.

Nous avons représenté dans les deux cartes (fig. 14 et 15) la représentation du niveau libre par courbes isodynamiques.

Sur la carte de la figure 14, nous voyons se former à la latitude 44°, entre les méridiens 60°

TABLEAU III.
VOLUMES SPÉCIFIQUES ET HAUTEURS DYNAMIQUES, TERRE-NEUVE.
SEPTEMBRE 1935.

STATIONS.	P.	θ .	S.	V.	HAUTEUR.	STATIONS.	P.	θ .	S.	V.	HAUTEUR.
241	0				971.03665	260	0				971.26620
45° 00'	10	9.2	32.81	0.97519	961.28475	45° 00'	10	16.0	31.82	0.97714	961.49480
48° 34'	50	-1.4	33.33	0.97361	922.30875	53° 22'	50	5.8	32.75	0.97450	922.46000
	100	0.1	33.86	0.97309	873.64125	261	0				971.30951
	250	3.1	34.60	0.97206	727.75500	45° 02'	10	16.9	31.78	0.97737	961.53580
242	0				971.09995	54° 12'	50	10.7	32.25	0.97567	922.47500
45° 00'	10	10.4	32.25	0.97580	961.36195	262	0				971.228405
49° 10'	50	-1.5	33.03	0.97386	922.36875	45° 08'	10	15.9	31.73	0.97719	961.51215
	100	-1.5	33.10	0.97357	873.66300	54° 29'	50	2.1	32.54	0.97443	922.47975
243	0				971.12880		100	1.7	33.13	0.97372	873.77600
45° 00'	10	10.8	32.27	0.97584	961.37040	263	0				971.26240
49° 17'	50	-1.3	33.22	0.97368	922.38000	45° 02'	10	17.3	32.09	0.97723	961.49010
244	0				971.15270	55° 08'	50	2.5	32.47	0.97450	922.45550
45° 00'	10	11.6	32.20	0.97605	961.39220		100	10.0	35.08	0.97324	873.76200
49° 21'5	50	-1.2	33.17	0.97376	922.39600		250	7.5	34.74	0.97248	727.83300
245	0				971.15520	264	0				971.28610
45° 00'	10	12.1	32.25	0.97602	961.41140	45° 00'	10	15.8	31.82	0.97711	961.51500
49° 29'	50	-1.1	33.13	0.97378	922.39900	55° 53'	50	3.2	32.43	0.97459	922.48500
246	0				971.17920	265	0				971.32225
05° 00'	10	13.6	32.20	0.97638	961.38900	44° 57'	10	16.3	31.83	0.97720	961.55125
49° 35'	50	-1.0	32.54	0.97424	922.40300	56. 37'	50	3.3	32.45	0.97460	922.51525
247	0				971.15450		100	-0.6	32.97	0.97371	873.80750
45° 00'	10	13.1	32.25	0.97625	961.39200		250	6.3	34.63	0.97239	727.85000
49° 43'	50	-1.0	34.11	0.97305	922.40600	266	0				971.37845
248	0				971.16350	44° 55'	10	16.9	30.61	0.97840	961.59445
45° 00'	10	13.7	32.21	0.97639	961.39960	57° 25'	50	1.4	32.09	0.97471	922.53225
49° 53'	50	-1.0	34.07	0.97309	922.40900		100	1.0	32.72	0.97398	873.81500
250	0				971.20030		250	6.7	34.61	0.97246	727.83200
45° 00'	10	15.8	31.95	0.97699	961.43040	268	0				971.33415
50° 12'	50	0.4	33.04	0.97393	922.41200	44° 12'	10	16.4	32.03	0.97709	961.56325
252	0				971.21510	57° 58'	50	2.6	32.57	0.97441	922.53325
44° 55'	10	16.4	31.91	0.97717	961.44340		100	2.5	33.21	2.97372	873.83000
50° 48'	50	2.1	32.79	0.97423	922.41600	270	0				971.39850
253	0				971.22440	45° 00'	10	17.2	30.41	0.97845	961.61400
44° 56'	10	16.2	31.91	0.97712	961.45320	58° 10'	50	4.6	30.03	0.97652	922.51500
51° 23'	50	1.0	32.79	0.97414	922.42800	271	0				971.36125
254	0				971.23400	45° 00'	10	16.9	30.57	0.97827	961.57855
45° 00'	10	16.1	31.91	0.97712	961.46280	58° 57'	50	2.1	32.03	0.97482	922.51675
52° 03'	50	0.9	32.81	0.97412	922.43800		100	0.9	32.34	0.97425	873.79000
255	0				971.24380	272	0				971.43435
45° 00'	10	16.0	31.83	0.97714	961.47240	44° 56'	10	17.5	30.61	0.97838	961.65055
52° 38'	50	0.8	32.75	0.97418	922.44600	59° 43'	50	3.2	31.40	0.97536	922.57575
	100	-0.6	33.08	0.97362	873.75100		100	1.4	32.12	0.97447	873.83000

STATION.	P.	θ.	S.	V.	HAUTEUR.	STATION.	P.	θ.	S.	V.	HAUTEUR.
273	0				971.43195	286	0				971.40900
44° 56'	10	17.3	31.11	0.97797	961.65225	44° 06'	10	18.1	32.05	0.97744	961.63460
60° 26'	50	3.7	32.55	0.97453	922.60225	57° 52'	50	6.4	32.20	0.97508	922.58420
	100	1.6	32.80	0.97396	873.89000		100	3.7	33.44	0.97463	873.84200
274	0				971.49885		250	6.5	34.67	0.97238	727.81625
44° 53'	10	17.5	30.79	0.97826	961.71625		500	4.7	34.76	0.97099	484.89500
61° 15'	50	6.0	32.27	0.97499	922.65125		1000	3.9	34.87	0.96859	0
	100	2.2	33.00	0.97386	873.93000	287	0				971.48570
275	0				971.49522	44° 26'	10	17.8	30.10	0.97883	961.69740
44° 31'	10	17.3	30.61	0.97833	961.71192	57° 17'	50	4.0	32.30	0.97474	922.62600
63° 31'	50	4.3	32.20	0.97486	622.64812		0				971.51775
276	0				971.45560	44° 57'	10	17.2	30.35	0.97850	961.73275
44° 16'5	10	18.1	31.55	0.97782	961.67740	56° 48'	50	1.6	32.18	0.97465	922.66975
62° 52'5	50	5.4	33.77	0.97380	922.64500		100	2.0	32.72	0.97406	873.95200
	100	6.8	33.96	0.97360	873.96000		500	4.6	34.80	0.97094	484.95200
277	0				971.48955	290	0				971.37790
44° 04'5	10	18.5	31.55	0.97791	961.71045	44° 41'	10	17.1	31.69	0.97772	961.60070
62° 14'	50	3.7	32.65	0.97445	922.66325	56° 07'	50	5.1	33.80	0.97374	922.57150
	100	6.0	33.73	0.97368	873.96000		100	7.9	32.72	0.97468	873.86100
278	0				971.47850		250	4.5	34.79	0.47205	727.85625
43° 51'	10	17.8	31.71	0.97765	961.70200		500	6.5	34.83	0.97118	484.95250
61° 35'	50	9	32.25	0.97539	922.65400		1000	3.9	34.87	0.96863	0
279	0				971.49000	291	0				971.28665
43° 38'	10	17.7	31.31	0.97792	961.71080	44° 36'	10	18.8	33.13	0.97682	961.51845
60° 58'	50	7.5	32.01	0.97537	922.64500	55° 18'	50	9.1	33.69	0.97429	922.49625
280	0				971.43400		100	6.2	33.87	0.97360	873.79900
43° 25'	10	18.1	31.87	0.97759	961.65810		250	5.9	34.69	0.97229	727.85725
60° 17'	50	1.8	33.71	0.97349	922.63650		500	4.9	34.90	0.97104	484.94100
	100	4	33.62	0.97353	873.96650	292	0				971.2732
	250	7.1	33.49	0.97334	727.95125	45° 08'	10	17.2	31.74	0.97749	961.49830
	500	4.9	34.76	0.97103	484.91750	54° 58'	50	1.6	32.57	0.97435	922.46150
	1000	3.8	34.88	0.96864	0		100	-0.6	33.10	0.97365	873.76200
281	0				971.38060	293	0				971.29180
43° 47'	10	17.6	31.11	0.97801	961.60050	45° 05'	10	17.7	31.85	0.97752	961.51660
60° 00'	50	10.0	31.94	0.97580	922.56850	54° 58'	50	4.4	32.48	0.97466	922.47300
283	0				971.32511		100	1.1	33.03	0.97378	873.76200
43° 53'	10	17.4	31.65	0.97759	961.54925	294	0				971.25075
58° 56'	50	5.3	32.39	0.97481	922.50125	44° 32'5	10	17.4	31.96	0.97736	961.47715
	100	3.9	33.40	0.97360	873.79100	53° 25'0	50	3.5	32.81	0.97431	922.44375
	500	4.0	34.80	0.97088	484.89500		100	6.5	34.22	0.97338	873.75150
284	0				971.31160	295	0				971.22890
44° 02'	10	17.8	32.03	0.97739	961.53770	44° 00'	10	17.5	32.38	0.97707	961.45820
58° 42'	50	3	32.47	0.97452	922.49950	52° 23'	50	2.0	33.33	0.97379	922.44100
	100	2.6	33.03	0.97386	873.79000	296	0				971.19290
285	5				971.41300	43° 39'	10	18.1	32.52	0.97711	961.42180
44° 20'	10	17.2	30.35	0.97850	961.62800	51° 55'	50	3.2	33.15	0.97403	922.39900
58° 25'	50	6.5	32.47	0.97490	932.56000						

STATION.	P.	θ.	S.	V.	HAUTEUR.	STATION.	P.	θ.	S.	V.	HAUTEUR.
297	0				971.16830	310	0				971.22330
43° 57'	10	17.1	32.27	0.97707	961.39820	45° 55'	10	14.9	32.05	0.97675	961.45580
51° 06'	50	2.9	33.12	0.97404	922.37600	51° 28'	50	3.2	32.75	0.97434	922.43400
298	0				971.17350	311	0				971.25290
44° 09'	10	15.0	32.12	0.97673	961.40620	45° 55'	10	14.9	31.96	0.97682	961.47770
50° 56'	50	5.2	33.00	0.97433	922.38500	52° 42'	50	4.9	32.68	0.97452	922.45050
299	0				971.13900	312	0				971.27990
43° 30'	10	14.7	32.09	0.97667	961.37230	45° 55'	10	15.5	31.74	0.97710	961.50890
50° 58'	50	2.4	33.00	0.97407	922.35750	53° 43'	50	5.2	32.49	0.97472	922.47250
300	0				971.08440	313	0				971.26710
42° 47'	10	11.2	32.47	0.97577	961.32670	45° 55'	10	15.3	31.78	0.97705	961.49660
50° 58'	50	5.9	33.24	0.97404	922.33050	54° 13'	50	0.9	32.66	0.97423	922.47100
	100	2.5	33.86	0.97322	873.64900	100	-1.3	33.06	0.97361	0.97361	873.77500
	250	3.0	34.58	0.97205	727.75375						971.28200
	500	3.6	34.70	0.97090	484.88500	314	0				971.28800
	1000	3.4	34.83	0.96864	0	45° 53'	10	13.8	31.65	0.97683	961.51370
301	0				971.11990	55° 10'	50	1.8	32.54	0.97438	922.48950
43° 25'	10	11.9	32.45	0.97588	961.36110	100	-1.1	33.03	0.97364	0.97364	873.78900
49° 25'	50	-1.5	32.99	0.97387	922.36600						971.39570
	100	-1.0	33.53	0.97328	873.68735	315	0				961.52260
	250	1.1	34.09	0.97231	727.76810	45° 43'	10	14.2	31.09	0.97731	961.52260
302	0				971.43450	55° 56'	50	2.1	32.54	0.97442	922.48800
43° 50'	10	11.5	32.30	0.97594	961.38405	316	0				971.31230
49° 00'	50	2.3	33.04	0.97405	922.38425	45° 52'	10	14.6	31.09	0.97740	961.53830
	100	0.1	33.75	0.97316	873.04000	56° 53'	50	2.5	32.54	0.97444	922.50150
	250	3.8	34.14	0.97246	727.78250	100	-1.0	33.01	0.97367	0.97367	873.79875
	500	3.6	34.79	0.97086	484.86750	250	6.5	34.52	0.97250	0.97250	727.83600
	1000	3.4	34.79	0.96861	0						971.29955
303	0				971.14630	317	0				961.52855
44° 17'	10	13.8	32.12	0.97648	961.37950	46° 00'	10	14.9	31.58	0.97710	961.52855
50° 02'	50	1.7	33.15	0.97392	922.37150	58° 00'	50	6.0	32.54	0.97479	922.49075
304	0				971.12020	100	0.1	33.15	0.97363	0.97363	873.78225
44° 58'	10	14.1	32.20	0.97648	961.35540	250	5.3	34.69	0.97225	0.97225	727.84125
50° 03'	50	-0.7	33.10	0.97384	922.34900	500	4.0	34.84	0.97086	0.97086	424.95250
305	0				971.12870	319	0				971.40730
45° 30'	10	13.1	32.10	0.97627	961.36600	46° 43'	10	12.1	29.81	0.97788	961.62850
50° 00'	50	-1.0	33.17	0.97378	922.36500	60° 13'	50	3.6	30.90	0.97577	922.55550
306	0				971.13270	100	0.7	31.70	0.97473	0.97473	873.79300
44° 54'	10	11.3	32.27	0.97593	961.37340	320	0				971.42110
49° 10'	05	-1.4	33.24	0.97369	922.38100	47° 05'	10	12.9	30.07	0.97784	961.64270
	100	-1.5	33.24	0.97346	873.70225	60° 20'	50	9.0	31.08	0.97627	922.56050
	250	0.2	33.86	0.97241	727.76200	100	0.5	32.20	0.97435	0.97435	873.79500
308	0				971.18750	321	0				971.40050
45° 51'	10	13.8	32.14	0.97647	961.42280	47° 05'	10	9.5	29.52	0.97769	961.62360
50° 18'	50	-1.0	32.90	0.97397	922.41400	62° 41'	50	0.7	31.59	0.97499	922.57000
309	0				971.17370	323	0				971.38500
45° 56'	10	10.8	32.16	0.97591	961.41460	48° 00'	10	8.4	29.81	0.97730	961.61200
50° 27'	50	-0.8	33.12	0.97382	922.42000	63° 30'	50	-0.5	32.30	0.97445	922.57700

STATION.	P.	θ.	S.	V.	HAUTEUR.	STATION.	P.	θ.	S.	V.	HAUTEUR.
324	0				971.37050	337	0				971.29900
48° 23'	10	4.5	31.09	0.97590	961.61605	47° 02'	10	10.9	31.17	0.97687	961.53580
63° 30'	50	4.7	31.03	0.97594	922.57925	57° 37'	50	2.1	32.29	0.97462	922.51000
	100	4.5	32.50	0.97443	873.82000		100	0.0	32.81	0.97384	873.79500
325	0				971.43410	338	0				971.29280
48° 44'	10	3.3	28.80	0.97763	961.65780	49° 45'	10	10.6	31.24	0.97657	961.52710
64. 12'	50	6.2	22.77	0.97691	922.56700	56° 38'	50	2.1	32.30	0.97461	922.50350
326	0				971.31305		100	-1.2	33.01	0.97365	873.79700
49° 02	10	4.1	31.29	0.97562	961.55685	339	0				971.28670
63° 31'	50	1.8	31.78	0.97496	922.54525	46° 48'	10	9.6	31.33	0.97635	961.52320
	100	0.2	32.75	0.97393	873.82300	56° 14'	50	2.2	32.37	0.97456	922.50500
	250	3.3	34.03	0.97251	727.84000	341	0				971.29070
327	0				971.30650	46° 30'	10	10.5	31.42	0.97643	961.52640
48° 57'	10	4.8	31.29	0.97568	961.54970	55° 19'	50	2.2	32.45	0.97449	922.50800
61° 39'	50	2.7	31.92	0.97593	922.53750		100	-0.8	32.81	0.97383	873.80000
	100	-0.7	32.59	0.97401	873.81400	342	0				971.26365
328	0				971.29690	46° 52'	10	9.8	31.47	0.97626	961.50105
49° 25'	10	4.7	31.27	0.97578	961.53910	54° 46'	50	1.3	32.63	0.97428	922.49025
61° 10	50	-1.2	31.96	0.97465	922.53050		100	-1.2	33.01	0.97365	873.79900
	100	-0.7	32.66	0.97395	873.81550	343	0				971.24480
	250	3.6	34.20	0.97239	727.84000	46° 32'	10	8.7	31.60	0.97602	961.49460
329	0				971.31030	54° 14'	50	3.2	32.27	0.97471	922.47000
49° 47'	10	4.9	31.38	0.97569	961.55340	344	0				971.21060
60° 03	50	-0.2	32.25	0.97448	922.55000	46° 31'	10	8.3	31.73	0.97585	961.45210
330	0				971.36185	52° 45'	50	1.6	32.65	0.97428	922.44950
50° 17.5	10	6.0	31.26	0.97592	961.60265		100	-1.6	33.24	0.97346	873.75600
59° 23.5	50	5.6	31.33	0.97565	922.57125	345	0				971.25850
	100	1.4	32.09	0.97448	873.81800	47° 02'	10	7.7	31.47	0.97597	961.49880
					971.30085	52° 35'	50	5.3	32.25	0.97492	922.48100
331	0				961.53985		100	-1.6	32.75	0.97384	873.76200
50° 08.5	10	6.6	31.11	0.97610	922.52625	346	0				971.30165
58° 46.5	50	-1.1	32.09	0.97458	873.81500	47° 34'	10	9.2	31.15	0.97642	961.53745
	100	0.0	32.81	0.97387	971.30860	52° 36'	100	0.3	32.68	0.97399	873.76900
332	0				961.54610	347	0				971.22245
50° 00'	10	6.9	30.95	0.97625	922.52750	47° 00'	10	12.1	31.94	0.97630	961.45745
58° 10'	50	-1.3	31.94	0.97468	873.81300	52° 02'	50	-0.8	32.66	0.97416	922.44825
	100	-0.5	32.72	0.97390	971.30680		100	-1.3	33.15	0.97353	873.75600
333	0				961.54260	348	0				971.21120
49° 20'	10	8.5	31.00	0.97642	922.52000	46° 59'	10	11.8	32.07	0.97612	961.45000
58° 48.5	50	-0.6	31.96	0.97471	873.80800	51° 16'	50	4.5	32.59	0.97458	922.43600
	100	1.0	33.00	0.97377	971.27990	349	0				971.20660
335	0				961.51980	46° 58'	10	11.1	31.96	0.97612	961.44540
48° 27.5	10	6.9	31.29	0.97601	922.51400	50° 25'	50	8.0	32.55	0.97500	922.42300
59° 35'	50	0.5	32.57	0.97428	971.28285	350	0				971.17100
336	0				961.52165	46° 57'	10	10.4	31.92	0.97604	961.44660
47° 47'	10	7.8	31.27	0.97612	922.50925	49° 35'	50	0.0	32.62	0.97424	922.41100
59° 30'	50	2.4	32.45	0.97450	873.79900						
	100	0.5	32.77	0.97391							

STATION.	P.	θ .	S.	V.	HAUTEUR.	STATION.	P.	θ .	S.	V.	HAUTEUR.
351	0				971.10835						
46° 54'	10	9.3	32.01	0.97579	961.35045	356	0				971.15645
48° 30'	50	-0.5	32.99	0.97392	922.39825	46° 55'	00	15.1	33.33	0.97585	961.39795
	100	-1.2	33.33	0.97340	873.71500	43° 34'	50	8.5	33.53	0.97436	922.39375
352	0				971.13035		100	4.0	34.09	0.97318	873.70525
46° 50'	10	7.1	32.27	0.97529	961.37745		250	3.8	34.35	0.97229	727.79000
47° 45'	50	-1.3	32.75	0.97407	922.39025		500	3.8	34.79	0.97087	484.90000
	100	-1.3	33.35	0.97338	873.70400	357	0				971.20185
353	0				971.07295	46° 37'	10	13.4	33.12	0.97567	961.44515
46° 58'	10	10.9	33.15	0.97519	961.32105	43° 05'	50	9.6	33.28	0.97470	922.43775
46° 44'	50	1.7	33.82	0.97340	922.34925		100	4.4	34.13	0.97320	873.74025
	100	3.4	34.49	0.97283	873.69350		250	3.4	34.37	0.97227	727.83000
354	0				971.20475		500	3.4	34.78	0.97085	484.94000
46° 56'	10	11.9	33.00	0.97548	961.44995	358	0				971.43400
45° 37'	50	11.7	32.95	0.97533	922.43375	46° 28'	10	20.3	35.39	0.97555	961.67919
	100	1.4	33.78	0.97320	873.72050	42° 27'	50	18.9	35.41	0.97503	922.66750
	200	4.5	34.52	0.97247	776.43700		100	16.4	36.06	0.97378	873.94725
355	0				971.12992		250	12.2	35.44	0.97275	727.95750
46° 55'	10	11.6	32.90	0.97550	961.37492		500	6.8	35.01	0.97115	484.97000
44° 35'	50	4.7	33.39	0.97399	922.39212						
	100	2.4	33.93	0.97318	873.71287						

et 62°, un tourbillon de forme cyclonique, qui nous montre d'une façon remarquable comment s'effectue la pénétration des eaux chaudes au sein des masses froides. Un peu plus loin, entre 58° et 60°, se révèle ce qu'en météorologie on appellerait un *cyclone occlus*. Une poche d'eau polaire complètement cernée tourne d'un mouvement sinistroyre autour d'une dépression de 340 m/m qui va rapidement se combler.

Une autre pointe s'amorce par 44° 15' et 57°.

Toute cette succession de mouvements d'attaque du *front Nord* constitué par les eaux d'origine polaire, par les masses d'eau atlantique venant du Sud se présente absolument comme un conflit météorologique entre un anticyclone et un train de dépressions. La seule différence réside dans la rapidité beaucoup moins grande des transformations. Mais cette dernière peut être assez forte cependant pour qu'il soit nécessaire, si l'on veut avoir une image admissible de la situation, d'effectuer les prises d'eau dans le plus court laps de temps possible. On ne saisira réellement dans ses détails le phénomène du conflit des eaux de nature différente qu'à la condition d'exécuter des observations presque simultanées, ou, en tout cas, distantes d'au plus quarante-huit heures, car cette durée suffit parfois pour tout modifier.

C'est ce qui rend tellement illusoire l'utilisation d'une saison sur l'autre et, *a fortiori*, d'une année sur l'autre d'observations hydrologiques qui ne peuvent refléter que des situations essentiellement variables. Si proches même les unes des autres que soient nos prises d'eau, elles ne peuvent nous donner qu'une idée approximative des grandes lignes de la situation. Elles sont cependant intéressantes, car elles démontrent l'instabilité de cette situation même et, jusqu'à un certain point, comme les cartes météorologiques, dans quel sens elle est susceptible d'évoluer.

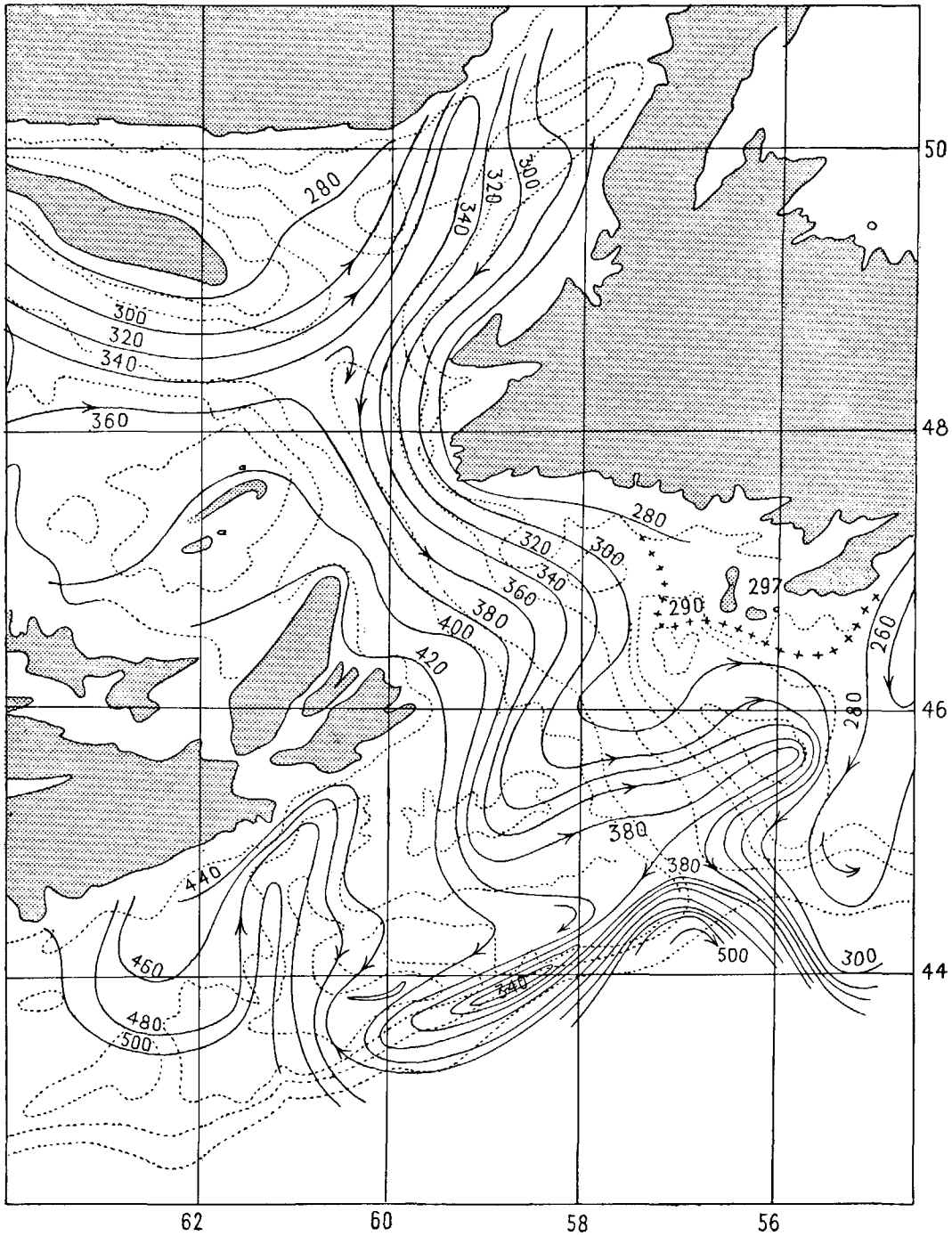


Fig. 14. Situation à la surface.

C'est ainsi que le grand mouvement tourbillonnaire qui se dessine dans le Golfe du Saint-Laurent finira certainement, au cours du mois suivant, par une rotation dextrogyre centrée sur 49° de latitude et 60° de longitude.

Le grand crochet des courbes au-dessus du banc de Saint-Pierre a sa répercussion sur la

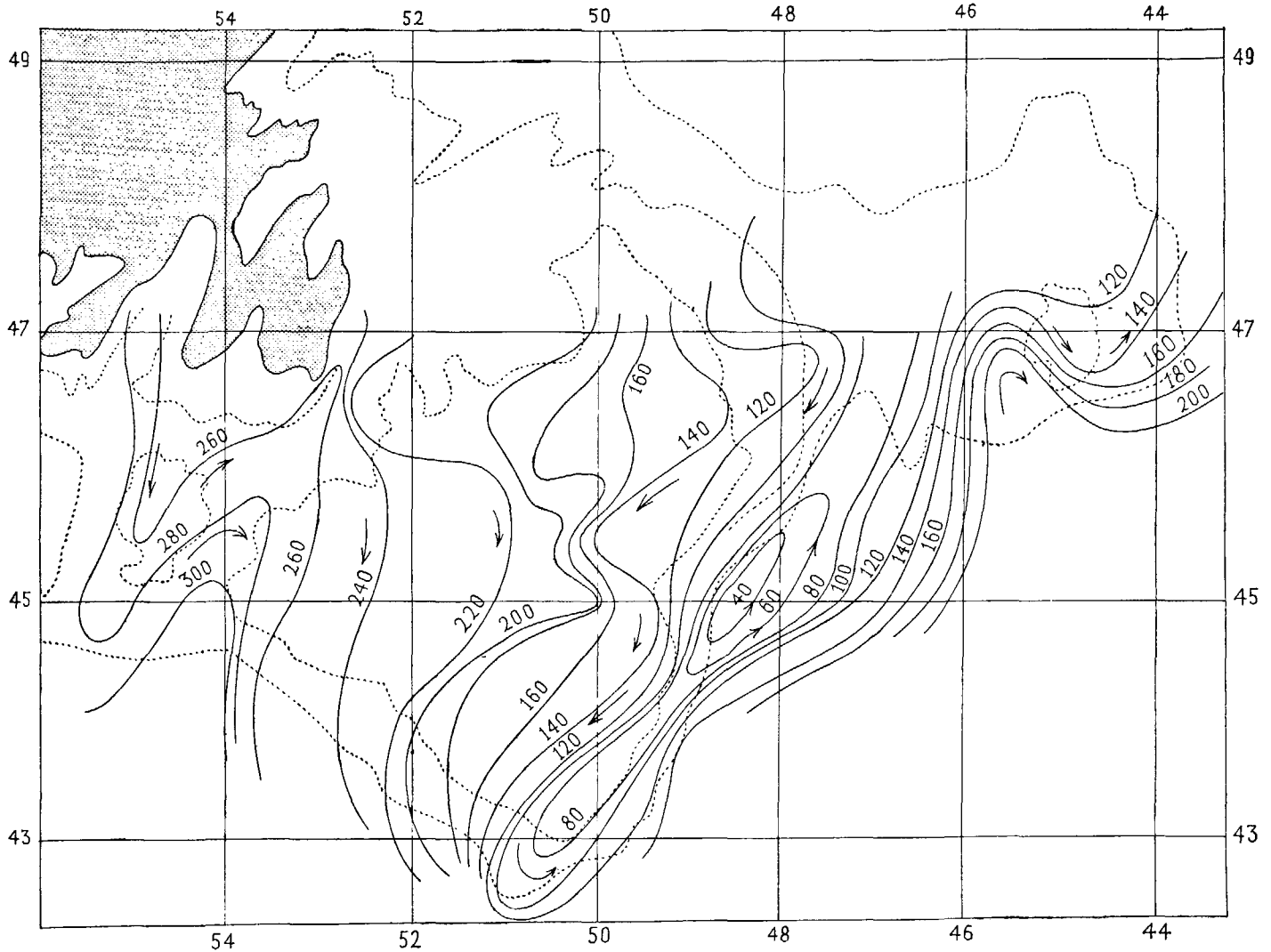


Fig. 15. Situation à la surface.

pêche. Jusqu'aux fonds de 50 à 75 mètres, l'eau polaire descendant du détroit de Belle-Isle, plus ou moins réchauffée par le rayonnement solaire et la conductibilité, nourrira les micro-organismes nécessaires à l'alimentation morutière; la situation sera favorable, comme elle l'est d'ailleurs dans la poche d'eau polaire qui coule dans le Sud et l'Est du Banquereau par 44° et 59° .

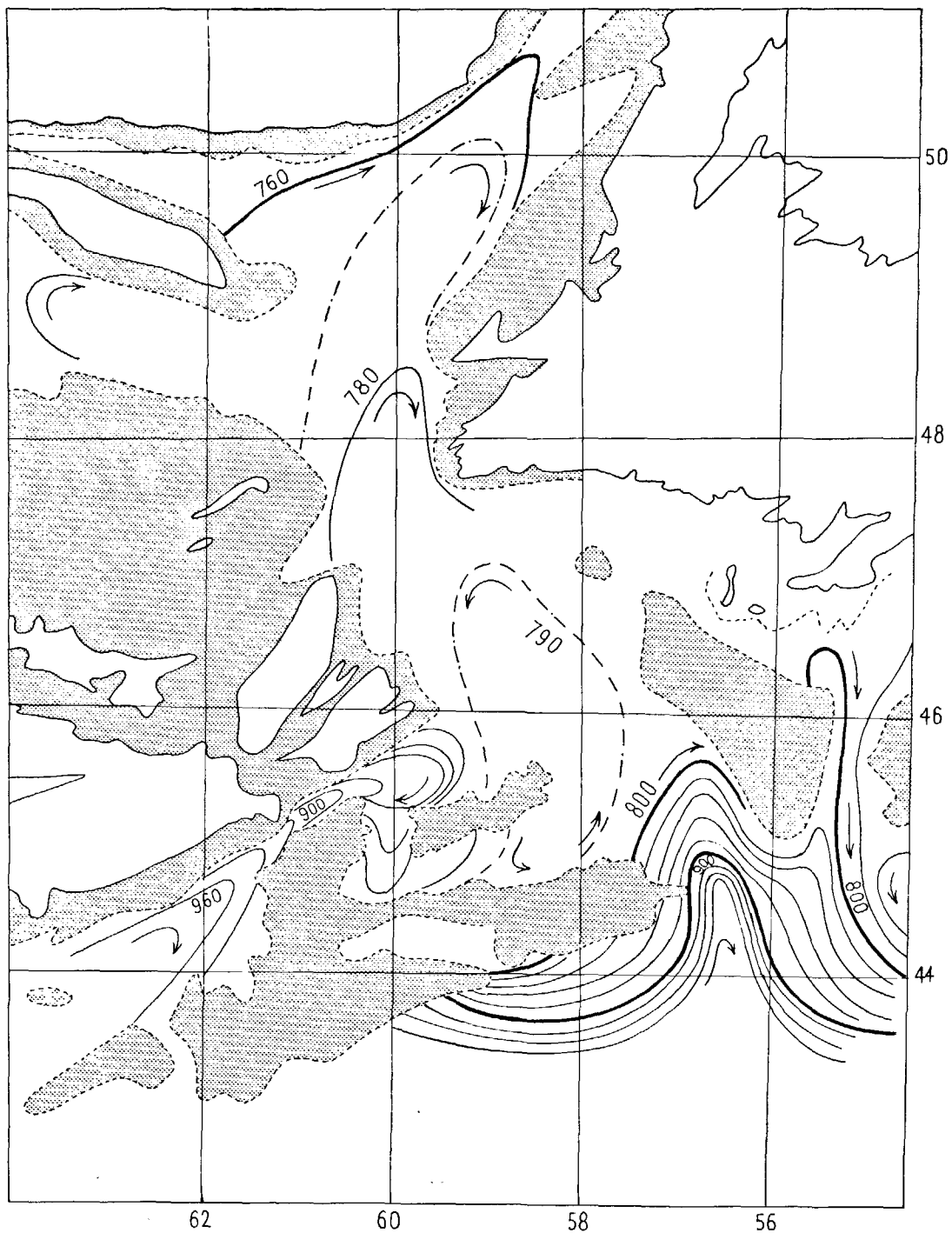


Fig. 16. Situation à 120 mètres.

Prenons maintenant la figure 15. Deux flèches dues à la transgression chaude s'insinuent d'une part dans le Chenal d'Avallon, d'autre part vers le Bonnet Flamand. Entre les deux les molécules d'eau sont animées d'un mouvement de rotation sinistroyre qui va du 44° au 48° degrés de latitude autour d'une dépression de 40 millimètres centrée au-dessus de la limite des fonds de 1.000 mètres par 45° de latitude et 48°30 de longitude.

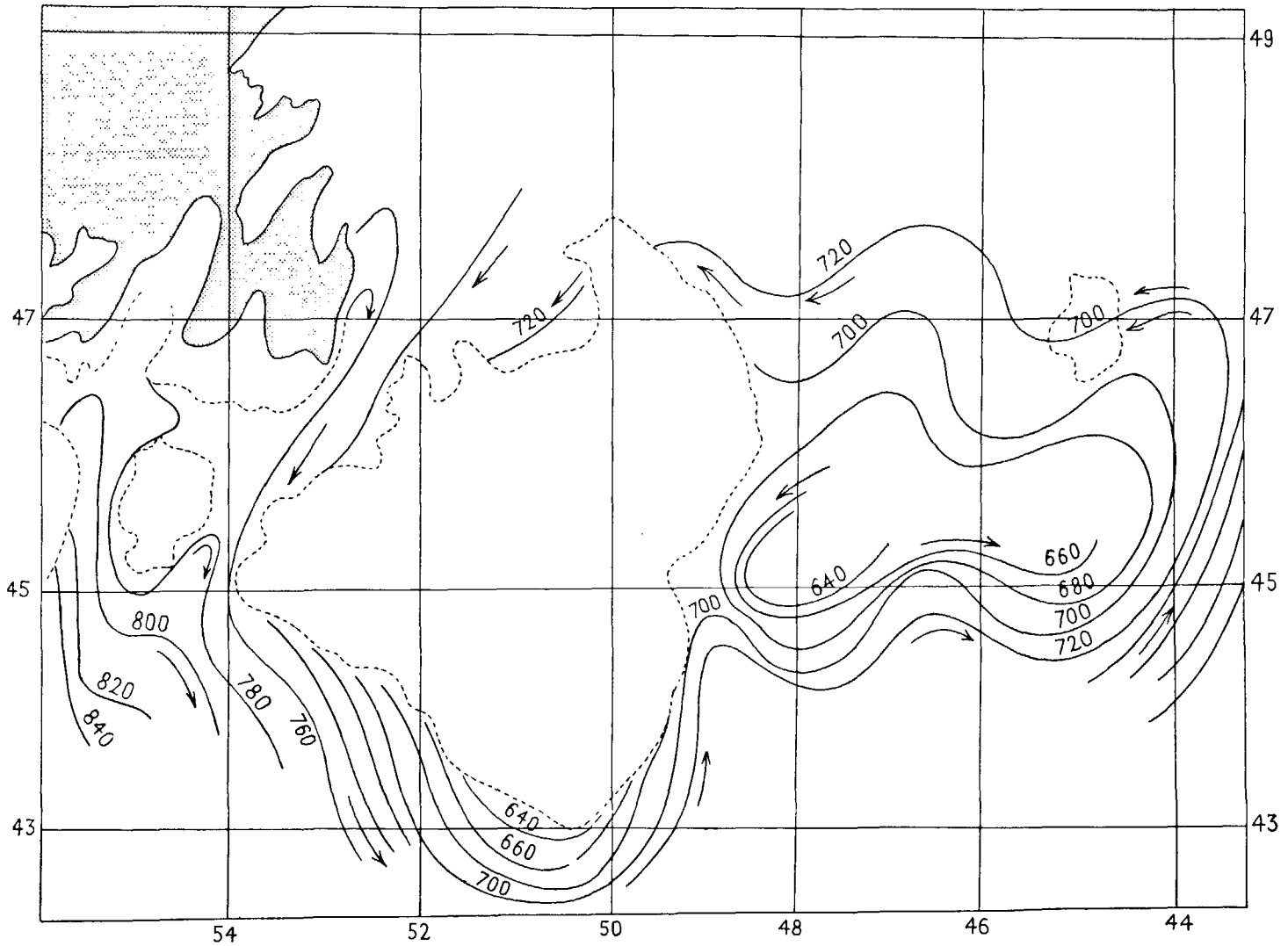


Fig. 17. Situation hydrodynamique à 100 mètres.

Si nous prenons maintenant les cartes 16 et 17 qui traduisent la situation à 100 mètres de profondeur, nous apercevons une poussée chaude dans la fosse d'Halifax. Dans le chenal du Saint-Laurent nous voyons se manifester un mouvement tourbillonnaire important à l'entrée, tandis que la stagnation des eaux est à peu près complète à partir de 45° de latitude. Il existe une très faible dépression par 46° et 58°30 autour de laquelle les eaux sont animées

d'un lent mouvement giratoire dans *le sens inverse des aiguilles d'une montre*⁽¹⁾. Nous sommes même contraints de figurer la courbe de 790 m/m pour donner l'idée de ce qui se passe dans cette région. Il a pu y avoir là antérieurement un mouvement intéressant, mais il est éteint. Plus avant dans le golfe on retrouve le mouvement tourbillonnaire de surface, mais très amoindri. La densité des isodynamiques est très faible. Carte 17 nous découvrons une infiltration d'eau chaude à l'entrée du chenal d'Avalon, mais le mouvement doit en être à sa période finale. On remarque en effet une descente d'eau dans la partie droite du chenal. Or, on sait que par suite de la rotation de la terre les eaux en mouvement prennent toujours leur droite dans l'hémisphère Nord. C'est donc que la poussée d'eau polaire s'impose d'une façon prépondérante dans tout le chenal, et si nous remarquons une tendance de certaines isodynamiques à avoir une pointe vers le Nord, ce mouvement est en voie d'extinction.

Cyclone oclus centré par 45°30 de latitude et 47° de longitude. Rotation sinistrogyre (eau polaire en friction avec une eau venue du Sud). C'est ce tourbillon qui retient dans les lieux la population morutière que l'on y trouve.

XVII. — TRAVERSÉE DU BONNET-FLAMAND AUX AÇORES.

Nous avons traité dans le tableau IV les stations 357 à 376 de la traversée du Bonnet Flamand aux Açores. Ceci nous permet d'établir les profils des surfaces isobariques de 10 à 500 décibars (fig. 18 et 19). Nous avons pris comme plan de base la surface de 1.000 décibars supposée sensiblement horizontale. En réalité ceci n'est pas rigoureusement exact. Voici les hauteurs des tranches de 1.000 à 2.000 décibars obtenues à certaines stations :

Station 360.....	966.63
Station 365.....	966.55
Station 368.....	966.60
Station 373.....	966.77

La différence extrême atteint donc 22 centimètres et cela suffit à prouver qu'il y a encore un léger mouvement à 2.000 mètres et, *a fortiori*, à 1.000. Toutefois, l'hypothèse de l'horizontalité de la surface de 1.000 décibars n'influe pas sensiblement sur les hauteurs relatives des surfaces de 500 décibars et moins et ne modifie en rien l'exposé qui suit.

De la station 356 à la station 365 le courant est tourbillonnaire comme le laisse supposer la carte 17 et la carte 15. On y découvre en effet un vaste mouvement giratoire tant à la surface qu'à 100 mètres entre les latitudes 43° à 47° et les longitudes 48° à 42°. Ce mouvement est entretenu par la friction des eaux de nature différente, polaire et atlantique. L'accrochage des eaux atlantiques se fait au-dessus de l'emplacement hypothétique du Banc Milne que nous avons ne pas avoir retrouvé. Il n'y a actuellement pas de fonds inférieurs à 3.500 mètres dans cette région.

De 360 à 365 la poussée des eaux s'effectue de l'Est vers l'Ouest (carte fig. 20).

(1) Par conséquent, il s'agit d'eau venue du Nord et coupée de sa base par une invasion d'eau de pente (salinité 33)

TABLEAU IV.

VOLUMES SPÉCIFIQUES ET HAUTEURS DYNAMIQUES,
 BONNET-FLAMAND AUX AÇORES.
 SEPTEMBRE 1935.

STATION.	LAT.	LONG.	P.	θ .	S.	V.	$\frac{105}{(V-V^*)}$.	HAUTEUR.
359	46° 06'	41° 50'	0					971.51050
			10	19.5	35.18	0.97551	291	961.75540
			50	19.1	35.44	0.97506	264	922.74400
			100	16.4	36.02	0.97382	163	874.02200
			250	12.9	35.61	0.97274	122	728.03000
			500	9.3	35.05	0.97142	102	485.01000
			1000	4.7	35.05	0.96862	43	0
360	45° 35'	40° 31'	0					971.69100
			10	17.3	35.30	0.97489	229	961.66375
			50	17.3	35.55	0.97454	212	922.95350
			100	17.3	36.18	0.97387	168	874.24325
			250	16.3	36.09	0.97309	157	728.22125
			500	12.9	35.59	0.97170	130	485.12250
			1000	5.1	34.83	0.96879	60	966.63000
2000	3.7	34.79	0.96447	61	0			
362	45° 08'	39° 05'	0					971.65280
			10	17.8	35.68	0.97474	214	961.90540
			50	17.5	35.70	0.97450	208	922.92060
			100	17.3	35.73	0.97422	203	874.20260
250	14.6	35.82	0.97292	140	728.16710			
363	44° 47'	39° 27.5'	0					971.55910
			10	17.8	35.81	0.97464	204	961.81270
			50	17.1	36.00	0.97417	175	922.83650
			100	16.7	36.18	0.97376	157	874.13825
			250	14.0	35.71	0.97289	137	728.13950

STATION.	LAT.	LONG.	P.	θ .	S.	V.	$\frac{105}{(V.V_1)}$.	HAUTEUR.
364	44° 06'	38° 41'	0					971.50835
			10	18.5	35.40	0.97511	251	961.75725
			50	17.6	35.57	0.97459	217	922.76325
			100	16.7	36.09	0.97380	167	874.05350
			250	13.9	35.90	0.97281	129	728.05775
			500	9.6	35.08	0.97146	106	485.02400
365	43° 25'	37° 45'	0					971.46070
			10	19.6	35.40	0.97537	277	961.70700
			50	19.6	35.53	0.97508	266	922.69800
			100	16.2	36.06	0.97373	154	873.97775
			250	13.6	35.62	0.97289	137	727.98125
			500	8.6	35.26	0.97116	76	484.97500
			1000	5.5	34.94	0.96874	55	966.55000
2000	3.5	34.92	0.96436	50	0			
367	43° 08'	37° 00'	0					971.50432
			10	20.9	35.90	0.97534	274	961.75092
			50	20.9	36.00	0.97510	268	922.74212
			100	17.5	36.22	0.97392	173	874.01622
			250	14.8	35.90	0.97291	139	728.00437
368	42° 28'	35° 20'	0					971.50350
			10	19.8	35.75	0.97518	258	961.75170
			50	19.9	35.95	0.97488	246	922.75050
			100	17.3	36.31	0.97379	160	874.03375
			250	15.6	36.08	0.97296	144	728.02750
			500	14.1	35.26	0.97126	86	485.00000
			1000	9.0	34.96	0.96874	55	966.60000
2000	3.8	34.83	0.96446	60	0			
369	42° 00'	34° 10'	0					971.56327
			10	18.3	35.50	0.97499	239	961.81337
			50	18.1	35.53	0.97476	234	922.81837
			100	16.2	35.81	0.97390	171	874.10187
			250	13.7	35.62	0.97290	138	728.09187
			500	10.4	35.25	0.97147	107	485.04562
370	41° 28'	32° 58'	0					971.69054
			10	20.3	36.00	0.97513	253	961.93924
			50	20.8	36.09	0.97487	245	922.93924
			100	17.9	36.18	0.97403	184	874.21674
			250	15.7	35.99	0.97306	154	728.18499
			500	12.9	35.62	0.97169	129	485.09124

STATION.	LAT.	LONG.	P.	θ .	S.	V.	$\frac{105}{(V-V_1)}$.	HAUTEUR.
371	40° 55'	31° 50'	0					971.74814
			10	19.9	36.18	0.97489	229	961.89924
			50	19.4	36.24	0.97455	213	922.91044
			100	17.9	36.22	0.97401	182	874.19644
			250	14.9	35.99	0.97288	136	728.17969
373	40° 18'	30° 40'	0					971.67285
			10	19.4	36.05	0.97487	227	961.92415
			50	19.4	36.09	0.97465	223	922.93375
			100	16.5	36.11	0.97376	157	874.22350
			250	14.8	36.11	0.67277	125	728.23375
			500	12.8	35.68	0.97164	124	485.18250
			2000	8.9	35.28	0.96909	90	966.77500
			2000	4.2	34.92	0.96446	60	0
374	40° 00'	29° 50'	0					971.70243
			10	18.5	36.00	0.97468	208	961.95563
			50	19.1	36.04	0.97463	221	922.96945
			100	16.7	36.15	0.97378	159	874.25920
			250	14.4	35.90	0.97283	131	728.26345
375	39° 40'	29° 02'	0					971.72979
			10	19.9	36.20	0.97488	228	961.98099
			50	19.3	36.22	0.97455	213	922.99239
			100	16.2	36.13	0.97368	149	874.28664
			250	15.1	35.99	0.97290	138	728.29314
500	12.3	35.57	0.97162	122	485.22814			
376	38° 32'	28° 51'	0					971.78498
			10	19.1	36.09	0.97477	217	962.03728
			50	19.4	36.11	0.97463	221	923.04928
			100	16.5	36.02	0.97382	163	874.33803
			250	14.6	35.84	0.97292	140	728.33253
500	12.0	35.57	0.97155	115	485.27378			
377	38° 52'	28° 15'	0					971.73120
			10	19.9	36.12	0.97493	233	961.98190
			50	19.8	36.15	0.97474	232	922.98850
			100	15.8	36.04	0.97367	148	874.27225
			250	13.9	35.86	0.97276	124	728.29600
500	12.4	35.62	0.97160	120	485.25100			

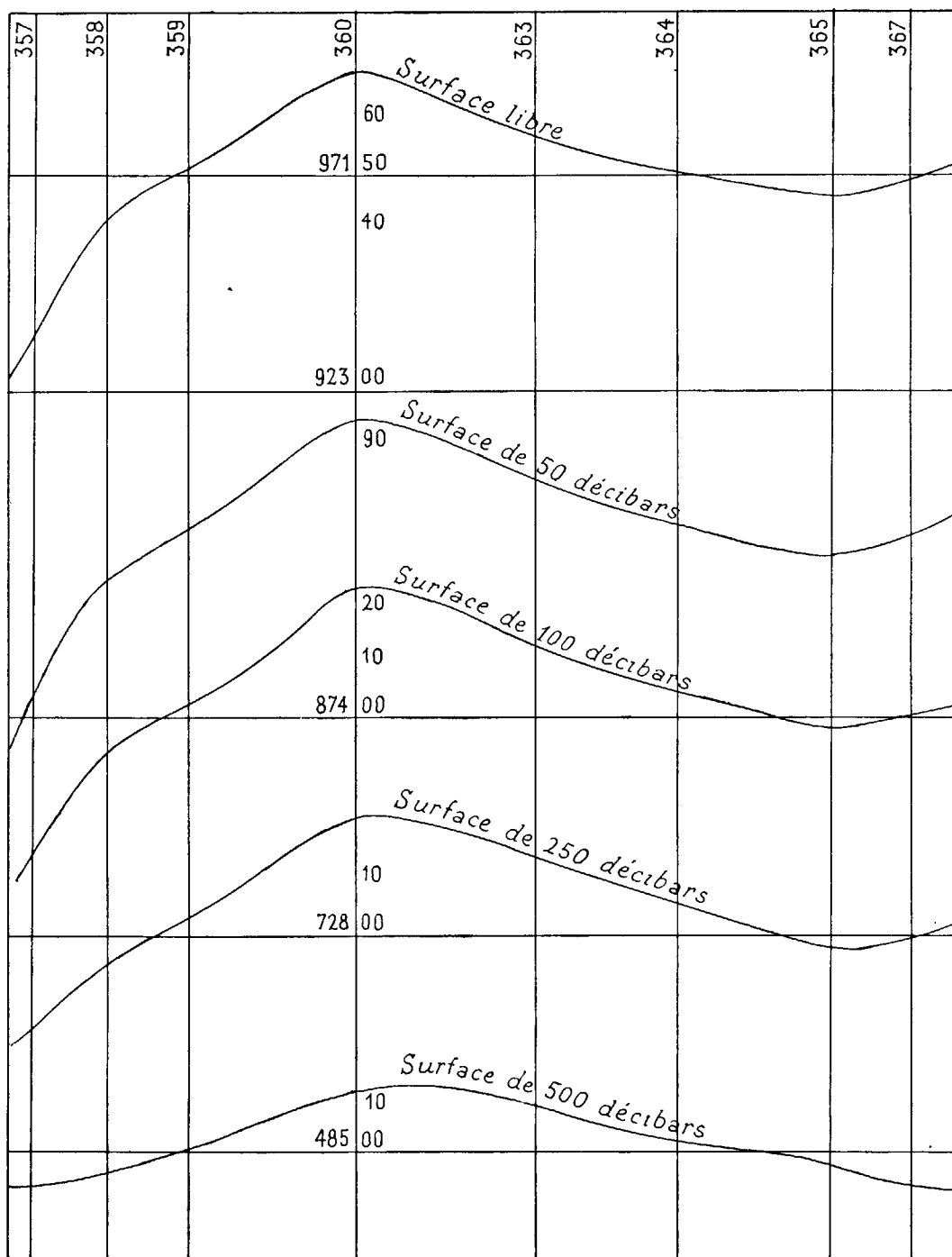


Fig. 18. Section du Bonnet Flamand aux Açores.

Nous pouvons remarquer que le mouvement en question s'étend de 43° à 45° de latitude entre les longitudes 38° et 40°. Il faudra redescendre au-dessous de 43° pour trouver un

DÉCIBARS

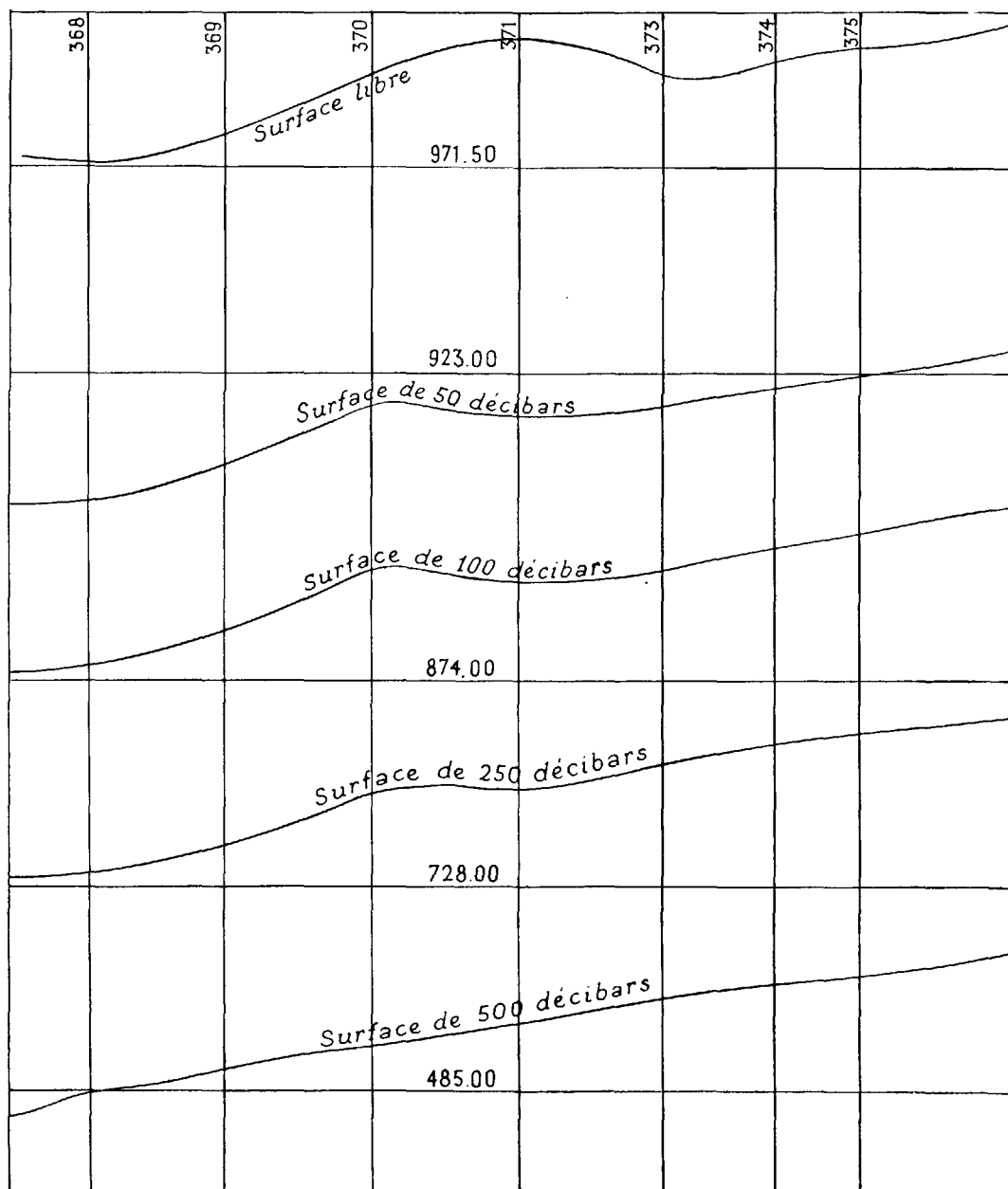


Fig. 19. Section du Bonnet Flamand aux Açores.

courant portant vers l'Est comme au Nord de 45°. Cette fois, c'est jusqu'aux Açores que se fera cette progression qui est à peu près constante en surface de la station 365 aux Açores,

ce qui ne conviendrait qu'aux régions 360-365 ou 371-373, où précisément le mouvement s'effectue en sens inverse.

Nous pouvons évaluer la vitesse de la composante normale de ce mouvement d'eau, comme nous l'avons déjà fait plus haut.

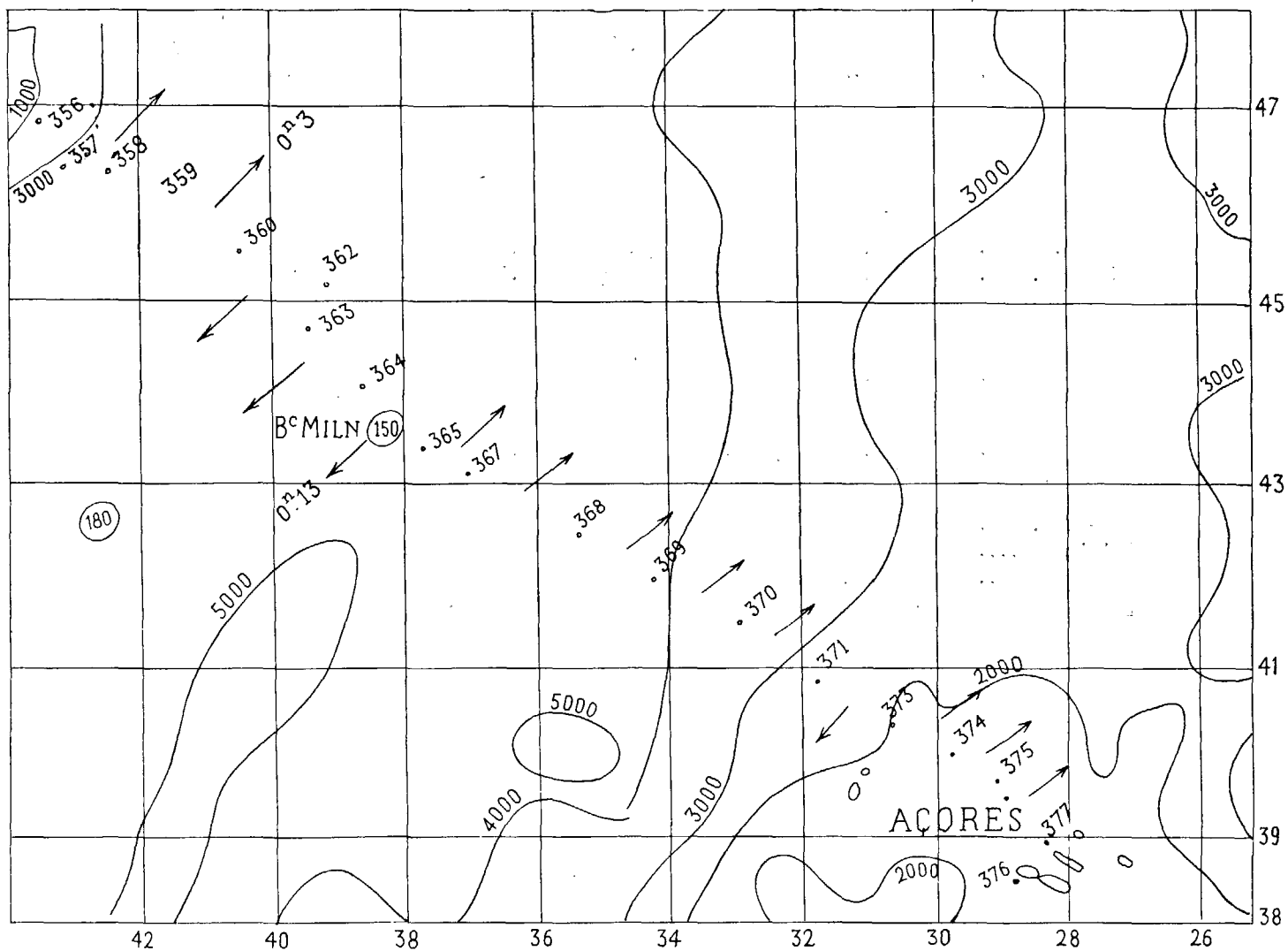


Fig. 20. Section du Bonnet Flamand aux Açores.

à l'exception d'un mouvement inverse manifesté entre les stations 371 et 373. Ce dernier existe également de 50 à 250 décibars entre stations 370-371 et cesse à 500 décibars (voir fig. 19). En dehors de ces mouvements vers le Sud-Ouest, on peut remarquer que c'est toute la masse des eaux atlantiques qui se meut. Le mot courant ne peut s'appliquer à une pareille progression, car il évoque l'idée d'une étendue d'eau limitée par deux rives assez rapprochées,

Ce calcul montre qu'il s'agit de déplacements assez faibles à l'époque et susceptibles de varier de 4 à 8 milles par jour.

	1000.	500.	250.	100.	50.	0.	DIS- TANCE.	T. IV.	PRO- DUIT.
D 360.....	0	485.12250	728.22125	874.24325	922.95350	971.69100	115 klm.	10.5	1207
D 359.....	0	485.01000	728.03000	874.02200	922.74400	971.51050			
D ₁ -D.....	0	0.11250	0.19125	0.22125	0.20950	0.18050			
C ₀ -C ₁ c.m. sec..		9.3	15.8	18.3	17.3	14.9			
C ₁ en nœuds....		0.18	0.3	0.36	0.34	0.3			
D 360.....	0	485.12250	728.22125	874.24325	922.95350	971.69100	333 klm.	10.2	3390
D 365.....	0	484.97500	727.98125	873.97775	922.69800	971.46070			
D ₁ -D ₂	0	0.14750	0.24000	0.26550	0.25550	0.23030			
C ₀ -C ₁		4.3	7.1	7.8	7.5	6.7			
C ₁ nœuds.....		0.08	0.14	0.15	0.15	0.13			
D 368.....	0	485.00000	728.02750	874.03375	922.75050	971.50350	222 klm.	9.95	2209
D 365.....	0	484.97500	727.98125	873.97775	922.69800	971.46070			
D ₁ -D ₂	0	0.02500	0.04625	0.05600	0.05250	0.04280			
C ₀ -C ₁		1.0	2.1	2.5	2.3	1.9			
C ₁ nœuds.....		0.02	0.04	0.05	0.04	0.04			