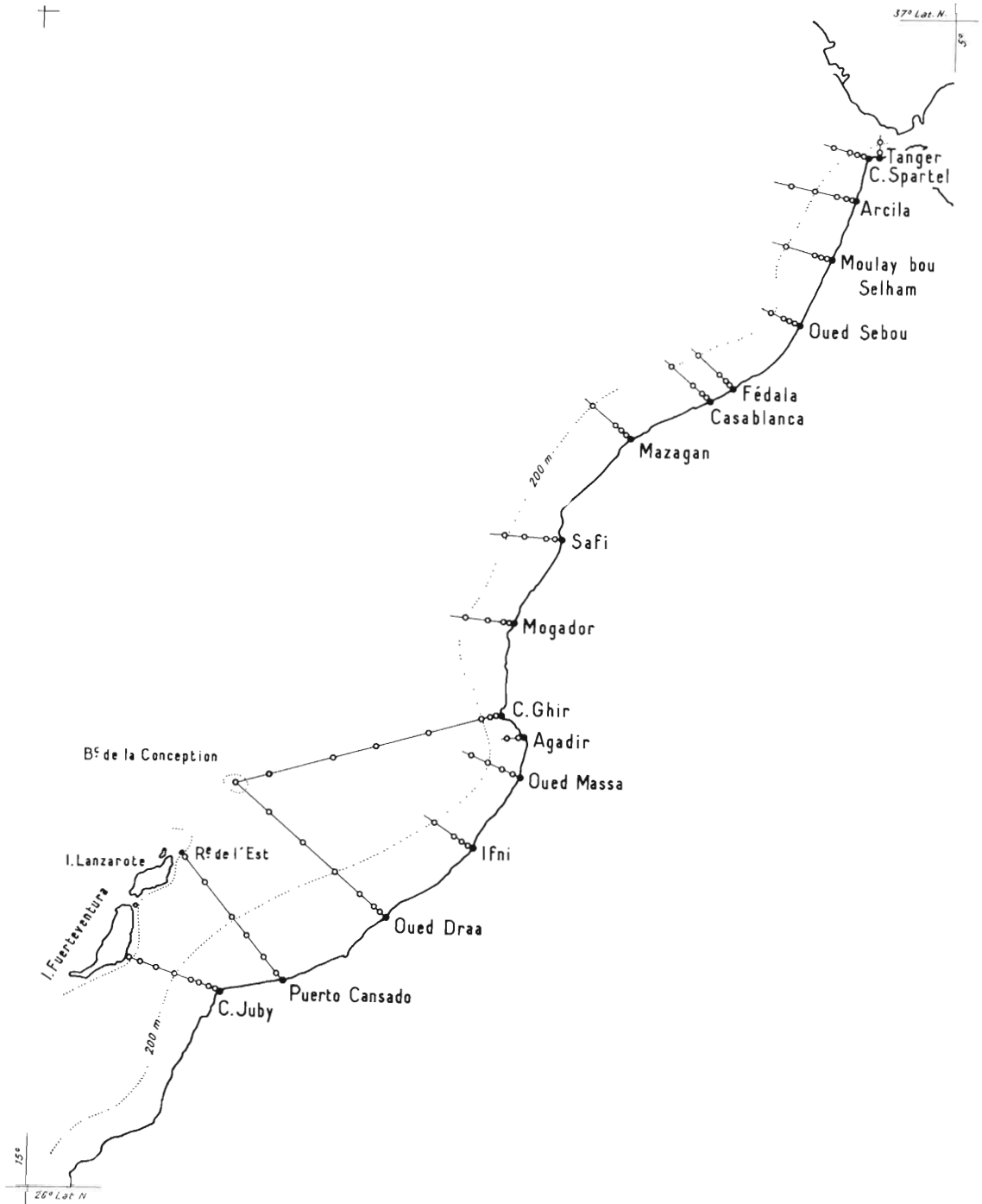


HYDROLOGIE DU MAROC ATLANTIQUE

par Jean FURNESTIN

SOMMAIRE

	PAGES
PRÉLIMINAIRES	7
CHAPITRE I	
L'HYDROLOGIE DU MAROC ATLANTIQUE DE 1949 A 1953	
Année 1949	9
Année 1950	18
Année 1951	21
Année 1952	33
Année 1953	42
Remarques sur les variations annuelles de la température et de la salinité	53
CHAPITRE II	
LE REGIME DES PRINCIPAUX SECTEURS MAROCAINS D'APRES LES COUPES HYDROLOGIQUES DE L'ANNEE 1953	
I. Détroit de Tanger et ses abords	54
II. Le secteur nord	60
III. Le secteur central (lignes de Safi et de Mogador)	65
IV. Le secteur sud (du cap Ghir - Banc Conception au cap Juby - Fuerteventura)	65
RESUME ET CONCLUSIONS	75
TABLE DES FIGURES	76



Carte générale des stations hydrologiques.

PRELIMINAIRES

Les auteurs reconnaissent aux eaux du plateau continental, qu'ils dénomment parfois eaux continentales et qu'il est préférable d'appeler eaux côtières, des caractères particuliers. Moins salées que les eaux du large, elles sont souvent plus chaudes en été et plus froides en hiver, tout au moins dans les secteurs tempérés de l'océan. Du fait de leur faible profondeur et de la proximité des côtes, elles sont le siège de courants et de brassages sur lesquels la marée, la houle, les crues des fleuves et divers facteurs atmosphériques exercent une forte influence, en faisant une zone de mélange où l'hydrologie classique, masquée par des variations locales et saisonnières, ne se manifeste pas avec la même netteté qu'en haute mer. C'est peut-être une des raisons pour lesquelles les océanographes les délaissent quelque peu, réservant leur attention au plein océan et aux grandes profondeurs où se développent des phénomènes plus amples et plus nets, objets de définitions plus générales.

Cependant, la gaine que ces eaux côtières forme le long du continent est d'un intérêt considérable. Avec des caractères de transition, de mélange, elle constitue un milieu écologique original, le plus richement peuplé, avec une faune et une flore qui lui sont propres et qui déterminent l'une des plus importantes activités humaines : la pêche. Il y a donc là une raison supplémentaire de procéder à leur étude.

Ayant à faire des recherches sur les espèces ichthyologiques du Maroc atlantique et les possibilités qu'offrait leur pêche, j'ai été conduit à étudier d'abord les eaux côtières qui constituent l'habitat de la plupart d'entre elles, à en définir les caractéristiques physico-chimiques, température et salinité, ainsi que leurs variations au cours des saisons et des années.

Ce secteur marocain de l'Atlantique en dehors de certaines notions sur la présence d'eaux froides dans les parages de Mogador, était mal connu.

Géographiquement intermédiaire entre la zone tempérée européenne et la zone tropicale africaine, et largement ouvert aux influences du large, il est également au seuil du bassin quasi-fermé de la Méditerranée. Son hydrologie est donc intéressante à définir et il était bon de la suivre pendant plusieurs années. C'est pourquoi, limitant les observations au plateau continental entre Tanger et Agadir, puis les étendant à la zone comprise entre la côte méridionale du Maroc et les îles et hauts-fonds (banc de la Conception) les plus occidentaux de l'archipel canarien, je les ai poursuivies pendant sept années consécutives, de 1947 à 1953, abordant, suivant les moyens du moment, en premier lieu l'examen des températures, ensuite celui des salinités.

A cette fin, des prélèvements réguliers ont été faits à chaque saison (février, mai, août et novembre) le long de 17 lignes plus ou moins perpendiculaires à la côte, en face de points connus et faciles à repérer, les stations, au nombre de 3 à 8 suivant les lignes, étant dans toute la mesure du possible toujours faites aux mêmes points. Les observations ont porté sur les profondeurs de 5, 25, 50, 100, 200 et 400 m, et aux niveaux intermédiaires s'il y avait lieu ⁽¹⁾.

Le travail matériel que comportait une telle étude ne pouvait être le fait d'un seul ; j'ai été aidé dans cette tâche, notamment par R. COUPÉ, C. MAURIN, A. VINCENT, J. DARDIGNAC, et les chefs des stationnaires de la Marine Nationale au Maroc.

(1) Température observée avec des thermomètres NEGRETTI et ZAMBRA. Salinités calculées par la méthode de KNUDSEN.

En deux publications antérieures ⁽¹⁾ j'ai pu apporter des données nouvelles sur le régime thermique de cette zone atlantique durant les années 1947 et 1948. Il peut se définir ainsi :

Les eaux côtières, sauf en hiver, ne se présentent pas en une masse de température uniforme. Un contraste marqué existe entre deux formations, l'une que l'on peut considérer comme froide avec des températures de 14 à 16°, l'autre comme chaude avec des températures de 18 à 24°.

Les eaux froides originaires du talus du plateau continental occupent plus ou moins complètement suivant la saison, l'ensemble de la zone côtière mais elles sont en partie recouvertes par les eaux chaudes provenant du large. Les premières, dont la présence est due à un « upwelling » de grande amplitude, s'épanouissent parfois en surface sur différents points de la côte, mais de manière permanente en trois secteurs d'étendue variable : 1°) au voisinage du cap Spartel, sur une surface restreinte, 2°) dans le secteur central de Mazagan au cap Ghir (Safi et Mogador), 3°) sur une bonne partie du secteur méridional de l'oued Massa à Puerto-Can-sado (Ifni et oued Draa).

La situation hydrologique varie au cours des saisons. En hiver les eaux de l' « upwelling » persistent sous forme de masses résiduelles dont les plus nettes se situent toujours vers Safi-Mogador et Ifni-Draa. Mais les différences de température sont minimes, 1 à 2 degrés, du littoral à la limite de la zone côtière, dans les secteurs les plus froids ; quelques dixièmes de degrés du nord au sud et de la surface au fond.

Ces différences s'accroissent au printemps où les eaux ascendantes reprennent de la force dans la partie sud et davantage encore en été qui marque le maximum de leur montée en même temps que la pénétration des eaux du large. Durant l'automne qui présente toujours de hautes températures (supérieures à 20°) surtout au nord, l' « upwelling » perd beaucoup de sa force et la situation tend déjà vers l'équilibre hivernal.

Mais dans les détails ces manifestations ne sont pas homogènes et, au cours des saisons, des particularités s'établissent localement le long de ces 1 200 km de côtes. De plus, les années 1947 et 1948, bien qu'ayant un régime très comparable, montraient des différences, en hiver notamment (1948 plus froide que 1947), indiquant que les phénomènes précités peuvent varier en force et en étendue d'une année à l'autre.

Les observations des cinq années suivantes, de 1949 à 1953, vont me permettre de définir avec plus de précision les eaux côtières marocaines, non seulement par leur température mais encore, à partir de 1950, par leur salinité, ce qui doit en faire connaître le régime et donc la part des différentes influences qu'elles subissent.

Dans un premier chapitre seront exposées les cartes des isothermes et isohalines, aux différentes profondeurs, pour toutes les saisons de 5 années consécutives, ainsi que les cartes isodynamiques pour 1953, qui donneront une idée générale de l'hydrologie du Maroc atlantique dans son ensemble.

Un second chapitre traitera du régime des principaux secteurs, à partir des coupes hydrologiques faites au cours de l'année 1953.

(1) Hydrologie côtière du Maroc (année 1947). *C.O.E.C. Maroc*, 1948, 4.
Hydrologie côtière du Maroc et du détroit canarien (année 1948). *C.O.E.C. Maroc*, 1950.

CHAPITRE 1

L'HYDROLOGIE DU MAROC ATLANTIQUE DE 1949 A 1953

ANNEE 1949

(Température)

1. - Hiver (fig. 1). Les différences de températures d'un point à un autre du secteur marocain sont légères. Elles augmentent un peu de la côte vers le large, ainsi que de la surface au fond, et plus faiblement encore du nord au sud. Les isothermes parallèles au rivage indiquent que l'équilibre thermique est pratiquement réalisé.

Néanmoins, en dépit de cette tendance vers une situation simplifiée, les traits essentiels de l'hydrologie marocaine subsistent.

1° Le seuil froid du cap Spartel qui, chaque année semble s'effacer en été pour réapparaître en hiver, s'est reconstitué avec une température caractéristique de 16° en surface, 15° à 100 m et 13°5 à 200 m.

2° La zone froide de Safi-Mogador persiste avec des températures identiques.

3° Le troisième secteur froid au sud se situe vers Puerto-Cansado.

Séparant ces noyaux froids d'étendue limitée les isothermes décrivent deux grandes courbes au nord (O. Sebou) et au sud (Ifni) qui rapprochent les eaux à 17°5 du littoral.

Ces observations concernent la couche superficielle entre 5 et 50 m. Mais plus bas, les températures deviennent plus uniformes : 15° à 16° à 100 m, 14° à 14°5 à 200 m.

On retiendra donc de l'hiver 1949 :

1° qu'il constitue une phase de stabilité relative pendant laquelle s'effacent presque complètement les restes de la montée estivale précédente des eaux profondes vers la côte ;

2° qu'il est le siège, pour un secteur étroit autour du cap Spartel, d'un mouvement ascendant des eaux du talus, mouvement original, sans liaison apparente avec ceux, plus généraux, qui affectent l'ensemble des eaux côtières au printemps et en été.

2. - Printemps (fig. 2). Le tracé des isothermes, tout différent de celui de l'hiver, montre que l'uniformité thermique est rompue. Du nord au sud des nappes d'eau s'individualisent.

1° La zone froide de Spartel qui, les deux années précédentes au cours de cette même saison, commençait à se résorber et à laisser la place à une coulée chaude, s'est au contraire légèrement développée. Ses eaux profondes à 15° sont montées jusqu'à la surface qu'elles ont refroidie (inférieure à 16°) ; mais elle reste étroitement localisée.

2° La zone centrale de Safi-Mogador, un peu moins froide du fait de l'insolation, qu'en hiver, 17° contre 16°, se maintient, faisant contraste avec les eaux à 19° qui l'entourent au large, mais la poussée ascendante à laquelle elle doit son caractère particulier est encore trop légère pour lui donner plus d'importance qu'en hiver.

3° A ne considérer que la surface, la zone froide du sud aurait totalement disparu, des températures déjà élevées (20 à 20°5) occupant la zone côtière, de la baie d'Agadir au détroit canarien. Mais ce réchauffement n'intéresse que les eaux superficielles, la température étant pratiquement inchangée à partir de 50 m.

Le printemps 1949 est en fait caractérisé par un réchauffement net des eaux superficielles de la bordure continentale (sauf à Spartel où les conditions hivernales se maintiennent).

Comparée à celle du printemps de l'année précédente cette situation témoigne d'un retard important de l'« upwelling » qui semble si fortement marquer l'hydrologie du secteur marocain.

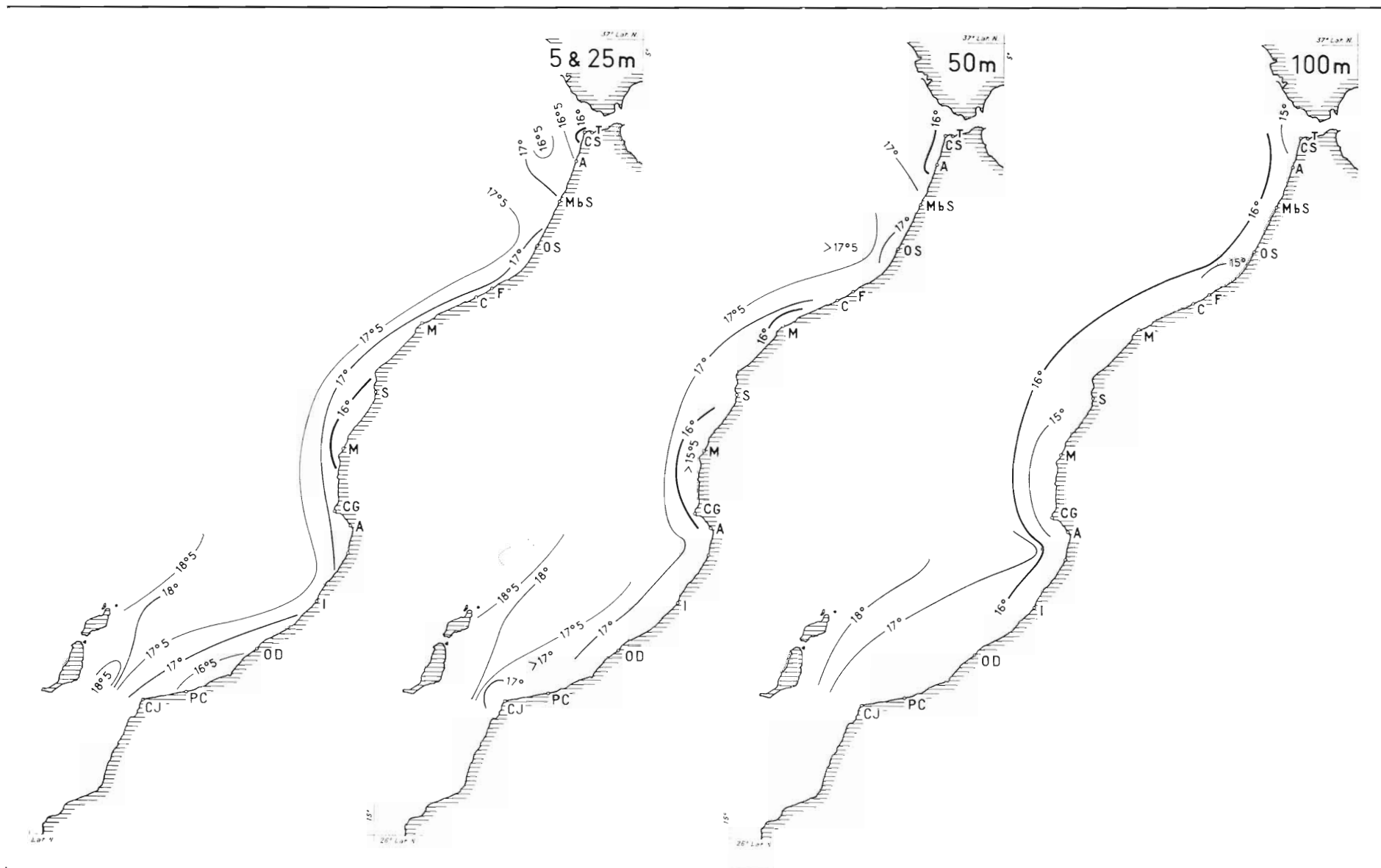


FIG. 1. — Isothermes d'hiver (année 1949).

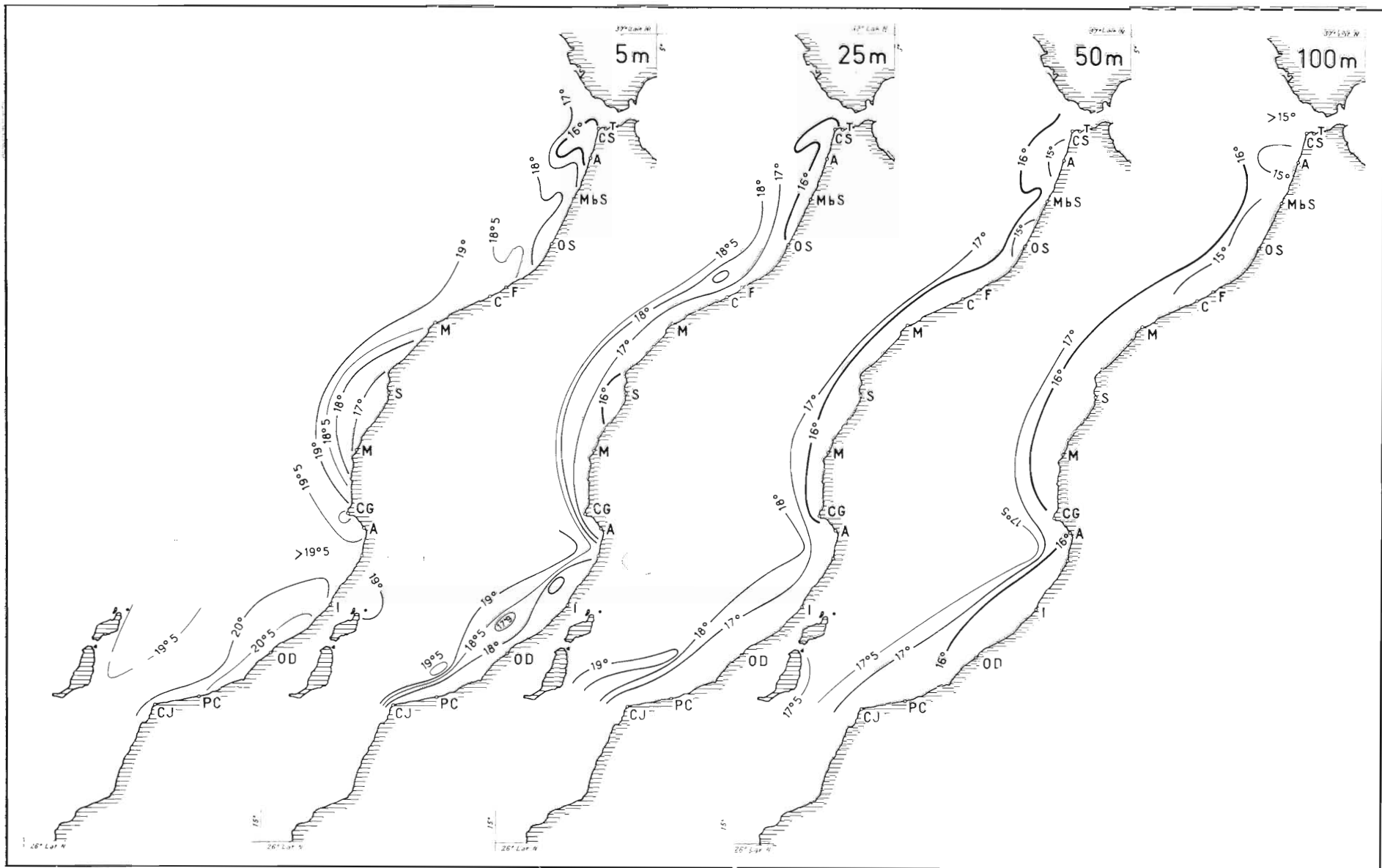


FIG. 2. — Isothermes de printemps (année 1949).

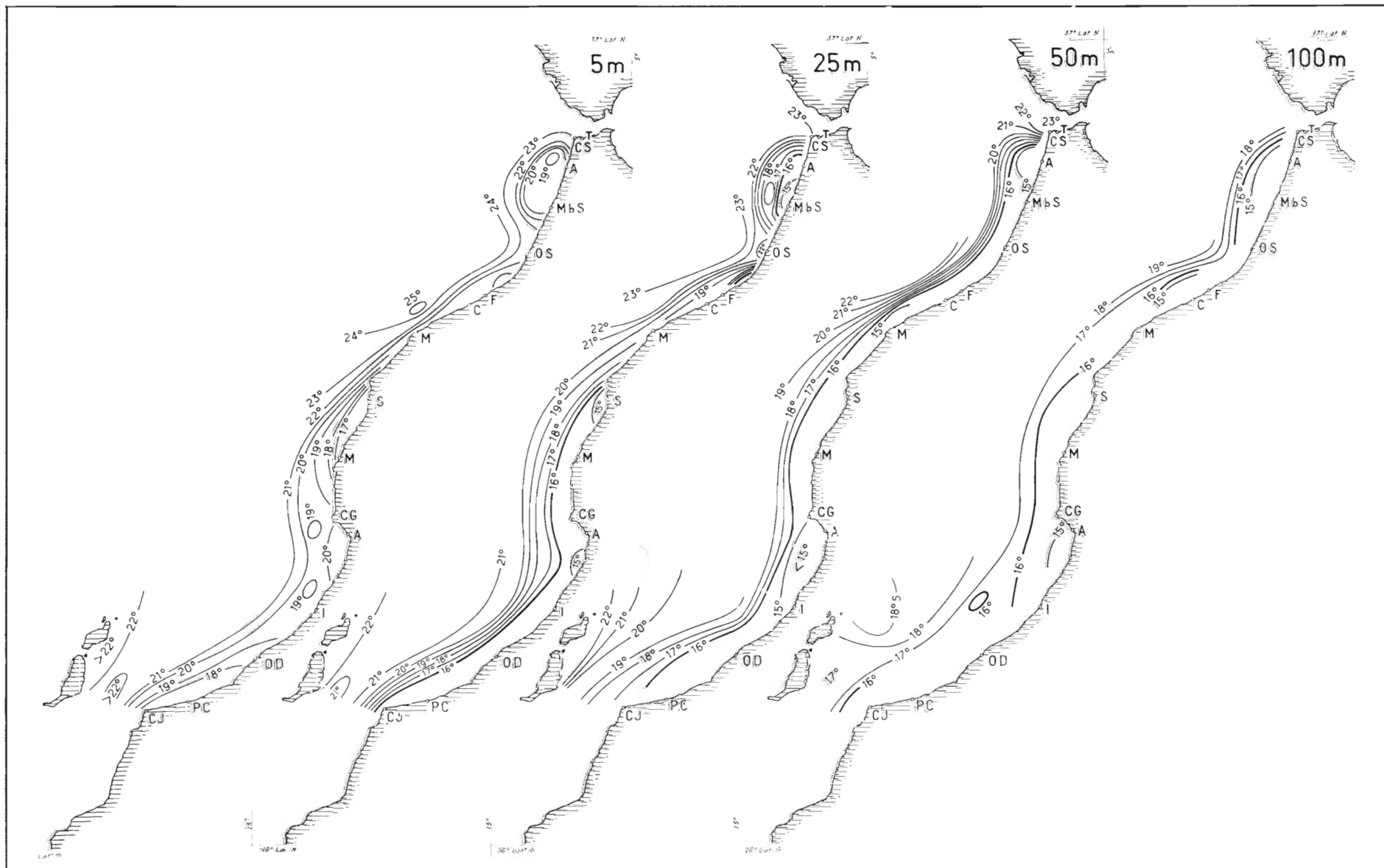


FIG. 3. — Isothermes d'été (année 1949).

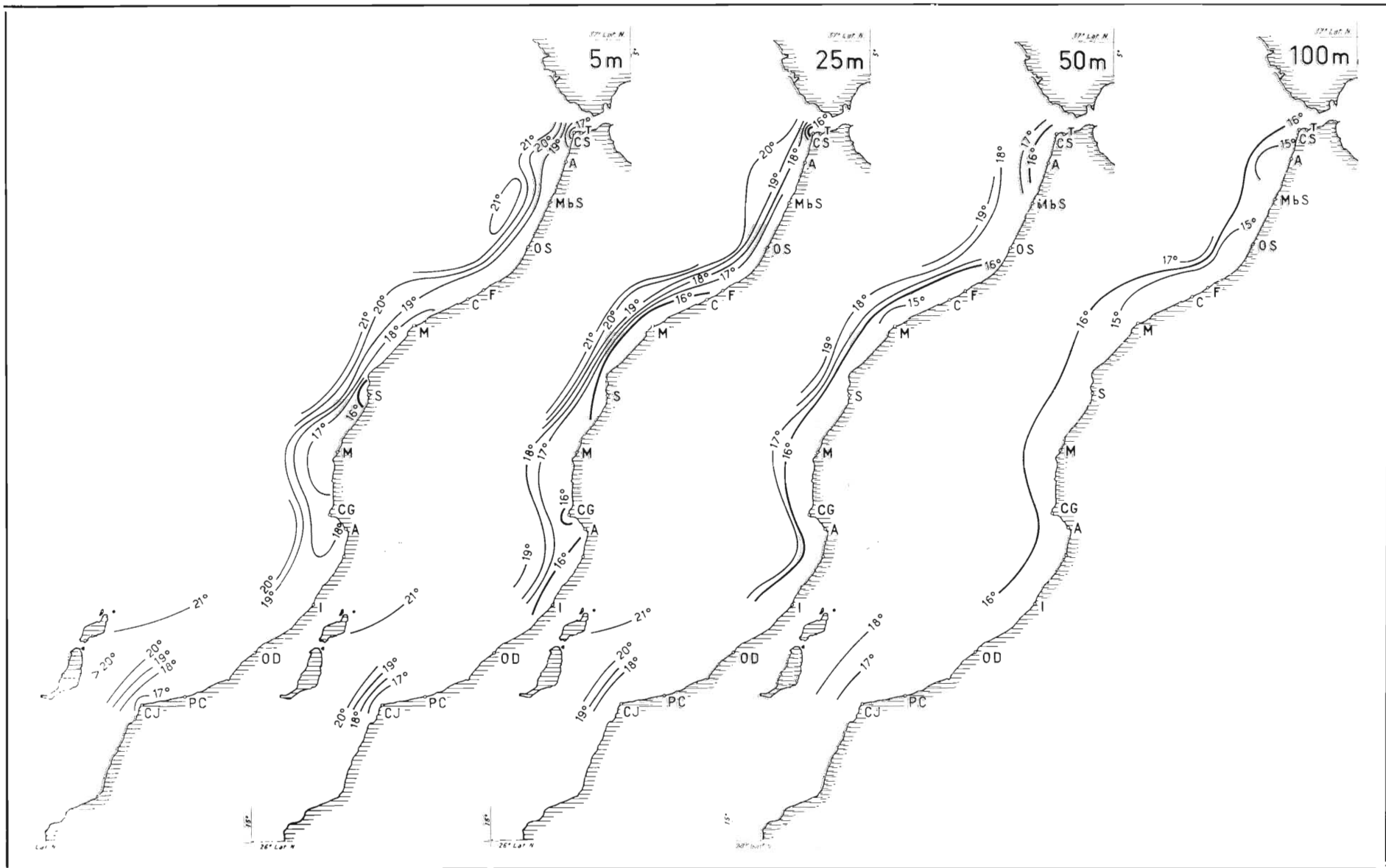


FIG. 4. — Isothermes d'automne (année 1949).

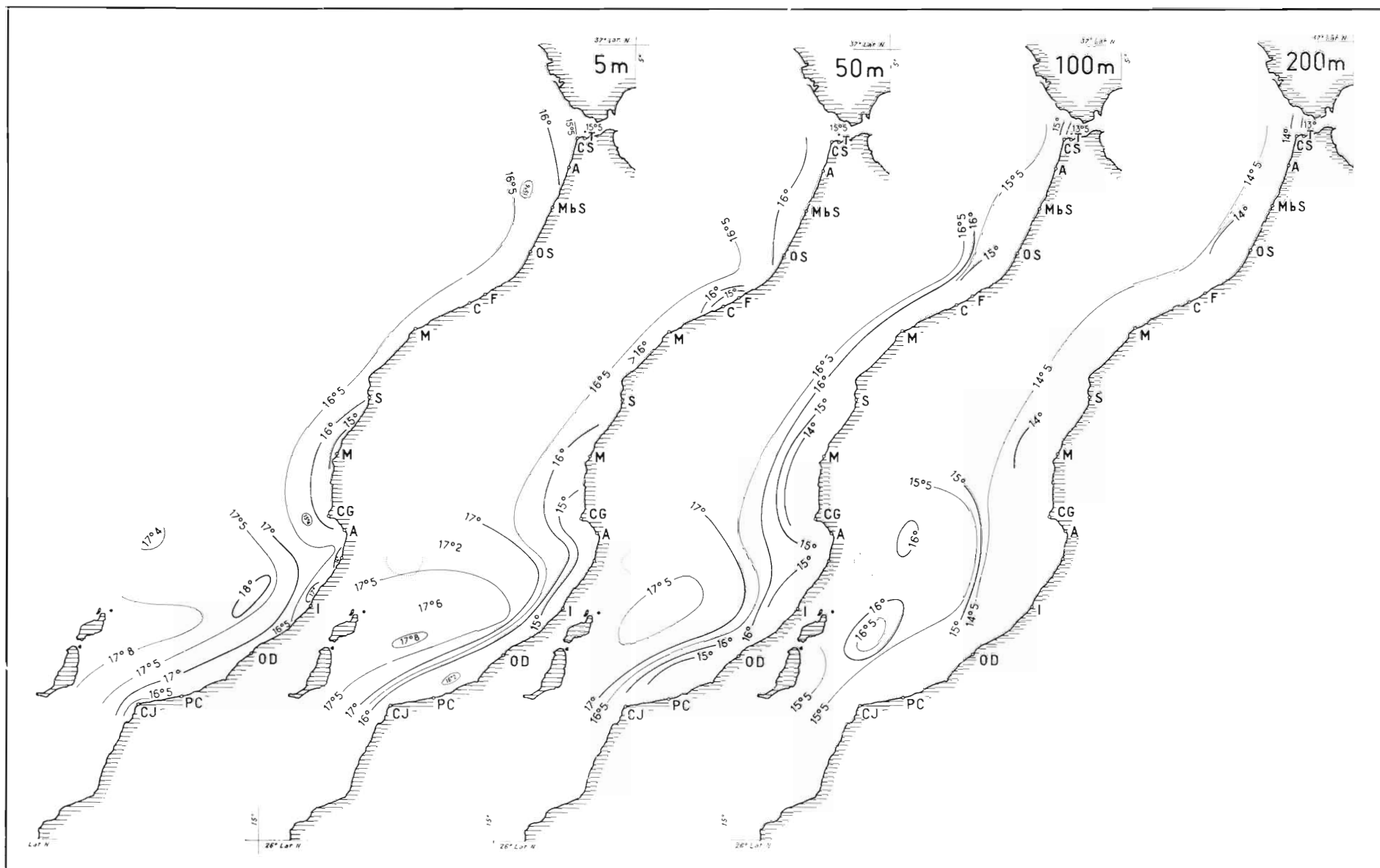


FIG. 5. — Isothermes d'hiver (année 1950).

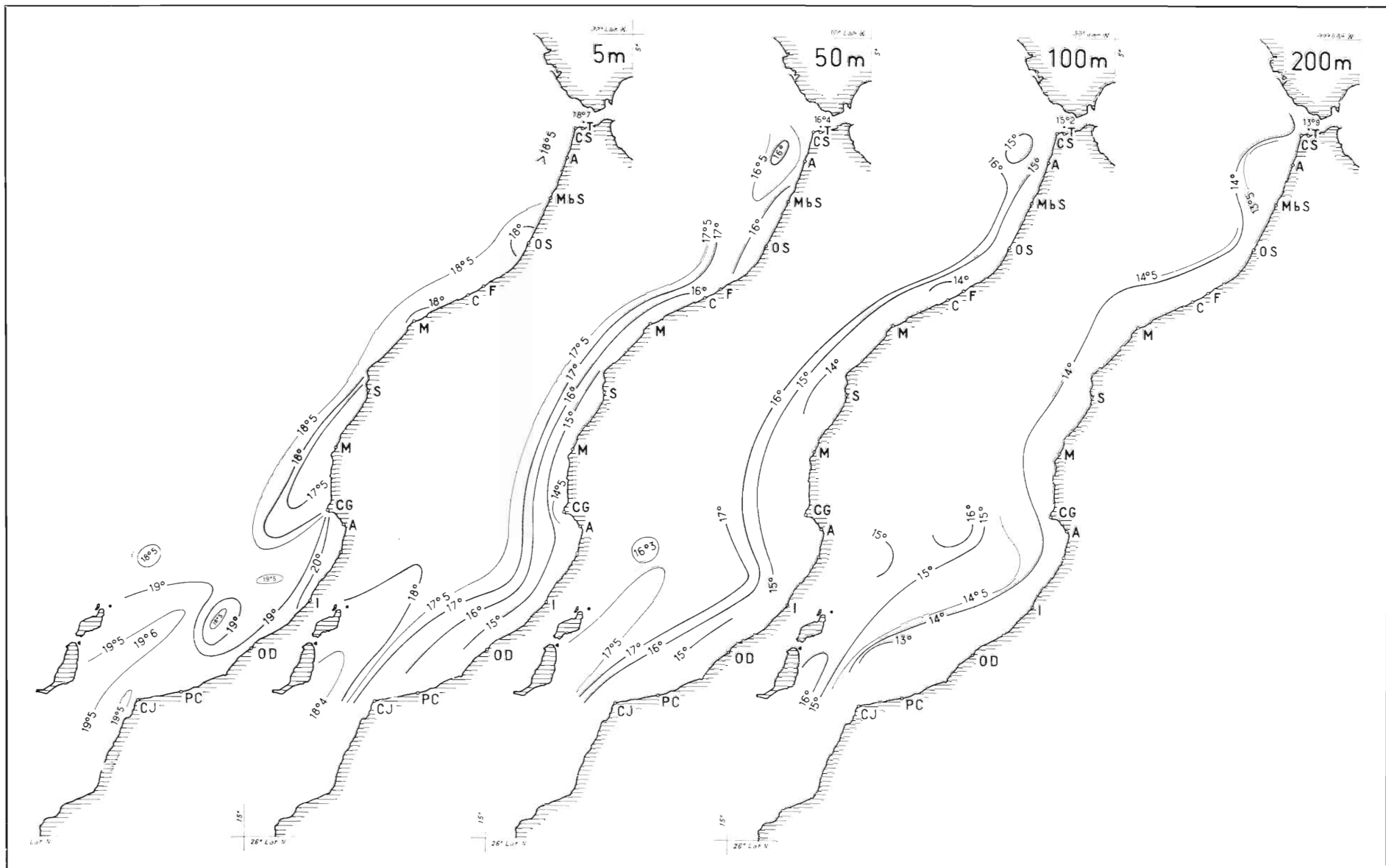


FIG. 6. — Isothermes de printemps (année 1950).

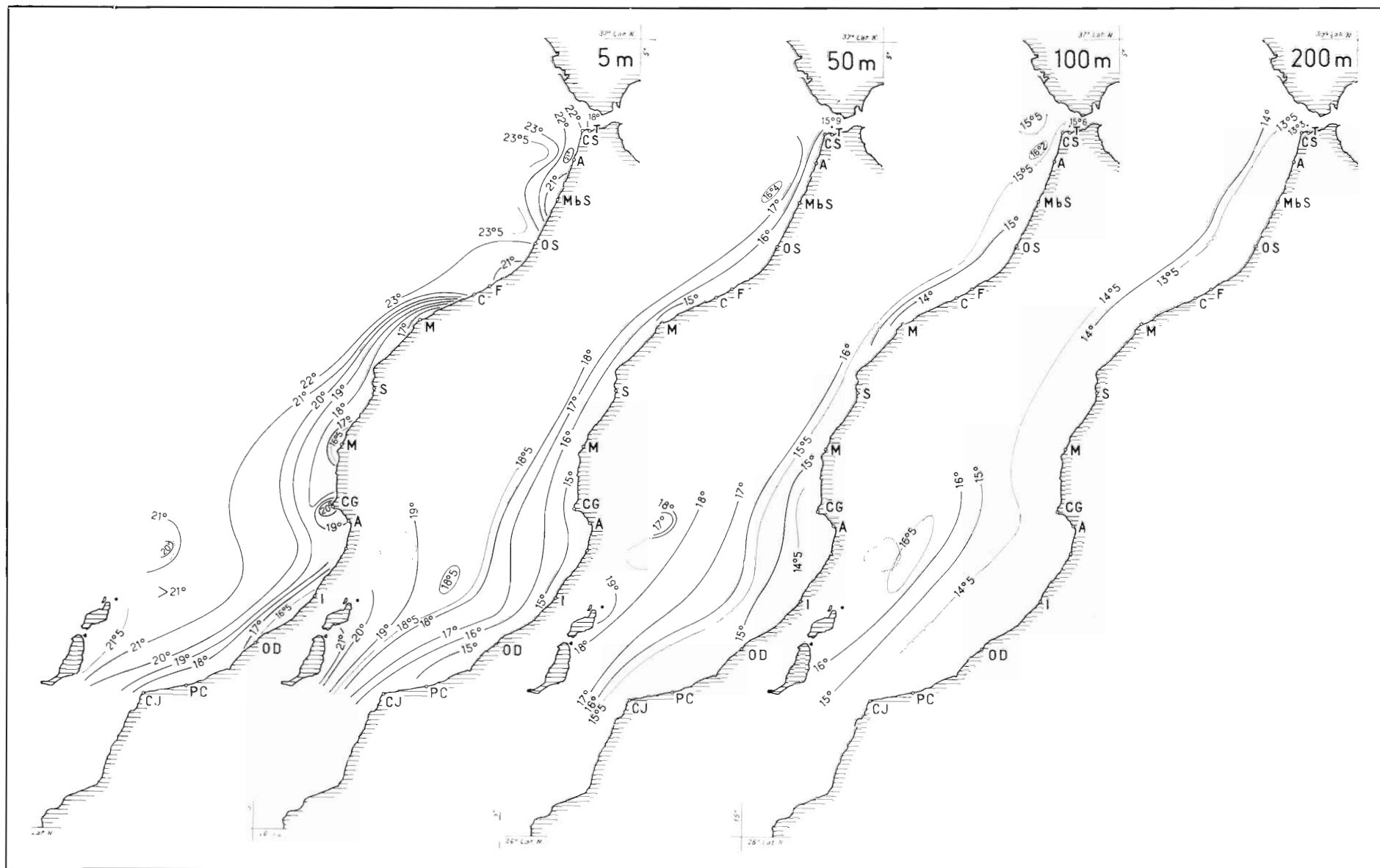


FIG. 7. — Isothermes d'été (année 1950).

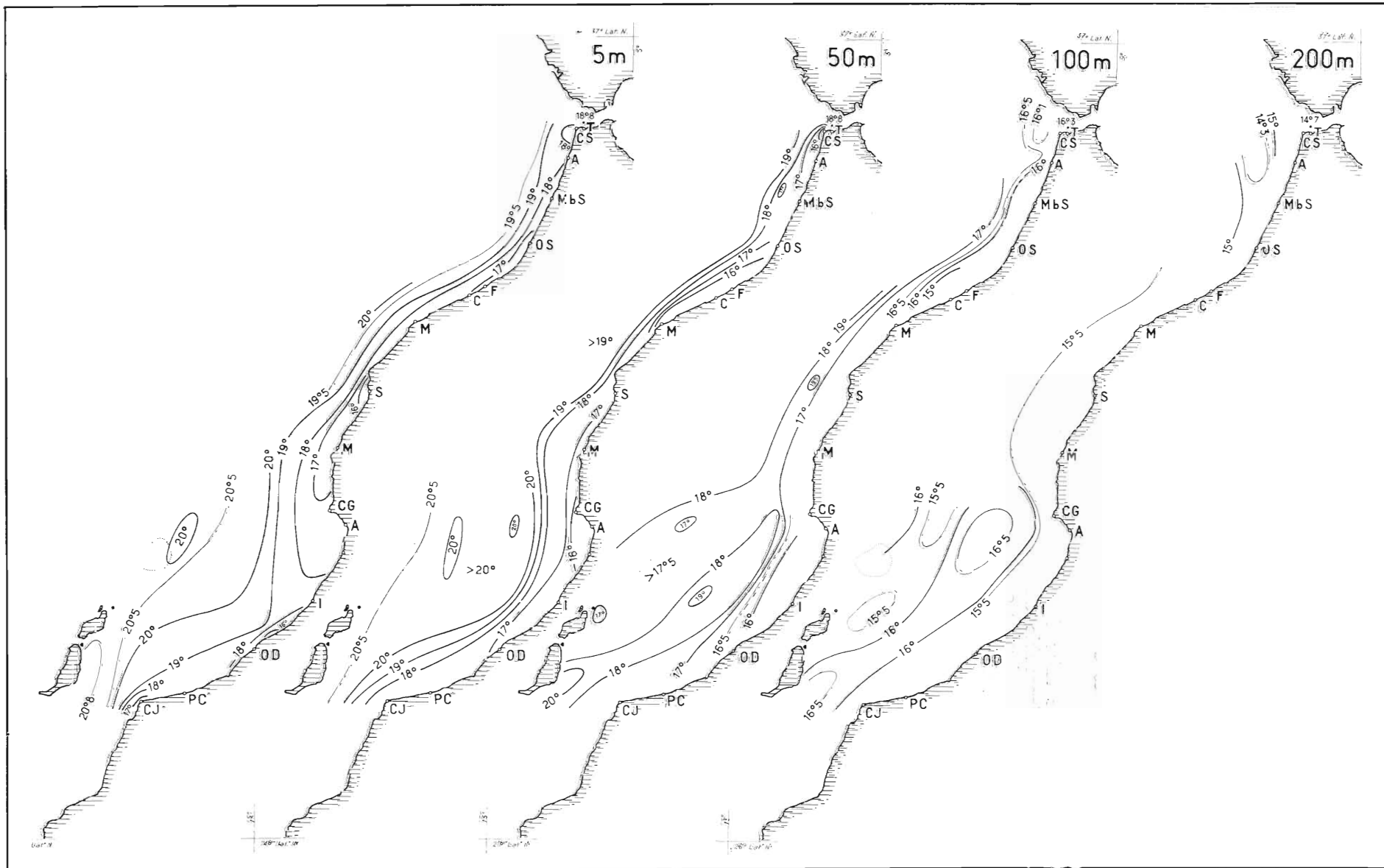


FIG. 8. — Isothermes d'automne (année 1950).

3. - Été (fig. 3). Ce caractère chaud des eaux côtières marocaines s'accuse durant l'été, en surface tout au moins, puisque ce sont des températures de 19° à 23° qui indiquent l'emplacement du seuil froid du cap Spartel. Elles montent jusqu'à 24° et même 25° entre l'oued Sebou et le cap Cantin, et réduisent fortement la zone froide du secteur central.

Mais tandis que la moitié nord du Maroc s'est ainsi réchauffée de 3° à 6°, la moitié sud s'est au contraire refroidie, perdant 2°5 depuis le mois d'avril. L'hydrologie de surface s'est donc inversée, le nord devenant beaucoup plus chaud (22° à 25°) que le sud (18° à 20°).

Ces différences s'atténuent considérablement en profondeur. Encore sensibles à 25 m, beaucoup moins à 50 m, elles disparaissent presque à 100 m où le plateau est uniformément recouvert d'eau à 15°-16°.

L'interprétation de telles données est facile : l'« upwelling », encore faible au printemps, s'exerce en été sur l'ensemble du secteur marocain ; sa puissance, au maximum dans le sud, diminue assez vers le nord pour que les eaux ascendantes se laissent recouvrir jusqu'au rivage par des eaux fortement échauffées.

Mais il est intéressant de noter que par rapport à 1948, la poussée des eaux profondes a été apparemment moins forte, et que par conséquent des variations annuelles d'assez grande amplitude se manifestent.

4. - Automne (fig. 4). L'inversion des températures du nord vers le sud, qui s'était produite en été n'existe plus, les eaux au sud s'étant légèrement réchauffées, à partir de 25 m tout au moins, celles du nord s'étant refroidies. L'hydrologie tend donc, de nouveau en cette saison, vers un certain équilibre, du fait que l'importance des eaux ascendantes s'estompe, plus rapidement semble-t-il dans le sud que dans le nord.

Il faut retenir enfin que sur l'ensemble de la zone côtière, les eaux sont, en cette fin d'année comme aux autres saisons, plus chaudes qu'aux mois correspondants de 1948, ce qui veut dire que la montée périodique des eaux profondes vers la côte n'a pas été aussi forte.

En résumé donc, 1949 est une année chaude, à « upwelling » tardif et peu développé.

ANNEE 1950

(Température et salinité)

A. - Température.

L'année 1950 présente les mêmes phénomènes généraux que 1949 mais avec des variantes qui méritent quelque attention.

1. - Hiver (fig. 5). Par rapport à l'automne précédent, la température a beaucoup diminué et la zone côtière, essentiellement circonscrite par l'isotherme de 16°5, a retrouvé sa relative uniformité thermique. Les secteurs les plus froids, de Spartel, du centre et du sud, n'en subsistent pas moins, le second surtout, révélant avec des températures de 15° à 16° la permanence du caractère profond des eaux qui les occupent. Du reste, la température est partout inférieure à celle de l'hiver 1949 : de 1° et plus en surface jusqu'au-delà du Sous, de 0°5 à 100 m et de quelques dixièmes à 200 m.

Cet hiver est donc un hiver froid dû à la présence d'une plus grande masse d'eau d'origine profonde dont la montée vers la côte semble n'avoir pas totalement cessé.

2. - Printemps (fig. 6). Le réchauffement printanier a élevé la température des eaux superficielles de 16°6 à 18°6 tout le long de la côte entre Spartel et Ghir et de 17° à 19° plus au sud. A l'exception de celle du centre, il a résorbé les zones froides apparentes en hiver.

Mais l'élévation de température s'efface en profondeur où, à partir de 50 m, se produit le phénomène inverse. Le refroidissement est très marqué à 100 m où 15°-16° remplacent 16°-16°5 de même qu'à 200 m où 14° se substitue à 14°5. Ceci montre que la poussée des eaux profondes a

commencé. Puissante et générale elle recouvre tout le plateau continental, mais avec plus de netteté dans le secteur sud que dans le secteur nord où cette expansion est toujours plus tardive.

Comme en hiver, la température plus basse en profondeur qu'au printemps 1949, est le signe d'une montée de plus grande amplitude.

3. - *Eté* (fig. 7). Cette plus grande puissance des eaux profondes continue à se manifester au cours des mois chauds, s'amplifiant même au nord mais s'atténuant au sud.

4. - *Automne* (fig. 8). Les contrastes vont diminuant et par rapport à 1949 les eaux du fond, contrairement aux trois saisons précédentes, sont plus chaudes, indiquant ainsi que la poussée des eaux profondes, précoce et plus forte qu'en 1949, a également cessé plus tôt.

B. - Salinité.

A partir de la fin de 1950, j'ai pu obtenir par des analyses régulières, aux mêmes stations et mêmes profondeurs que la température, la salinité des eaux marocaines. Ce facteur plus important encore que le précédent doit permettre de définir avec plus de précision ces eaux côtières et de déceler, au moins en partie, les mouvements qui les animent.

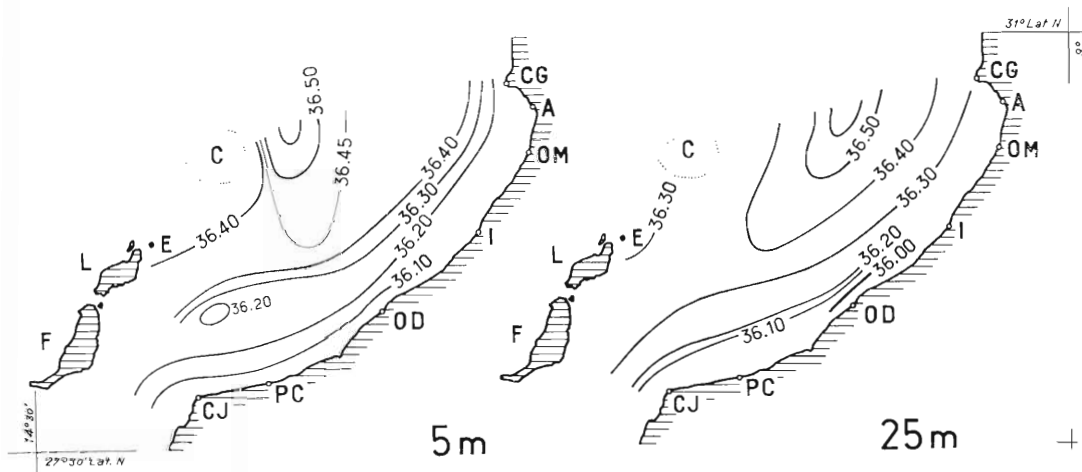


FIG. 9. — Isohalines d'été (année 1950).

1. - *Eté* (fig. 9). Ne figurant que pour le secteur sud et seulement aux profondeurs de 5 et 25 m, les salinités, croissantes, comme les températures, de la côte vers le large varient entre 36.10 et 36.50 ‰ et se révèlent fortes, pour un secteur côtier de l'océan atlantique.

2. - *Automne* (fig. 10). Plus fortes qu'en été, elles varient entre 36.10 ‰ près du rivage et plus de 36.60 ‰ à l'ouest. Une telle différence s'observe aussi de la surface au fond : dépassant comme il vient d'être dit 36.60 en bordure de la zone côtière, à 5, 25 et même 50 m, la teneur en sel s'abaisse entre 36.20 et 36.50 à 100 m, entre 36.10 et 36.20 à 200 m et entre 35.75 et 36.00 à 400 m.

A remarquer, à partir de 200 m, dans le détroit de Tanger, une très forte salinité : 37.0 ‰, indice d'un courant méditerranéen profond vers l'Atlantique, mais qui à ce niveau n'intéresse pas la côte marocaine puisqu'à son voisinage, au cap Spartel, le taux ne dépasse pas 36.0 à 36.20 ‰.

Les variations de la salinité du nord au sud et de la côte vers le large, jointes aux variations thermiques, permettent de caractériser plus complètement les eaux côtières marocaines de l'automne. Celles dont l'origine est profonde et qui se tiennent le plus près de la côte ont une salinité faible (inférieure à 36.20) en même temps qu'une température assez basse (inférieure à 16°5).

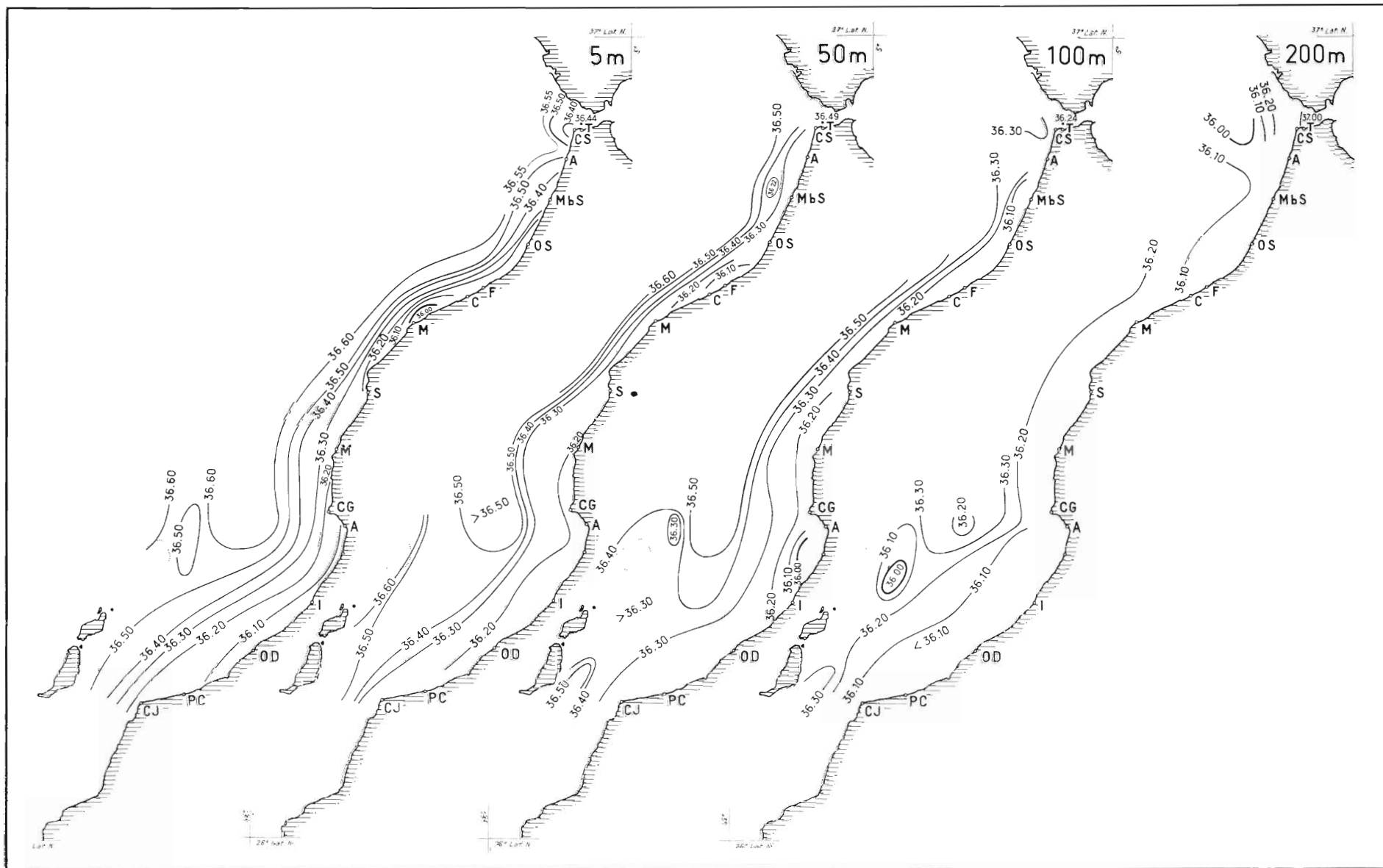


FIG. 10. — Isohalines d'automne (année 1950)

Celles qui proviennent du large présentent un taux élevé (supérieur à 36.40) en même temps qu'une température supérieure à 20°. Les couches de salinité et de température intermédiaires sont dues très vraisemblablement au mélange plus ou moins complet des unes et des autres.

La question sera traitée plus amplement dans un paragraphe ultérieur, mais ces données renseignent non seulement sur l'existence et l'importance des montées périodiques d'eau profonde vers le rivage mais aussi, par leurs contrastes, sur les échanges qui se produisent d'une saison à l'autre dans la zone côtière.

ANNEE 1951

(Température et salinité)

1. - Hiver (fig. 11 et 12). Isothermes et isohalines sont en gros parallèles à la côte et les mêmes phénomènes que l'année précédente se signalent.

En hiver on a une isothermie relative du nord au sud et de la surface jusqu'à 100 m : 15°5 caractérise la situation sur la plus grande partie du secteur. Les isohalines de 36.0 à 36.10 correspondent à cette température.

De la surface à 100 m, par rapport à l'automne précédent, les eaux se sont donc fortement refroidies et non moins fortement dessalées. Tout le long de la côte les secteurs froids et peu salés non seulement ont subsisté mais encore se sont étendus.

Dans la mesure où les cartes d'isothermes et d'isohalines peuvent donner lieu à une interprétation sur la présence et l'allure des courants, deux phénomènes deviennent apparents.

1° Un courant littoral de salinité croissante du nord au sud (35.80 à 36.0 dans la zone eulittorale du secteur nord, 36.05 à 36.10 dans le secteur central jusqu'au cap Ghir) correspondant à des températures de 14°8 à 15°.

2° Dans l'axe du détroit canarien un déplacement d'eau salée et chaude, en direction de la baie d'Agadir. Il est dessiné de 5 à 100 m par l'isohaline de 36.40.

En profondeur, à 200 m, par rapport aux niveaux supérieurs, température et salinité sont comme à l'accoutumée, nettement plus basses, la dernière surtout qui reste pratiquement la même du nord au sud (la courbe de 36.0 ceinturant étroitement le plateau continental sur toute sa longueur). Toujours à 200 m la température est un peu plus basse dans la moitié sud de la zone marocaine que dans sa moitié nord, 14° à 14°5 contre 14°5 à 15°, ce qui peut s'interpréter comme un commencement de la montée des eaux profondes vers la côte, montée qui débute normalement au sud, pour se poursuivre au printemps et en été vers le centre et le nord.

A noter que dans le détroit de Tanger, à cette profondeur, la salinité de 36.11 ne témoigne d'aucune influence méditerranéenne. Le courant profond de cette mer vers l'Atlantique est donc pratiquement inexistant à ce niveau.

2. - Printemps (fig. 13). Les observations n'ont porté que sur la zone nord, de Tanger à Safi. Température et salinité se sont élevées notablement, principalement à 5 et 25 m et beaucoup moins aux niveaux inférieurs.

Le courant littoral signalé en hiver apparaît toujours entre Spartel et Casablanca mais il est superficiel et se dessine mieux sur les isothermes que sur les isohalines.

Si, près de la côte, la salinité est, dans certains cas, comme à 50 m, très légèrement inférieure, cela semble dû davantage à l'apport des fleuves, tous en crue à ce moment de l'année, qu'à des courants ascendants, car les eaux du large de salinité supérieure à 36.20 empiètent largement sur la zone néritique. A la profondeur de 200 m, les températures et salinités, qui signalent le début de l'« upwelling » n'ont pas sensiblement varié.

Dans le détroit de Tanger à 200 m le courant méditerranéen profond se manifeste par des salinités élevées, 37.21, contrastant avec celles, toutes proches, du cap Spartel, inférieures à 35.90.

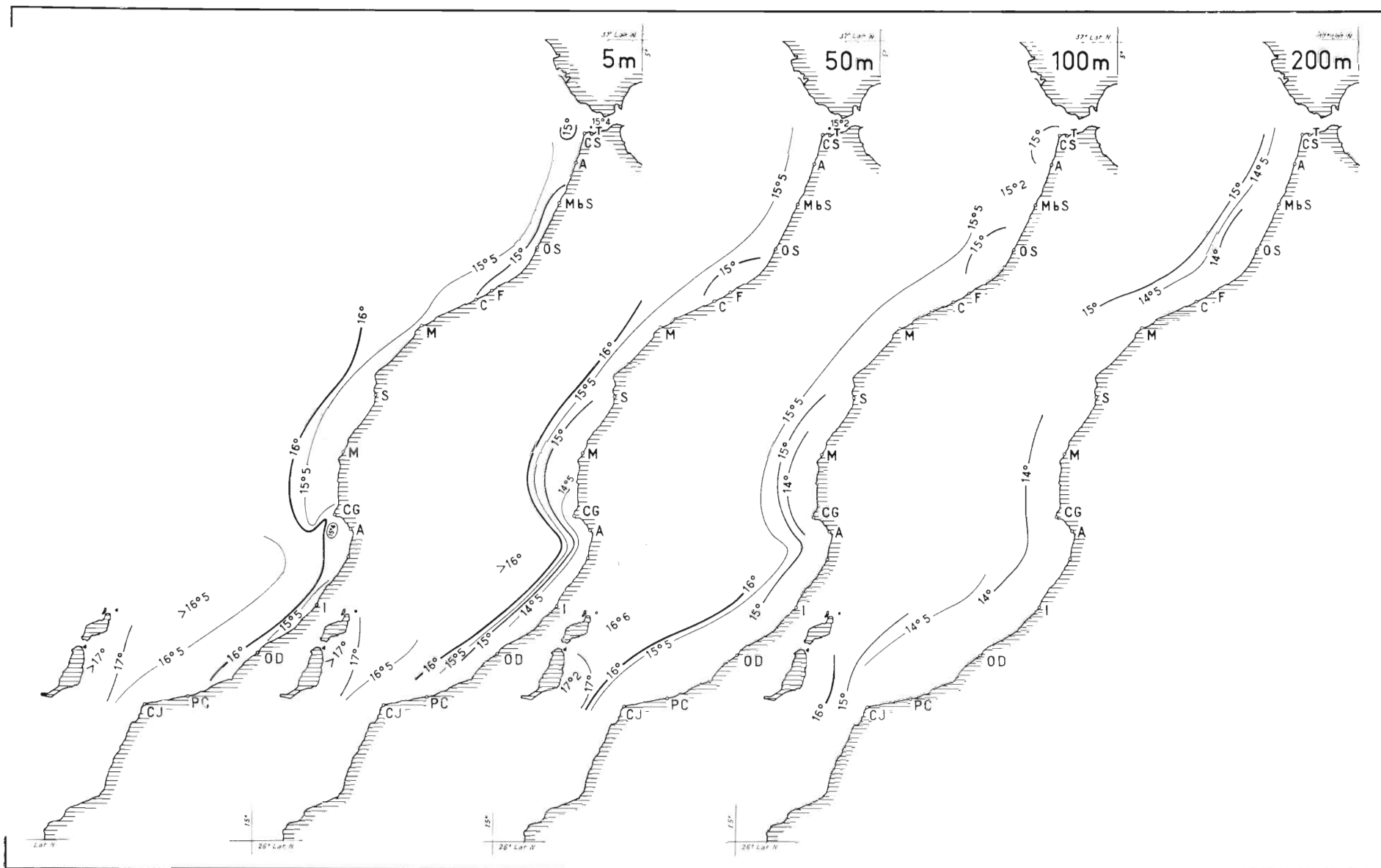


FIG. 11. — Isothermes d'hiver (année 1951).

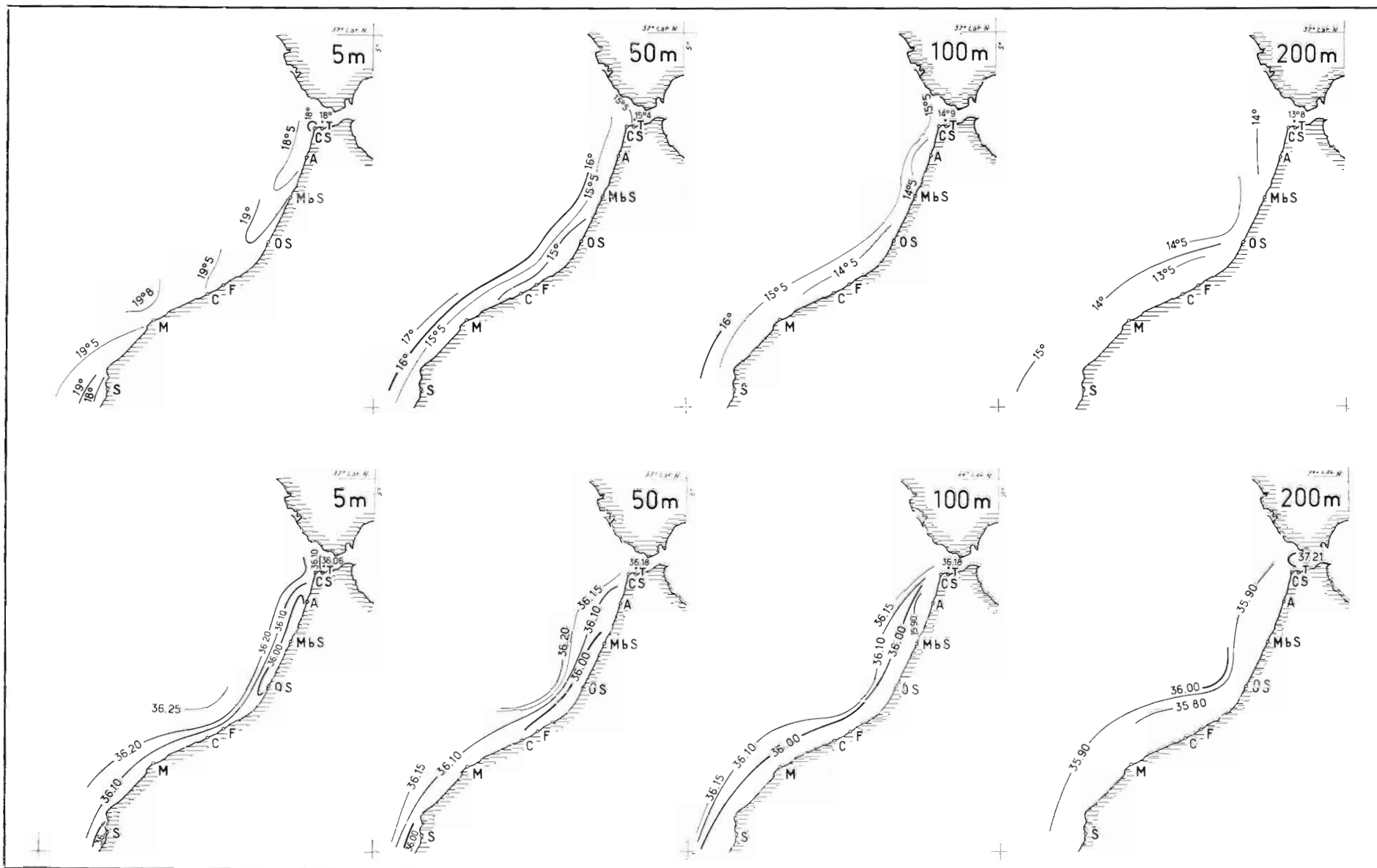


FIG. 13. — Isothermes et isohalines de printemps (année 1951)

3. - Été (fig. 14 et 15). Le réchauffement et l'augmentation de la salinité s'accusent fortement mais surtout à la surface et à 25 m ; ce double phénomène encore très net à 50 m, s'atténue surtout sous son aspect thermique qui reste inchangé à 100 m. Pas d'observations valables à 200 m.

D'après les courbes, le courant côtier du nord vers le sud et l'avance des eaux du détroit canarien vers la baie d'Agadir n'apparaissent pas comme en hiver. Ils se signalent néanmoins dans le secteur Mogador-cap Ghir avec des températures relativement basses, 16° à 18°, qui marquent, mais moins nettement que l'année précédente, un écoulement des eaux du bouclier central vers le sud-ouest, écoulement fortement gêné par les eaux méridionales qui barrent le passage des îles Canaries à la baie d'Agadir.

Mais l'hydrologie côtière n'est pas aussi uniforme qu'aux saisons précédentes. Dans les couches superficielles, notamment, le nord et le sud ne semblent pas régis par les mêmes phénomènes.

Au sud, la salinité (moins de 36.10) et la température (18° à 5 m, 16° à 25 et 50 m, 15°5 à 15° à 100 m) sont basses et marquent l'ascension des eaux du talus vers le littoral.

Par contre au nord, la salinité a augmenté par rapport au printemps, assez peu près des côtes mais fortement au large (36.30 à 36.50 jusqu'à 50 m de profondeur) suivie en cela par la température. C'est la preuve que la montée y est beaucoup moins prononcée et qu'elle ne peut s'épanouir en surface, où elle laisse la place aux eaux du large dont l'influence se fait sentir, avec une salinité supérieure à 36.20 et même 36.30 jusqu'à 100 m de profondeur.

Il est à noter qu'entre la surface et 50 m ces eaux atlantiques très salées contrastent avec celles du détroit de Tanger de salinité très basse (36.0 à 36.08) aux mêmes niveaux.

4. - Automne (fig. 16 et 17). Les températures ont décliné en surface et à 25 m ; elles ont plutôt augmenté à 50 et 100 m.

Quant aux salinités, elles restent à peu de choses près semblables à celles de l'été ; mais localement s'observent certaines variations. Dans le secteur nord notamment, il se dessine à nouveau un courant littoral portant vers le sud. Dans le secteur sud, les eaux du détroit canarien à salinité nettement plus forte qu'en été s'étendent en direction de la baie d'Agadir et s'affrontent à un courant côtier, entre Ghir et Conception.

Cette situation est particulièrement intéressante à 100 m, où l'on voit, au-delà d'une zone eulittorale à faible salure (moins de 36.15), des eaux à 36.20-36.30 s'étendant de Fuerteventura au cap Ghir, contournées au large par des eaux beaucoup moins salées (36.10 à 36.15) provenant du secteur central. Ces deux lobes opposés suggèrent l'existence d'un vaste tourbillon qui anime les eaux de ce secteur et qui se manifeste aussi dans les températures : plus de 17° pour le premier, moins de 16°5 pour le second. Ces mouvements restent apparents bien qu'atténués, à la profondeur de 200 m.

À l'extrême-nord il n'est pas inutile de noter à 100 m une anomalie bien plus évidente qu'aux niveaux supérieurs dans l'étroit secteur de Spartel-Arcila où des eaux relativement salées (36.30) forment une intumescence collée à la côte et environnée de salinités très inférieures (36.10-36.15). S'agit-il d'une masse d'eau isolée, témoin de l'été précédent en voie de digestion, ou d'une influence inhabituelle du courant méditerranéen profond ? Cette dernière hypothèse ne semble pas pouvoir être retenue car, à 200 m, au même endroit, de même que dans le détroit de Tanger, les salinités sont basses (36.0).

La conclusion pour cette année sera voisine de celle de 1950.

1° Hydrologie marquée surtout par des montées d'eau profonde qui envahissent la zone néritique de la fin de l'hiver à l'été, d'abord au sud, puis au centre et au nord, pour se retirer à l'automne.

2° Phénomènes secondaires mais néanmoins importants. L'un, essentiellement côtier, se manifeste principalement en hiver sous forme d'un courant drainant les eaux littorales du nord vers le centre, puis, avec plus d'ampleur, entraînant les eaux du secteur central dans le vestibule canarien où il se heurte aux eaux plus salées et plus chaudes qui se dégagent du détroit en direction nord-est.

3° Enfin, 1951, dont toutes les saisons ont été caractérisées par des températures et des salinités généralement moins élevées qu'en 1950 peut être considérée comme une année relativement froide, donc à « upwelling » plus fort, sauf toutefois dans la partie nord du Maroc plus influencée par les eaux du large en été.

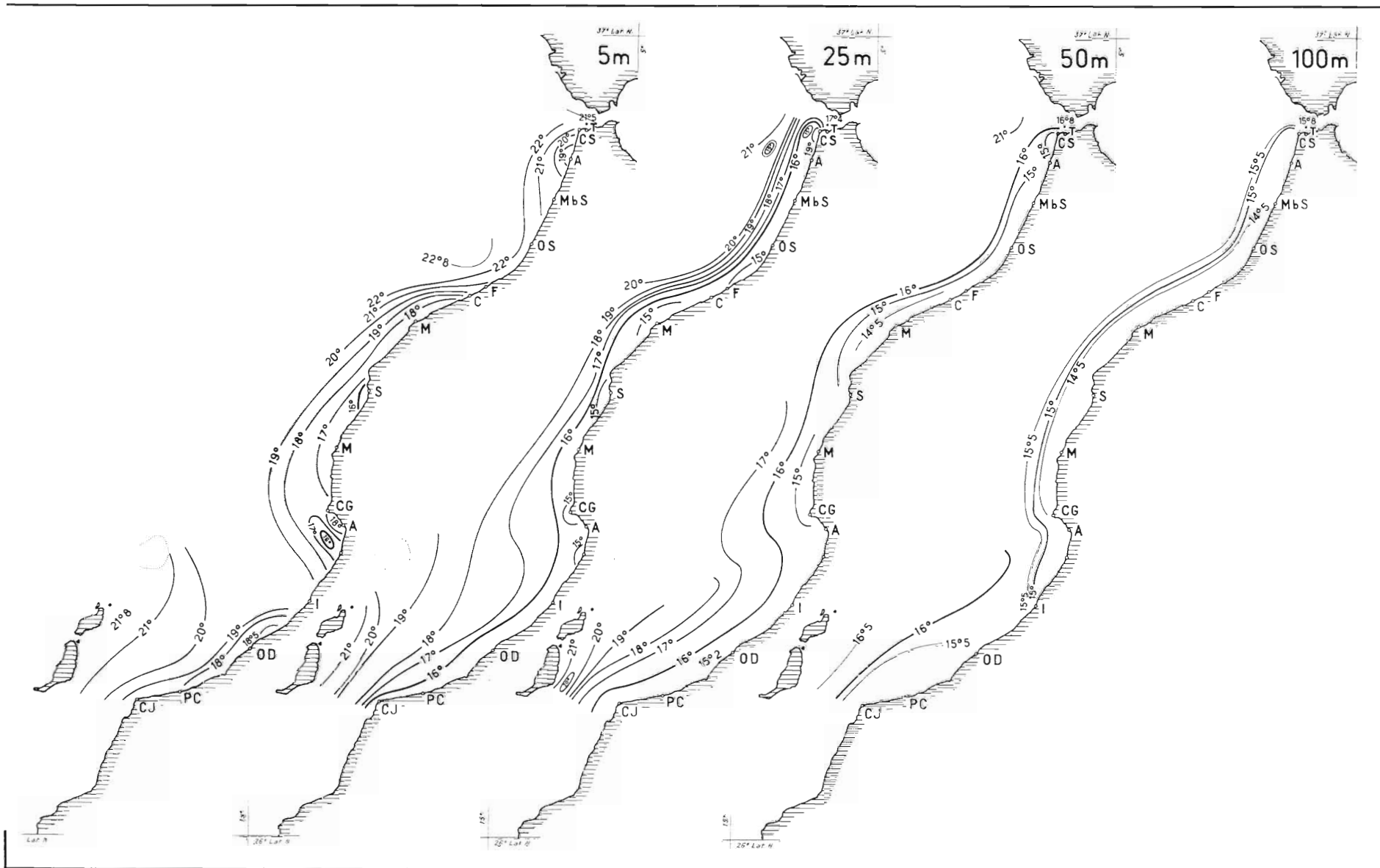


FIG. 14. — Isothermes d'été (année 1951).

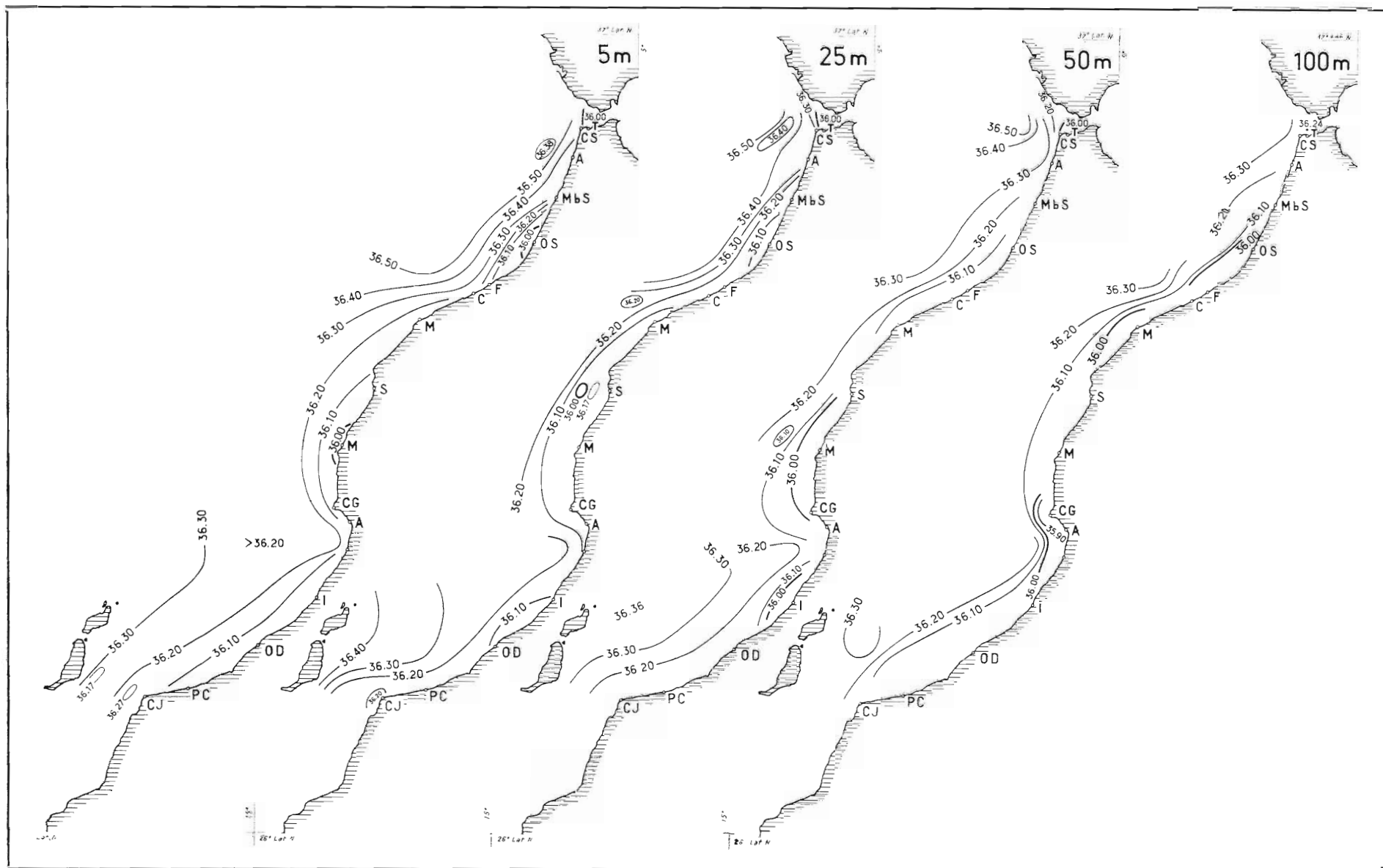


FIG. 15. — Isohalines d'été (année 1591).

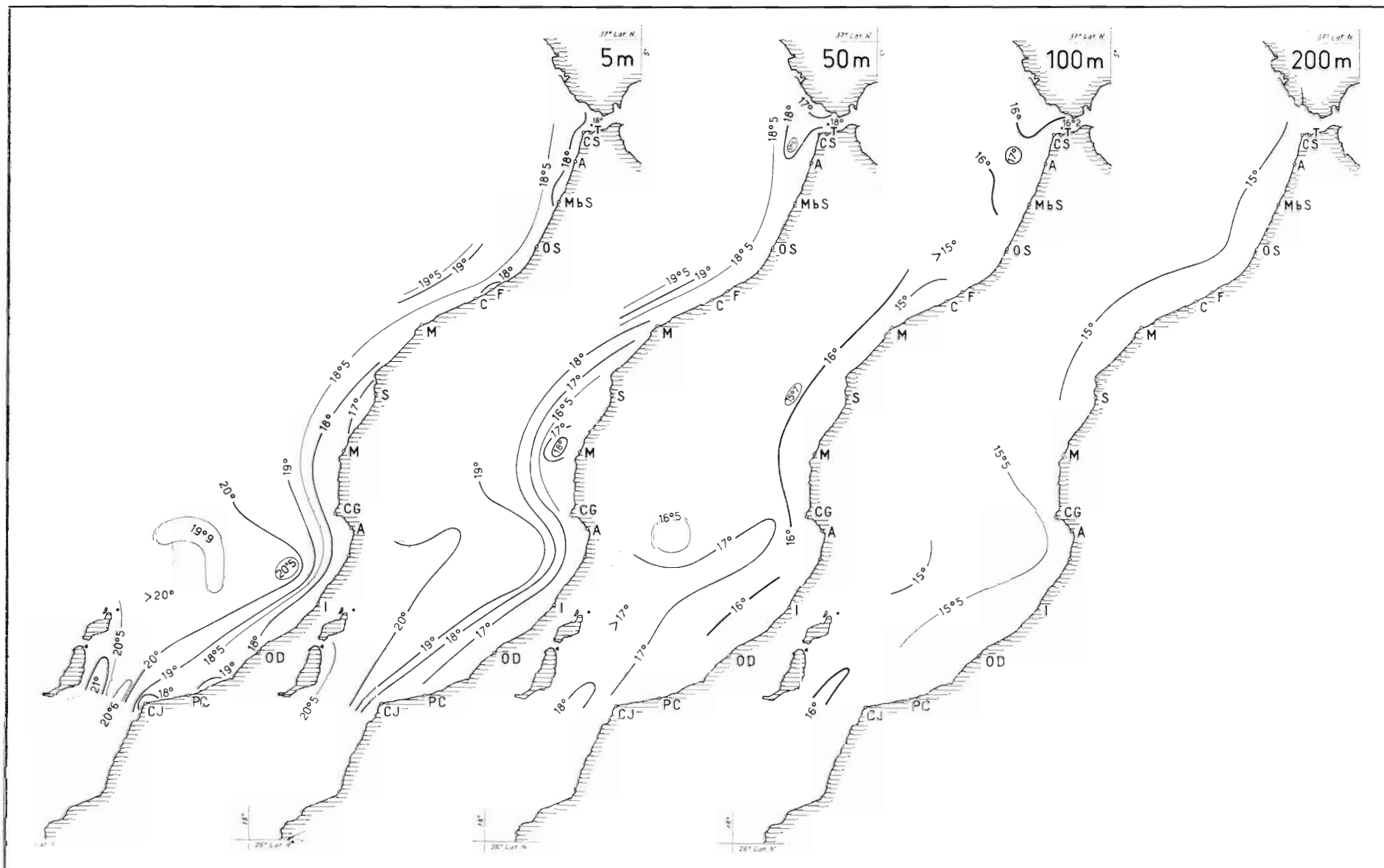


FIG. 16. — Isothermes d'automne (année 1951)

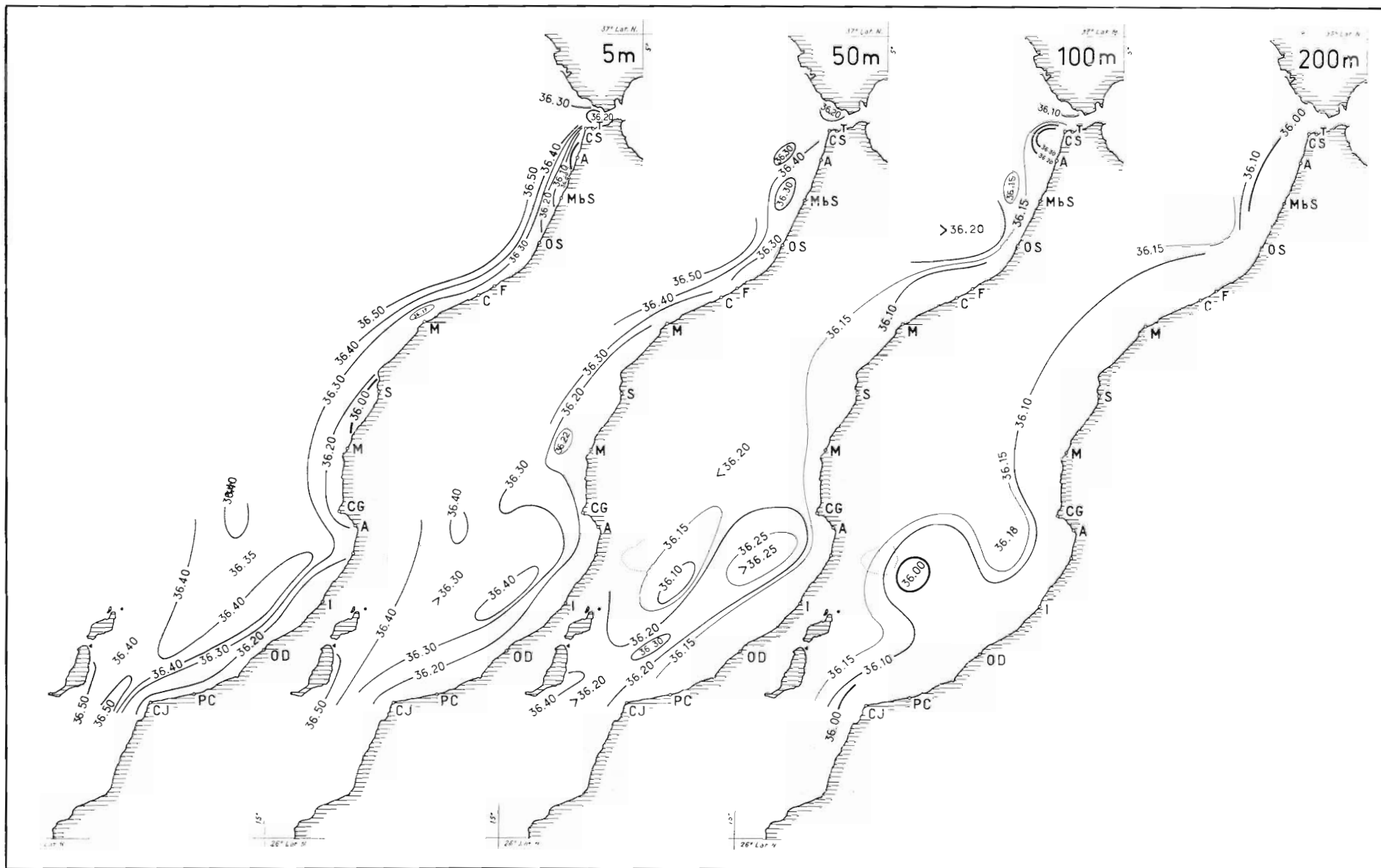


FIG. 17. — Isohalines d'automne (année 1951).

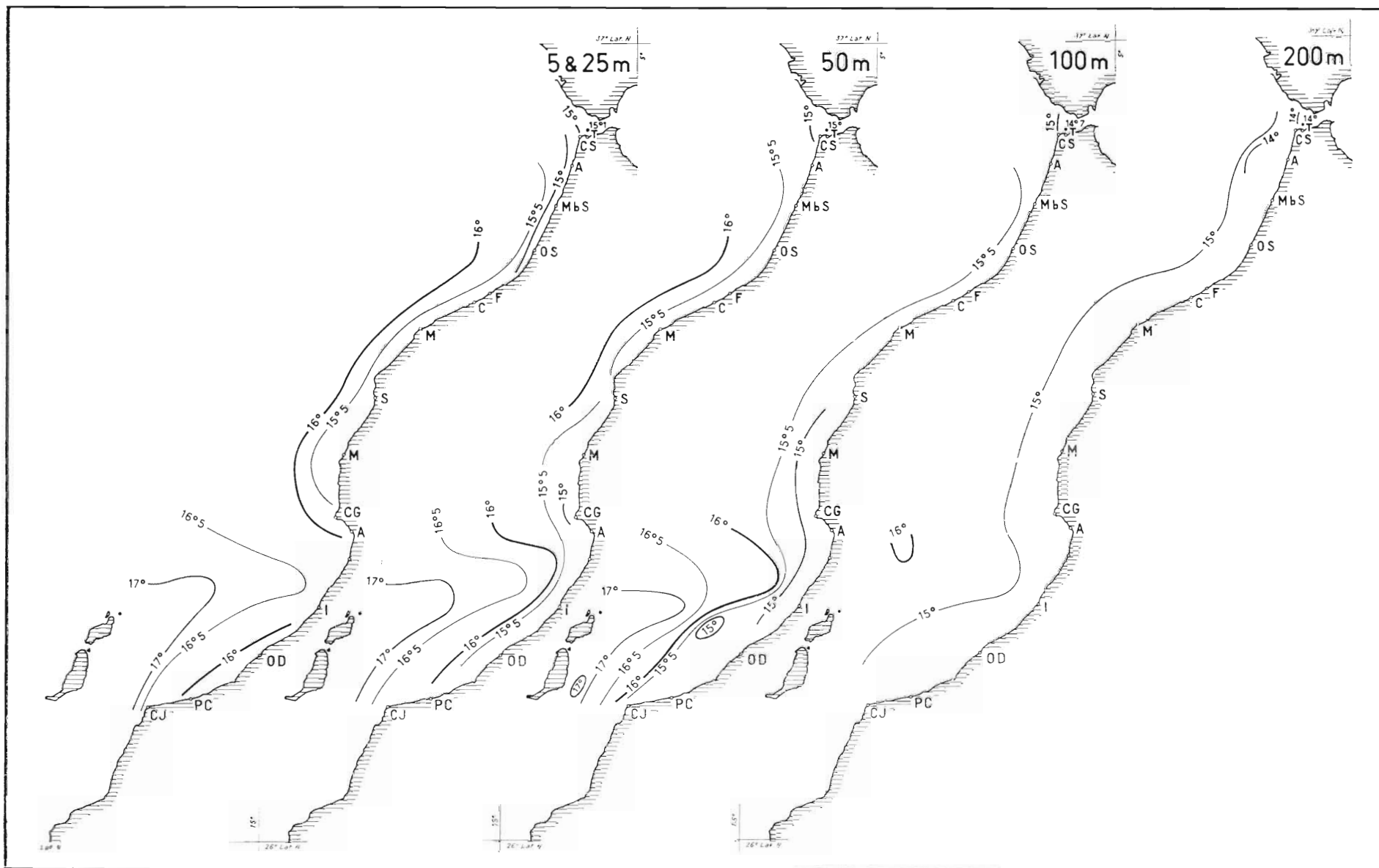


FIG. 18. — Isothermes d'hiver (année 1952).

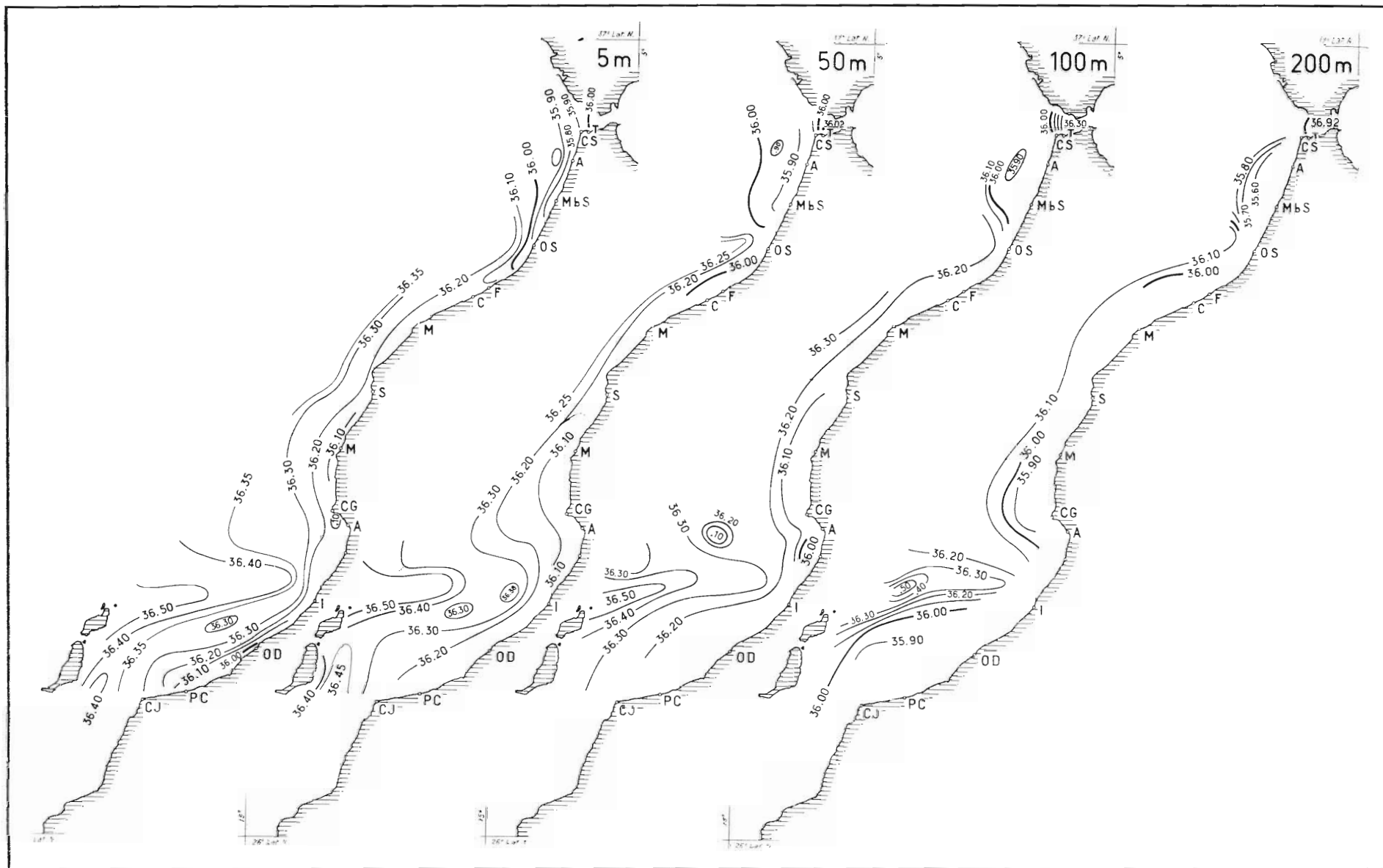


FIG. 19. — Isohalines d'hiver (année 1952)

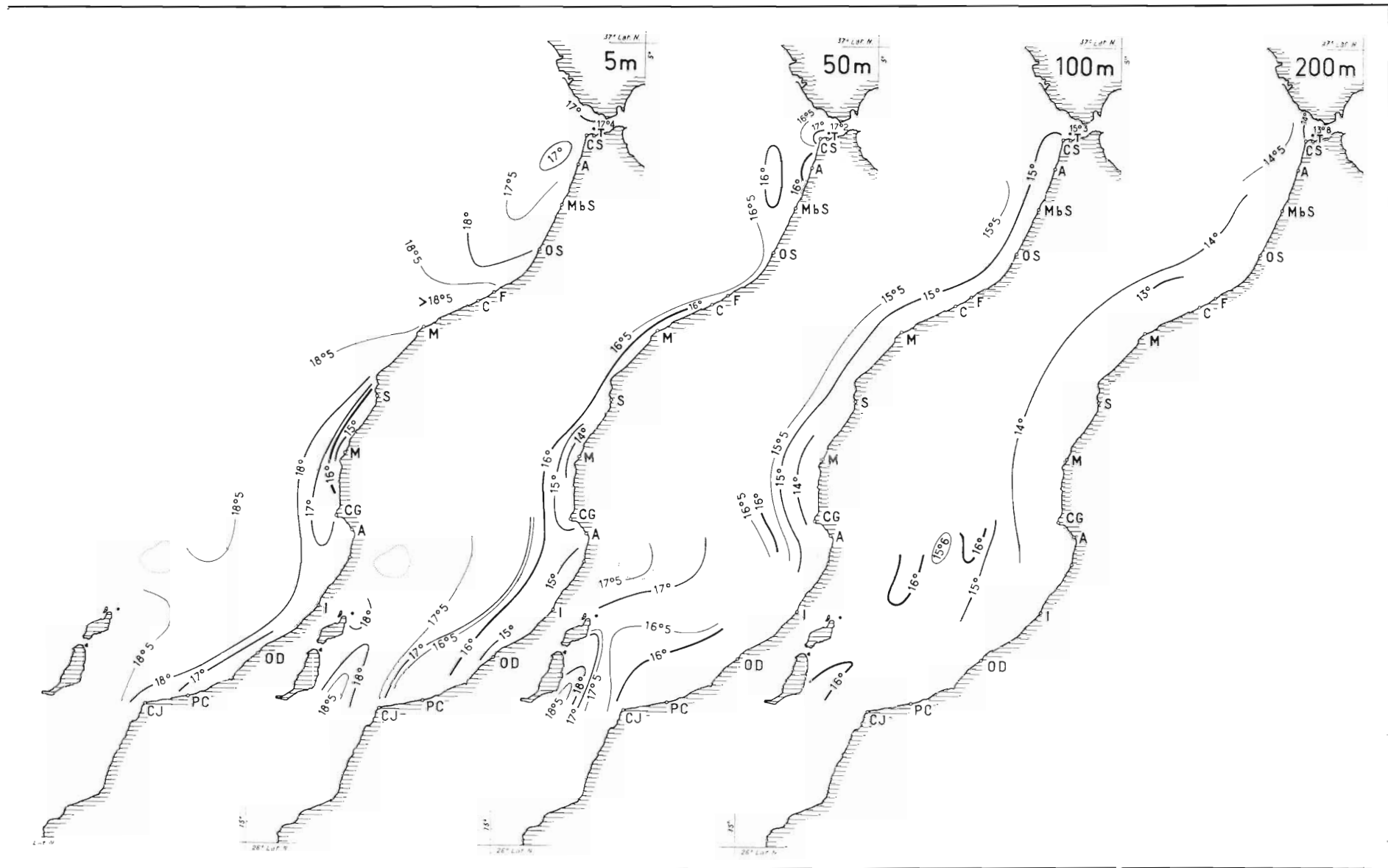


FIG. 20 — Isothermes de printemps (année 1952).

ANNEE 1952

(Température et salinité)

1. - Hiver (fig. 18 et 19). Comparées à l'automne précédent, les isothermes et isohalines redeviennent sensiblement parallèles au rivage, sur l'ensemble des secteurs du nord et du centre et dans la zone eulittorale du sud.

La température s'est fortement abaissée : 15° 16° de Spartel à Agadir entre 5 et 50 m, 15°5 à 100 m et 15° à 200 m. Il y a donc presque isothermie du nord au sud.

Pour la salinité, c'est différent. Le secteur nord a des salinités relativement basses : 35.80 à 36.10 seulement ; le centre les a moyennes : 36.10 à 36.30, tout comme la zone eulittorale du secteur sud. Mais dans ce dernier, du détroit à Ifni et Conception, les salinités sont fortes à tous les niveaux.

Par rapport à la saison correspondante de 1951, les eaux sont plus chaudes, surtout à partir de 50 m, et aussi plus salées, sauf toutefois dans la moitié septentrionale du secteur nord où la salinité est un peu moins forte entre 50 et 200 m.

Dans la zone eulittorale qui garde partout des eaux à caractère profond, les courants particuliers aux secteurs du nord et du sud sont bien apparents.

Au nord les isothermes et mieux encore les isohalines, surtout à 5, 25 et 50 m rendent visible le courant littoral peu salé, de Spartel jusqu'à Casablanca.

Dans le secteur sud les isothermes, avec presque autant de netteté que les isohalines, montrent par leur inflexion depuis les îles jusqu'à la baie d'Agadir, une poussée des eaux du large qui diminue apparemment l'importance de l'écoulement vers le sud, réel en toute saison, des eaux du bouclier central. Cette présence des eaux du large près de la côte méridionale est mise en évidence par les températures (16°5-17°) et surtout les salinités : 36.30 à 36.50, fortes pour la saison. Il ne semble pas qu'aux hivers précédents ces eaux méridionales du large se soient avancées vers la côte avec autant de netteté et d'ampleur.

Le niveau de 200 m, toujours intéressant à considérer, est remarquable par l'isothermie que signale la courbe des 15° en deçà de laquelle des eaux légèrement plus froides de l'« upwelling » précédent subsistent.

A 200 m, dans le détroit de Tanger, avec 1° de moins (14°), se manifeste l'influence du courant méditerranéen rendu plus typique encore par la salinité très élevée (36.92) qui contraste toujours fortement avec celle des eaux du secteur atlantique voisin de Spartel variant entre 35.60 et 35.80.

2. - Printemps (fig. 20). Seules les températures ont été observées. Elles ont nettement augmenté en surface (1°5 environ) et montrent la permanence du courant littoral du secteur nord.

Elles sont en diminution, à 100 m (15° et même 14° contre 15°5 de Safi à Ghir) et plus encore à 200 m (14° au lieu de 15°), indiquant que depuis l'hiver le mouvement ascendant des eaux du talus vers la côte se manifeste avec force.

3. - Eté (fig. 21 et 22). Les températures se sont fortement élevées dans le nord, où elles s'établissent entre 20° et plus de 23°; au centre, elles se maintiennent basses, dans la zone eulittorale, et s'élèvent au large; ceci pour la surface, car à 25 m et plus encore aux niveaux inférieurs elles diminuent. Les salinités, à 5 et 25 m, fortes dans le secteur nord où elles peuvent atteindre 36.40 à 36.50, sont bien moindres dans le centre avec 36.0 et 36.10; elles s'abaissent notablement aux niveaux inférieurs, mais restent toujours plus élevées au nord qu'au centre.

1° Ces différences témoignent d'un « upwelling » puissant dans le secteur de Safi-Mogador et relativement atténué dans le secteur nord, où il laisse en certains points la place aux eaux chaudes et salées du large. Mais à 200 m, la grande régularité des isothermes 14°-14°5, des isohalines 35.90-35.95 montre qu'en profondeur la montée des eaux du talus est uniforme et continue d'un bout à l'autre de la côte.

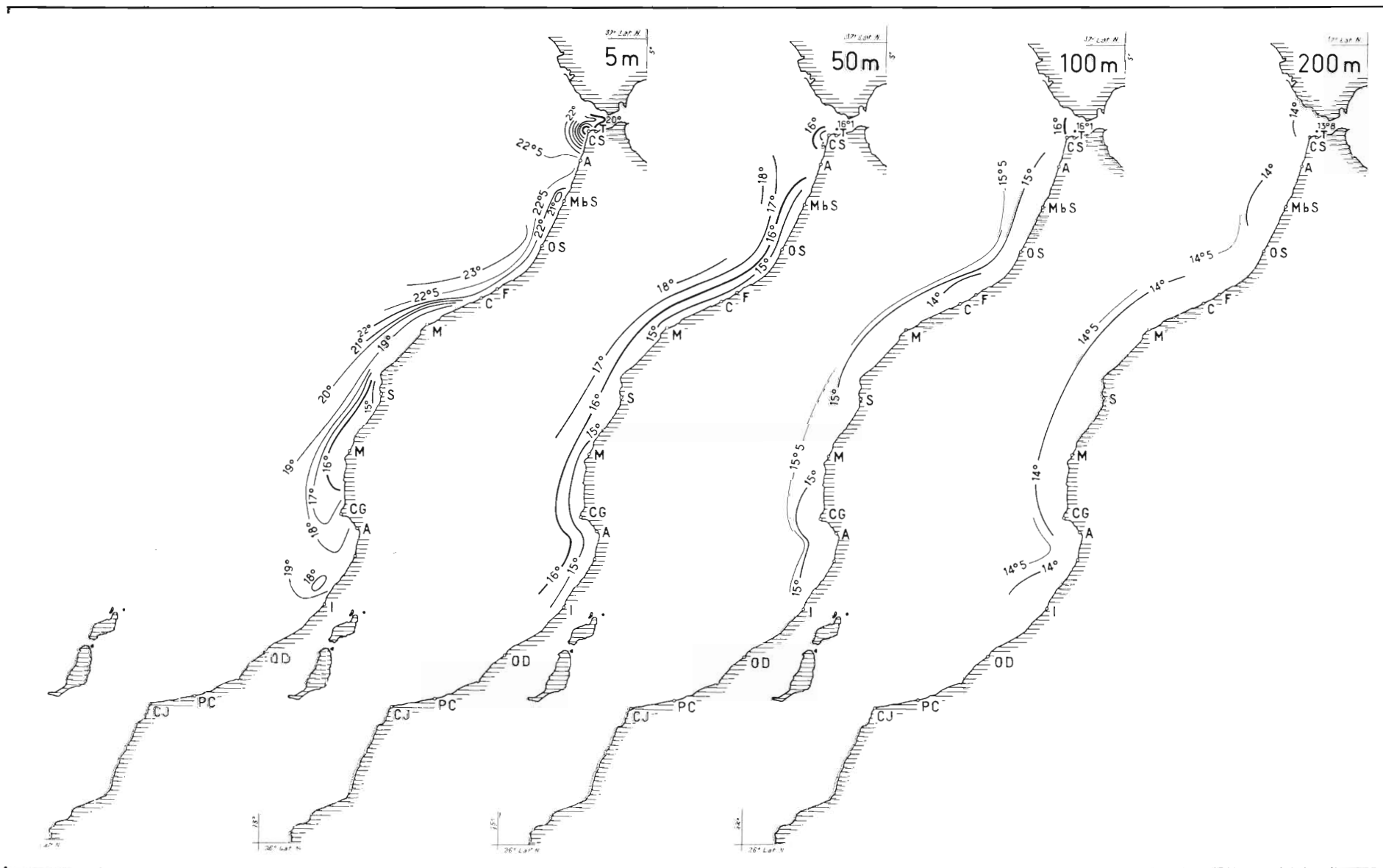


FIG. 21. — Isothermes d'été (année 1952).

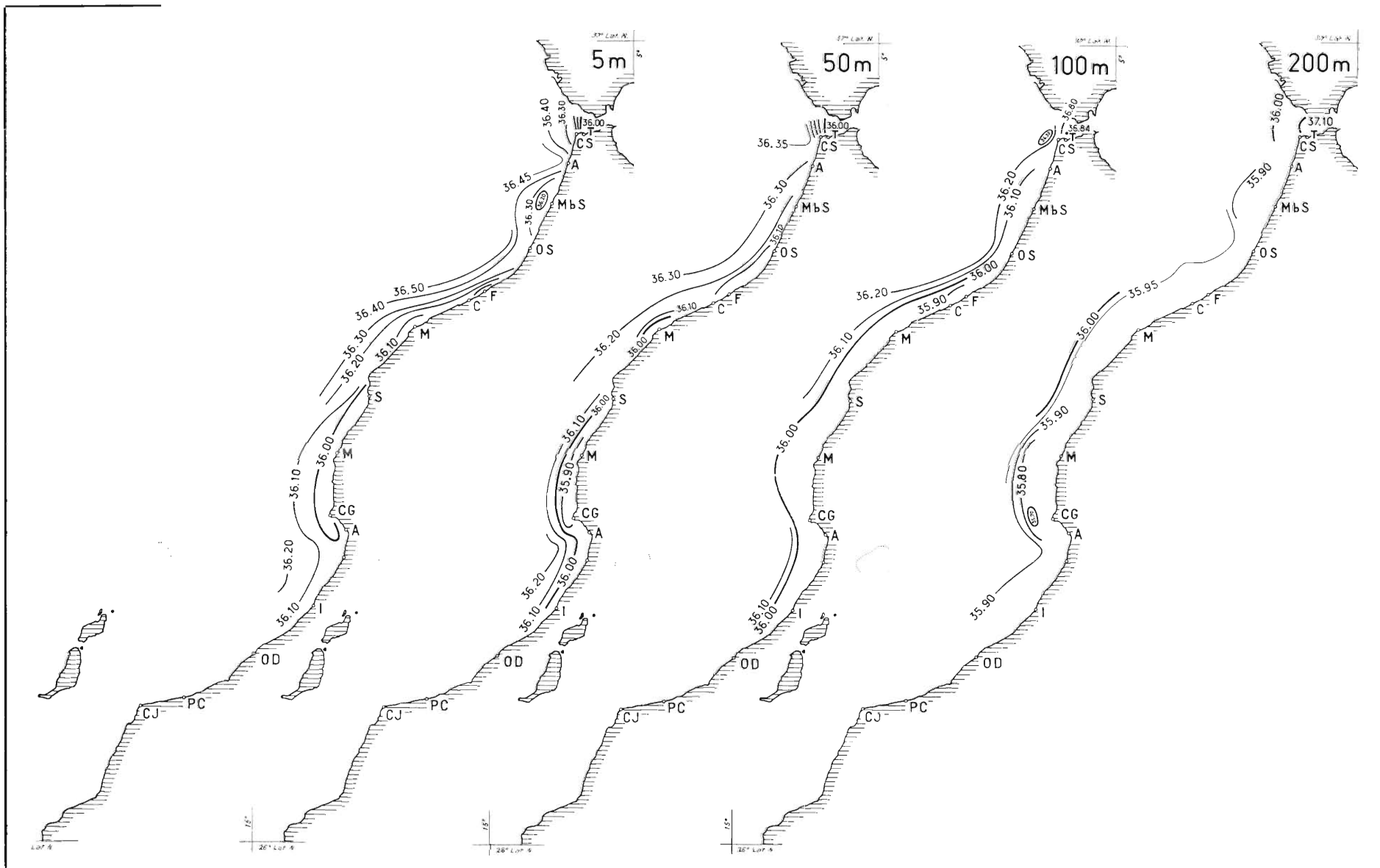


FIG. 22. — Isohalines d'été (année 1952).

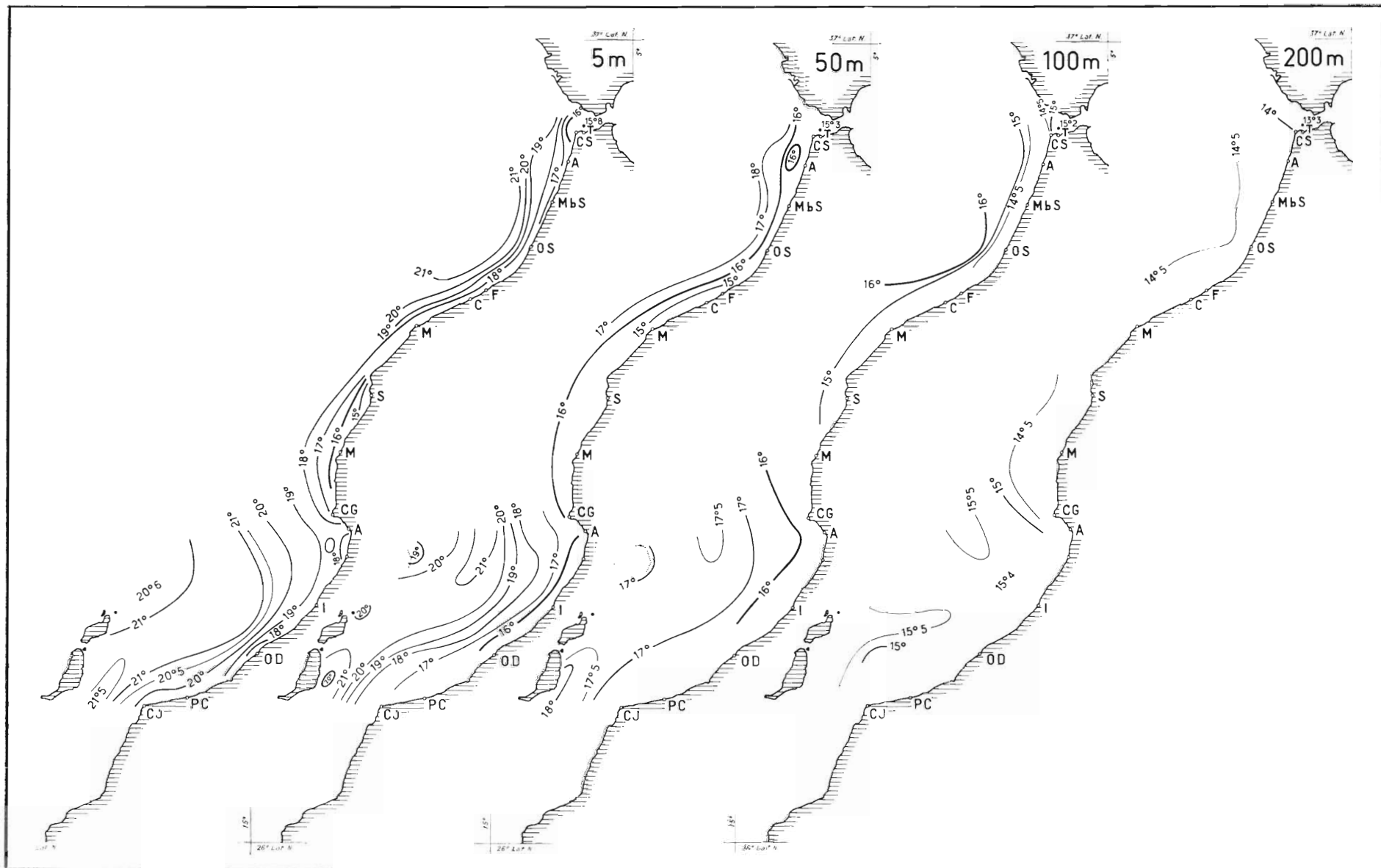


FIG. 23. — Isothermes d'automne (année 1952).

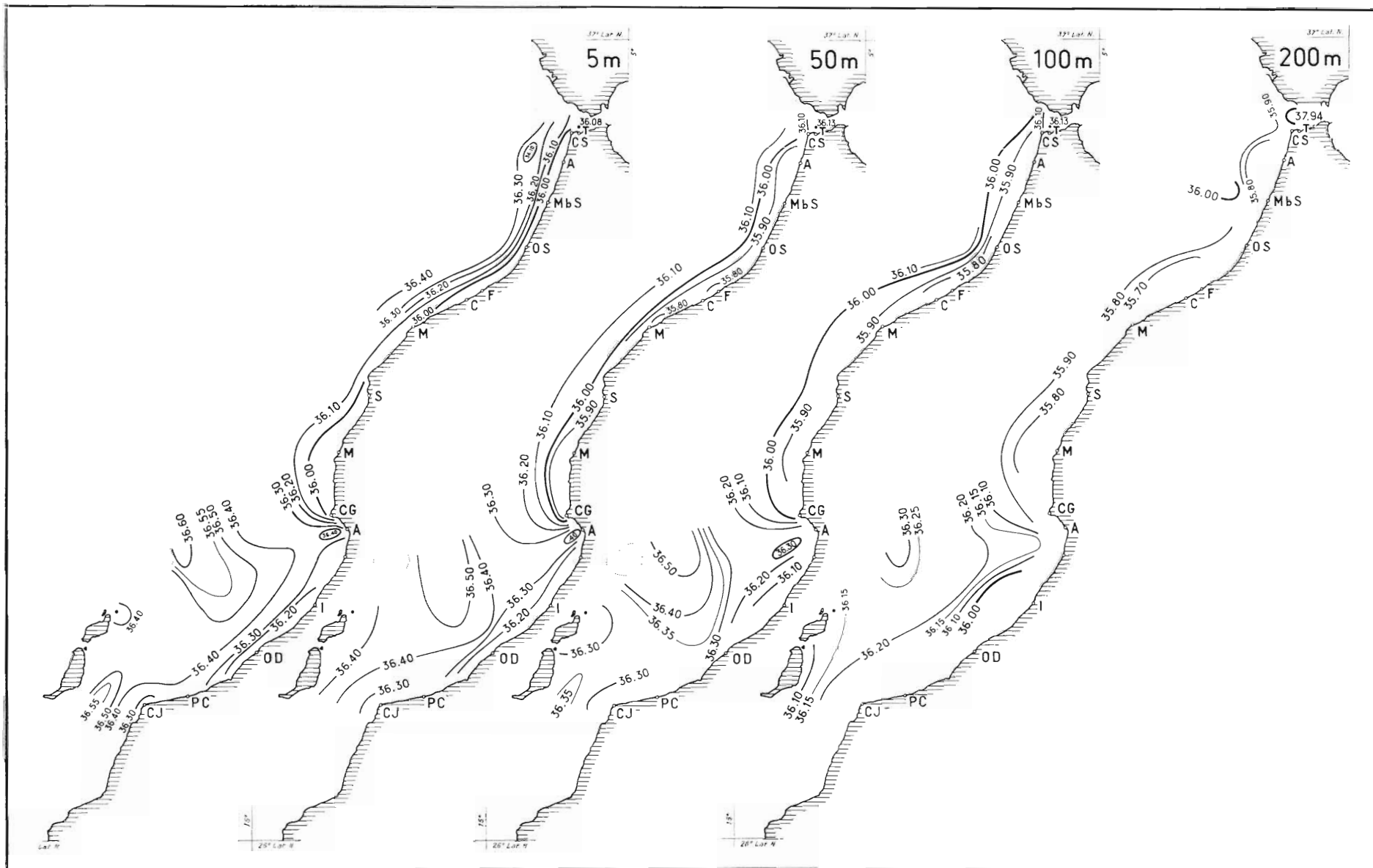


FIG. 24. — Isohalines d'automne (année 1952).

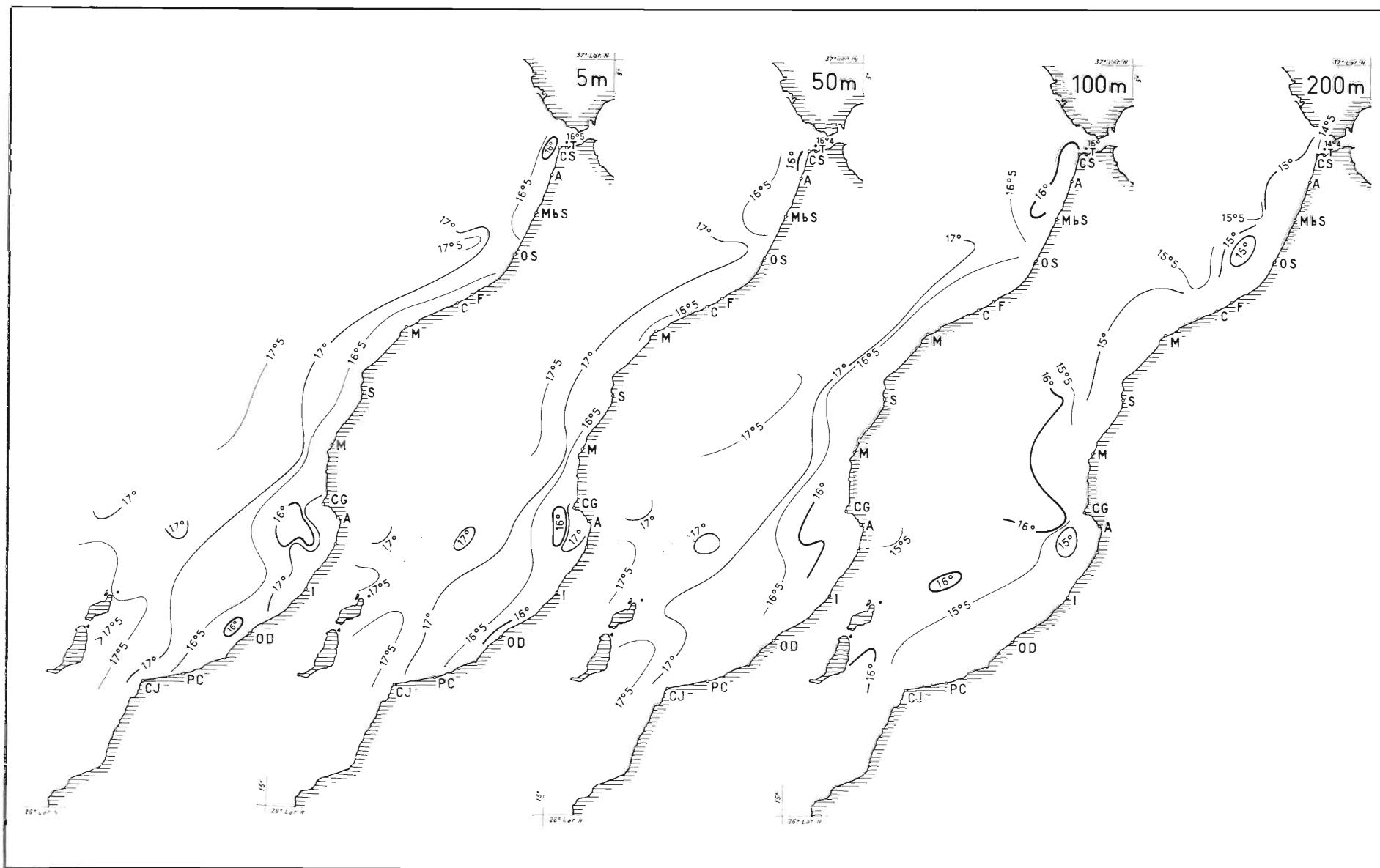


FIG. 25. — Isothermes d'hiver (année 1953).

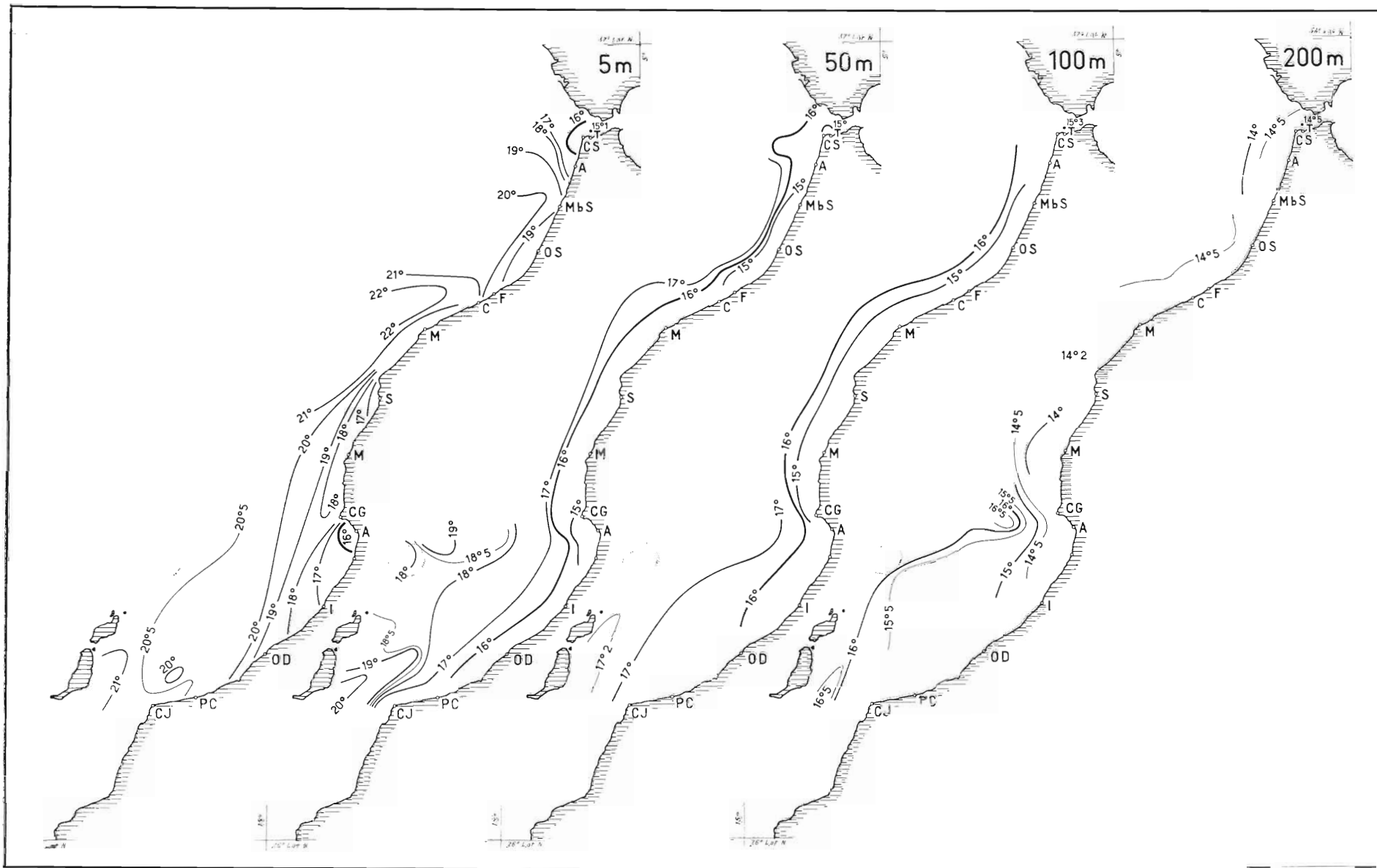


FIG. 27. — Isothermes de printemps (année 1953).

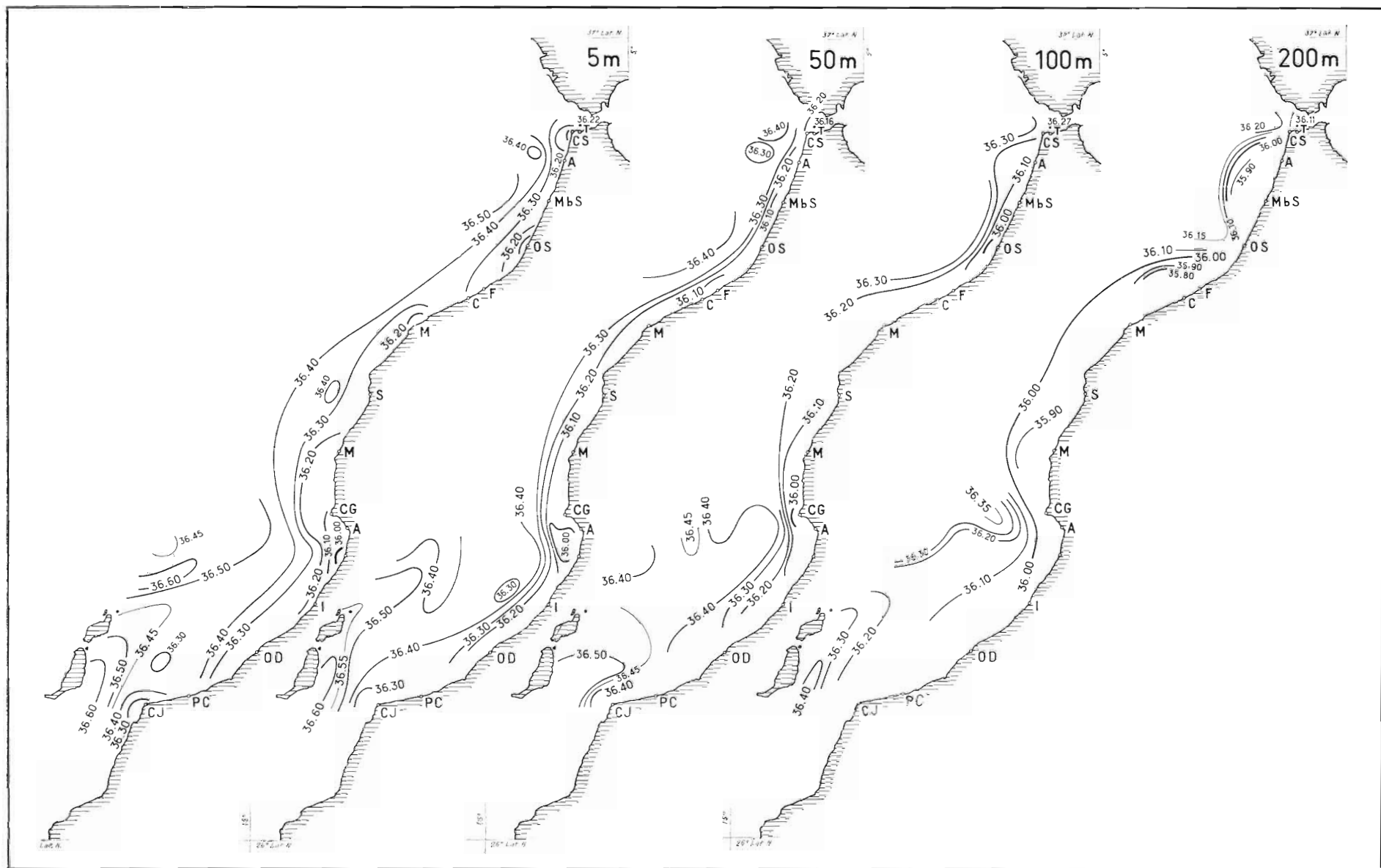


FIG. 28. — Isohalines de printemps (année 1953).

2° Enfin, dans le détroit de Tanger, en bordure des eaux très peu salées du cap Spartel, l'influence du courant méditerranéen profond apparaît déjà à 100 m (sal. 36.84) et surtout à 200 m (sal. : 37.10 et T° : 13°8).

Il n'y a pas pour cette saison d'observations au sud d'Ifni et on ne peut savoir, en conséquence, comment se comportent les eaux du détroit canarien.

4. - Automne (fig. 23 et 24). Bien qu'elle se soit abaissée depuis l'été, la température de la couche superficielle, jusqu'à 25 m, atteint encore 21° au nord, 18° au centre et 20 à 21°5 au sud. En profondeur la diminution est moindre.

Les salinités se sont, elles aussi, légèrement affaiblies dans le secteur nord d'où 36.40 et 36.50 ont disparu, n'ont pas sensiblement varié de Safi au cap Ghir et offrent des taux élevés au sud où elles dépassent 36.50 au large, depuis la surface jusqu'à 100 m.

Comparées à celles de 1951 ces données indiquent que l'« upwelling », plus important, s'est prolongé avec force jusqu'à l'automne au nord et au centre et qu'il a cessé plus vite dans le secteur méridional, que les eaux du large, très salées, ont reconquis.

ANNEE 1953

(Température, salinité et courants)

A. - Température et salinité.

1. - Hiver (fig. 25 et 26). Cette année fait exception au régime hydrologique de cette région qui s'est signalé, au cours des deux années précédentes par une forte diminution de la salinité entre l'automne et l'hiver. Or dans le cas présent (hiver 1953) et principalement dans le secteur nord, la salinité qui était déjà forte durant l'automne de 1952 a augmenté. La température elle-même, qui subit toujours une chute importante pendant les mois froids s'est, du fait de la forte teneur en sel des eaux, maintenue à un degré relativement élevé (16°5 à 17°5 jusqu'à 100 m).

De telles données montrent que les eaux du large, chaudes et salées, ont depuis l'automne dernier progressé dans la baie ibéro-marocaine et qu'elles occupent la presque totalité de la zone côtière.

Cette anomalie donne aux isothermes et aux isohalines un tracé qui contraste avec celui des hivers précédents pratiquement parallèle au rivage. Les eaux les plus diluées se limitent à la zone littorale. Individualisées au nord depuis le cap Spartel jusqu'à l'embouchure du Sebou, elles sont coupées par un lobe à 36.50 en direction de la côte entre ce fleuve et Fédala, lobe qui, avec la profondeur, s'infléchit vers le nord-est, gêné dans son approche par ces eaux littorales.

Dans le secteur sud, les eaux côtières s'étalent, de Mogador à l'oued Draa, jusqu'à la hauteur de Lanzarote, leur influence se faisant sentir sur une grande partie du vestibule canarien. Elles s'écartent en effet du rivage d'Agadir à Ifni où une nappe plus chaude et plus salée (supérieure à 36.40), plaquée le long du rivage, les dévie. Dans le détroit canarien elles rencontrent comme toujours des eaux très salées (36.60 jusqu'à 100 m).

2. - Printemps (fig. 27 et 28). Les salinités de surface ont légèrement diminué tandis que les températures - phénomène classique en cette saison - ont augmenté (20 et 21° au large).

Les courbes ont perdu de leur irrégularité; elles tendent à devenir parallèles au rivage et à montrer qu'à la situation décrite en hiver se sont partout substituées les manifestations de l'« upwelling », non sans que ne se maintiennent toutefois dans le secteur nord les eaux du large, signalées par des températures de 20 à 22° et une salinité de 36.50 en surface. Mais dans ce dernier secteur comme ailleurs, à partir de 25 m et surtout de 50 m, une dilution notable de la zone eulittorale montre que tout le long du continent les eaux ascendantes ont atteint le voisinage de la côte.

Deux lignes de stations faites au cours de ce printemps, suivant un itinéraire allant du cap Cantin (au nord de Safi) à Madère avec retour vers le sud par les bancs Dacia et Conception (fig. 29), confirment bien par leurs salinités identiques à celles de la zone néritique que celle-ci est occupée en surface par les eaux du large qui ne cèdent la place à l'« upwelling » que sur une étroite bande continentale.

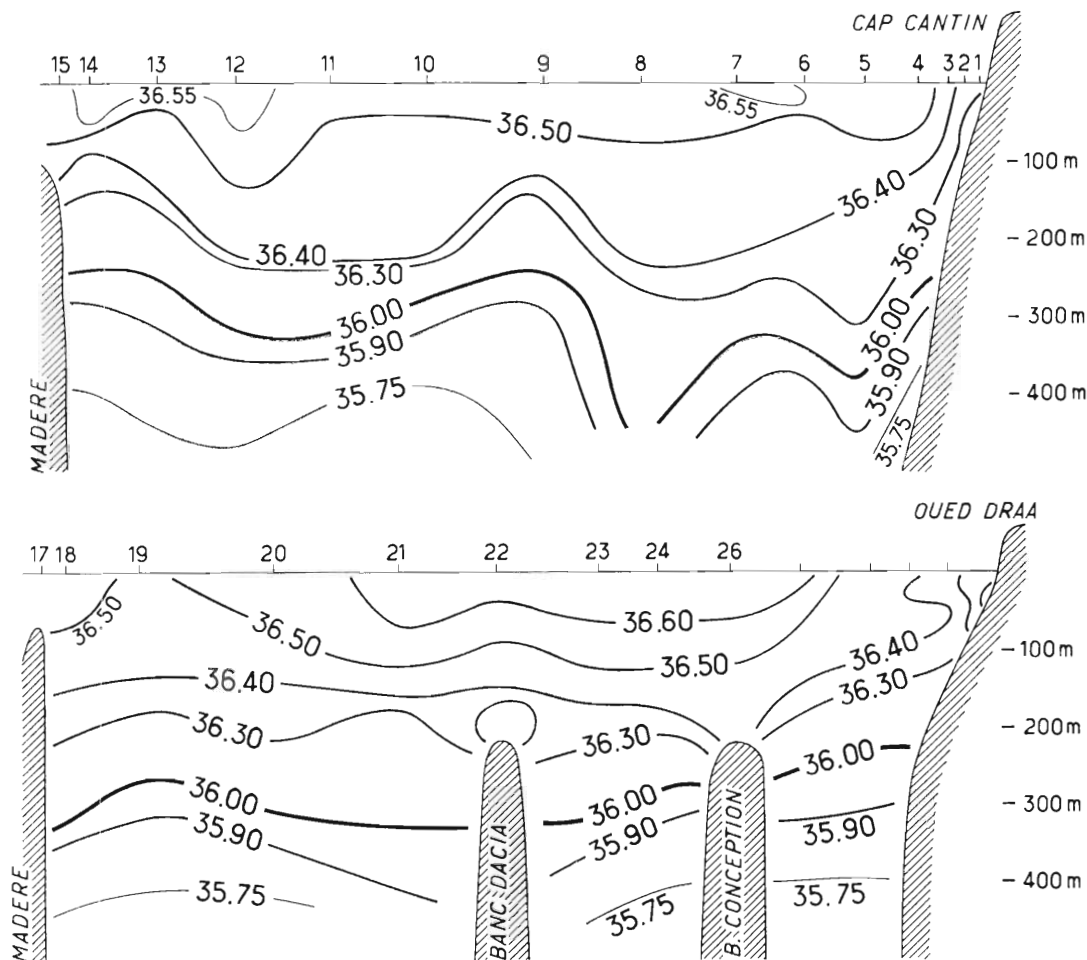


FIG. 29. — Sections hydrologiques du cap Cantin à Madère et de Madère à l'oued Draa (29 avril-9 mai 1953).

3. - Été (fig. 30 et 31). La température de surface a augmenté, celle des couches intermédiaires (50 m) est restée stationnaire ; en profondeur elle a même, en certains points, légèrement diminué.

Quant à la salinité, toujours très forte au large où, dans le sud, elle atteint 36.50 et même 36.65 en surface, 36.30 à 36.40 entre 50 et 100 m, elle s'est abaissée sur l'ensemble de la zone côtière presque entièrement circonscrite par les isohalines de 36.20 à 5 m, 36.10 à 25 et 50 m, 36.00 à 100 m, 35.95 à 200 m. On voit ainsi que les eaux du talus ont accentué leur montée vers la côte, d'un bout à l'autre de la carte.

Mais au large du secteur sud, depuis un point central fixé sur le banc Conception, des eaux chaudes et très salées se présentent en direction sensiblement perpendiculaire au continent et emplissent le vestibule canarien. La pénétration de ces eaux du large, très visible jusqu'à la profondeur de 200 m, s'arrête au bord du plateau continental, domaine de l'« upwelling ».

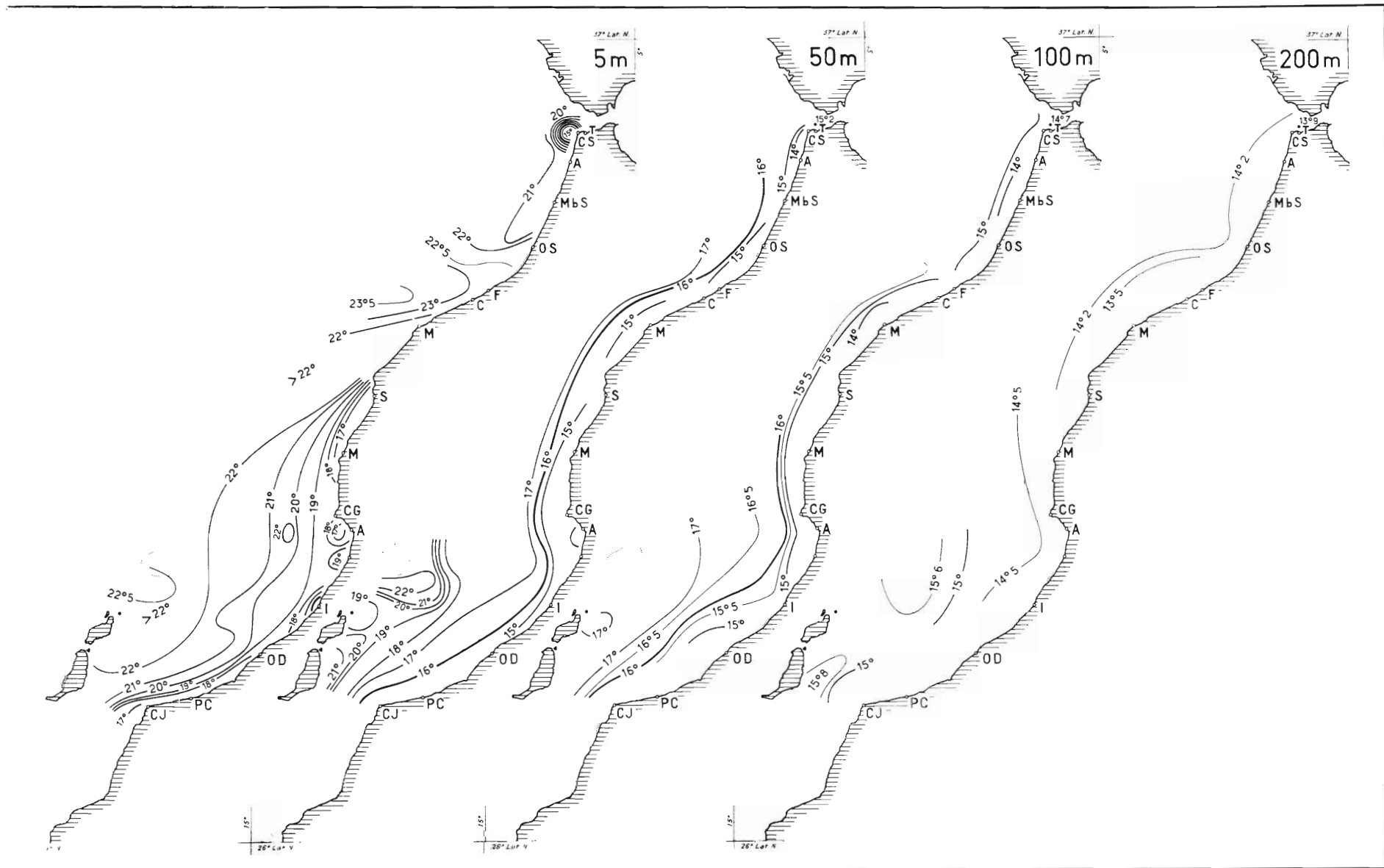


FIG. 30. — Isothermes d'été (année 1953).

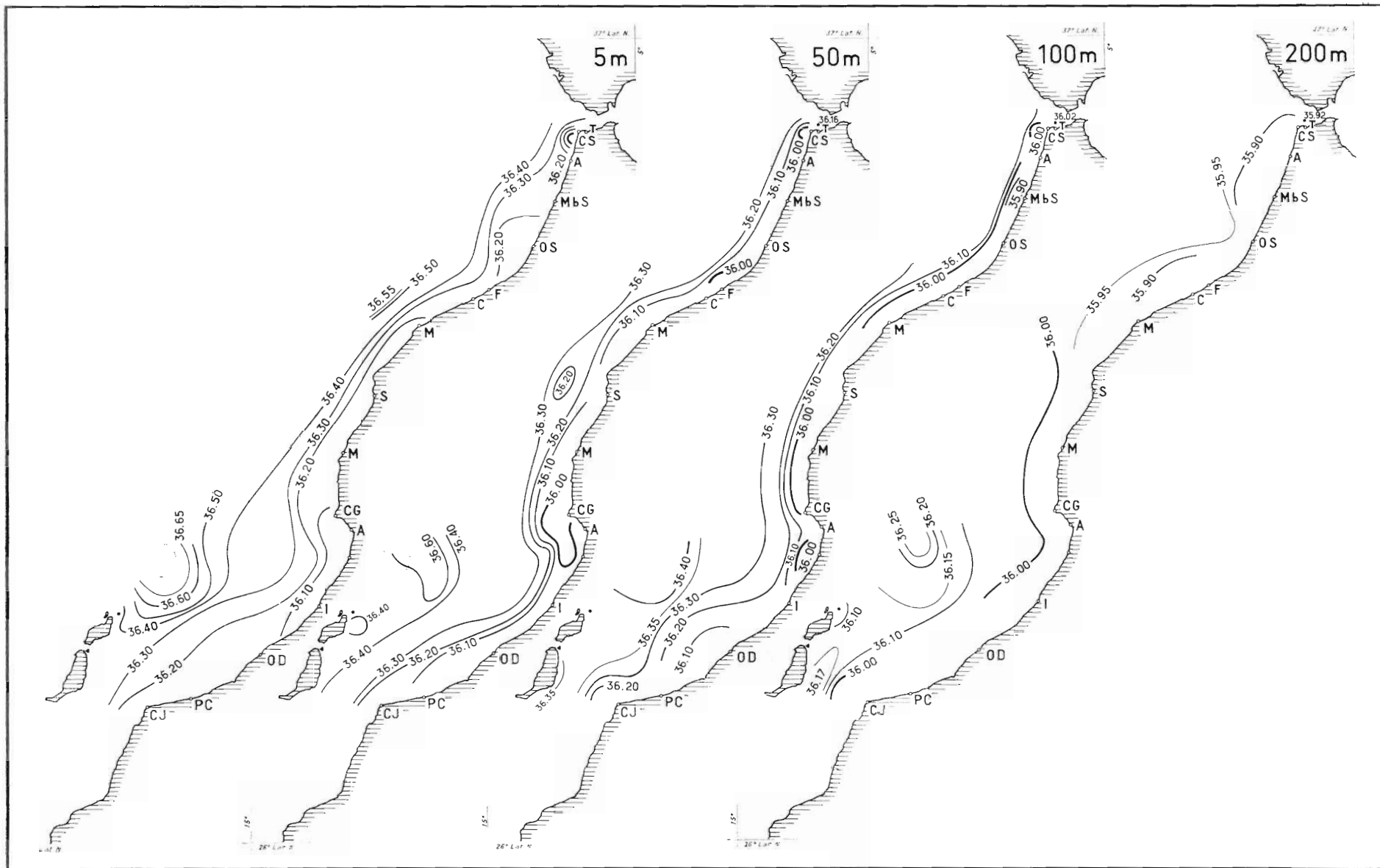


FIG. 31. — Isohalines d'été (année 1953).

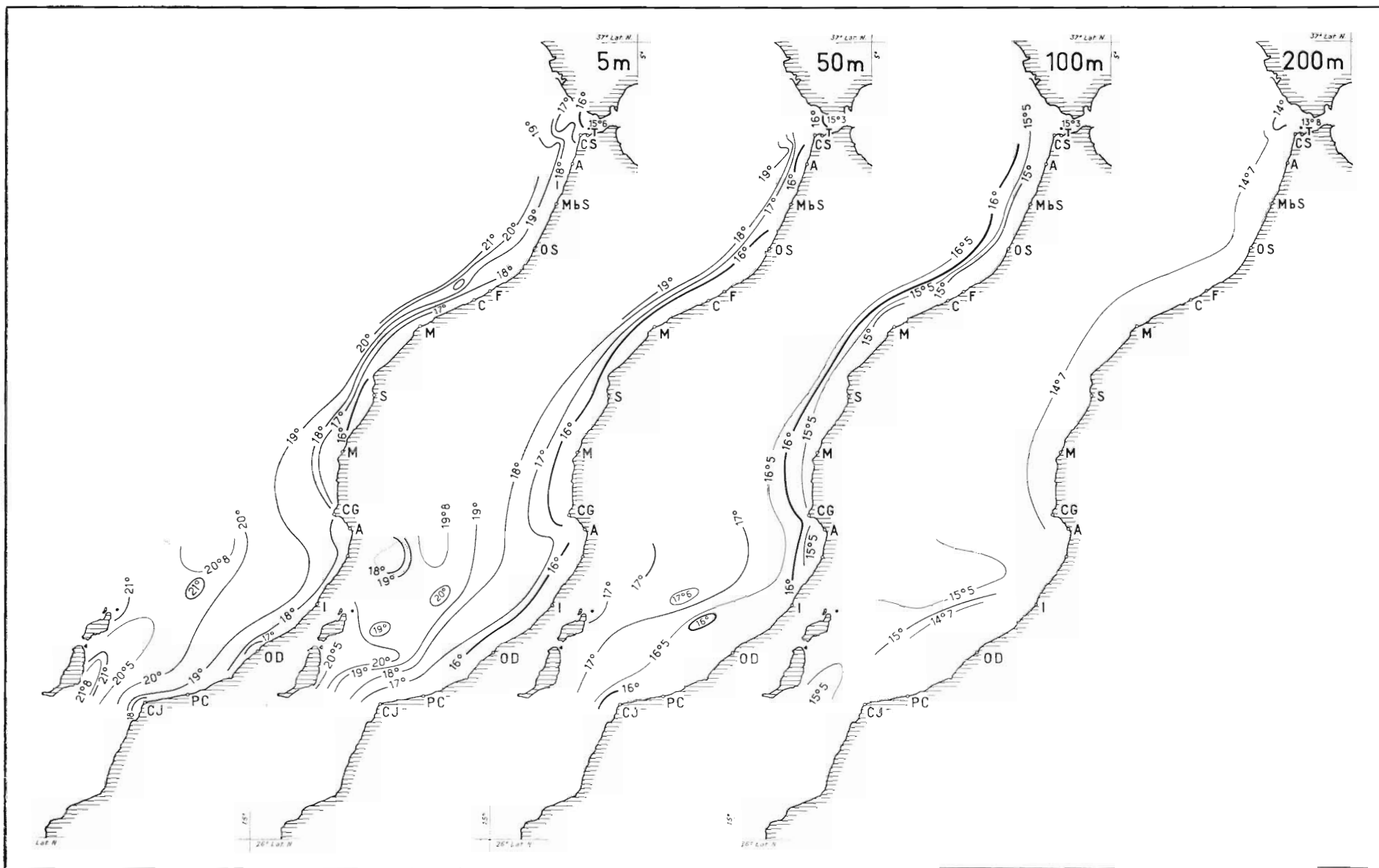


FIG. 32. — Isothermes d'automne (année 1953).

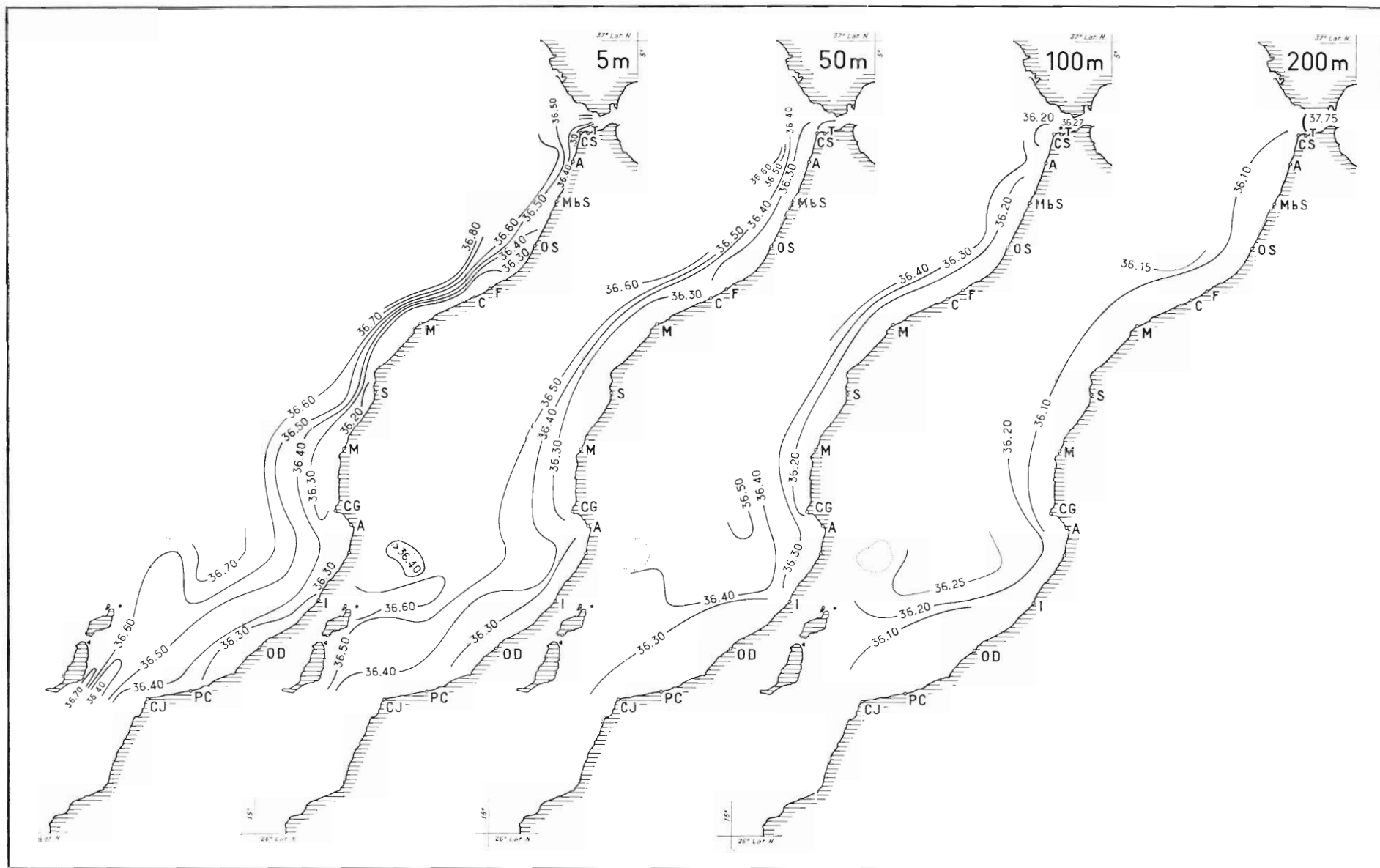


FIG. 33. — Isohalines d'automne (année 1953).

4. - **Automne** (fig. 32 et 33). A partir de Spartel, la température fléchit au large où elle ne dépasse pas 21° comme à proximité de la côte en surface. Mais en profondeur, elle a cru au contraire. La salinité, partout en progression marquée en surface, dépasse 36.60 au large et, dans la zone néritique, 36.30 et 36.40 ont remplacé 36.10 et 36.20. Il en est de même aux niveaux inférieurs où toutefois l'augmentation est moindre.

Ces salinités plus fortes du nord au sud montrent que les eaux profondes ont cessé de monter et qu'elles sont remplacées par des eaux du large encore plus fortement salées qu'au début de l'année et pour lesquelles on doit admettre un déplacement important en direction de la côte.

On retiendra donc de cette année 1953 qu'elle est essentiellement caractérisée par une expansion, inégalée depuis 1949, des eaux chaudes et surtout très salées de la haute mer dans la zone néritique.

B. - Courants.

Mais l'année 1953 permet, par le nombre plus élevé des stations qu'elle comporte et la distribution de beaucoup d'entre elles au-delà de la zone côtière, de procéder à une étude sommaire de la dynamique des eaux marocaines susceptible de renseigner sur l'importance relative et l'orientation des courants qui se manifestent au cours des saisons.

Au voisinage de la surface, surtout à proximité des côtes, les divers facteurs qui interviennent dans les déplacements d'eau interfèrent et rendent une telle étude difficile. Il est donc préférable de se baser sur un niveau de référence aussi profond que possible. Dans le cas présent, le choix a porté sur les points explorés les plus bas, soit 400 m. Les données exposées ci-après, fragmentaires par la force des choses, suffiront néanmoins à définir les courants durant l'année 1953 et, étant donné la concordance générale des phénomènes d'une année à l'autre, elles pourront être étendues à la situation dans son ensemble.

En hiver (fig. 34), de la surface à 200 m, les courbes isodynamiques, écartées les unes des autres, indiquent que les courants sont faibles. Les eaux du large qui, nous l'avons vu, ont envahi la zone côtière depuis l'automne précédent sont, pour ainsi dire, étales, dans le secteur central principalement, et l'équilibre augmente de la surface au fond. Ces conditions sont bien celles de la phase de repos décrite pour chaque hiver entre 1947 et 1953.

Au printemps (fig. 35), à 5 et 50 m, les courbes s'organisent parallèlement à la côte, marquant un courant qui s'écarte de celle-ci dans le vestibule canarien. Mais, dans le secteur nord (Moulay-bou-Selham et Casablanca), se perçoit une pénétration des eaux du large apparemment de faible volume. De même, dans le détroit canarien proprement dit, sur le flanc des îles, un mouvement en direction du nord s'oppose partiellement à l'écoulement des eaux côtières dans cette région. À 100 et 200 m les données manquent pour le secteur nord, mais dans le sud le mouvement qui vient d'être signalé reste visible.

En été (fig. 36), le courant côtier nord-sud existe toujours, plus rapide même qu'au printemps. Dans les parages de Casablanca, la direction des courbes fait apparaître qu'il est alimenté par des eaux du large tandis que les eaux de la bordure canarienne progressent davantage qu'au printemps vers le nord. Mais à partir de 50 m ces eaux du large, entre Conception et Lanzarote, décrivent un mouvement vers la côte, cependant qu'à 200 m le courant côtier nord-sud ne se fait plus sentir et que les déplacements s'orientent du sud-ouest au nord-est.

En automne (fig. 37), le courant littoral se maintient, plus étroit et plus rapide au nord, plus étalé au sud. Les eaux du large s'infléchissent vers le sud et une section hydrologique de Casablanca au Coral Patch, non figurée ici, révèle qu'elles se rapprochent fortement du continent et traduisent un drainage général des eaux salées du nord-ouest vers le sud-est. Le courant littoral n'est alors qu'un diverticule de ce courant général que la côte oblige à cheminer parallèlement à elle; il ne se manifeste plus à la profondeur de 100 m. Cette saison au cours de laquelle l'« upwelling » cesse et cède la place aux eaux du large marque une tendance vers l'équilibre constaté en hiver.

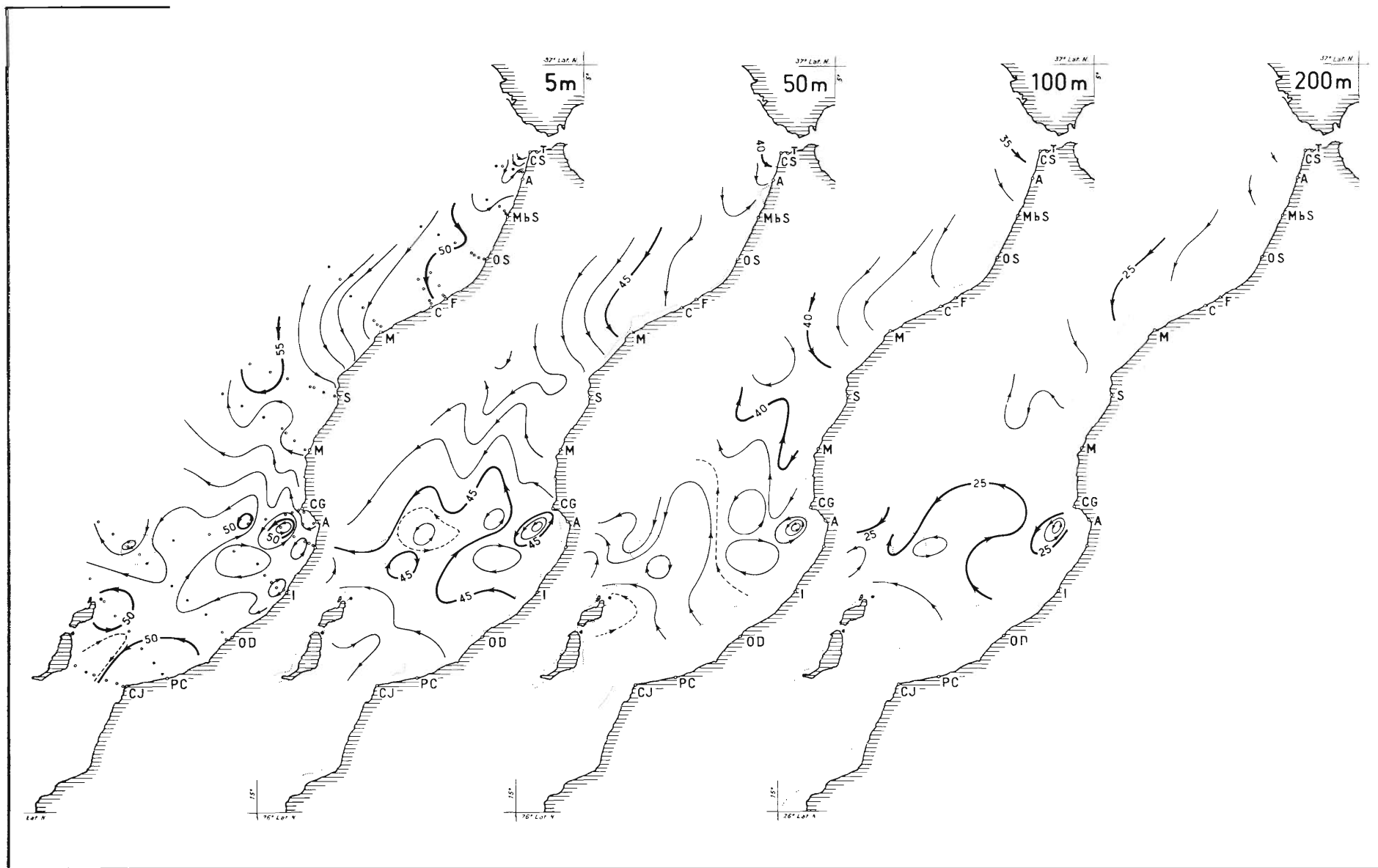


FIG. 34. — Isodyniques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Hiver 1953.

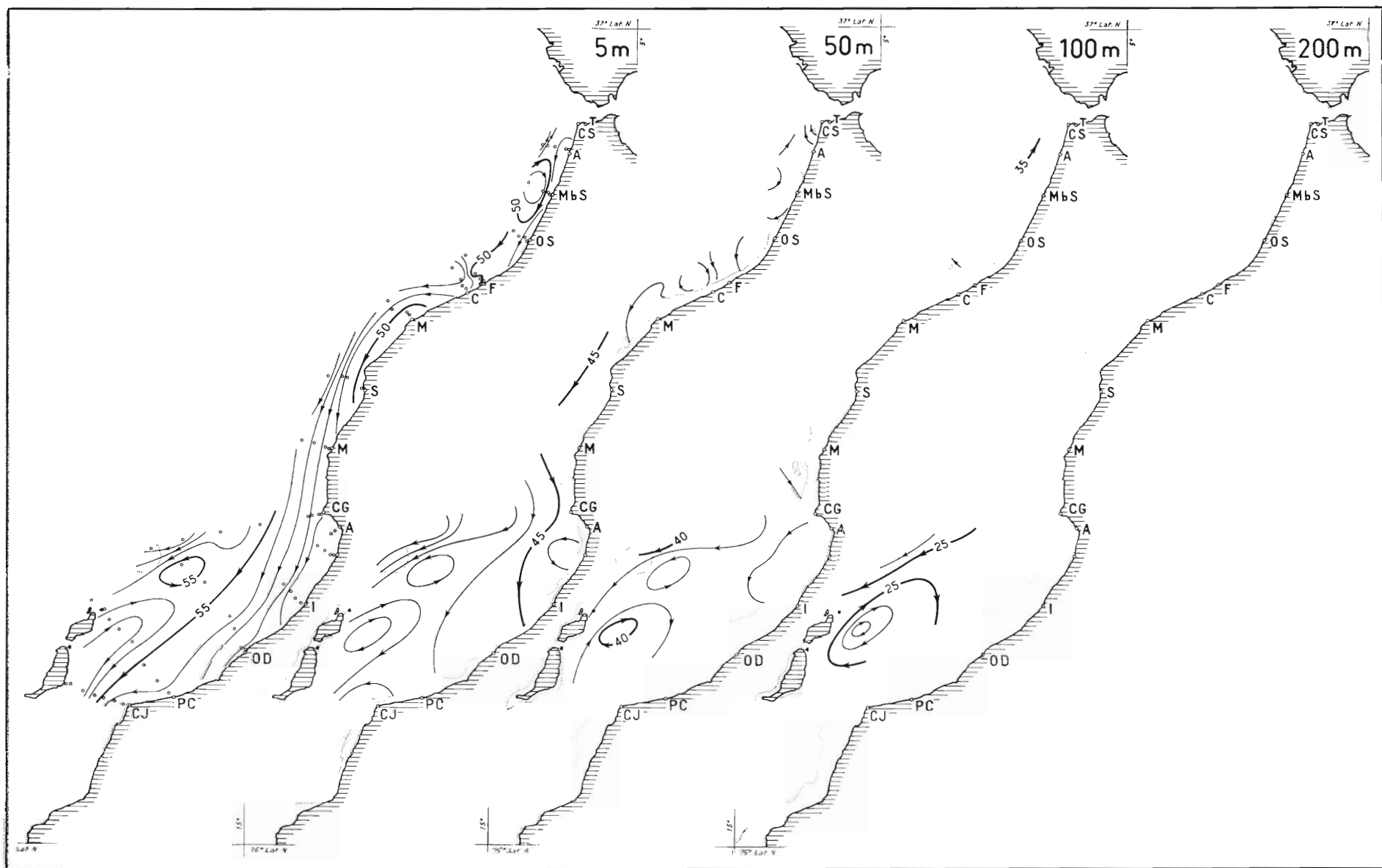


FIG. 35. — Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Printemps 1953.

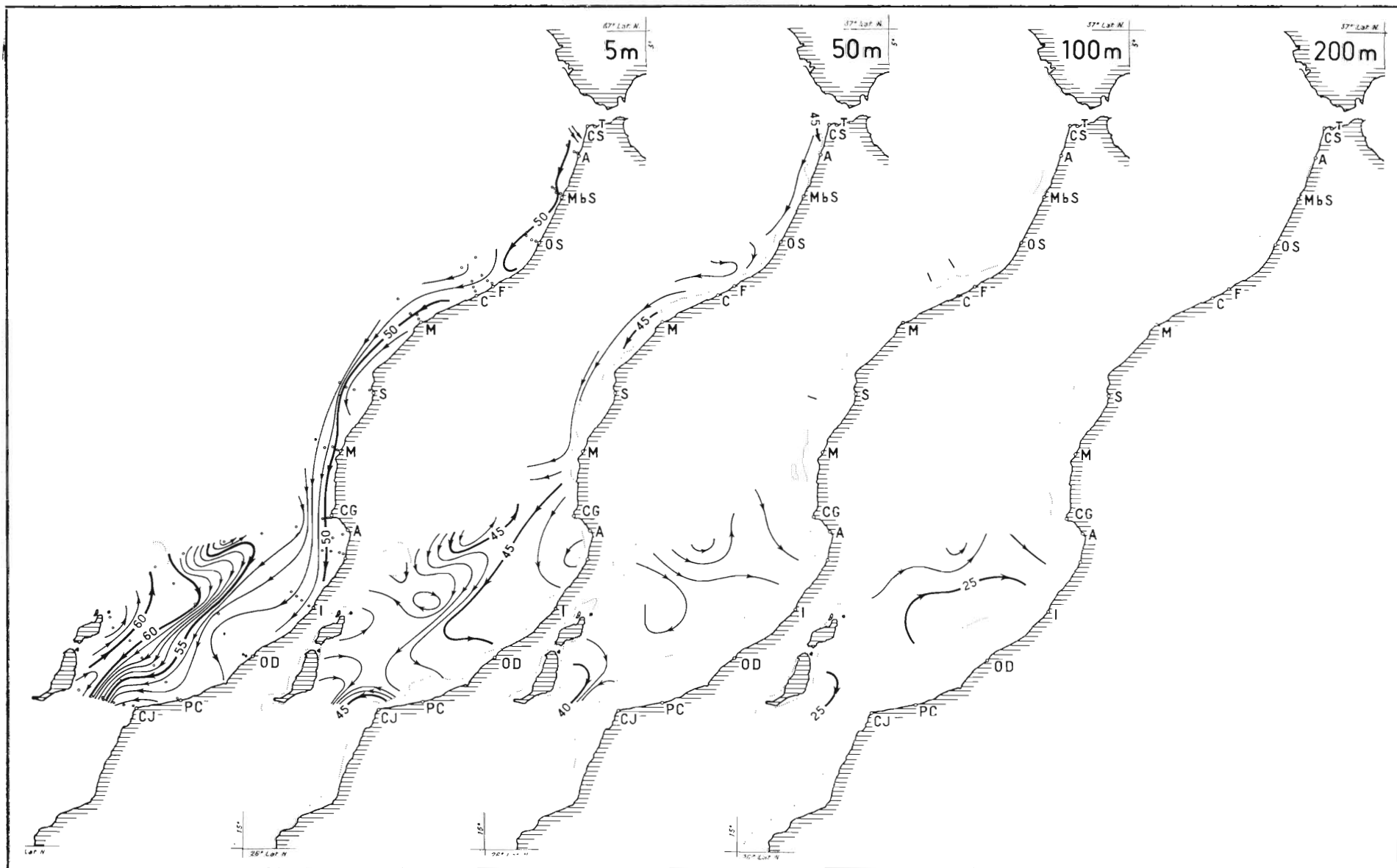


FIG. 36. — Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Été 1953.

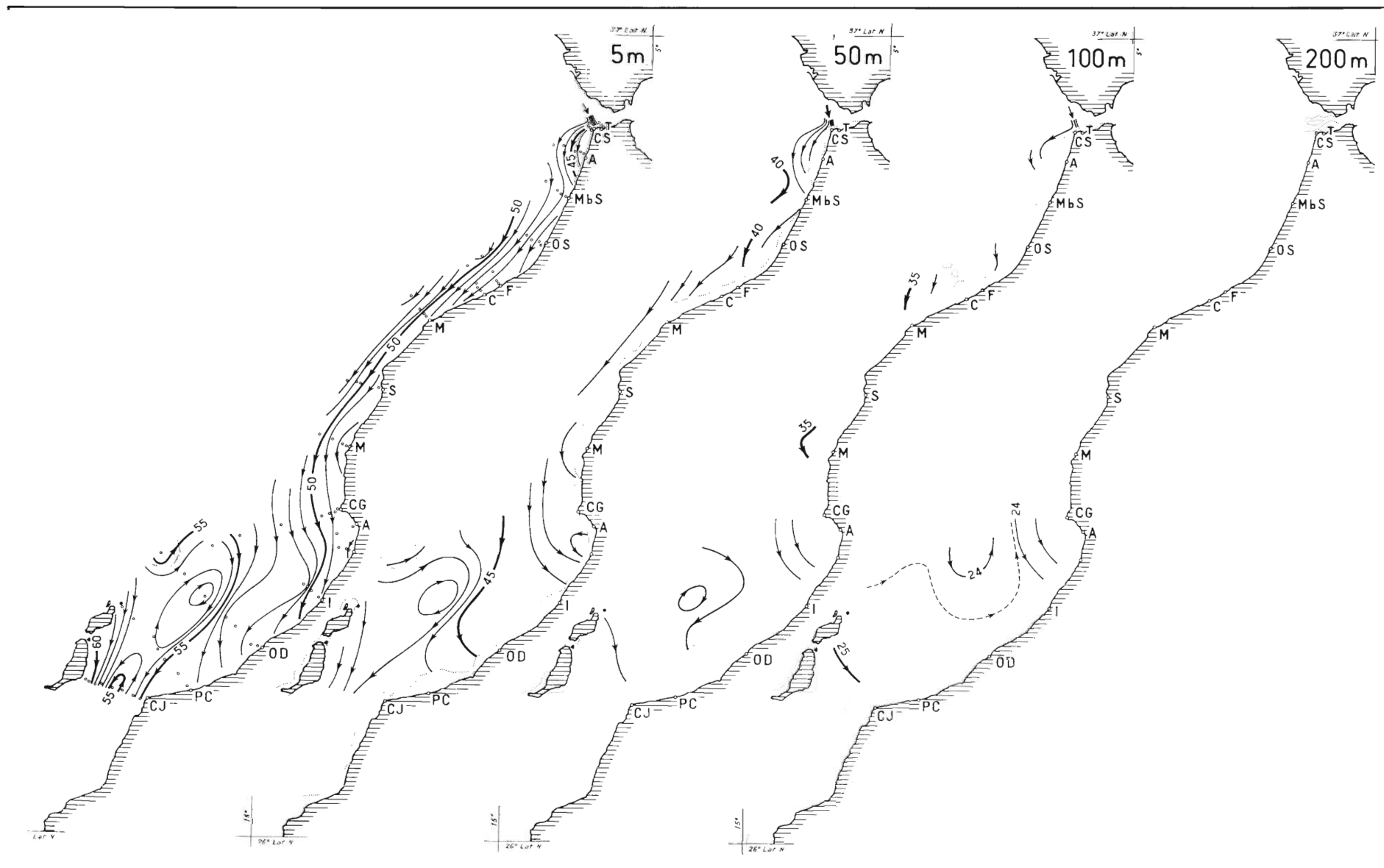


FIG. 37. — Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Automne 1953.

En résumé, les cartes isodynamiques des figures précédentes montrent bien que l'essentiel des mouvements, que permettent de déceler les isothermes et isohalines est réel; elles confirment le schéma qui a été donné de la situation hydrologique dans ses différentes phases au cours d'une année. De plus, en opposition avec certaines opinions selon lesquelles les eaux de cette région s'écoulent uniformément vers le sud, elles mettent en évidence, dans le vestibule canarien en particulier, des courants de direction différente et parfois même contraire au courant côtier nord-sud.

Remarques sur les variations annuelles de la température et de la salinité

Les cartes des années 1949 à 1953 donnent une idée générale du régime hydrologique de l'Atlantique marocain dans lequel les eaux de l'« upwelling » printanier et estival et celles du large occupent tour à tour plus ou moins complètement la zone côtière. Elles renseignent aussi sur la nature et le sens des courants d'une saison à l'autre.

Mais en dehors de la périodicité saisonnière ainsi relevée, les variations annuelles importantes qu'on observe durant ces cinq années laissent apparaître une certaine alternance, qui ne semble pas fortuite, dans les mouvements des eaux du large. En effet, si on prend pour base l'hiver, qui est la saison de stabilité relative des conditions hydrologiques de cette région, on remarque :

qu'à une année dont la température et la salinité moyennes sont élevées, font suite une année pour laquelle la valeur de ces facteurs est intermédiaire, puis une année à température et à salinité moyennes basses;

qu'à cette dernière succèdent une année intermédiaire puis une année à température et à salinité moyennes fortes.

1949 : année chaude	.....	T° : 17° -17°5	
1950 : année intermédiaire	.....	T° : 16° -16°5	
1951 : année froide	.....	T° : 15°5-16°	Sal. : 36.0 -36.20
1952 : année intermédiaire	.....	T° : 16° -16°5	Sal. : 36.10-36.30
1953 : année chaude	.....	T° : 16°5-17°5	Sal. : 36.30-36.50

Cette succession d'années chaudes et d'années froides dépend sans doute dans une large mesure des conditions locales (conditions atmosphériques notamment) qui provoquent l'« upwelling », lequel agit à son tour sur les variations des eaux du large à la limite de la zone côtière. Les données nous manquent pour avancer que le régime de ces dernières est entièrement indépendant de ces mêmes conditions. Mais les différences de salinité de deux années extrêmes : 1951 (année froide) et 1953 (année chaude) paraissent suffisamment tranchées pour que soient envisagée, à leur origine, l'intervention de causes plus générales que celles qui déclenchent l'« upwelling ».

Ce sont de telles variations qui ont fait appliquer à cette région l'hypothèse des « transgressions atlantiques » de LE DANOIS, par son auteur même en 1934 ⁽¹⁾, puis par G. ROUX en 1937 ⁽²⁾ et par moi-même en 1947 et 1948 ⁽³⁾. Mais cette hypothèse est aujourd'hui rejetée; littéralement « épurée », elle n'est même plus citée par les auteurs de l'après-guerre. Il serait pourtant surprenant qu'une théorie semblable, féconde dans bien des cas, notamment pour des questions de biologie marine, soit totalement erronée et mérite l'oubli qui l'a frappée. En d'autres secteurs, d'ailleurs, il est des phénomènes hydrologiques qui ne sont pas sans analogies avec les mouvements que l'hypothèse de LE DANOIS prétend expliquer. C'est ainsi que tout récemment BERRIT ⁽⁴⁾ décrit du Golfe de Guinée des « pulsations » traduisant une pénétration brusque des eaux salées vers la côte, image qui rappelle fort celle des « transgressions ».

(1) LE DANOIS (1934). Les transgressions océaniques. *Rev. Trav. Off. sc. techn. Pêches marit.*, 7 (4).

(2) ROUX G. (1937). Isothermes mensuelles provisoires de l'eau de mer à la surface, au large des côtes du Maroc. Mémoire présenté au Congrès de la Recherche scientifique dans les territoires d'outre-mer. Paris.

(3) *Loc. cit.*

(4) BERRIT G. R. Les saisons marines à Pointe Noire. *Bulletin d'Information C.O.E.C.*, X^e année. juin 1958.

CHAPITRE II

LE REGIME DES PRINCIPAUX SECTEURS MAROCAINS D'APRES LES COUPES HYDROLOGIQUES DE L'ANNEE 1953

En dehors des considérations qui précèdent sur l'hydrologie marocaine durant une période de cinq années, les principaux secteurs de cette zone doivent être examinés plus en détail. Ils sont au nombre de quatre :

Le premier se réduit aux deux lignes de Tanger et du cap Spartel qui intéressent le détroit proprement dit et ses abords atlantiques du versant marocain.

Le deuxième est le secteur nord, d'Arcila à Mazagan.

Le troisième, le secteur central de Safi et Mogador.

Le quatrième, le secteur sud ou vestibule canarien compris entre les lignes du cap Ghir au banc Conception et du cap Juby à Fuerteventura.

Pour le premier il sera fait état des données de cinq années, pour les quatre autres de celles de l'année 1953 seulement.

I. — DETROIT DE TANGER ET SES ABORDS (fig. 38 et 39)

Les coupes faites le long de la ligne de Tanger donnent une bonne image de l'hydrologie générale et saisonnière du détroit de Gibraltar en cette région. Elles permettent de situer en profondeur le courant méditerranéen qui pénètre dans l'Océan et de caractériser les eaux atlantiques qui, en surface, s'écoulent vers la Méditerranée.

On pourrait penser de prime abord que la salinité augmente graduellement de la surface au fond, à mesure qu'on se rapproche des eaux méditerranéennes très salées. Il n'en est rien. Au contraire, la salinité diminue progressivement de la surface à 200/300 m, suivant la saison, pour remonter lorsqu'est atteinte la couche d'eau méditerranéenne. Cette dernière et les eaux atlantiques qui, au-dessus d'elle, s'écoulent en sens inverse, gardent leurs caractères respectifs et la zone dans laquelle peuvent se produire des mélanges doit être d'assez faible épaisseur.

On a, dans le détroit même aussi bien qu'à sa sortie de l'Océan, le régime suivant.

En hiver, au-dessus d'eaux méditerranéennes très salées qui se manifestent à partir de 200 m en face de Tanger et à 300 m au nord-ouest de Spartel, reposent des eaux atlantiques de salinité comparable à celle de la côte océanique voisine (36.20 à 36.40).

Au printemps, des eaux moins salées (36.10) qui ne peuvent provenir que du secteur atlantique tout proche puisqu'elles n'existaient pas en hiver, montent près de la côte. Plus diluées encore en été (jusqu'à 35.90), elles poursuivent leur ascension, envahissent la zone côtière et refoulent les eaux plus salées de la surface.

Cette montée cesse à l'automne ; les eaux superficielles à 36.20-36.30 reprennent l'avantage et réoccupent le détroit tandis que celles de l'« upwelling » s'enfoncent à mi-profondeur. Au sein même des couches superficielles ainsi renouvelées, un courant plus salé (36.40), limité aux parages de Tanger, se creuse sur une cinquantaine de mètres venant de l'ouest, le long de la côte, car il présente la même salinité qu'au large du Maroc atlantique.

La figure 38 montre que les variations de la température, concordantes avec celles de la salinité, conduisent aux mêmes conclusions.

Il est intéressant de noter que les eaux méditerranéennes sous-jacentes ne participent pas à l'« upwelling » de printemps et d'été. Elles n'augmentent donc apparemment pas leur débit. Il semblerait même que ce fut le contraire; elles perdent de leur épaisseur au profit des eaux atlantiques puisqu'au printemps et en été ces dernières (36.11 et 35.92) ont remplacé à 200 m les eaux méditerranéennes (37.21) qui s'y trouvaient en hiver et qui s'y retrouveront en automne (37.75).

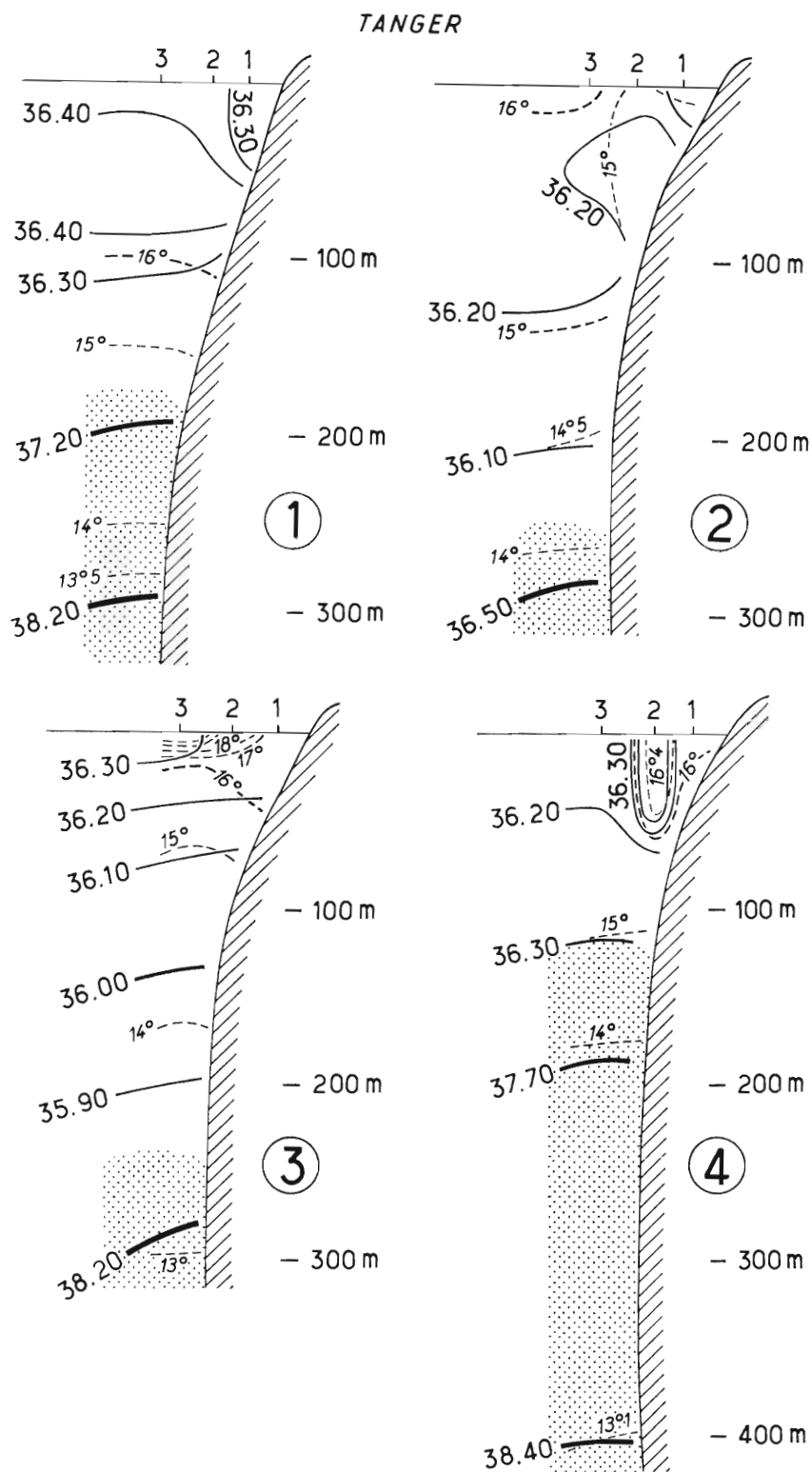


FIG. 38. — Sections hydrologiques de Tanger : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953).
(Le grisé indique l'influence des eaux méditerranéennes.)

CAP SPARTEL

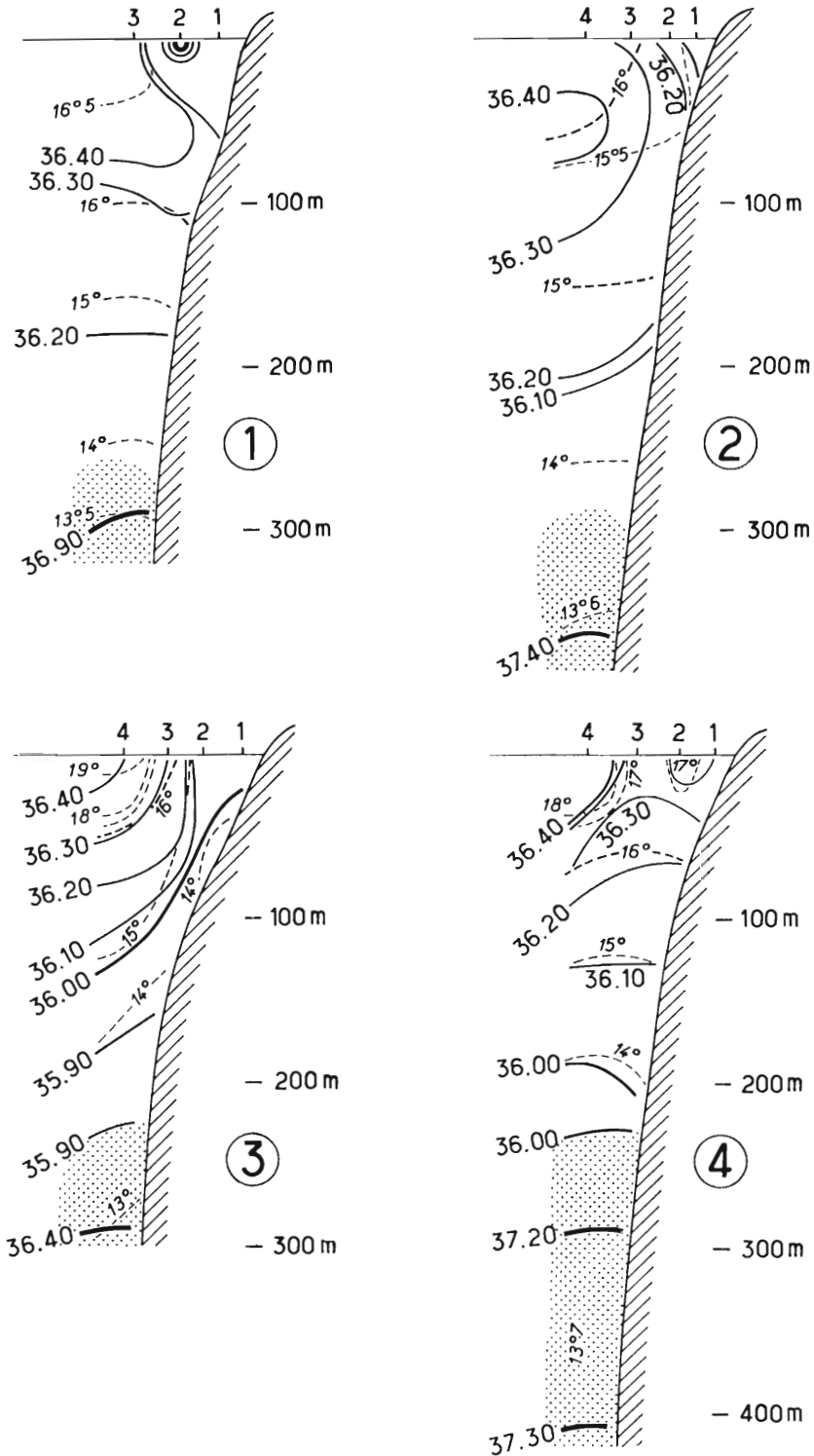


FIG. 39. — Sections hydrologiques du cap Spartel : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953).
(Le grisé indique l'influence des eaux méditerranéennes.)

Ce fait, à première vue, plutôt déconcertant, n'est pas infirmé, on le verra plus loin, par les résultats des deux années précédentes. Il peut s'expliquer en partie par la densité très forte de ces eaux qui les retient en profondeur, mais aussi par une expansion des eaux atlantiques qui se produit à l'entrée du détroit.

Le tableau ci-après portant les données recueillies aux stations n° 3 de Tanger et n° 4 de Spartel renseignera plus complètement sur les variations de salinité dans ces parages et donc sur le régime du courant méditerranéen profond à son entrée dans l'Atlantique.

Salinité aux différents niveaux de la station n° 3 de la ligne de Tanger et n° 4 de la ligne de Spartel.

Profondeurs		5 m	25 m	50 m	100 m	200 m	300 m	400 m	
HIVER	Tanger	1951	36.11	36.11	36.09	36.09	36.11	36.83	—
		1952	35.99	36.02	36.02	36.33	36.92	37.52	—
		1953	36.38	36.40	36.42	36.31	37.21	38.22	—
	Spartel	1953	36.42	36.40	36.40	36.29	36.18	36.91	—
PRINTEMPS	Tanger	1951	36.08	36.24	36.18	37.21	37.84	—	—
		1952	36.02	36.00	36.06	36.06	36.94	37.25	38.17
		1953	36.29	36.25	36.16	36.26	36.11	36.51	—
	Spartel	1953	36.34	36.31	36.43	36.36	36.23	—	37.39
ÉTÉ	Tanger	1951	36.00	36.02	36.08	36.24	37.52	37.90	—
		1952	36.79	35.68	35.62	35.84	37.14	37.66 ⁽¹⁾	—
		1953	36.36	36.21	36.16	36.02	35.92	38.28	—
	Spartel	1953	36.40	—	—	36.14	35.86	36.43	—
AUTOMNE	Tanger	1950	36.44	36.42	36.49	36.24	36.98 ⁽²⁾	—	—
		1951	36.24	36.49	36.20	36.15	36.13	38.03	—
		1952	36.09	36.13	36.13	36.13	37.84	37.94	—
		1953	36.22	36.22	36.17	36.27	37.75	—	38.40
	Spartel	1953	36.49	36.47	36.33	36.17	35.93	37.21	37.30

(1) à 270 m. — (2) à 170 m.

Durant plus de trois années, la salinité est constamment du type atlantique de la surface jusqu'à 100 m. A cette dernière profondeur elle reste basse, sauf à deux reprises : le printemps de 1951 pour lequel 37.21 marque une indiscutable influence du courant profond à ce niveau et l'hiver de 1952 où, avec 36.33 (contre 36.02 à 50 m) cette influence commence à apparaître.

A 200 m, par la fréquence des salinités voisines ou supérieures à 37.00 (9 sur 13 pour la ligne de Tanger), la présence des eaux méditerranéennes s'affirme avec netteté, non sans souffrir des exceptions qui portent sur l'hiver et l'automne 1951, le printemps et l'été 1953. Dans ces cas, la salinité est particulièrement basse (36.11 et 36.13 en 1951, 36.11 et 35.92 en 1953) ; elle est l'indice d'une poussée puissante des eaux atlantiques de la mi-profondeur.

A 300 m les exceptions constatées plus haut disparaissent. L'influence du courant méditerranéen est constante et considérable. Ses eaux peuvent être plus ou moins diluées, parfois même assez fortement (36.83 hiver 1951, 36.51 printemps 1953) mais le fait est peu fréquent et assez souvent ce sont des eaux méditerranéennes pures d'un taux supérieur à 38.0.

A 400 m enfin, bien que les observations soient peu nombreuses on peut considérer que le courant profond ne draine jamais en face de Tanger qu'une eau de type méditerranéen franc.

Quant à la station n° 4 du cap Spartel, située à 25 milles seulement de Tanger, mais déjà très dégagée du détroit, elle indique que ces eaux méditerranéennes se sont assez profondément enfoncées : elles n'apparaissent qu'à partir de 300 m et sont plus diluées qu'au large de Tanger.

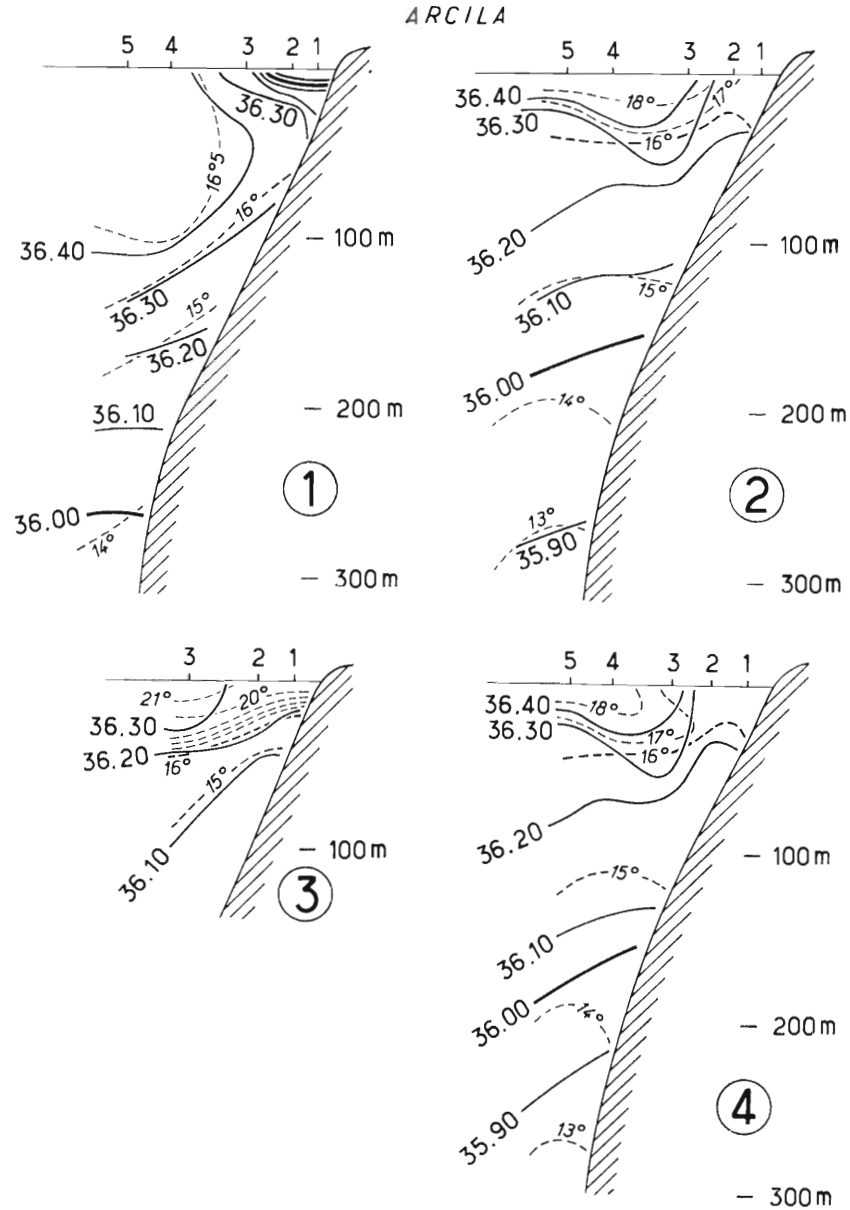


FIG. 40. — Sections hydrologiques d'Arcila :
1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953).

Ainsi, pour incomplets que soient ces résultats, ils montrent :

1° Qu'à une exception près sur plus de trois ans, le courant superficiel du détroit de Gibraltar charrie vers la Méditerranée une eau atlantique qui dépasse 100 m et parfois 200 m d'épaisseur

et que cette eau a une salinité décroissante de la surface jusqu'au niveau du courant méditerranéen profond de sens contraire.

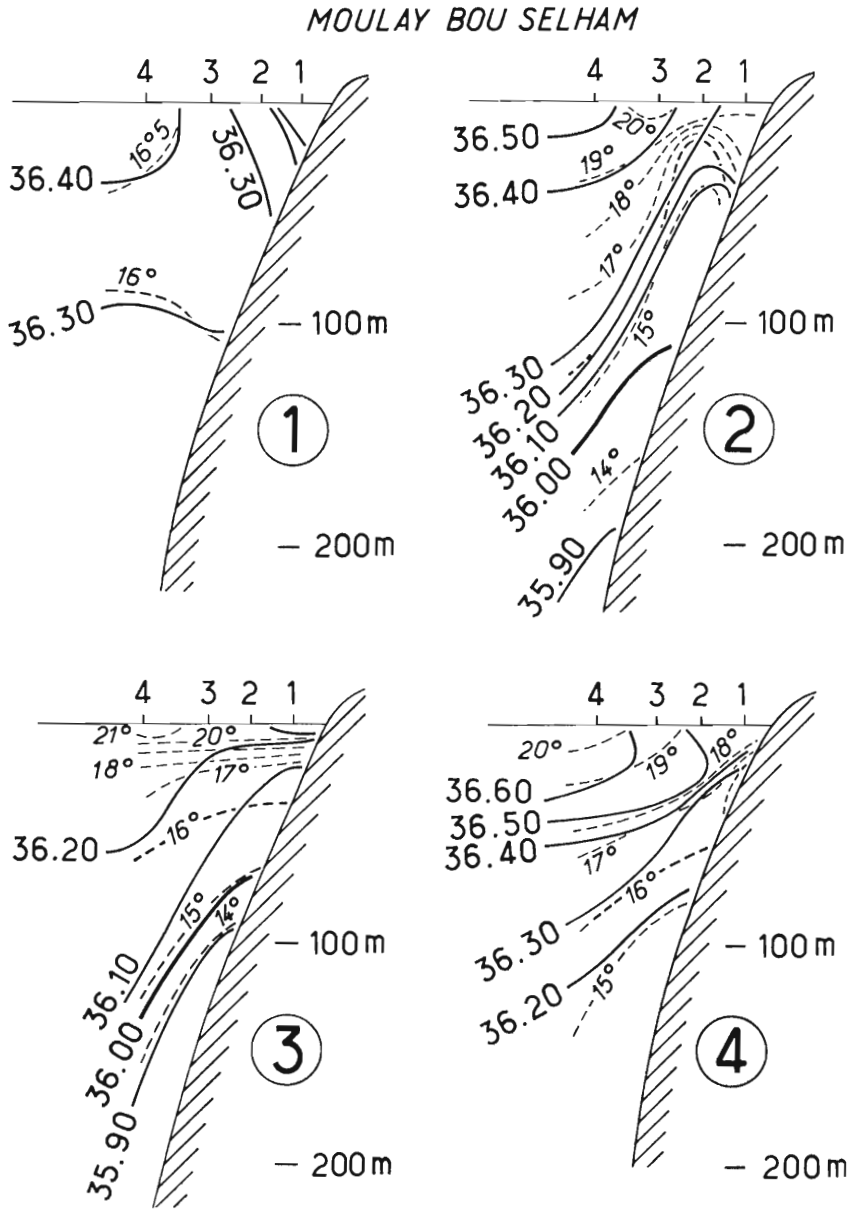


FIG. 41 — Sections hydrologiques de Moulay-bou-Selham : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953).

2° Que jusqu'à la sortie du détroit, ce courant profond débite, dans bien des cas à partir de 200 m et dans tous au niveau de 300 m, une eau à forte salure, souvent voisine de 38 ‰ ou même supérieure à ce taux.

II. — LE SECTEUR NORD (D'ARCILA A MAZAGAN)

La ligne d'Arcila (fig. 40) présente en hiver des températures et des salinités très semblables à celles du secteur de Spartel, mais à 300 m (sal. 35.93) aucune influence des eaux méditerranéennes

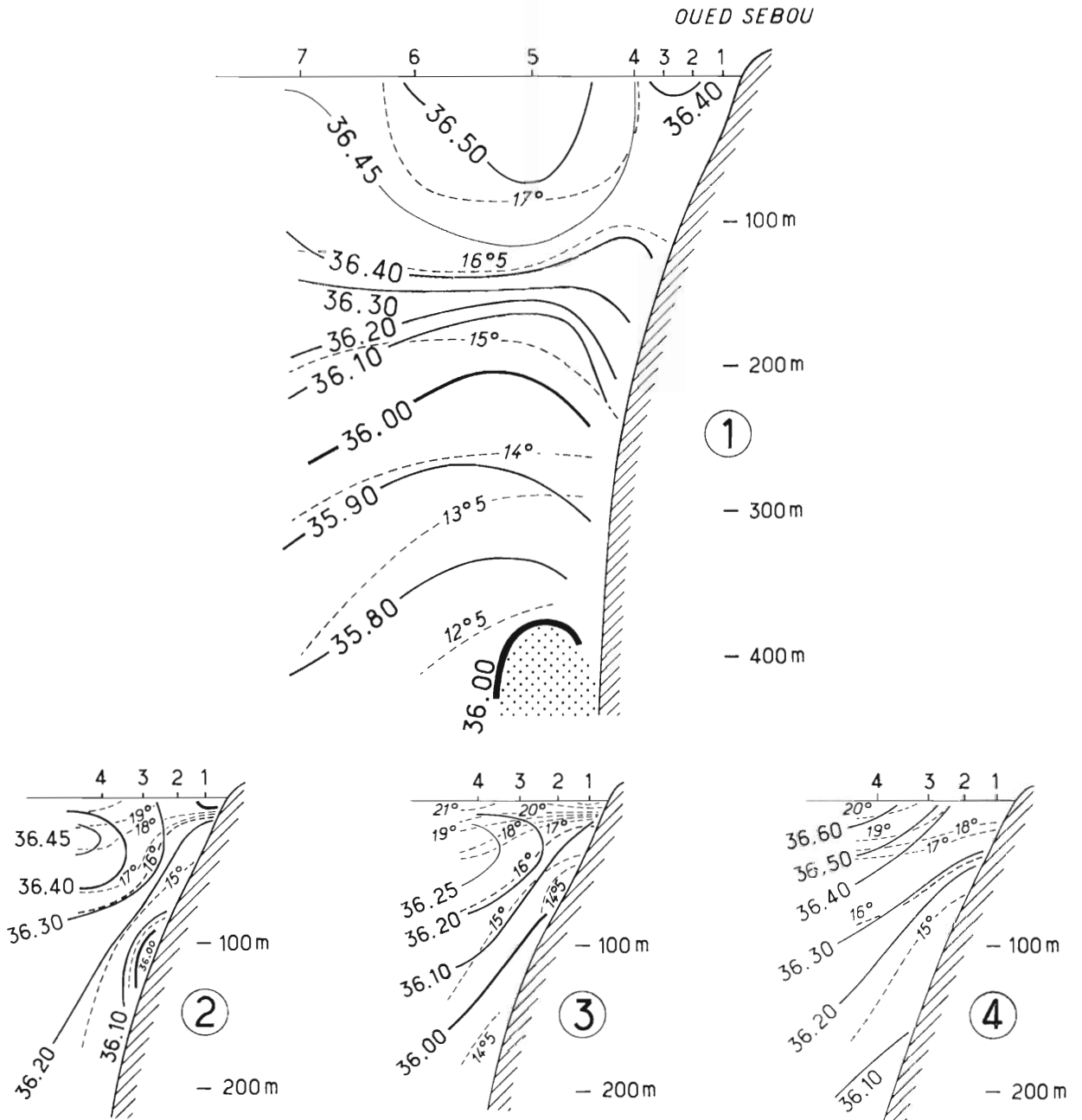


FIG. 42. — Sections hydrologiques de l'oued Sebou : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953)
(Le gris indique l'influence des eaux méditerranéennes.)

ne se fait sentir. Elles se sont enfoncées à des profondeurs plus basses ou ont contourné au large le plateau continental.

De même que plus au nord, au printemps, les eaux ascendantes se manifestent et leur montée s'accroît en été.

En automne, un mouvement inverse s'est effectué, les courbes de température et de salinité plongent d'une centaine de mètres. En surface elles font apparaître un mouvement des eaux de 17° à 18° et de 36.60 à 36.40 du large vers la côte.

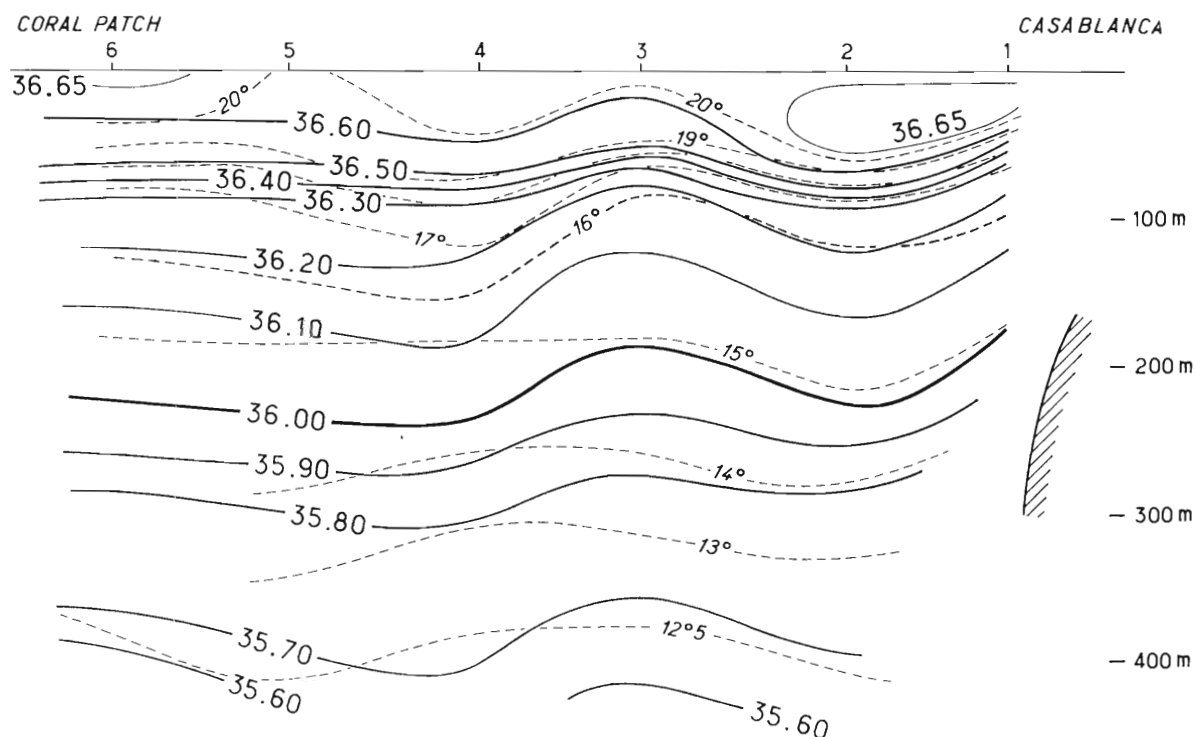


FIG. 43. — Sections hydrologiques de Casablanca au Coral Patch (26-29 novembre 1953).

Les lignes de Moulay-bou-Selham (fig. 41) et de l'oued Sebou (fig. 42) offrent les mêmes variations saisonnières. Mais, le long de cette dernière qui, en hiver, a été prolongée très au-delà de la zone côtière, l'allure des courbes est celle d'un courant chaud (supérieure à 17°) et salé (36.45 à 36.63) apparent jusqu'à une centaine de mètres de profondeur, qui empiète légèrement sur la zone néritique. A 400 m, une salinité de 36.02, plus élevée que celle de la couche sus-jacente (35.71 à 35.81), pourrait être due à une influence de l'eau méditerranéenne dont la présence a été observée à l'entrée du détroit et qui se rapprocherait de la côte en ce point où une baie sous-marine profonde rétrécit le plateau continental.

La section de Casablanca, non figurée ici, qui ne dépasse pas la zone côtière, montre un rythme identique de l'« upwelling » et du mouvement corrélatif des eaux du large, mais la température et la salinité sont un peu plus élevées qu'en amont.

Une série de stations faites en automne de la limite du plateau continental de Casablanca au Coral Patch (fig. 43) renseigne sur l'hydrologie du large en cette saison. La concordance entre les

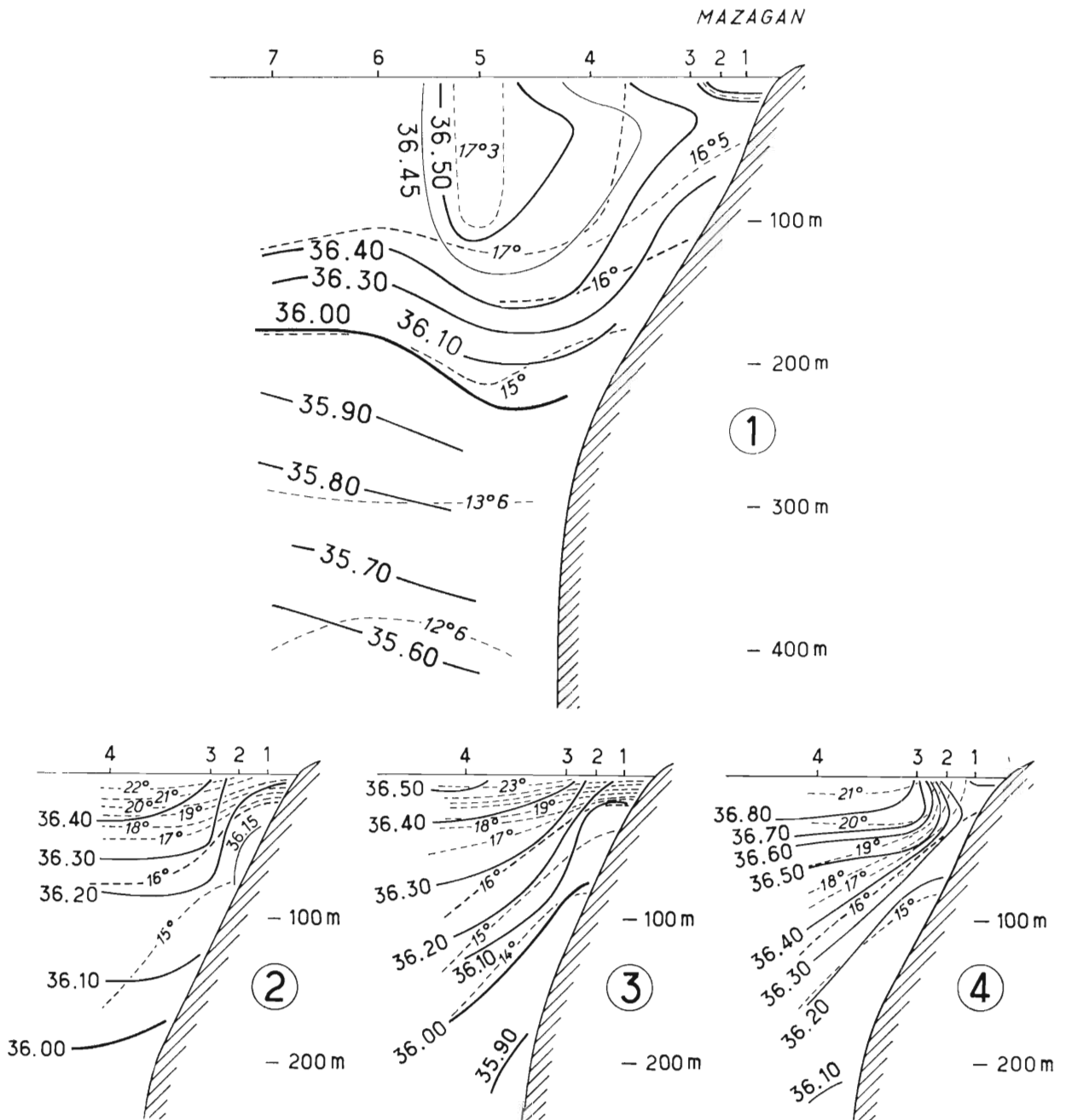


FIG. 44. — Sections hydrologiques de Mazagan : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953).

courbes est complète. On a une sorte de stratification ondulée des eaux de température et de salinité fortes en surface (19° à 20° et 36.50 à 36.65) jusqu'à 50 m environ, et dégressives jusqu'à 400 m.

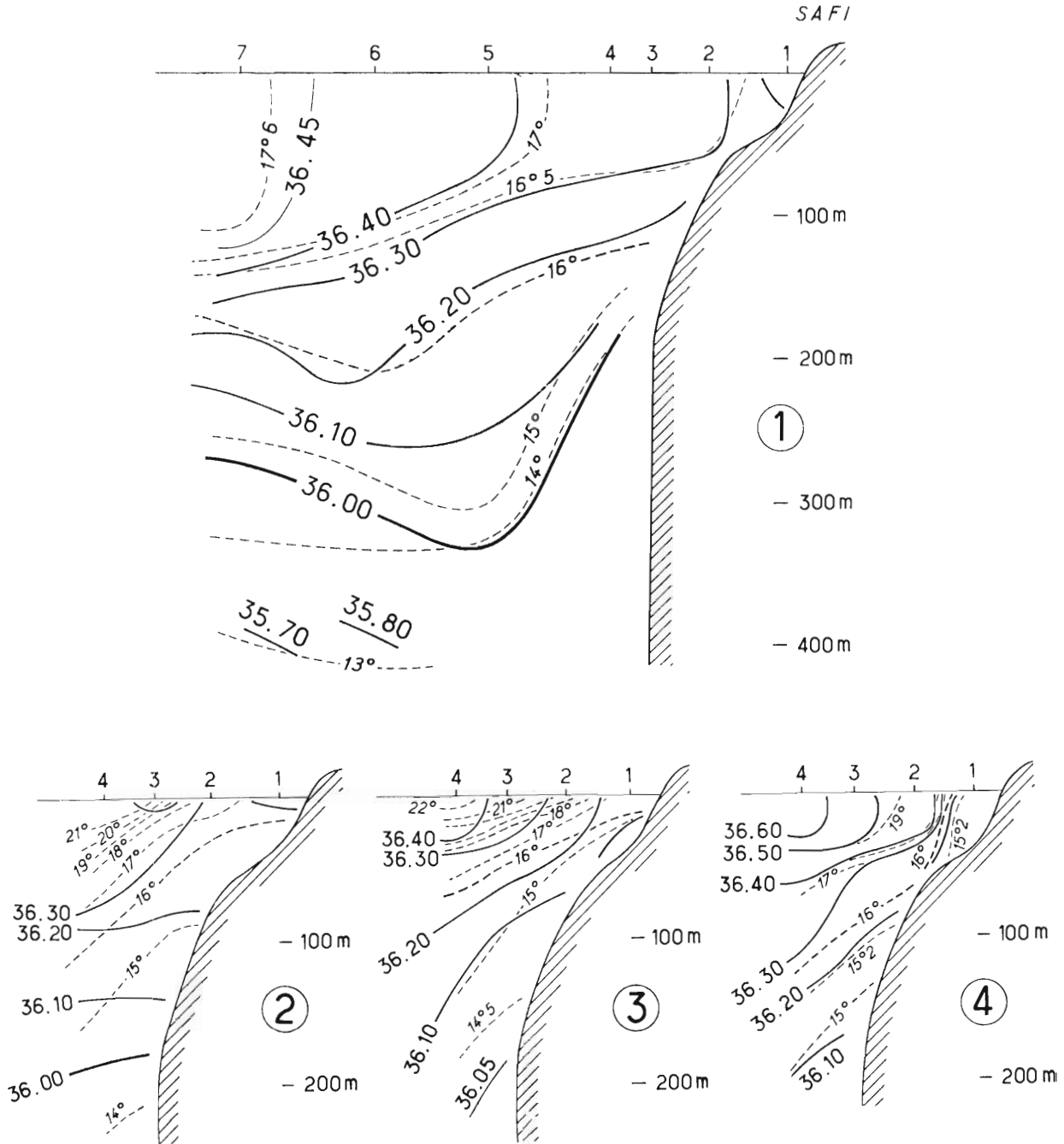


FIG. 45. — Sections hydrologiques de Safi : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Eté ; 4. Automne (année 1953).

La cuvette qui se forme entre la limite de la zone côtière et la station n° 2 avec une salinité de 36.65 montre, comme chaque fois que les prélèvements ont pu être poussés au large, la présence d'un courant plus chaud et plus salé que les eaux ambiantes.

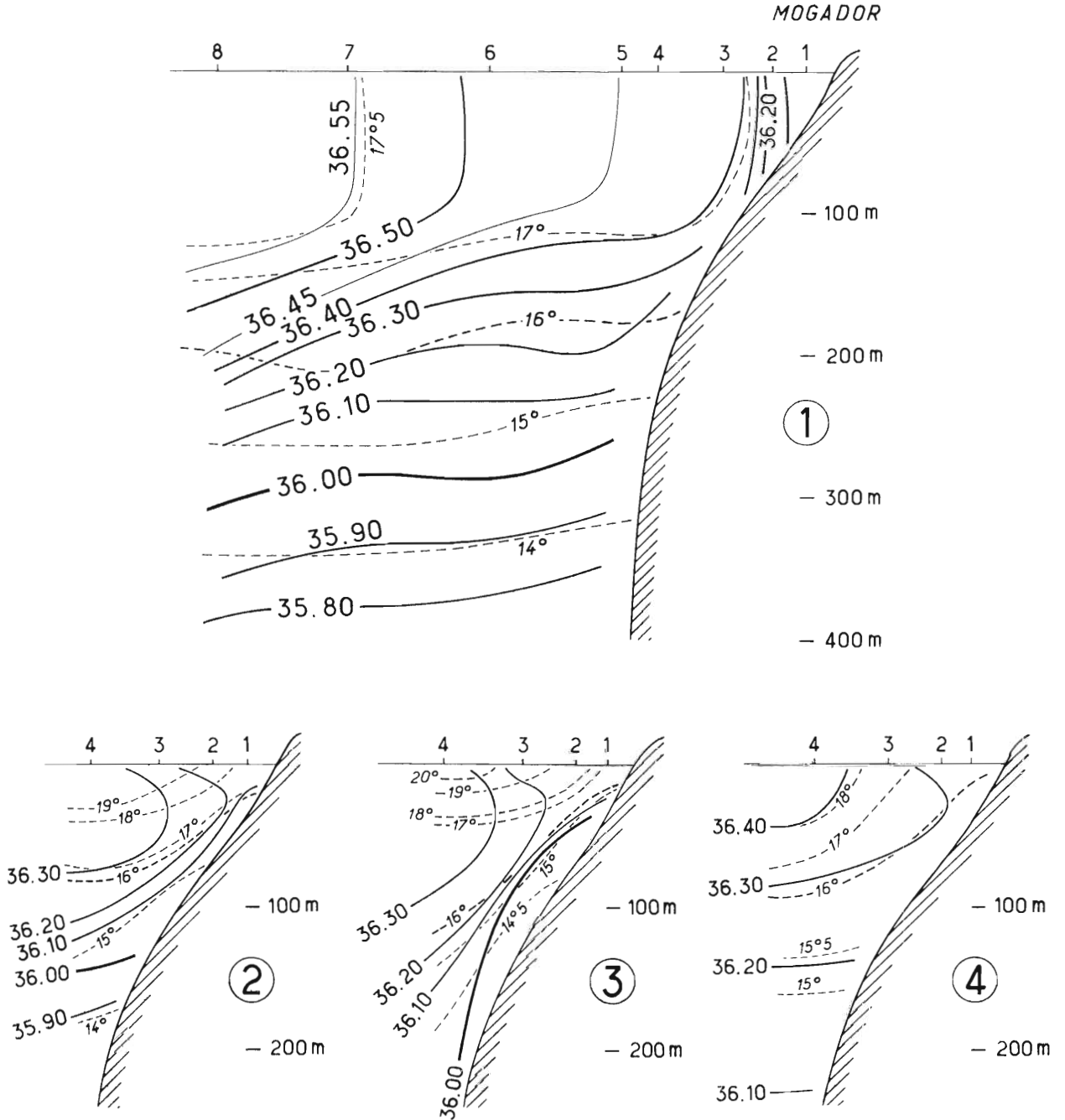


FIG. 46. — Sections hydrologiques de Mogador : 1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Été ; 4. Automne (année 1953).

La ligne de Mazagan (fig. 44) qui, en hiver, a été prolongée jusqu'à 50 milles au large, fait apparaître, en dehors de l'étroit secteur faiblement salé de la côte (courant littoral) de fortes salinités (36.40 à 36.53) et des températures de 17° à 17°3 (stations n^{os} 4 et 5) empiétant sur la zone côtière et se creusant à son ouest, jusqu'à 150 m de profondeur et plus, car les couches à 36.00 en sont elles aussi affectées. C'est ce courant du large qui tour à tour s'écarte et se rapproche de la côte suivant le balancement de l'« upwelling » qui, dans les parages de Mazagan comme ailleurs, apparaît au printemps et en été pour cesser en automne.

Enfin, on aura noté sur les différentes coupes qui concernent le secteur nord l'anomalie des courbes qui traduisent l'existence d'un courant de faible importance limité à la zone littorale et dont il a déjà été question dans le précédent chapitre.

III. — LE SECTEUR CENTRAL (LIGNES DE SAFI ET DE MOGADOR) (fig. 45 et 46)

Ce secteur qui est l'aboutissement à la mer de la meseta marocaine forme un saillant de vastes dimensions sur l'océan. Son plateau continental est aussi plus large et a plus de relief qu'au nord, sa surface étant sillonnée de rides et parsemée de fonds rocheux. Ces particularités influent sur son hydrologie.

La zone de Safi-Mogador est, sinon la mieux connue des océanographes, du moins celle à laquelle on se réfère pour signaler l'existence d'eau froide sur la côte marocaine et pour témoigner, à tort, du passage en ces lieux d'un courant froid venu du nord.

En hiver, les eaux côtières y sont en effet plus froides qu'ailleurs (16°2) et assez peu salées (36.15 à 36.20). Ce sont des eaux résiduelles de l'« upwelling » de l'année précédente, plus importantes que dans le secteur nord. Elles ont pu garder leur caractère d'eau profonde grâce à la largeur plus grande du plateau sous-marin et à ses « ridens » parallèles au continent, dont ils reproduisent plus ou moins le relief ondulé, qui les retiennent lorsque cesse la montée des eaux du talus. Les eaux salées (36.45 à 36.60) et relativement chaudes (17°2 à 17°8) présentent un front d'une centaine de mètres de profondeur se tenant beaucoup plus au large qu'en amont, car à partir du cap Blanc de Mazagan la configuration des côtes rejette vers l'ouest le courant qui jouxte, à cette latitude, la zone néritique.

Au printemps, la montée se déclanche, plus nette vers Mogador qu'à Safi en retrait derrière le cap Cantin. Elle se développe là encore au maximum pendant la période estivale pour cesser en automne.

IV. — LE SECTEUR SUD (DU CAP GHIR - BANC CONCEPTION AU CAP JUBY - FUERTEVENTURA)

Les quatre lignes suivant lesquelles ce secteur a été étudié coupent toute l'étendue marine qui précède, depuis le cap Ghir, le détroit canarien proprement dit. Sur chacune d'elles, en toute occasion, la correspondance entre les isothermes et les isohalines est remarquable.

1° Ligne du cap Ghir au banc Conception (fig. 47 et 48). En hiver, de l'est vers l'ouest, la zone côtière, moins salée et moins chaude que celle du large, a la même constitution que dans les autres secteurs : reliquat des eaux ascendantes de l'été précédent, plus mélangées ici (36.29) en raison de la déclivité du plateau qui prolonge sous la mer le promontoire de Ghir, mais froides (15°).

Ensuite, la zone comprise entre le cap et Conception est occupée en son centre, jusqu'à 100 m, par des eaux à 17°2 et à 36.50-36.55. Aux niveaux inférieurs, température et salinité décroissent jusqu'à 400 m, limite des observations en profondeur. Les isothermes et isohalines pratiquement superposables sont subhorizontales sur le versant est du banc et plongent fortement sur le talus continental.

Le relief de Conception provoque un soulèvement des courbes qui, en surface, se répercute à quelque distance à l'est, se signalant par une salinité et une température un peu moindres qu'aux autres points et sépare en deux parties la masse des eaux superficielles à 36.50-36.55.

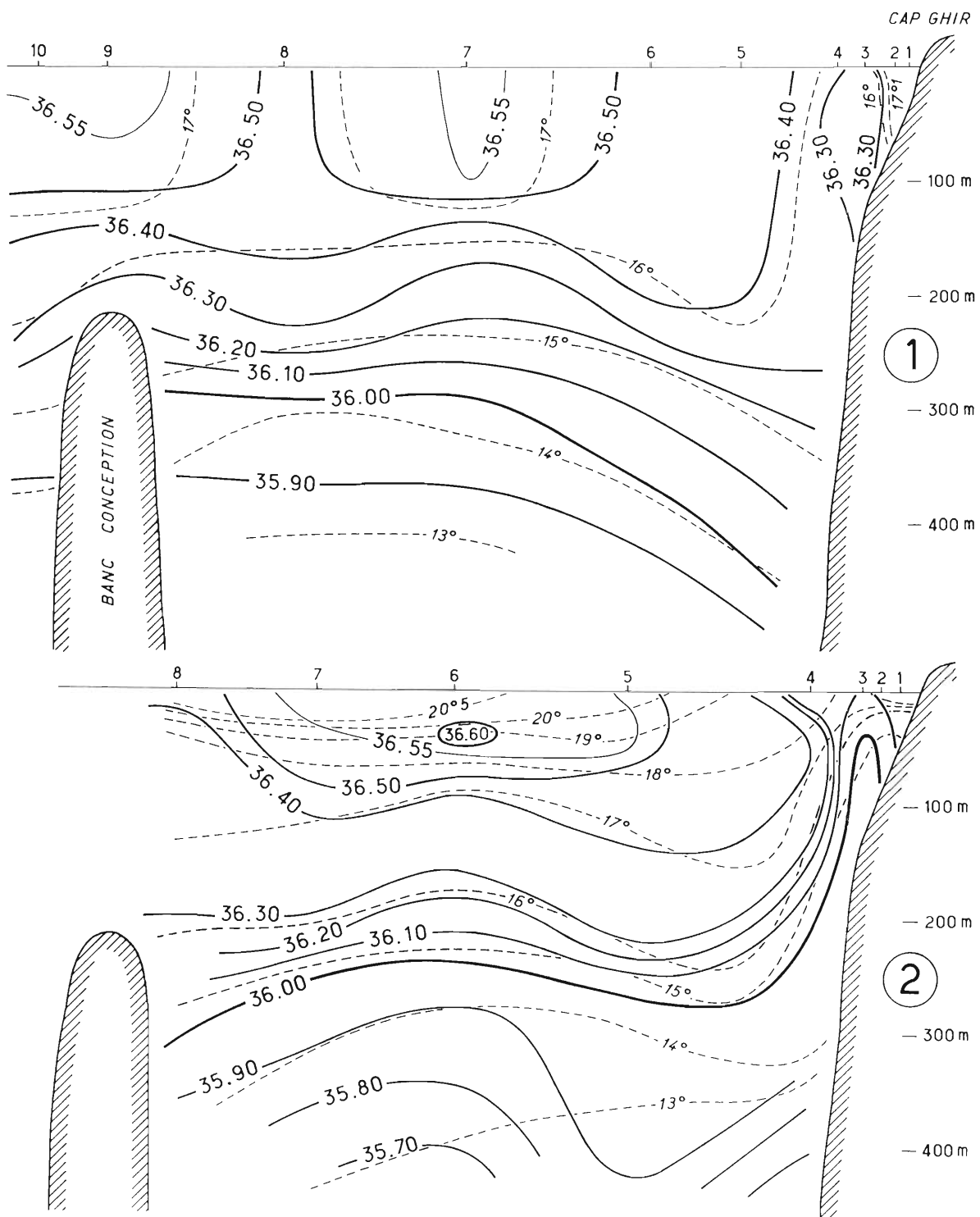


FIG. 47

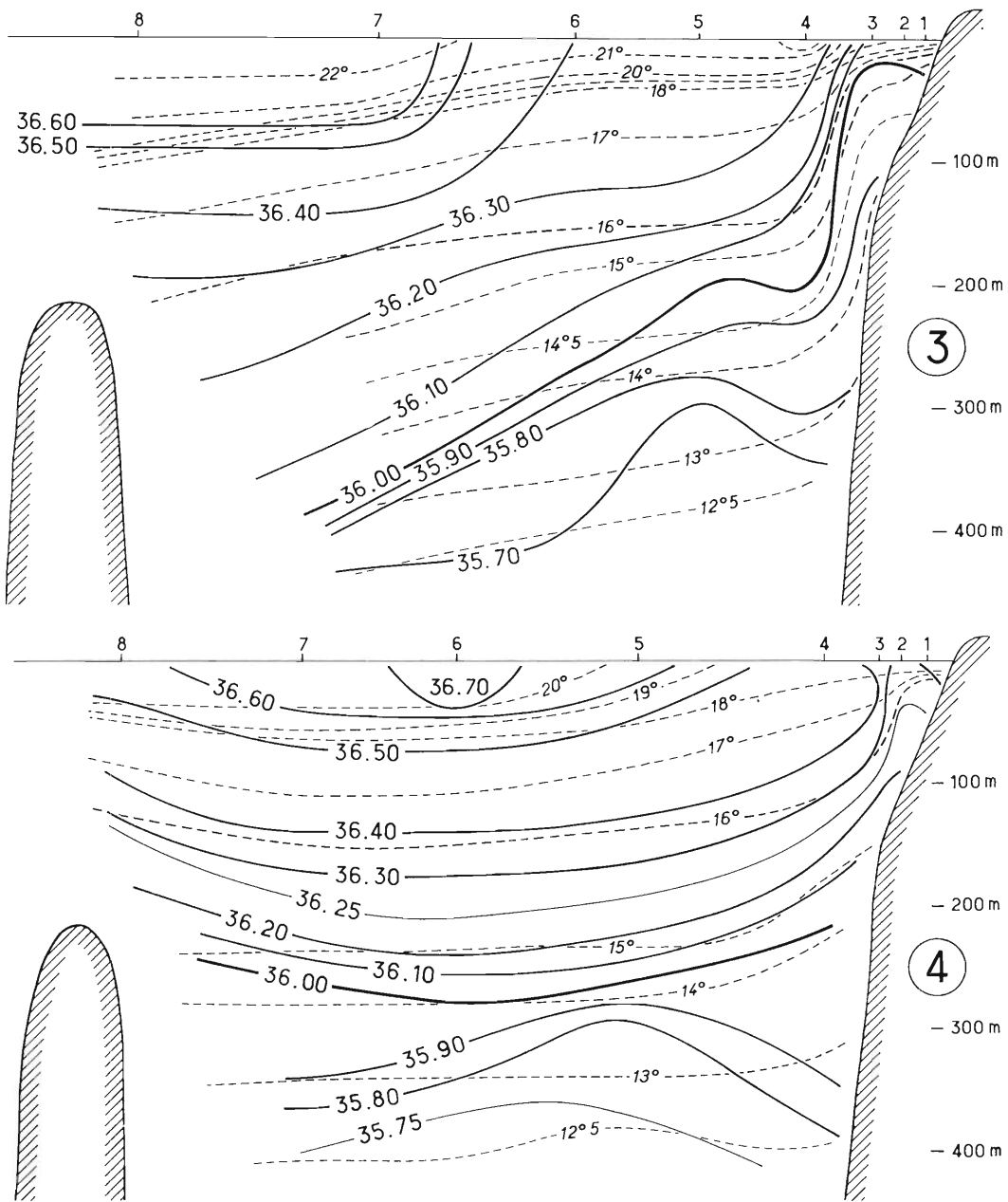


FIG. 47 et 48. — Sections hydrologiques du cap Ghir au banc Conception :
1. Hiver ; 2. Printemps ; 3. Eté ; 4. Automne (année 1953).

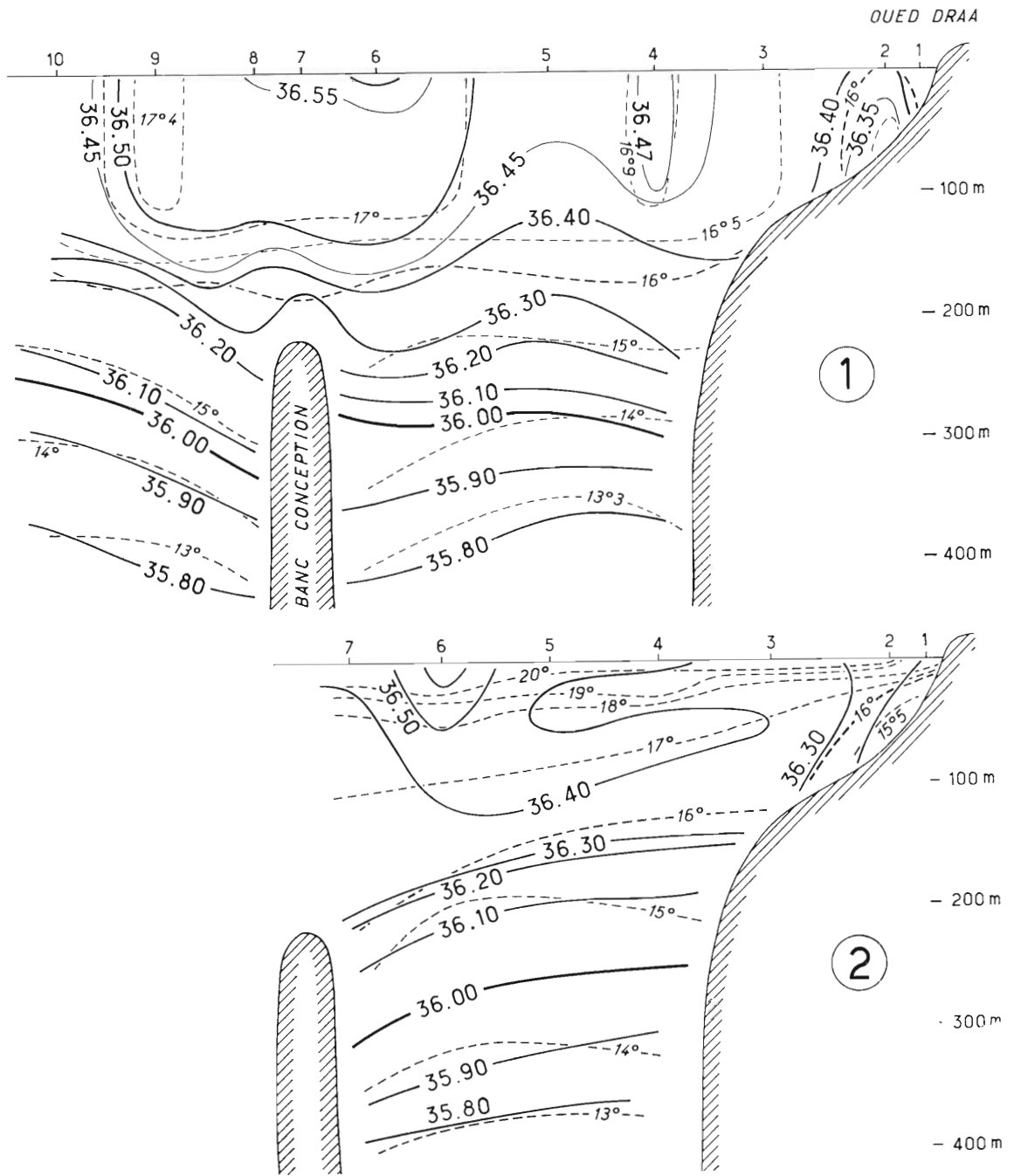


FIG. 49. — Sections hydrologiques de l'oued Draa au banc Conception : 1. Hiver ; 2. Printemps (année 1953)

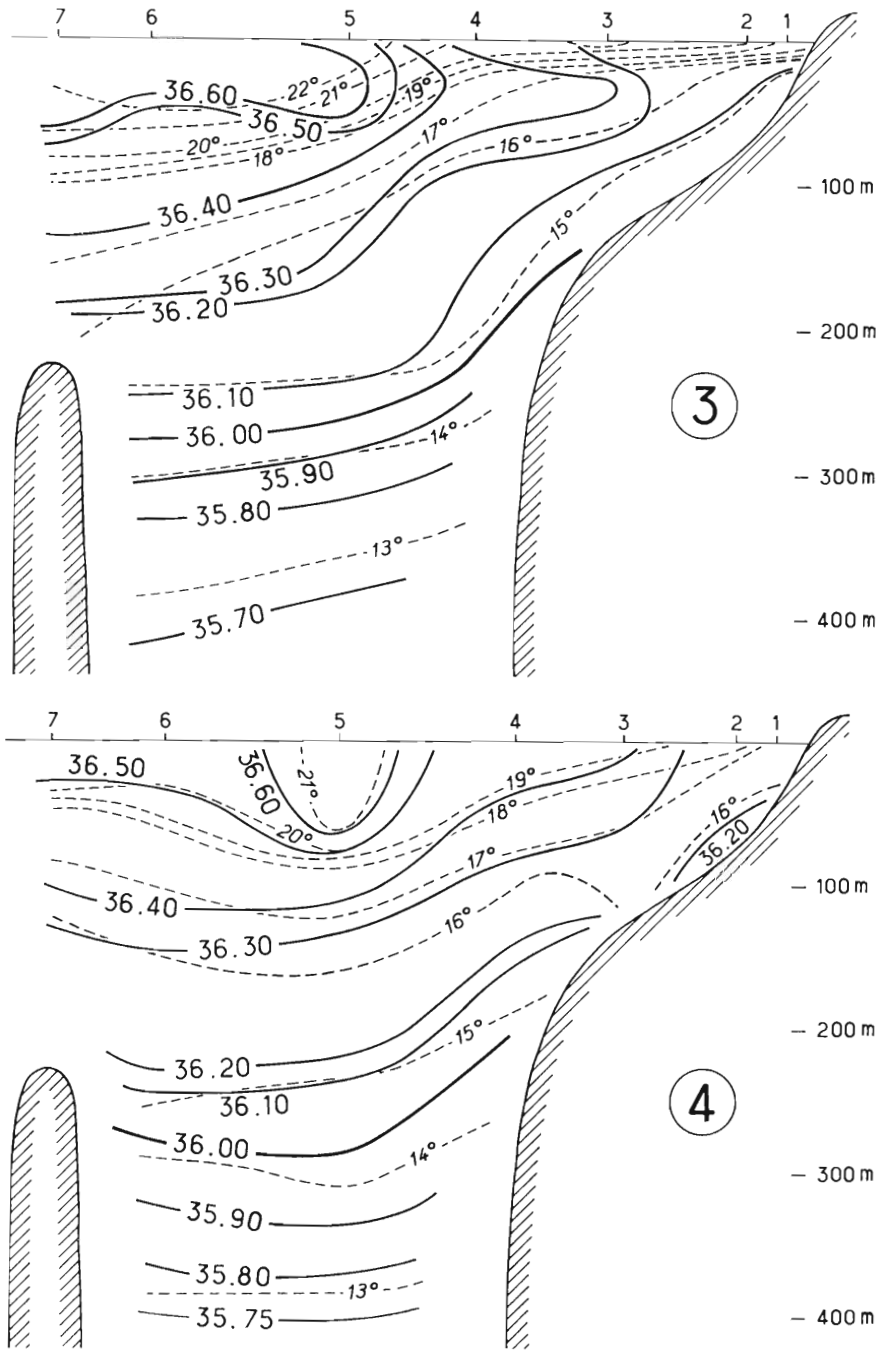


FIG. 50. — Sections hydrologiques de l'oued Draa au banc Conception : 3. Eté ; 4. Automne (année 1953).

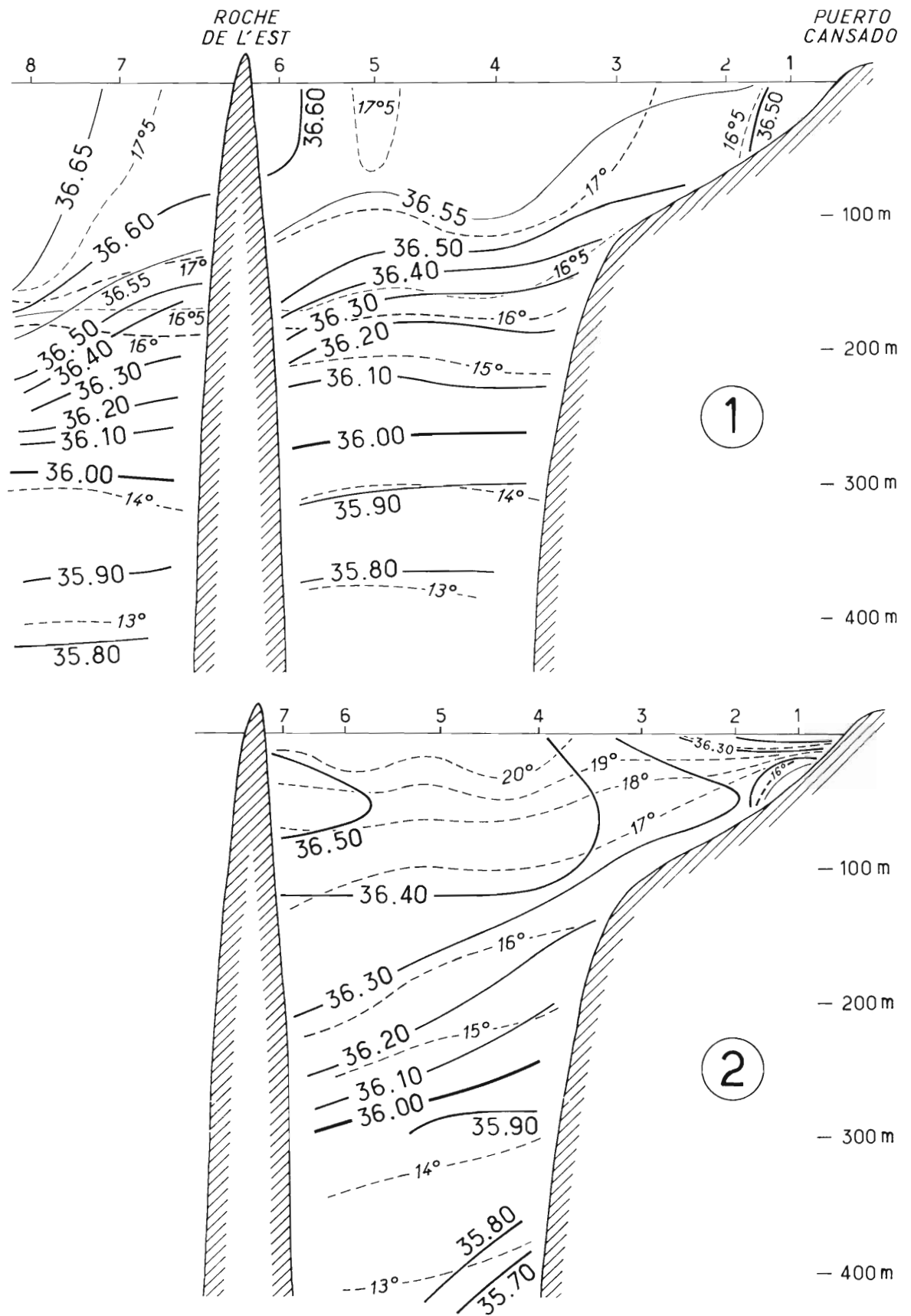


FIG. 51. — Sections hydrologiques de Puerto-Cansado à la Roche de l'Est : 1. Hiver , 2. Printemps (année 1953)

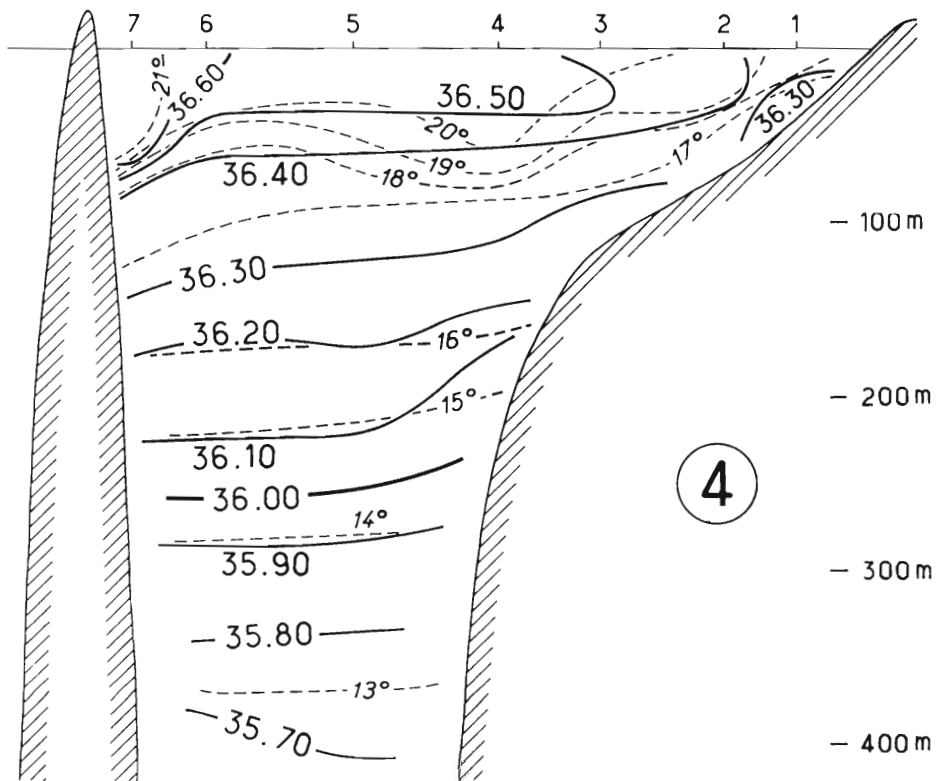
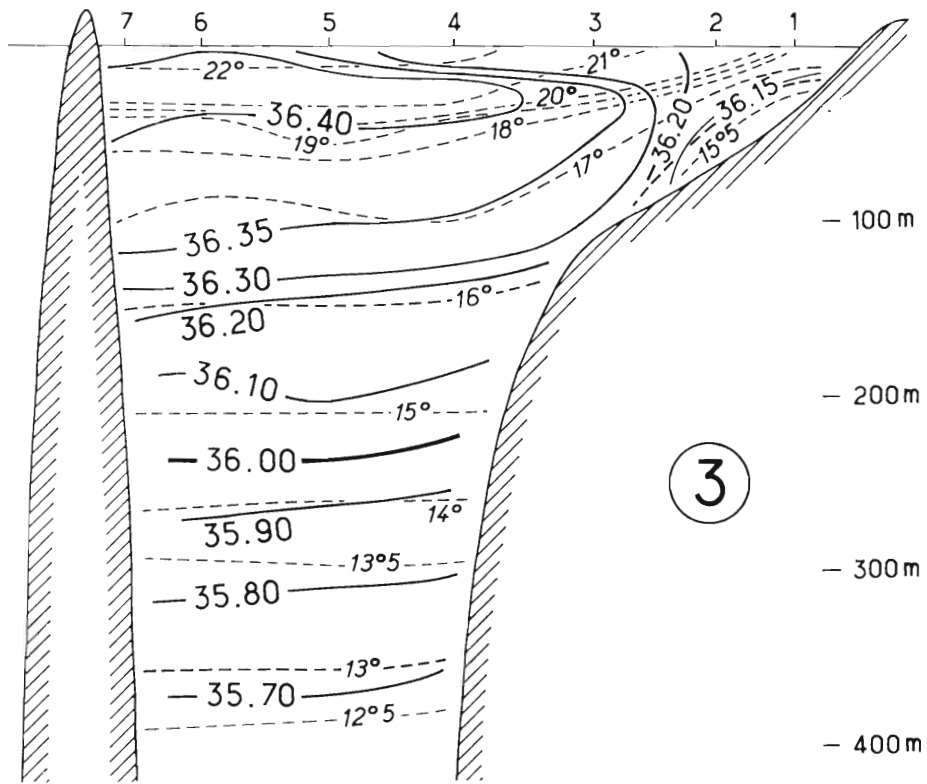


FIG. 52. — Sections hydrologiques du Puerto-Cansado à la Roche de l'Est ; 3. Eté ; 4. Automne (année 1953).

Au printemps, la partie superficielle du bassin, jusqu'à plus de 100 m, continue à être occupée par des eaux très salées qui se sont fortement réchauffées (18° à $20^{\circ}5$). Elles forment comme en hiver une cuvette évasée mais n'atteignent qu'à peine le haut-fond à l'ouest tandis qu'elles se sont rapprochées de la côte de Ghir, laminant plus ou moins les eaux ascendantes qui envahissent la zone côtière (36.00-36.10 et 15° - 16°). Leur poussée se fait sentir en profondeur où les courbes de température et salinité basses s'infléchissent davantage vers le fond. Il semble donc qu'il y ait un double phénomène : « upwelling » étroitement limité à la côte et mouvement de translation des eaux du large vers cette dernière.

En été, la situation a changé. La limite des eaux du large (36.40 à 36.60) a reculé de Ghir jusqu'à mi-chemin de Conception. Elles recouvrent ce banc et se prolongent vers l'ouest. Elles ont cédé à la pression des eaux profondes (35.90 et 36.00- $14^{\circ}5$ et 15°) qui s'épanouissent dans la zone côtière. La montée intéresse aussi les couches inférieures, les courbes de 35.70 à 35.90 qui s'infléchissaient jusqu'alors vers le bas, se redressant au contraire vers le haut ; le décalage dans cette dernière direction est d'environ 200 m.

En automne, nouveau changement. Le parallélisme des courbes de 35.70 en surface à 36.00 vers 300 m est frappant. Se relevant aussi bien au-dessus du banc qu'à proximité du continent, elles s'emboîtent les unes dans les autres comme la section d'un courant dont la mi-distance de Ghir à Conception serait l'axe.

En profondeur, le mouvement est différent. Les courbes de 35.90 à 35.75 forment, au contraire, un dôme s'opposant au creux des lignes précédentes. Le courant superficiel cesserait donc vers 300 m où les eaux sous-jacentes se soulèvent, soit en une onde de marée profonde soit en un courant de direction opposée au premier.

Dans la zone côtière, les eaux du talus ont disparu ; leur reste, fortement mélangé avec les eaux du large qui ont considérablement progressé en direction du continent, a une salinité et une température moyennes (36.20 à 36.40 et $15^{\circ}8$ à 17°).

2° Ligne de l'oued Draa au banc Conception (fig. 49 et 50). On retrouve le long de cette ligne, qui forme avec celle de Ghir un triangle dont le sommet est Conception et dont la base s'étend sur 150 milles environ, des salinités et températures de même valeur, matérialisées par des courbes ayant le même tracé général.

En hiver, la zone côtière mieux individualisée qu'au cap Ghir en raison d'un plateau continental large et très plat se sépare du large par ses températures et salinités moyennes ($15^{\circ}8$ et 16° , 36.30 à 36.38) dont les courbes représentatives forment un dôme isolé.

La haute mer est occupée de la surface à plus de 150 m par des eaux à 36.40-36.55 et $16^{\circ}5$ - $17^{\circ}2$, déjà rencontrées sur la ligne de Ghir. De même elles forment une sorte de cuvette qu'une ondulation des courbes profondes en dôme dans l'axe du bassin, tend à séparer en deux parties inégales, la plus importante débordant de part et d'autre du banc Conception, la seconde à la limite de la zone côtière. Pour l'une et l'autre les isothermes et les isohalines concordent parfaitement.

A partir de 200 m les courbes de 36.30 à 35.80 et de 16° à $13^{\circ}3$, parallèles, reproduisent en l'atténuant peu à peu, le gonflement des couches profondes vers la surface. Comme sur la ligne de Ghir on a, soit une manifestation de marée profonde, soit un courant de sens contraire à celui de la surface et c'est cette dernière hypothèse que j'estime devoir retenir.

Au printemps, les modifications constatées sur la ligne de Ghir se reproduisent ici.

a) Tout le bassin en est affecté. Les eaux à 36.15-36.30 issues des profondeurs intermédiaires de 200-300 m occupent la zone côtière et s'étalent en surface.

b) Les eaux très salées de la cuvette centrale se sont réchauffées mais ont perdu de leur volume et sont partiellement repoussées par les premières.

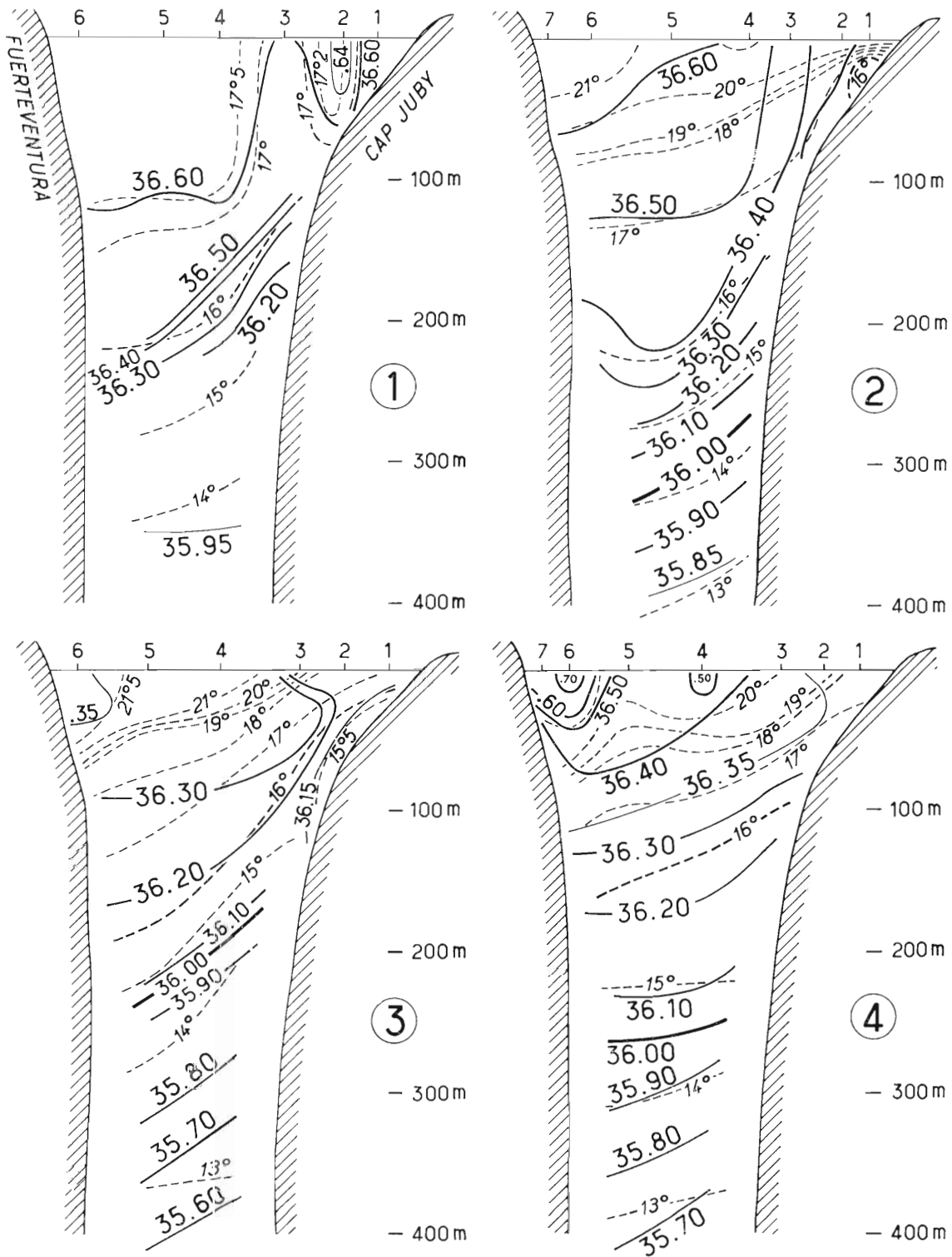


FIG. 53. — Sections hydrologiques du cap Juby à Fuerteventura.
1. Hiver ; 2. Printemps, 3. Été ; 4. Automne (année 1953).

En été, la montée est à son maximum. La salinité de la zone côtière s'est, de ce fait, abaissée (36.02 à 36.13) et les eaux du large, plus chaudes qu'au printemps (22°), se sont encore plus écartées de la côte.

En automne, le cycle observé ailleurs se poursuit : fin de l'« upwelling », dont les traces subsistent dans la zone néritique, et nouvelle avance des eaux du large qui ont repris leur position en cuvette dans l'axe du bassin. Toutes les courbes présentent la forme classique d'un courant régulier.

On a donc dans ce secteur comme plus au nord deux forces antagonistes : un courant du large et un courant ascendant qui jouent l'un par rapport à l'autre et qui donnent, sur les cartes du chapitre précédent, des courbes conduisant à envisager l'existence à partir du cap Ghir d'un tourbillon animant le vestibule canarien.

3° Ligne de Puerto-Cansado à la Roche de l'Est (nord de Lanzarote) (fig. 51 et 52). Cette ligne se situe déjà dans le détroit canarien, 75 milles seulement séparant la côte sud-marocaine de Lanzarote.

En hiver, ce sont les eaux du large (36.50 et plus, 17° à 17°5) qui jusqu'à 100-150 m l'occupent en son entier, zone côtière comprise, où ne subsiste qu'à peine la trace de l'« upwelling » précédent. On les retrouve également mais avec plus de puissance à l'ouest des îles. Au-dessous, les isothermes et isohalines, horizontales, montrent une grande stabilité de l'hydrologie profonde.

Au printemps, ces courbes sont devenues obliques ; la montée des eaux du talus vers Puerto-Cansado a commencé et a fait reculer celles du large qui résistent en dessinant un coin vers la côte.

A la station n° 6, non loin de la Roche de l'Est, par 400 m une salinité anormalement élevée pour cette profondeur (36.06) ne sera pas interprétée. Est-elle due à une simple erreur d'analyse ou à une émergence d'eaux de type méditerranéen ?

Le mouvement déclanché au printemps se poursuit en été. Les eaux profondes s'élèvent vers la surface, coiffent la zone côtière et s'épandent vers le large. Les eaux salées se réduisent à un noyau allongé qui prend appui sur Lanzarote.

En automne, le retour désormais bien connu des eaux du large vers la côte s'est opéré ; la montée des eaux profondes ayant cessé, elles occupent de nouveau l'entrée du détroit sur toute sa largeur.

4° Ligne du cap Juby à Fuerteventura (fig. 53). En hiver, ce secteur, le plus resserré du détroit (55 milles de largeur), est dans son ensemble le domaine des eaux du large, plus salées encore qu'en face de Puerto-Cansado ; elles se développent sur plus de 100 m d'épaisseur. Mais en profondeur, les eaux de salinité et de température plus basses ont un autre régime. Leur action parvient jusqu'en surface car, ainsi qu'en témoignent des différences de salinité et de température, légères mais nettes, elles séparent la couche salée et chaude (comme sur les lignes de Ghir et du Draa) en deux masses inégales dont la plus importante est sur le versant canarien. Et cette action engendre certainement en surface des déplacements dans des sens plus ou moins opposés.

Au printemps, même phénomène que sur les autres lignes : montée des eaux profondes vers la côte africaine et recul des eaux du large vers Fuerteventura où néanmoins elles occupent encore une grande partie du détroit jusqu'à 100 m de profondeur.

En été, le double mouvement se manifeste : les eaux du large sont pratiquement exclues du détroit où, très diluées, elles ne subsistent que contre la grande île, l'« upwelling » a tout envahi, soulevant les eaux profondes de 200 m environ.

En automne, enfin, le déplacement inverse se produit, les eaux très salées s'avancent de nouveau vers la côte de Juby que les eaux peu salées de la profondeur ont abandonnée.

RESUME ET CONCLUSIONS

Les eaux du Maroc atlantique - zone côtière et large - ont pu être définies, jusqu'à la profondeur de 400 m.

1° Les eaux côtières sont constituées par un mélange d'eau superficielle du large à forte salinité et à température relativement élevée et d'eau originaire des profondeurs de 200 à 400 m à salinité et température beaucoup plus basses. Ces dernières prévalent plus ou moins et il en résulte une salinité et une température toujours moindres près de la côte qu'au large.

En hiver, saison pendant laquelle le mélange est le plus homogène, la zone côtière a une salinité de 36.00 à 36.30 et une température de 16° à 16°5 en moyenne. Les apports des fleuves n'ont que très peu d'influence sur elle, sauf dans les parages immédiats des estuaires. D'autre part, un courant littoral draine ses eaux du nord au sud.

Au printemps, l'« upwelling », dû aux vents dominants qui, suivant la latitude, soufflent du sud-est au nord-est, commence à envahir la zone côtière ; il se développe au maximum en été ; ses eaux ont une salinité et une température basses (35.90 à 36.10 et 15° à 16° en moyenne). La montée cesse en automne, laissant dans la zone côtière un reliquat qui subsistera jusqu'à l'« upwelling » suivant. Elle cède la place aux eaux du large et, en conséquence, la salinité et la température des eaux côtières augmentent (36.20 à 36.30 et 18° à 20° en moyenne). Puis, durant l'hiver, le mélange de ces eaux du large et du reliquat de l'« upwelling » s'effectue, plus ou moins complet, suivant le lieu et l'année.

2° Les eaux du large, qui jouent un si grand rôle dans la zone côtière, sont parmi les plus salées des eaux atlantiques. Leur salinité dans les parages marocains varie dans de fortes proportions suivant l'année, mais elle est toujours très nettement supérieure à 36.30. Elle varie aussi avec la profondeur : en surface elle s'établit entre 36.40 et 36.60 en moyenne, avec une température de 17° à 17°8 en hiver, de 18° à 24° aux autres saisons. Les caractéristiques thermiques et halines de ces eaux du large, de 100 à 400 m, sont celles de l'« upwelling », définies plus haut.

3° Si l'on excepte l'entrée du détroit de Gibraltar dans lequel intervient, vers 200 m de profondeur, le courant méditerranéen fortement salé (supérieur à 37 ‰ et souvent de l'ordre de 38 ‰) l'hydrologie côtière du Maroc est essentiellement subordonnée aux deux phénomènes saisonniers dont il vient d'être question : l'« upwelling » qui amène les eaux de la mi-profondeur (200 à 400 m) sur le plateau continental, du printemps à l'été, et plus ou moins corrélatif du précédent, le déplacement des eaux du large vers la côte. Mais ces dernières ont, indépendamment de ces manifestations saisonnières et locales, un régime qui leur est propre et qui nous est révélé par les variations annuelles de la température et surtout de la salinité. L'alternance qui semble les caractériser doit faire admettre que les eaux de la haute mer exercent, dans la baie ibéromarocaine, des mouvements d'avance et de recul de grande amplitude, que n'explique pas le seul phénomène des eaux ascendantes limitées à l'espace côtier.

TABLE DES FIGURES

FIGURES	PAGES
Hors-texte. - Carte générale des stations hydrologiques	6
1. - Isothermes d'hiver (année 1949)	10
2. - Isothermes de printemps (année 1949)	11
3. - Isothermes d'été (année 1949)	12
4. - Isothermes d'automne (année 1949)	13
5. - Isothermes d'hiver (année 1950)	14
6. - Isothermes de printemps (année 1950)	15
7. - Isothermes d'été (année 1950)	16
8. - Isothermes d'automne (année 1950)	17
9. - Isohalines d'été (année 1950)	19
10. - Isohalines d'automne (année 1950)	20
11. - Isothermes d'hiver (année 1951)	22
12. - Isohalines d'hiver (année 1951)	23
13. - Isothermes et isohalines de printemps (année 1951)	24
14. - Isothermes d'été (année 1951)	26
15. - Isohalines d'été (année 1951)	27
16. - Isothermes d'automne (année 1951)	28
17. - Isohalines d'automne (année 1951)	29
18. - Isothermes d'hiver (année 1952)	30
19. - Isohalines d'hiver (année 1952)	31
20. - Isothermes de printemps (année 1952)	32
21. - Isothermes d'été (année 1952)	34
22. - Isohalines d'été (année 1952)	35
23. - Isothermes d'automne (année 1952)	36
24. - Isohalines d'automne (année 1952)	37
25. - Isothermes d'hiver (année 1953)	38
26. - Isohalines d'hiver (année 1953)	39
27. - Isothermes de printemps (année 1953)	40
28. - Isohalines de printemps (année 1953)	41
29. - Sections hydrologiques du cap Cantin à Madère et de Madère à l'oued Draa (29 avril-9 mai 1953)	43
30. - Isothermes d'été (année 1953)	44
31. - Isohalines d'été (année 1953)	45
32. - Isothermes d'automne (année 1953)	46
33. - Isohalines d'automne (année 1953)	47
34. - Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Hiver 1953	49
35. - Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Printemps 1953	50

36. -	Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Été 1953	51
37. -	Isodynamiques (cm dynamiques) par rapport au niveau de référence de 400 decibars et direction des courants. Automne 1953	52
38. -	Sections hydrologiques de Tanger : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	55
39. -	Sections hydrologiques du cap Spartel : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	56
40. -	Sections hydrologiques d'Arcila : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	58
41. -	Sections hydrologiques de Moulay-bou-Selham : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	59
42. -	Sections hydrologiques de l'oued Sebou : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	60
43. -	Section hydrologique de Casablanca au Coral Patch (26-29 novembre 1953)	61
44. -	Sections hydrologiques de Mazagan : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	62
45. -	Sections hydrologiques de Safi : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	63
46. -	Sections hydrologiques de Mogador : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	64
47 et 48. -	Sections hydrologiques du cap Ghir au banc Conception : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	66-67
49. -	Sections hydrologiques de l'oued Draa au banc Conception : 1. Hiver. - 2. Printemps (année 1953)	68
50. -	Sections hydrologiques de l'oued Draa au banc Conception : 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	69
51. -	Sections hydrologiques de Puerto-Cansado à la Roche de l'Est : 1. Hiver. - 2. Printemps (année 1953)	70
52. -	Sections hydrologiques de Puerto-Cansado à la Roche de l'Est : 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	71
53. -	Sections hydrologiques du cap Juby à Fuerteventura : 1. Hiver. - 2. Printemps. - 3. Été. - 4. Automne (année 1953)	73