

*Bull. Inst. Natl. Sci. Tech. Océanogr. Pêche Salammbô*,  
1977, 4 (2-4) : 129-220.

## Les conditions de milieu au large de la côte tunisienne

par

Wilhelm BRANDHORST\*

avec la collaboration technique de Hédi MESSAOUD\*\*

### RESUME

Le Projet de recherche et de développement de la pêche a conduit trois croisières hydroacoustiques et océanographiques combinées ayant pour objectif d'évaluer le potentiel des poissons pélagiques.

Cette publication est une description des conditions océanographiques trouvées pendant juin-juillet et septembre-octobre 1972 ainsi que pendant avril-mai 1973.

Les résultats sont basés sur les valeurs de la température et de la salinité entre la surface et 250 mètres de profondeur au large de plusieurs profils normaux à la côte.

Ils démontrent le système et les fluctuations du courant fertile atlantique, qu'on peut tracer par ses valeurs basses de salinité.

Deux langues majeures de cette eau ont été observées : une branche dirigée vers la mer Tyrrhénienne, et la majeure continuant vers l'est au large de la côte tunisienne en quelques branches.

Les concentrations de poissons pélagiques se nourrissant de zooplankton ont été observées, bien associées avec le système de ce courant.

### ABSTRACT

The Fisheries Research and Development Project carried out three combined environmental and hydroacoustic cruises in order to assess the potentiality of the pelagic species in Tunisian waters.

(\*) FAO, Département de la pêche.

(\*\*) Institut national scientifique et technique d'océanographie et de pêche, Salammbô, Tunisie.

This paper is a description of the environmental conditions as encountered during June/July and September/October 1972, and April/May 1973.

The results are based on temperature and salinity measurements between the surface and 250 m depth, taken along a number of profiles normal to the coast. They show the pattern of, and seasonal changes in, the the fertile Atlantic current which can be traced by its low salinity values.

Two major tongues of this water were observed, one branching into the Tyrrhenian Sea and the major one continuing eastward along the African coast, usually meandering in several branches.

Concentrations of plankton feeding pelagic fish were found to be closely associated with the feature of this current.

## I. — INTRODUCTION

Conformément aux objectifs du plan d'opération du Projet de recherche et de développement de la pêche, des études de milieu ont été insérées dans les activités du projet afin d'élucider les rapports entre les paramètres du milieu et le potentiel des ressources halieutiques.

En ce qui concerne la biomasse des ressources, sa distribution dans le temps et l'espace, la ponte, la migration, etc., la production primaire, limitée par les sels nutritifs disponibles dans la couche euphotique, se révèle le plus important facteur de base. Donc, une compréhension des mécanismes de fertilisation y compris le renouvellement des éléments nutritifs dans les couches de surface par l'advection, les upwellings locaux, la convection hivernale, etc., ainsi qu'une connaissance du système général de circulation des eaux tunisiennes et environnantes et des variations saisonnières, sont de la première importance. Les stocks de poissons pélagiques, spécialement les planctonophages comme les sardines, sardinelles et anchois réagissent de façon sensible aux variations de nourriture qui surviennent en raison des fluctuations saisonnières ou apériodiques dans l'environnement.

Bien qu'il existe très peu d'informations sur la concentration des éléments nutritifs de base ( $PO_4$ ,  $NO_3$ ) dans la Méditerranée, on peut dire d'une façon générale que le courant atlantique amène le long de la côte nord-africaine des eaux de surface relativement riches en sels nutritifs (bien que très basses à l'échelle des océans). De nombreux chercheurs ont souligné l'importance de ce courant

pour la production dans sa zone d'influence, et ont décrit son système d'écoulement général suivi par sa basse salinité et la présence d'espèces planctoniques indicatrices.

D'après MacGill (1965), la concentration en sels nutritifs décroît à partir de l'origine du courant au nord-est de l'Atlantique jusqu'à la mer Egée de 12 à 1 dans l'ordre suivant (valeur relative : Mer Egée = 1) : Atlantique = 12, mer d'Alboran = 8, mer Ligurienne = 4, mer Levantine = 3, mer Ionienne = 3, mer Egée = 1. Étant donné que la côte tunisienne, surtout dans sa partie nord, reçoit l'influence directe du courant atlantique, on peut s'attendre que la production en poisson y atteigne un niveau plus élevé que dans la partie orientale du bassin méditerranéen.

Pendant l'été, quand une thermocline nette se développe, les sels nutritifs devraient être utilisés assez rapidement dans la couche superficielle et un niveau de production plus élevé devrait pouvoir se maintenir sous la couche de transition où ces sels se trouvent en plus grande abondance, à condition toutefois que la thermocline soit peu profonde par comparaison avec l'épaisseur de la couche euphotique.

Pendant la convection hivernale, entraînée par un renforcement des vents, les sels nutritifs dans la couche euphotique sont renouvelés en fonction de la concentration disponible dans les couches inférieures, mais par cette même convection verticale qui peut aussi atteindre des couches très profondes, la plus grande partie de la biomasse de phytoplancton peut être emportée en dessous de la profondeur de compensation, et de ce fait le niveau de production par unité de surface peut diminuer fortement.

Des indications ont été recueillies sur la branche du courant atlantique qui, tout en formant des remous et des contrecourants, contribue à une production plus élevée dans le secteur de l'Algérie et de la Tunisie septentrionale. On a noté également que le mélange et les perturbations causées par le relief de l'île de La Galite, des Esquerquis, ainsi que d'autres bancs bordant la Tunisie septentrionale, peuvent avoir un effet important sur la fertilisation. Les conditions océanographiques au large de la Tunisie orientale sont peu connues, cette région ayant la densité d'observations la plus basse de toute la Méditerranée.

## 2. — PROGRAMME DE CROISIÈRE

Le programme de travail a suivi les lignes directrices du plan d'opérations du projet. Par manque d'équipements océanographiques adéquats à bord du bateau et au laboratoire de terre, la détermination des sels nutritifs n'a pu être effectuée et l'étude a été limitée à une description saisonnière des caractères généraux de la circulation au large de la Tunisie seulement sur la base des données de température et de salinité. Des mesures au bathythermographe, des lectures au disque de Secchi et des traits de plancton étaient inclus, mais comme la longueur du câble disponible ne dépassait que légèrement 250 m, seule la couche superficielle avec un maximum de 250 m de profondeur a pu être étudiée.

En plus du travail d'hydrologie, un effort important a été consacré à l'enregistrement des données d'écho-sondage effectué à la demande du groupe hydro-acoustique du projet en vue d'obtenir une estimation de l'abondance relative des ressources en poissons pélagiques.

Le plan initial prévoyait quatre campagnes saisonnières pour les années 1972-73, mais par suite d'incidents techniques survenus au navire de recherche *Hannoun* affecté au projet, ainsi que d'autres facteurs défavorables au fonctionnement de ce bateau, seules trois campagnes ont pu être réalisées.

La première campagne (HY I), effectuée du 17 juin au 5 juillet 1972, a couvert les zones côtières comprises entre la frontière algérienne et Ras Capudia ( $35^{\circ}10'N$ ), avec un réseau de radiales normales à la côte tunisienne, ainsi que trois radiales plus longues entre la Tunisie, la Sardaigne et la Sicile. En plus des recherches sur le milieu et l'hydro-acoustique, des prises d'échantillons de plancton de surface ont été régulièrement effectuées à la demande de l'Institut national scientifique et technique d'océanographie et de pêche (INSTOP) de Salammbô.

Le personnel suivant a participé au travail de cette croisière :

Dr. W. Brandhorst (FAO), chef de mission;

MM. J.P. George (FAO), technologiste de pêche;

B. Hichri (INSTOP), technicien associé;

M. Jeddi (MMSC, Mediterranean Marine Sorting Centre), technicien supérieur.

La deuxième campagne (HY II) a été effectuée du 26 septembre au 26 octobre 1972. Son programme, similaire au précédent, couvrait également les zones côtières du sud, au large de l'île de Djerba.

Le personnel suivant a participé à cette croisière :

- Dr. W. Brandhorst (FAO), chef de mission;
- MM. J.P. George (FAO), technologiste de pêche;
- H. Messaoud (Projet), technicien;
- W. El Hogli (Projet), technicien;
- M. Jeddi (MMSA), technicien supérieur.

La troisième campagne (HY III), effectuée du 26 avril au 30 mai 1973 couvrait plus ou moins la même zone que la précédente.

Le personnel participant à cette campagne était :

- Dr. W. Brandhorst (FAO), chef de mission;
- MM. R. Rokbani (Projet), chimiste;
- H. Messaoud (Projet), technicien;
- A. Ajengui (Projet), technicien;
- W. El Hogli (Projet), technicien;
- M. Jeddi (MMSA), technicien supérieur.

En général, ces croisières étaient effectuées en plusieurs étapes avec des escales pour l'approvisionnement en carburant, réparations, repos de l'équipage, etc.

### 3. — MATERIEL ET METHODES DE TRAVAIL

Les données récoltées durant ces campagnes, aussi bien que la description du *Hannoun* et son équipement, ont été publiées précédemment (Brandhorst et al., 1974).

Pour le tracé final des courbes T-S on a utilisé les observations du BT comme données complémentaires aux résultats de chaque station. Les points tombant en dehors de la courbe ont été revérifiés, comparés avec les stations voisines et éliminés lorsqu'ils étaient considérés comme erronés. Les plaques de BT ont été projetées avec une grille graduée et ajustées à la température de l'eau

de surface (prise avec un thermomètre-seau); toutefois, la calibration de profondeur n'était pas toujours satisfaisante et son erreur ne pouvait être estimée que si la température subsuperficielle prise au thermomètre à renversement était disponible. Des coupes de distribution verticale de la température basée seulement sur les observations au BT avaient donc une assez grande erreur en la profondeur.

La température et la salinité en fonction de la profondeur ont été tracées pour de nombreux profils, le plus souvent normaux à la côte (fig. 1, 2, 3). Ces figures indiquent aussi l'emplacement des radiales, les numéros des stations et les traits plus épais montrent le profil A tracé le long de la côte à 20-60 milles environ au large. Trois types de stations hydrographiques ont été réalisés :

- stations océanographiques avec immersion de bouteilles Nansen, BT et observations de surface;
- stations BT avec observations de surface;
- Observations de surface ou sub-stations avec température et salinité, le long des côtes siciliennes.

#### 4. — BREVE DESCRIPTION DES CONDITIONS OBSERVEES

A cause du manque d'instruments, les trois campagnes n'ont fourni aucune information directe sur la disponibilité de sels nutritifs. Toutefois, les résultats de la distribution de la salinité dans les couches superficielles, peuvent être utilisés pour avancer indirectement quelques remarques sur la fertilité relative de la région puisque les eaux de basse salinité du courant atlantique se caractérisent aussi généralement par leur concentration plus grande en sels nutritifs. Le prolongement de ce courant peut être tracé au moyen des profils verticaux de la salinité de surface et de sub-surface.

Tunis a été le port de départ et d'arrivée des croisières; toutefois, les profils tracés pour la température, la salinité et la densité (fig. 4) sont numérotés d'ouest en est puisque le flux du courant atlantique, principal caractère à étudier, apparaît à l'ouest.

##### 4.1. RÉSULTAT DE LA CROISIÈRE HY 1 (juin-juillet 1972)

Durant la croisière HY I, la région était soumise à un système anti-cyclonique avec surtout des vents légers.

Le profil 1a (fig. 4a) s'étend à environ 40 milles au large de Tabarka à travers le canal de La Galite. L'influence du courant atlantique s'observe clairement pour la faible salinité des eaux de surface, inférieure à 36,8 ‰. Près de la côte, l'eau de surface atteint 21° C et une thermocline peu profonde sépare cette eau de la couche froide du fond du canal. Les valeurs de salinité en dehors du canal augmentent avec la profondeur pour atteindre 38,3 ‰ à 220 m. Résultat de la thermocline et des gradients de salinité, une couche de discontinuité forte apparaît au-dessus du canal entre 20 et 40 m. L'abaissement des surfaces d'iso-densité au-dessus du banc, indique la présence d'un courant d'ouest. Le profil 1b permet de suivre les phénomènes vers le nord, mais sur celui-ci, seules des observations au BT ont été effectuées (fig. 4b). Ici, aussi bien que sur le profil 3, un minimum intermédiaire de température inférieure à 13,5° C a été enregistré et semble indiquer la limite de la convection hivernale.

Le profil 2 (fig. 5), localisé à 20 milles environ à l'est, montre essentiellement la même situation. Dans le canal, l'échantillonnage a été effectué jusqu'à 200 m où l'eau à caractère méditerranéen (salinité supérieure à 38,2 ‰ et température inférieure à 13,5° C) est décelée. L'enfoncement des surfaces d'iso-densité à partir du banc, indique, soit un « cascading » des eaux plus lourdes sur le rebord du canal, soit un fort courant vers l'est sur son flanc méridional. Des forts courants de fond capables d'entraver les opérations de chalutage, ont été souvent observés dans cette zone.

Le profil 3 (fig. 6 et 7) passe à travers le détroit de Sardaigne. La répartition des températures montre encore une fois le minimum déjà mentionné entre 90 et 250 m de profondeur. Les valeurs de sigma-t de surface diminuent vers le sud, spécialement près des côtes tunisiennes où le courant atlantique est plus développé. Mais plus près de la côte (10 milles) la répartition des valeurs de sigma-t s'inversent, indiquant la présence d'un contre-courant local dirigé vers l'est. Nous avons aussi trouvé dans cette zone les plus faibles valeurs de salinité (36,8 ‰). Cette eau est séparée des eaux superficielles plus salées (37,7 ‰) que l'on rencontre au large de la Sardaigne par un front localisé près de la station 13 à 50 milles environ au large des côtes tunisiennes. Des eaux méditerranéennes intermédiaires avec une salinité supérieure à 38,6 ‰ et une température voisine de 14° C ont été identifiées au-dessous de 10 m au large de la Sardaigne.

Des conditions similaires se rencontrent sur le profil 4 au large de Bizerte. La veine d'eau atlantique contient encore des eaux à salinité inférieure à 36,8 ‰ (fig. 8).

Les profils 5 et 6 (fig. 9 à 11), s'étendent respectivement jusqu'à 60 et 80 milles au large de la côte. Sur ces profils, la température et la salinité augmentent par comparaison avec les profils précédents, indiquant que le caractère atlantique de l'eau de surface devient moins apparent. Le profil 7 (fig. 12 et 13) allant du cap Bon au nord-ouest de la Sicile montre encore des eaux atlantiques avec des salinités de surface proches de 37 ‰ près des côtes tunisiennes et au-dessus du banc Aventure. La chute des surfaces d'isodensité au-dessus de 50 m de profondeur indique un courant « est » plus accentué près du cap Bon.

Le minimum de température s'observe sur le profil B au large de Kélibia (fig. 14). Les salinités de surface de l'eau Atlantique sont approximativement les mêmes que sur les profils précédents.

Les profils 9-12 (fig. 15-18), couvrant les eaux côtières peu profondes entre Nabeul et Ras Capudia, montrent des conditions plutôt homohalines près de la côte, mais une thermocline bien développée autour de 50 m de profondeur. Un courant géographique Est s'observe sur le flanc nord d'un banc situé à 20 milles au sud-est de Pantelleria (fig. 16). Quelques données de salinité ont été récoltées le long des profils 11 et 12 et seule la répartition des températures basée principalement sur les observations au BT a été tracée.

Le profil 13, divisé en trois sections, couvre le détroit de Sicile, à savoir : Ras Capudia-Lampedusa (Profil 13a, fig. 19), Lampedusa-Malte (Profil 13b, fig. 20 et 21) et Malte-Sicile (Profil 13c et 13d, fig. 22 et 23). Dans les eaux peu profondes allant de Ras Capudia à Lampedusa (Profil 13a), une thermocline s'observe à partir de 30 milles au large; elle va en s'accroissant vers Lampedusa. A l'est de Lampedusa, la thermocline est mieux marquée (Profil 13b, fig. 20). Entre Lampedusa et Malte un autre trait de la répartition des températures s'observe; il concerne un maximum secondaire de 15,5° C qui apparaît vers 100-150 m. Des salinités plus faibles, autour de 37,1-37,2 ‰, indicatrices de l'eau atlantique sont relevées dans deux languettes de sub-surface, l'une à l'ouest et à l'est de Lampedusa (fig. 19 et 21), l'autre à 20 milles environ au sud-ouest de Malte dans les couches subsuperficielles entre 20 et 50 m de

profondeur. Près de la pointe méridionale de la Sicile (fig. 22 et 23), un front avec de forts gradients de salinité sépare l'eau de surface de celle du Levant, cette dernière avec des salinités supérieures à 38,7 ‰ à 150 m de profondeur (station 80, profil 13, fig. 23).

Pour montrer plus clairement la dispersion des eaux atlantiques le long des côtes tunisiennes, le profil A (fig. 24) a été tracé; il donne la répartition des températures et des salinités sur une sélection de stations localisées entre 30 et 60 milles au large (pour la position des stations voir la figure 1).

Alors que dans la région occidentale, au large de Tabarka et Bizerte, les plus faibles valeurs de salinité se rencontrent généralement en surface, dans la partie méridionale au large de Ras Capudia, elles se limitent à une étroite couche subsuperficielle sous la thermocline ou associée à elle (St. 100), montrant ainsi les effets de l'augmentation de l'évaporation avec l'avancement des saisons. Les flèches indiquent le flux de l'eau atlantique de l'ouest vers le sud-est, sur une distance maximum de 500 km la salinité diminue seulement de 0,3 ‰.

#### 4.2. RÉSULTAT DE LA CAMPAGNE D'AUTOMNE HY II (septembre-octobre 1972).

Durant la campagne d'automne un réseau de station similaire au précédent a été suivi. Les profils 1a et 1b (fig. 25 et 26), au large de Tabarka, montrent l'existence d'une forte thermocline à environ 40 m de profondeur et celle d'une veine d'eau atlantique de faible salinité (moins de 37 ‰) juste en dessous. En comparaison avec la situation qui prévalait trois mois et demi auparavant, une thermocline plus profonde et plus forte est observée, ainsi qu'un confinement de l'eau de basse salinité avec des valeurs légèrement plus élevées à la partie inférieure de la thermocline, et lié à la forte évaporation.

Dans les profils 2 et 3 (fig. 27 et 29), des conditions similaires ont été trouvées. L'eau atlantique est détectée dans, ou au-dessous de la thermocline entravant un mélange vertical avec une eau de salinité plus élevée résultant de la forte évaporation. La thermocline maintenant avec un fort gradient a été détectée à 50 m environ, mais l'isotherme de 15° C n'a pas changé beaucoup de la position qu'il occupait trois mois et demi auparavant, le minimum

de température intermédiaire se trouve toujours autour de  $13,5^{\circ}$  C et à peu près dans la même tranche de profondeur. Les profils 4-7 (fig. 30-32) montrent des conditions similaires : l'eau atlantique avec des valeurs inférieures à  $37,2$  ‰, est limitée à une faible couche au-dessous de la thermocline. La répartition des températures, salinités et sigma-t dans l'eau plus profonde est la même que celle observée au cours de la campagne précédente. Sur le profil 8 (fig. 33 et 34), du cap Bon à la Sicile, la thermocline est moins développée qu'il y a trois mois et demi et elle se localise maintenant à des niveaux plus profonds. Près des côtes du cap Bon, l'eau atlantique est encore une fois observée jusqu'à 15 milles environ au large, en une couche étroite entre 30 et 90 m de profondeur, ainsi qu'au-dessus du banc Aventure vers 50 m; dans les deux cas, cette couche se situe à l'intérieur ou au-dessous de la thermocline. La distribution des valeurs de sigma-t indique un flux général vers l'est, plus développé à 15-20 milles au large des côtes tunisiennes.

De Kélibia (profil 9, fig. 35) à Ras Capudia (profil 13, fig. 40), le noyau d'eau atlantique est caractérisé par une salinité juste inférieure à  $37,3$  ‰. D'autre part, les conditions concordent avec les observations déjà faites. Entre Pantelleria et la côte tunisienne la distribution homohaline domine au-dessus d'une thermocline bien développée avec une température à la surface supérieure à  $22^{\circ}$  C (profils 9 et 10, fig. 35-37).

Les profils 11 et 12 (fig. 38 et 39) des eaux peu profondes au large de Sousse et Mahdia montrent la thermocline au-dessus de 50 m, tandis que les dépressions contiennent une eau d'une température inférieure à  $17^{\circ}$  C. Des noyaux de l'eau atlantique de moins de  $37,3$  ‰ sont observés juste au-dessous dans la thermocline.

Sur la longue section qui traverse la partie sud du détroit de la Sicile (profils 15a-c, fig. 40-43), nous avons surtout observé des conditions similaires à celles trouvées trois mois auparavant. En allant des côtes tunisiennes vers l'est (profil 13a), le minimum de salinité de l'eau atlantique est enregistré au-dessus des faibles profondeurs, soit au-dessous, soit associé à la thermocline à l'ouest de Pantelleria. Cette couche de  $37,3$ - $37,4$  ‰ s'étend jusqu'à la côte maltaise avec une languette de moins de  $37,3$  ‰ de 30 à 60 milles à l'est de Pantelleria (fig. 42). Entre les deux îles, un maximum

de salinité a été observé à la surface durant les deux croisières avec des valeurs supérieures à 38,7 ‰, indiquant ainsi la quasi stabilité de ce caractère. Le profil 13c (fig. 43), décrivant les conditions dans le canal de Malte, montre à nouveau le front à proximité de la pointe méridionale de la Sicile.

Deux profils additionnels à ceux des croisières antérieures ont été exécutés dans le but de couvrir le golfe de Gabès à ses alentours (profils 14 et 15, fig. 44 et 45). Cette zone étant peu profonde, une petite stratification est enregistrée. Une forte thermocline a été détectée à une seule station, à une profondeur maximum de 50 m (station 102, profil 15, fig. 45). Les fortes valeurs de salinité (dépassant 39 ‰) et de température (environ 24° C) que l'on observe s'expliquent par la faible profondeur et la forte évaporation.

Le profil A, le long de la côte (pour la position des stations voir la figure 2), basé sur des stations choisies à partir de 50 milles au large de la Tunisie, montre que le courant atlantique, tel qu'il est indiqué par le flux d'eau peu salée, est associé à la thermocline (fig. 46). A nouveau l'augmentation de salinité de Tabarka (St. 35) à Ras Capudia (St. 115) a été évaluée à environ 0,3 ‰. Plus au sud, les observations ont été seulement faites dans des zones peu profondes, ce qui n'a pas permis de tracer le flux du courant.

#### 4.3. RÉSULTATS DE LA CROISIÈRE DE PRINTEMPS HY III

Durant la croisière HY III, le réseau de stations fut différent, moins d'importance a été donnée à la bande côtière.

Le profil 1 (fig. 47 et 48), de la Tunisie jusqu'à la Sardaigne, montre encore une très légère stratification de la température, spécialement dans la région centrale du détroit. Près de la côte, particulièrement vers la Tunisie, l'échauffement printanier de l'eau de surface se décèle par des températures de l'ordre de 15° C. A cause des effets de la convection hivernale, les salinités de surface sont plutôt élevées et la stabilité moindre, particulièrement dans la partie centrale et près de la Sardaigne comme indiqué par la répartition des valeurs du sigma-t. La ligne en pointillé sur les profils de température (fig. 47) indique un minimum qui pourrait être la limite atteinte par la convection effective durant l'hiver précédent. Au-dessous de cette limite d'influence majeure par des cycles saisonniers, seules de faibles variations par rapport aux observations

faites lors des campagnes antérieures sont enregistrées. A ce stade, les altérations sont associées aux fluctuations des courants de subsurface, soit d'ouest, soit d'est. Vu le manque de données au-dessous de 250 m, elles ne peuvent pas être étudiées ici.

Les deux profils côtiers 2 et 3 (fig. 49 et 50) montrent des conditions similaires à celles décrites sur le profil 1.

Les profils suivants, 4 à 7, plus longs (fig. 51-55), couvrent la région comprise entre la Sardaigne, la Sicile et la Tunisie jusqu'au cap Bon. Encore une fois, une eau à basse salinité est détectée près de la côte tunisienne mais, sur le profil 6, des valeurs si basses ne peuvent être expliquées par le courant atlantique. Le printemps étant la saison pluvieuse, ces faibles valeurs locales à l'intérieur du golfe de Tunis peuvent être attribuées aux apports de la Medjerda, principale rivière de la région. Sur le profil 6 (fig. 54) une salinité inférieure à 37,1 ‰ est observée au large à une distance d'environ 90 milles. Ce caractère est associé à la branche du courant atlantique se dirigeant vers la mer Tyrrénienne.

Le profil 5 (fig. 52) à l'est de la Sardaigne montre la présence d'une épaisse couche superficielle avec des salinités de l'ordre de 38 ‰ et des températures de 13,5 à 14° C. Le minimum de température signalé par la ligne en pointillé est peu profond et sa stabilité est moindre comme l'indique la distribution des valeurs de sigma-t.

Le profil 8 (fig. 56) traverse le canal de Sicile, de Kélibia à Mazara. Les plus faibles valeurs de salinité ont été trouvées à la surface près des côtes tunisiennes (inférieures à 37 ‰), et au-dessus du flanc ouest du banc Avanture (inférieures à 37,1 ‰). La répartition en dessous de 100 m n'a pratiquement pas changé depuis la dernière campagne d'octobre.

Les conditions dans les zones côtières entre Kélibia et Ras Capudia sont décrites par les profils 9 et 11 (fig. 57-59). Au sud de Kélibia, l'eau atlantique est détectée à quelque distance au large, au dessus de 50-80 m de profondeur (profil 10, fig. 58).

Sur le long profil 12 a-c (fig. 60-62) qui s'étend de la Tunisie à la Sicile par Lampedusa et Malte, l'eau à faible salinité (entre 37,1 et 37,3 ‰) a été détectée sur des fonds de faible profondeur entre Ras Capudia et Lampedusa et à quelques milles à l'est de cette île (fig. 60 et 61). La thermocline commence à la surface et une autre, secondaire se rencontre vers 25-30 m (fig. 61). Entre Lampedusa

et Malte un minimum de température d'environ  $15,5^{\circ}$  C (O-O) a été enregistré entre 50 et 75 m et un maximum secondaire (X-X), avec des valeurs d'environ  $15^{\circ}$ C, vers 130 m associé à une couche à salinité relativement élevée de 38-38,5 ‰. Ceci semble indiquer la limite des eaux orientales (fig. 61) puisque le profil 12c (fig. 62), à travers le canal de Malte, est localisé cette fois-ci plus au nord.

Le profil 13 (fig. 63-74) va de la Sicile (St. 129) jusqu'à un banc (St. 132) situé à 30 milles environ à l'est de Pantelleria. Dans cette zone, une forte thermocline est détectée près de la surface et les plus faibles valeurs de salinité (inférieures à 37,2 ‰) sont observées dans une large couche subsuperficielle commençant à 30 milles au large des côtes siciliennes vers l'ouest (fig. 64).

Les profils 14 et 15 (fig. 65-66) décrivent les conditions à l'intérieur et au large du golfe de Gabès. Les valeurs des salinités de surface dans cette eau peu profonde ont diminué depuis octobre, mais sont toujours supérieures à 38 ‰ dans la partie interne et sud du golfe (fig. 66). Vers le large, elles diminuent progressivement jusqu'à environ 37,5 ‰. Les plus faibles valeurs se situent autour de 37,3 ‰ et ont été détectées à 60 milles dans le nord-nord-est de Djerba.

Le profil A (fig. 67), le long des côtes tunisiennes (pour la position des stations voir fig. 3) montre des conditions presque homothermiques dans la partie occidentale et la formation d'une faible thermocline aux stations sud orientales. Si l'on considère la salinité, les plus faibles valeurs ont été généralement trouvées en surface et seulement dans la région orientale dans une couche superficielle. Les salinités de l'eau atlantique se situent entre 37,1 et 37,3 ‰.

## 5. — MODE D'ÉCOULEMENT DU COURANT ATLANTIQUE AU LARGE DES CÔTES TUNISIENNES ET SA RELATION AVEC LES STOCKS DE POISSONS PELAGIQUES

Le courant atlantique, caractérisé par son eau à basse salinité, peut être délimité au moyen de la répartition des salinités dans la couche superficielle. Dans la zone explorée, cette eau à basse salinité (entre 36,8 et 37,4 ‰) se détecte surtout à la surface, mais durant la croisière HY II, sous l'effet de la forte évaporation et d'une convection diurne entraînant une salinité élevée au-dessus de la thermocline, elle était associée à la partie inférieure de la thermocline. Dans ce cas, la dispersion de cette eau a pu être déduite des cartes

de distribution des valeurs de salinité moindre aux diverses profondeurs.

Les figures 68 et 69 montrent la dispersion de l'eau atlantique au début de l'été 1972. La première carte est basée sur les valeurs de surface, la deuxième sur les plus faibles valeurs (indépendamment de la profondeur) observées aux stations indiquées par des pointillés. Le mode d'écoulement déduit de ces deux présentations est pratiquement le même; seules les valeurs absolues diffèrent. Le courant atlantique dans le détroit de Sardaigne longe les côtes tunisiennes vers l'est, et après avoir dépassé le Cap Bon, oblique vers le sud hors des eaux côtières peu profondes, laissant l'île de Lampedusa à sa gauche. Un autre caractère déjà mentionné dans les profils tracés à travers le canal de Malte, front hydrologique à la pointe méridionale de la Sicile, et qui sépare l'eau de surface du détroit de Sicile des eaux orientales.

Durant la campagne HY II, septembre-octobre 1972, Les mêmes caractéristiques ont été observées. La carte de surface (fig. 70) indique une déviation orientale du courant atlantique passant plus à l'est de Lampedusa. La carte des minima (fig. 71) montre toutefois un second courant superficiel de l'autre côté de l'île comme il a été noté durant la précédente campagne.

Les deux cartes montrent clairement la branche du courant nord-est au large de Bizerte. Cette branche du courant atlantique pénétrant dans la mer Tyrrhénienne est déjà bien connue. Un autre exemple est donné sur la figure 72 construite à partir des données de surface « Rapport technique OTAN N° 44 » (1969).

Les plus hautes salinités avec des valeurs autour de 39 ‰ ont été observées dans la zone interne du golfe de Gabès; elles sont liées à une forte évaporation dans une zone peu profonde (fig. 70-71).

Pour décrire les conditions au printemps (croisière HY III) seules les données de surface ont été utilisées, la thermocline n'étant pas bien développée et le minimum de salinité étant toujours limité à la surface (fig. 73).

Les faibles valeurs de salinité indicatrices du courant atlantique ont été enregistrées le long des côtes nord à l'ouest du cap Bon; une large couche de salinité inférieure à 37,1 ‰ associée également à la branche tyrrhénienne s'étend autour du cap Bon vers les îles éoliennes et après avoir exécuté un demi cercle, pénètre en direction S-W dans le golfe d'Hammamet.

Les zones côtières au sud de Ras Capudia, y compris le golfe de Gabès sont occupées par une eau à forte salinité, supérieure à 38,3 ‰ dans la zone interne du golfe. A l'extérieur de cette zone, la pointe du courant atlantique s'approche de Djerba. A environ 15 milles au nord-ouest de cette île, des salinités de 37,33 ‰ seulement ont été mesurées.

Les très faibles salinités de surface observées dans les zones internes et au nord ouest du golfe de Tunis sont dues à un déversement des eaux de la Medjerda, la plus importante rivière de la Tunisie.

La température de surface pour les trois campagnes, comme indiqué dans les figures 74-76, montre une distribution zonale avec généralement des valeurs croissantes du nord-ouest au sud-est.

Présument que l'eau de surface méditerranéenne est moins fertile que les eaux provenant du courant atlantique, on peut s'attendre à une relation plus ou moins directe entre les concentrations des planctonophages pélagiques comme les sardines, sardinelles, etc., et cette eau. Au large des côtes nord de la Tunisie, cette relation entre les stocks pélagiques et l'eau atlantique a été mise en évidence par les données hydro-acoustiques récoltées simultanément durant les campagnes et publiées par le groupe d'évaluation acoustique du projet (Rijavec et Zaarah, 1974; Rijavec et Gueblaoui, 1975).

Toutefois, pour la zone située au sud du cap Bon, cette relation n'a pu être établie. Là, le stock de poisson effectue d'importantes migrations saisonnières et il est possible que d'autres mécanismes de fertilisation importants viennent perturber les phénomènes. Pour élucider cette question des relations entre les ressources halieutiques et les facteurs de milieu, des études plus précises des éléments nutritifs et du plancton sont nécessaires.

#### BIBLIOGRAPHIE

- BRANDHORST W., MESSAOUD H., ROKBANI R., HOGLI W. et AJENGUI A. (1974). — Observations océanographiques dans les eaux tunisiennes réalisées par le Projet de recherche et de développement de la pêche durant les années 1972/73. *Bull. Pêches*, 1 : 4-85.
- MACGILL D.A. (1965). — The relative supplies of phosphate, nitrate, and silicate in the Mediterranean Sea. *Rapp. P.-V. Réun. CIESMM*, 19 (3) : 737-744.
- RIJAVEC L. et ZAARAH Y. (1974). — Distribution et abondance relative des stocks de poissons pélagiques dans les eaux tunisiennes en 1972. *Bull. Pêches*, 1 : 86-133.
- RIJAVEC L. et GUEBLAOUI M. (1975). — Distribution, abondance relative et identification des stocks pélagiques au large de la Tunisie en 1973. *Bull. Pêches*, 2 : 3-69.

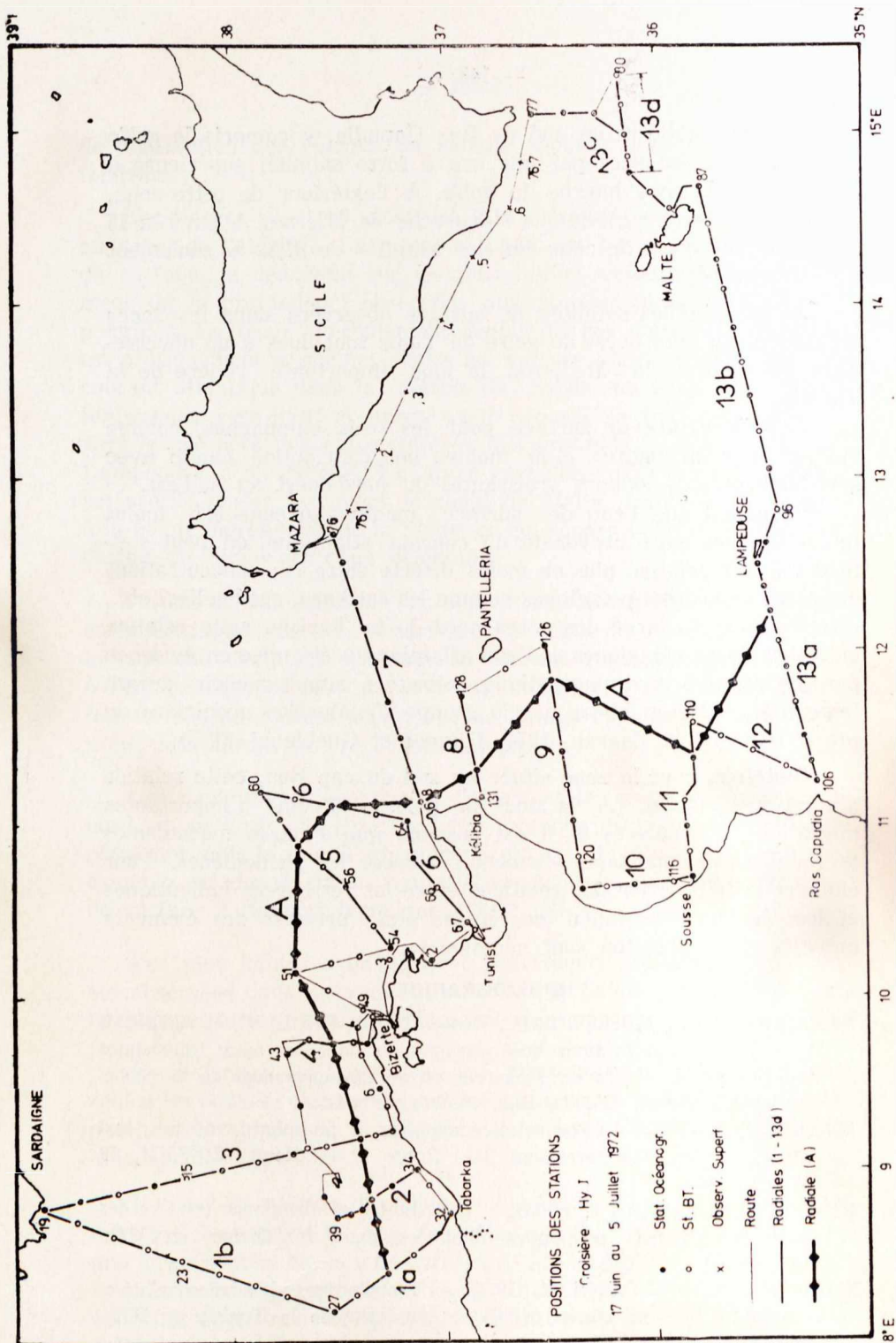


Fig. 1 : Route de navigation et position des stations et des radiales de la croisière HY I effectuée à bord du bateau expérimental **Hannoun** du 17 juin au 5 juillet 1972.

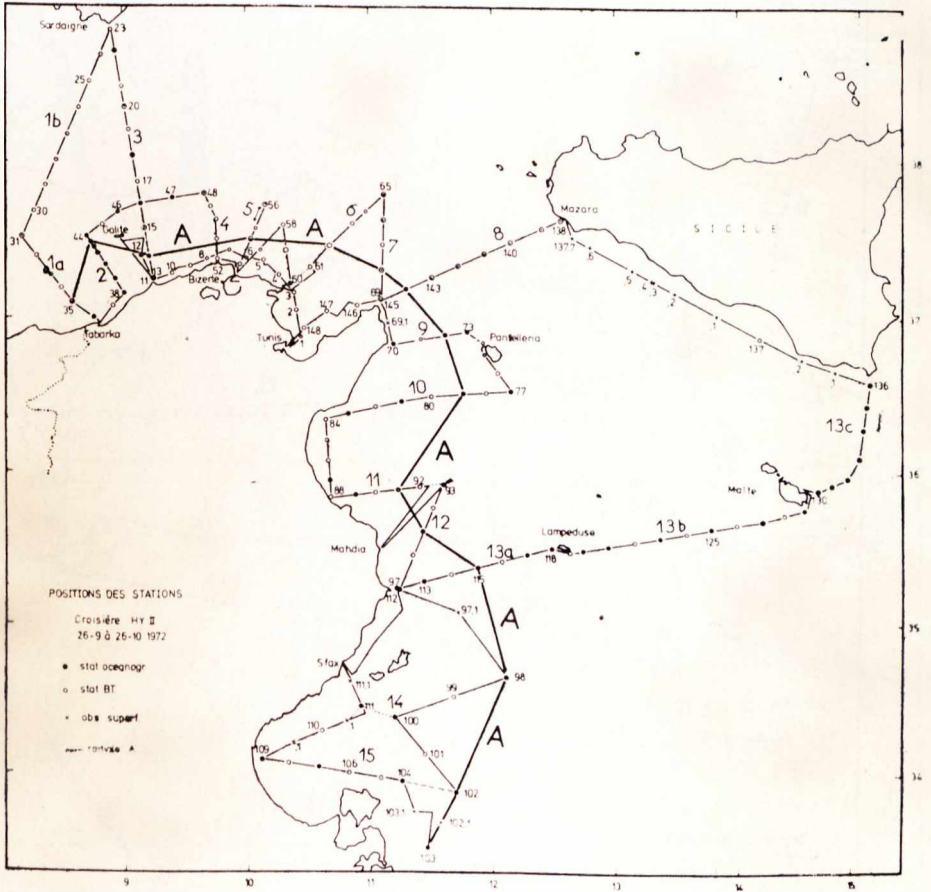


Fig. 2 : Route de navigation et position des stations et des radiales de la croisière HY II effectuée à bord du bateau expérimental **Hannoun** du 26 septembre au 26 octobre 1972.

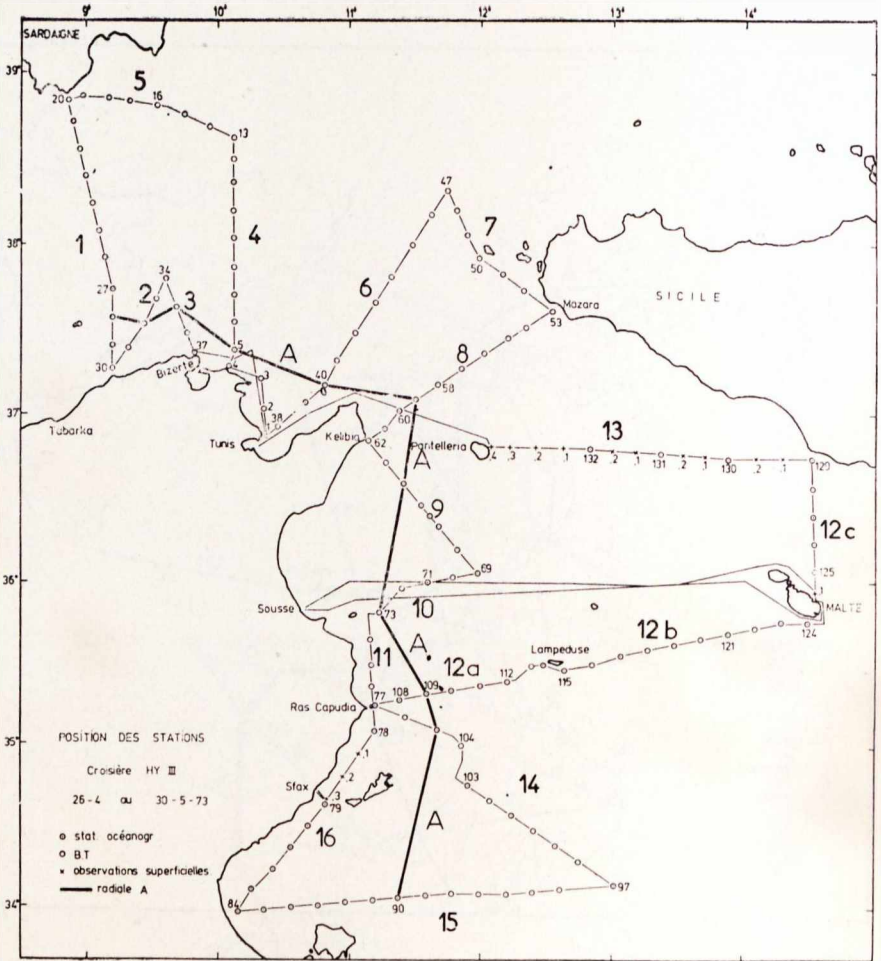


Fig. 3 : Route de navigation et position des stations et des radiales de la croisière HY III effectuée à bord du bateau expérimental **Hannoun** du 26 avril au 30 mai 1973.

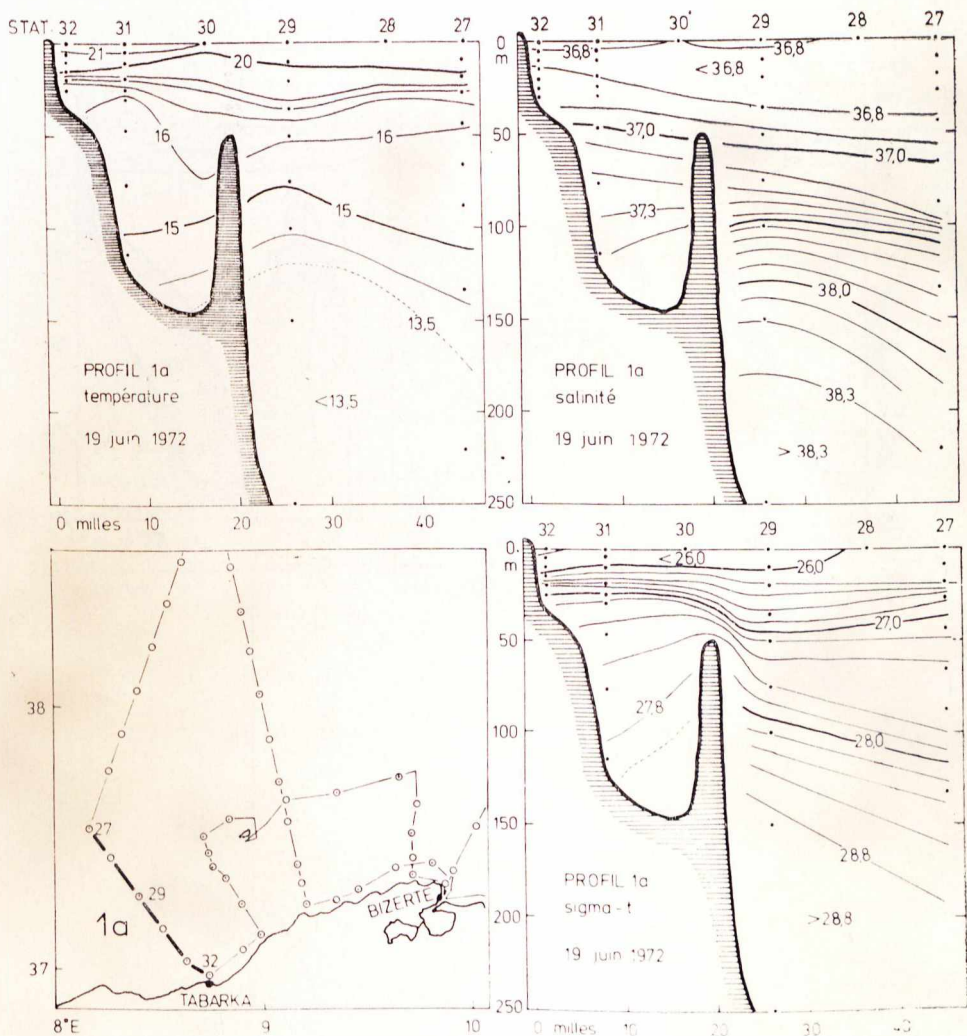


Fig. 4 a : Profil 1a, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

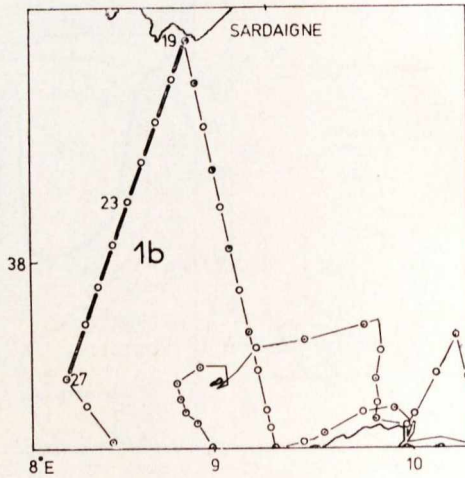
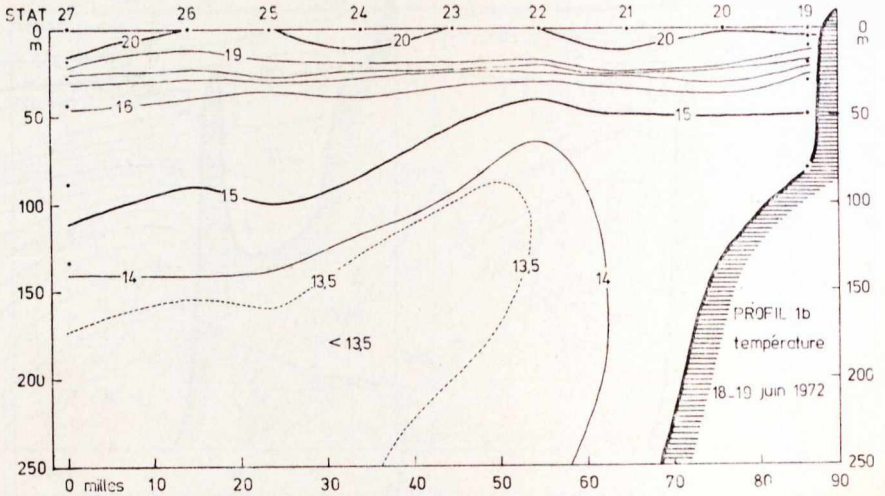


Fig. 4 b : Profil 1b, distribution de la température basée seulement sur les données du BT.

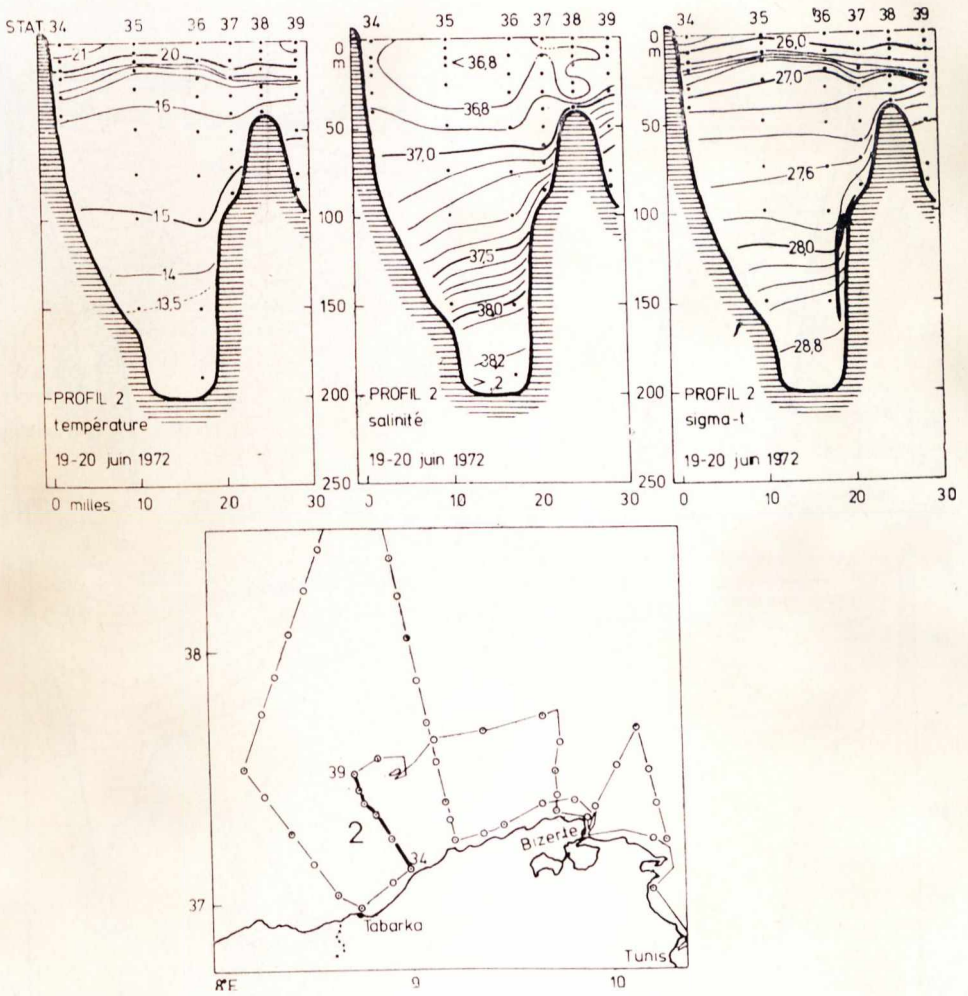


Fig. 5 : Profil 2, distribution de la température, de la salinité et de sigma-t.

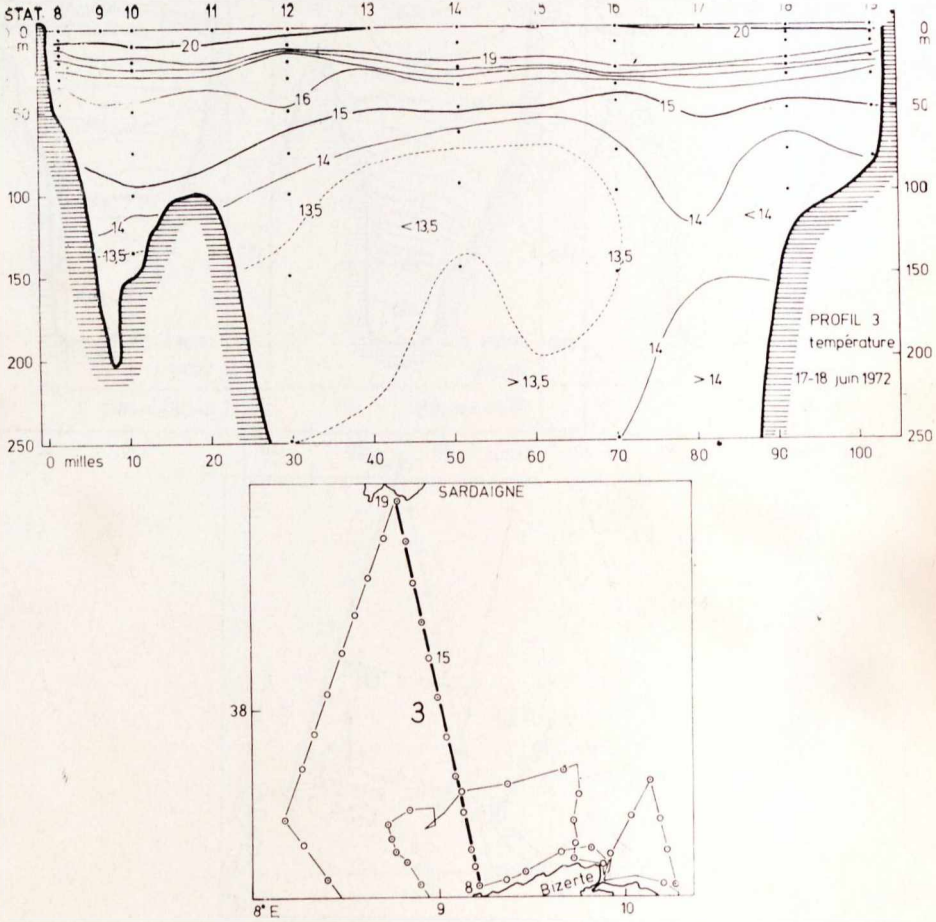


Fig. 6 : Profil 3, distribution de la température.

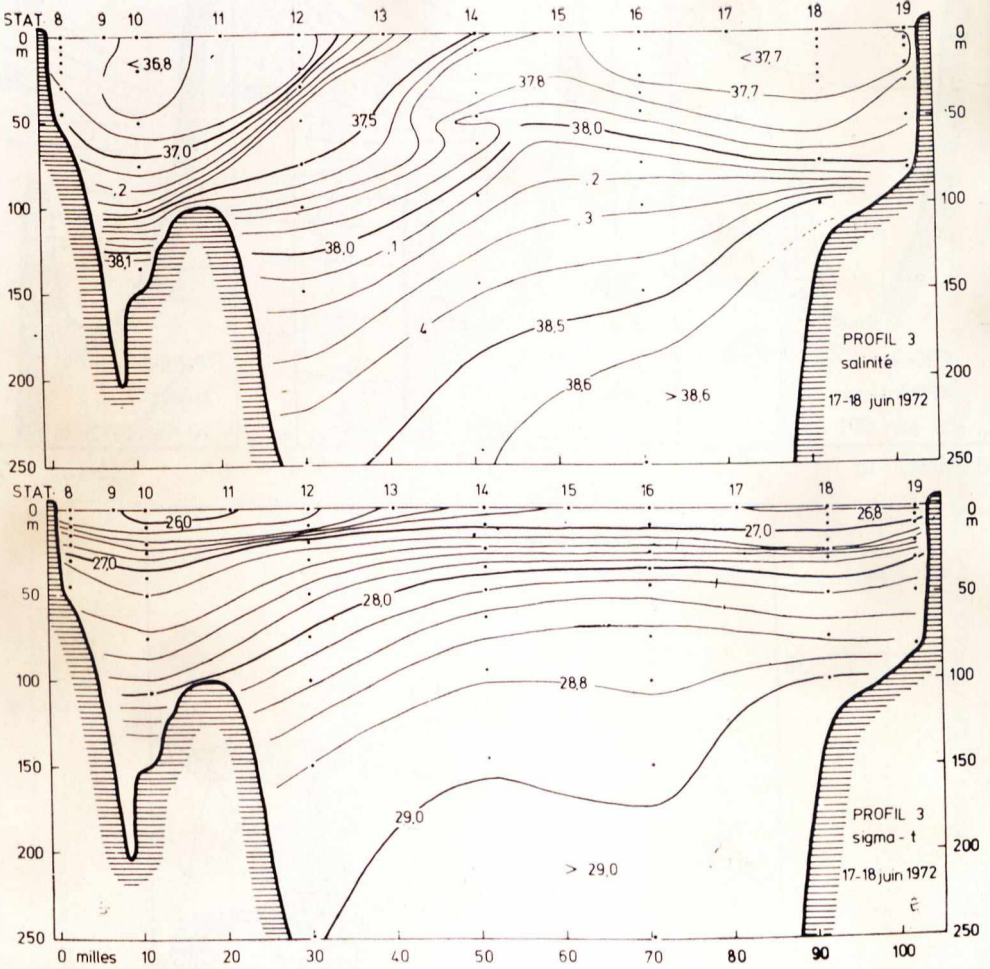


Fig. 7 : Profil 3, distribution de la salinité et du sigma-t.

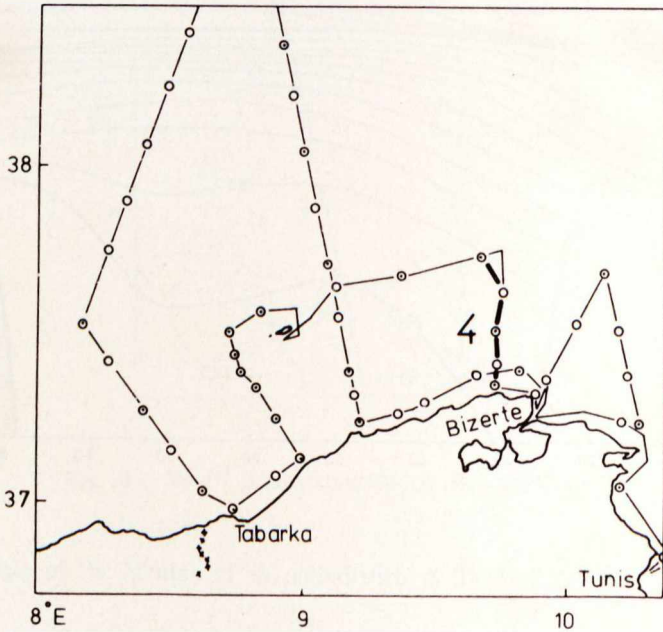
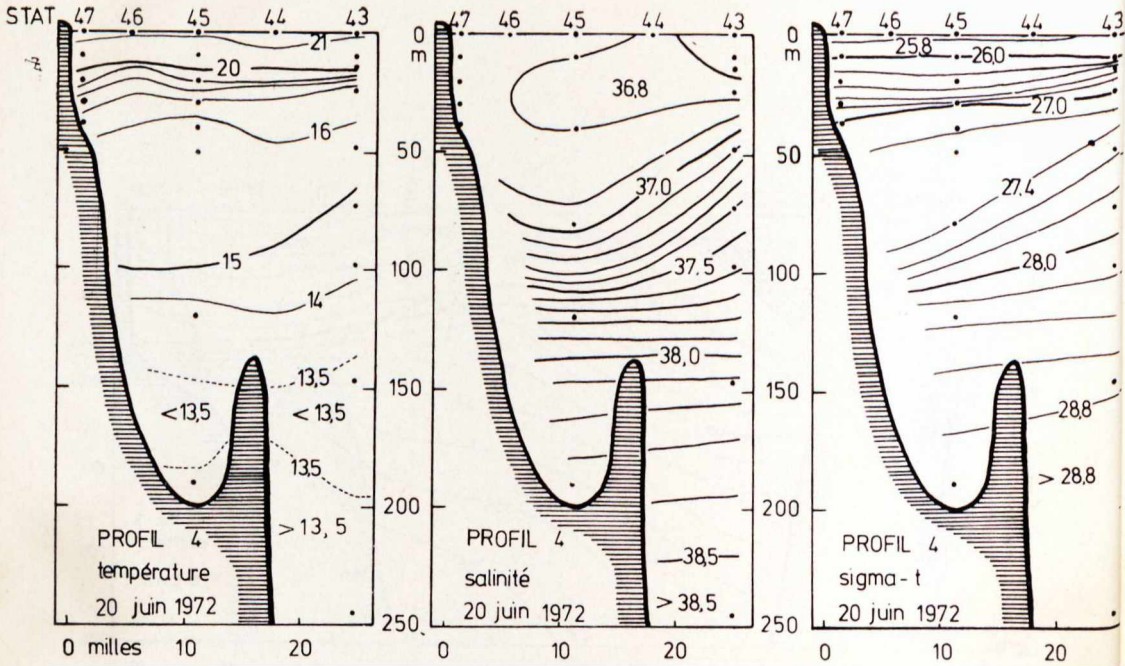


Fig. 8 : Profil 4, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t

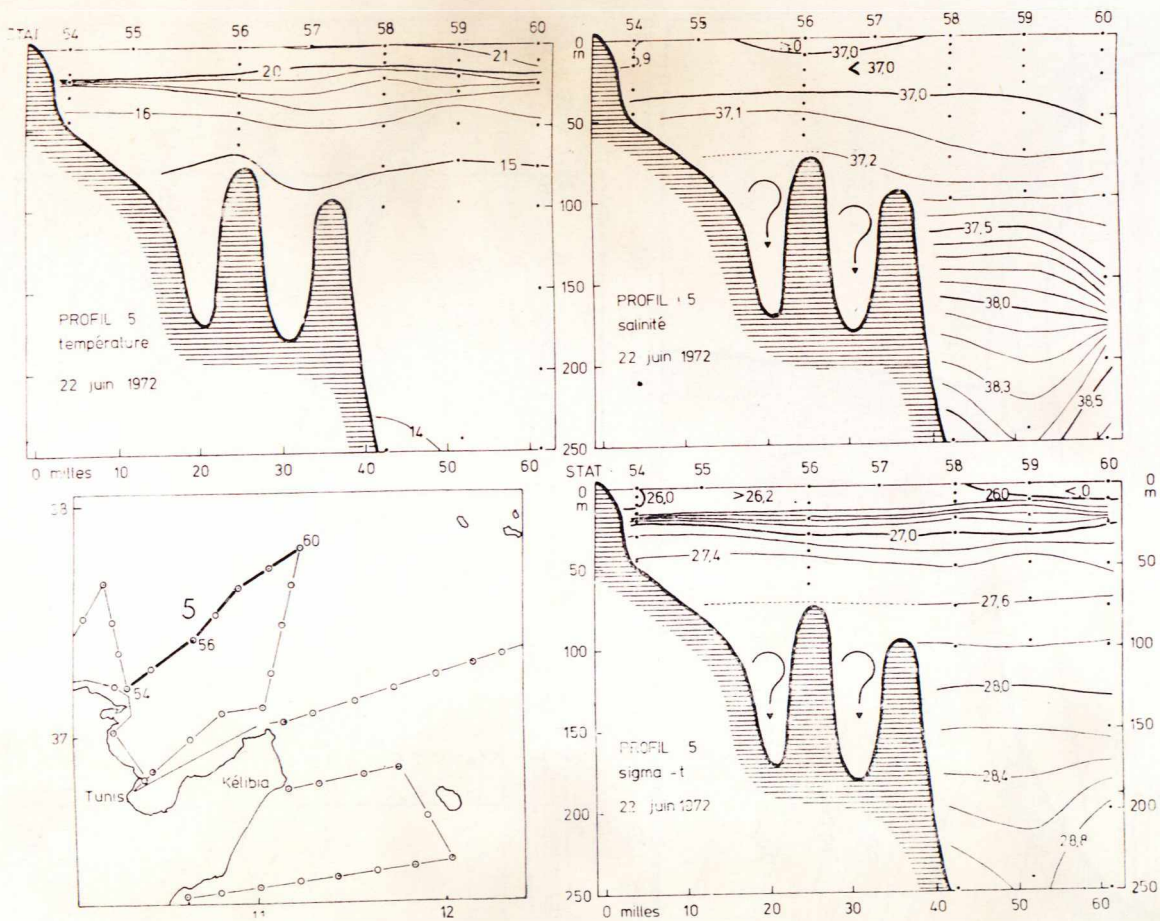


Fig. 9 : Profil 5, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

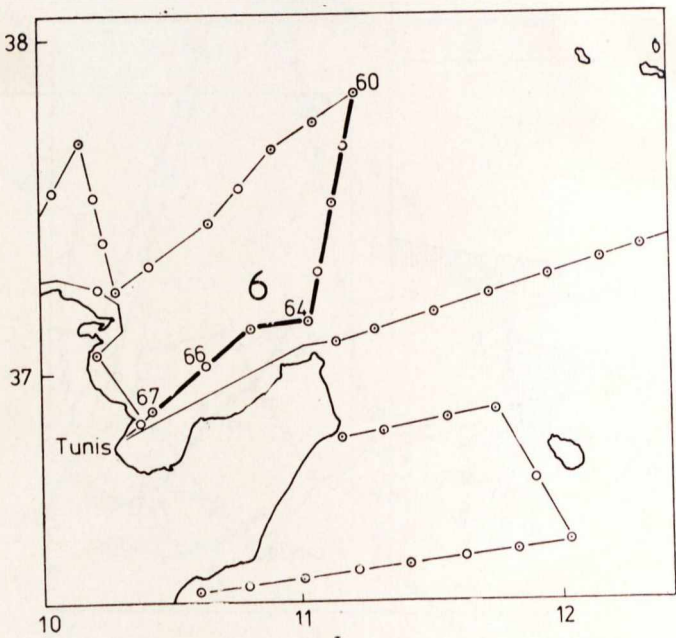
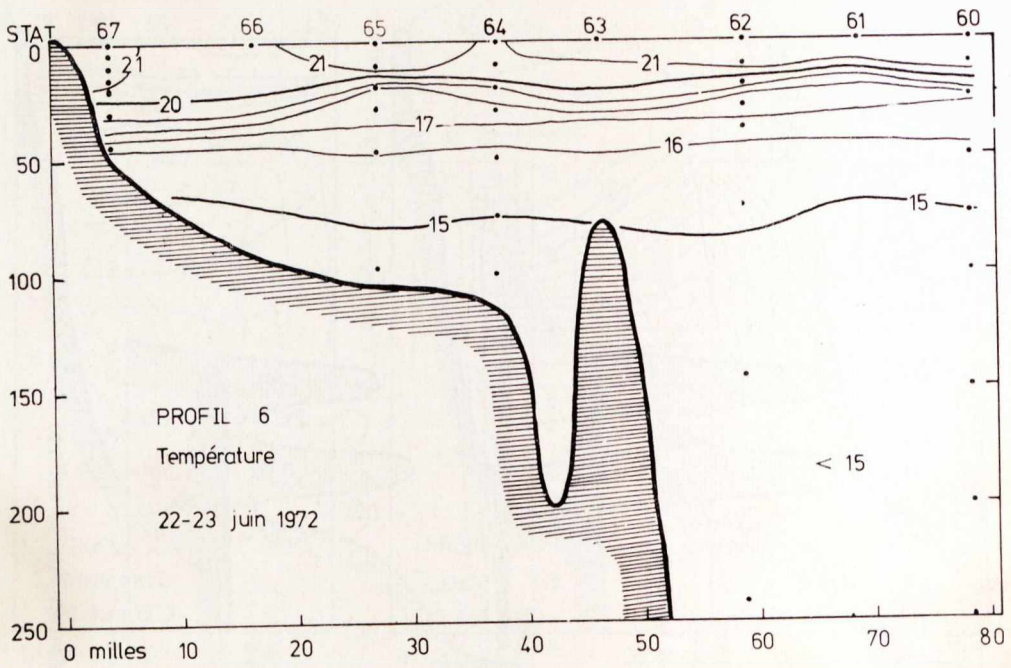


Fig. 10 : Profil 6, distribution de la température.

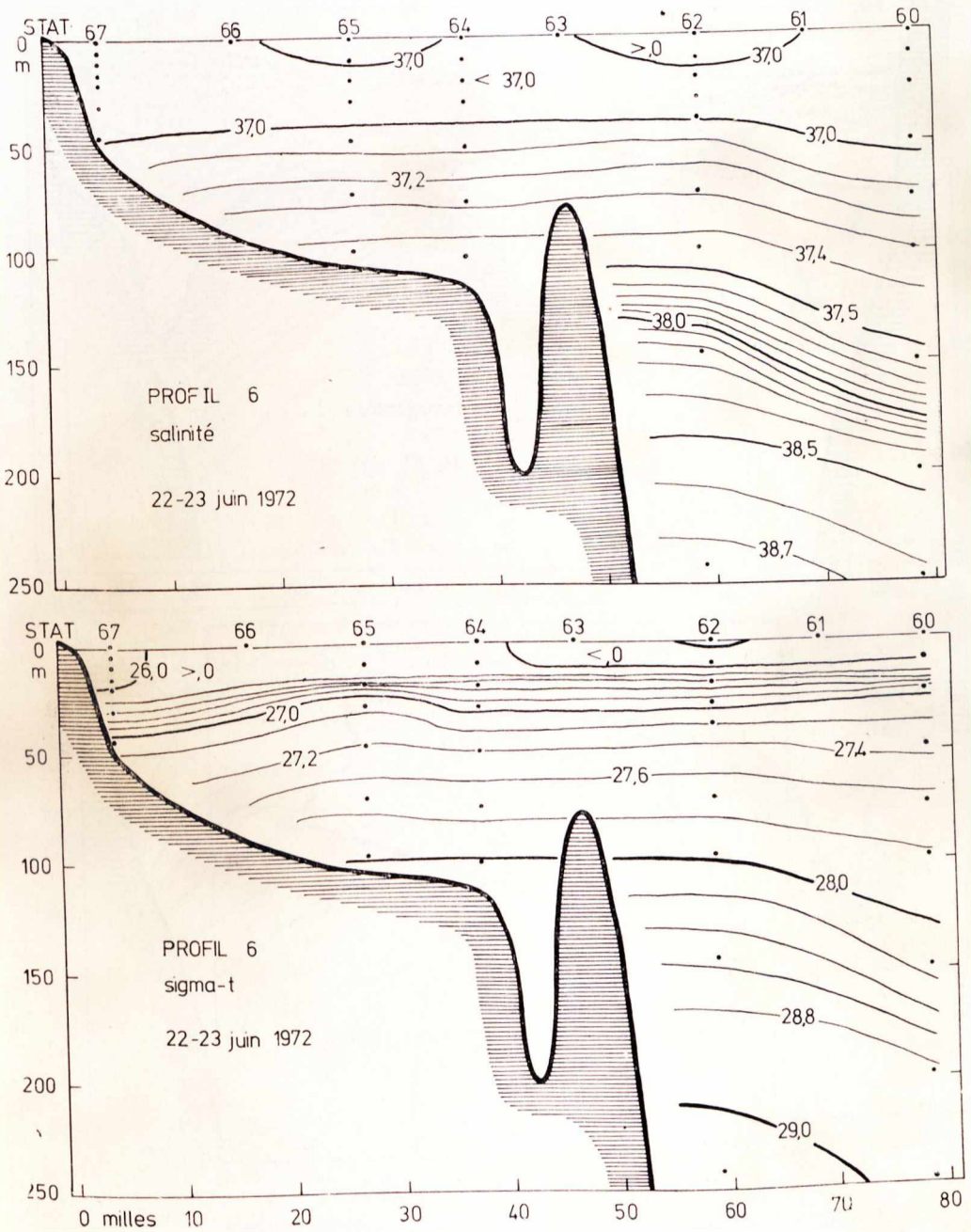


Fig. 11 : Profil 6, distribution de la salinité et du sigma-t.

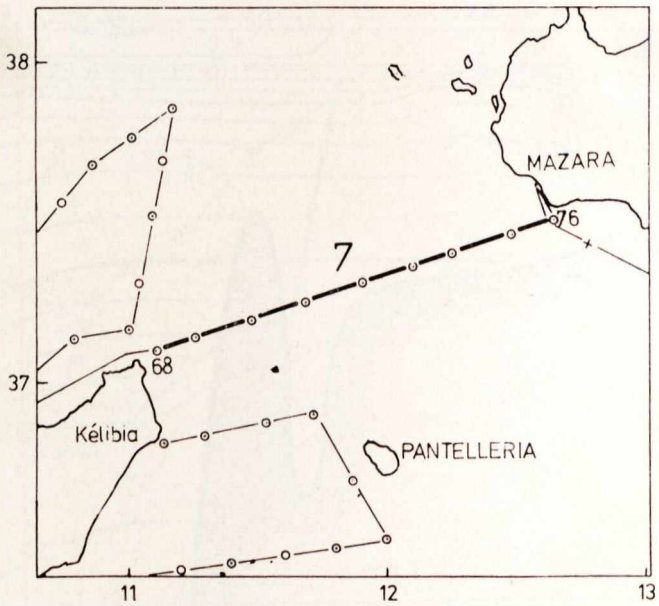
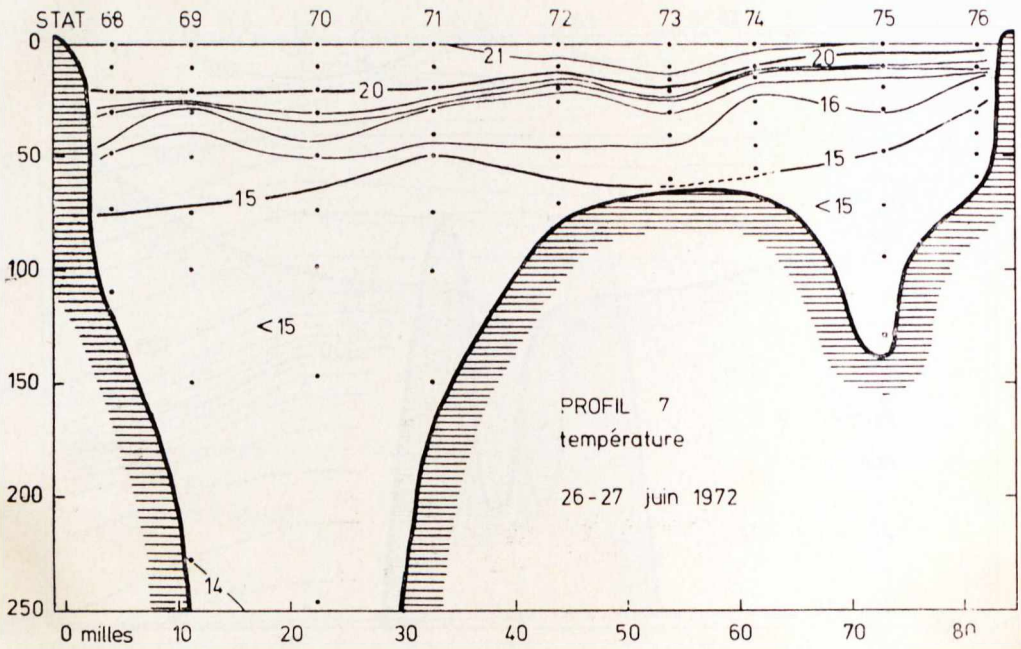


Fig. 12 : Profil 7, distribution de la température.

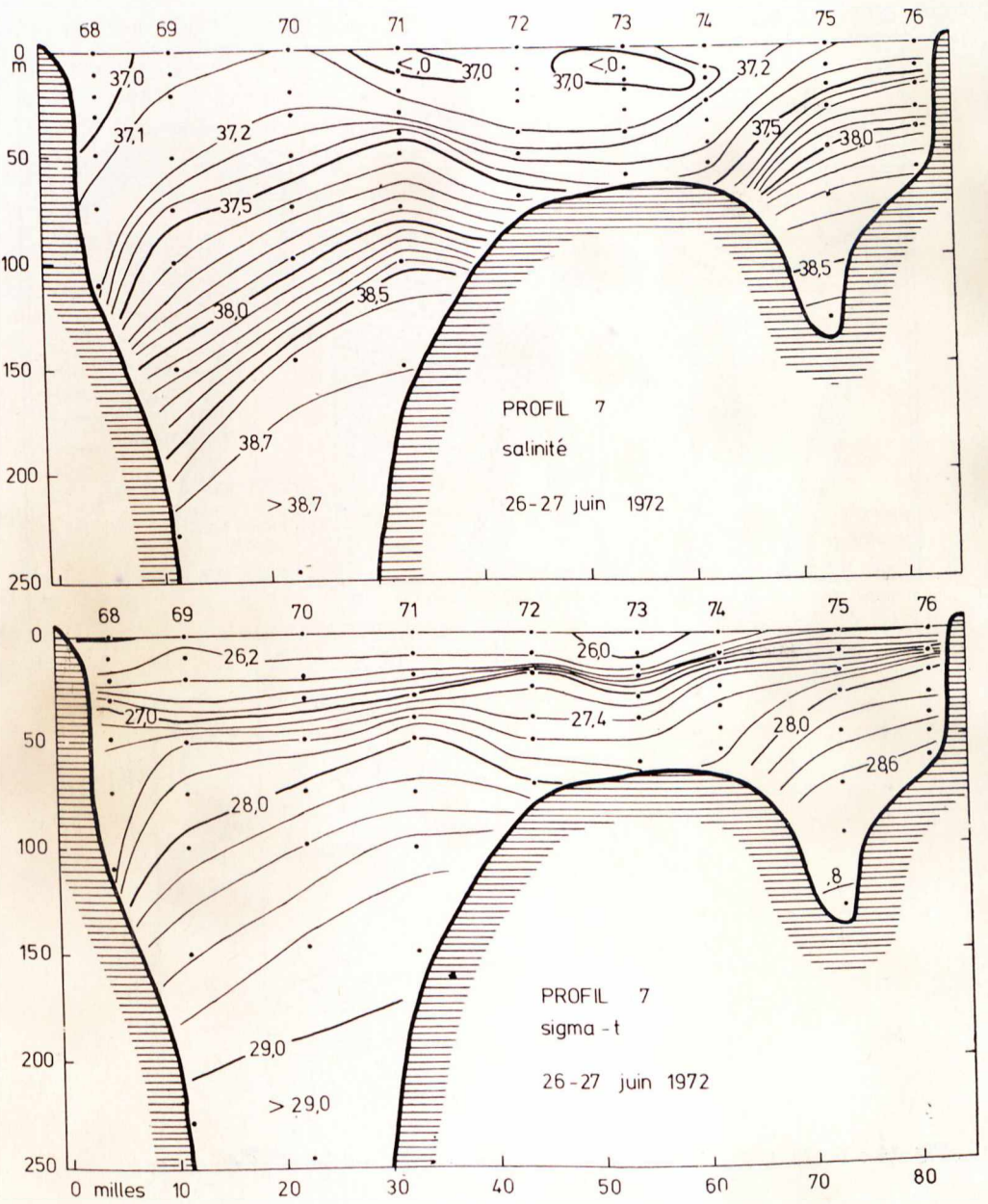


Fig. 13 : Profil 7, distribution de la salinité et du sigma-t.

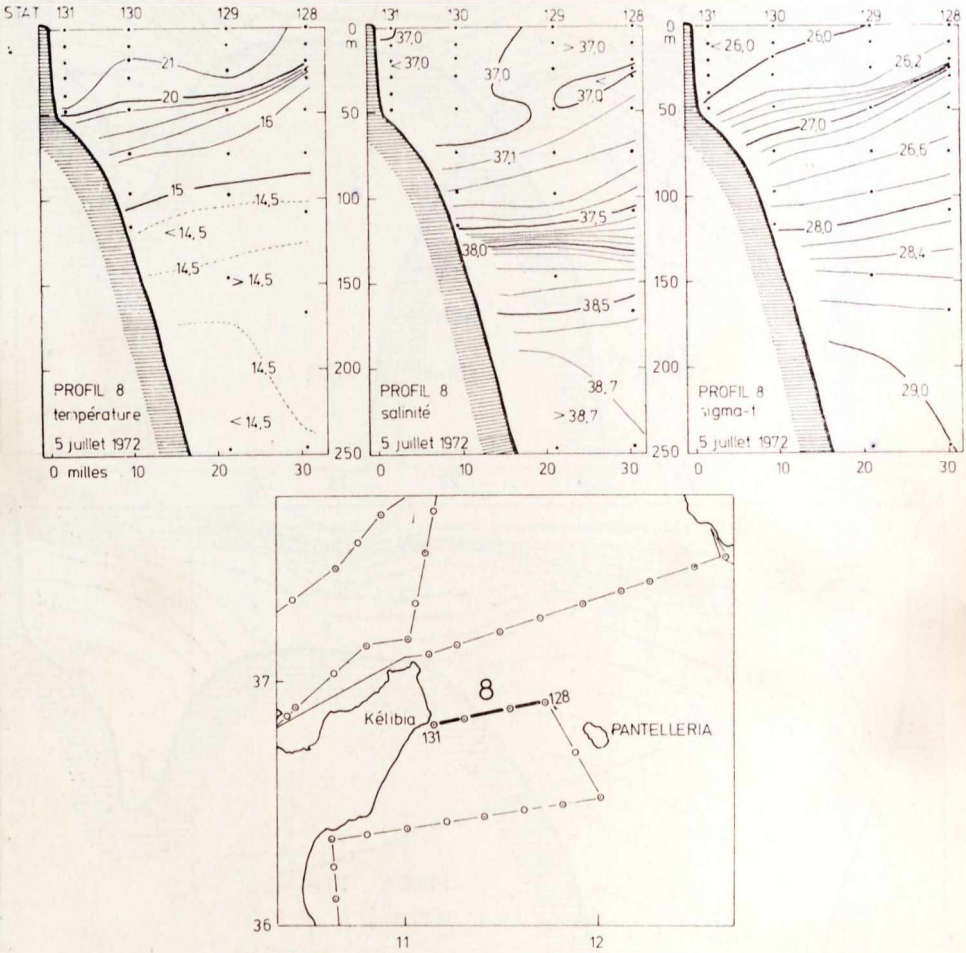


Fig. 14 : Profil 8, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

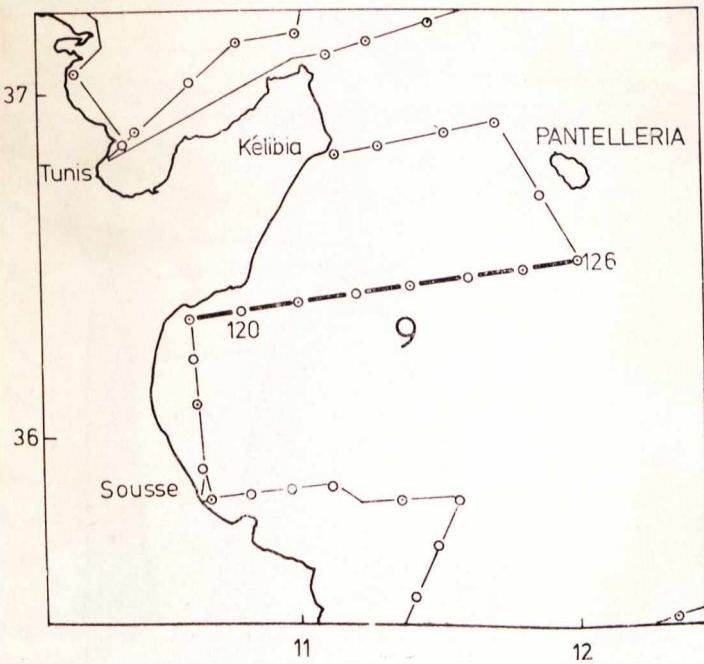
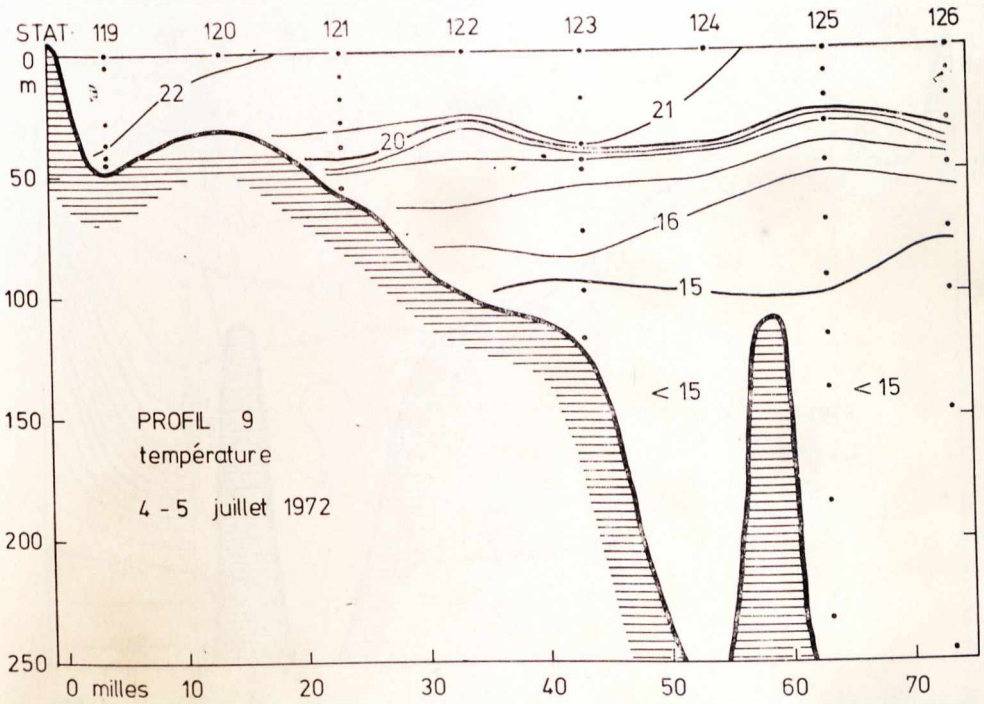


Fig . 15 : Profil 9, distribution de la température.

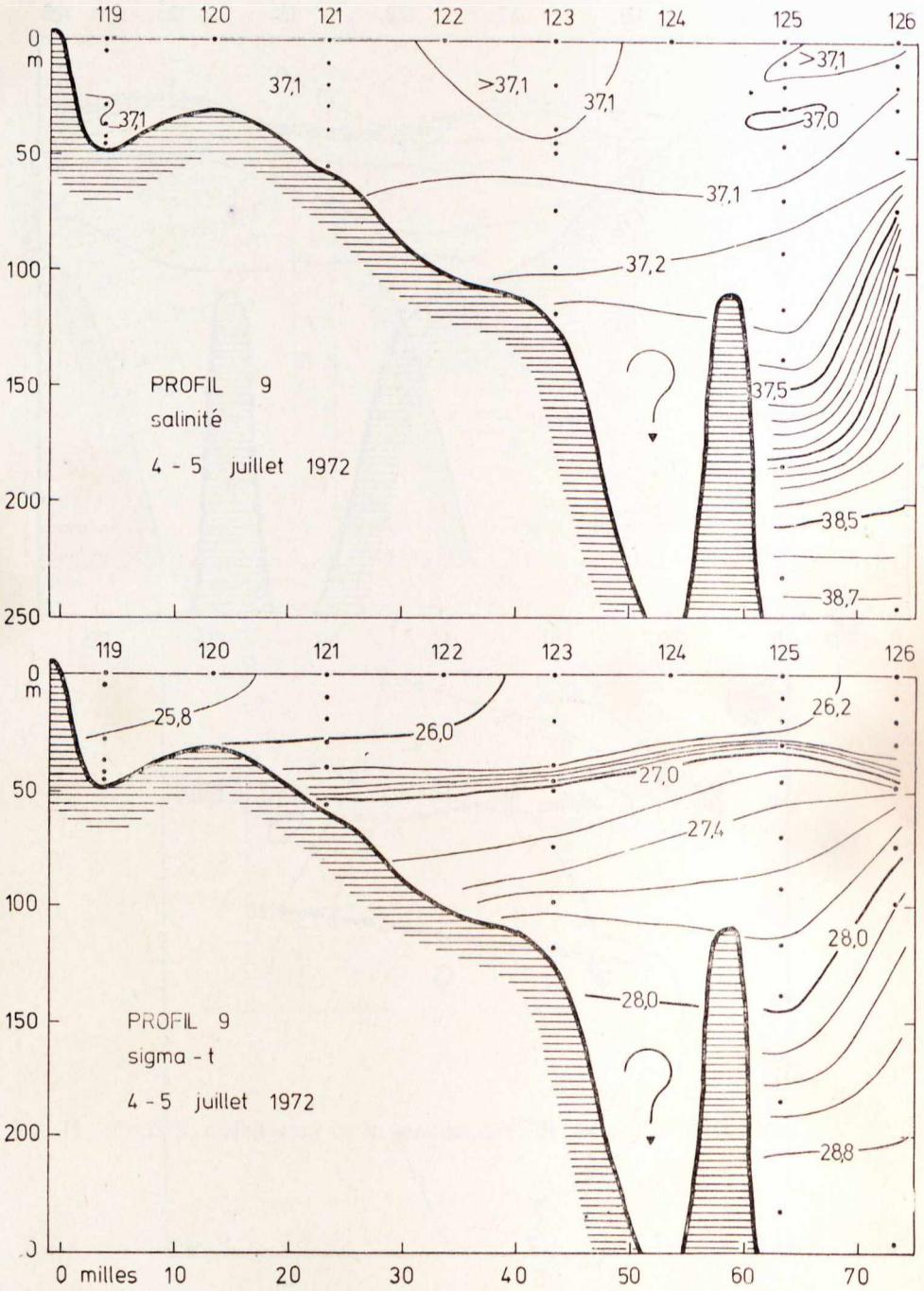


Fig. 16 : Profil 9, distribution de la salinité et du sigma-t.

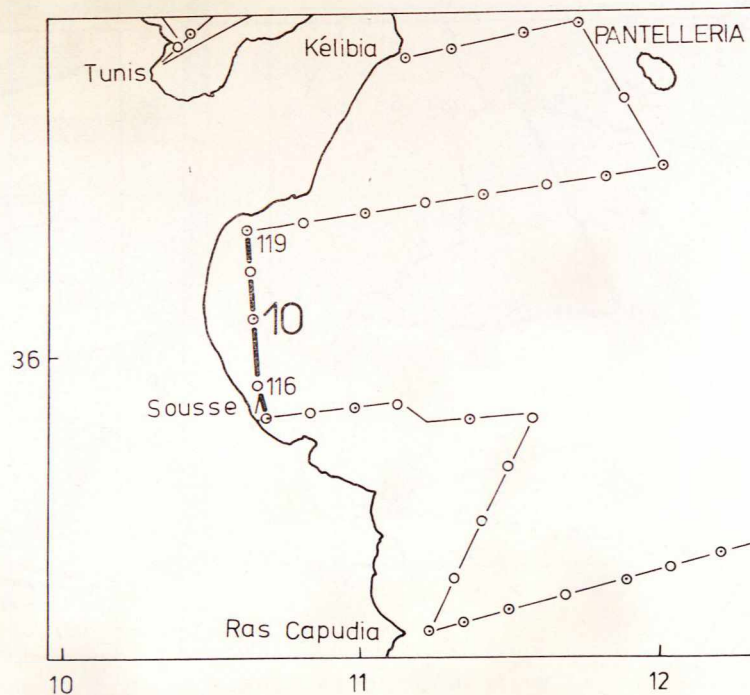
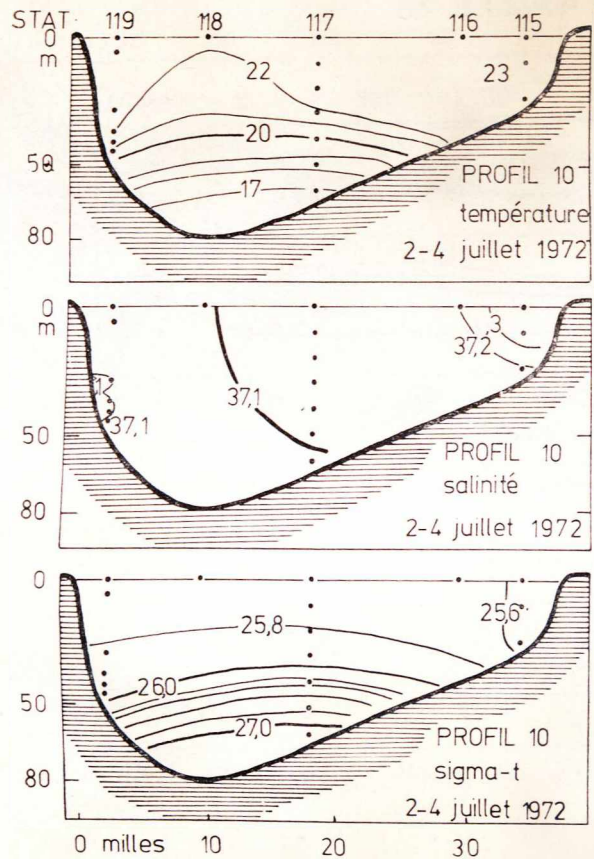


Fig. 17 : Profil 10, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

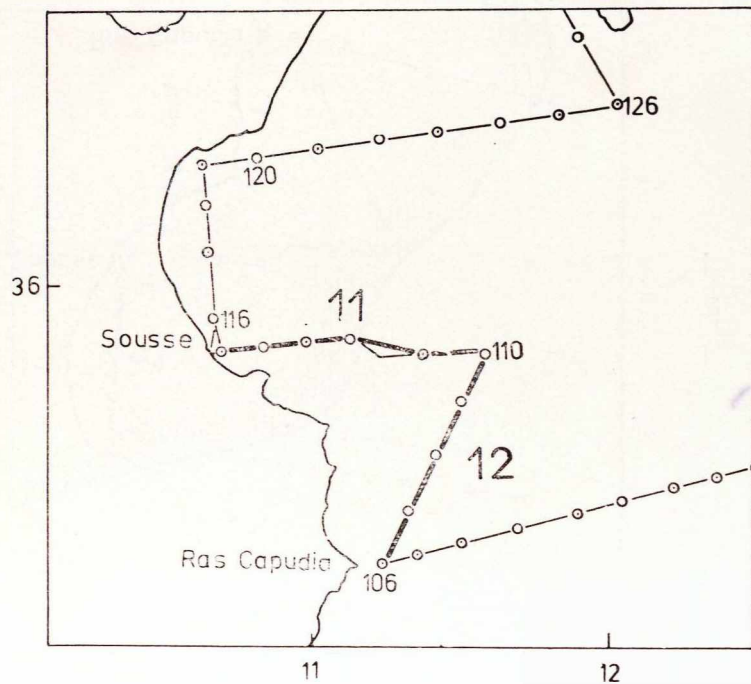
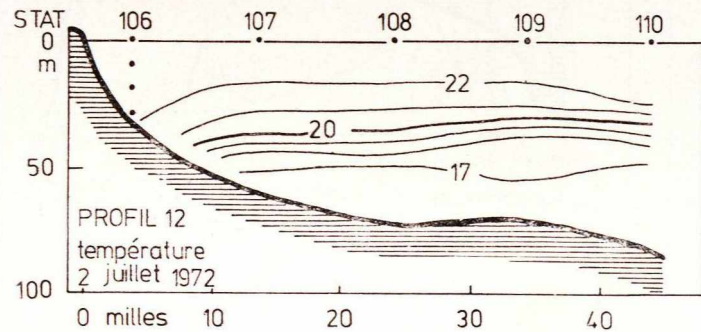
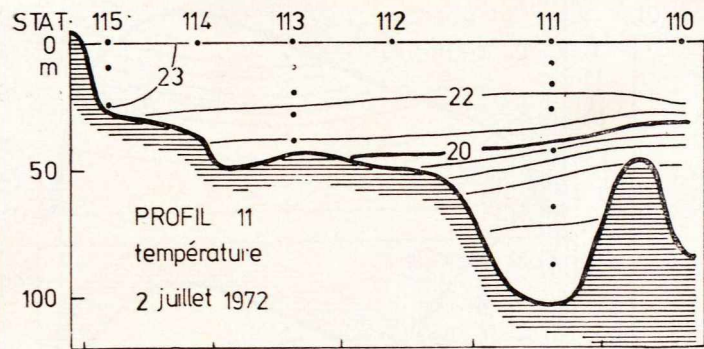


Fig. 18 : Profils 11 et 12, distribution de la température.

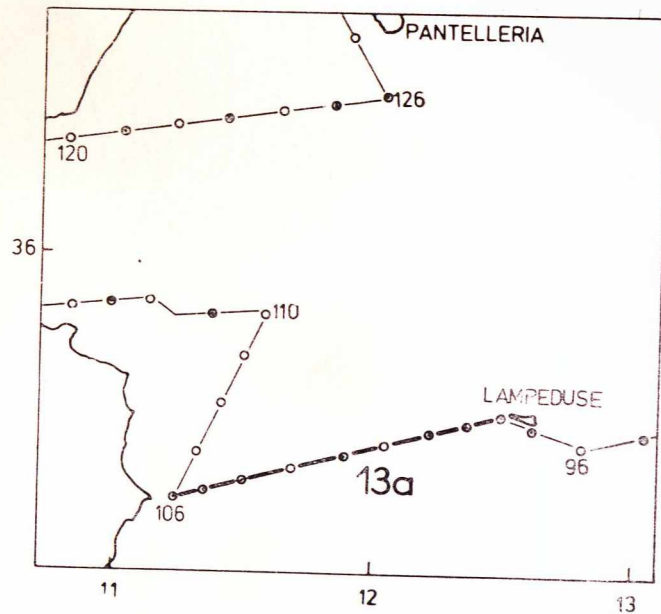
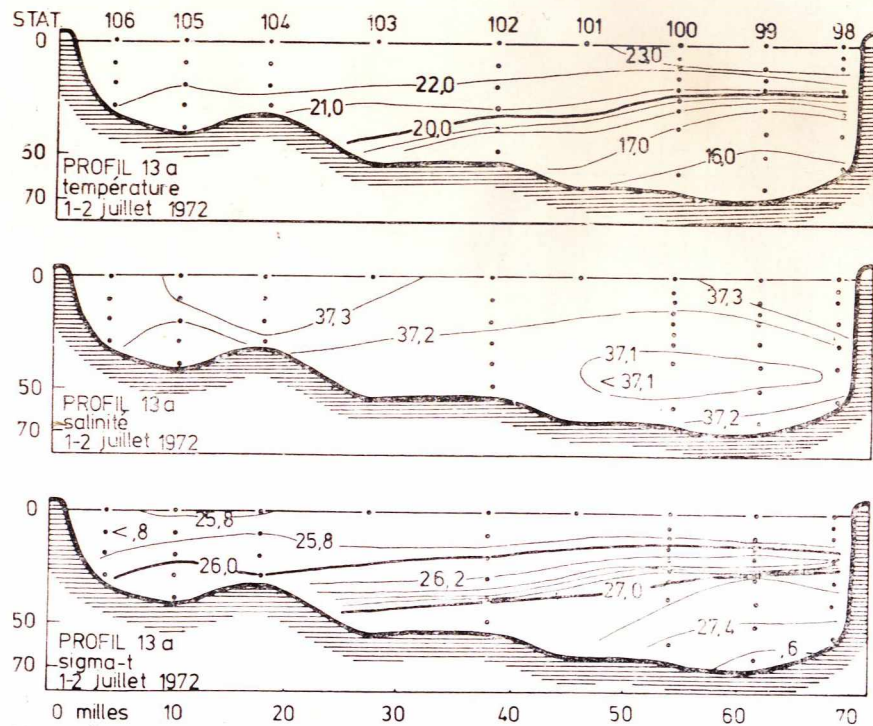


Fig. 19 : Profil 13 a, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

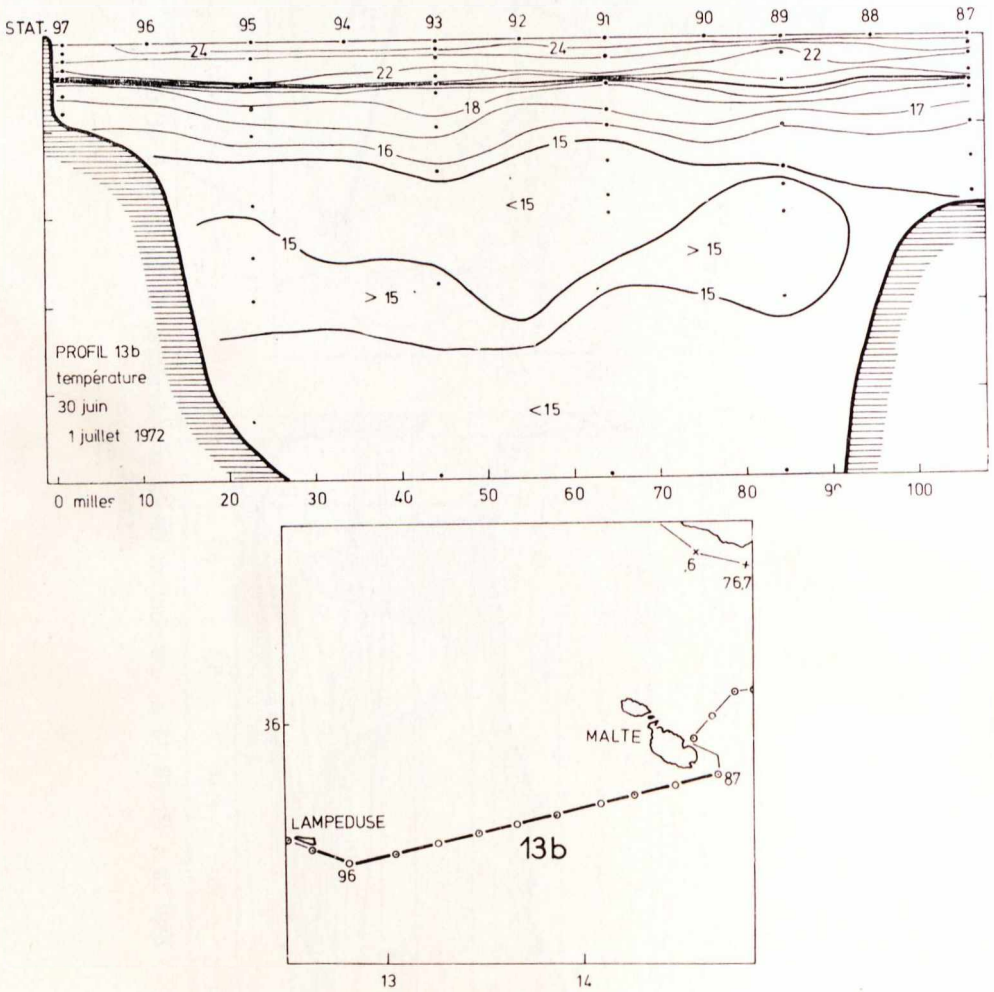


Fig. 20 : Profil 13 b, distribution de la température.

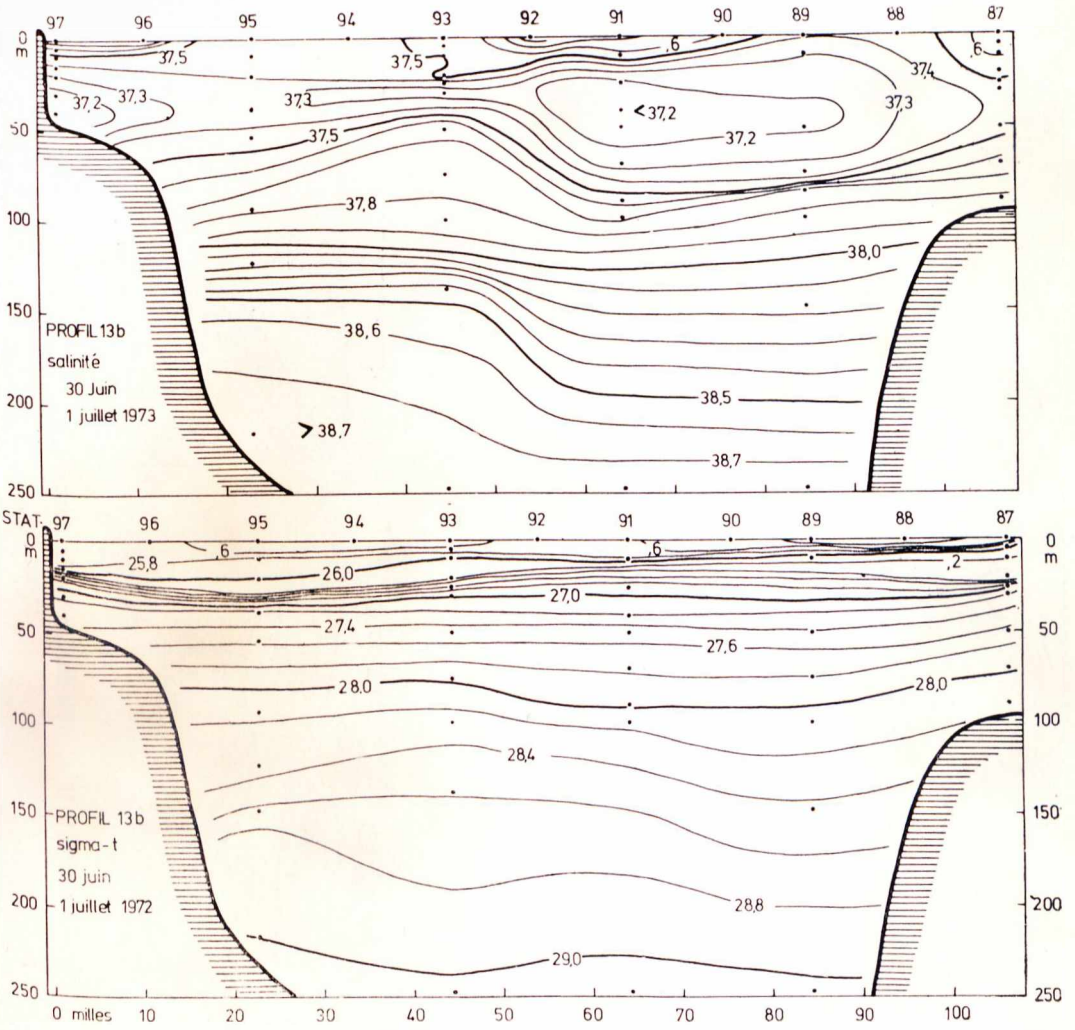


Fig. 21 : Profil 13 b, distribution de la salinité et du sigma-t.

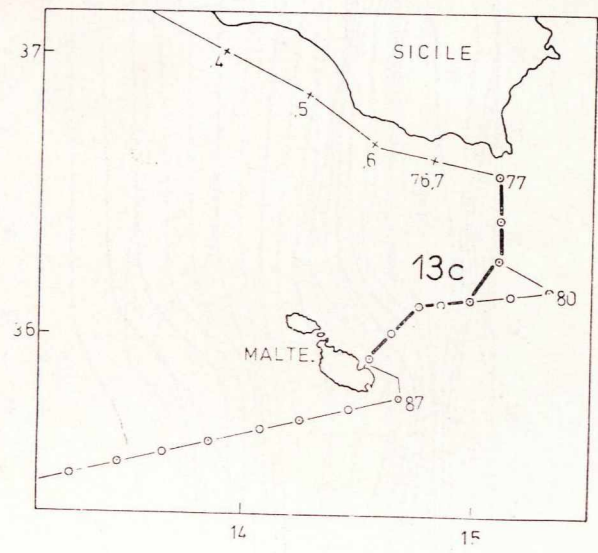
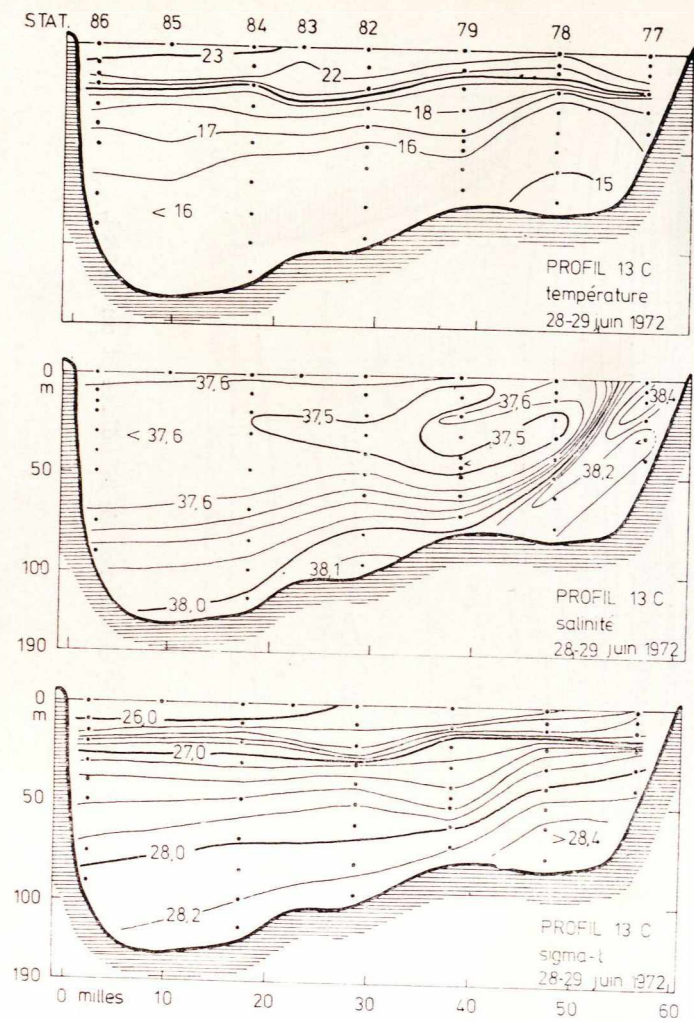


Fig. 22 : Profil 13 c, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

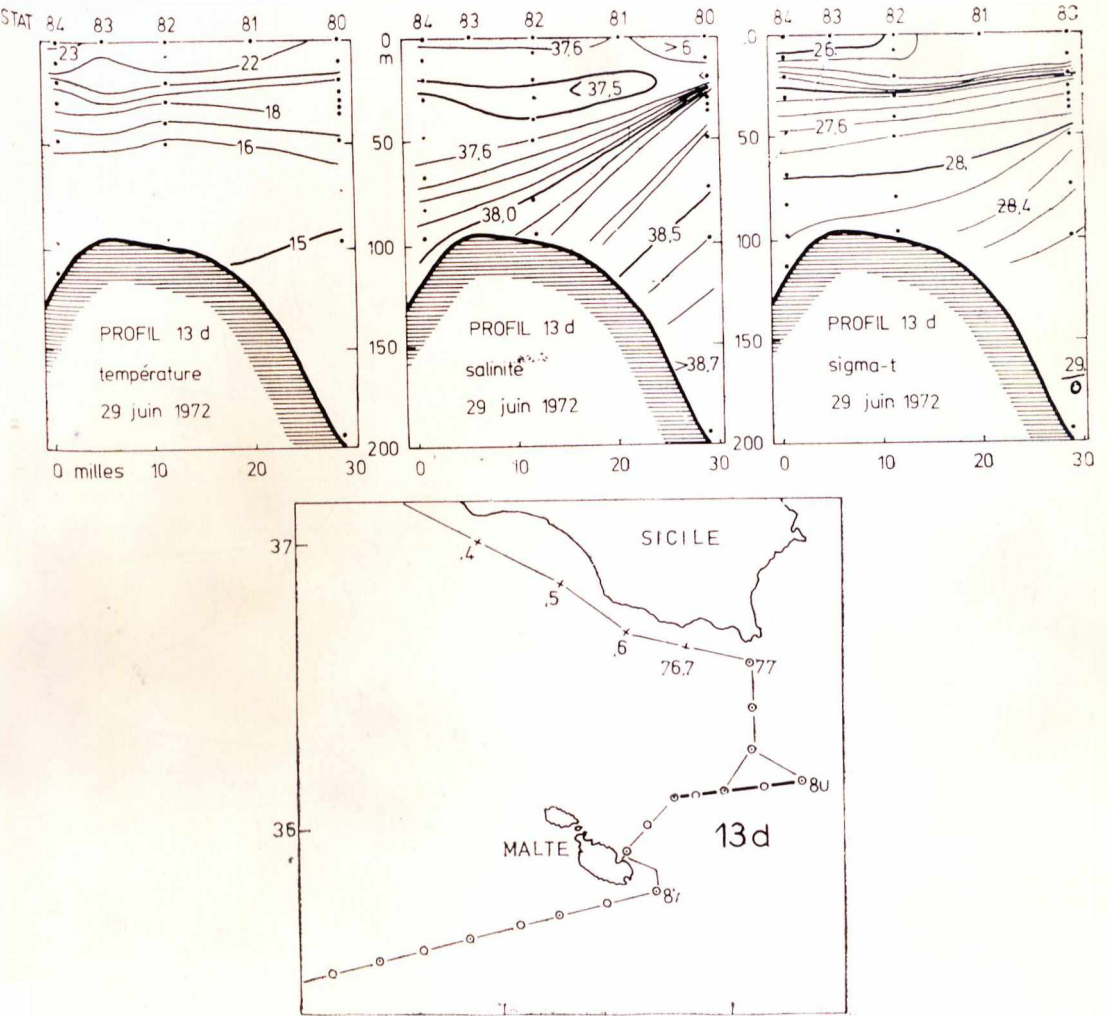


Fig. 23 : Profil 13 d, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

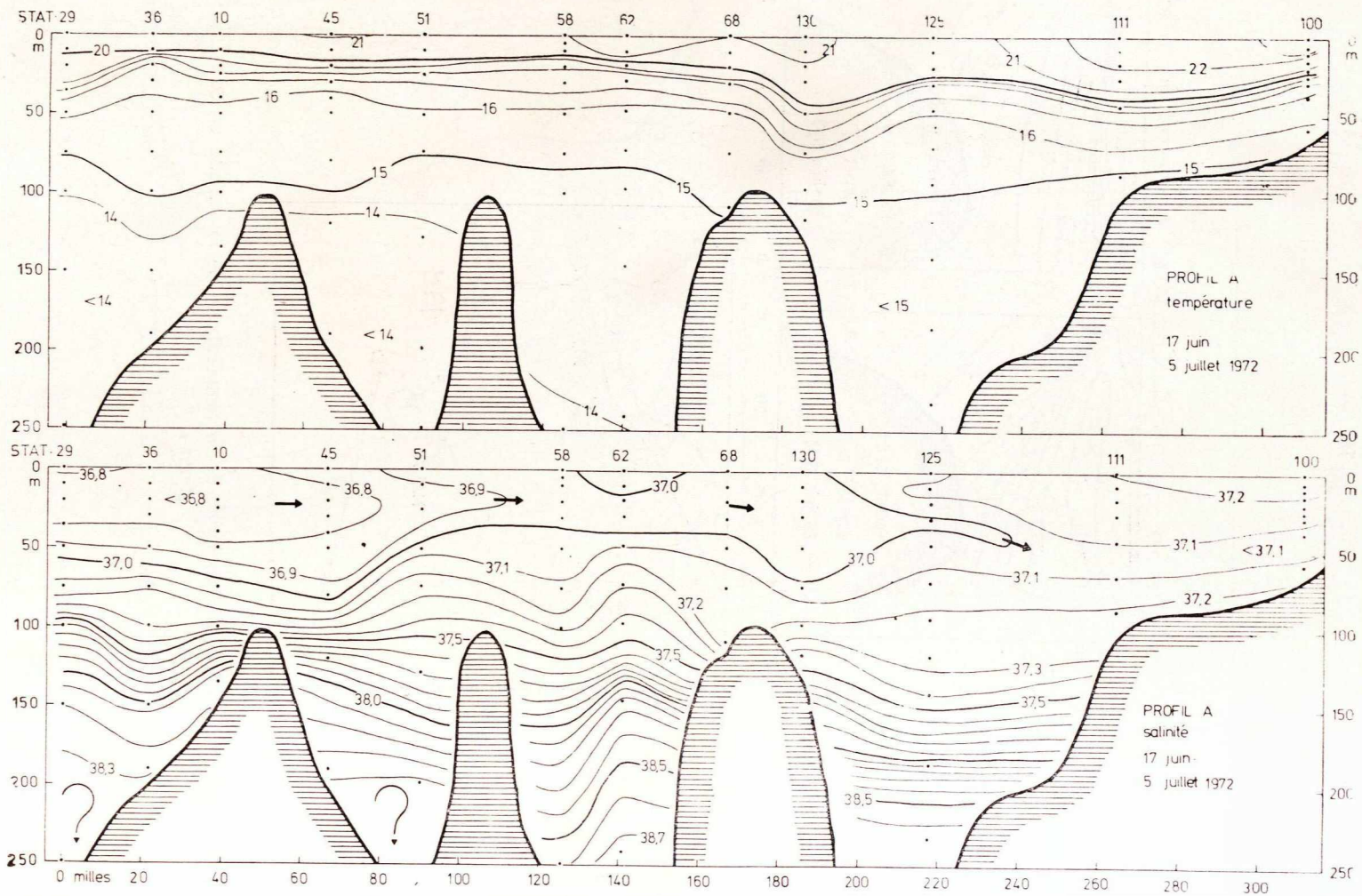


Fig. 24 : Profil A, distribution de la température et de la salinité.

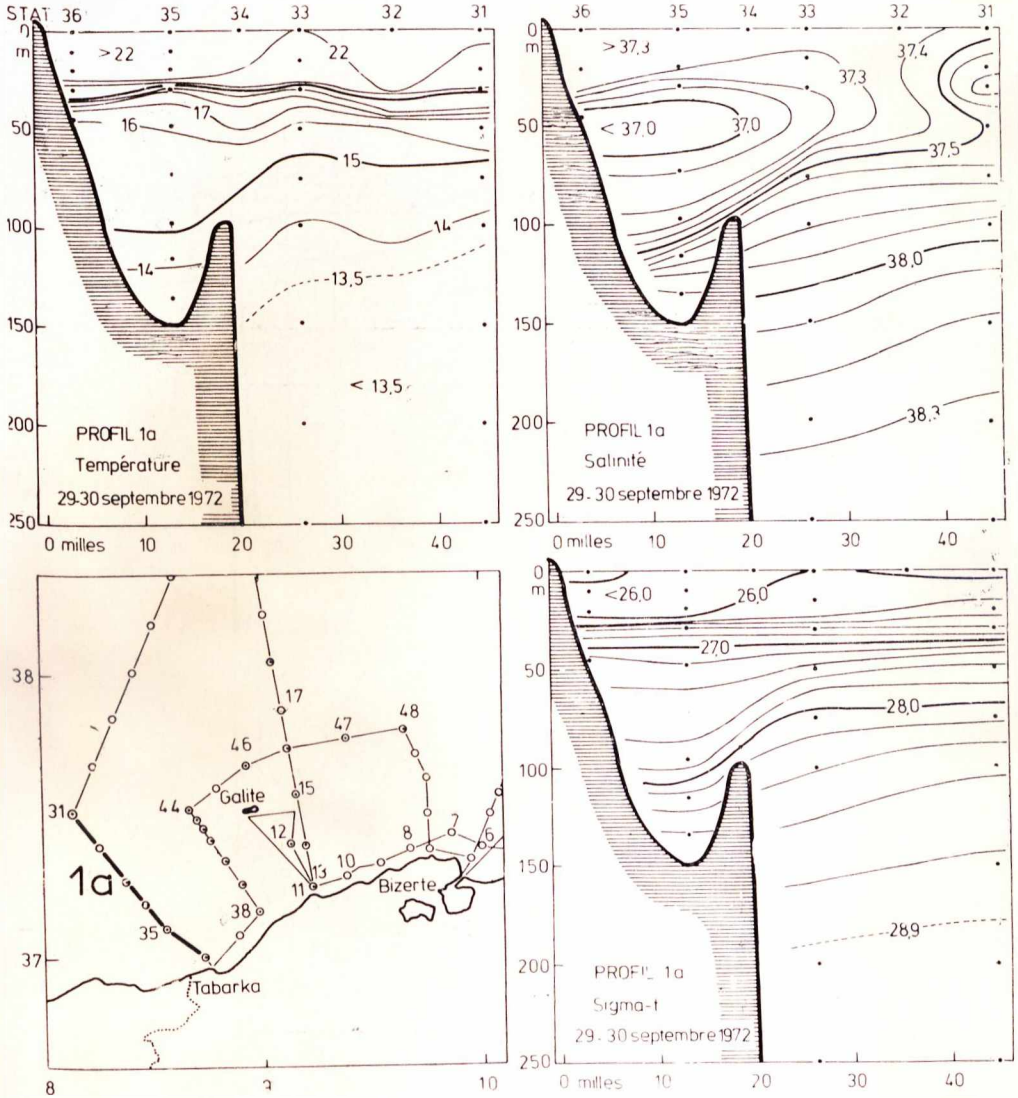
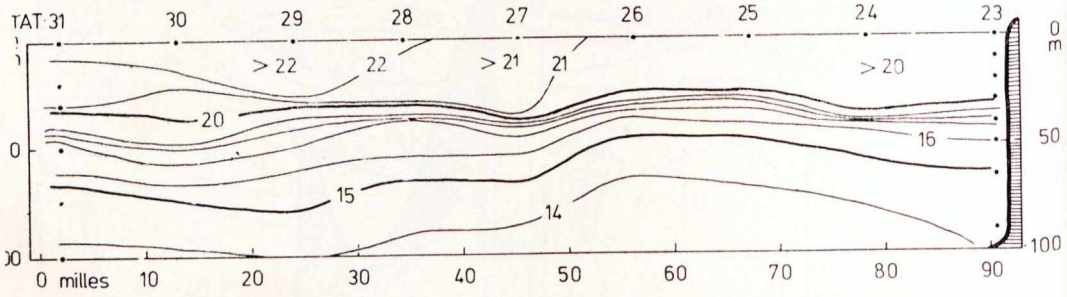


Fig. 25 : Profil 1a, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.



PROFIL 1b  
température  
29 sept 1972

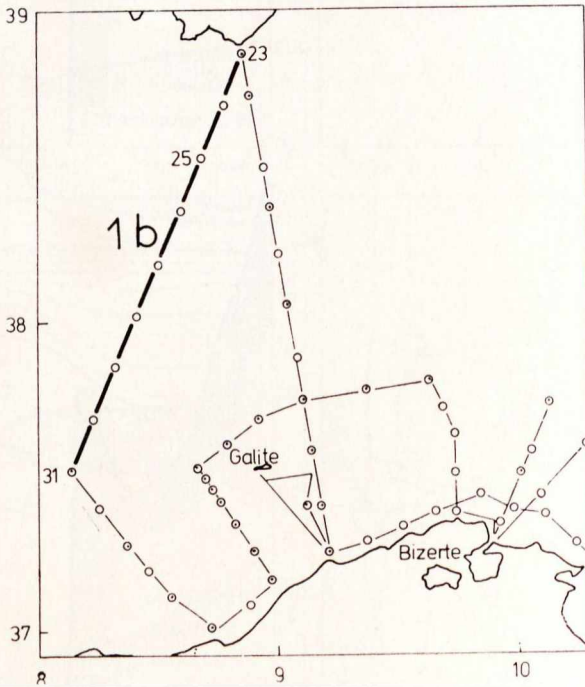


Fig. 26 : Profil 1 b, distribution de la température.

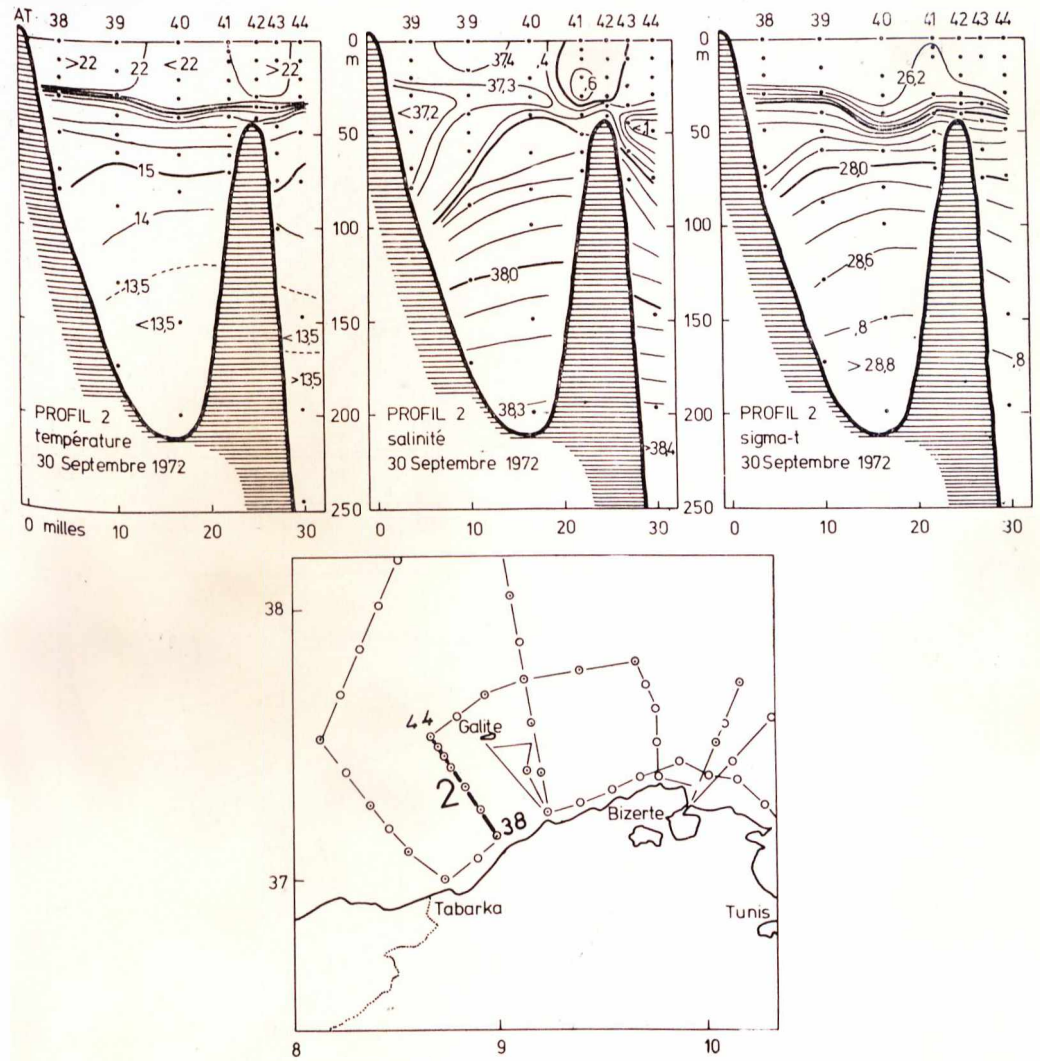


Fig. 27 : Profil 2, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

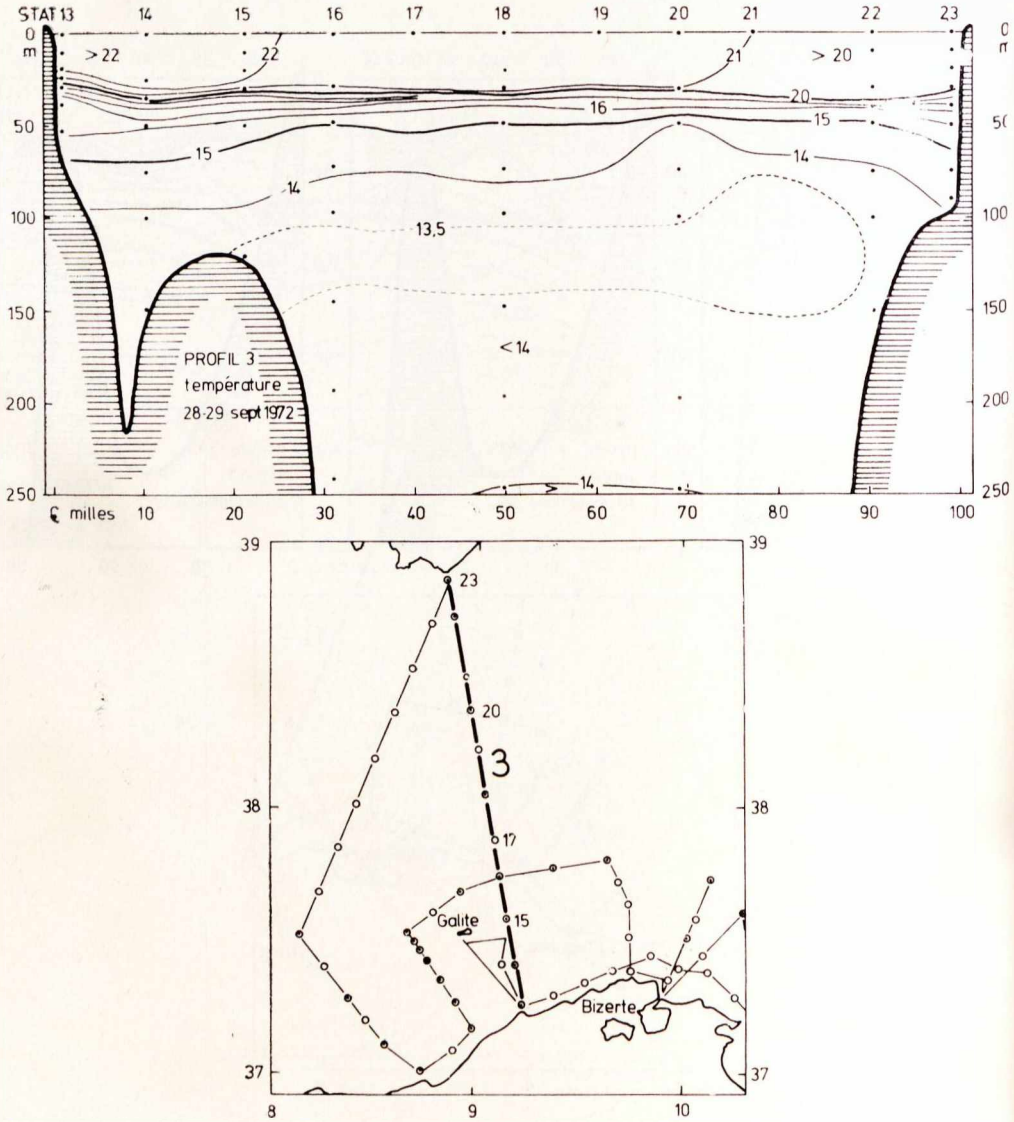


Fig. 28 : Profil 3, distribution de la température.

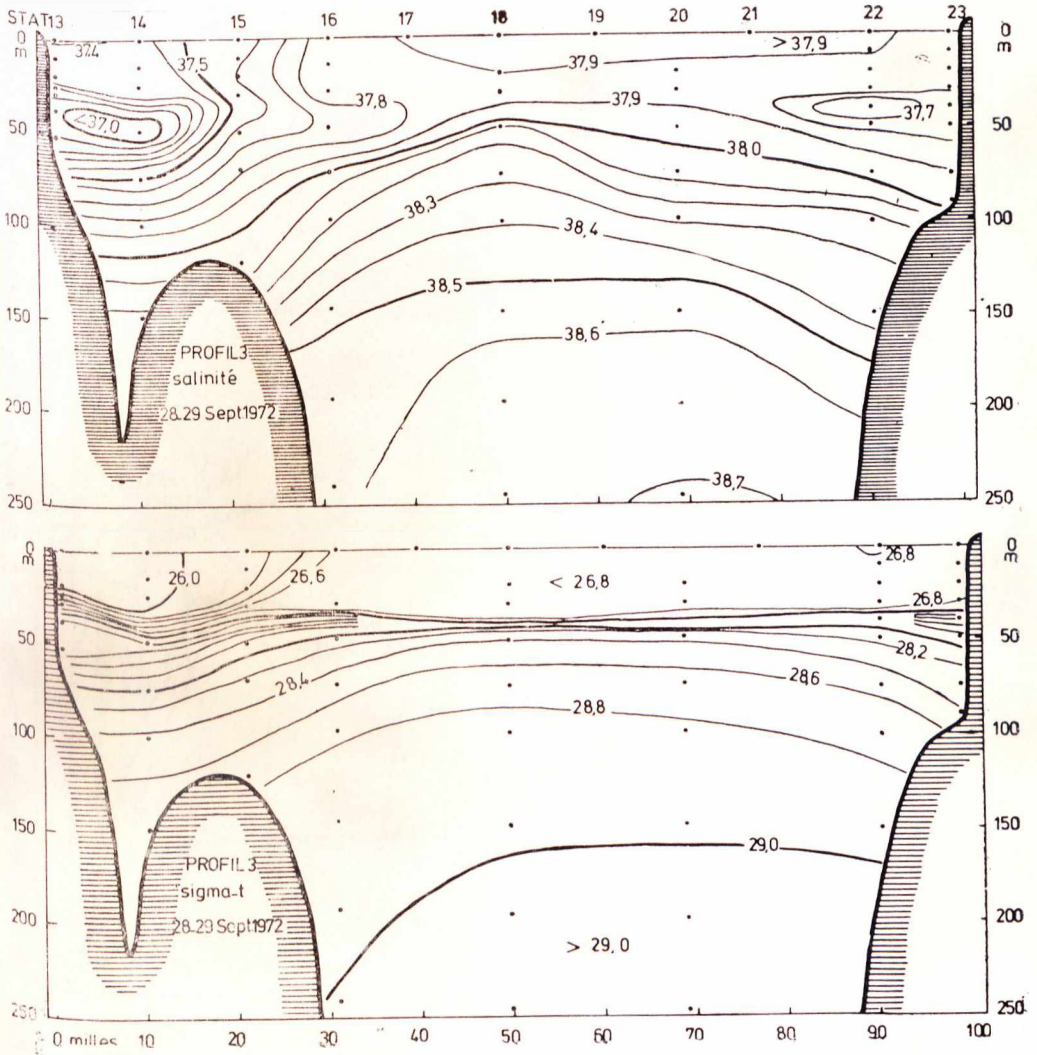
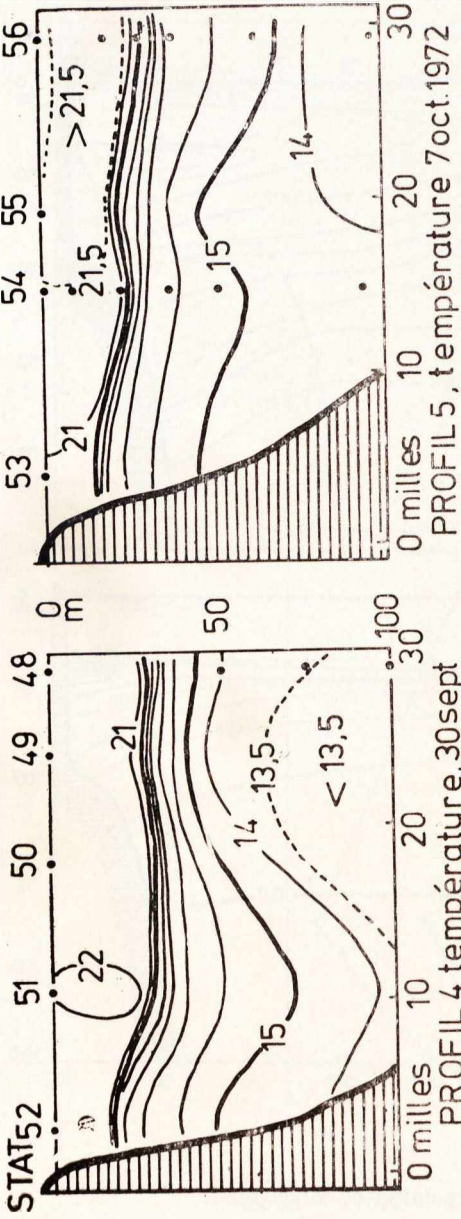


Fig. 29 : Profil 3, distribution de la salinité et du sigma-t.



à 1 oct. 1972

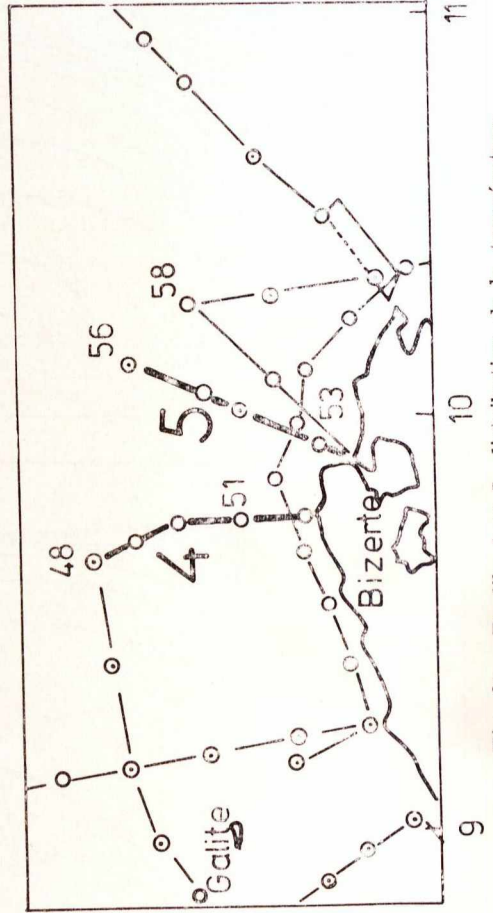


Fig. 30 : Profils 4 et 5, distribution de la température.

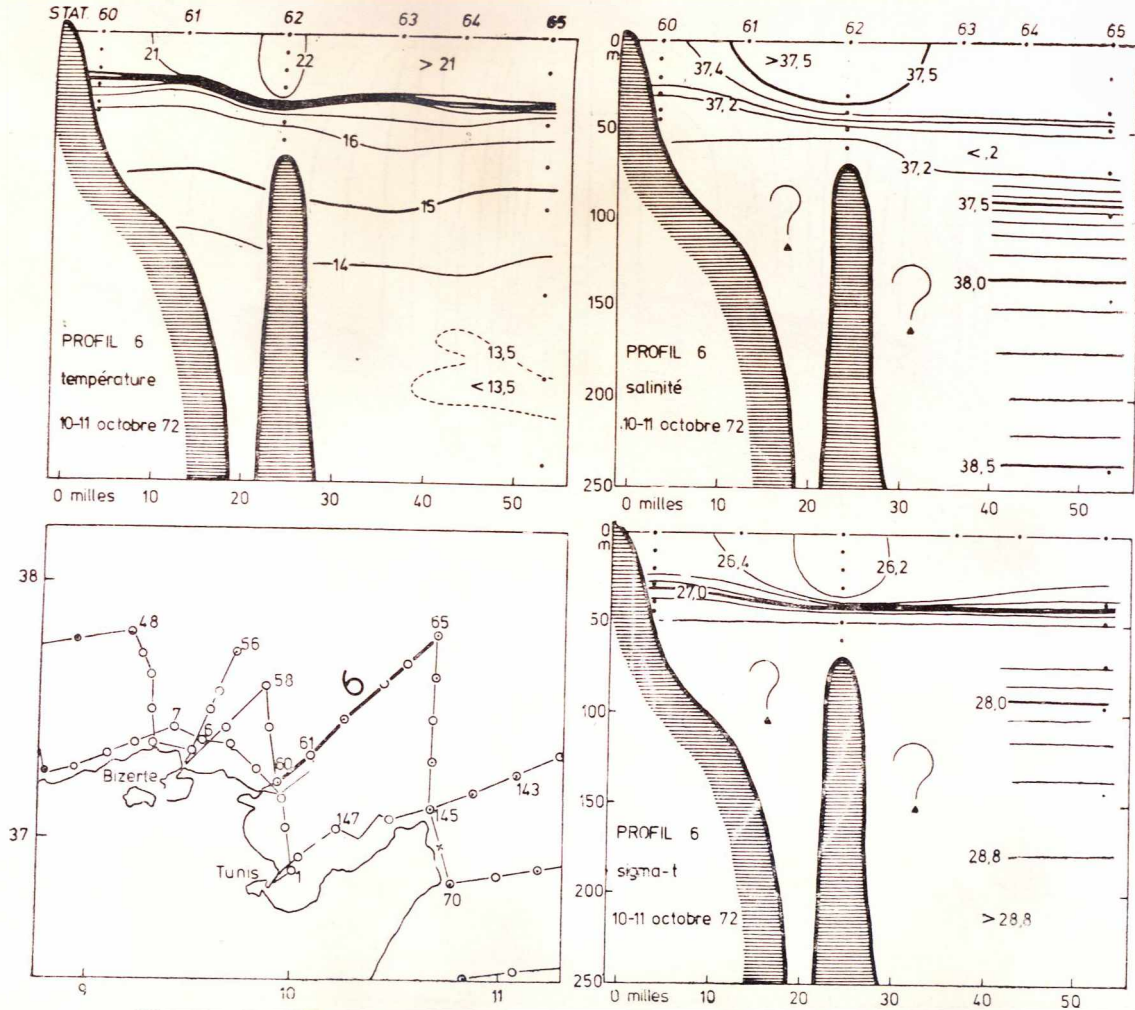


Fig. 31 : Profil 6, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

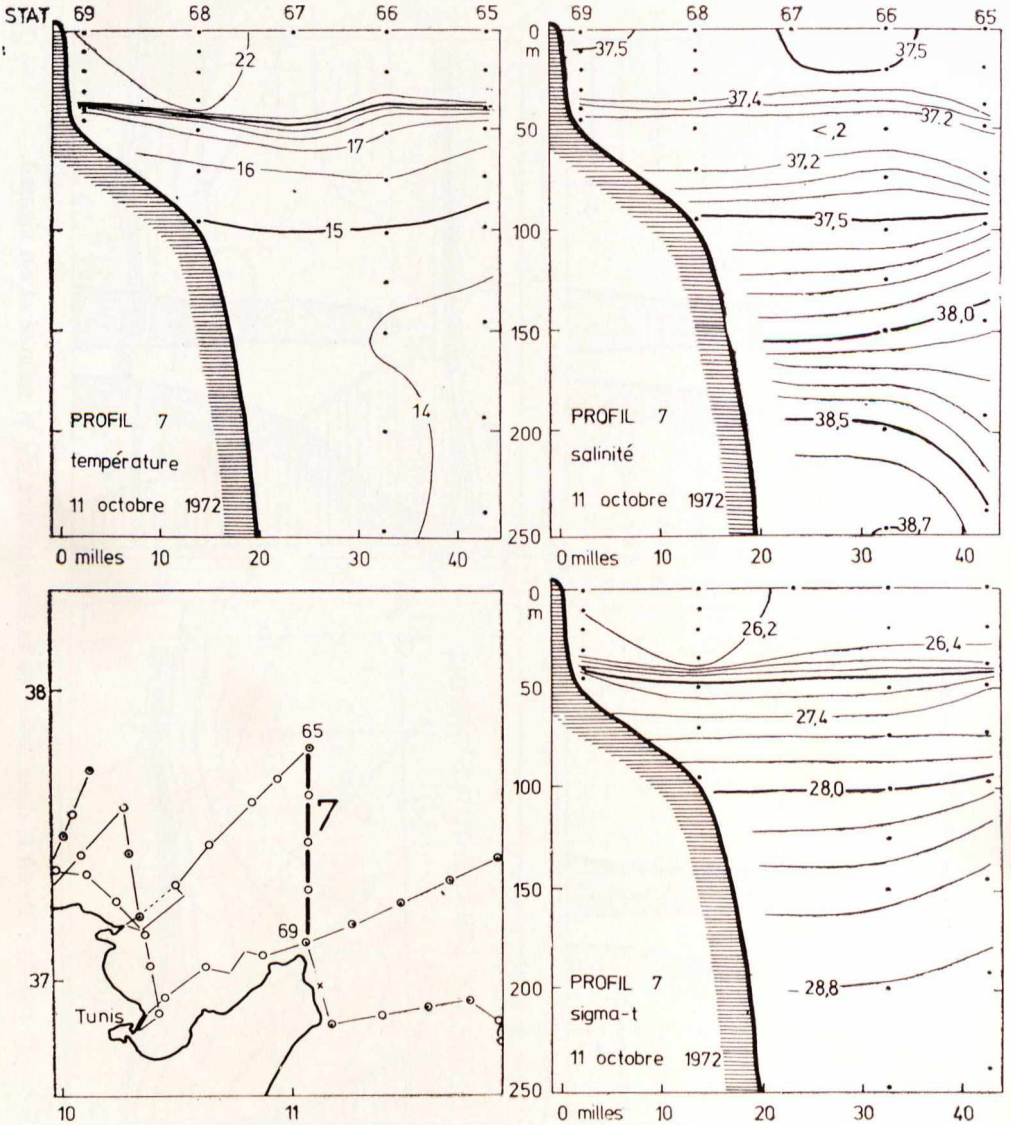


Fig. 32 : Profil 7, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

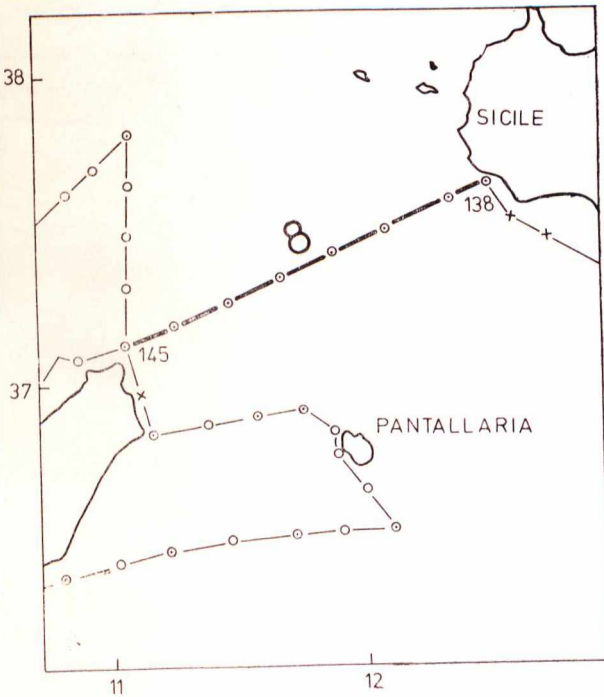
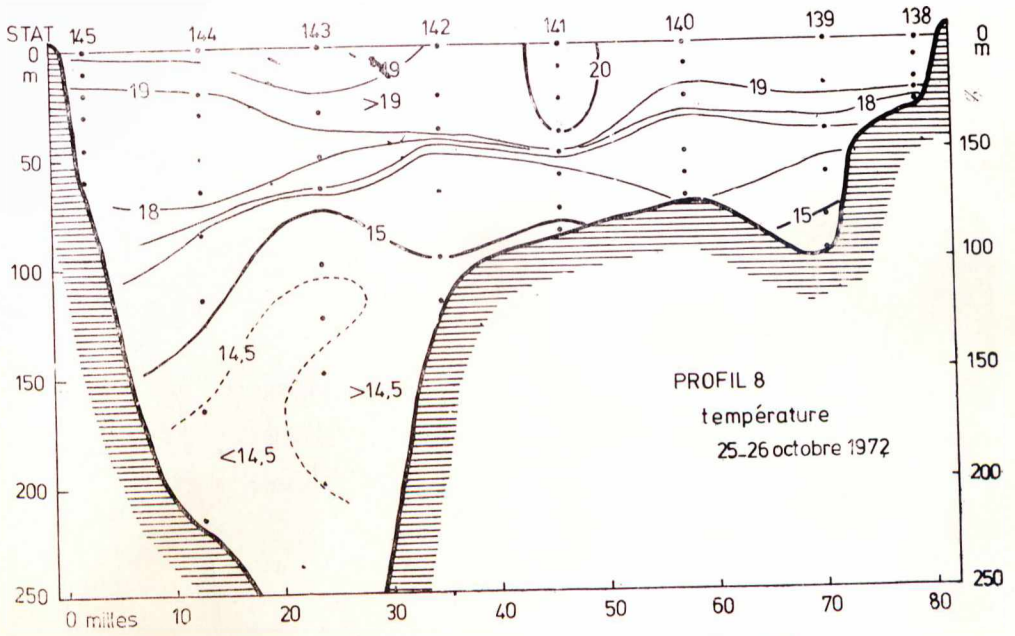


Fig. 33 : Profil 8, distribution de la température.

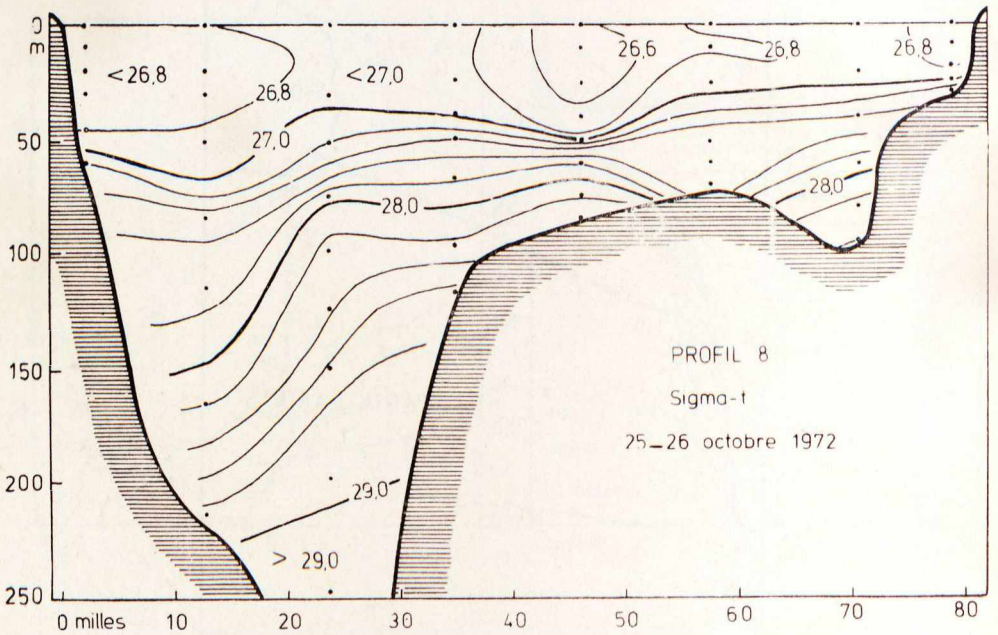
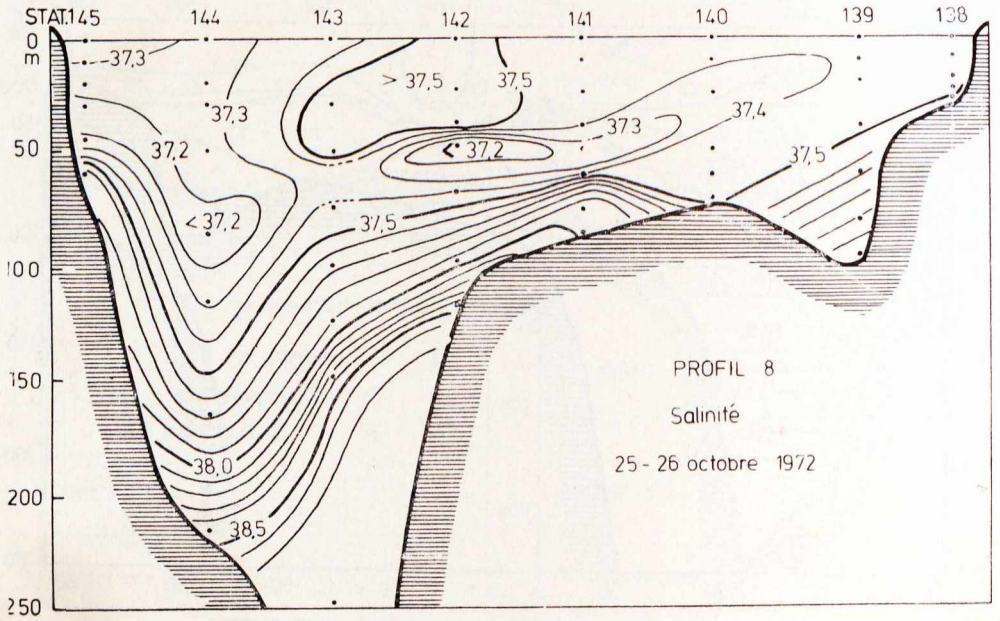


Fig. 34 : Profil 8, distribution de la salinité et du sigma-t.

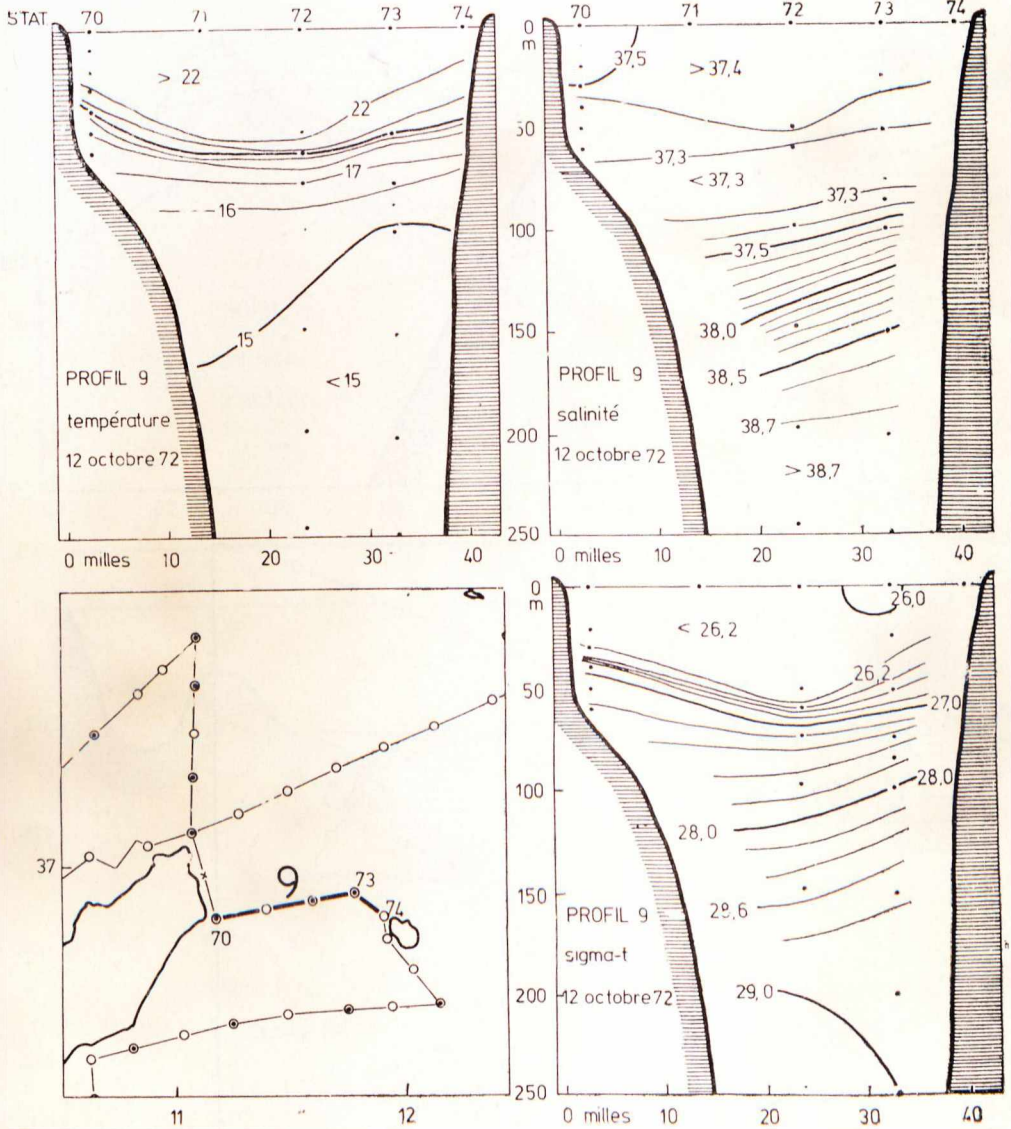


Fig. 35 : Profil 9, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

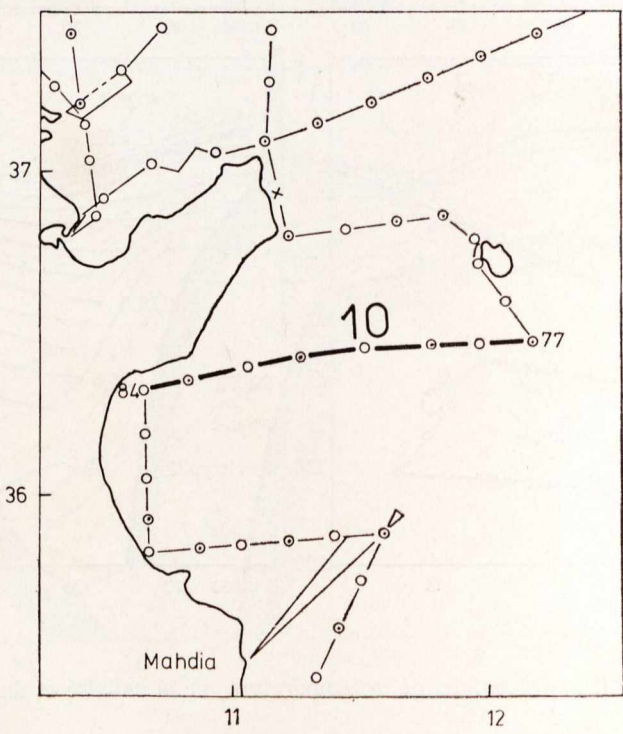
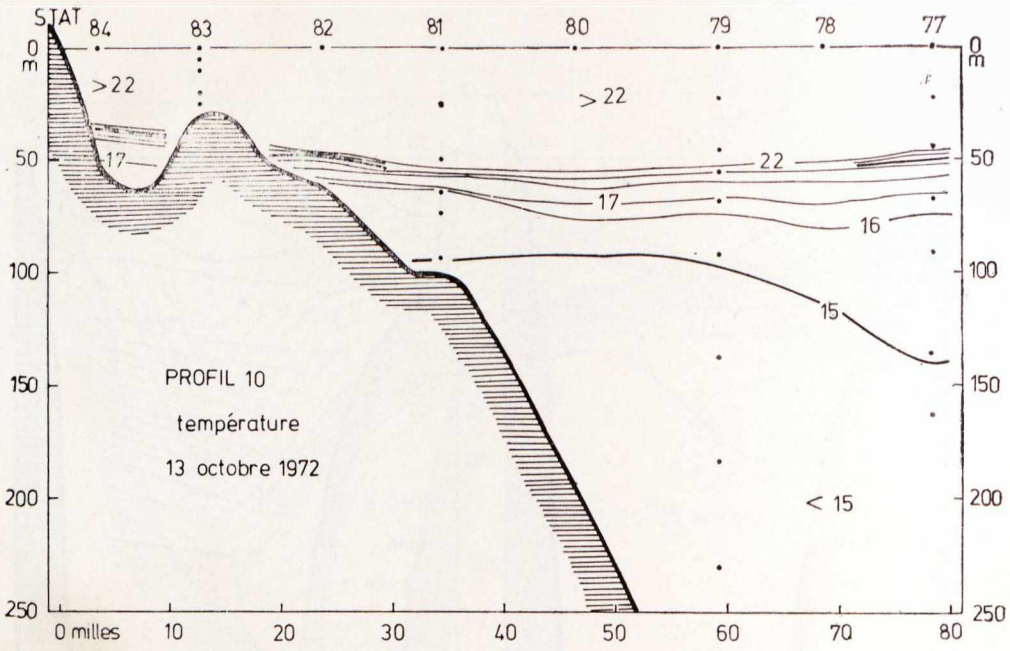


Fig. 36 : Profil 10, distribution de la température.

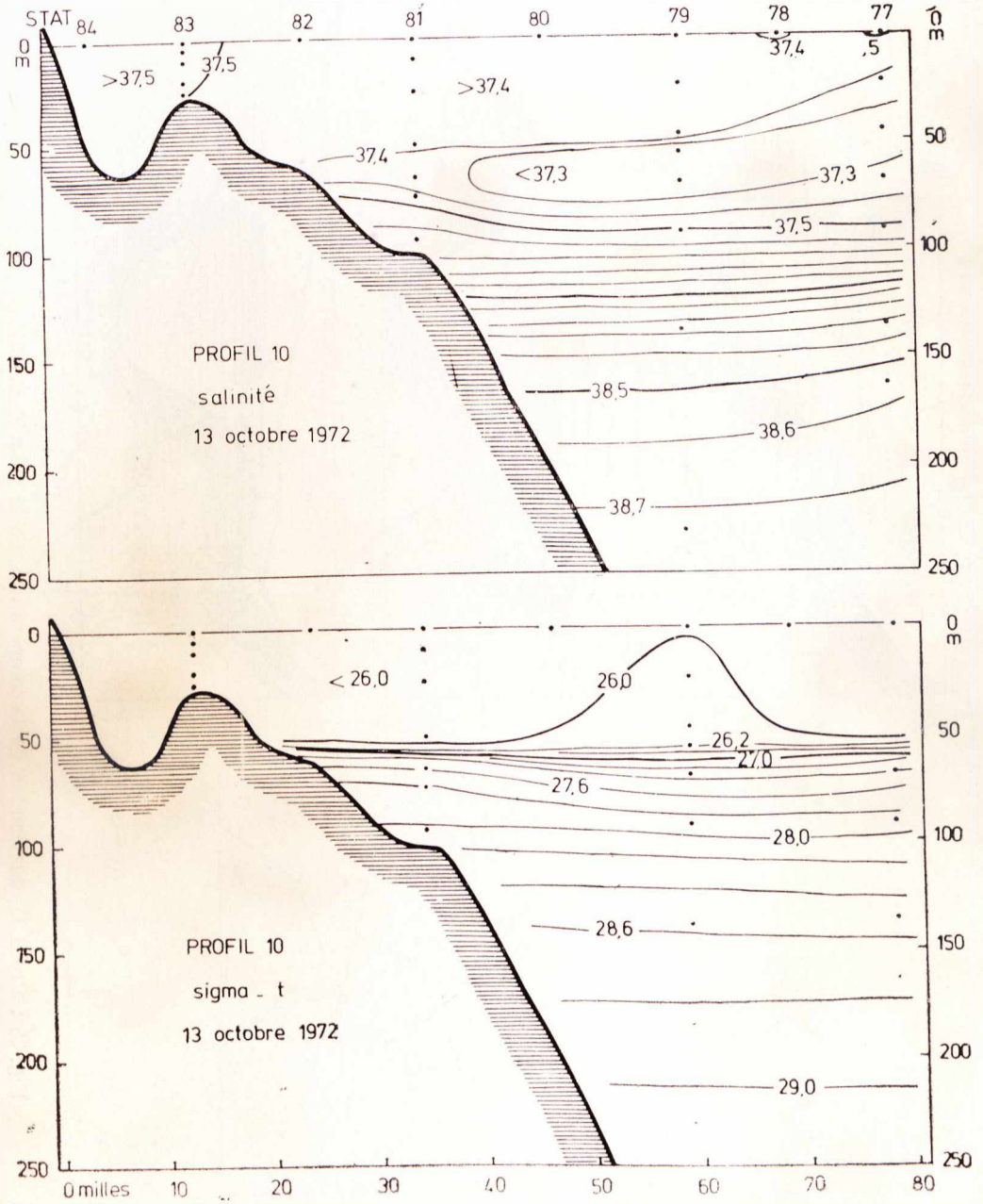


Fig. 37 : Profil 10, distribution de la salinité et du sigma-t.

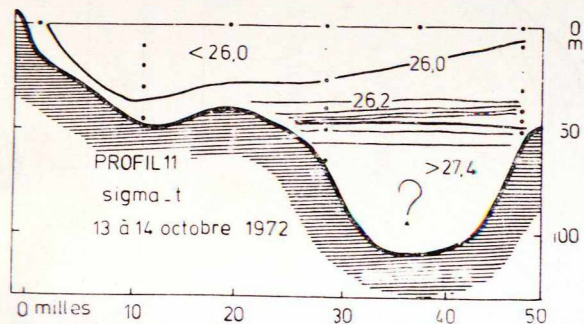
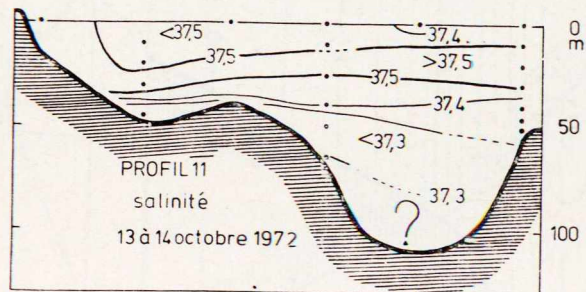
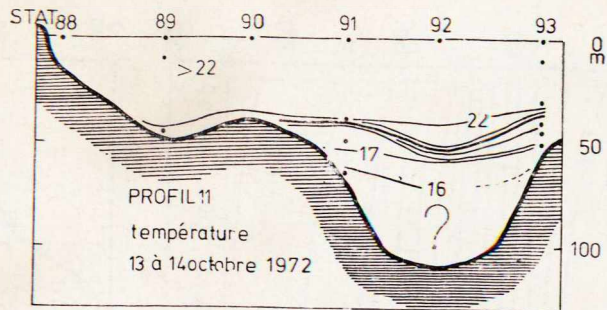
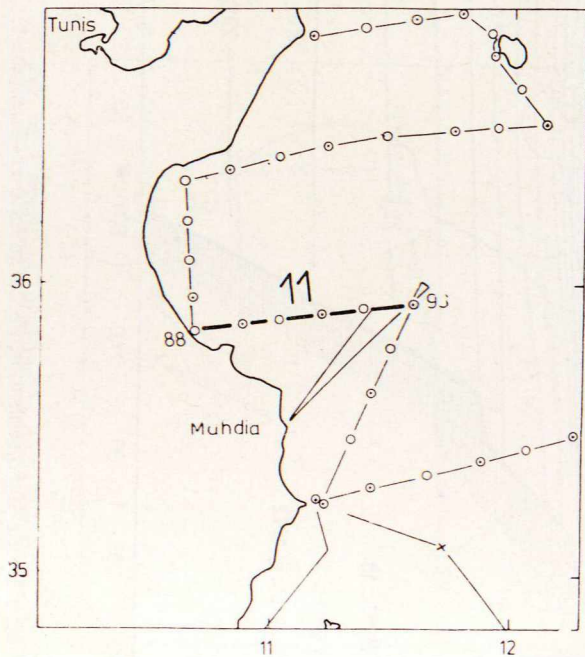


Fig. 38 : Profil 11, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

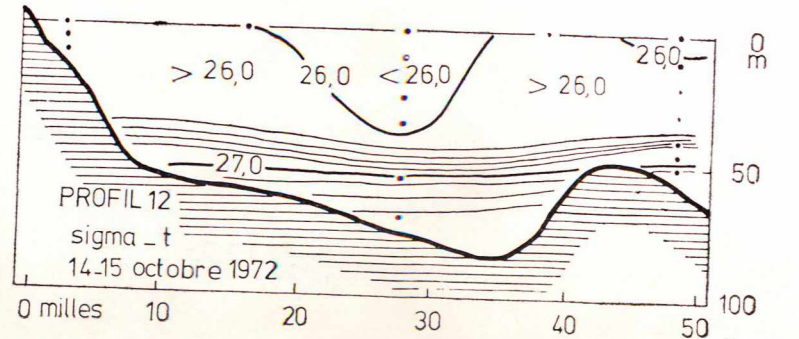
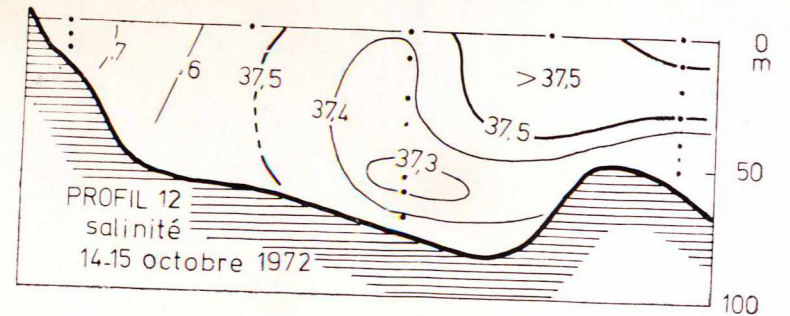
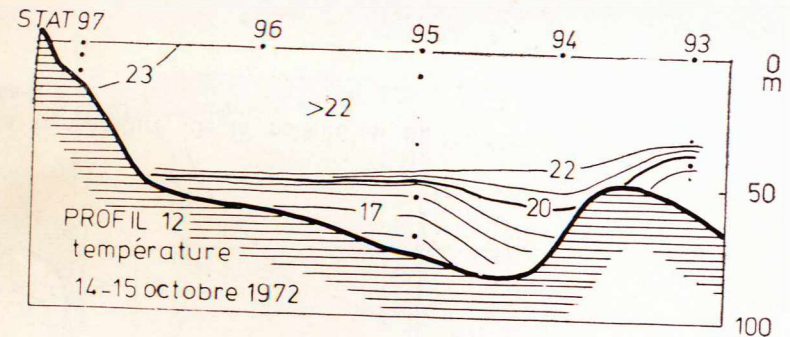
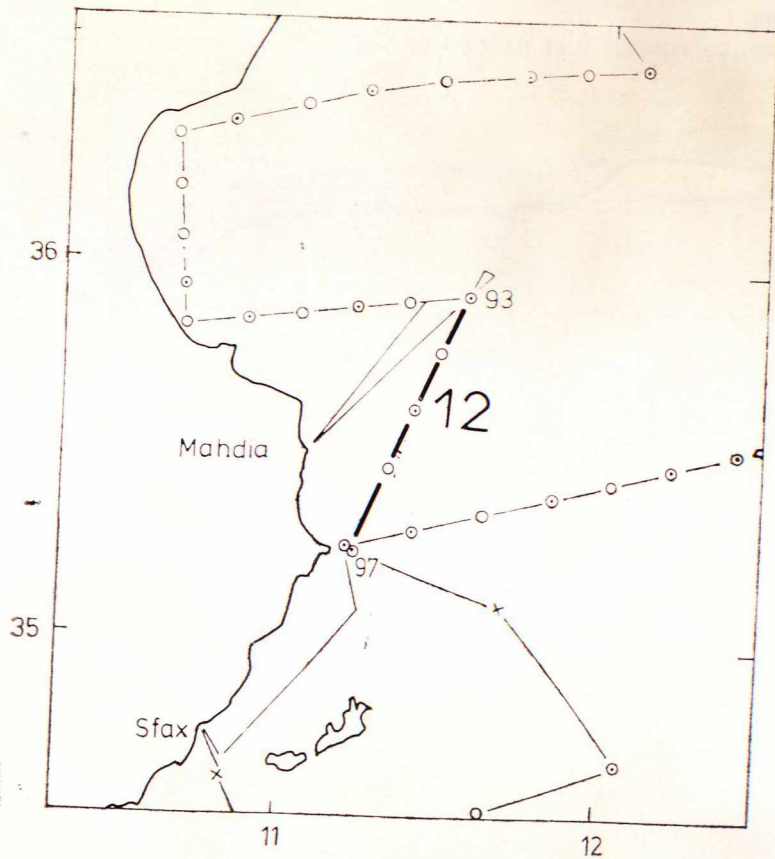


Fig. 39 : Profil 12, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

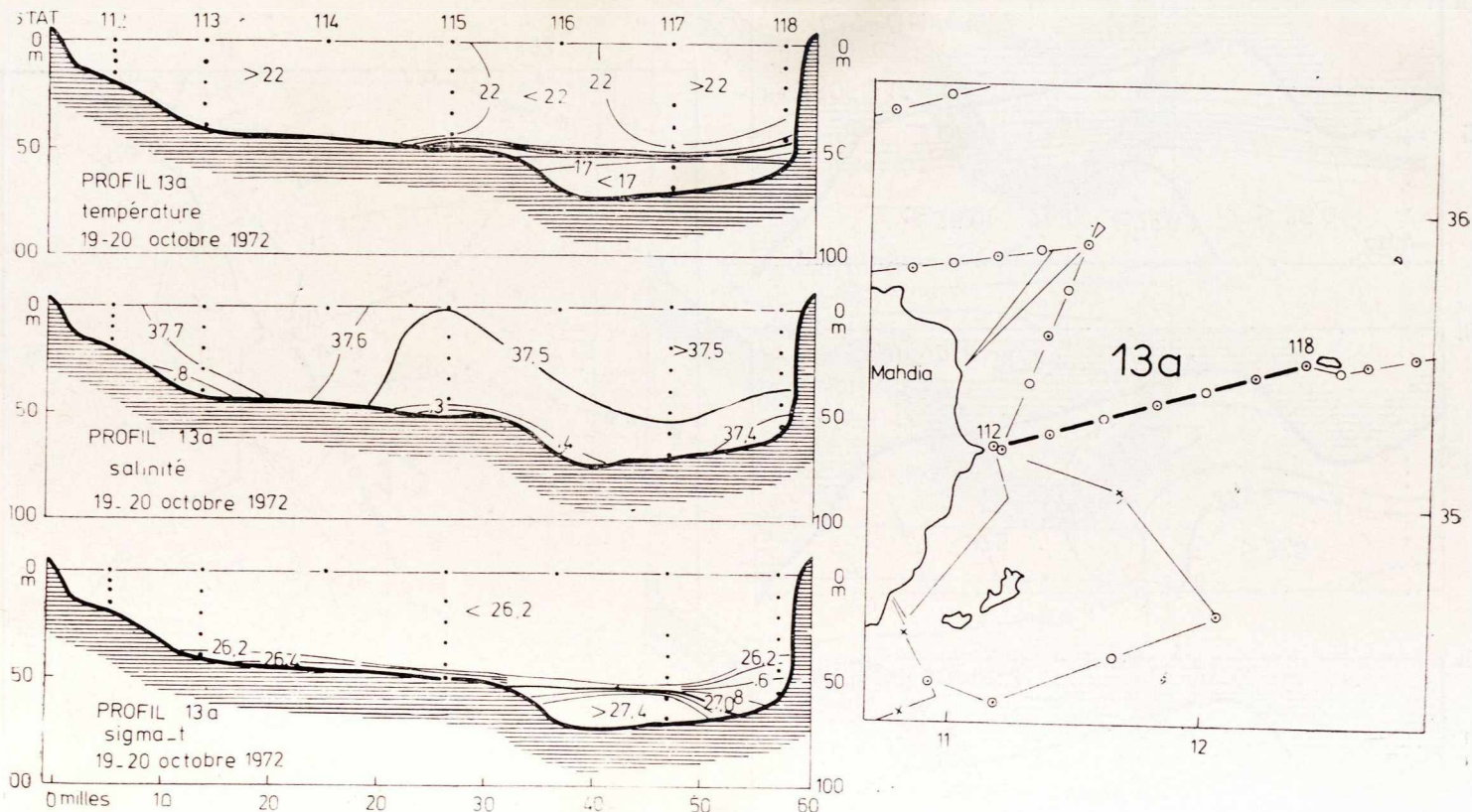


Fig. 40 : Profil 13 a, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

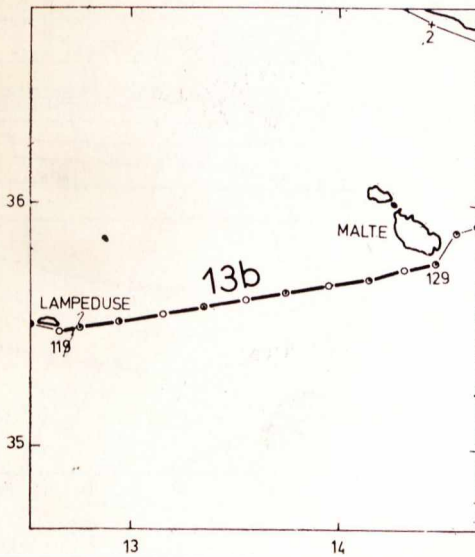
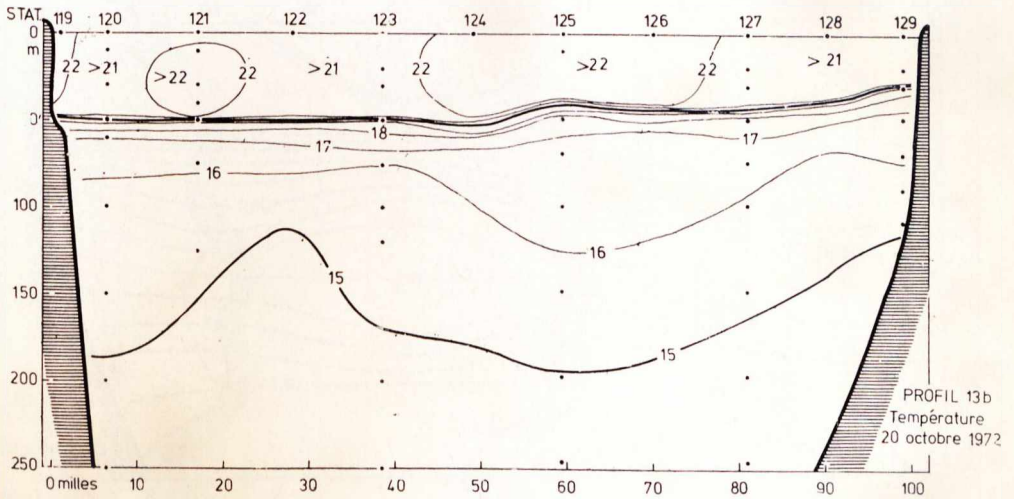


Fig. 41 : Profil 13 b, distribution de la température.

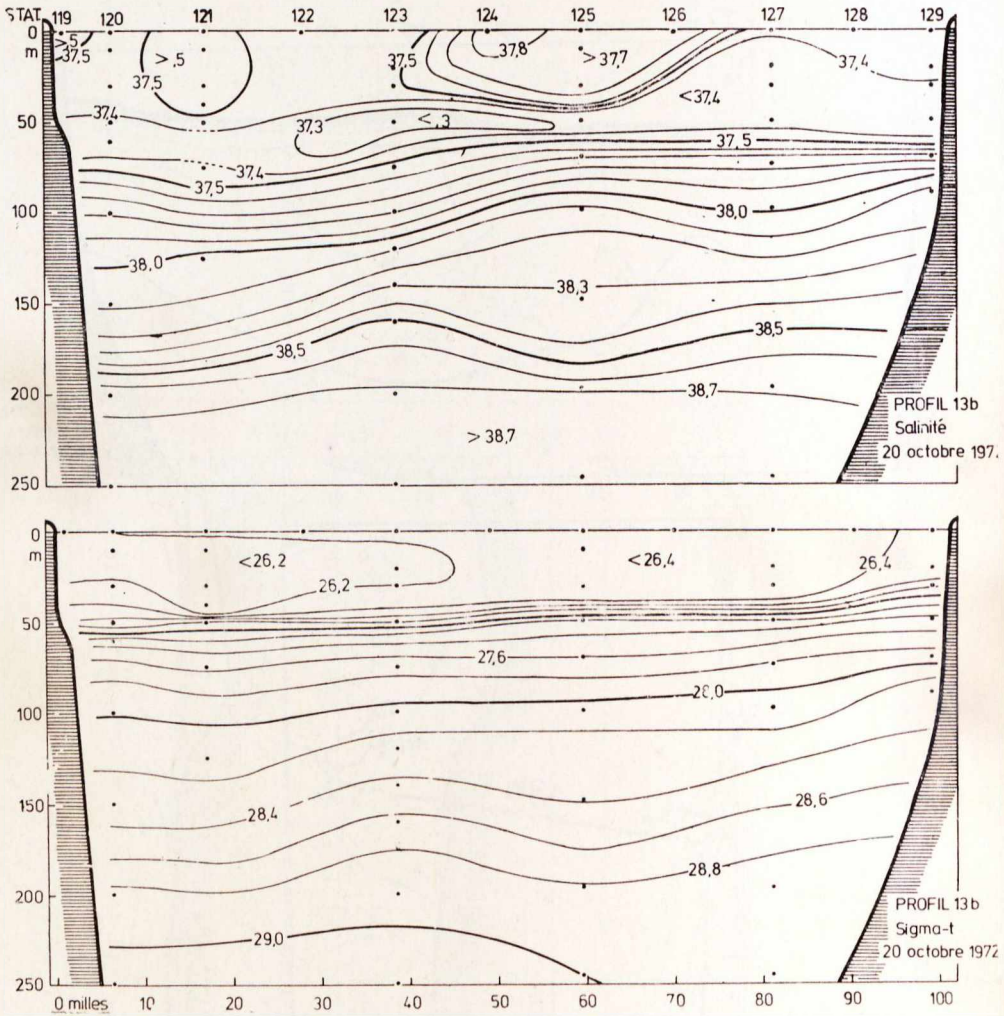


Fig. 42 : Profil 13 b, distribution de la salinité et du sigma-t.

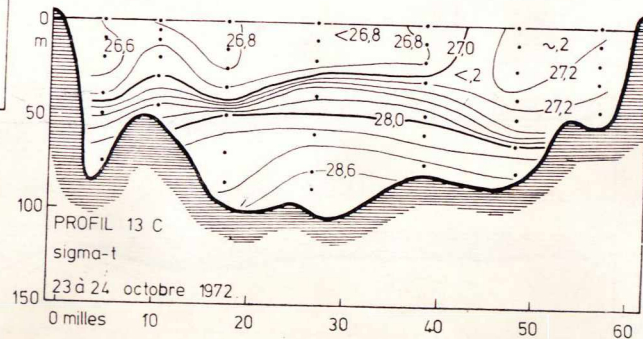
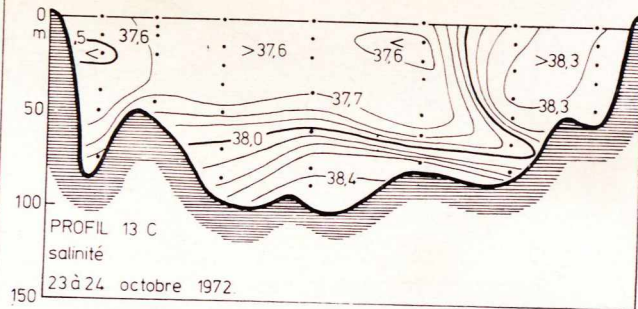
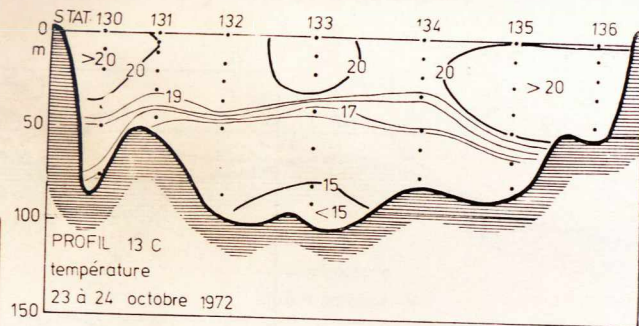
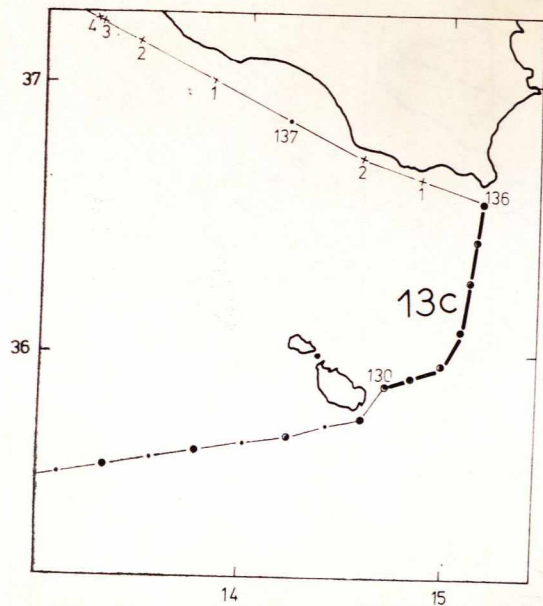


Fig. 43 : Profil 13 c, distribution de la température, de la salinité et sigma-t.

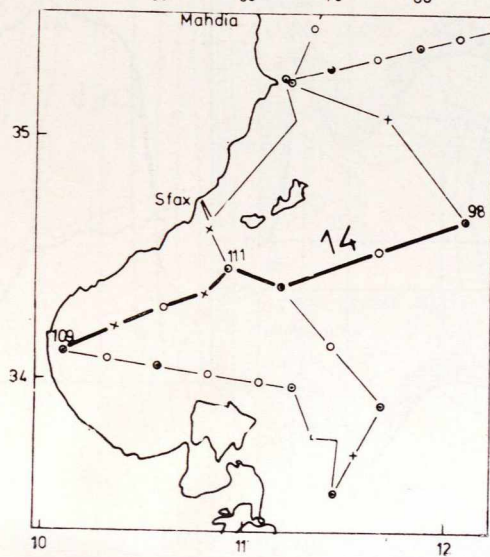
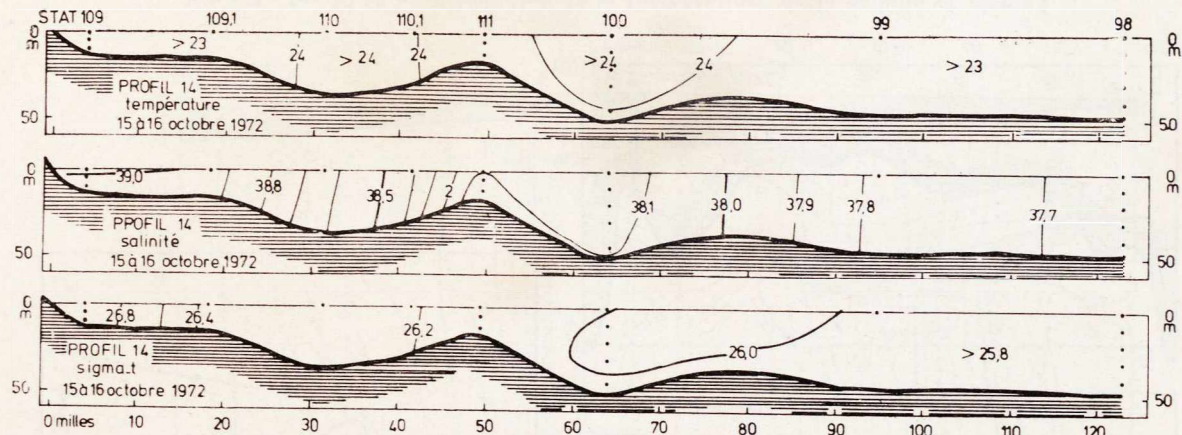


Fig. 44 : Profil 14, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

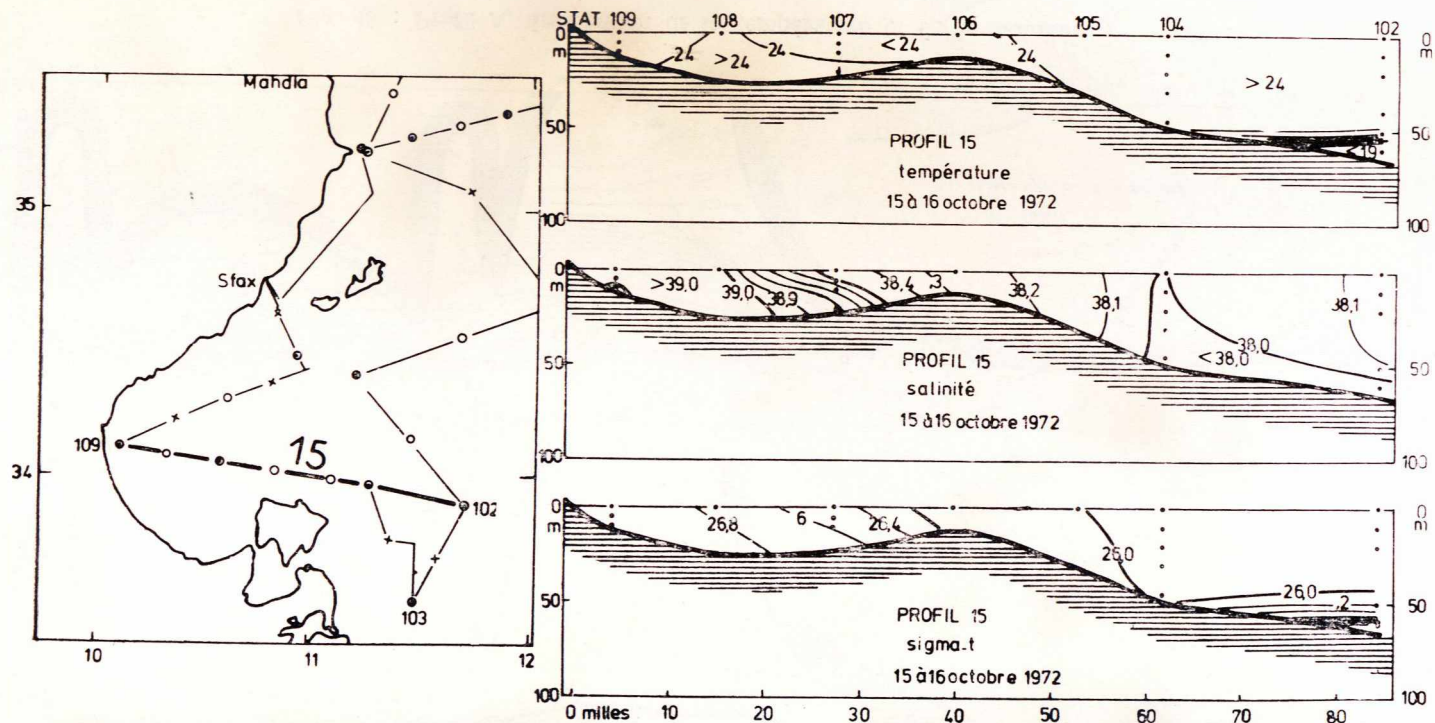


Fig. 45 : Profil 15, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

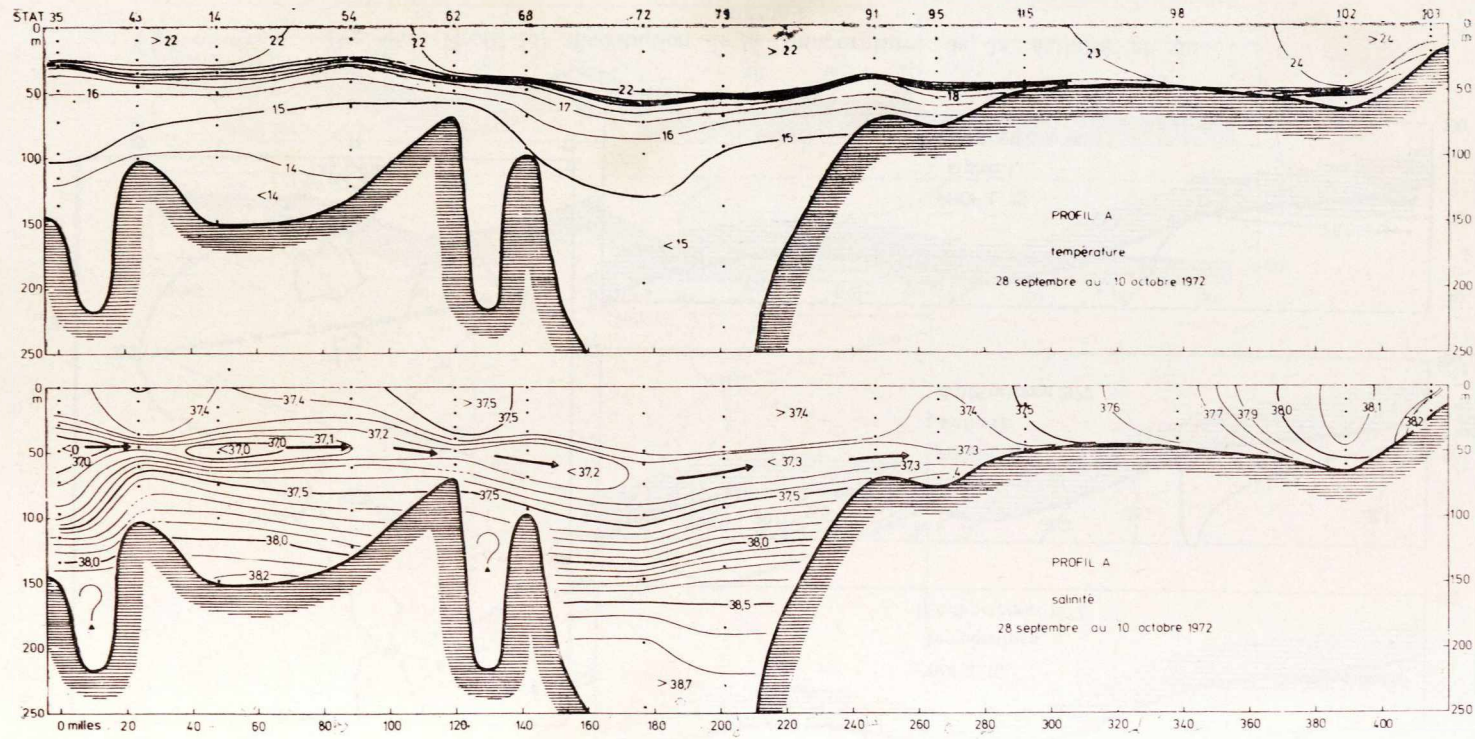


Fig. 46 : Profil A, distribution de la température et de la salinité.

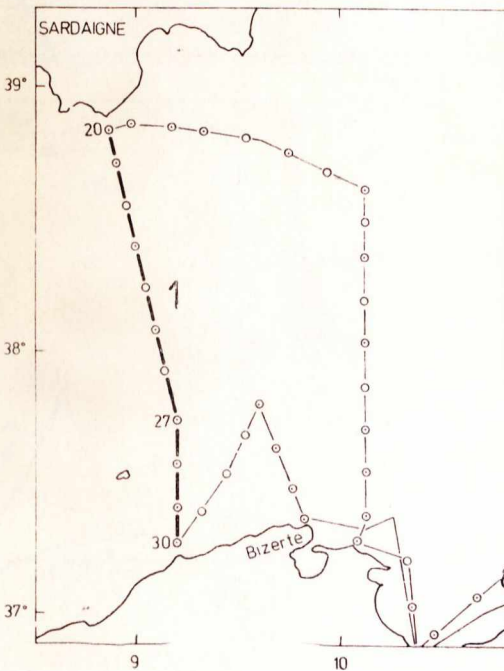
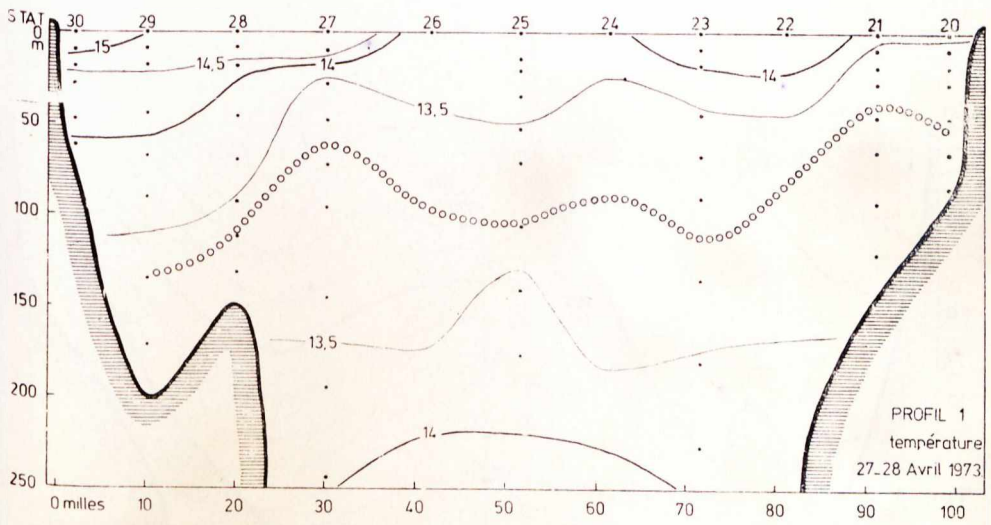


Fig. 47 : Profil 1, distribution de la température.

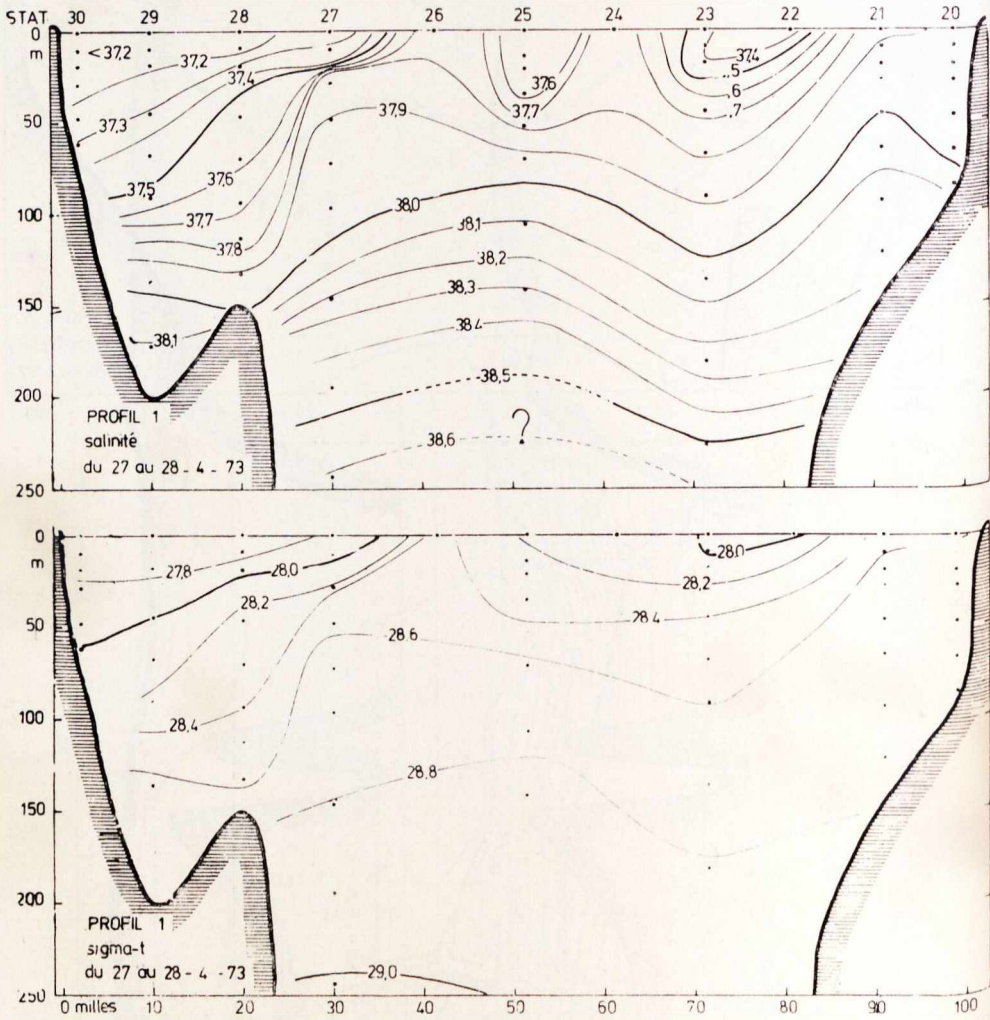


Fig. 48 : Profil 1, distribution de la salinité et du sigma-t.

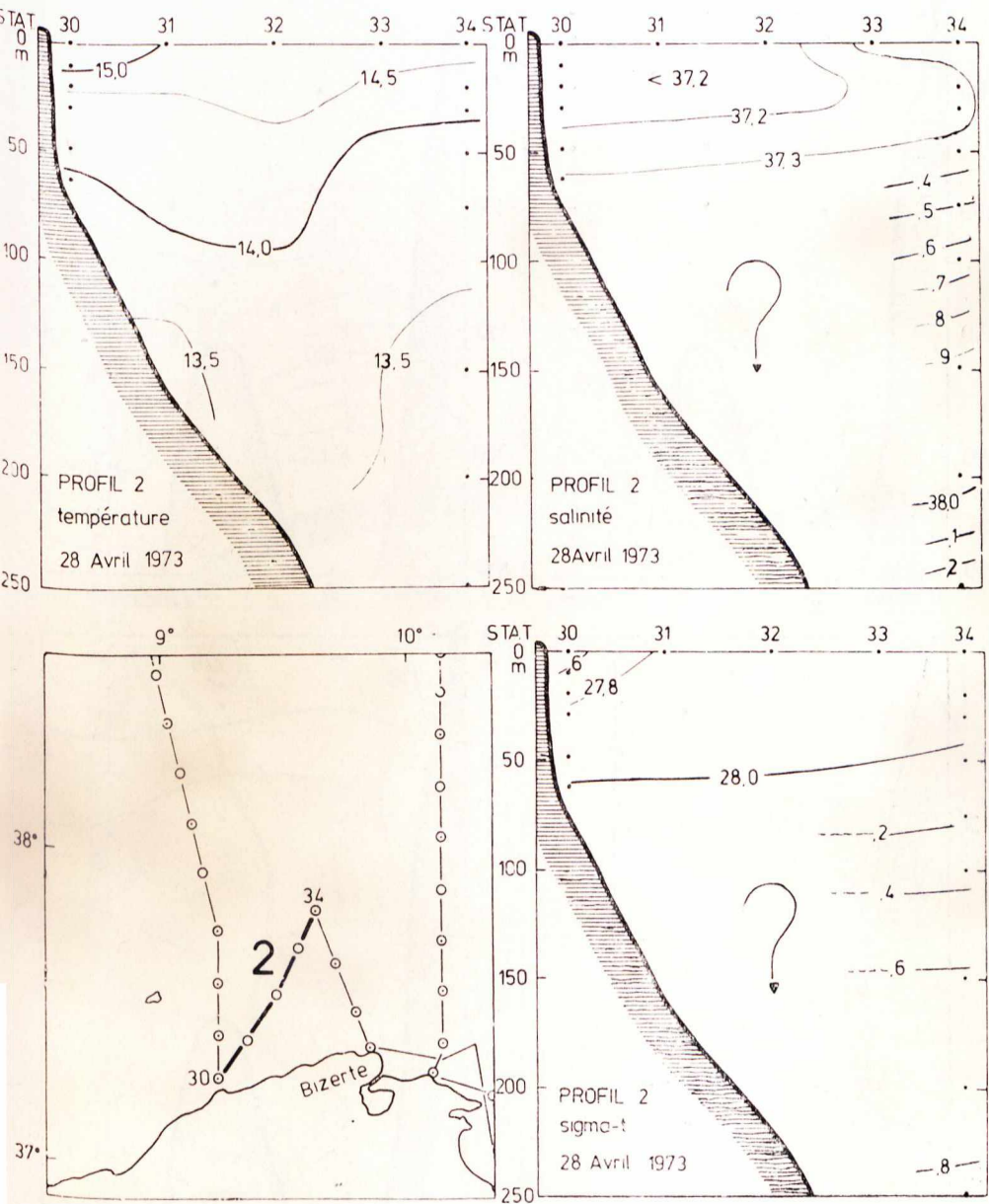


Fig. 49 : Profil 2, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

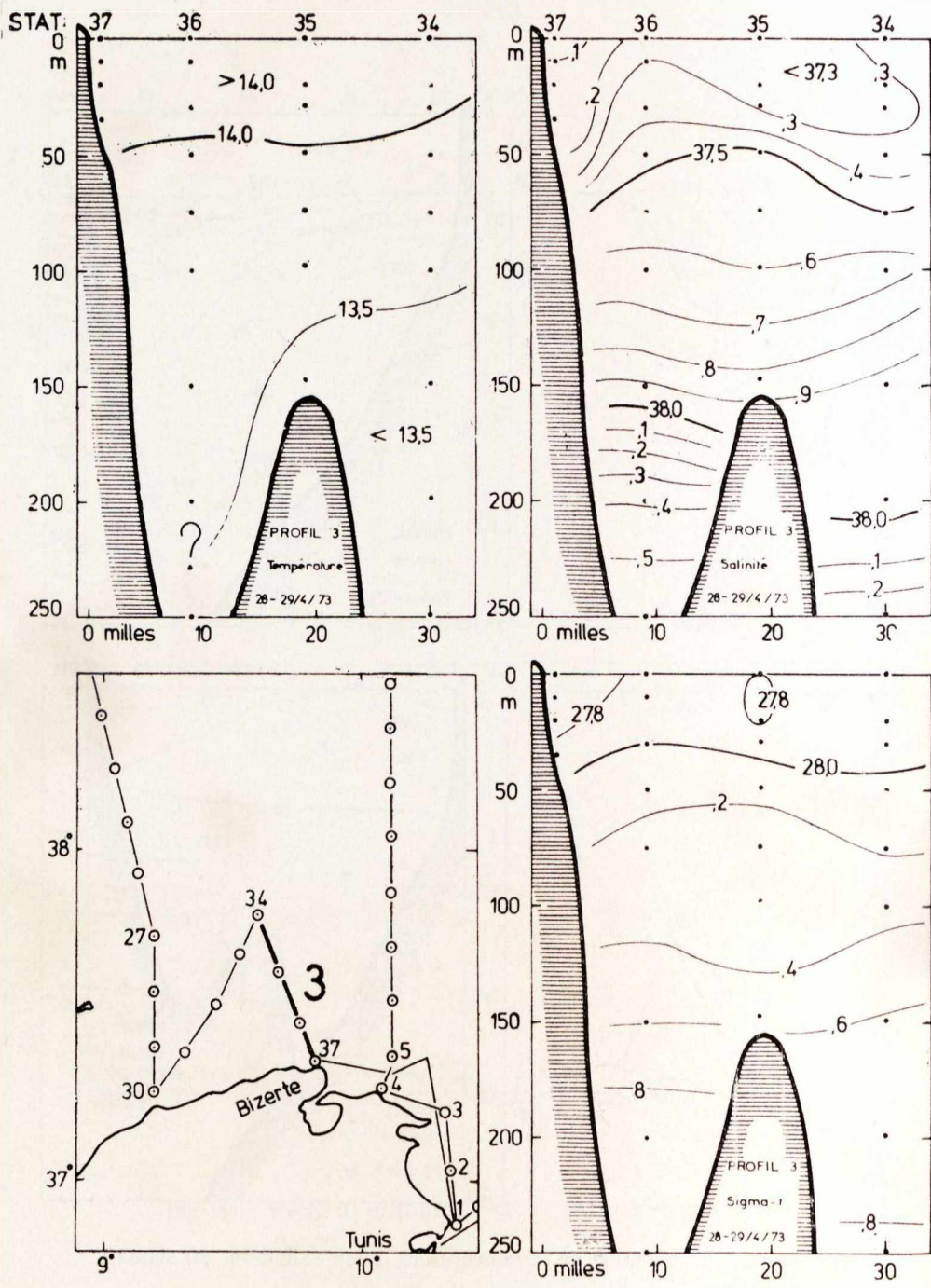


Fig. 50 : Profil 3, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

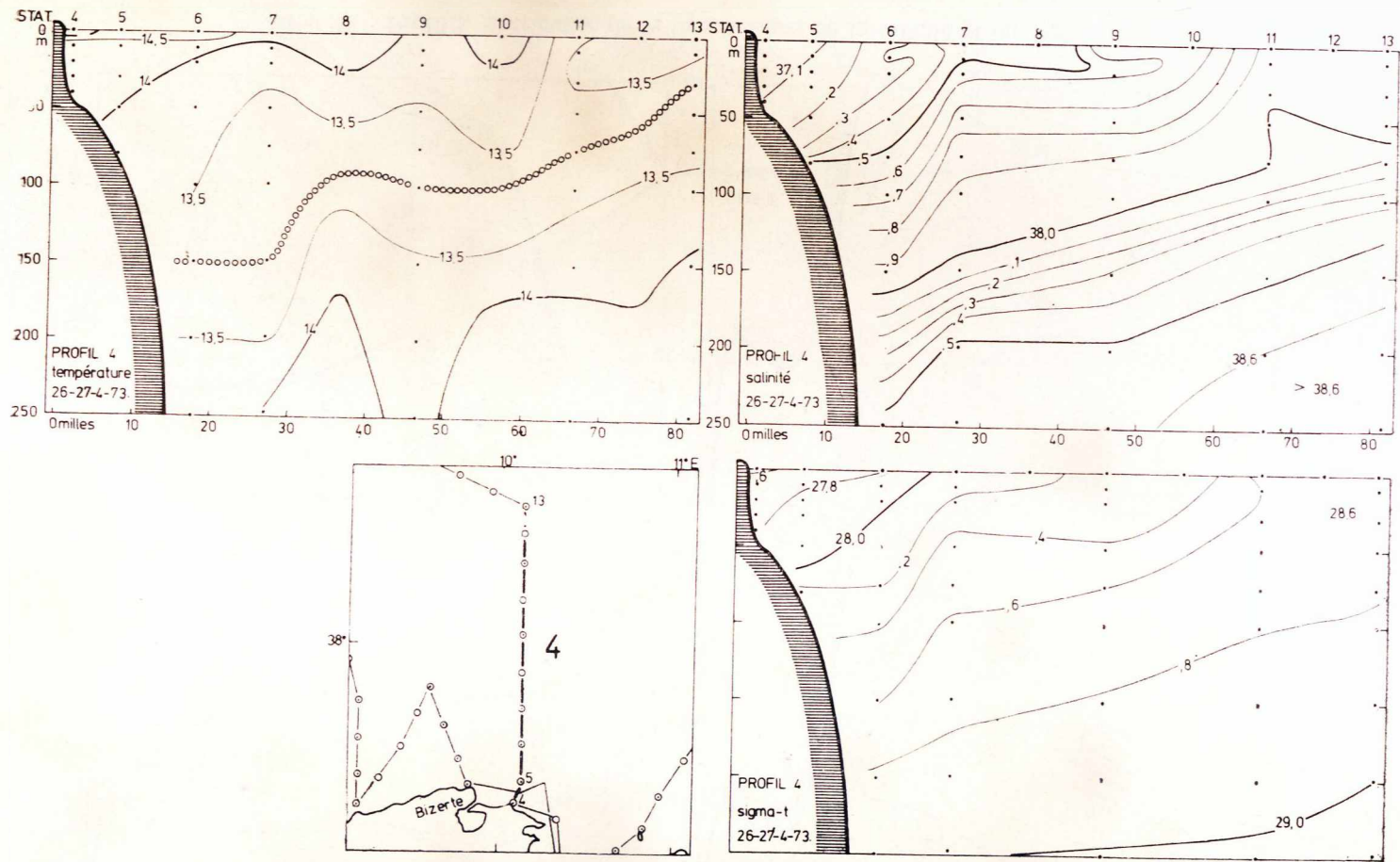


Fig. 51 : Profil 4, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

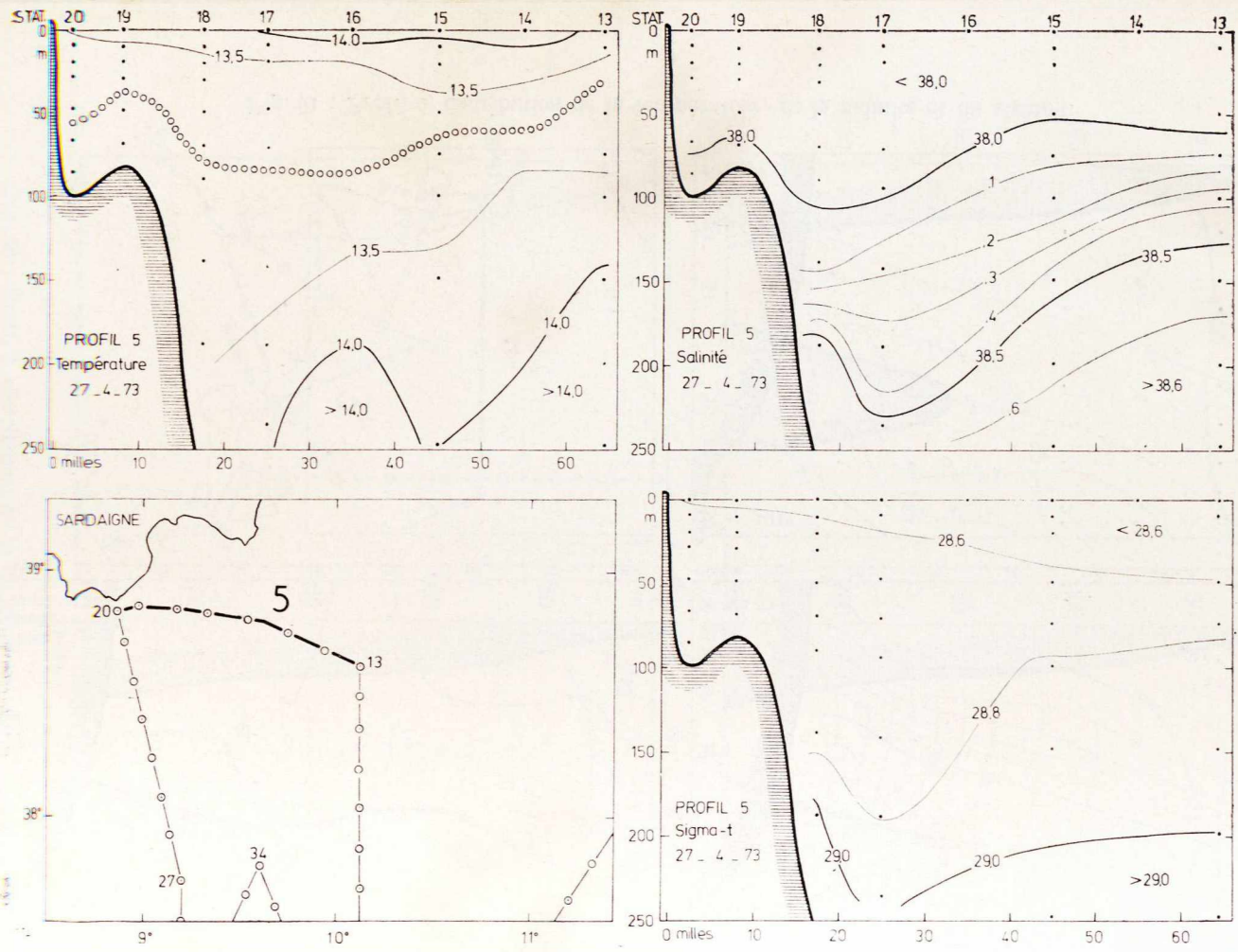


Fig. 52 : Profil 5, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

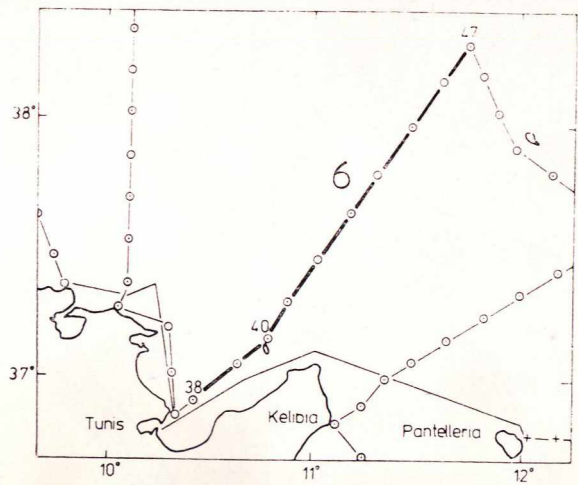
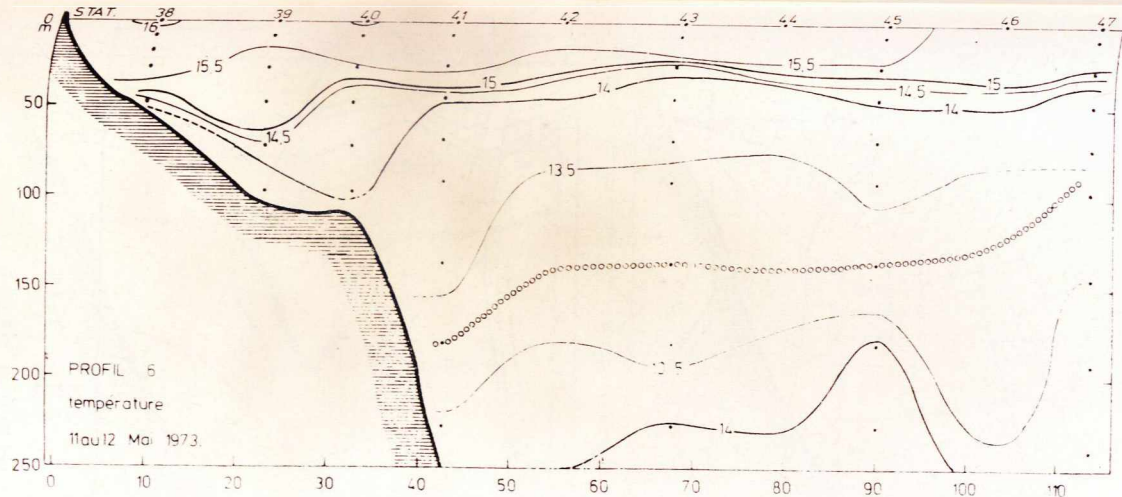


Fig. 53 : Profil 6, distribution de la température.

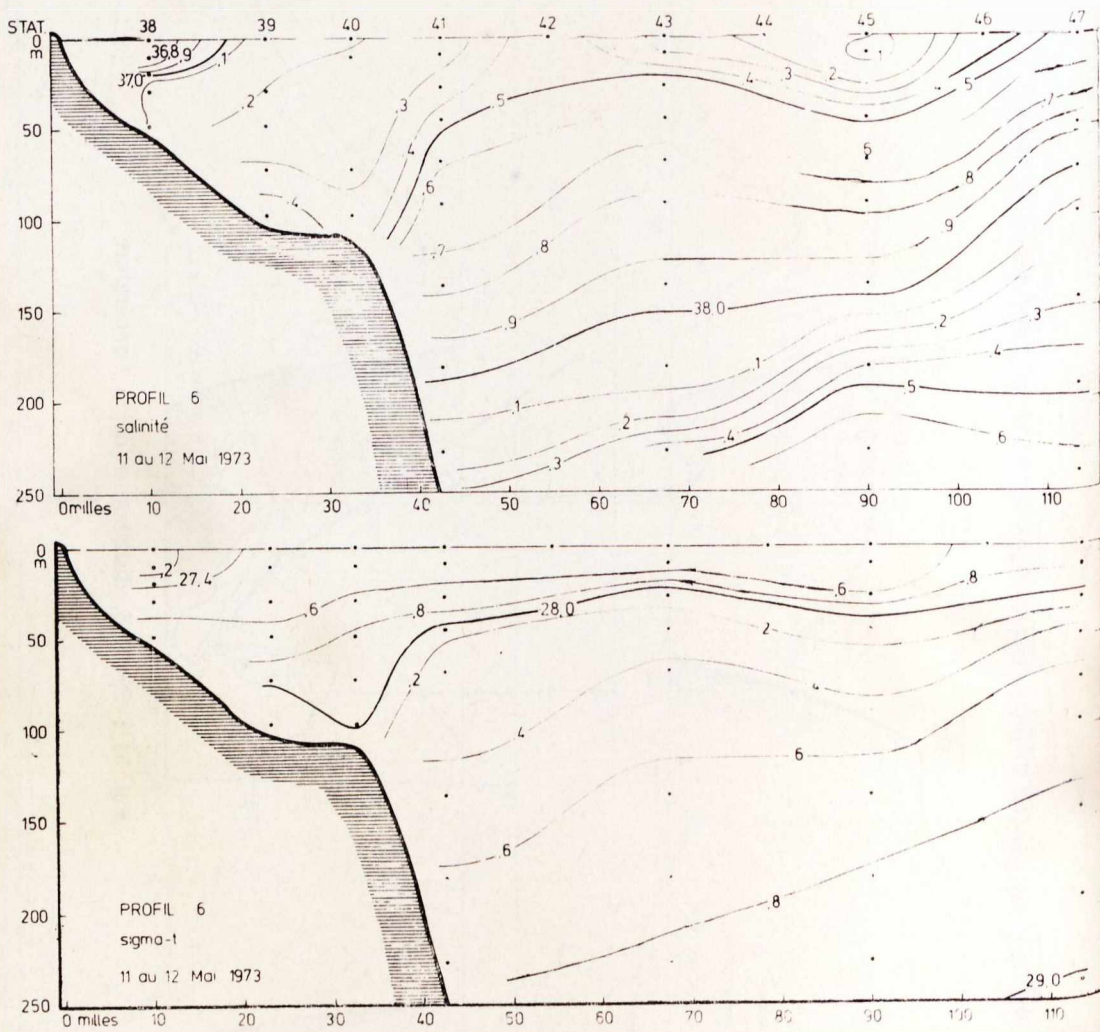


Fig. 54 : Profil 6, distribution de la salinité et sigma-t.

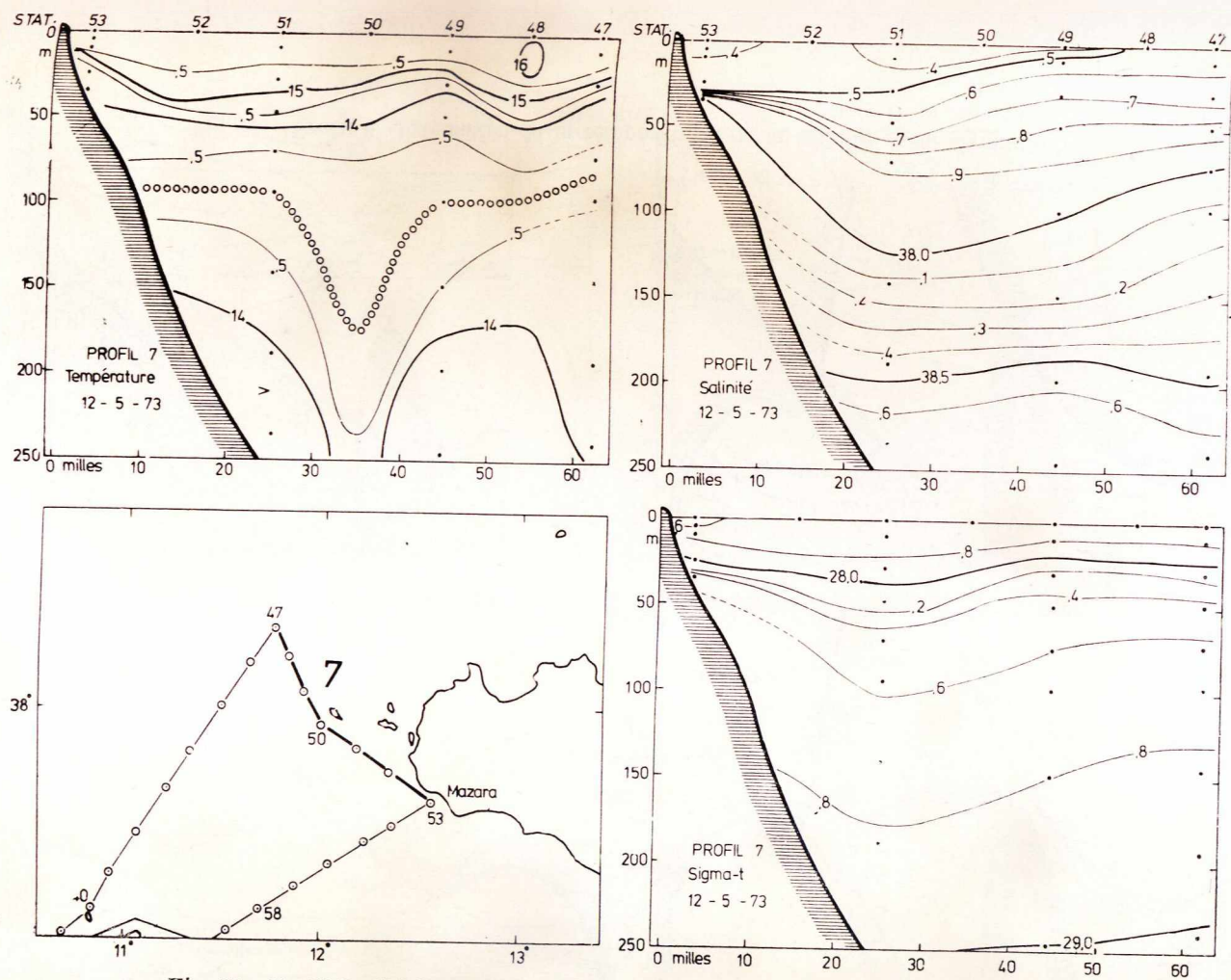


Fig. 55 : Profil 7, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

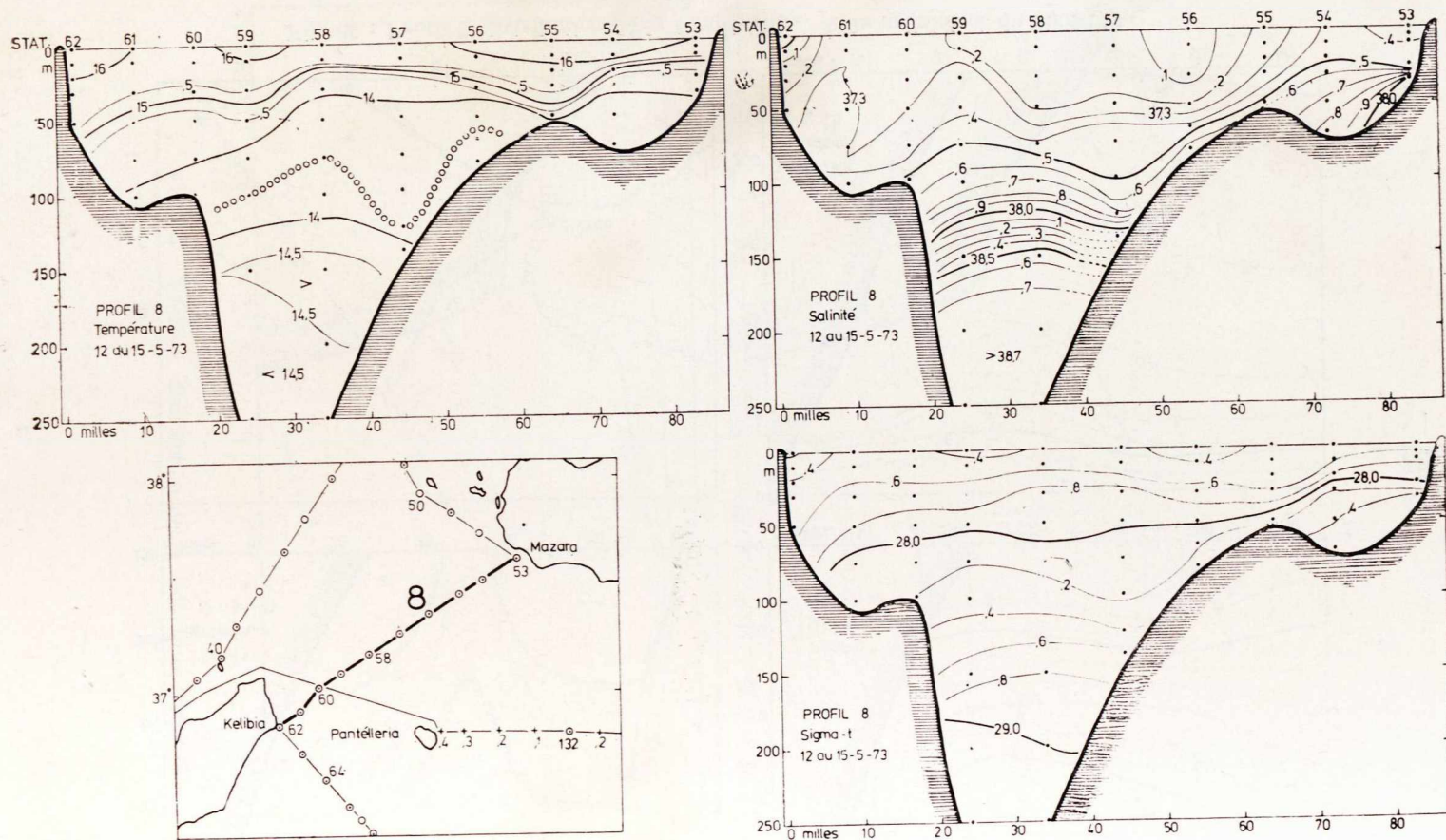
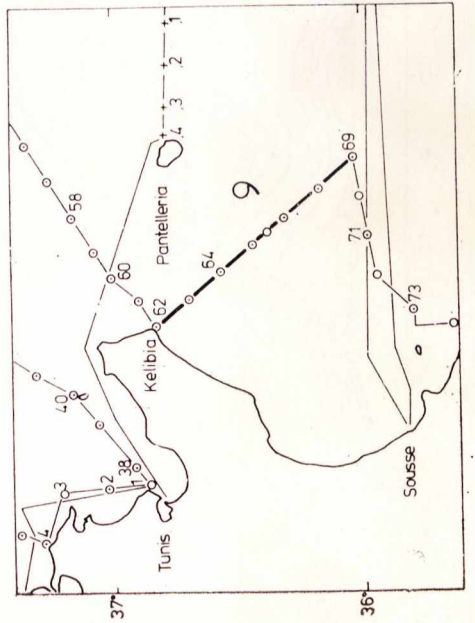
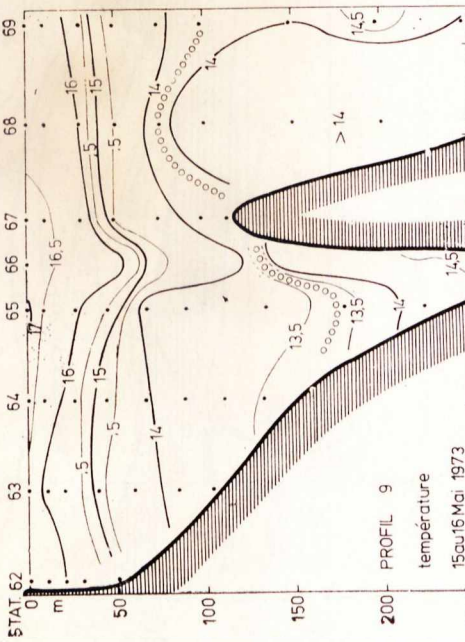
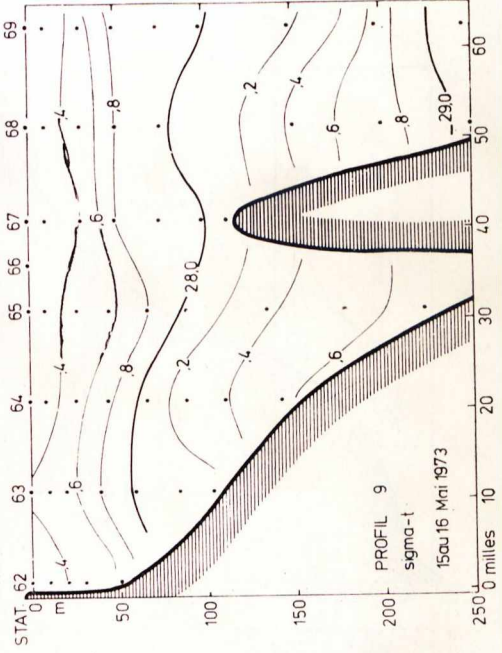
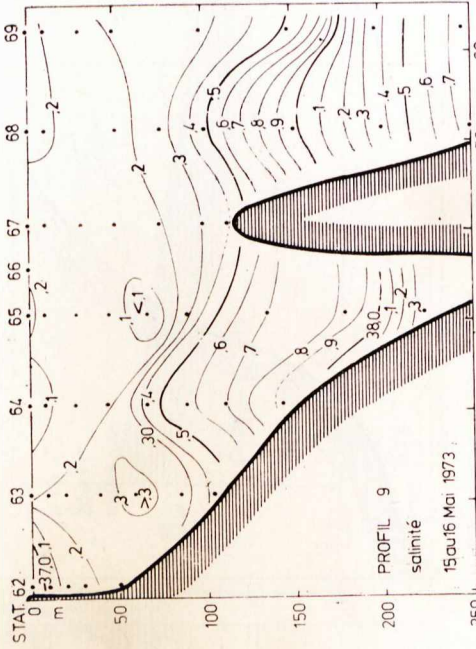


Fig. 56 : Profil 8, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.



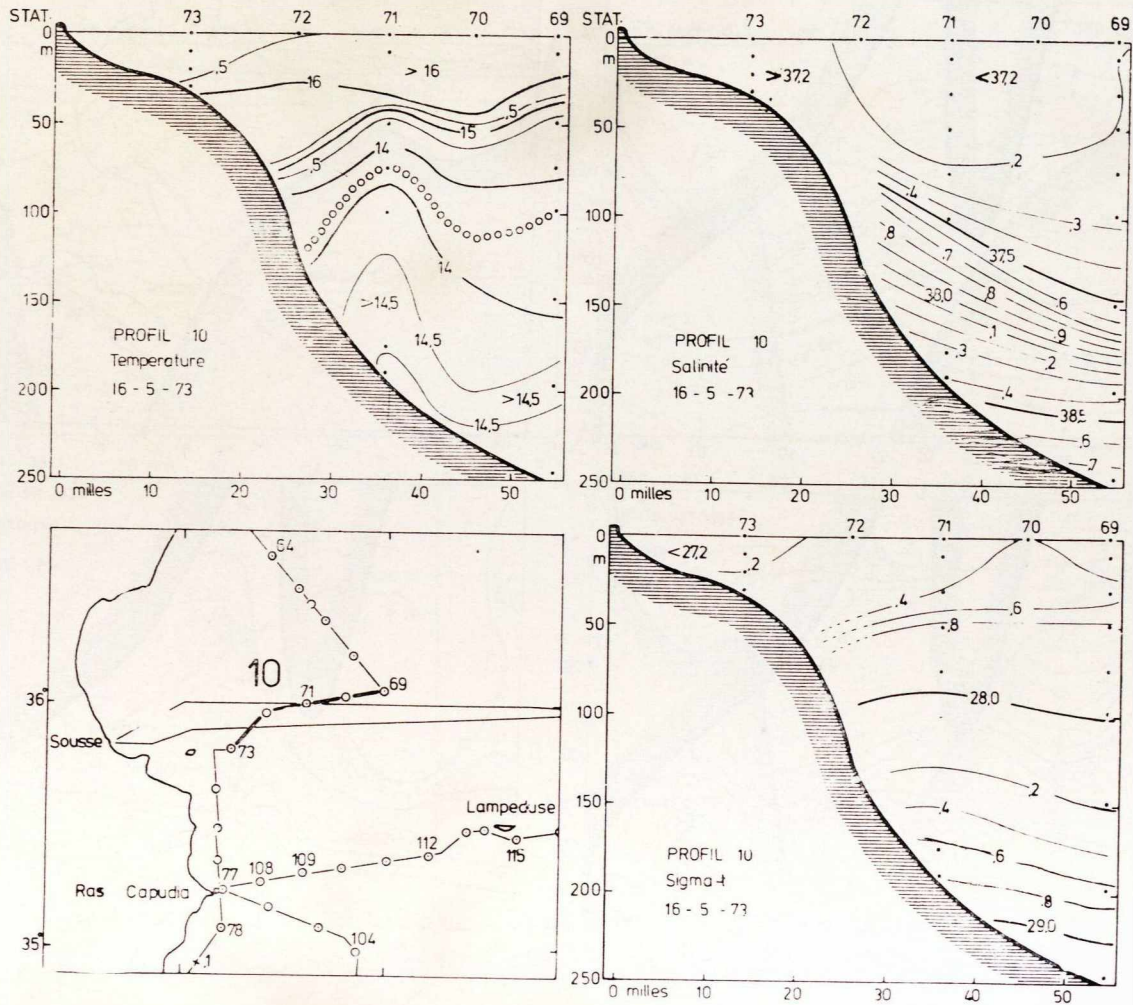


Fig. 58 : Profil 10, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

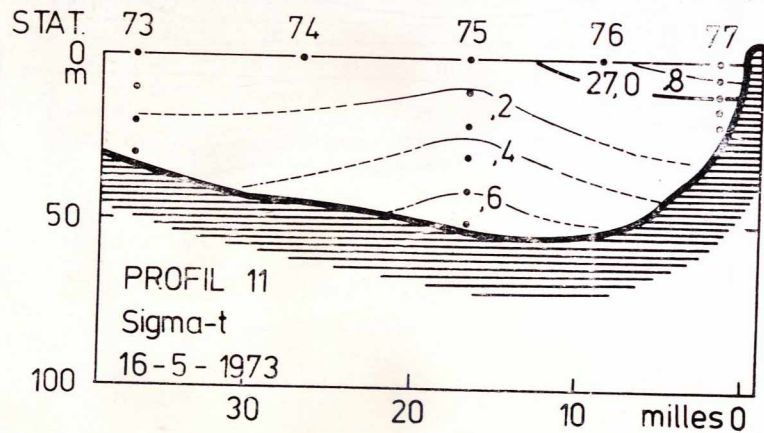
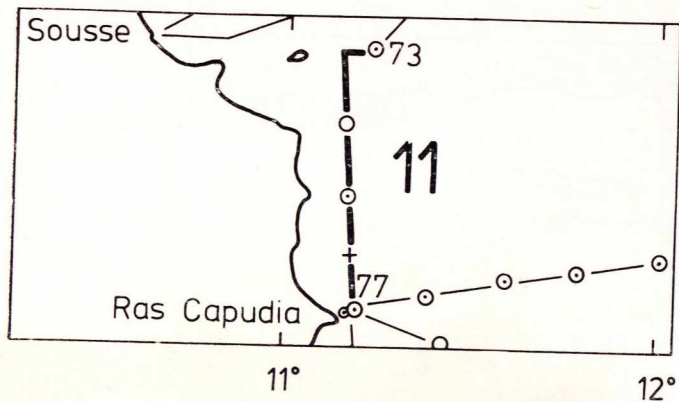
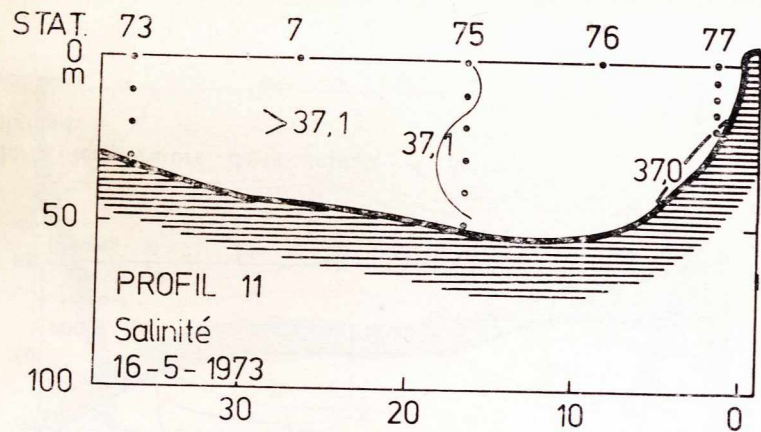
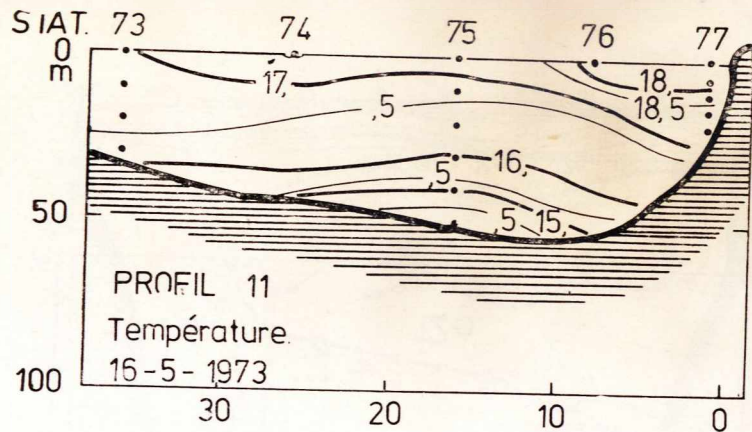


Fig. 59 : Profil 11, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

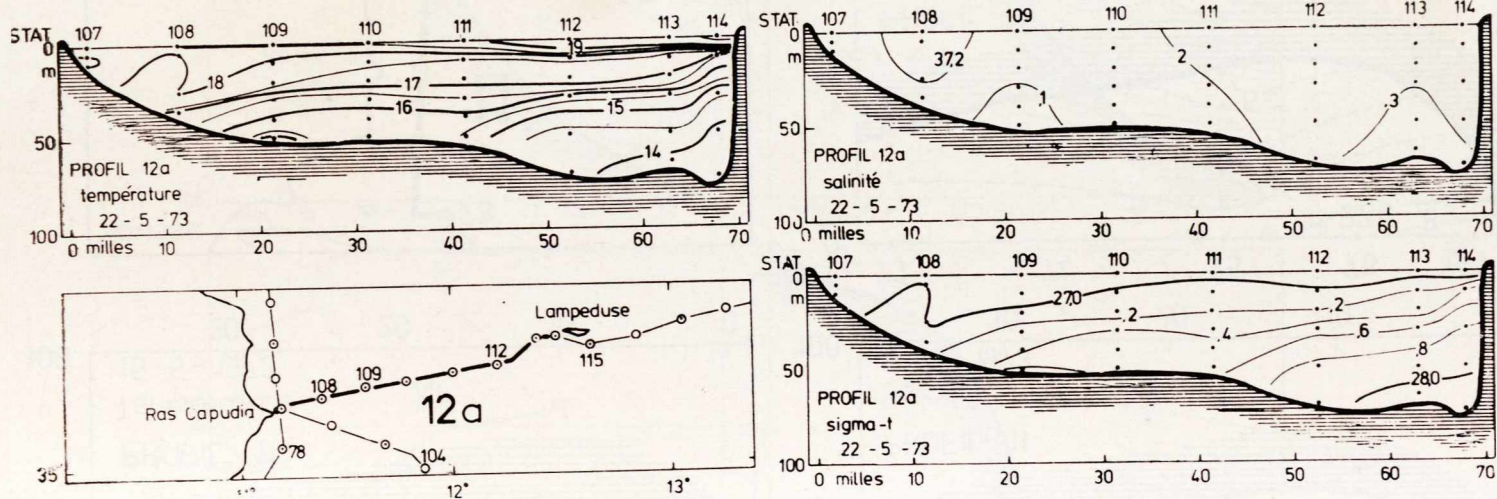


Fig. 60 : Profil 12a, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

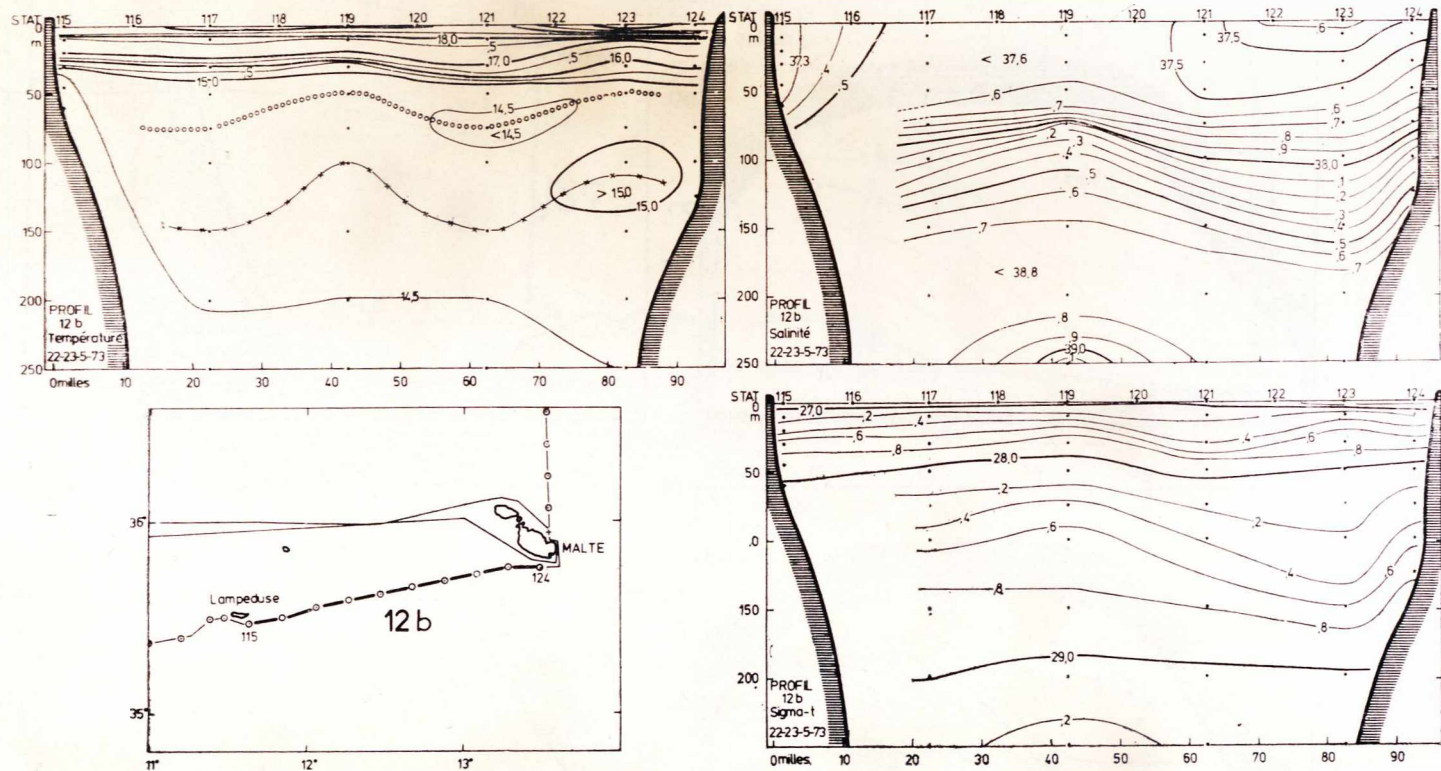


Fig. 61 : Profil 12b. distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.

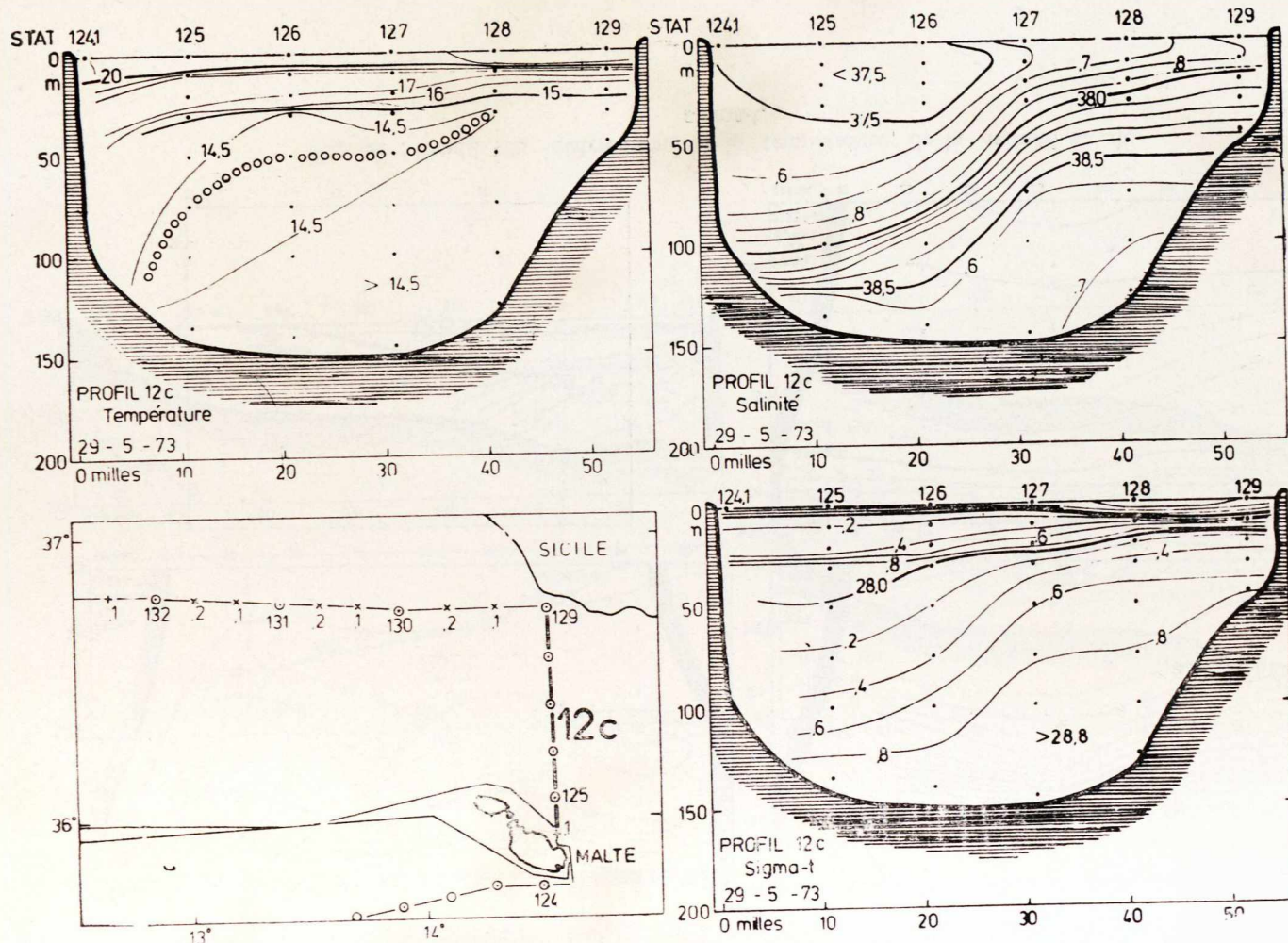


Fig. 62 : Profil 12c, distribution de la température, de la salinité et du sigma-t.



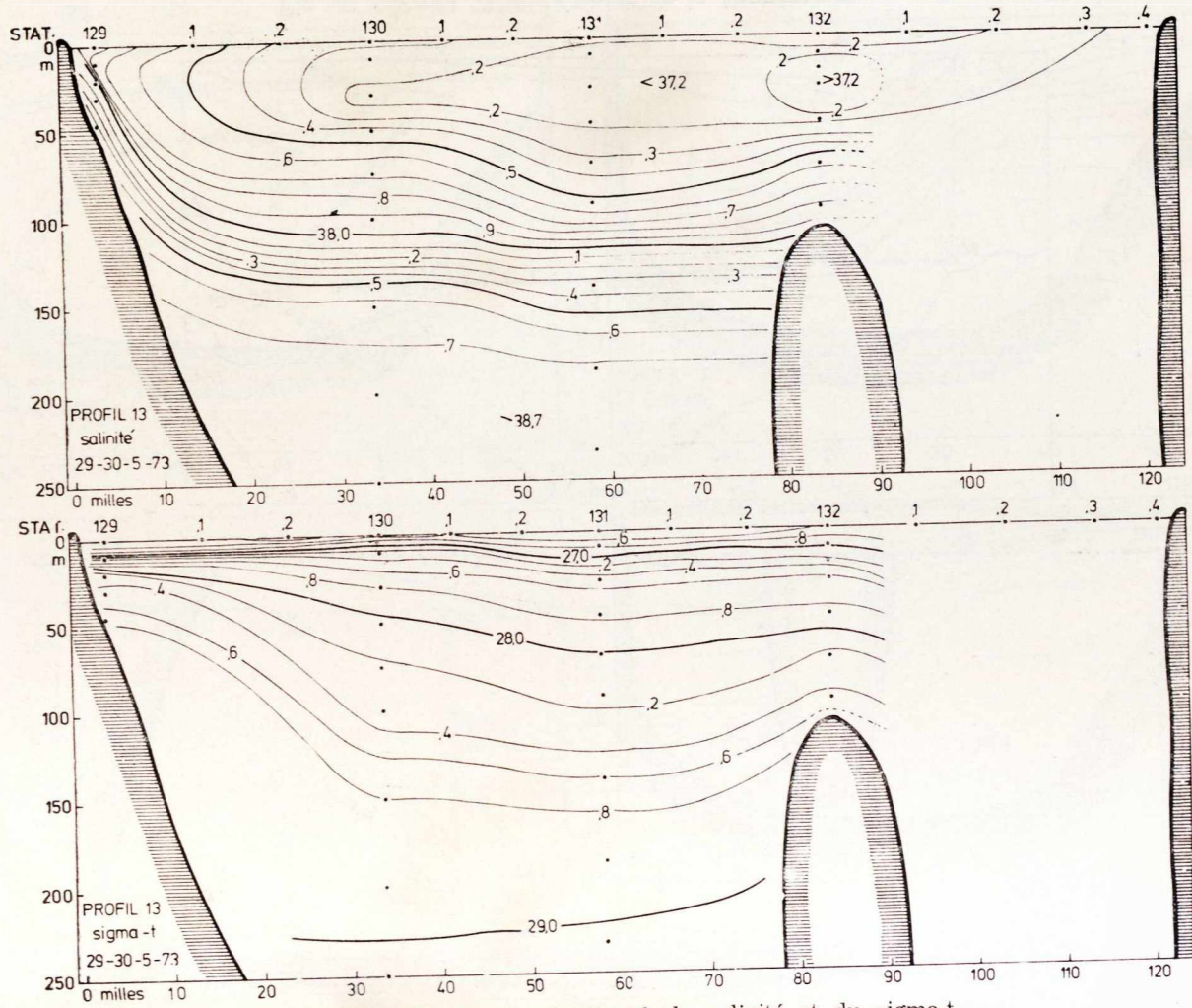


Fig. 64 : Profil 13, distribution de la salinité et du sigma-t.

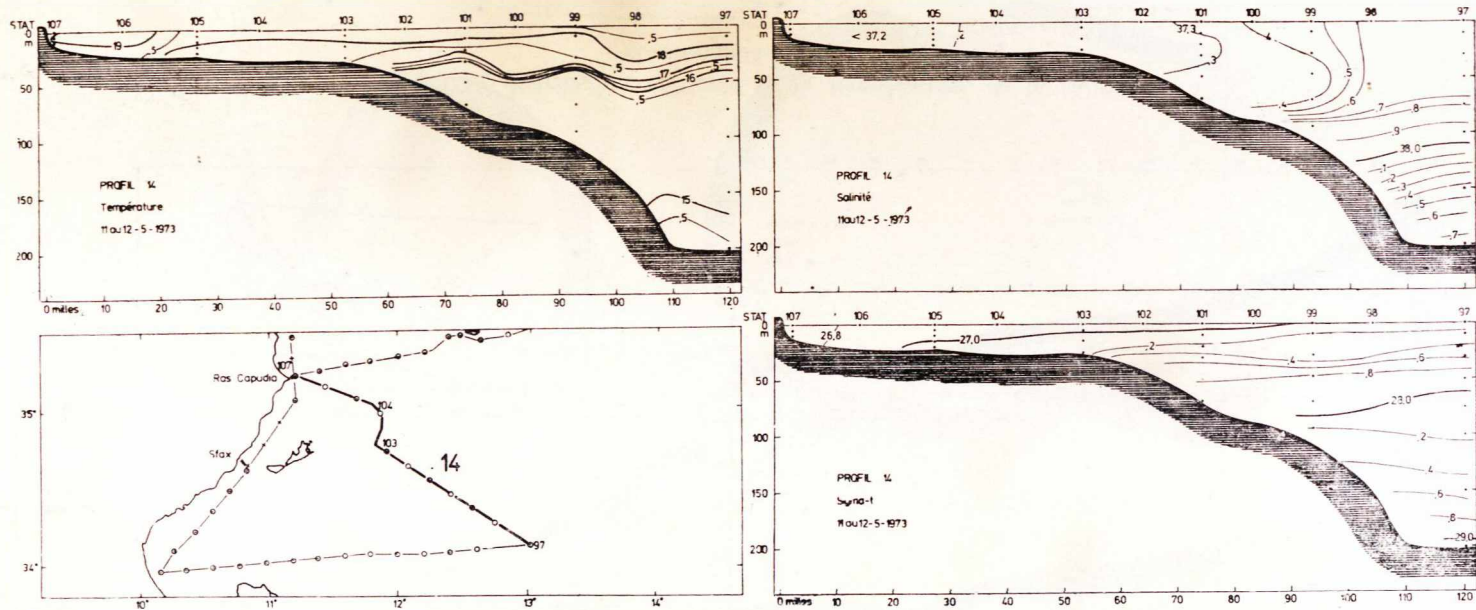


Fig. 65 : Profil 14, distribution de la température, de la salinité, de la salinité et du sigma-t.

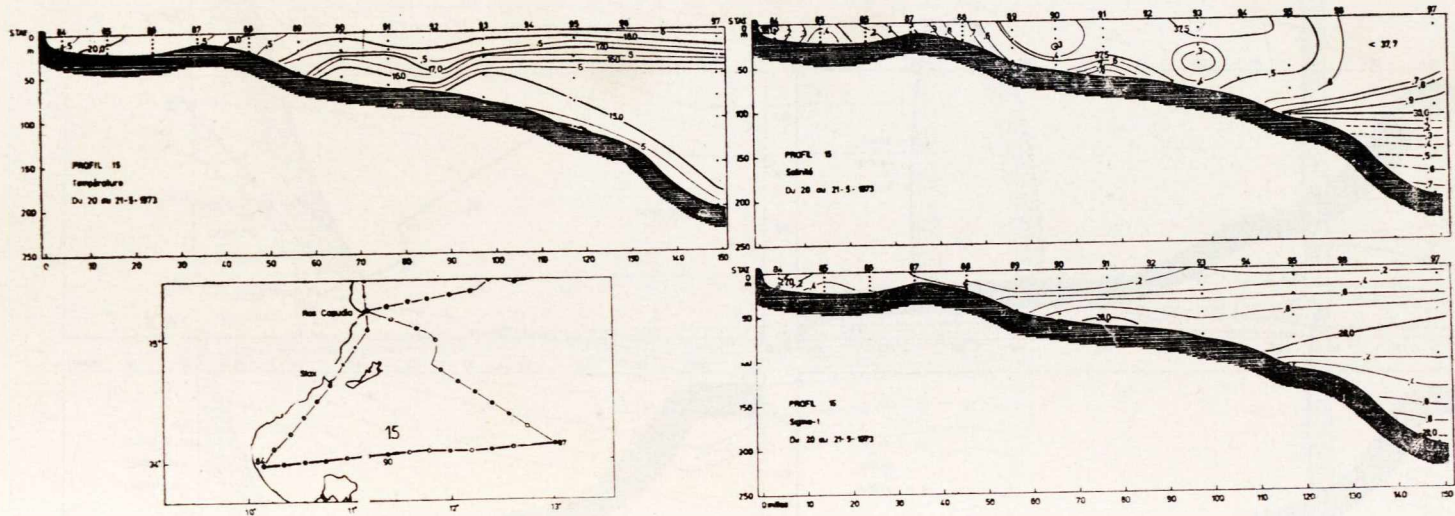


Fig. 66 : Profil 15, distribution verticale de la température, de la salinité et du sigma-t.









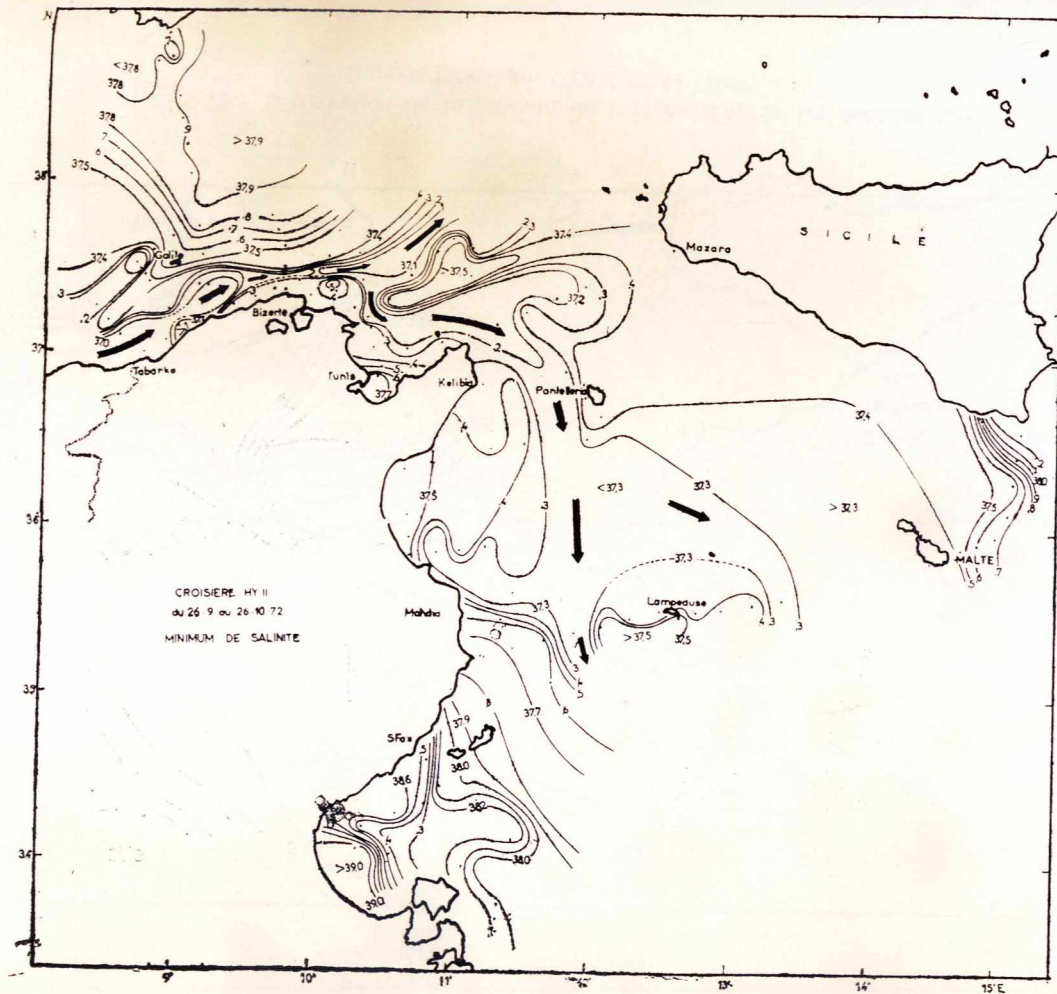


Fig. 71 : Distribution horizontale du minimum de salinité.

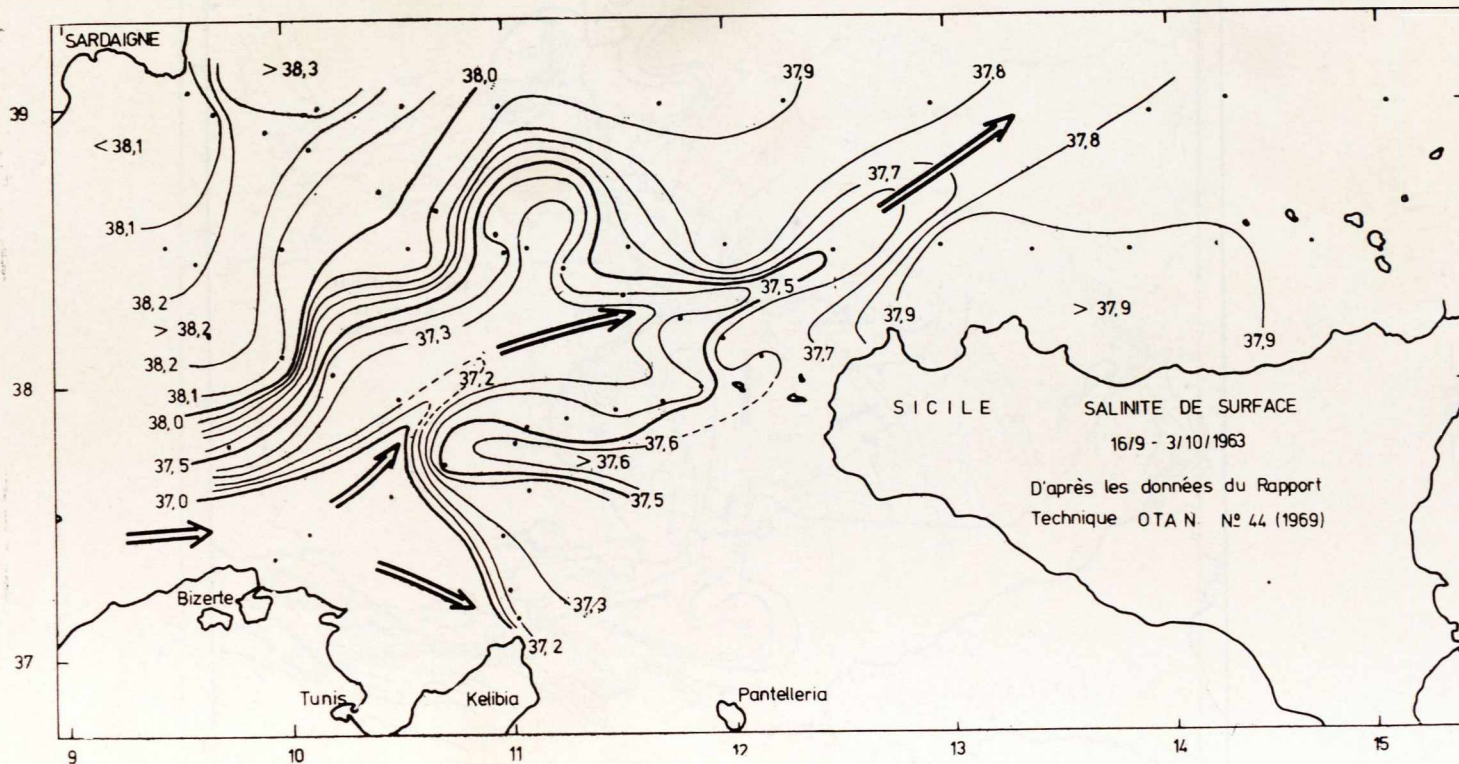


Fig. 72 : Distribution de la salinité de surface d'après les données du Rapport technique OTAN n° 44 (1969).

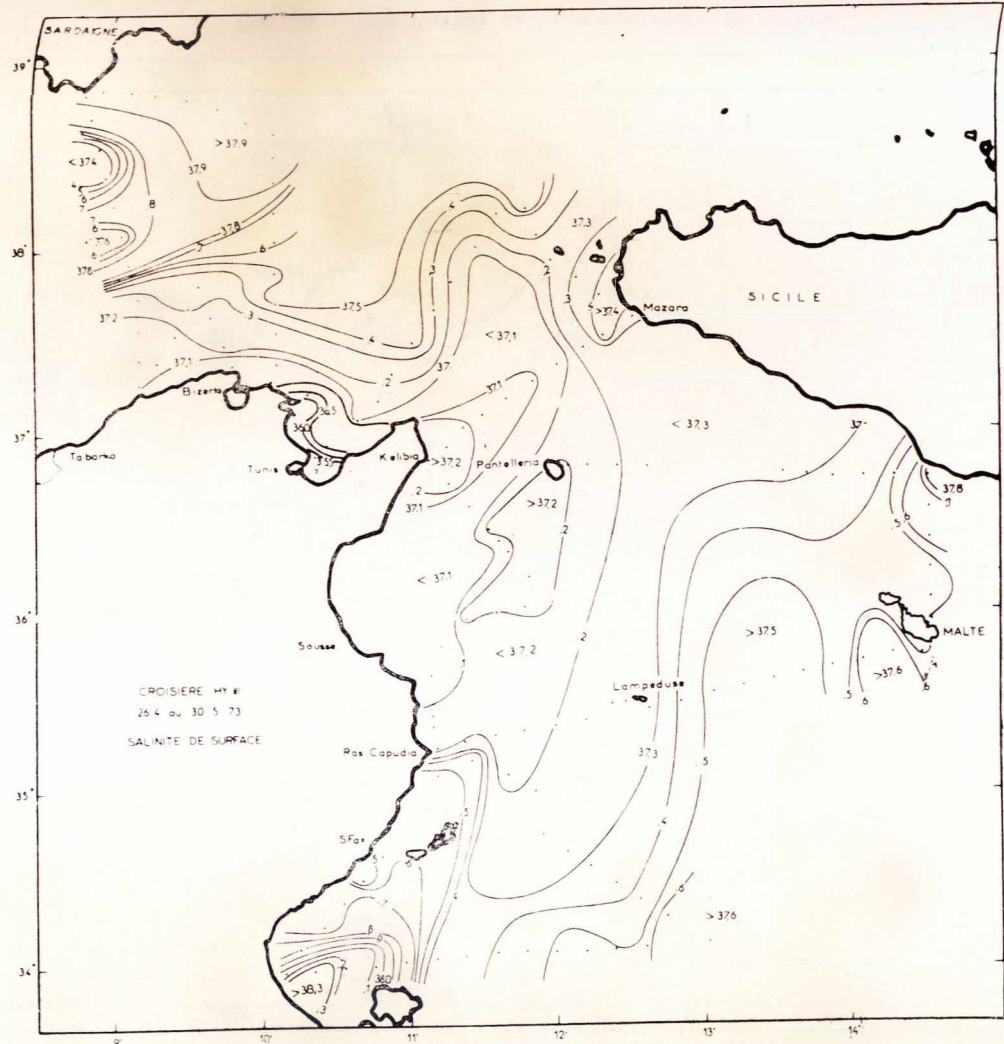


Fig. 73 : Distribution de la salinité de surface.

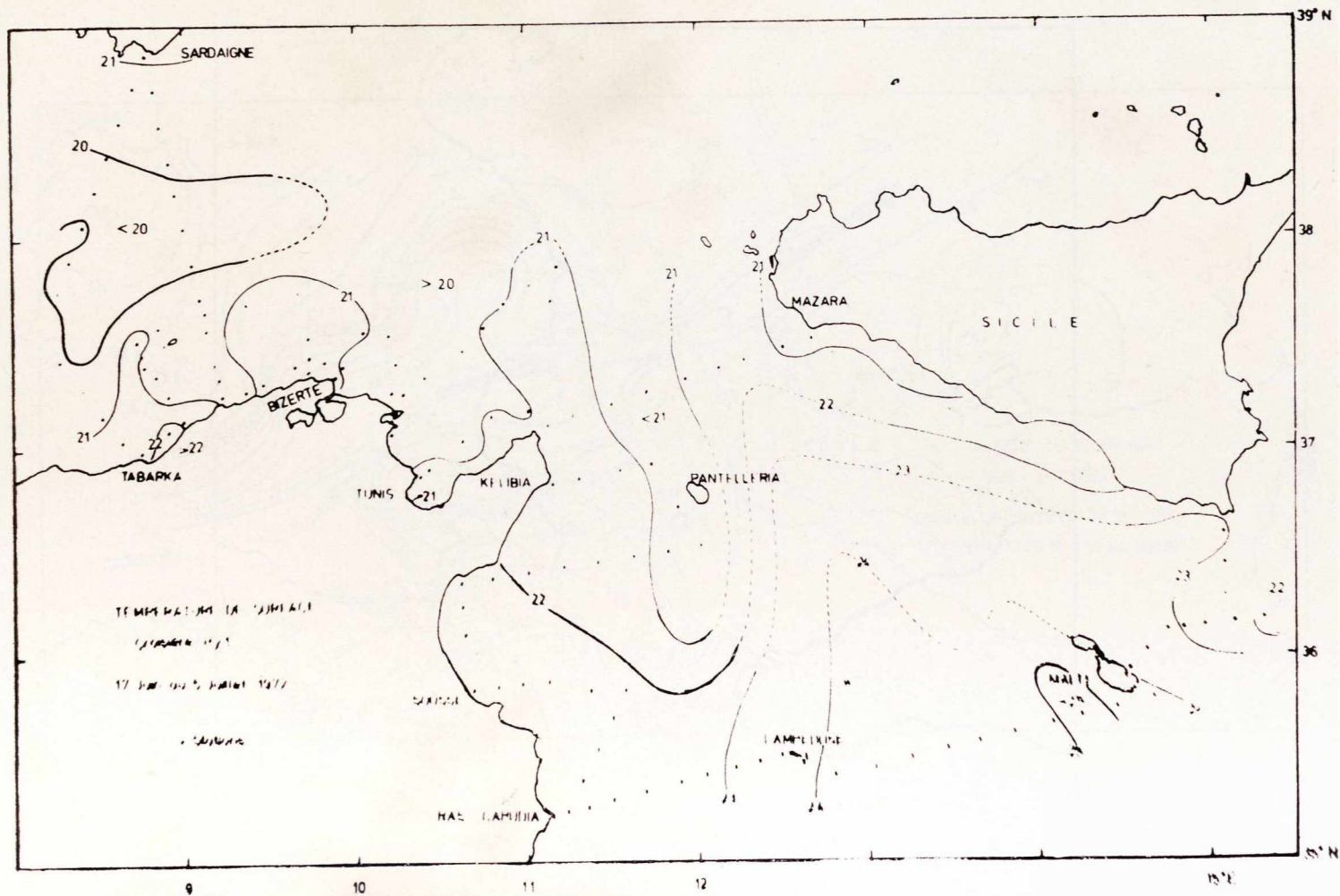


Fig. 74 : Distribution de la température de surface.

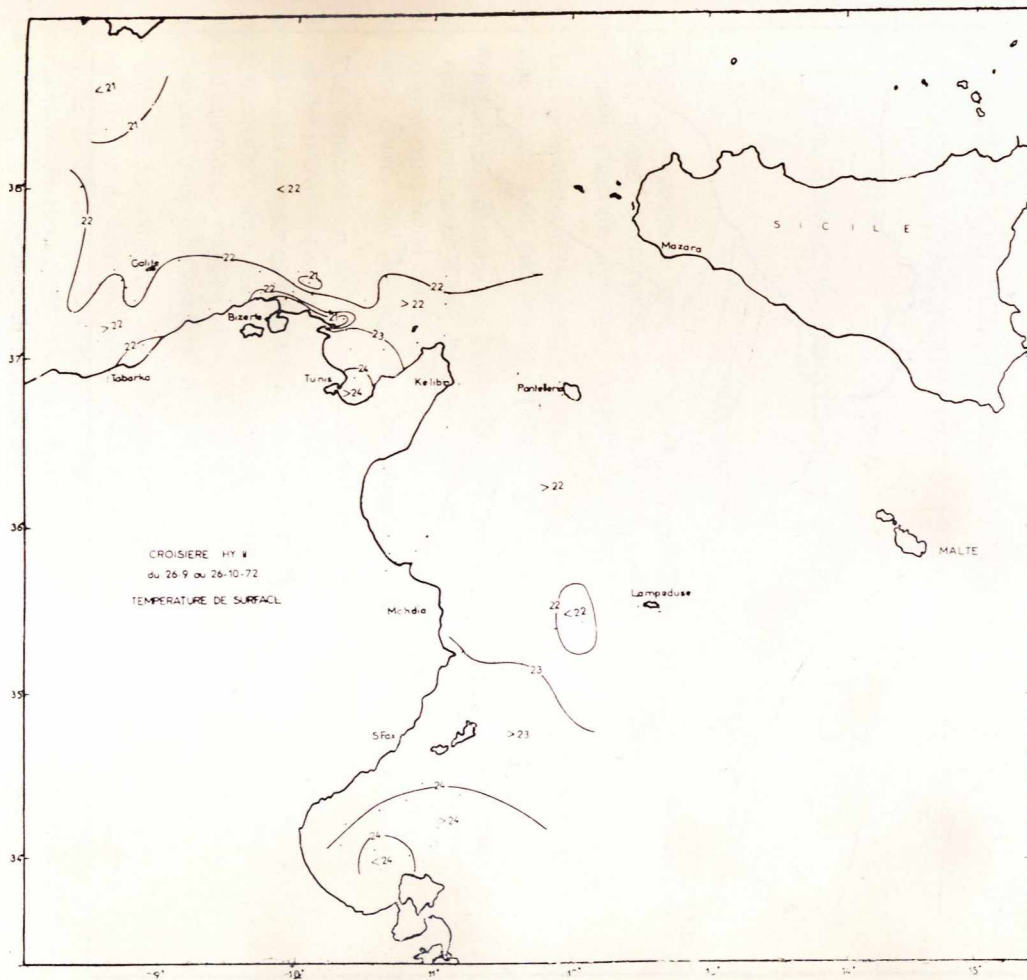


Fig. 75 : Distribution de la température de surface.

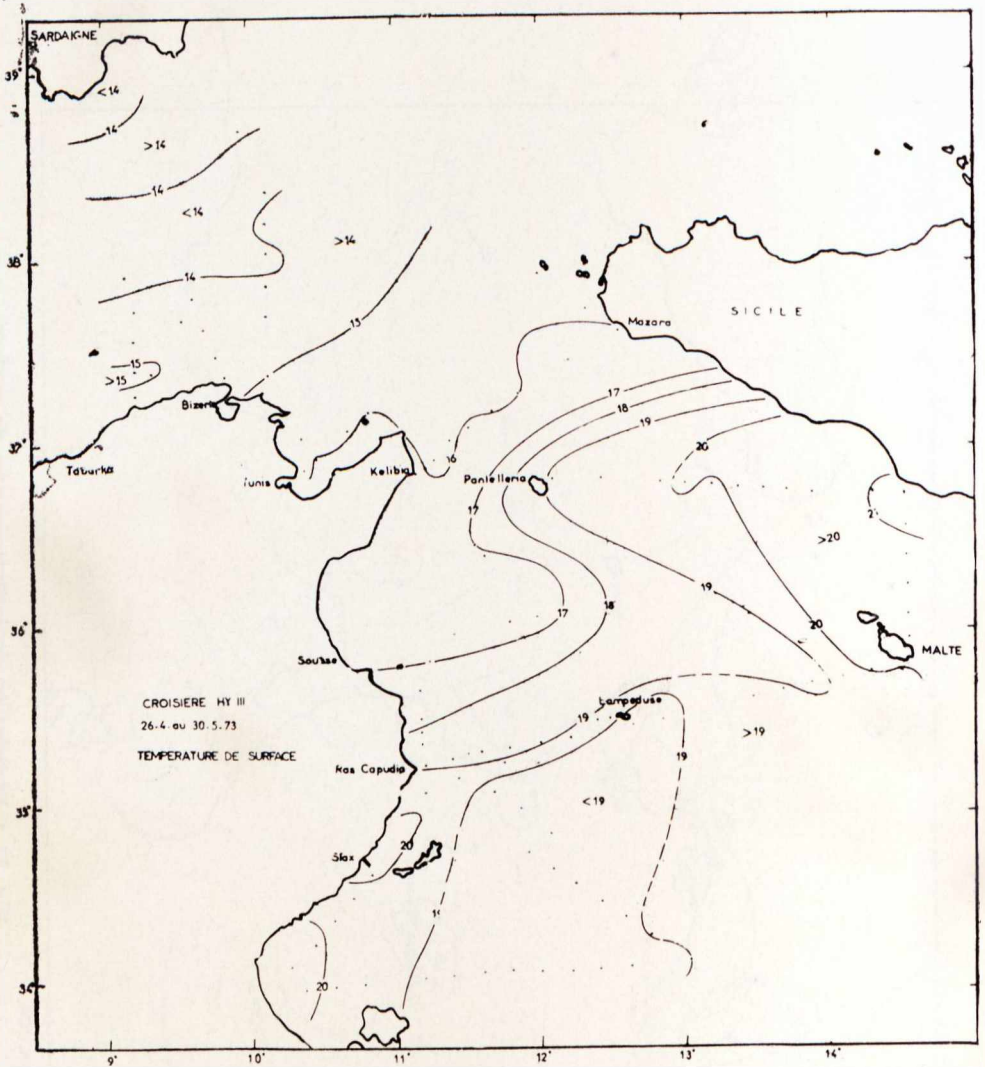


Fig. 76 : Distribution de la température de surface.