

BIOMASSE ET BIOLOGIE DU PHYTOPLANCTON
LE LONG DE LA PETITE CÔTE SÉNÉGALAISE
RELATIONS AVEC L'HYDROLOGIE

par

Astou DIA(1)

INTRODUCTION

Il est communément admis et démontré que l'abondance des ressources halieutiques dépend en grande partie de la capacité des espèces à se reproduire plus ou moins suivant les années et également des conditions d'environnement rencontrées par les juvéniles dans la frange côtière.

L'établissement d'un modèle rendant compte de l'influence du milieu sur l'intensité de la ponte et la survie des juvéniles permettrait de prévoir les fluctuations annuelles de recrutement dans les pêcheries et par là même d'adapter l'effort de pêche aux conditions prévisibles d'abondance des stocks exploitables.

Au Sénégal, la zone principale de concentration de juvéniles de nombreuses espèces se situe le long de la Petite Côte (entre le Cap-Vert et l'embouchure du Saloum). Notre étude se déroule au niveau de cette 'nursérie' et s'inscrit dans un programme de recherche sur 'l'incidence de l'environnement sur l'abondance et la disponibilité des ressources halieutiques au Sénégal'.

Notre zone d'étude est sous l'influence d'un phénomène océanique particulier, l'upwelling, contribuant à la formation d'une zone de haute productivité. Il est alors possible que parallèlement aux variations de sa composition physicochimique interviennent des variations d'ordre biologique.

(1) Chercheur biologiste de l'ISRA au Centre de Recherches de Dakar-Tiaroye (CRODT), B.P. 2241 Dakar (Sénégal).

Le phytoplancton des eaux **côtières** sénégalaises n'avait fait jusqu'ici l'objet d'aucune recherche continue. Pour combler cette lacune nous avons **effectué** une étude échelonnée sur un cycle annuel pour observer les variations **saisonnnières** qualitatives et quantitatives, **complètes** d'une **étude corrélative** du milieu.

1. METHODES D'ETUDES

1.1. STATIONS DE PRELEVEMENT

1.1.1. Stations hydrologiques

11 campagnes ont été réalisées de novembre 1981 à octobre 1982. La zone d'étude a été divisée en 7 radiales avec un quadrillage de pas de 5 miles marin comprenant au total 36 stations hydrologiques, dont la profondeur varie de 10 à 200 m au large (fig. 1). Les prélèvements sont effectués en **subsurface** à toutes les stations. Afin d'étudier la variation de la biomasse phytoplanctonique selon la profondeur, quelques profils ont été faits avec des prélèvements aux niveaux 0, 5, 10, 20, 30 ou 35, 50, 75 ou 80 **mètres**.

1.1.2. Stations pour l'étude du phytoplancton

Les prélèvements du phytoplancton ont été effectués :

- Du 17, au 23 décembre 1981 sur 18 stations des radiales 1, II, III et IV
- Le **12 mars** 1982 sur les stations 1, 8, 9, 10, 11, 12, 13 au voisinage donc du centre d'upwelling de Pointe Rouge
- Du **1er** au 6 juin 1982 sur les stations 5, 7, 9, 14, 17, 19, 21 et 23
- Du 13 au 15 octobre 1982 sur les stations 3, 6, 9, 10, 11, 19, 24, 28, 29 et 32.

1.2. ECHANTILLONNAGE DU PHYTOPLANCTON

Toutes les récoltes s'effectuent en **surface le long de 5 radiales** allant de Dakar à Joal (fig. 1). Cette zone est particulièrement intéressante, puisque soumise à des upwellings, qui font d'elle un des secteurs les plus riches de la côte sénégalaise. Le nombre important de stations sur une aire relativement réduite permet de suivre la répartition spatiale du phytoplancton à petite échelle.

La recherche d'une technique d'échantillonnage du phytoplancton la plus adaptée à la zone étudiée et donnant des résultats assez représentatifs a été l'un des objectifs de recherche durant la période novembre 1981 début mars 1982.

En décembre, un litre d'eau a été prélevé à chaque station puis filtré sur filtre Millipore (pore de 0.45 μ de dimension). Cette méthode s'est avérée insuffisante car le volume d'eau prélevé était nettement insuffisant. D'autre part, vu la lenteur de la filtration (environ 40 minutes par échantillon) et le nombre élevé de prélèvements, **cette méthode d'échantillonnage a finalement été abandonnée.**

En mars, 10 litres d'eau ont été prélevés à chaque station puis filtrés à travers du tissu de soie de 50 μ de dimension de maille (la même que celle du filet à plancton utilisé). Le phytoplancton était alors recueilli dans des flacons contenant 10 ml d'eau distillée formolée à 1%. Deux gouttes ont été observées au microscope pour chaque échantillon. Cette méthode d'étude a également été abandonnée, les organismes de dimensions $< 50 \mu$ n'étant pas recueillis alors que la production primaire est surtout le fait des organismes de petite taille.

La méthode suivante a été finalement adaptée :

- 10 litres d'eau de mer sont prélevés dans un seau, à chaque station.

De ce volume est prélevé après homogénéisation un volume d'un litre immédiatement fixé au formol.

L'échantillon est mis à sédimenter pendant 24 heures dans une éprouvette graduée. Après sédimentation du phytoplancton, l'eau surnageante est siphonnée. Le volume d'un litre est ainsi ramené à 5 ml contenant l'extrait phytoplanc-tonique. Après homogénéisation par agitation, une goutte est alors prélevée de cet extrait pour procéder au comptage entre lame et lamelle.

1.3. LES DOSAGES

- Chlorophylle. - Les dosages de chlorophylle ont été réalisés au fluorimètre TURNER 111 étalonné au spectrophotomètre. Le principe du dosage a été défini par PAGES (1981).

- Températures. - Elles sont mesurées à l'aide de thermomètres à renversement.

- Salinité. - Dosage par mesure de la conductivité au salinomètre à induction GRUNDY modèle n° 6230 N.

- Nitrates. - Dosage par analyse automatique sur chaîne Technicon Auto Analyzer. La méthode utilisée est basée sur celle d'ARMSTRONG et al., (1967).

- Phosphates. - Le dosage du phosphore minéral réactif est réalisé par spectrophotométrie selon la méthode manuelle décrite par STRICKLAND et PARSONS (1972).

- Silicates. - Dosage au spectrophotomètre (STRICKLAND et PARSONS, 1972) par mesure de la forme réduite du complexe (silicate + molybdate d'ammonium).

- Oxygène. - Les dosages sont effectués selon la méthode de WINKLER, modifiée par STRICKLAND et PARSONS (1972) avec une mesure potentiométrique du "dead stop end point".

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. VARIATIONS DE LA BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE - RELATIONS AVEC L'HYDROLOGIE

Le milieu marin intervient sur les organismes phytoplanc-toniques d'une part, par les courants qui les entraînent mais aussi par ses caractères physicochimiques.

Outre la température, les facteurs physicochimiques utilisés ici pour l'étude du milieu, sont les sels nutritifs et l'oxygène. 3 sels nutritifs ont été étudiés : les nitrates, les phosphates et les silicates. Ces éléments bio-

gènes provenant de l'excrétion et de la dégradation de la matière organique, constituent la base de l'alimentation des organismes phytoplanctoniques d'où leur importance dans notre étude. Ces sels sont en **général** concentrés dans les couches profondes, les fortes concentrations en surface s'expliqueraient par une remontée de ces eaux profondes.

L'importance des variations d'oxygène dans le temps et dans l'espace dans un système d'upwelling peut aisément s'imaginer compte tenu du fait que le rôle **des** facteurs biologiques ou physiques qui contrôlent la concentration d'oxygène est intensifié. Aussi doit-on s'attendre à de très importants **changements** biologiques de la concentration d'oxygène par **photosynthèse** (production d'oxygène) ou par régénération des substances nutritives (consommation d'oxygène). Des changements d'origines physiques des teneurs en oxygène sont à prévoir **également** : les surfaces marines agitées par les vents voient les échanges océan - atmosphère favorisés, tant dans les aires d'eaux sous-saturées en raison de leur remontée récente (pénétration d'oxygène dans l'eau) que celles devenues sur-saturées par une activité photosynthétique intense (départ d'oxygène vers l'**atmosphère**). MINAS et ses collaborateurs (1974) proposent un procédé d'analyse de la distribution de l'oxygène dans les régions d'upwelling côtier au moyen d'un **diagramme** oxygène-salinité. La méthode d'analyse **utilisée** dans ce rapport ne permet pas de dissocier l'oxygène **photosynthétique** et l'oxygène atmosphérique, mais elle permet d'avoir une idée sur la production **photosynthétique** d'oxygène par le phytoplancton.

La **biomasse** phytoplanctonique peut être évaluée à l'aide de l'**ATP** (adénosine triphosphate), du carbone particulaire, du phosphore particulaire ou de la chlorophylle. **D'après** LE MASSON et ses collaborateurs (1981) aucun de ces paramètres de biomasse n'est parfait. Dans ce présent rapport, la chlorophylle **a** est utilisée comme estimateur de la biomasse phytoplanctonique. Ce pigment, **le plus** abondant dans les végétaux est un **paramètre** biologique facile à mesurer, se situant sur l'axe entre les facteurs chimiques et la chaîne biologique (**DANDONNEAU**, 1977) ; de plus, étant donné sa dégradation rapide après la mort de la cellule, c'est un bon indicateur de la matière vivante.

Notre étude s'étale sur un cycle annuel allant de novembre 1981 à octobre 1982.

Trois périodes thermiques peuvent être distinguées dans cette étude :

- Une **1ère** période d'eaux chaudes, de novembre à début décembre 1981.
- Une période d'eaux froides à partir de fin décembre 1981 jusqu'au début du mois de juin 1982.
- Une **2ème** période d'eaux chaudes, jusqu'en octobre 1982.

2.1.1. Première période d'eaux chaudes

L'apparition tardive des alizés favorise la persistance des eaux **guinéennes** chaudes et dessalées ($T > 24^{\circ}\text{C}$, **S‰** (35) (fig. 2). Les eaux de surface sont partout chaudes ($> 25^{\circ}\text{C}$) (fig. 2), pauvres en sels nutritifs (fig. 3) et riches en oxygène (fig. 4). La biomasse phytoplanctonique est faible en surface. On observe une mince bande côtière en novembre entre Rufisque et Popenguine où les concentrations de chlorophylle atteignent **3 $\mu\text{g/l}$** sur les fonds de 10 mètres, partout ailleurs les concentrations sont inférieures à **1 $\mu\text{g/l}$** . La répartition de la chlorophylle a est sensiblement la même en début décembre, les zones de plus fortes concentrations (**2 à 3 $\mu\text{g/l}$**) se retrouvant au niveau de Pointe Rouge et au sud de Popenguine atteignent les fonds de 35 mètres (fig. 5 et 6).

Structure verticale.- VOITURIEZ et DANDONNEAU (1974) ont mis en évidence dans le **Dôme** de Guinée une stratification verticale permanente. De la surface vers le fond se succèdent :

- La thermocline équivalente à la pycnocline et la phosphatocline
- Le maximum d'oxygène
- La nitratocline
- Le maximum de production primaire
- Le maximum de nitrite
- Le minimum subsuperficiel d'oxygène

A l'issue d'une étude menée sur la distribution du nitrate et la production primaire, HERBLAND et VOITURIEZ (1977) concluent que cette stratification est reproductible avec des variations quantitatives dans l'Atlantique tropical.

La stratification observée sur une verticale à la station 5 du large est la suivante (fig. 7) :

- Pas de maximum marqué de l'oxygène, mais une diminution progressive avec la profondeur
- Début du gradient des phosphates (phosphatocline)
- Sommet de la thermocline, à 10 mètres de profondeur
- Début du gradient des nitrates (nitratocline)
- maximum de chlorophylle a à 30 mètres de profondeur.

Durant la saison chaude, il existe une couche de surface isotherme au-dessous de laquelle la stratification est forte avec une thermocline bien marquée.

La stabilité de cette stratification traduit l'équilibre des processus physiques et biochimiques qui interviennent dans la distribution de ces divers paramètres :

1°) La production primaire qui consomme des sels nutritifs et produit de l'oxygène.

2°) La respiration qui consomme de l'oxygène.

3°) L'excrétion qui produit des sels nutritifs et de la matière organique dissoute.

4°) L'activité bactérienne qui dégrade la matière organique.

5°) La turbulence et l'advection verticale qui compensent la perte en sels nutritifs provoquée par

6°) La sédimentation.

La relation phosphate-nitrate est le reflet de l'équilibre consommation-reminéralisation (ANSE, 1973) : tandis qu'une partie du phosphate est régénérée rapidement, par le biais de l'excrétion des hétérotrophes (JOHANNES, 1968), l'azote est reminéralisé essentiellement sous forme d'ammoniaque. Cette reminéralisation différentielle se traduit par un décalage nitratocline-phosphatocline.

La distribution de l'oxygène dans la zone euphotique est régie par trois éléments : un réservoir pauvre en profondeur, un réservoir riche : l'atmosphère, et une source in situ : la production primaire. La combinaison de ces trois éléments aboutit à une distribution de l'oxygène qui, pour le profil étudié, se présente ainsi :

- Une couche saturée qui coïncide avec la couche homogène.
- Une couche voisine de la saturation entre 10 et 30 mètres de profondeur correspondant à la couche la plus importante de la biomasse phytoplanctonique
- Une diminution plus ou moins rapide en profondeur.

La zone euphotique a été interprétée comme un système à deux couches, l'une supérieure, aux sels nutritifs limitants, l'autre inférieure à la lumière limitante (DUGDALE, 1967). Ces deux couches sont séparées par le sommet de la nitratocline.

11 existe un rapport étroit entre la biomasse phytoplaactonique et la nitratocline, le maximum de chlorophylle a observé à 30 mètres de profondeur se trouvant dans la nitratocline. Ce **maximum** est **formé de chlorophylle photosynthétiquement** active même s'il se trouve dans des couches profondes où la lumière reçue est faible. ANDERSON (1969) a d'ailleurs observé un pic de chlorophylle active au-dessous de la zone euphotique.

La biomasse phytoplanctonique en saison chaude est donc faible en surface et plus importante en profondeur. L'épuisement des sels nutritifs dans les couches superficielles bien **éclairées** place le phytoplancton dans des conditions **déficientes** qui l'amène à s'enfoncer dans les couches plus profondes où les conditions de lumières et **de sels** nutritifs sont réunies pour qu'il y ait une **synthèse** chlorophyllienne relativement importante en profondeur.

La profondeur où le contraste entre le disque de **Secchi (Z_s)** et la pleine eau n'est plus visible se situe entre 15 et 18 m de profondeur. La profondeur limite de visibilité du disque de **Secchi** est d'autant plus importante que la teneur des eaux en chlorophylle a est faible. **Il** n'a cependant pas été possible d'étudier le niveau de **corrélation** entre **les** deux, les mesures de chlorophylle a n'ayant pas été effectuées à **Z_s**.

2.1.2. Période d'eaux froides

Période de transition eaux chaudes-eaux froides :

En fin décembre 1981 les vents du secteur nord soufflant parallèlement à la côte sont favorables aux reflux des eaux guinéennes, qui sont alors repoussées vers le large. Il se produit un mouvement vertical des eaux de bas en haut au niveau de la côte. La thermocline, la phosphatocline, la **silicatocline** et la nitratocline montent vers la surface, leur sommet n'est plus visible en profondeur (fig. 8).

La **stratification** observée en saison chaude n'est donc plus reproductible ici.

L'**arrivée** à la surface des phosphatocline, silicatocline et nitratocline enrichit considérablement en sels nutritifs les eaux superficielles soumises à un ensoleillement intense. Les conditions de luminosité et de sels minéraux sont alors favorables au développement du phytoplancton qui remonte vers la surface. La biomasse phytoplanctonique devient plus importante en surface que dans les couches profondes, le maximum de chlorophylle a s'observant dans les eaux superficielles (fig. 8).

La relation entre la transparence et la teneur des eaux en chlorophylle a ne se vérifie pas; cependant la profondeur limite de visibilité du disque de **Secchi** diminue (12 mètres) avec l'augmentation de la biomasse **phytoplanctonique** vers la surface.

En surface, les eaux les plus froides (**18,7°C**) se trouvent devant Pointe Rouge et Popenguine, où se situent les centres d'upwelling (fig. 9) et enrichissent donc cette zone en sels nutritifs (fig. 10).

La concentration de la chlorophylle a augmente dans toute la zone d'étude **avec des** valeurs plus élevées au large de Pointe Rouge et de Popenguine, sur **les** fonds de 20-35 mètres. Ces deux lentilles à concentration chlorophyllienne relativement élevée sont légèrement décalées vers le large des centres d'upwelling et enrichissent les eaux superficielles en oxygène **photosynthétique** (fig. 11 et 12).

Les nitrates et la biomasse phytoplanctonique présentent en surface la distribution classique dans une zone d'upwelling avec des valeurs diminuant vers le large.

Eaux froides :

En début février, les eaux froides, riches en sels nutritifs du fond continuent à remonter vers la surface au niveau des deux centres d'upwelling.

La thermocline et la nitratocline ne sont plus visibles en profondeur (fig. 13), c'est la période d'intensification maximale des upwellings côtiers de la baie de Gorée.

Le phytoplancton poursuit sa croissance dans les eaux superficielles tout en les enrichissant en oxygène photosynthétique.

Les eaux de moins de 15°C envahissent la côte de Tiaroye au sud de Mbour (fig. 14) tout en l'enrichissant en sels nutritifs (fig. 15).

Les nitrates montrent toujours la distribution classique dans une zone d'upwelling avec de fortes valeurs dans les noyaux d'eaux froides près des côtes et des valeurs diminuant vers le large (fig. 15).

Les plus fortes concentrations de chlorophylle a se retrouvent en surface sur les fonds de 30 mètres (fig. 16). Les conditions étant plus favorables au développement du phytoplancton, les deux lentilles phytoplanctoniques au voisinages des centres d'upwelling s'enrichissent en chlorophylle a (6 µg/l), s'étendent et finissent par fusionner au large de Popenguine sur les fonds de 35 mètres ; l'oxygène, du fait de l'activité photosynthétique accrue, augmente dans toute cette zone (fig. 17). Une troisième zone à biomasse phytoplanctonique relativement importante (5 µg/l de chlorophylle a) apparaît au niveau de Joal, elle serait favorisée par la mise en activité d'une troisième cellule d'upwelling au sud de Joal, plus tardive que celles vues précédemment.

En fin février, la remontée des eaux froides se poursuit et toute la côte de Tiaroye au sud de Mbour est envahie par des eaux froides de moins de 15°C (fig. 18) riches en nitrates (fig. 19). Apparition de deux nouvelles cellules d'upwelling sur le bord du talus au niveau de Pointe Rouge et de Mbour.

La croissance de la biomasse phytoplanctonique s'accroît, on observe des taux de chlorophylle a de 7,6 µg/l dans le noyau phytoplanctonique nord, alors que le noyau sud au niveau de Joal s'étend vers le nord avec un maximum de 6,8 µg/l de chlorophylle a (fig. 20).

A la mi-mars, un upwelling intermittent dû au relâchement des alizés, provoque l'arrêt de la remontée des eaux froides. Les eaux se réchauffent alors légèrement en surface. L'isotherme de 16°C, observé à la fin du mois de février, remonte au nord vers la côte jusqu'aux fonds de 20 mètres, entre Tiaroye et Pointe Rouge.

A la fin du mois de mars, les vents se remettent à souffler et les upwellings côtiers reprennent leur activité. Près de la côte, t 16°C (fig. 21).

La chlorophylle a atteint des concentrations de 22 et 13,5 µg/l au niveau des noyaux phytoplanctoniques soit le double des concentrations mesurées en fin février. En effet, avec l'intensification des vents au mois de février les sels nutritifs sont remontés en surface ; la relaxation des vents entraînant une circulation plus lente, à la mi-mars, a permis au phytoplancton de rester plus longtemps dans la zone euphotique riche en sels minéraux pour y croître et augmenter son activité photosynthétique d'où la croissance considérable de la biomasse phytoplanctonique dans toute la zone d'étude. Les deux lentilles chlorophylliennes fusionnent en partie entre les fonds de 20 à 50 mètres (fig. 22), et, du fait de leur activité photosynthétique appauvrissent cette zone en nitrate (fig. 23) tout en l'enrichissant en oxygène photosynthétique (fig. 24).

La biomasse phytoplanctonique est importante dans toute la couche d'eau au niveau des stations côtières. A la station du large, on retrouve les plus

fortes concentrations phytoplanctoniques dans les 10 premiers mètres d'eau (fig. 25). L'extinction du disque de **Secchi** aux stations du large **s'affectue** entre 4 et 5 mètres de profondeur ce qui traduit bien l'importance de la concentration phytoplanctonique dans la couche superficielle (fig. 26).

Les upwellings côtiers de la baie de **Gorée** ont jusqu'ici **créé** une situation favorable au **développement** du phytoplancton dans la couche de surface.

La remontée des eaux froides au niveau des centres d'upwelling va se poursuivre jusqu'en mai 1982. A partir du début de ce mois, les eaux commencent à se réchauffer en surface et atteignent des valeurs supérieures à 21°C au large (fig. 27) ; la remontée des eaux riches en sels nutritifs se poursuit cependant au niveau des upwellings côtiers (fig. 28). On observe par ailleurs une chute brutale de la **biomasse** phytoplanctonique; en effet les valeurs maximales de **chlorophylle a** ne dépassent pas $2 \mu\text{g/l}$ en surface aussi bien qu'en profondeur pour **toutes** les stations (fig. 29 et 30). Il semblerait qu'il y ait eu entre avril et mai, une consommation importante du **phytoplancton** par les brouteurs. On voit réapparaître en profondeur la base de la **thermocline**, de la nitratocline de la phosphatocline.

Durant toute cette période d'eaux froides, la salinité de l'eau a toujours été supérieure à 35‰ (fig. 31 de mai 1982).

2.1.3. Période d'eaux chaudes

Période de transition eaux chaudes-eaux froides :

En début juin 1982 : les eaux "tropicales" chaudes et salées commencent à faire leur apparition vers le large ($T > 24^{\circ}\text{C}$, $S \text{‰} > 35$) (fig. 32, 33). Les eaux de surface continuent à se réchauffer (les températures minimales à la côte passent de $16^{\circ}5$ en début mai à $18^{\circ}9$ en juin). Les eaux de surface sont **riches** en sels nutritifs du fait des remontées du mois de mai (fig. 34) et permettent le développement du phytoplancton en surface (fig. 35). On n'observe cependant pas de maximum chlorophyllien en profondeur, alors que la thermocline, la nitratocline, la phosphatocline sont nettes (fig. 36).

En septembre 1982 : Les eaux "tropicales" envahissent tout le secteur (fig. 37 à 38). Les eaux de surface atteignent des températures supérieures à $28^{\circ}5$. Les eaux de surface sont pauvres et leur biomasse phytoplanctonique continue de décroître (fig. 39). Thermocline et phosphatocline sont présentes avec un maximum chlorophyllien en profondeur (fig. 40).

En octobre 1982 : les eaux "guinéennes" chaudes et dessalées ($T > 24^{\circ}\text{C}$; $S \text{‰} < 34$) commencent à remonter vers le nord ; les eaux de surface sont pauvres en sels nutritifs (fig. 41, 42, 43). La biomasse phytoplanctonique continue de décroître en surface (fig. 44).

Les concentrations les plus élevées ($1,5 \mu\text{g/l}$ de chlorophylle **a**) se trouvent le long de la côte. Et on retrouve la structure verticale de **la** première période d'eaux chaudes de novembre 1981 (fig. 45).

2.1.4. Conclusion

Les variations de la biomasse phytoplanctonique suivent étroitement les conditions hydrologiques.

En période d'eaux chaudes (novembre - début décembre), la biomasse phytoplanctonique et la nitratocline sont en rapport étroit. Le maximum de chlorophylle **a** se trouve dans la nitratocline et remonte avec elle vers la surface en saison-froide. Les upwellings côtiers et principalement l'upwelling **intermittant** du mois de mars favorisent un accroissement considérable en surface de la biomasse phytoplanctonique.

2.2. BIOLOGIE DU PHYTOPLANCTON

2.2.1. Liste systématique des espèces rencontrées

99 espèces phytoplanctoniques ont été dénombrées durant notre étude, avec 86 diatomées et 13 dinoflagellés :

DIATOMEES

1	<i>Achnantes subinermis</i>	HUSTEDT
2	<i>Amphora grevilleana</i>	PERAGALLO
3	<i>Amphora ovalis</i>	PERAGALLO
4	<i>As terione lla japonica</i>	HUSTEDT
5	<i>As teromphalus robustus</i>	HUSTEDT
6	<i>Bacteriastrum delicatulum</i>	HUSTEDT
7	<i>Bacteriastrum hyatinum</i>	HUSTEDT
8	<i>Bacterias trum hyalinwn</i> var. <i>princeps</i>	IKARI
9	<i>Biddulphia mobiliensis</i>	HUSTEDT
10	<i>Cerataulina bergonii</i>	HUSTEDT
11	<i>Chaetoceros affine</i>	HUSTEDT
12	<i>Chaetoceros coarctatum</i>	HUSTEDT
13	<i>Chaetoceros costatum</i>	MANGIN
14	<i>Chaetoceros curvisetum</i>	HUSTEDT
15	<i>Chaetoceros decipiens</i>	HUSTEDT
16	<i>Chaetoceros densum</i>	HUSTEDT
17	<i>Chaetoceros lauderi</i>	PERAGALLO
18	<i>Chaetoceros fortissimum</i>	TEIXEIRA et KUTNER
19	<i>Coscinodiscus gigas</i>	HUSTEDT
20	<i>Coscinodiscus jonesianus</i>	HUSTEDT
21	<i>Coscinodiscus oculus iridis</i>	PERAGALLO
22	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	RICARD
23	<i>Coscinodiscus thorii</i>	HUSTEDT
24	<i>Corethron hystrix</i>	HUSTEDT
25	<i>Cyclotella bipunctata</i> var. <i>ambigua</i>	HUSTEDT
26	<i>Ethmodiscus gazei lae</i>	CASTRACANB
27	<i>Eucampia zodiacus</i>	HUSTEDT
28	<i>Hemiaulus cornuta</i>	HUSTEDT
29	<i>Hemiaulus hauckii</i>	HUSTEDT
30	<i>Hemiaulus sinensis</i>	HUSTEDT
31	<i>Hemidiscus cuneiformis</i>	HUSTEDT
32	<i>Hemidiscus membranaceus</i>	SOURNIA
33	<i>Leptocylindrus danicus</i>	HUSTEDT?
34	<i>Licmophora abbreviata</i>	HUSTEDT
35	<i>Mastogloia apiculata</i>	HUSTEDT
36	<i>Melchersiella hexagonalis</i>	TEIXEIRA
37	<i>Melosira grannulata</i>	HUSTEDT
38	<i>Navicula pennata</i>	PERAGALLO
39	<i>Navicula pulchella</i>	HUSTEDT
40	<i>Nitzschia acicularis</i>	
41	<i>Nitzschia acicularis</i> "var. <i>closteroides</i>	
42	<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>angustissima</i>	HUSTEDT
43	<i>Nitzschia acicularis</i>	PERAGALLO
44	<i>Nitzschia closterium</i>	HUSTEDT
45	<i>Nitzschia delicatissima</i>	
46	<i>Nitzschia fluminensis</i>	PERAGALLO
47	<i>Nitzschia longa</i>	PERAGALLO
48	<i>Nitzschia longissima</i>	PERAGALLO
49	<i>Nitzschia sublonga</i>	PERAGALLO

- 50 *Nitzschia paradoxa* PERAGALLO
 51 *Nitzschia pungens* var. *atlantica* MULLER MELCHELS
 52 *Nitzschia seriata* MARGALEF
 53 *Nitzschia sigma* var. *intercedens* PERAGALLO
 54 *Nitzschia tyrbtione lla*
 55 *Opephora martyi* HUSTEDT
 56 *Pleurosigma intermedium* PERAGALLO
 57 *Pleurosigma elongatum* ANDRADE et TEIXEIRA
 58 *Rhizosolenia bergonii* HUSTEDT
 59 *Rhizosolenia calcaravis* HUSTEDT
 60 *Rhizosolenia hyalina* REYSSAC
 61 *Rhizosolenia setigera* HUSTEDT
 62 *Rhizosolenia stolterfothii* HUSTEDT
 63 *Schoederella delicatula* TEIXEIRA et KUTNER
 64 *Skeletonemacostatum* PERAGALLO
 65 *Stephanopyxis palmeriana* HUSTEDT
 66 *Striatella unipunctata* PERAGALLO
 67 *Surirella ovatis* PERAGALLO
 68 *Synedra acus* var. *angustissima*
 69 *Synedra closterioides* HUSTEDT
 70 *Synedra crystallina* HUSTEDT
 71 *Thalassionema nitzschioides* HUSTEDT
 72 *Thalassiosira decipiens* HUSTEDT
 73 *Thalassiothrix frauenfeldii* MARGALEF
 74 *Thalassiothrix longissima* HUSTEDT
 75 *Triceratium favus* HUSTEDT
 76 sp 1
 77 sp 2
 78 sp 3
 79 sp 4
 80 sp 5
 81 sp 6
 82 sp 7
 83 sp 8
 84 sp 9
 85 sp 10
 86 *Thalassiothrix subtitis*

DINOFLAGELLES

- Ceratium breve* var. *parallelum* SOURNIA
Ceratium furca var. *eugrammum* SOURNIA
Ceratium fusus var. *seta* SOURNIA
Ceratium pentagonum var. *tenerum* JORGENSEN
Dinophysis caudata SCHILLER
Dinophysis tripos SCHILLER
Glenodium lenticula LEBOUR
Peridinium depressum LINDEMANN
Peridinium divergens SCHILLER
Peridinium oceanicum GRAHAM et BRONIKOUSKY
Peridinium pyriforme POULSEN
Peridinium subinerme MEUNIER
Prorocentrum micans LEBOUR

2.2.2. Aperçu quantitatif des espèces recueillies

2.2.2.1. Tableau de fréquence des espèces récoltées

L'attention a été portée tout spécialement sur les diatomées qui sont très abondantes durant toute la période d'étude. Les dinoflagellés sont beaucoup moins nombreux et moins variés.

Sur un tableau (1) a été reportée une liste de toutes les espèces de diatomées et de dinoflagellés rencontrées dans les échantillons examinés provenant des différentes stations, et le nombre d'individus comptés pour chaque espèce dans un volume de 1 ml.

Il s'agit là de notion concernant le nombre de cellules et sans rapports avec leur volume ou leur poids. Quelques échantillons sont très intéressants par leurs ensembles biologiques ou par la dominance d'un groupe d'espèces.

2.2.2.2. Structure du peuplement

L'étude de la structure du peuplement a été réalisée en comparant l'indice d'abondance de chaque espèce A_i , à sa fréquence relative F_i .

$$A_i = \frac{N_i \sum x_i}{\sum x_i} \cdot 100$$

où x_i est la quantité moyenne d'individus de l'espèce (nombre de cellules par ml) pour une série de prélèvements.

X_i est la quantité algale totale (nombre de cellules par ml) sur l'ensemble des prélèvements d'une période considérée.

N_i est le nombre de prélèvements où l'espèce est présente pendant la période considérée.

$$F_i = \frac{N_i}{N} \cdot 100$$

où N_i est le nombre total de prélèvements pendant la période considérée

Ces deux indices rapportés sur graphique ont permis de déterminer 3 groupes algaux : les espèces dominantes, les espèces accessoires et les espèces compagnes (d'après PONT, 1977). Nous avons rapporté dans le tableau 2 ces résultats de la façon suivante :

- Décembre 1981 :
 - espèces dominantes : $A_i > 10$; $F_i > 50$
 - espèces compagnes : $10 > A_i > 2$; $F_i > 50$
- Mars 1982 :
 - espèces dominantes : $A_i > 10$; $F_i > 50$
 - espèces compagnes : $10 > A_i > 2$; $F_i > 50$
- Juin 1982 :
 - espèces dominantes : $A_i > 10$; $F_i > 50$
 - espèces compagnes : $10 > A_i > 1.3$; $F_i > 50$
- Octobre 1982
 - espèces dominantes : $A_i > 10$; $F_i > 50$
 - espèces compagnes : $10 > A_i > 2.4$; $F_i > 50$

2.2.2.3. Aperçu de la distribution des espèces phytoplanctoniques

Les diatomées :

Durant la période allant de la fin du mois de décembre 1981, au mois de mars 1982, les diatomées peuvent être classées en deux catégories d'après leur abondance, leur distribution spatiale et la structure du peuplement :

1°) Les espèces caractéristiques de la période de transition entre la saison chaude et la saison froide, présentes en décembre uniquement, dont :

- 1 espèce dominante, *Skeletonema costatum*, très abondante et présente 9 la majorité des stations.

- 12 espèces compagnes, présentes aussi à la majorité des stations. Il s'agit de :

- . 4 espèces très abondantes : *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros affinis*, *Chaetoceros curvisetum*, *Rhizosolenia stolterfothii*.

- . 3 espèces moins abondantes : *Nitzschia delicatissima*, *Nitzschia angularis*, *Nitzschia acicularis*.

- . 5 espèces plus rares, se retrouvant au voisinage des centres d'upwelling : *Nitzschia luminensis*, *Nitzschia pygmaea* var. *atlantica*, *Nitzschia acicularis*, var. *closterioides*, *Synedra cristallina*, *Pleurosigma intermedium*.

- 12 espèces accessoires, très rares : *Surirella ovalis*, *Synedra closterioides*, *Chaetoceros coarctatum*, *Biddulphia mobilis*, *Thalassiothrix longissima*, *Rhizosolenia setigera*, *Rhizosolenia calcar avis*, *Corethron hystrix*, *As terione japonica*, *Coscinodiscus radiatus*, *Melosira granulosa*, *Synedra closterioides*.

2°) Les espèces de saison froide, dont :

- 5 espèces concentrées au voisinage des centres d'upwelling en fin décembre : *Thalassionema nitzschioides*, *Pleurosigma elongatum*, *Hemiaulus sinensis* sont abondantes en fin décembre, la première participe activement à la poussée phytoplanctonique du mois de mars car elle passe entre décembre et mars du stade d'espèces compagne à celui d'espèce dominante. *Chaetoceros decipiens* et *Rhizosolenia hyalina* sont des espèces accessoires en fin décembre qui augmentent beaucoup en mars pour devenir des espèces compagnes.

- 8 espèces apparaissent plus tardivement, on ne les observe qu'en mars :

- . 3 espèces dominantes sont responsables de la poussée phytoplanctonique très abondante, elles sont présentes à toutes les stations : *Stephanopyxis pa Imeriana*, *Cerataulina bergonii*, *Bacteriastrium hyalinum*.

- . 2 espèces moins abondantes : *Bacteriastrium hyalinum* var. *princeps*, *Coscinodiscus oculus iridis*.

- . 3 espèces accessoires : *Triceratium favus*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia paradoxa*.

3°) Les espèces caractéristiques de la période de transition entre les eaux froides et les eaux "tropicales", présentes en juin uniquement, dans la frange côtière où les températures sont les moins élevées et les eaux relativement riches en sels nutritifs. Il s'agit de :

- 1 espèce dominante, *Schoederella delicatula*, et 1 espèce compagne *Chaetoceros curvisetum* responsables de la poussée phytoplanctonique du mois de juin.

- 13 espèces accessoires : *Eucampia zoodiacus*, *Thalassiothrix subtilis*, *Hemidiscus membranaceus*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Nitzschia sigma* var. *intermedia*, sp 3, sp 4, sp 5, *Licnophora abbreviata*, sp 6, sp 7, sp 8, *Mastogloia apiculata*.

4°) Les espèces de saison chaude :

- 4 espèces compagnes abondantes, responsables de la poussée phytoplanctonique du mois de juin, qui passent au stade d'espèces accessoires en octobre : *Nitzschia longissima*, *Navicula pulchella*, *Chaetoceros densum*, *Chaetoceros costatum*.

- 14 espèces accessoires, présentes en juin dans les zones où les taux de sels nutritifs sont relativement élevés et qui en octobre se retrouvent concentrées le long de la côte jusqu'à Popenguine : *Cyclotella bipunctata*,

sp 1, sp 2, *Coscinodiscus jonesianus*, *Nitzschia tyro lionel la*, *Opephora martii*, *Ethmodiscus gaze llae*, *Chaetoceros tauderi*, *Bacteriastrium delicatulum*, *Chaetoceros tortissimwn*, *Rhizosolenia bergonii*, *Nitzschia closterium*, *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Thalassiosira decipiens*.

- 1 espèce, *Leptocyclus lindrus danicus*, accessoire en juin que l'on trouve dans les zones riches en sels nutritifs et qui, en octobre, passe au stade d'espèce dominante.

- 15 espèces de saison chaude, présentes en octobre uniquement, elles sont rares et réparties de façon très hétérogène : *Navicula pennata*, la seule espèce compagne ; *Amphora ovalis*, *Nemiatulus cornuta*, sp 9, *Striatella unipunctata*, *Melosira hexagonalis*, *Nitzschia longa*, *Achnanthes subinermis*, *Coscinodiscus thorii*, *Amphora gravilleana*, *Nitzschia obtusa*, *Asteromphallus robustus*, *Hemiatulus hauchii*, sp 10, *Biddulphia mobilis*.

Notons qu'en juin et octobre 1982 apparaissent des espèces de transition eaux chaudes-eaux froides déjà vues en fin décembre 1981 il pourrait s'agir ici d'espèces que l'on trouve tout le long de l'année, qui peuvent donc s'adapter à de grandes variations des conditions hydrologiques. Leur absence au mois de mars pourrait être due à leur petite taille, car rappelons qu'en mars les échantillons étaient filtrés à travers un tissu de soie de 50 µ de dimension de maille. Cette hypothèse est à vérifier. Il s'agit de : *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros affine*, *Rhizosolenia stroltherothii*, *Skeletonema costatum*, *Nitzschia pungens* var. *atlantica*, *Nitzschia acicularis* var. *closterioides*, *Synedra cristallina*, *Pleurosigma intermedium*, *Melosira granulosa*, *Synedra closterioides*.

Les Dinoflagellés :

Peu diversifiés; seules 13 espèces ont été déterminées durant toute la période d'étude. Ce sont pour la plupart des espèces accessoires parmi lesquelles :

- 2 sont caractéristiques à la période de transition de fin décembre :

Ceratium pentagonum var. *tenerum* et *Ceratium breve* var. *parallelum*.

- 4 sont des espèces d'eaux froides et riches en sels nutritifs : *Glenodinium Zenticula*, *Peridinium depressum*, *Dinophysis tripos*, *Ceratium furca* var. *eugrammum*. Les deux premières apparaissent dès la fin du mois de décembre au voisinage des centres d'upwelling.

- 2 espèces de transition eaux froides-eaux chaudes : *Peridinium oceanicum*, *Binophysis caudata*.

- 5 espèces de saison chaude, dont :

. 3 espèces compagnes : *Peridinium pyriforme*, *Peridinium subinermis*, *Peridinium micans*.

. 2 espèces accessoires : *Peridinium divergens* et *Ceratium fusus* var. *seta*.

2.2.3. Succession et écologie des populations phytoplanctoniques

L'étude systématique des Diatomées et des Dinoflagellés jointe à un aperçu de la fréquence des diverses espèces permet d'observer deux grandes poussées phytoplanctoniques ; la première débute à la mi décembre 1981 et se poursuit jusqu'en mars 1982, la seconde débute en début juin 1982. Ces blooms phytoplanctoniques correspondent aux périodes de poussées phytoplanctoniques définies par SEGUIN (1966) dans son étude sur le Plancton de surface de la baie de Dakar.

Dans ces poussées phytoplanctoniques, les Diatomées forment l'immense majorité, tandis que les Dinoflagellés ne constituent jamais de populations importantes.

2.2.3.1. Du 17 au 23 décembre 1981

30 espèces de Diatomées et 4 espèces de Dinoflagellés ont été dénombrées soit 34 espèces phytoplanctoniques. Le phytoplancton est très abondant, particulièrement au voisinage des centres d'upwelling où le nombre de cellules phytoplanctoniques par litre dépasse 2 millions (fig. 46). Cette abondance est liée aux upwellings, qui, comme nous l'avons déjà vu, provoquent dès la fin de ce mois un apport sensible de sels nutritifs en surface sur la côte au voisinage de Pointe Rouge et Popenguine. L'existence d'une convergence côtière entraîne de plus une accumulation des cellules.

A.- Les Diatomées. - Elles sont largement dominantes (tabl. 1 et 3) elles constituent partout plus de 93 % de la population et bien que les espèces *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros affine*, *Nitzschia seriata*, *Rhizosolenia stolterfothii* soient nettement prépondérantes, elles sont assez diversifiées en général du point de vue spécifique. Cette diversité qui caractérise le plus souvent des communautés vieilles à faible pouvoir de multiplication est aussi imputable, dans le cas particulier de ce secteur, au mélange de plusieurs populations dû à l'effet de convergence.

Nitzschia seriata, *Chaetoceros affine*, *Chaetoceros curvisetum*, *Rhizosolenia stolterfothii*, *Nitzschia delicatissima*, *Synedra cristallina*, *Pleurosigma intermedium*, *Asterionella japonica*, *Synedra closterioides*, *Chaetoceros coarctatum*, sont des espèces de surface exclusivement marines et principalement d'eaux chaudes, pauvres en sels minéraux (DEVEZE, 1957 et SAVOURE, 1976) d'où leur absence au mois de mars.

Skeletonema costatum, *Nitzschia angularis*, *Nitzschia acicularis*, *Nitzschia fluminensis*, *Nitzschia pungens* var. *atlantica*, *Nitzschia acicularis* var. *closterioides*, *Coscinodiscus gigas*, *Coscinodiscus radiatus*, *Melosira granulosa*, *Biddulphia mobilensis*, *Thalassiothrix longissima*, *Rhizosolenia calcaravis*, *Corethron hystrix* seraient caractéristiques des eaux guinéennes chaudes et pauvres en sels nutritifs d'où leur rareté en fin décembre 1981 puis leur disparition totale en mars 1982 avec l'installation de plus en plus marquée des eaux froides et riches en sels dissous. Ceci n'est cependant qu'une hypothèse, l'absence de prélèvements pour l'étude taxonomique du phytoplancton en novembre et entre fin décembre 1981 et le début du mois de mars n'ayant pas permis de suivre l'évolution de ces espèces.

Thalassionema nitzschioides est une espèce adaptée à de grandes variations de concentration de sels et de température (entre 18° et 23°C). Les températures basses sont cependant plus favorables à sa croissance et à sa multiplication. Elle est assez abondante en fin décembre dans toute la zone d'étude avec une plus forte concentration au voisinage des centres d'upwelling. En mars 1982, elle participe de façon active à la poussée phytoplanctonique.

Pleurosigma elongatum et *Hemiaulus sinensis* sont des espèces intermédiaires entre la période d'eaux chaudes, pauvres en sels nutritifs et la période d'upwelling. Abondantes à toutes les stations en fin décembre, elles deviennent rares en mars.

Chaetoceros deeipiens et *Rhizosolenia hyalina* sont des espèces d'eaux froides et riches en sels dissous ; abondantes en mars, on ne les trouve en décembre qu'au voisinage des centres d'upwelling où s'effectue la remontée de ces eaux.

B.- Les Dinoflagellés.- Ils sont rares, Deux espèces *Peridinium depressum* et *Glenodinium lenticula* sont des espèces d'eaux froides, elles apparaissent en fin décembre au voisinage des centres d'upwelling et continuent leur expansion jusqu'en mars 1982.

2.2.3.2. Le 12 mars 1982

L'étude taxonomique a été menée uniquement à la côte au voisinage de l'upwelling de Pointe Rouge (stations 1, 8, 9, 10, 11, 12, 13). Nous avons dénombré 12 espèces de Diatomées et 4 espèces de Dinoflagellés.

A.- Les Diatomées.- L'accentuation du phénomène d'upwelling provoque l'apparition et le développement d'espèces d'eaux froides riches en sels nutritifs. Il s'agit de 4 espèces dominantes : *Thalassionema tzschioides*, *Stephanopyxis palmeriana*, *Cerataulina bergonii* et *Bacteriastrum hyalinum* ; et des 4 espèces compagnes *Chaetoceros decipiens*, *Rhizosolenia hyalina*, *Bacteriastrum hyalinum* var. *princeps* et *Coscinodiscus oculus-iridis*. Ces espèces sont responsables du "bloom" phytoplanctonique favorisé par l'upwelling côtier.

B.- Les Dinoflagellés.- Deux espèces d'eaux froides et riches en sels nutritifs font leur apparition : *Ceratium furca* var. *Eugrammus* et *Dinophysis tripos*.

En mars 1982, les proliférations sont intenses dans la zone côtière (de 1 à 4 millions de cellules par litre) (fig. 47) avec surtout des diatomées qui ont un pourcentage moyen supérieur à celui trouvé au mois de décembre 1981 (98,4 au lieu de 97,8 %) (tabl. 3). Contrairement à ce qui avait été observé antérieurement, la diversification des espèces est faible. Il y a donc une très active multiplication des cellules (MARGALEF, 1956), sans qu'il y ait mélange de populations distinctes comme c'était le cas lors de la première campagne.

2.2.3.3. Du 1^{er} au 6 juin 1982

Les populations phytoplanctoniques sont plus diversifiées qu'en mars 1982; 60 espèces algales différentes ont été dénombrées dont 54 diatomées et 6 dinoflagellés. Deux espèces dominantes : *Chaetoceros affine* - *Schoederella delicatula* et 10 espèces compagnes : *Nitzschia seriata* - *Nitzschia pungens* var. *atlantica* - *Coscinodiscus radiatus*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia paradoxa*, *Navicula pulchella*, *Chaetoceros curvisetum*, *Chaetoceros densum*, *Thalassiothrix ionga*, *Chaetoceros costatum*, participent activement à la poussée phytoplanctonique (tabl. 2).

Les populations sont très denses dans la zone côtière (1,3 à 2,4 millions de cellules par litre) (fig. 48). Cette richesse est liée à la présence importante de sels nutritifs en surface. Rappelons pour cela qu'au mois de mai, la biomasse phytoplanctonique était faible en surface aussi bien qu'en profondeur, alors que les sels nutritifs continuaient à remonter. Cette accumulation importante de sels en surface a donc pu permettre en juin un développement intense des algues planctoniques. Cette richesse est donc liée à l'upwelling mais aussi à la convergence côtière qui entraîne une accumulation de cellules.

Les calculs des matrices de corrélations ont permis de trouver des corrélations positives entre les espèces vues ci-dessus, les nitrates et les concentrations de chlorophylle a ($>0,5$).

Les Diatomées sont largement dominantes (plus de 99 %) et bien que nous ayons trouvé 2 espèces dominantes, les espèces phytoplanctoniques sont très diversifiées du point de vue spécifique. Cette diversification qui caractérise le plus souvent des communautés vieillies à faible pouvoir de multiplication (MARGALEF, 1976) est plutôt imputable, dans le cas particulier de ce secteur, non à un stade de maturité avancée, mais au mélange de plusieurs populations dû à l'effet de convergence.

Plus au large, le phytoplancton s'appauvrit mais reste encore assez abondant sur le plateau continental (80 000 cellules par litre) où il est surtout constitué d'espèces accessoires. La diversification des cellules augmente quand on s'éloigne de la côte.

2.2.3.4. Du 13 au 25 octobre 1982

Au mois d'octobre, la zone d'étude est envahie par les eaux 'tropicales' chaudes et salées et les eaux "guinéennes" ($T > 24^{\circ}\text{C}$, $S < 34 \text{‰}$) commencent à remonter au niveau de Joal.

Les populations phytoplanctoniques sont encore diversifiées; 61 espèces algales différentes ont été dénombrées dont 56 Diatomées et 5 Dinoflagellés.

Le phytoplancton devient moins abondant (moins d'1 million de cellules par litre) (fig. 49). Il est surtout constitué d'espèces accessoires. Les Diatomées qui sont très diversifiées (tabl. 1, 2) (situation caractéristique d'un stade de maturation avancée et d'un faible pouvoir de multiplication) ont un pourcentage inférieur à celui trouvé au mois de juin (92,6 % au lieu de 99,2 %). Par contre les Dinoflagellés ont une importance relative plus marquée (7,4 au lieu de 0,8 %); on y trouve même 3 espèces compagnes : *Peridinium pyriforme*, *Peridinium subinermis* et *Prorocentrum micans*.

On retrouve une prolifération de Diatomées (plus de 400 000 cellules par litre) et des peuplements diversifiés où dominent *Melosira granulosa* et *Leptocylindrus danicus*. Le phytoplancton devient moins abondant et plus diversifié de la côte vers le large, cette diversification allant de pair avec une augmentation de la température.

Ainsi durant cette dernière campagne le phytoplancton a été très clairsemé (entre 72 000 et 600 000 cellules par litre) dans les eaux 'tropicales', chaudes et pauvres en sels nutritifs. En effet durant cette période, l'essentiel de la biomasse phytoplanctonique se trouve dans les couches profondes.

2.2.4. Comparaison des deux méthodes d'étude du phytoplancton : dosage de la chlorophylle a - numération

Sur un graphique ayant en abcisse, le nombre de cellules observé par litre et en ordonnée la concentration de la chlorophylle a mesurée en surface en $\mu\text{g/litre}$, ont été reportés les points correspondant aux différentes stations de prélèvement.

2.2.4.1. Décembre 1981 (fig. 50)

La corrélation Chl a - concentration cellulaire est peu significative (coefficient de corrélation $r = 0.38$, nombre d'observation $n = 18$). L'axe majeur réduit a pour équation : $\text{Chl a} = 0.006 x + 2,38$.

x = nombre de cellule par litre-

Chl a en $\mu\text{g/l}$

Les Points représentant les différentes stations de prélèvement sont très dispersés du fait de la grande variété de taille des cellules phytonlanc- toniques, les cellules de grande taille renfermant en général des quantités relativement importantes de Chlorophylle a. D'autre part, ces deux méthodes d'étude sont difficilement comparables car elles ne sont pas équivalentes. Il faudrait, pour cela, ne pas s'arrêter à la concentration cellulaire, mais calculer la biomasse de chaque espèce à partir de son biovolume. Ceci permettrait de calculer la biomasse totale du phytoplancton à partir du biovolume des différentes espèces.

Les stations 15, 17, 22, 24 relativement pauvres en cellules et riches en Chl a sont peuplées principalement de cellules de grande taille (*Thalassio- nema nitzschioïdes*, *Nitzschia seriata*, *Chaetoceros affine*, *Chaetoceros curvi- setum*).

Les stations les plus riches en chlorophylle et en cellules sont celles se trouvant au voisinage des centres d'upwelling (7, 8, 18). Les stations 6 et 9 assez riches en cellules, ont relativement peu de chlorophylle a, on y trouve essentiellement des cellules de petite taille : *Skeletonema costatum*.

2.2.4.2. Mars 1982

L'axe majeur a pour équation : $\text{Chl } \underline{a} = 0.03 \times - 1.88$

La régression chlorophylle a = concentration cellulaire est hautement significative ($r = 0.96$ et $n = 8$) car ici, tous les prélèvements ont eu lieu dans une même zone (stations 1, 2, 9, 10, 11, 12 et 13 au voisinage du centre d'upwelling de Pointe Rouge) où le peuplement est homogène.

Les cellules observées sont de grande taille ($> 50 \mu$) et riches en chlorophylle a.

2.2.5. Conclusions

Les résultats fournis par les quatre campagnes océanographiques entre décembre 1981 et octobre 1982 ont permis de suivre la progression vers le nord des eaux chaudes dites "tropicales" qui remplacent des eaux plus froides et riches en sels nutritifs provenant d'upwellings côtiers et le début de la remontée des eaux "guinéennes" chaudes et dessalées.

Les conditions en période d'upwelling sont très favorables au développement du phytoplancton. L'essentiel de la biomasse phytoplanctonique est alors constitué de Diatomées et, en particulier, d'espèces cosmopolites, l'affleurement d'eaux froides profondes créant, en effet, des conditions thermiques peu propices au développement d'une flore thermophile.

Les eaux du large qui sont plus ou moins à l'abri des influences de l'upwelling, de même que les eaux "tropicales", sont pauvres en phytoplancton.

L'examen des pêches planctoniques a permis la détermination de 99 espèces différentes dont 86 Diatomées et 13 Dinoflagellés. Les Diatomées sont toujours dominantes, les Dinoflagellés ne présentant pas de populations importantes.

La méthode de comptage des espèces phytoplanctoniques par la numération directe au microscope donne une idée de la répartition du phytoplancton. Cependant, sans le calcul des biovolumes spécifiques, cette méthode n'est pas équivalente à la méthode de dosage de la Chlorophylle a.

Deux périodes de poussées phytoplanctoniques ont été mises en évidence. L'une débute en fin décembre 1981 et se poursuit jusqu'en mars 1982; la seconde débute en juin 1982. Cette étude a permis d'observer des espèces caractéristiques :

- D'une période de transition eaux chaudes-eaux froides en fin décembre.
- D'une période d'eaux froides, salées et riches en sels nutritifs.
- D'une période de transition eaux froides-eaux chaudes en juin.
- D'une période d'eaux chaudes pauvres en sels nutritifs.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Avant d'aborder les conclusions, il conviendrait de remarquer qu'il s'agit là d'un travail préliminaire dans une région où les études de la biologie du phytoplancton n'ont jamais été faites de façon continue. Différents spécialistes ont, en effet, déjà publié sur le phytoplancton du Sénégal, mais sur des échantillons prélevés irrégulièrement.

L'examen des résultats obtenus au cours de 11 missions océanographiques le long de la "Petite Côte" **sénégalaise** constitue une étape d'un premier "contact permanent" avec la flore de cette région.

Du point de vue quantitatif, deux techniques ont été appliquées : l'analyse chimique et les méthodes de comptage par la numération directe au microscope. Ces deux méthodes ont permis de donner une idée des variations de la **bio-**masse phytoplanctonique en indiquant la quantité de chlorophylle a et le nombre de cellules par litre d'eau. Il existe un rapport étroit entre **les** variations de la biomasse phytoplanctonique et les conditions hydrologiques.

Du point de vue taxonomique 99 espèces phytoplanctoniques ont été déterminées dont 86 Diatomées et 13 Dinoflagellés.

Du point de vue écologique, cette étude a permis de distinguer l'existence d'espèces **liées** plus ou moins rigoureusement à deux saisons. La présence d'upwellings puissants le long de la "Petite Côte" est à l'origine de l'abondance du **phytoplancton** recueilli.

Cette étude a permis d'observer des espèces caractéristiques :

- De deux périodes de transition
- D'une période d'eaux froides
- D'une période d'eaux chaudes

A l'issue de ce travail, on peut remarquer qu'il serait intéressant dans des recherches ultérieures dans cette zone de mettre l'accent sur une étude échelonnée sur plusieurs années afin de bien observer l'écologie des diverses populations phytoplanctoniques et surtout les interrelations entre les différents groupes. Cette étude serait complétée par l'examen des relations entre le phytoplancton et le zooplancton.

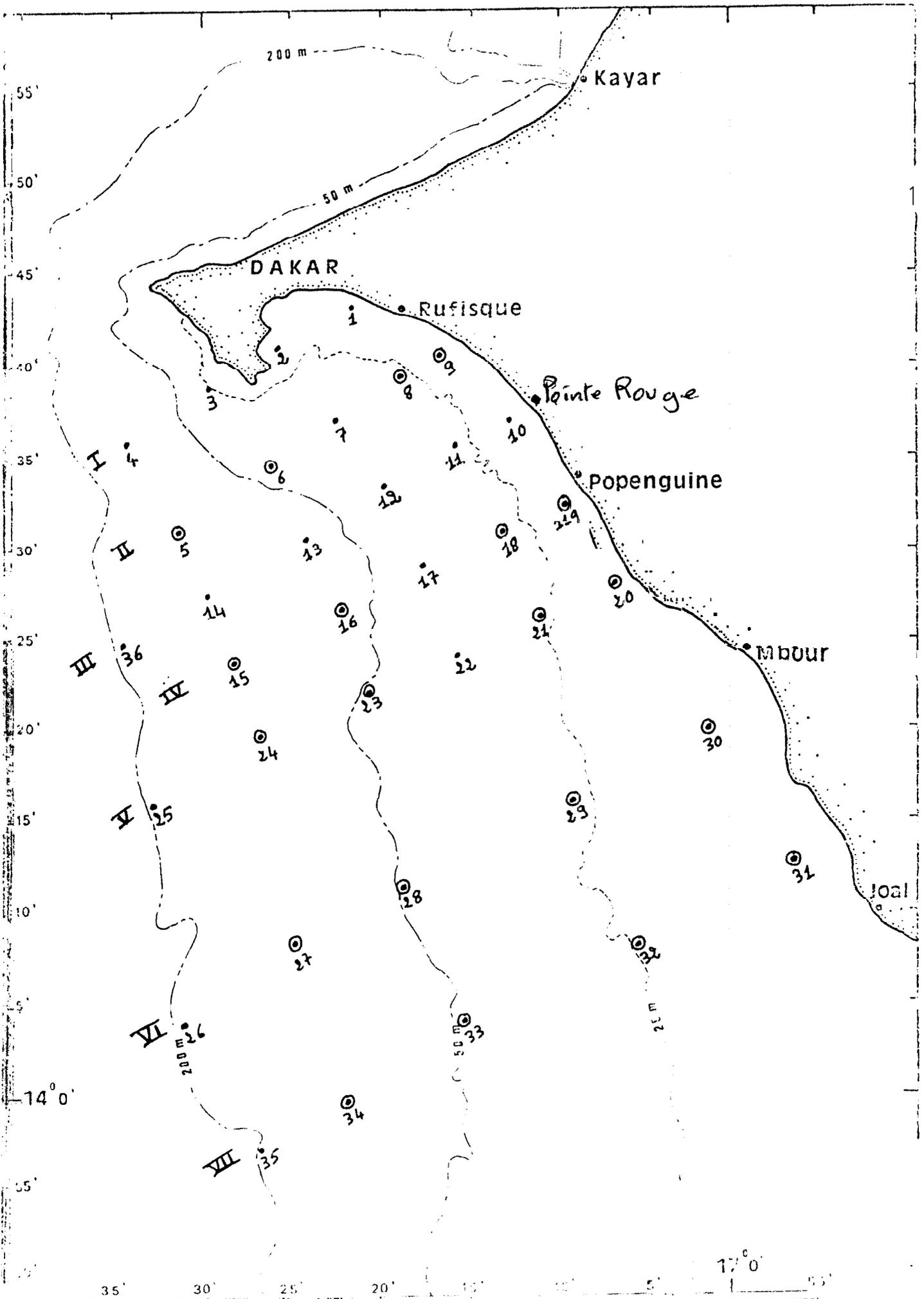


Fig 1. Position des stations hydrologiques (•) et des stations de recensement du phytoplancton.

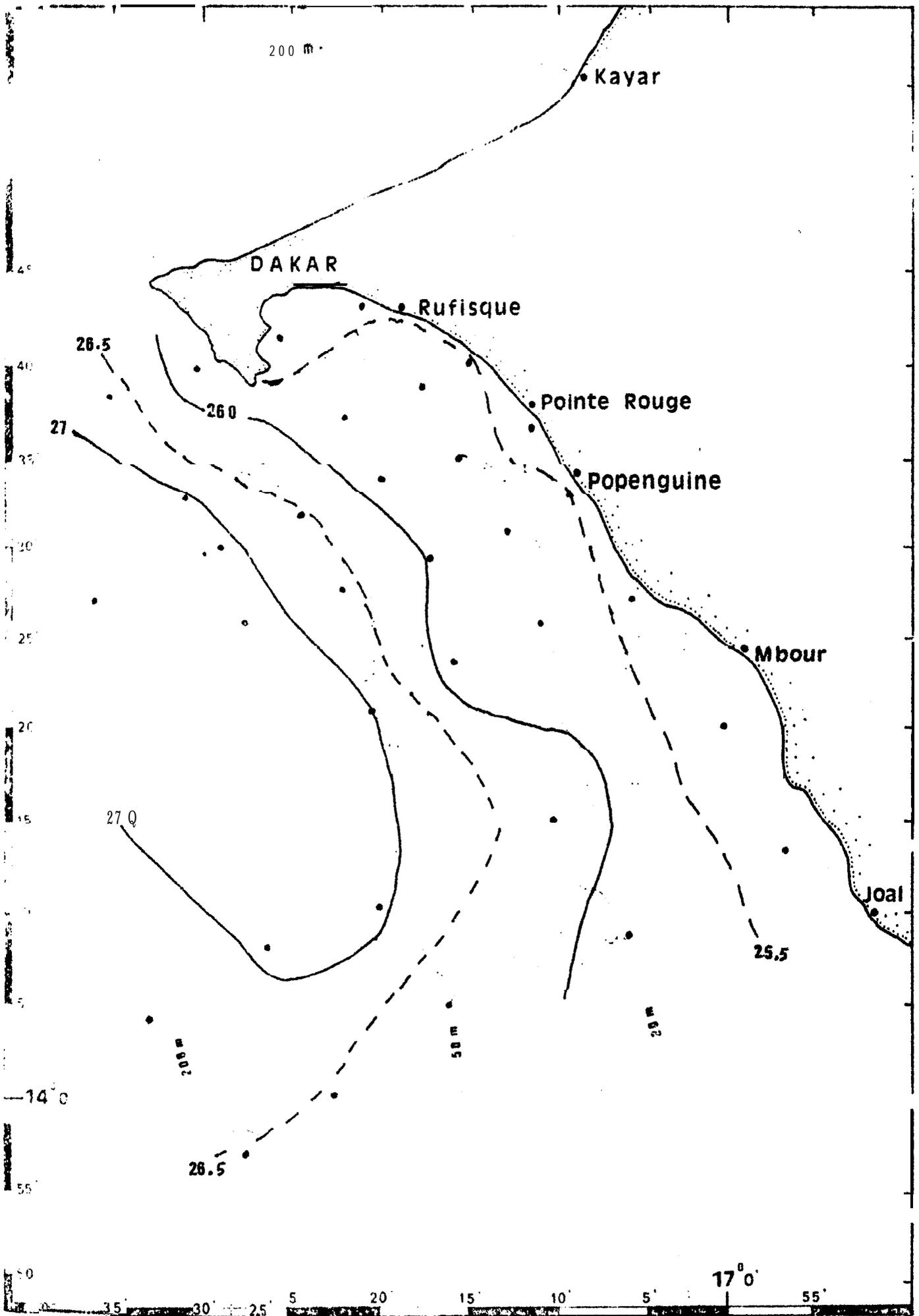


Fig. 2.- Isothermes de surface (1^{er} - 4 décembre 1981)

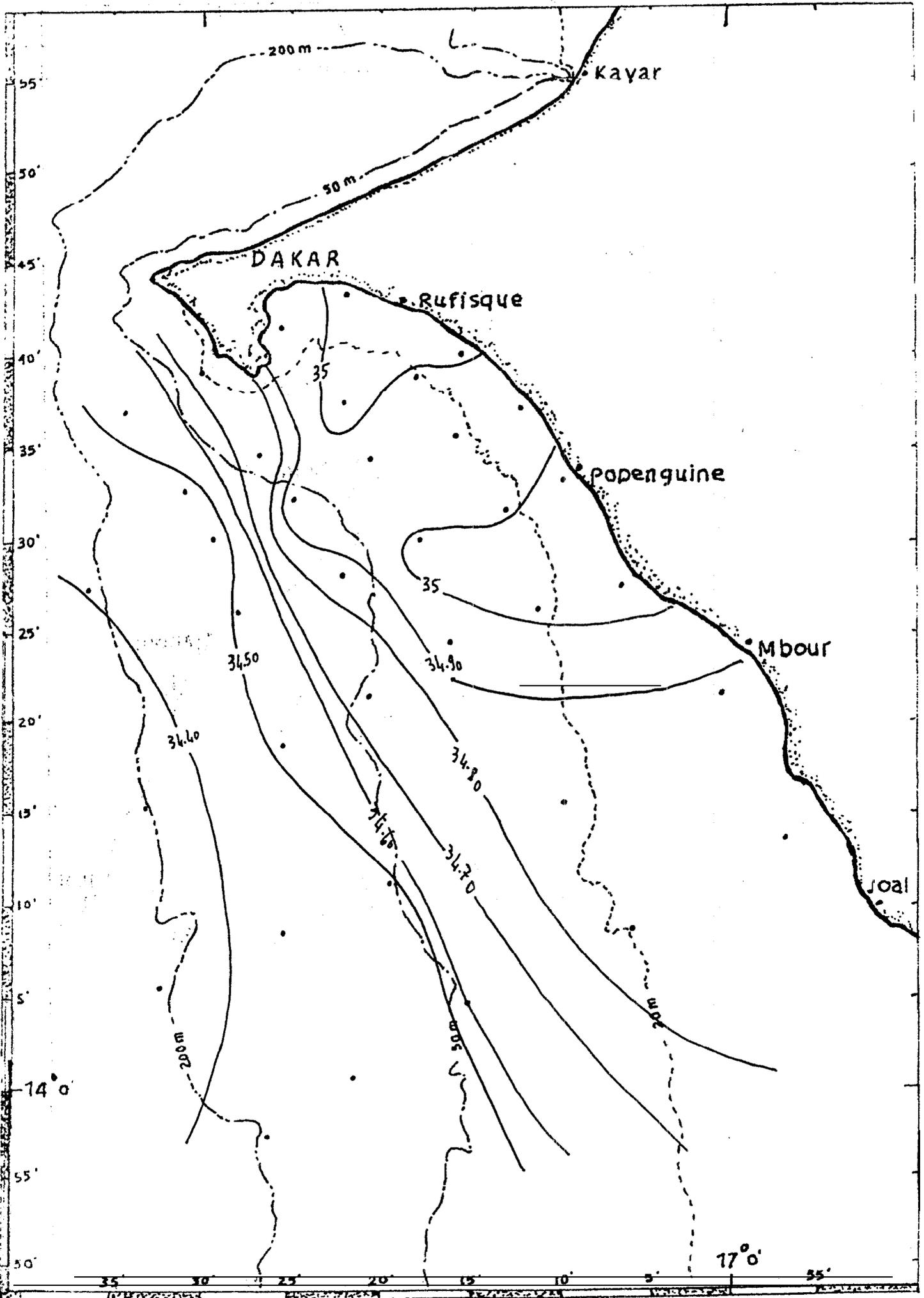


Fig. 2' Salinite de surface (‰) 17-20 novembre 1981

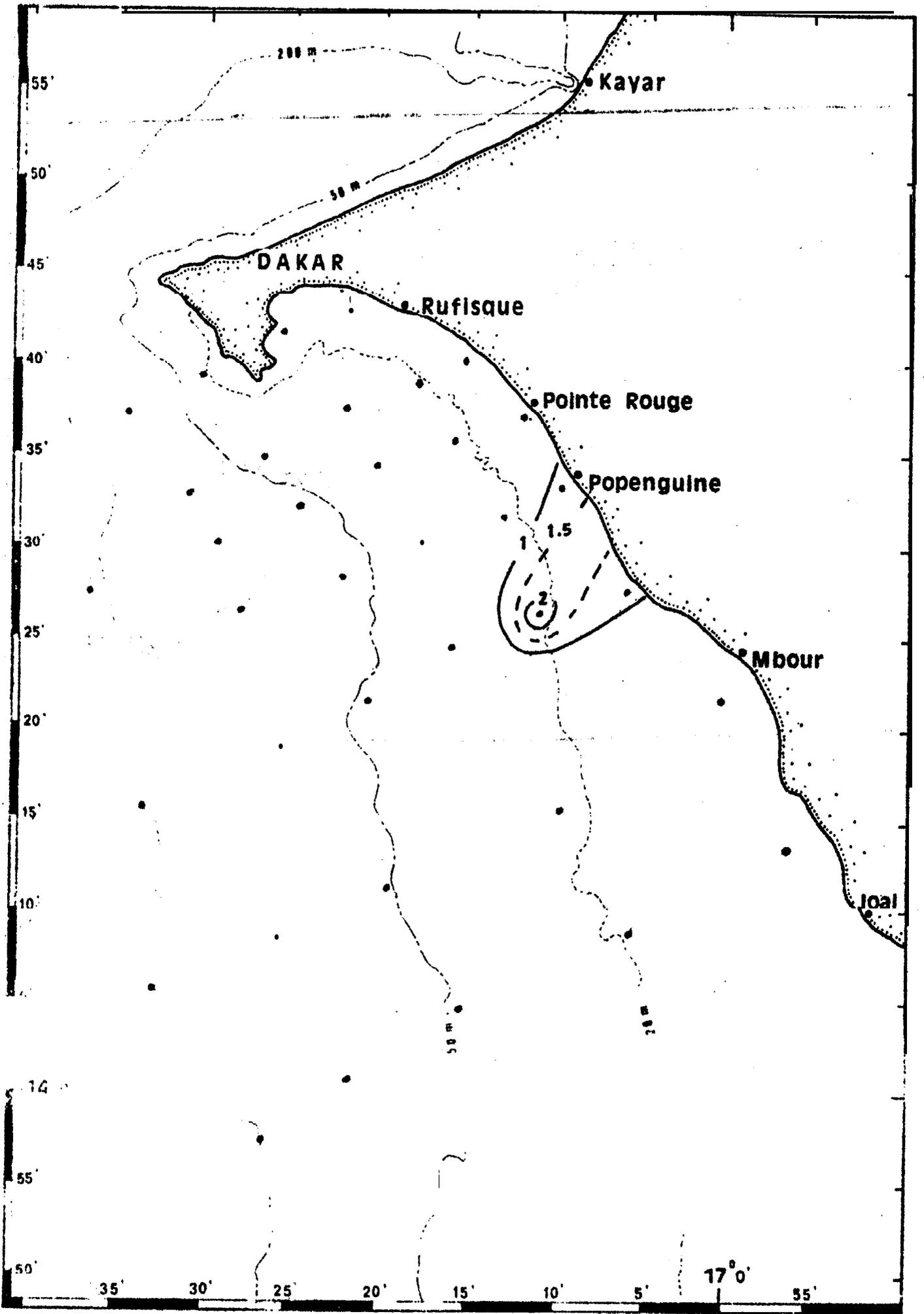


Fig. 3: Nitrates de surface ($\mu\text{atg/l}$) : 17-20 novembre 1981.

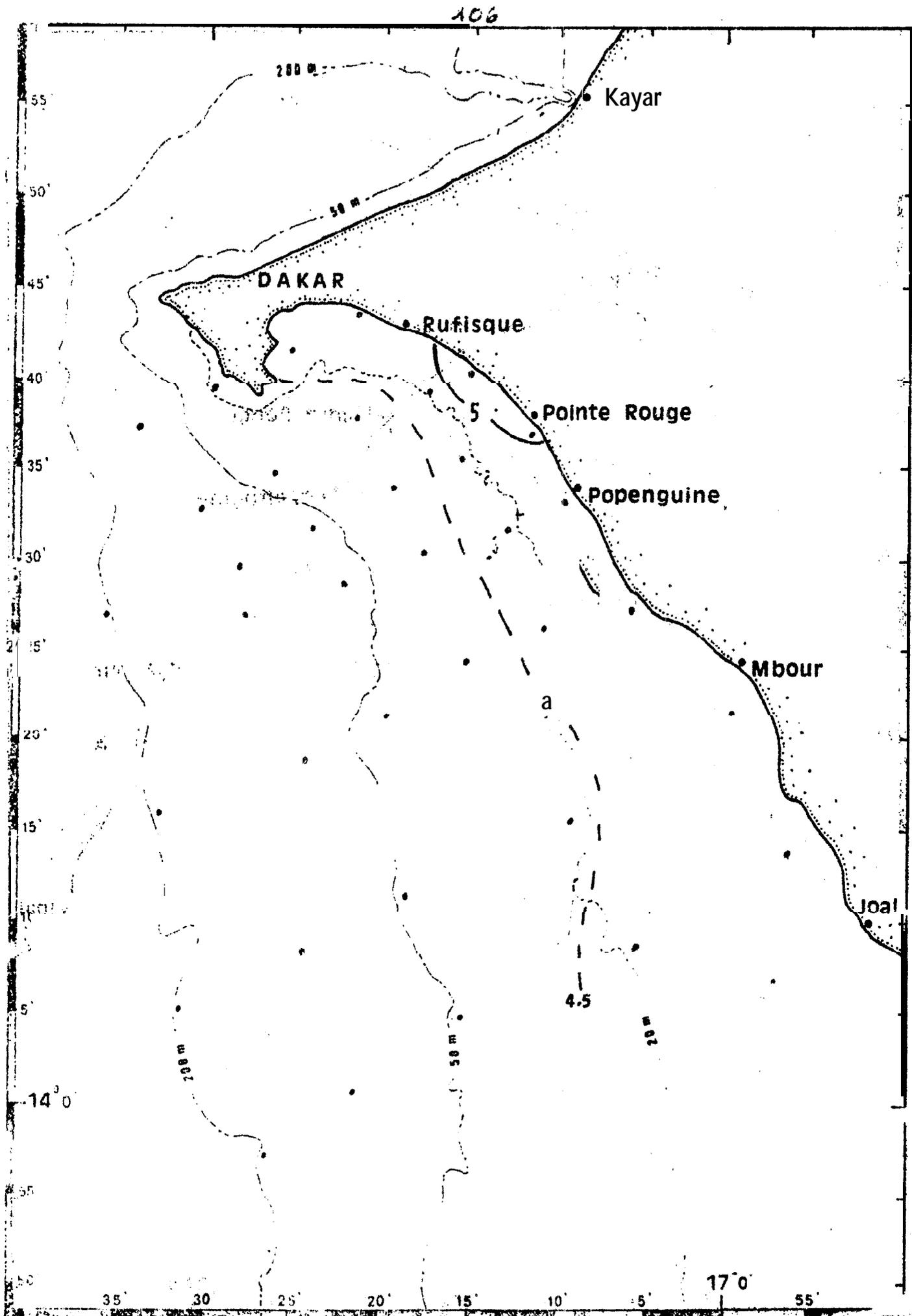


Fig. 4.- Oxygène de surf ace (ml/l) : 17 -20 novembre 1981 .

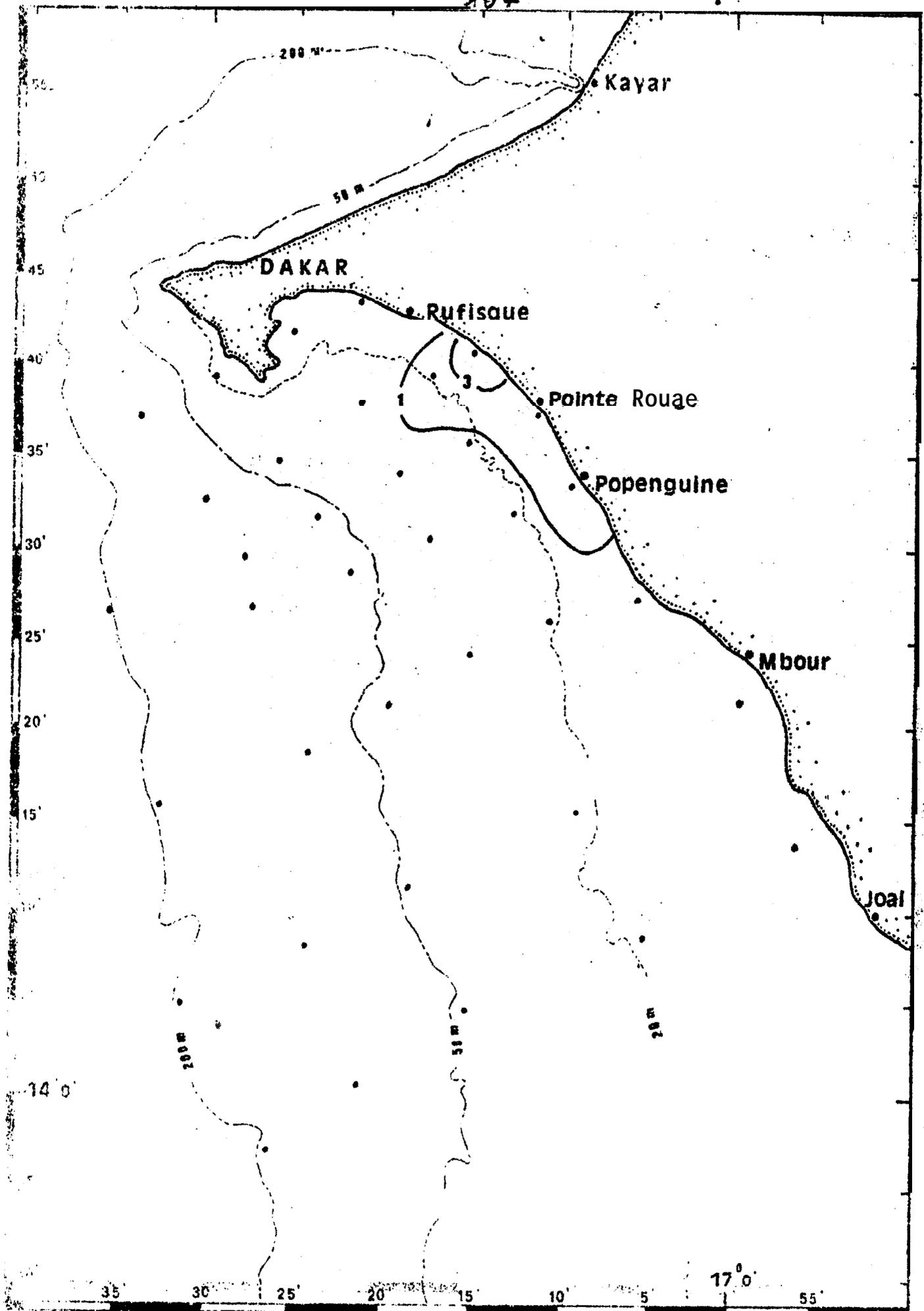


Fig. 5.- Répartition de la chlorophylle a (µg/l) : 17-20 novembre 1981.

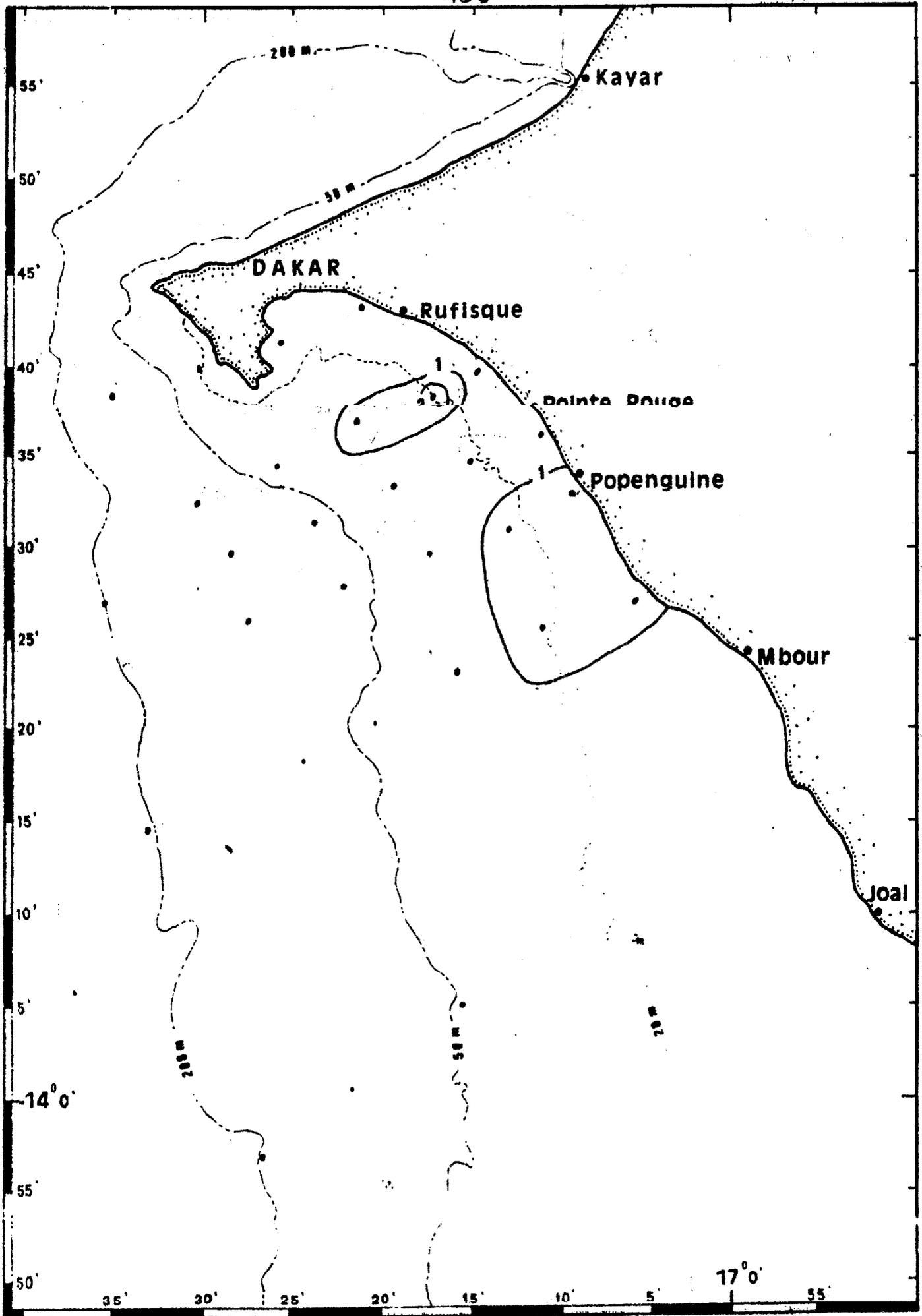


Fig. 6. Répartition de la chlorophylle *a* (µg/l) : 1-4 décembre 1981.

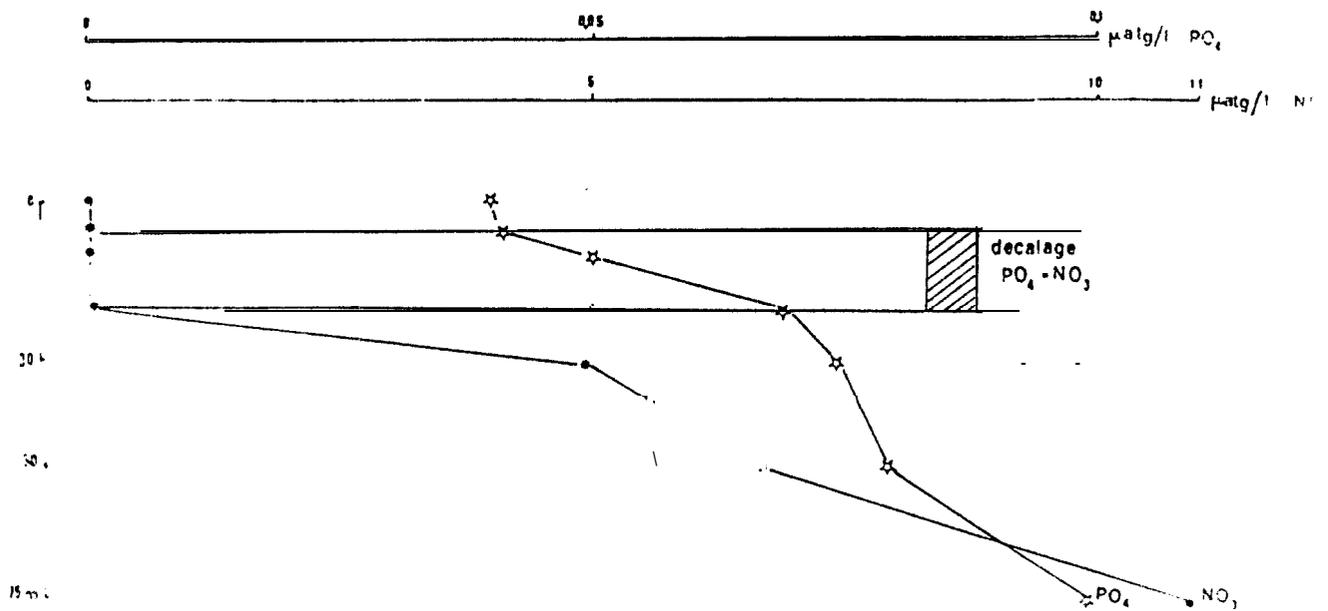
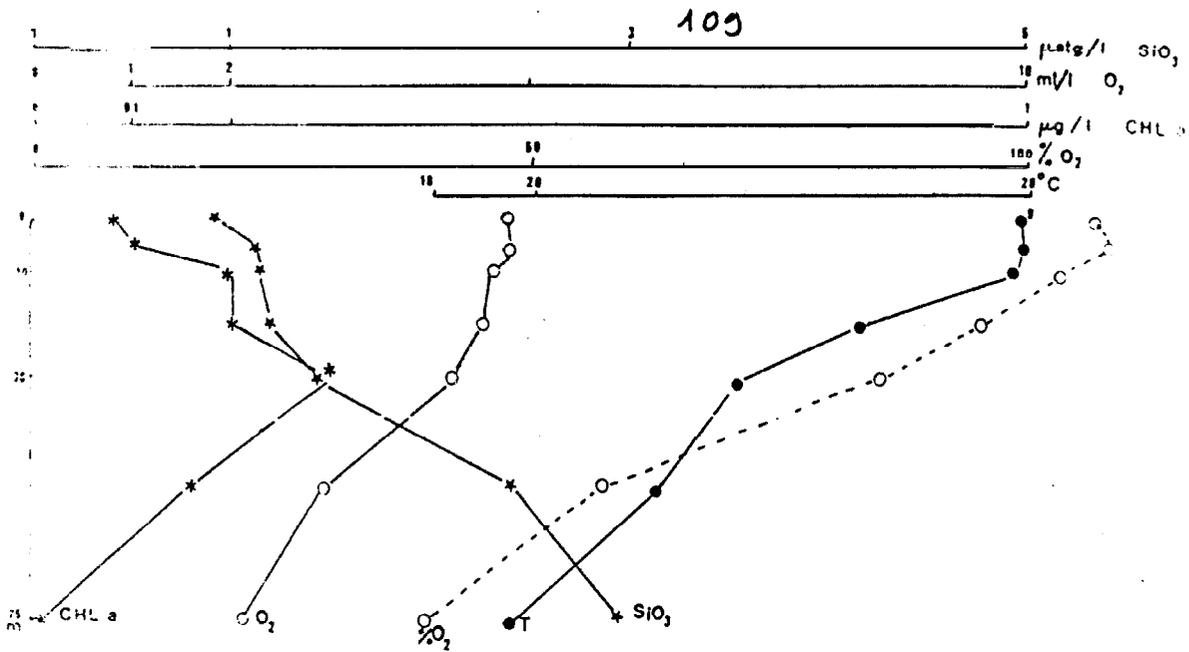


Fig. 7 = Distribution verticale, à la station 5, de la chlorophylle a , de l'oxygène, des pourcentages de saturation de l'oxygène, de la température, des silicates, des phosphates et des nitrates du 17 au 20 novembre 1981.

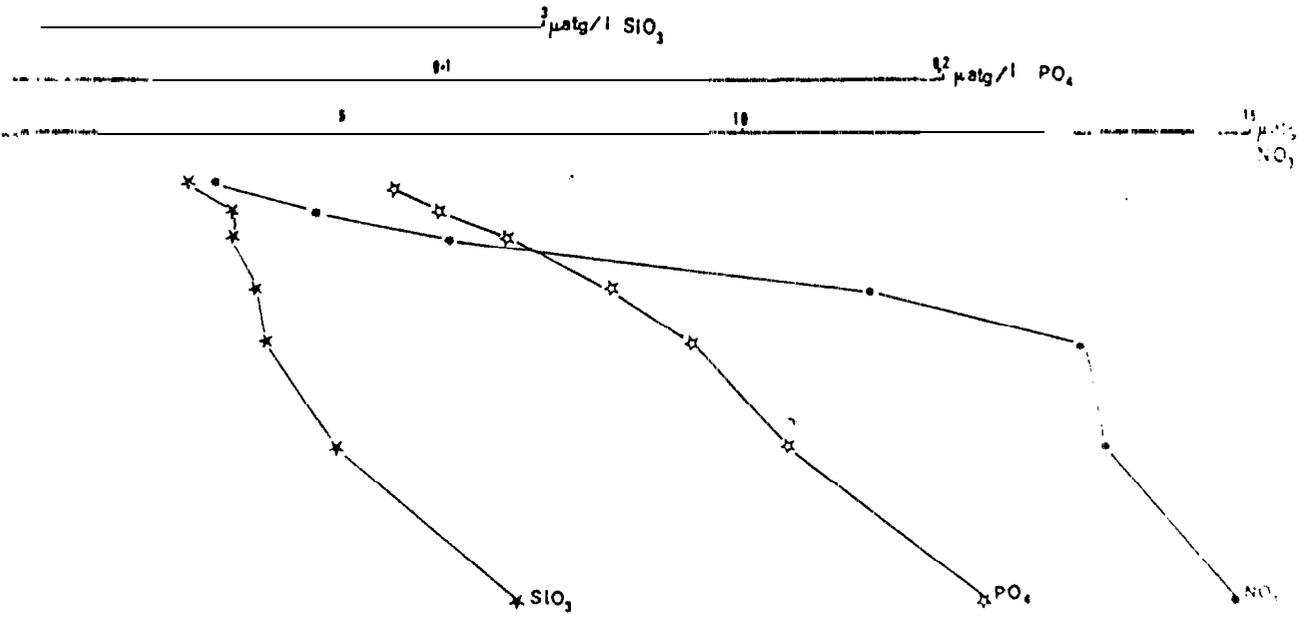
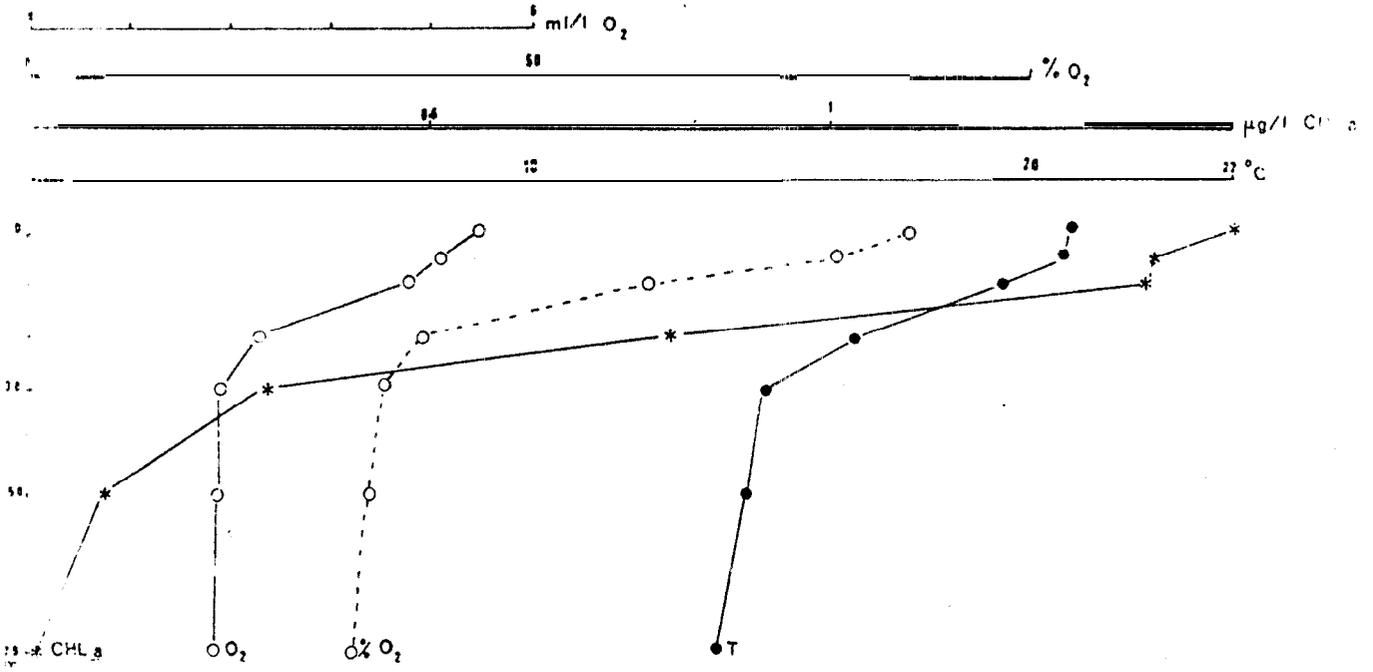


Fig. 8.- Distribution verticale de la chlorophylle a, de l'oxygène, des pourcentages de saturation de l'oxygène, de la température, des silicates, des phosphates, et des nitrates, à la station 5 du large de ... du 17 au 23 décembre 1981

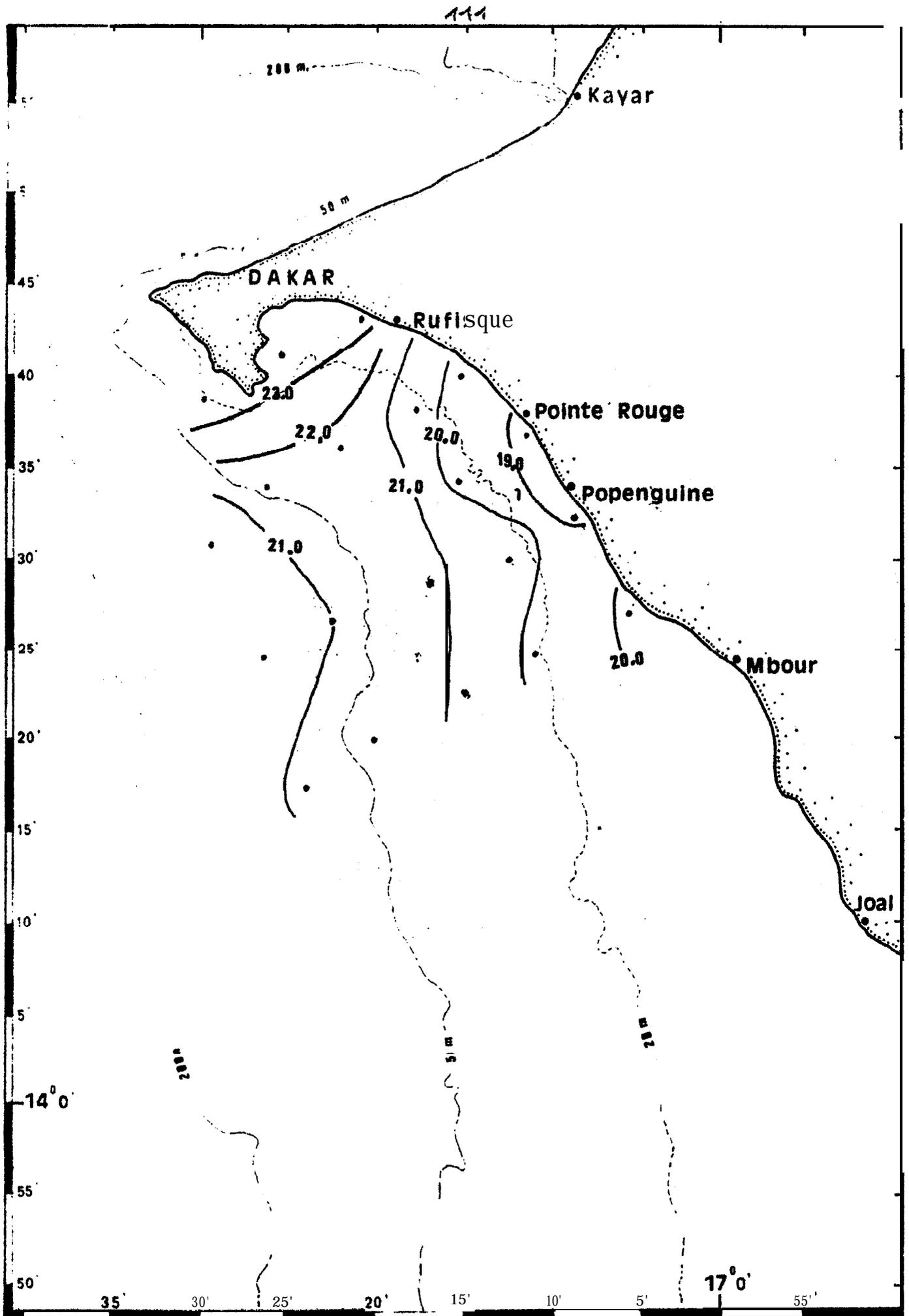


Fig. 9.- Isothermes de surface : 17 - 23 décembre 1981.

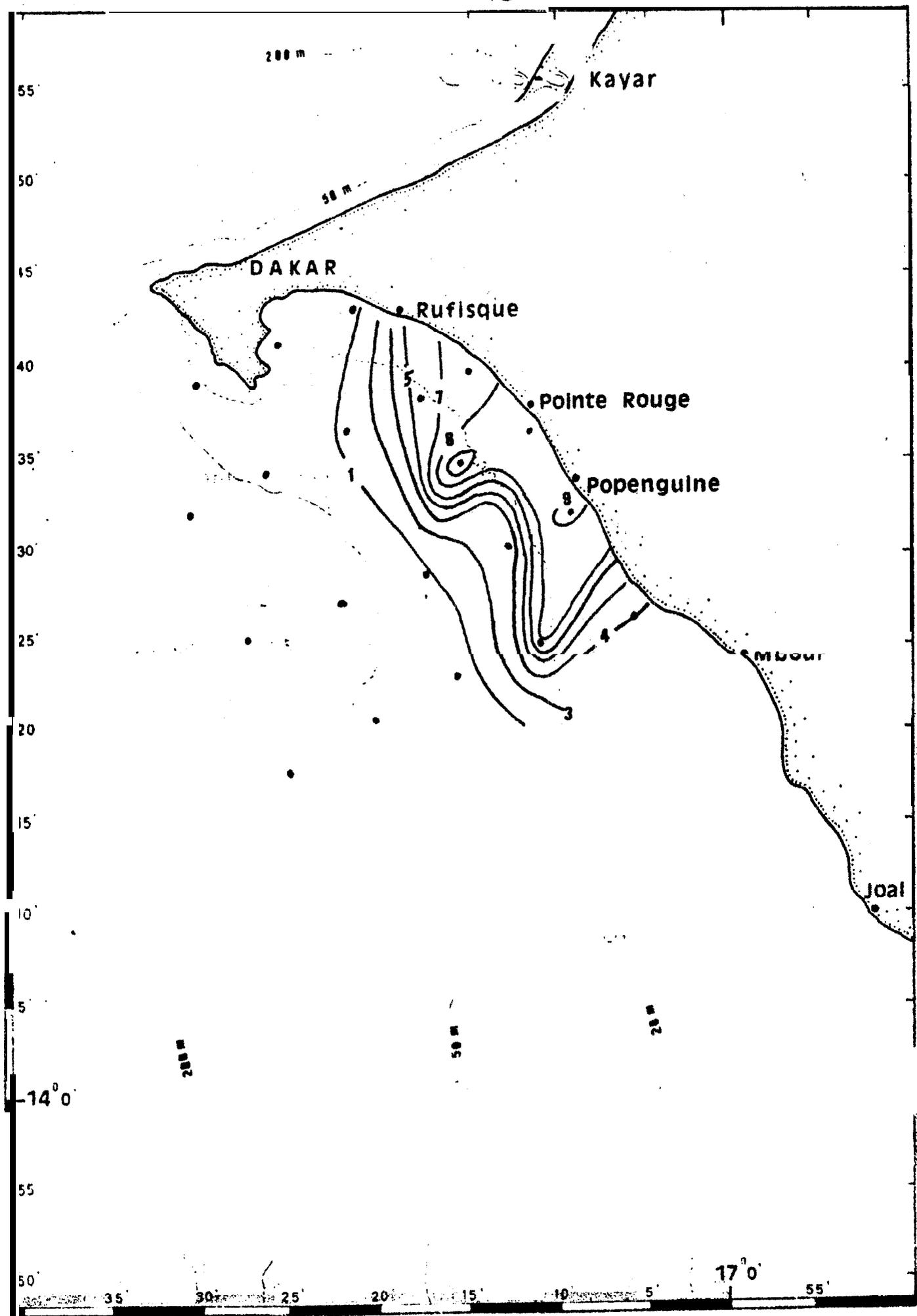


Fig. 10.- Nitrates de surface (µatg/l) : 17-23 décembre 1981.

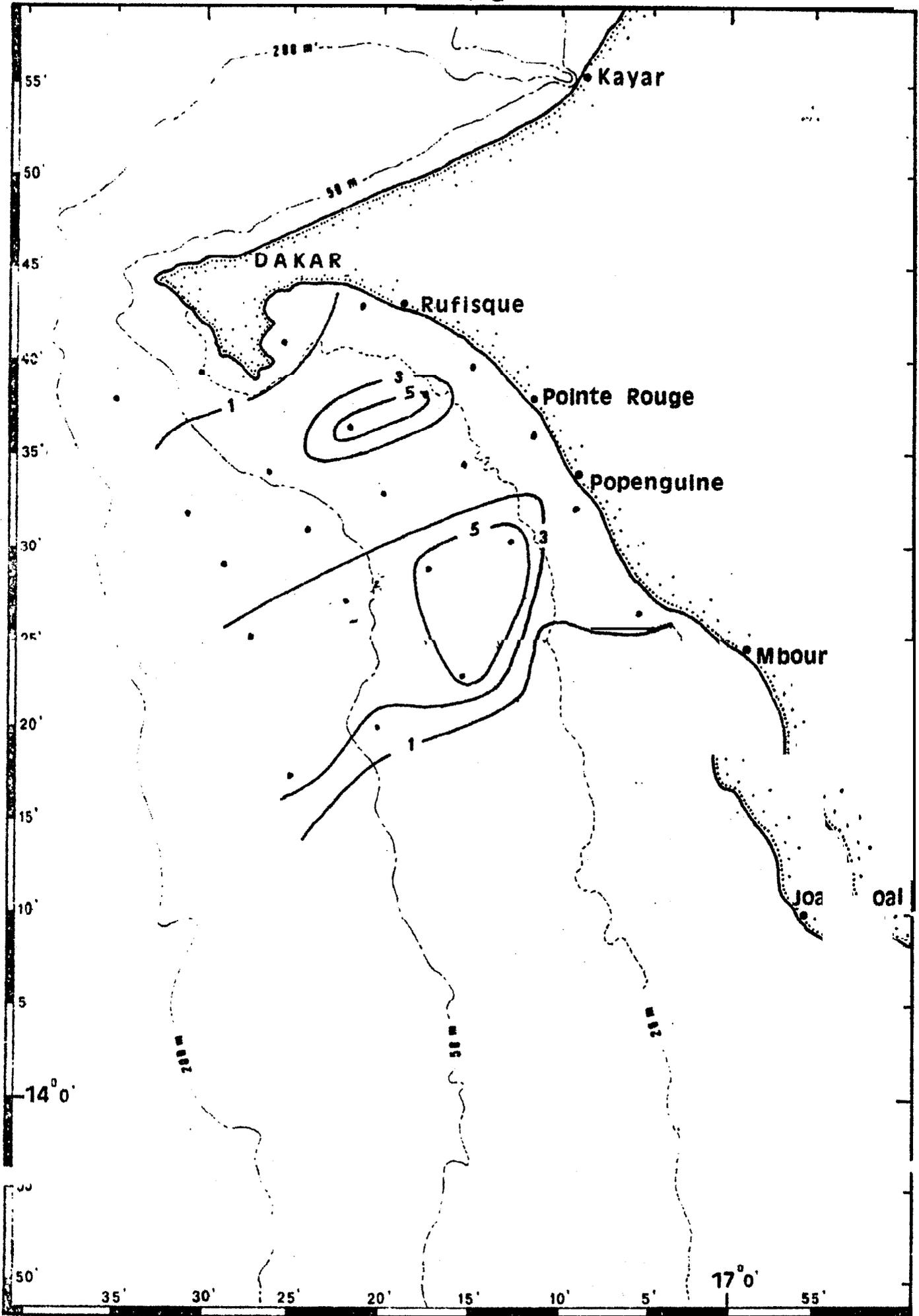


Fig. 11.- Répartition de la chlorophylle a ($\mu\text{atg/l}$) : 17 -
23 décembre 1981.

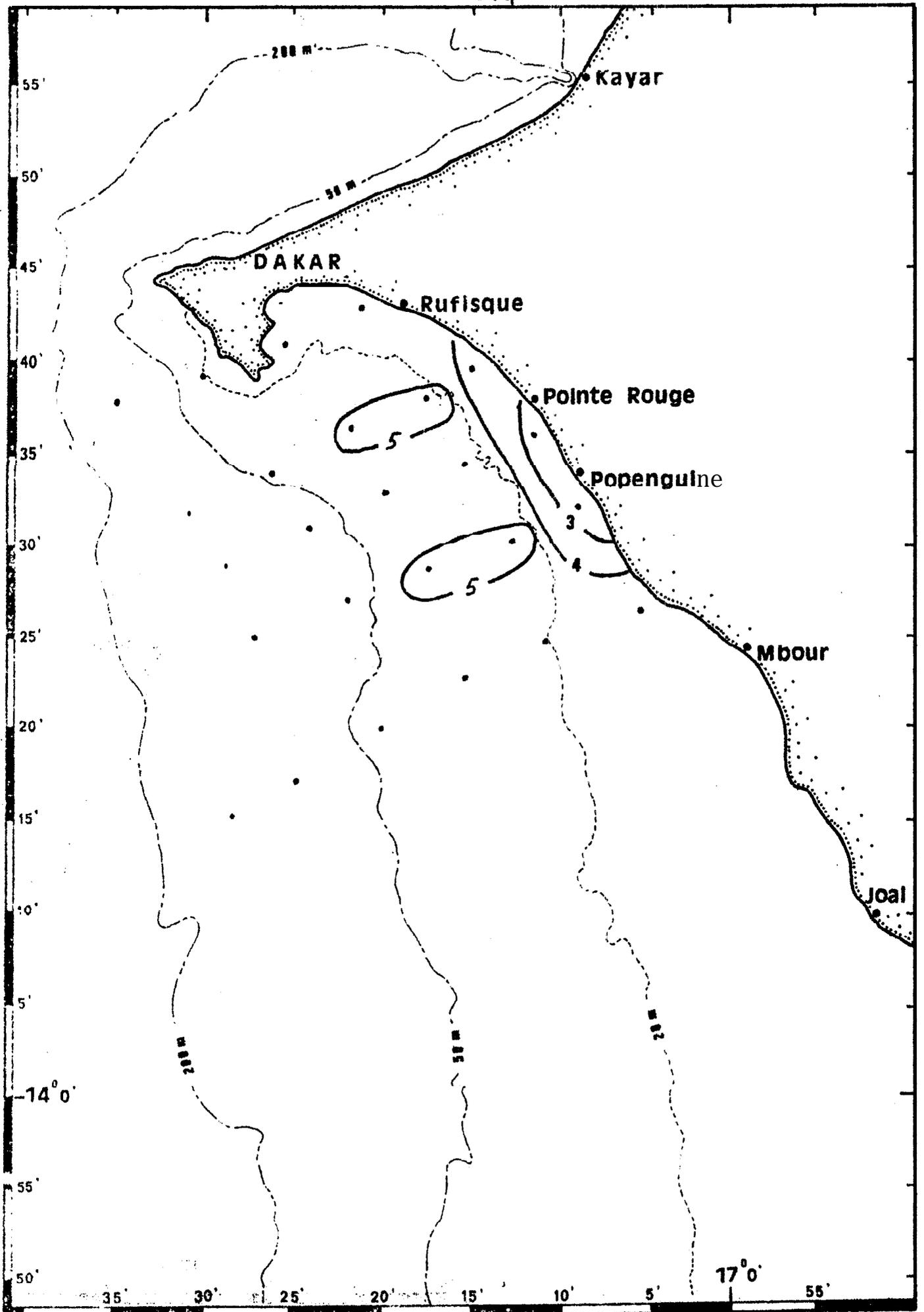


Fig. 12.- Oxygène de surface (ml/l) : 17 - 23 décembre 1981.

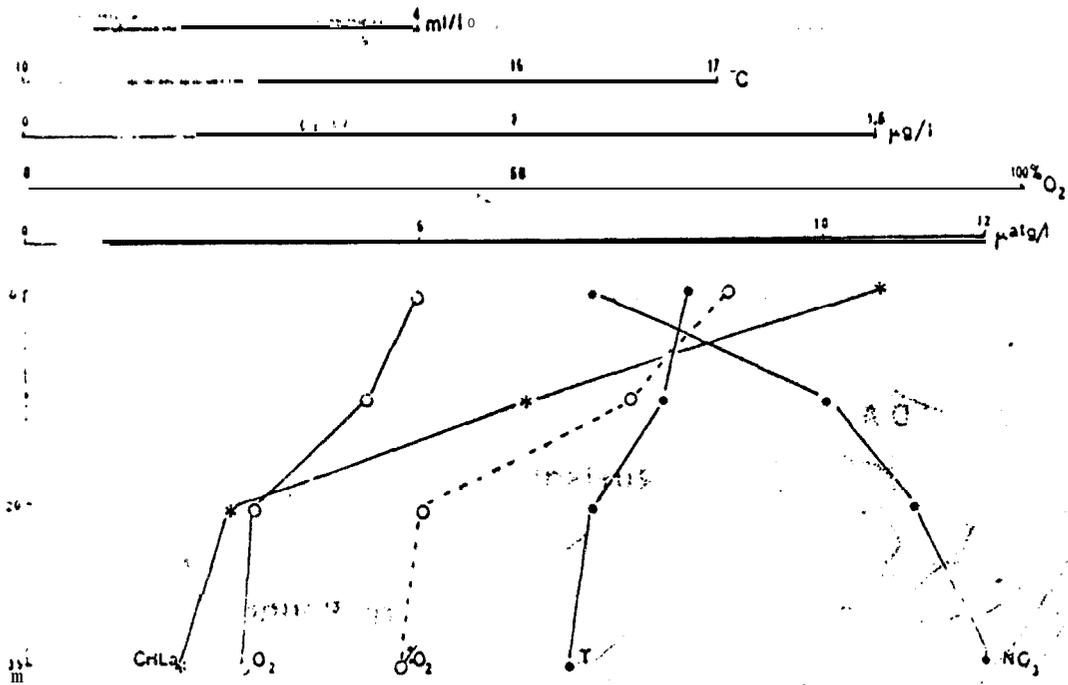


Fig. 10. - Distribution verticale de la chlorophylle a, de l'oxygène, des pourcentages de saturation de l'oxygène, de la température et des nitrates, à la station du large du 8 au 13 février 1982.

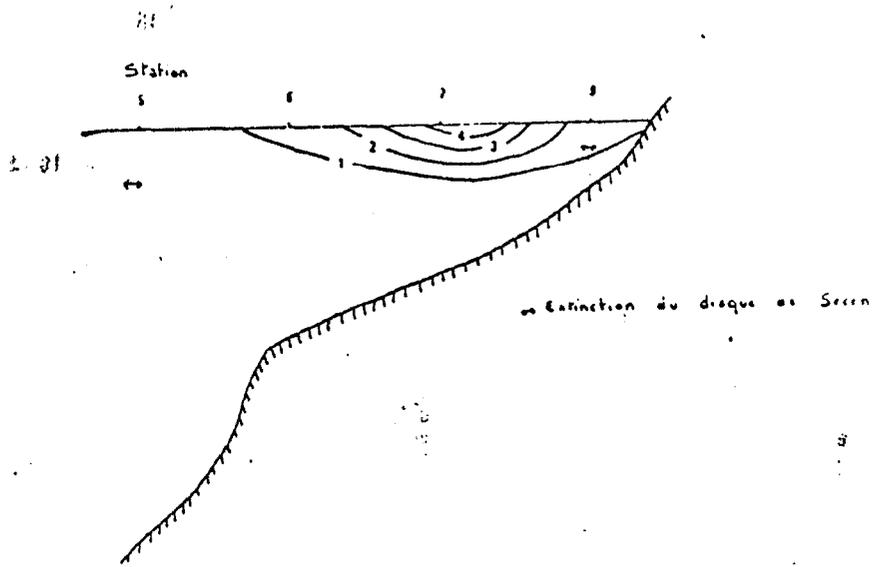


Fig. 11. - Coupe transversale au niveau de la radiale 11. Distribution de la chlorophylle a. Du 8 au 13 février 1982.

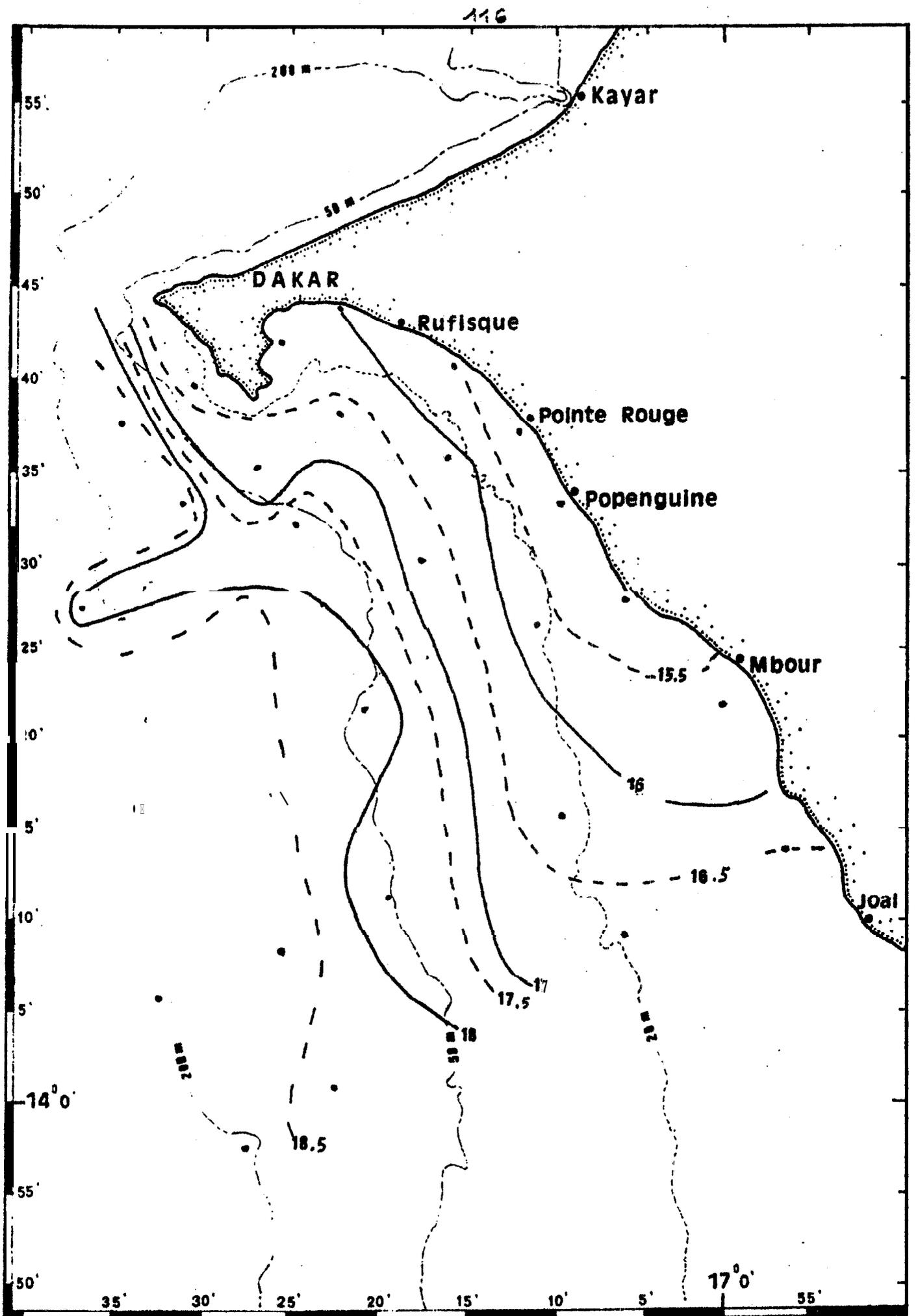


Fig. 14.- Isothermes de surface : 8-13 février 1982

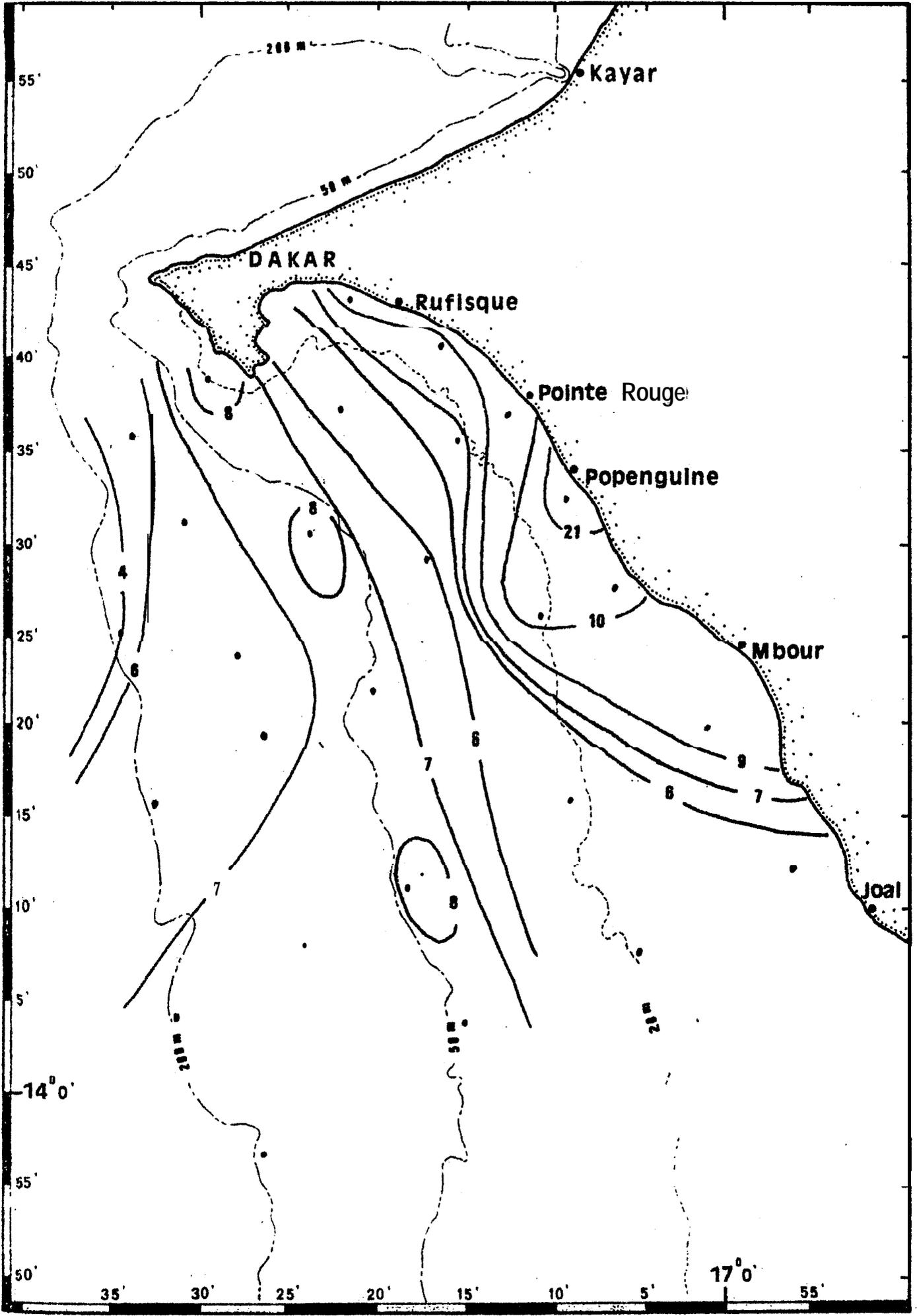


Fig. 15.- Nitrates de surface ($\mu\text{atg/l}$) : 8-13 février 1982

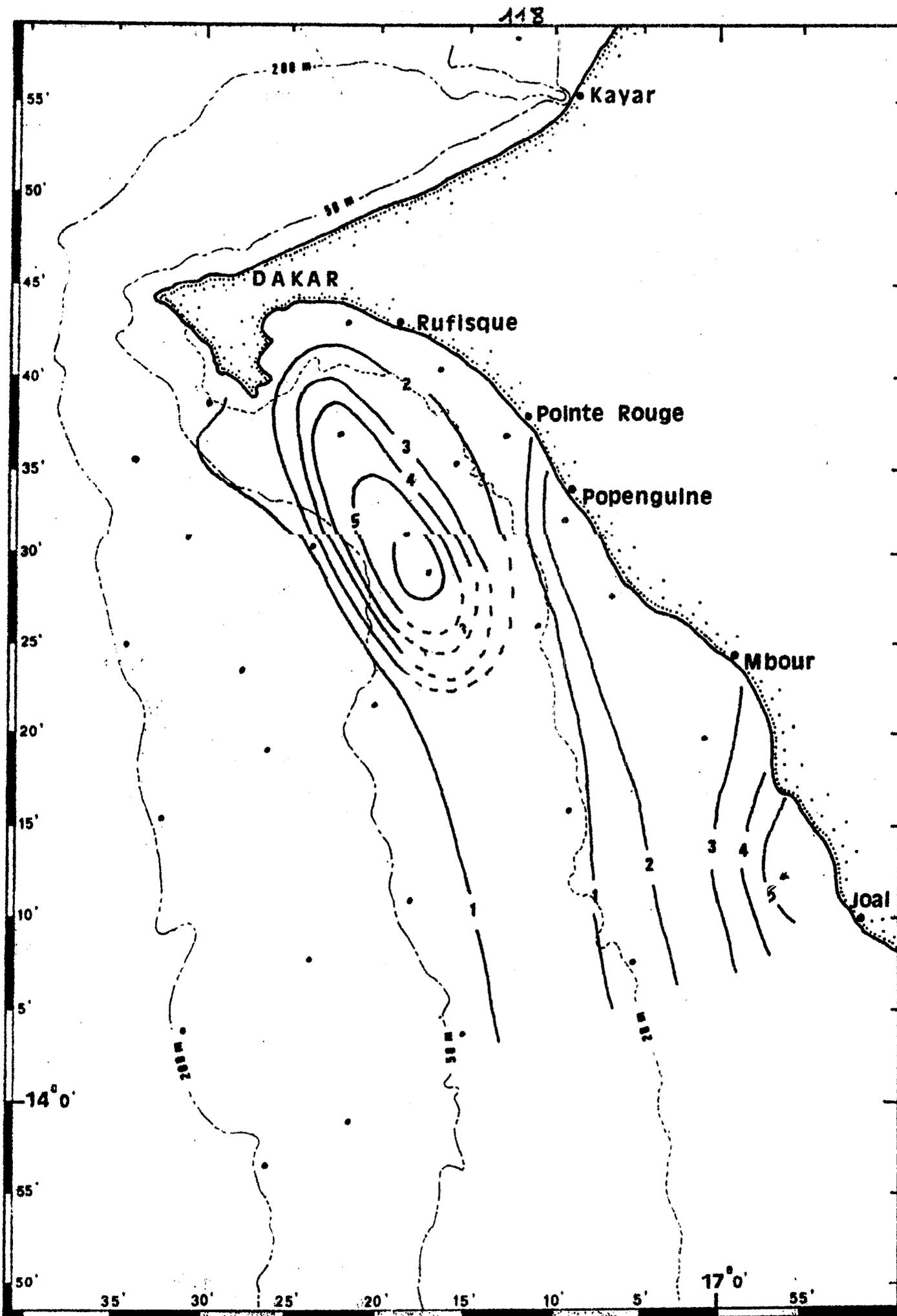
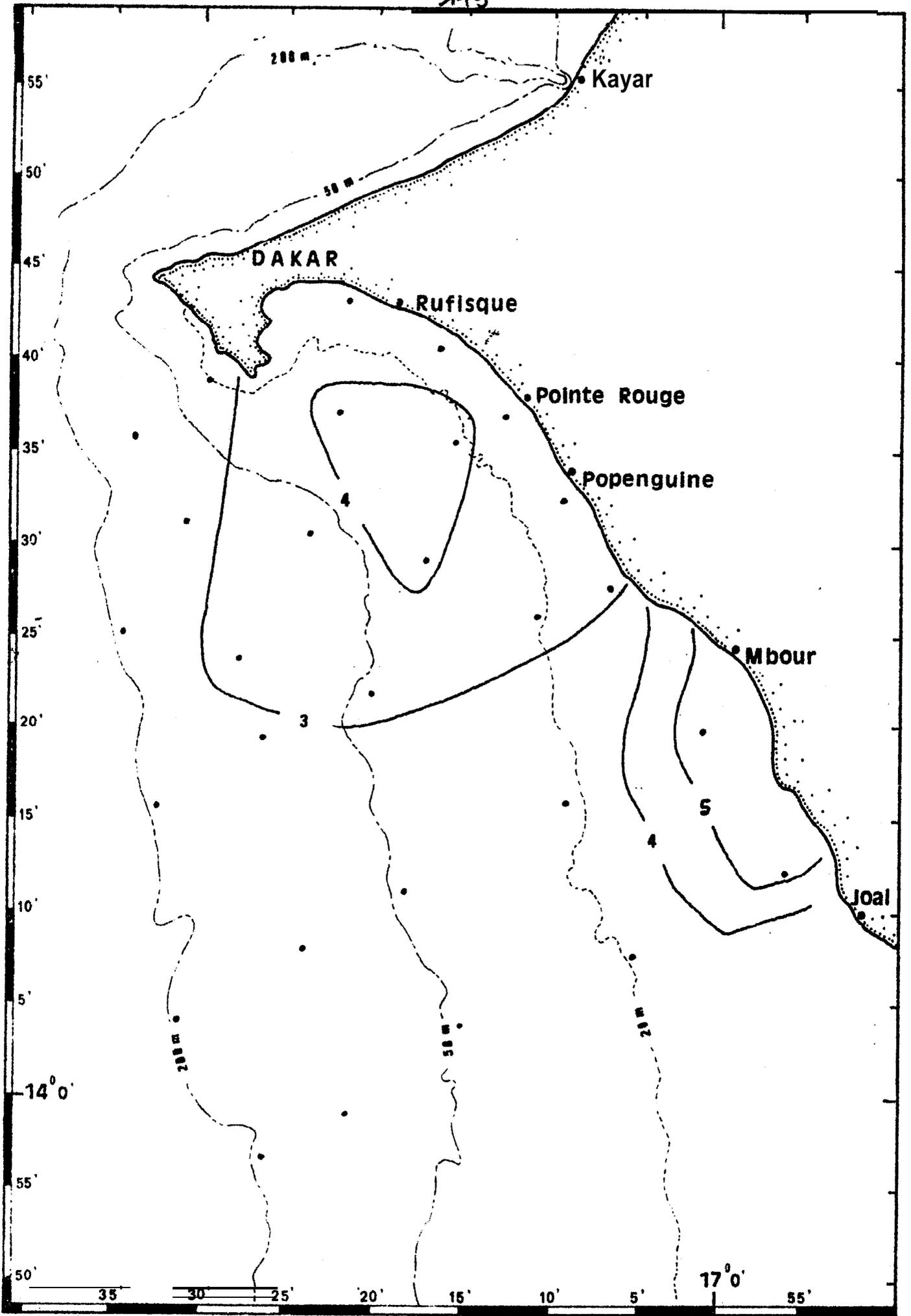


Fig. 16.- Répartition de la chlorophylle *a* (µg/l) : -8-13 février 1982



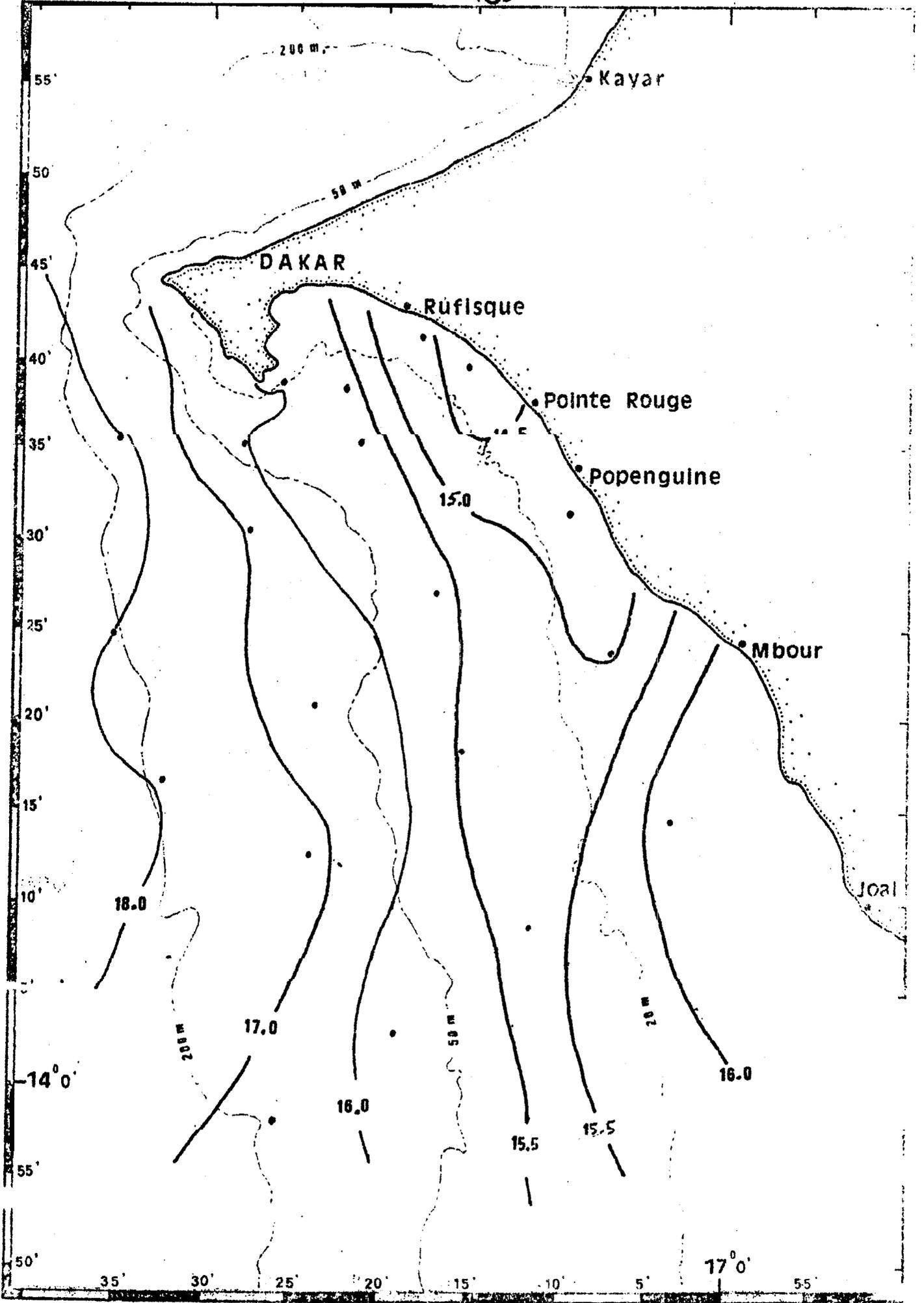


Fig. 18.- Isothermes de surface : 26 février - 3 mars 1982

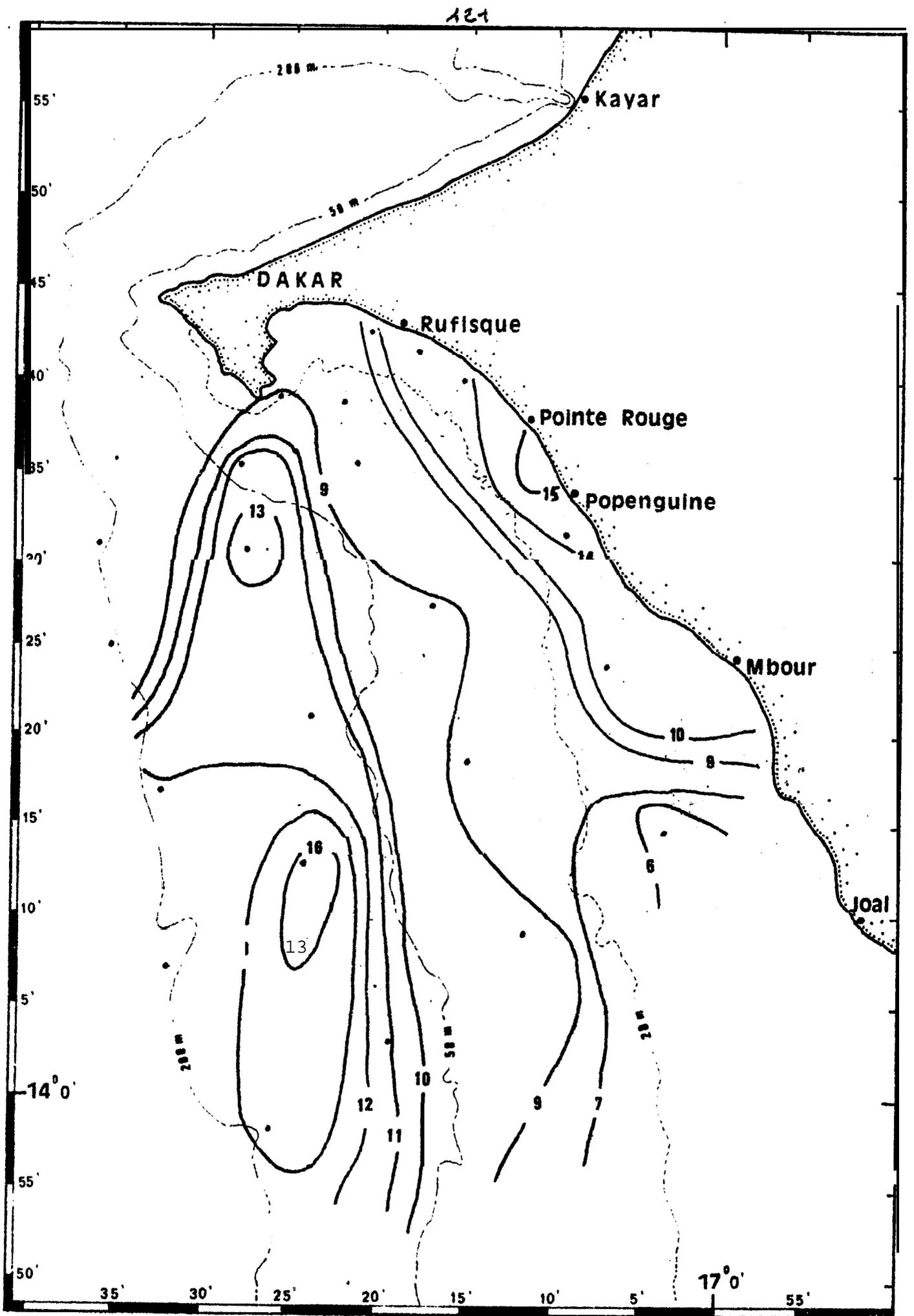


Fig. 19.- Nitrates de surface ($\mu\text{atg/l}$) : 26 février - 1er mars 1982

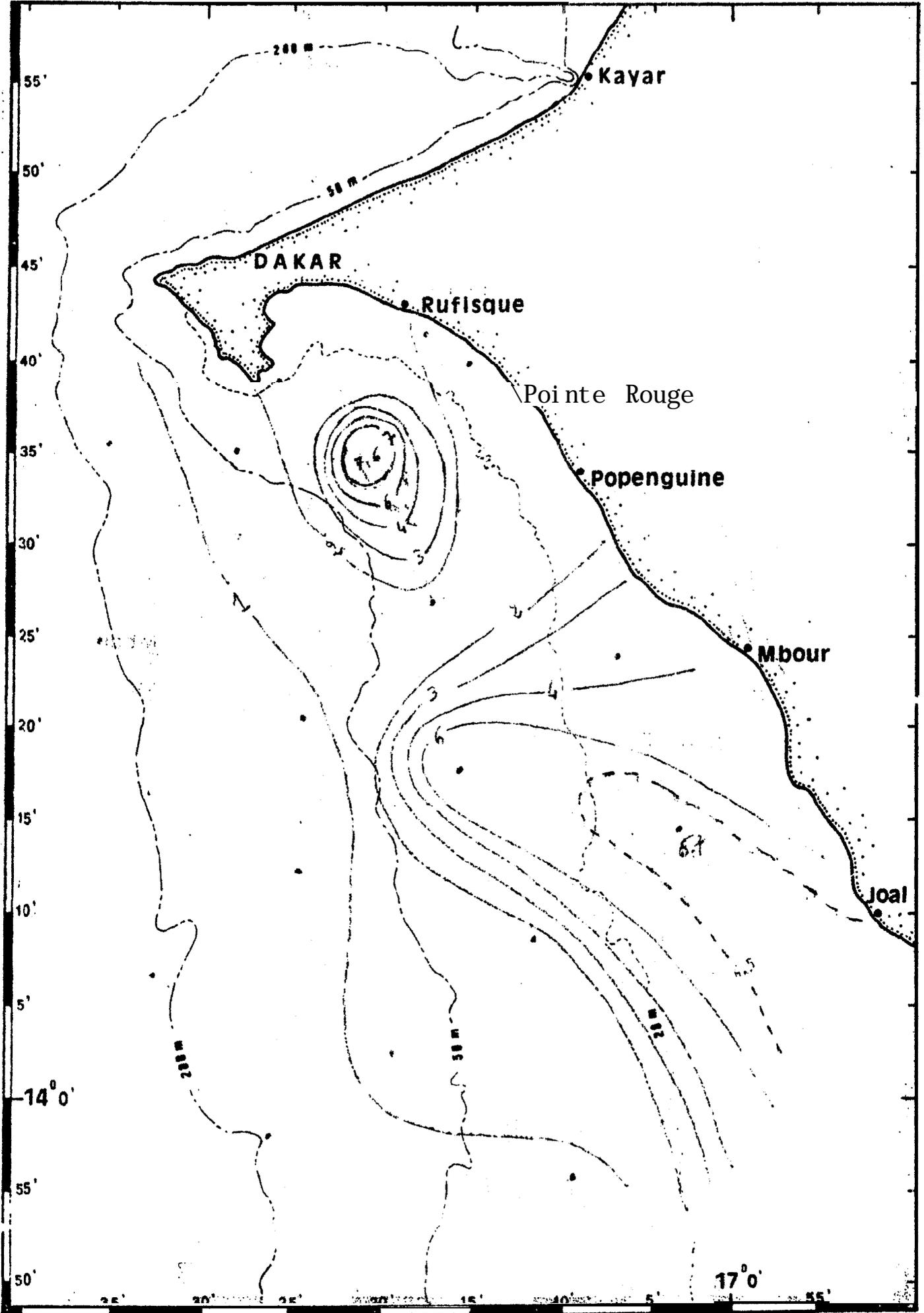


Fig. 20 - Répartition de la chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$):
26 février - 4 mars 1982

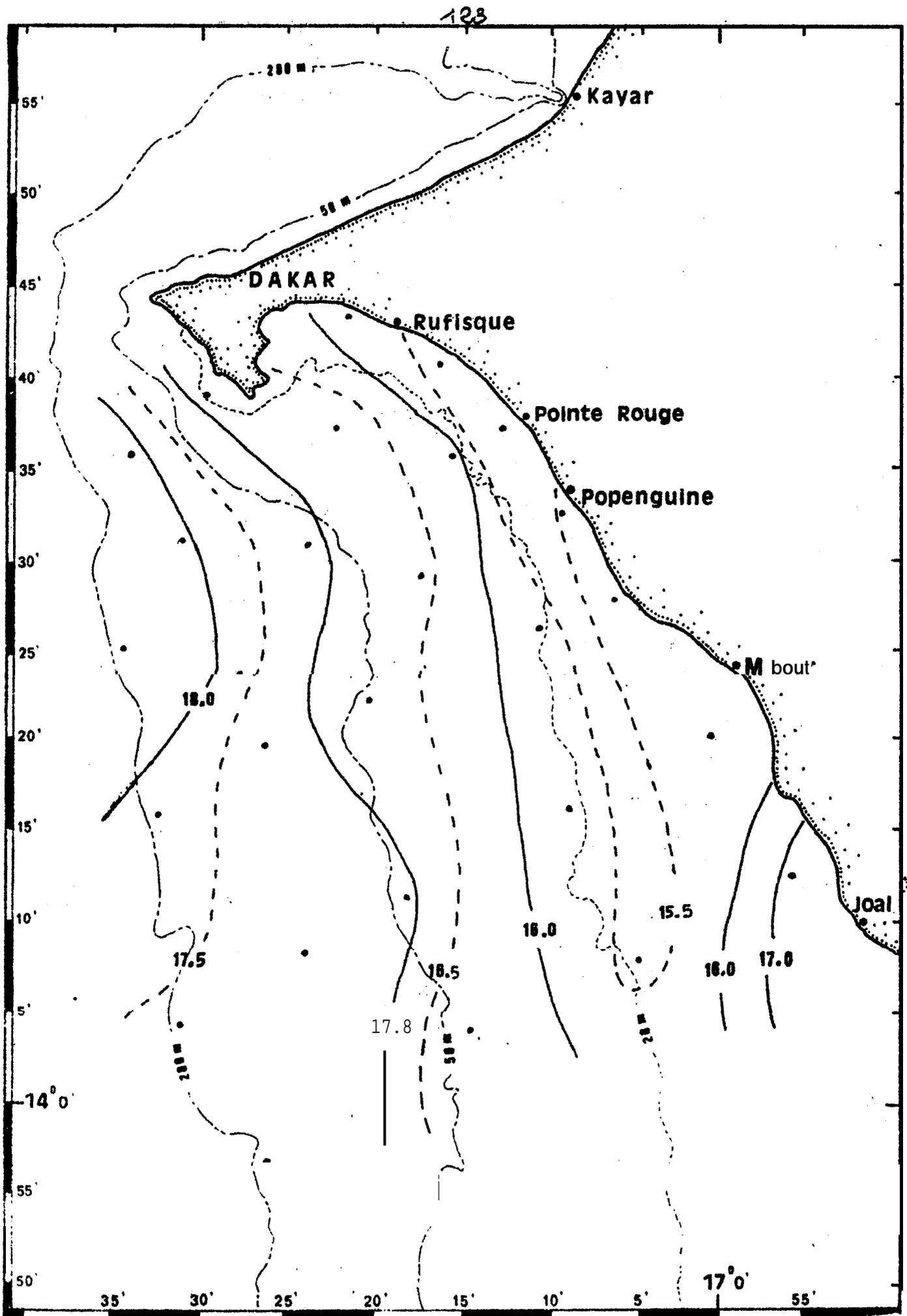


Fig. 21.- Isothermes de surface ; 26 mars-3 avril 1982

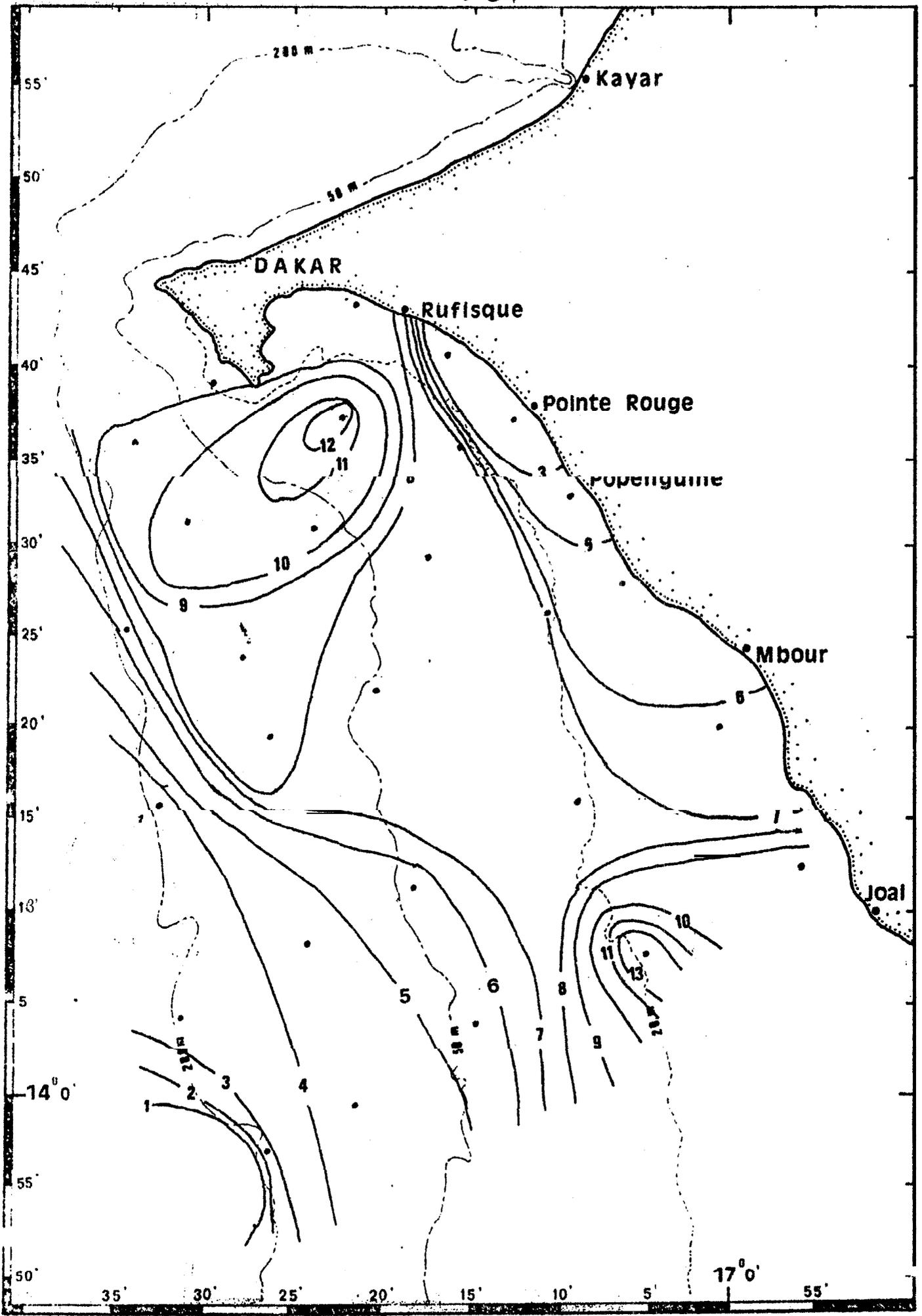


Fig. 22.- Répartition de la chlorophylle *a* (µg/l) : 26 mars-3 avril 1982

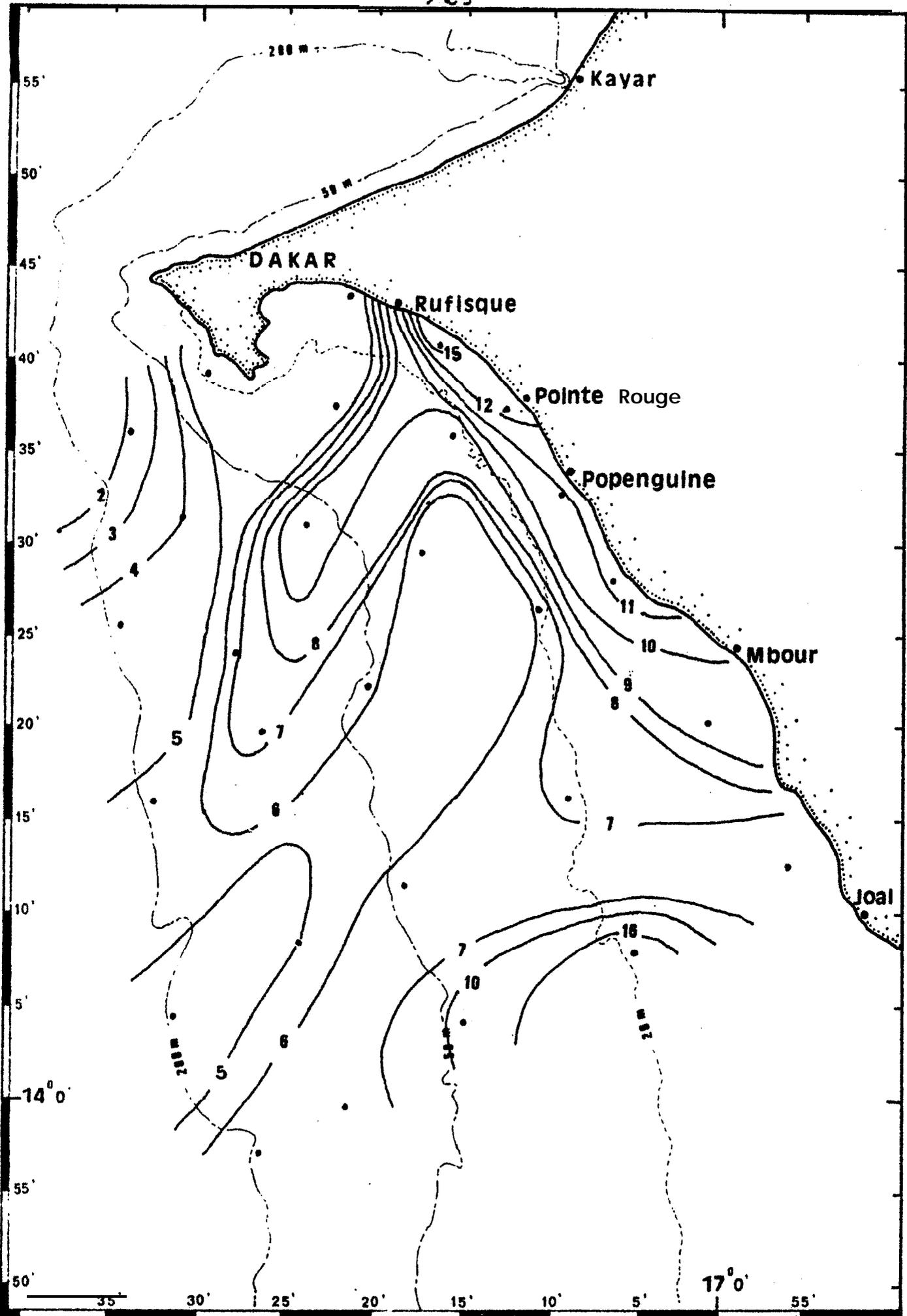


Fig. 23.- Nitrates de surface ($\mu\text{atg/l}$) : 26 mars-3 avril 1982

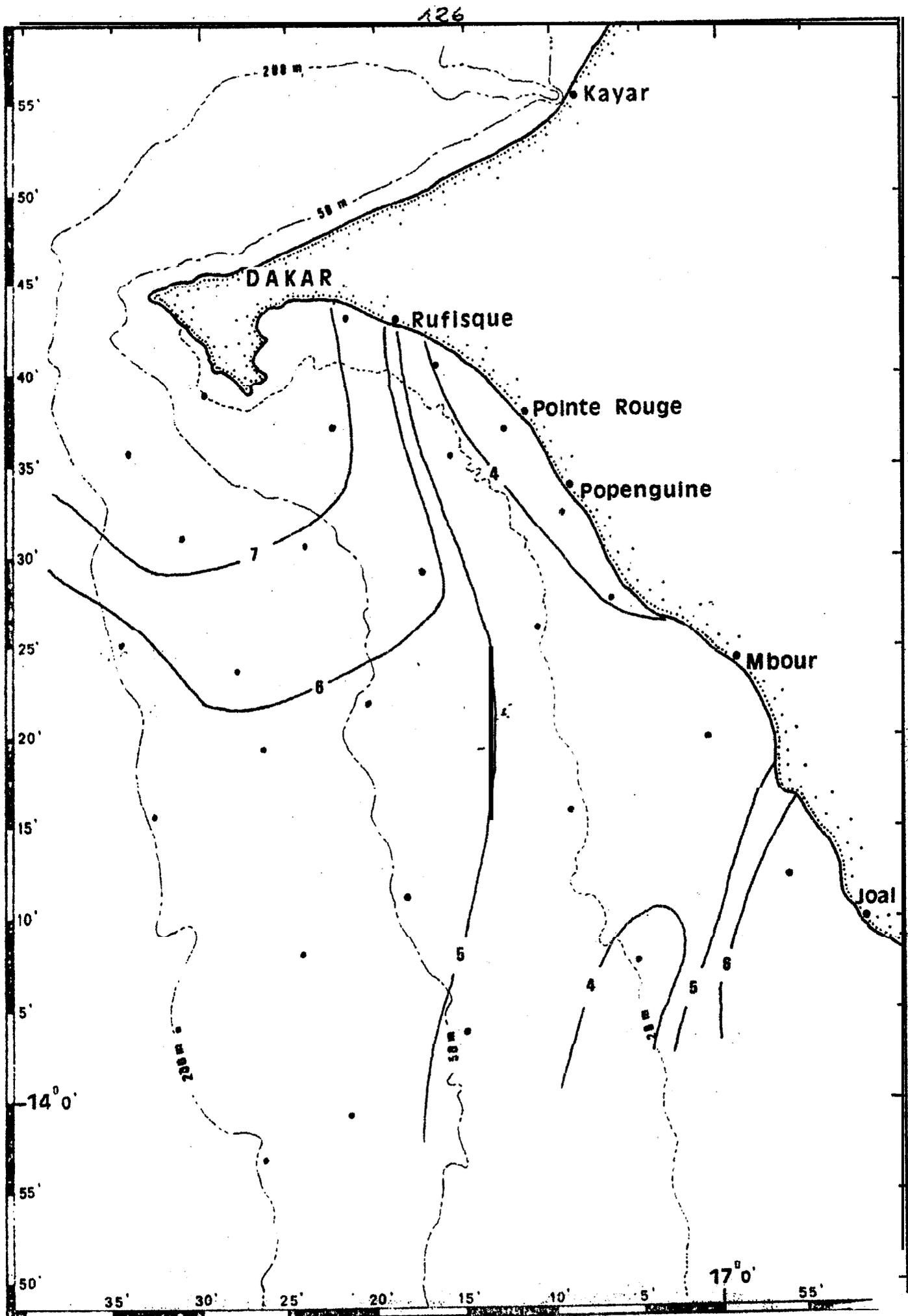
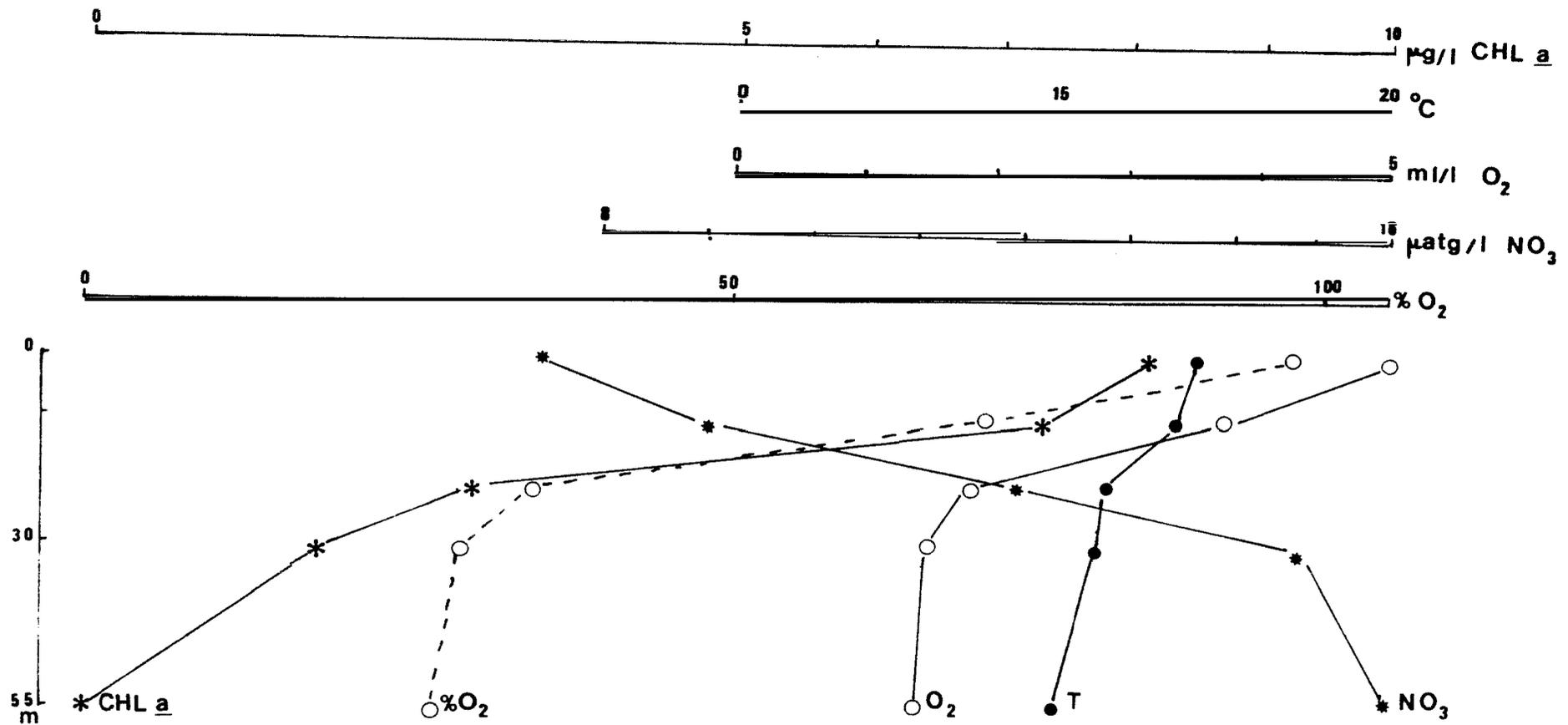


Fig. 24.- Oxygène de surface (ml/l) : 26 mars-3 avril 1982



127

Fig. 25.- Distribution verticale de la chlorophylle a, de l'oxygène, des pourcentages de saturation de l'oxygène, de la température et des nitrates, à la station 24 du large, du 26 mars au 3 avril 1982.

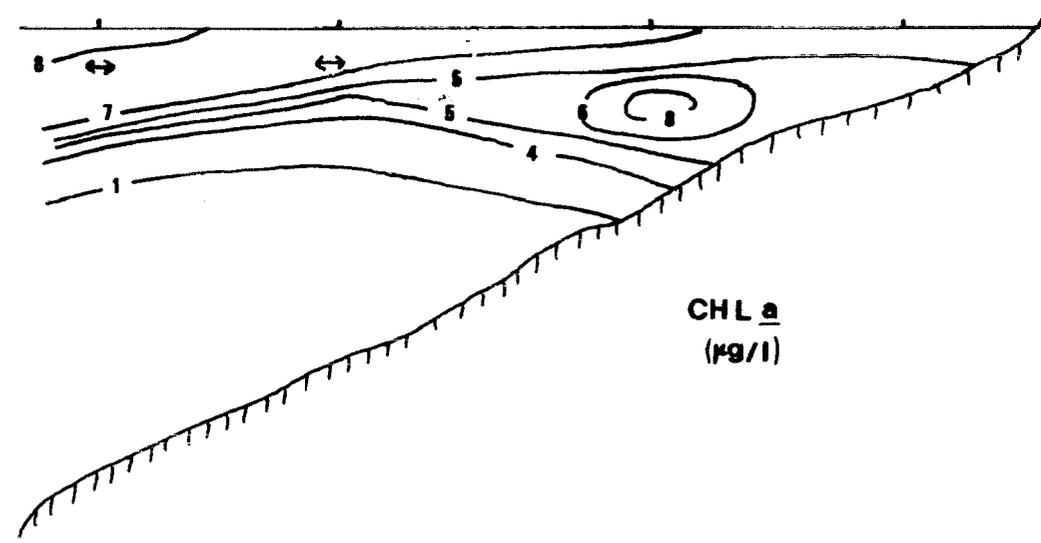
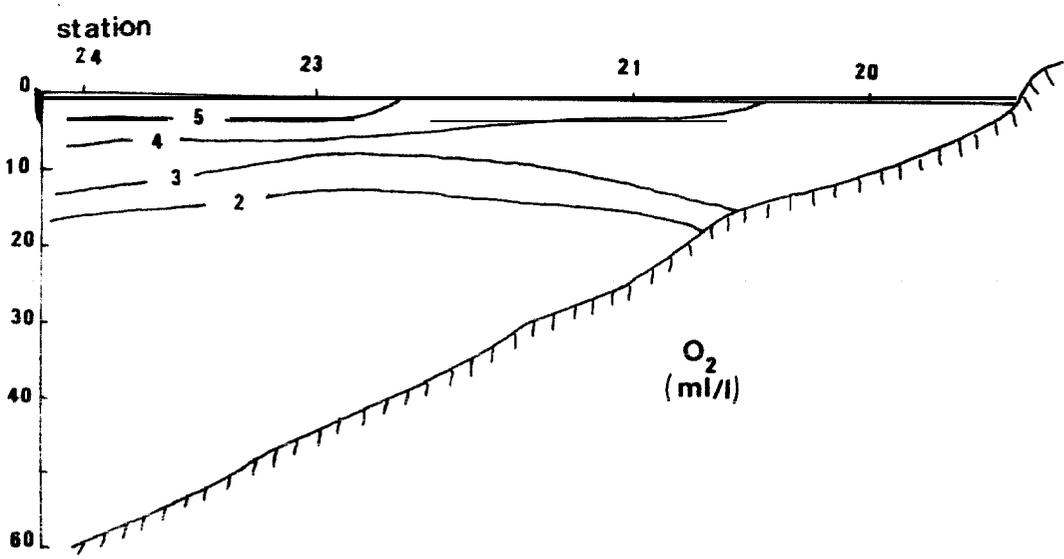


Fig. 26.- Coupe transversale au niveau de la radiale V. Distribution de la chlorophylle a et de l'oxygène

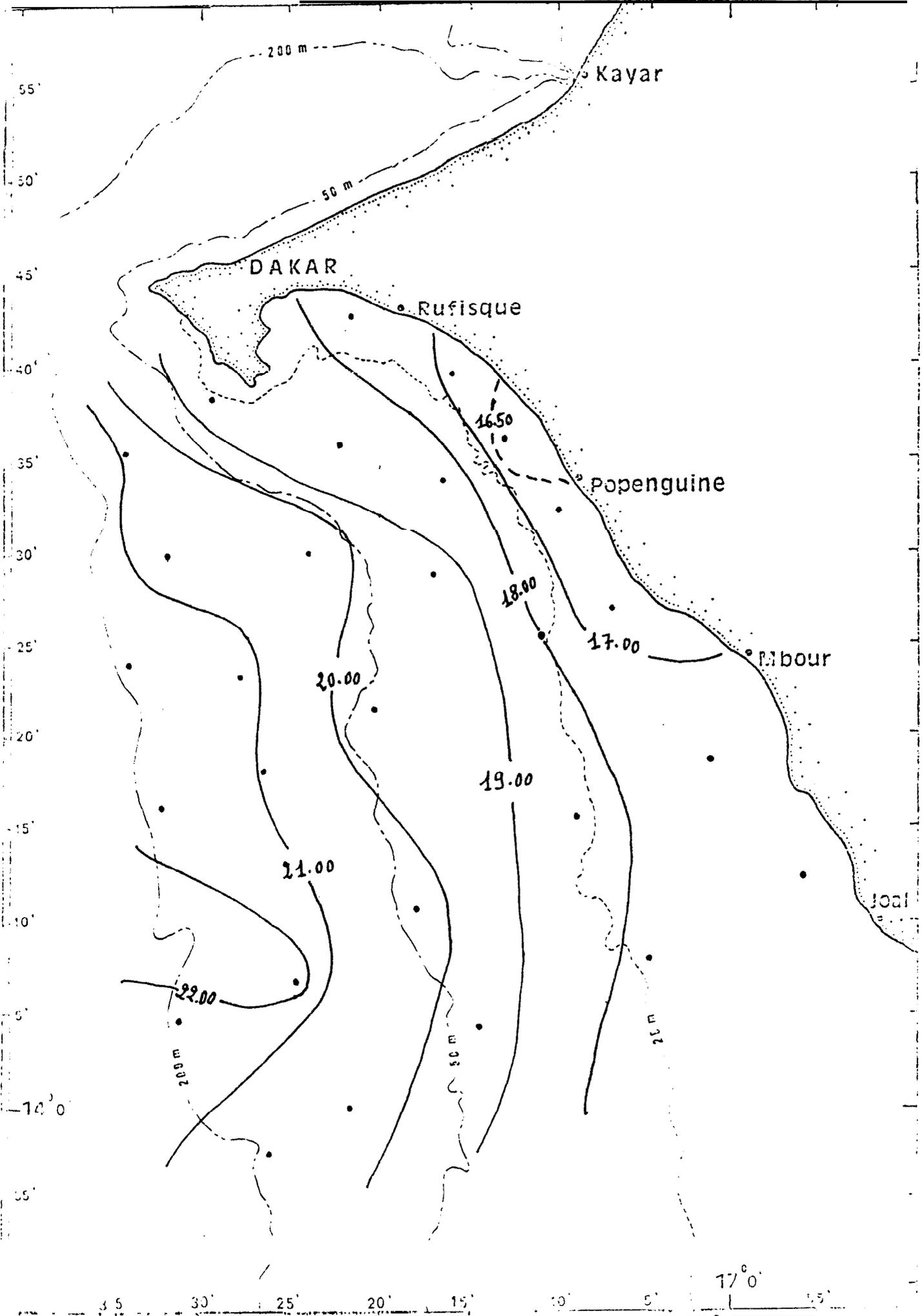


Fig 27 Isothermes de surface 3-8 mai 1982

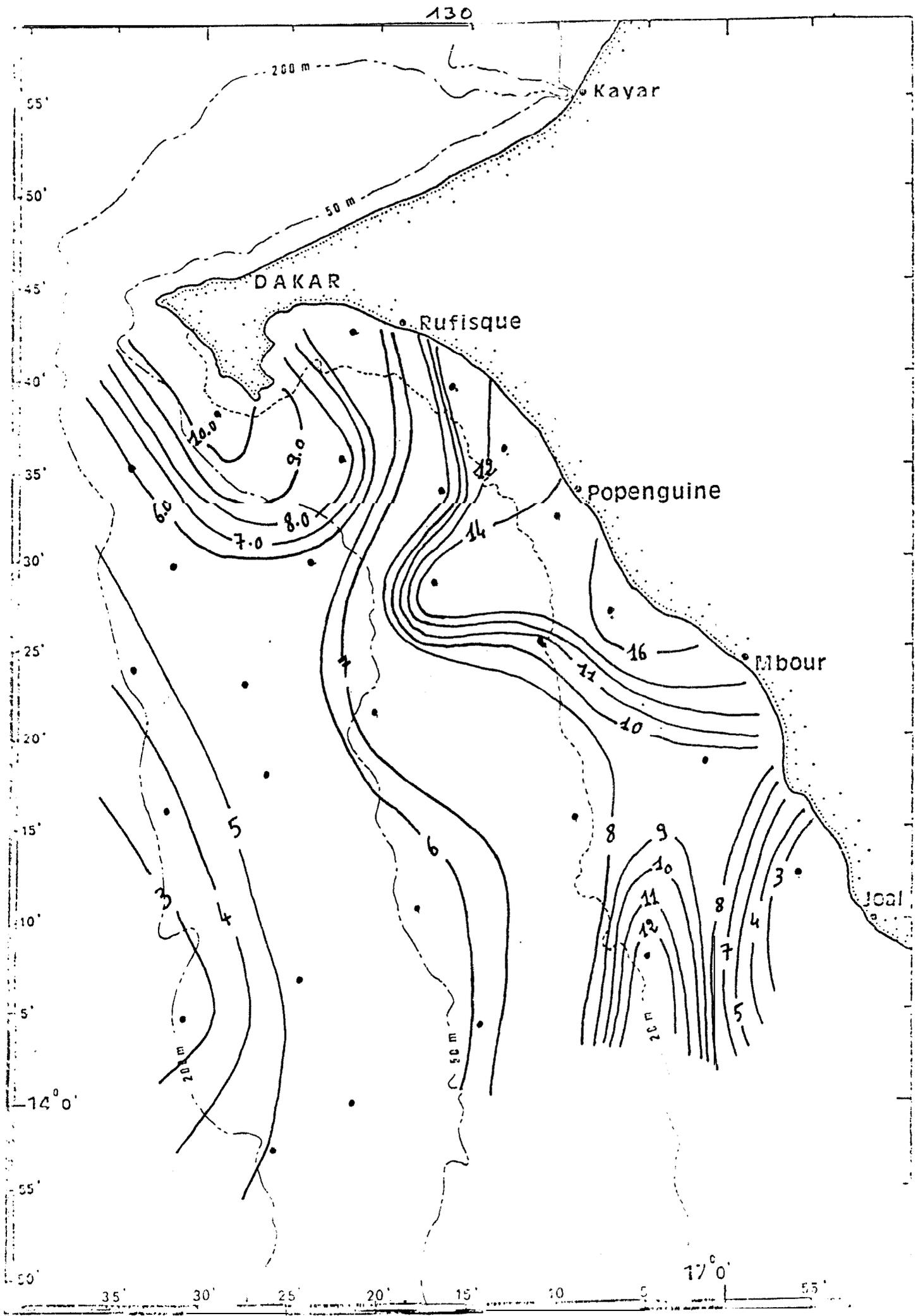


Fig. 28 Nitrates de surface (µM/l) 3-8 mai 1982

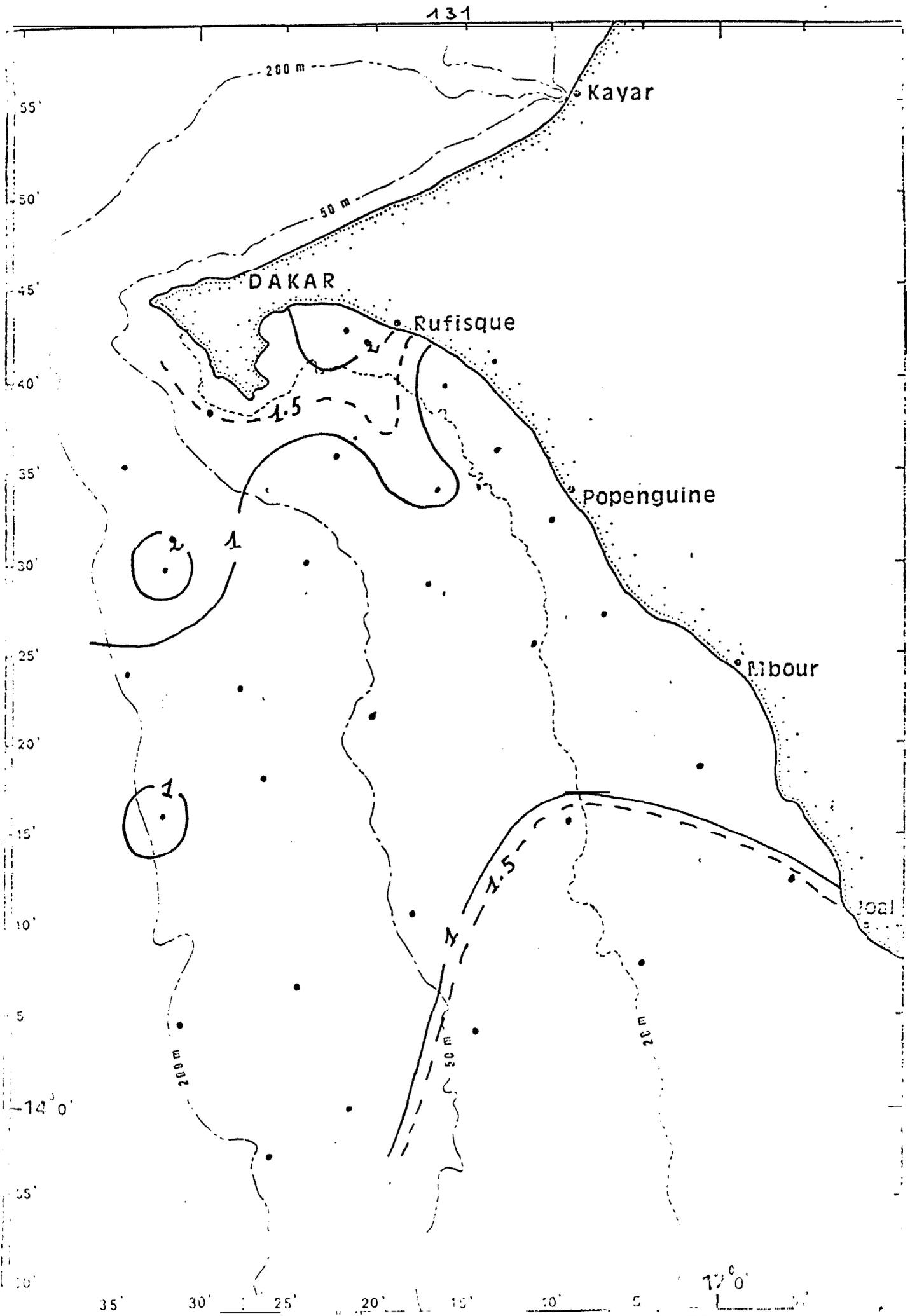


Fig. 29 Chlorophyll *a* de surface ($\mu\text{g/l}$) 3.8 ma. 1982

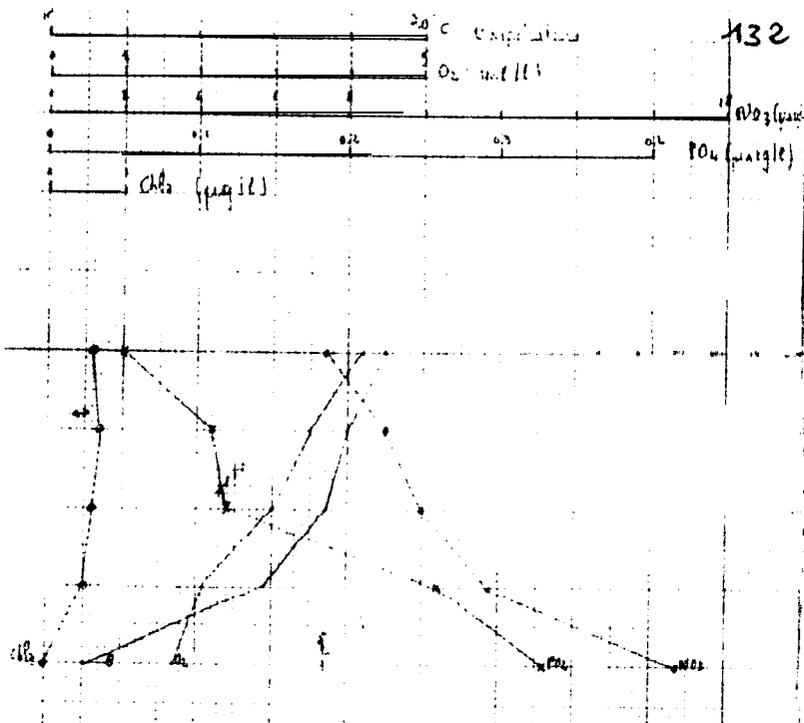


Figure 30 - Distribution verticale de la chlorophylle, de l'oxygène, de la température, des phosphates et des nitrates à la station 23 du 3 au 8 mai 1982.

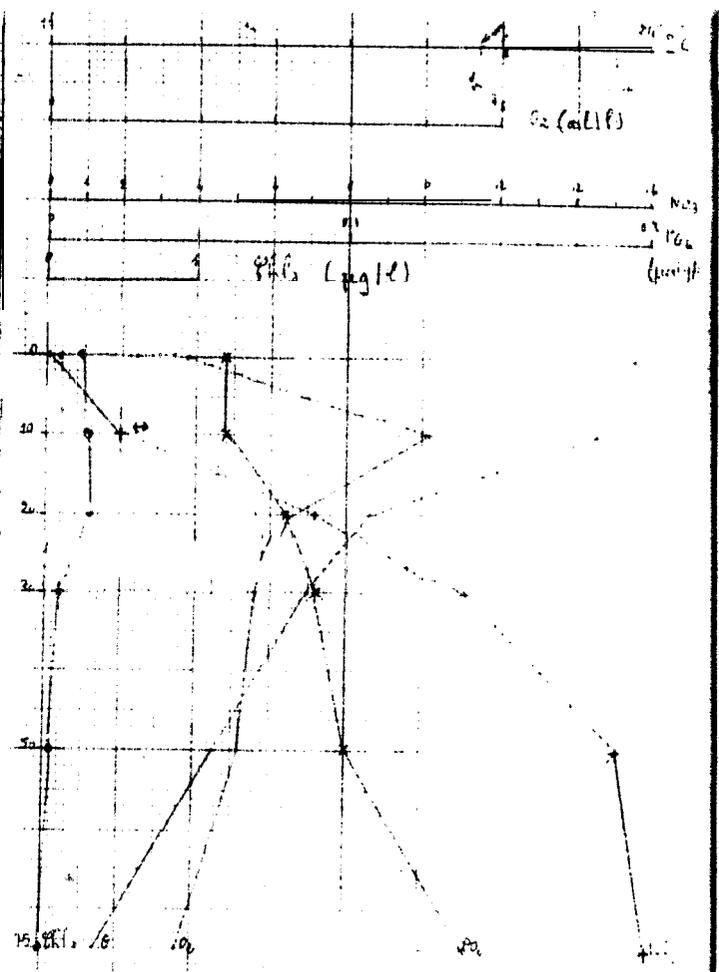


Figure 36 - Distribution verticale de la chlorophylle, de l'oxygène, de la température, des phosphates et des nitrates à la station 5 du 1-6 juin 1982.

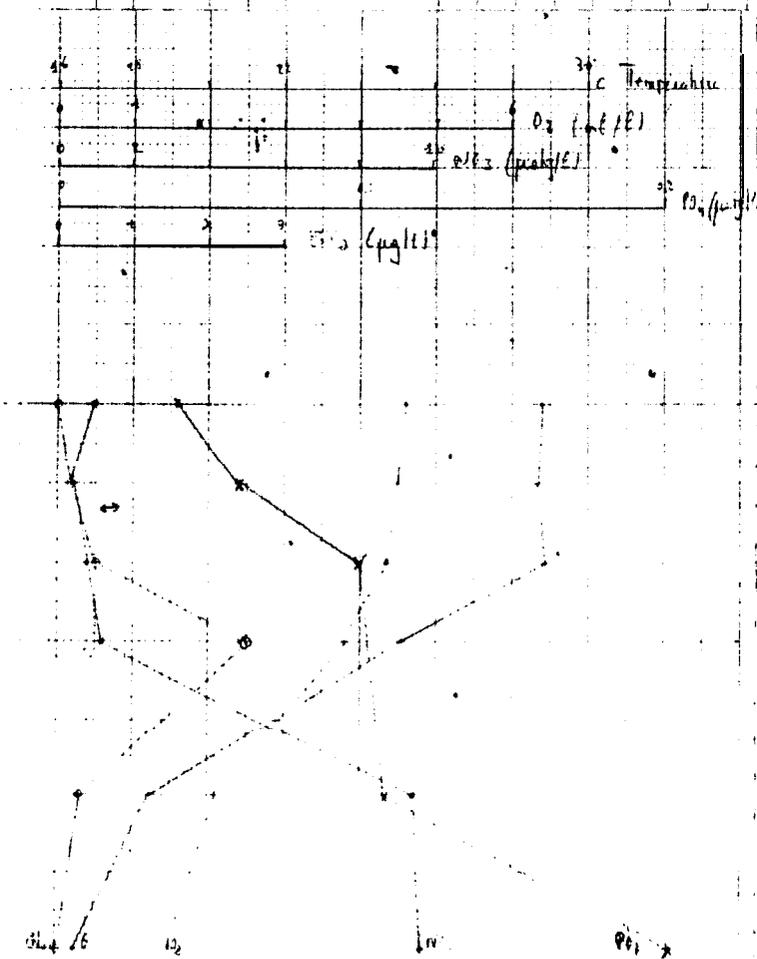


Figure 45 - Distribution verticale de la chlorophylle, de l'oxygène, de la température, des phosphates et des nitrates à la station 15 du 13 au 15 mai 1982.

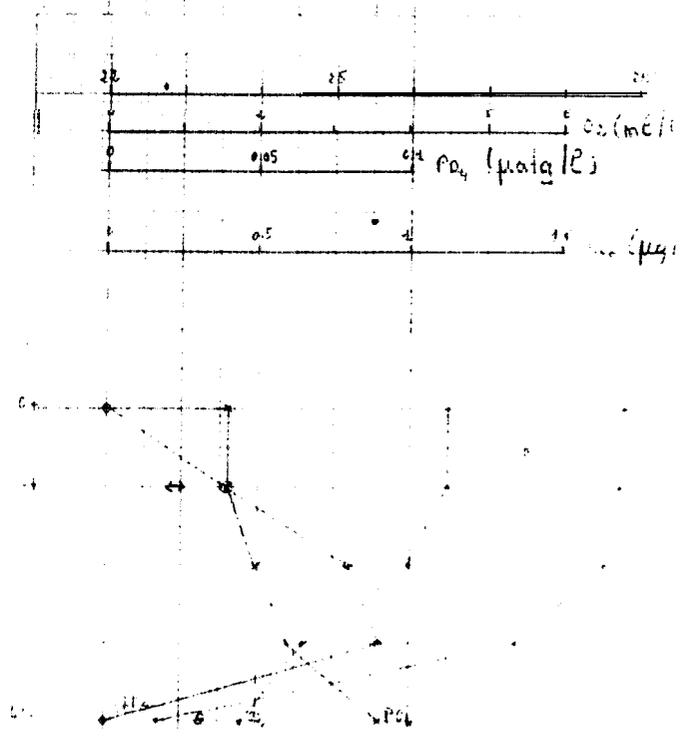


Figure 46 - Distribution verticale de la chlorophylle, de l'oxygène, de la température, des phosphates et des nitrates à la station 15 du 13 au 15 mai 1982.

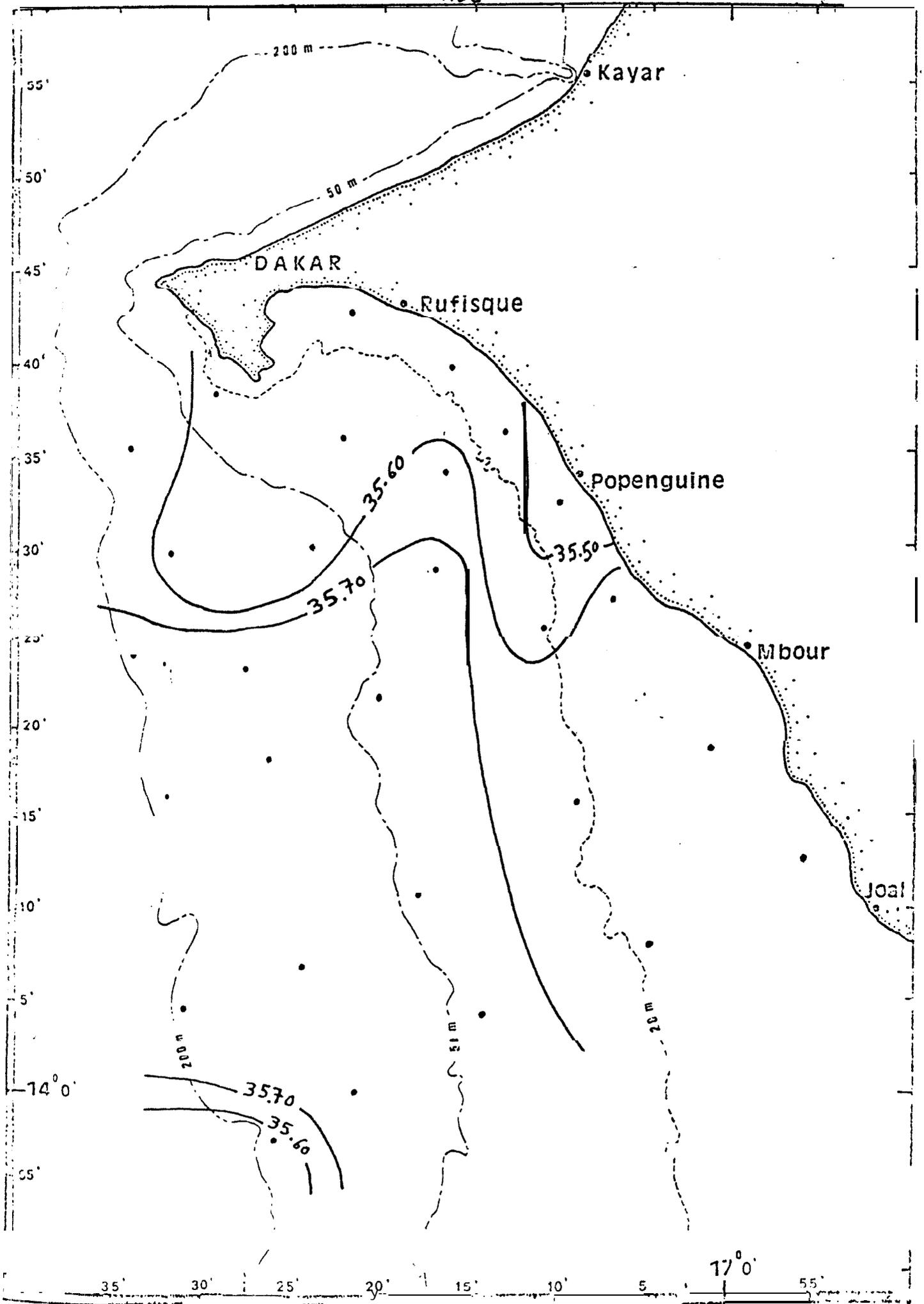


Fig 3 1 Salinité de surface (‰) 3-8 mai 1982

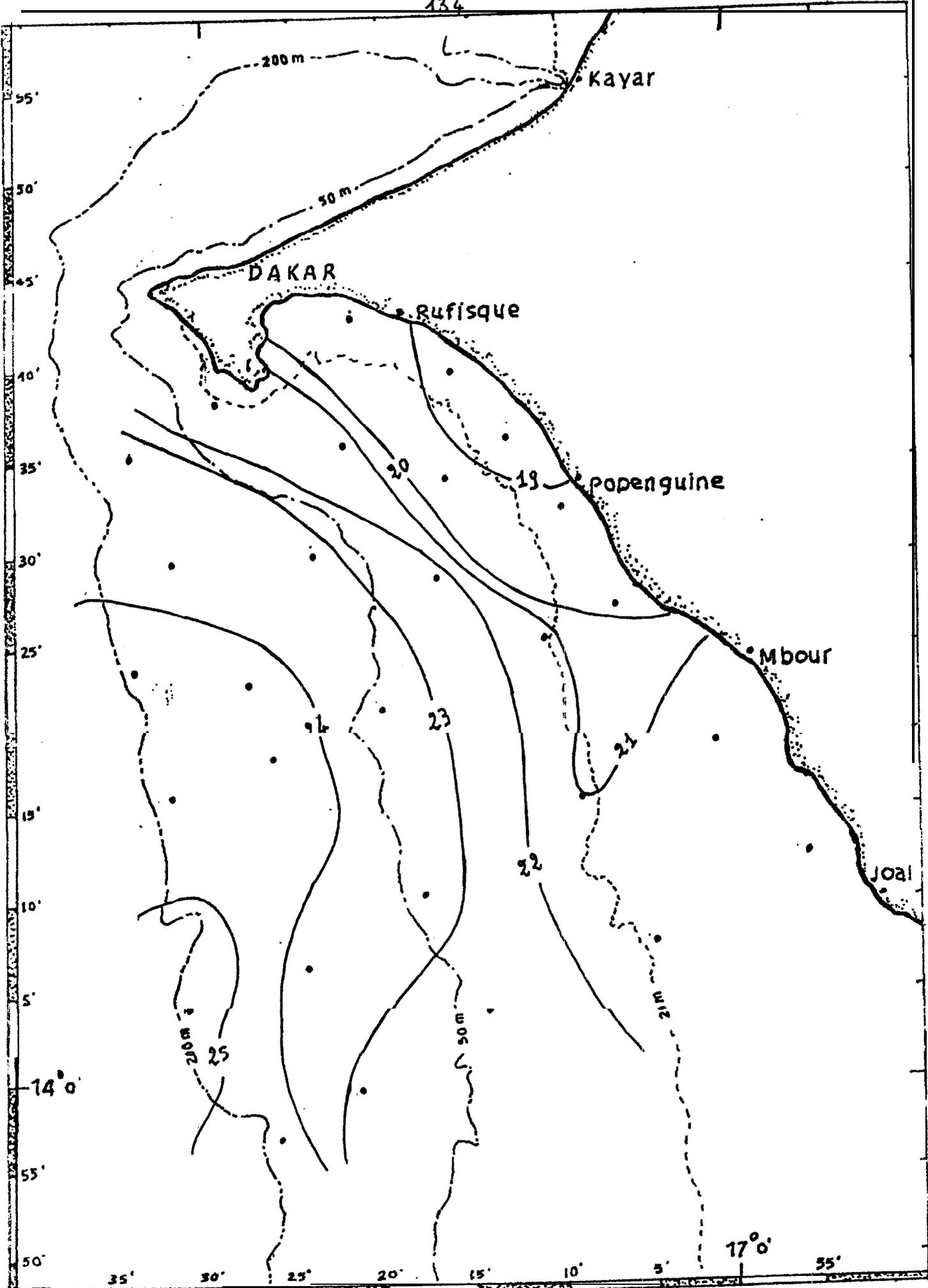


Fig. 32 Isothermes de surface (°C) : 1-6 juin 1982

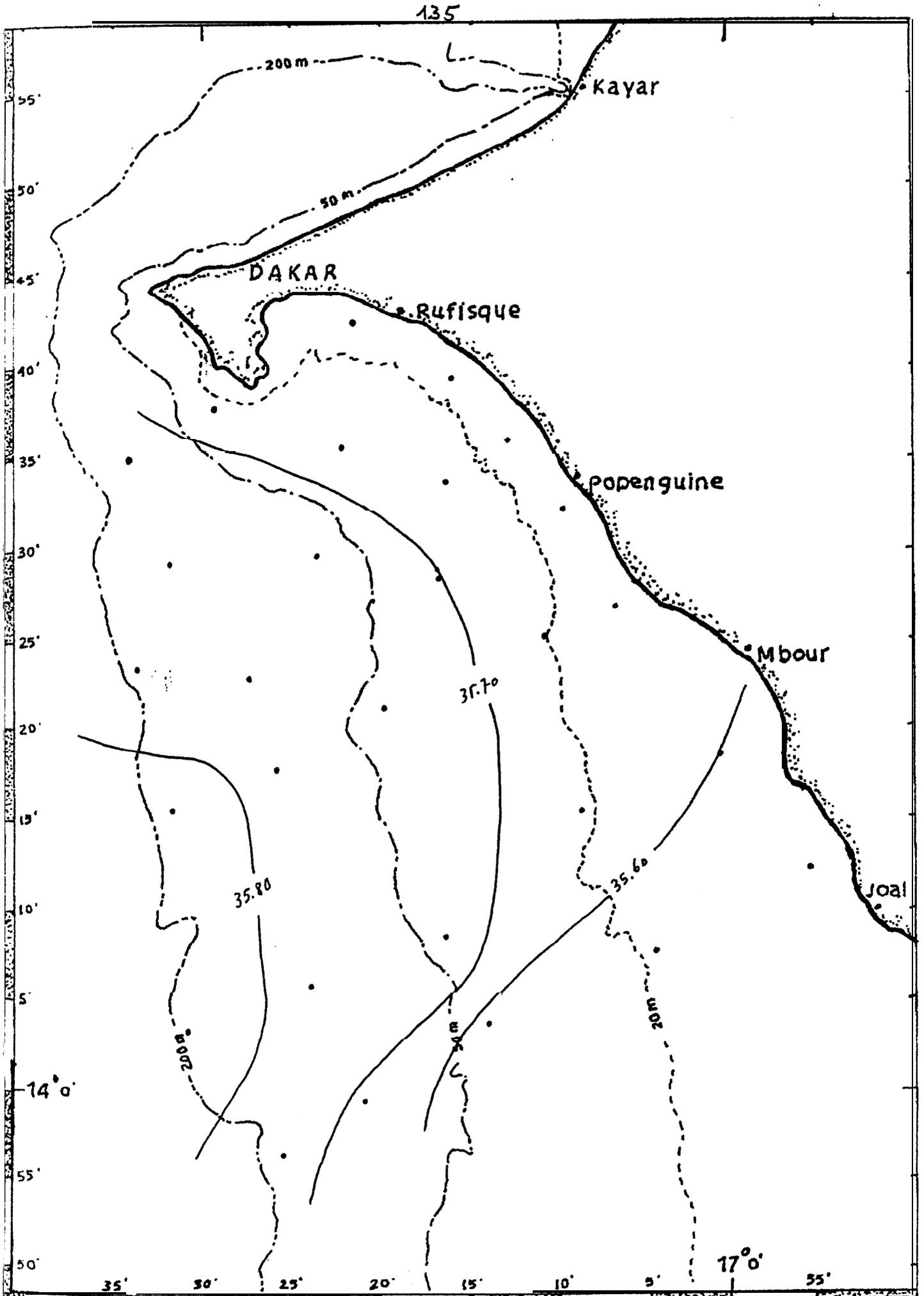


Fig. 33 Salinité de surface (‰) : 1-6 juin 1982

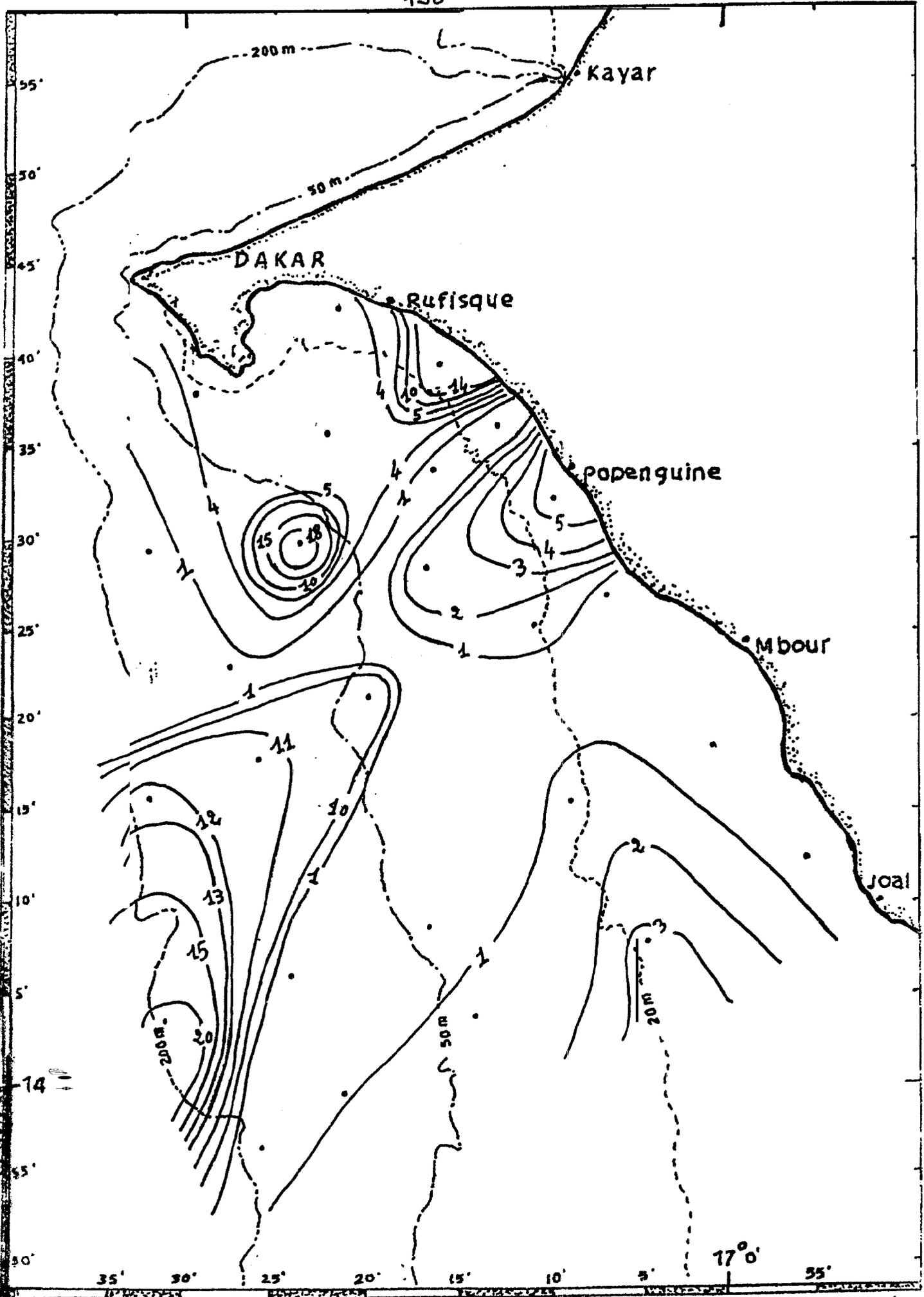


Fig 34 Nitrates de surface ($\mu\text{g/l}$) : 1-6 juin 1982

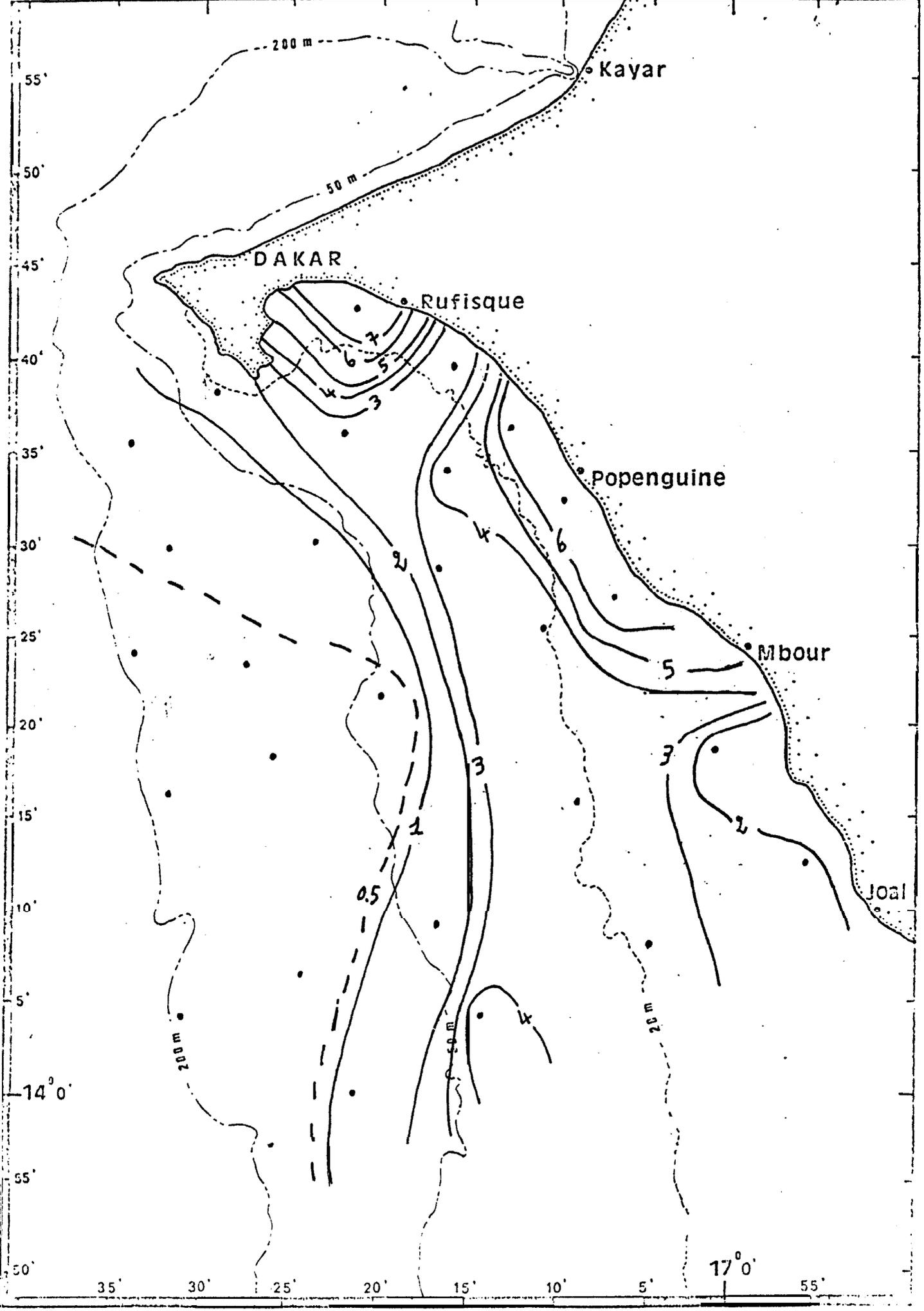


Fig. 35 Chlorophylle a de surface ($\mu\text{g}/\text{l}$) : 1-6 juin 1982

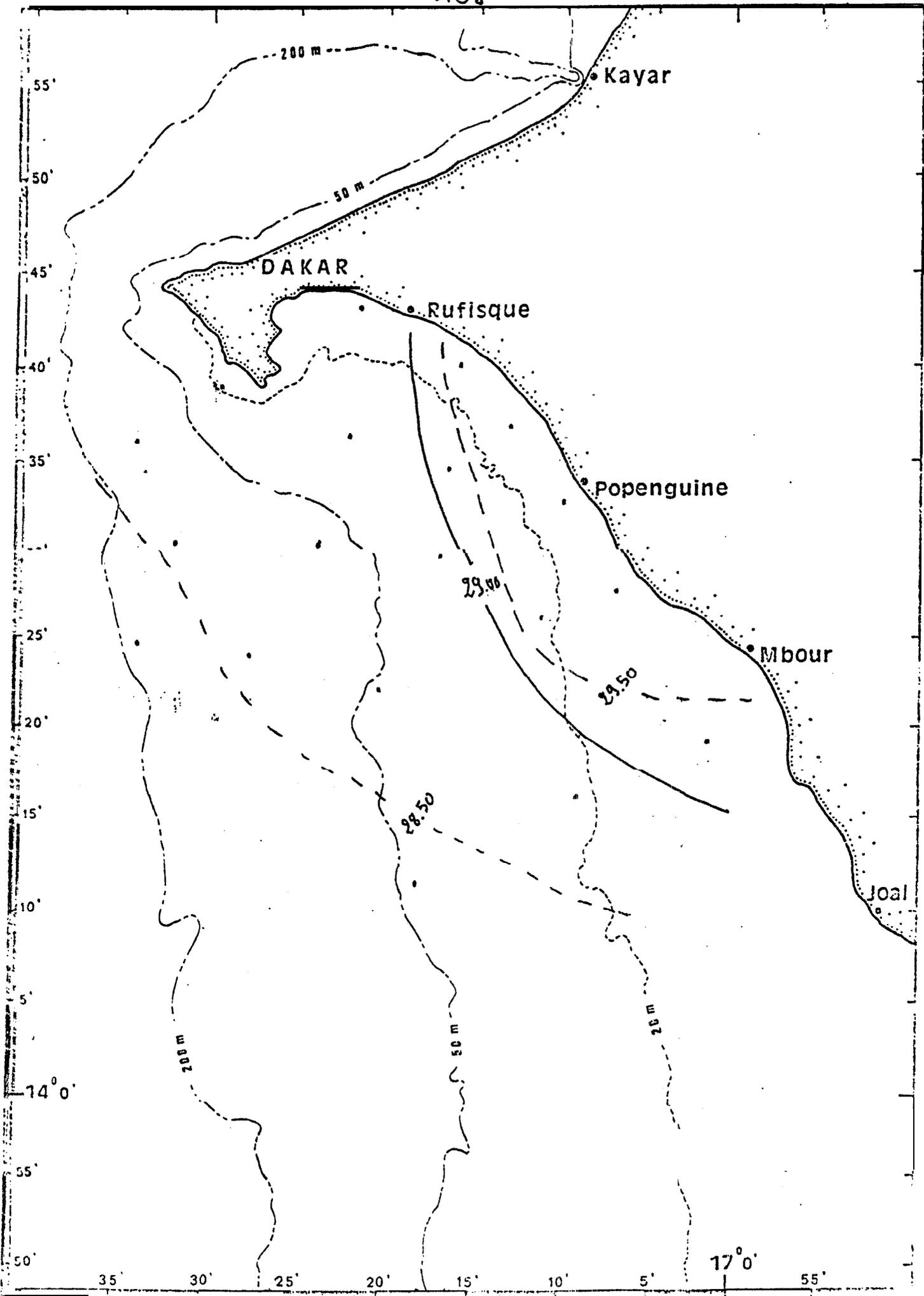


Fig. 37. Isothermes de surface : 1-3 septembre 1982

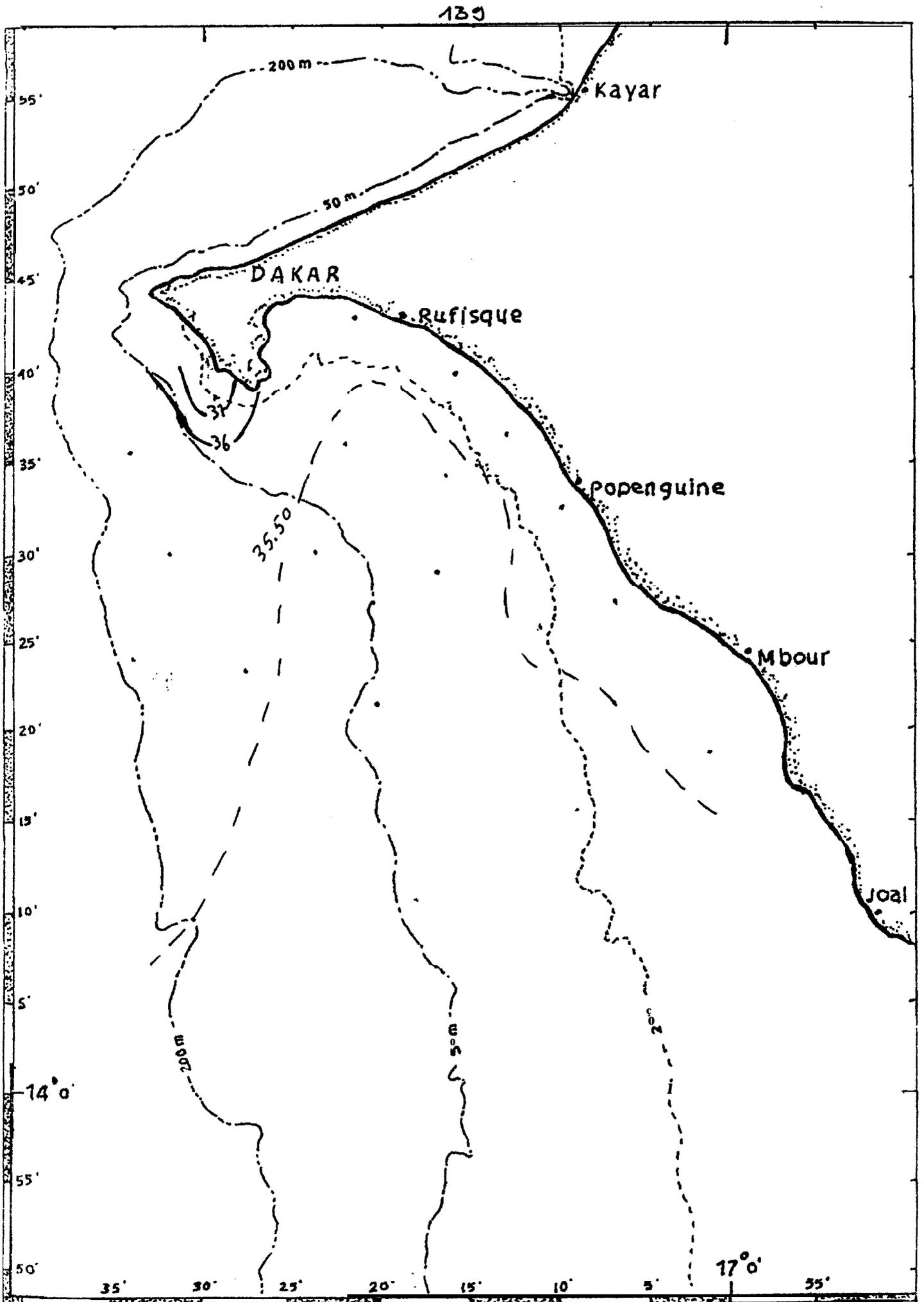


Fig. 38 - Salinité de surface (‰) : 1-3 septembre 1982

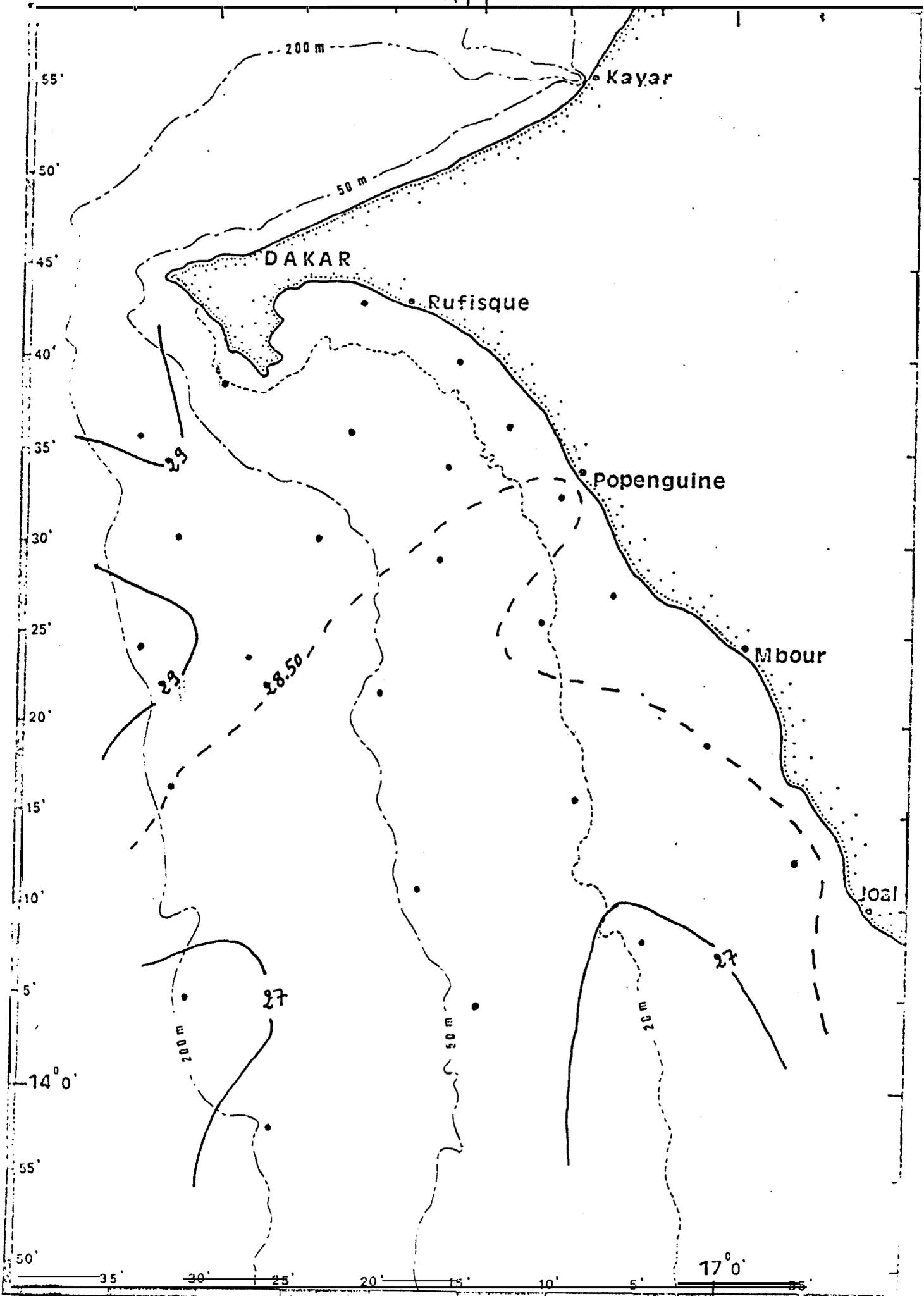


Fig. 41 - Isothermes de surface (°C) : 13-15 octobre 1982

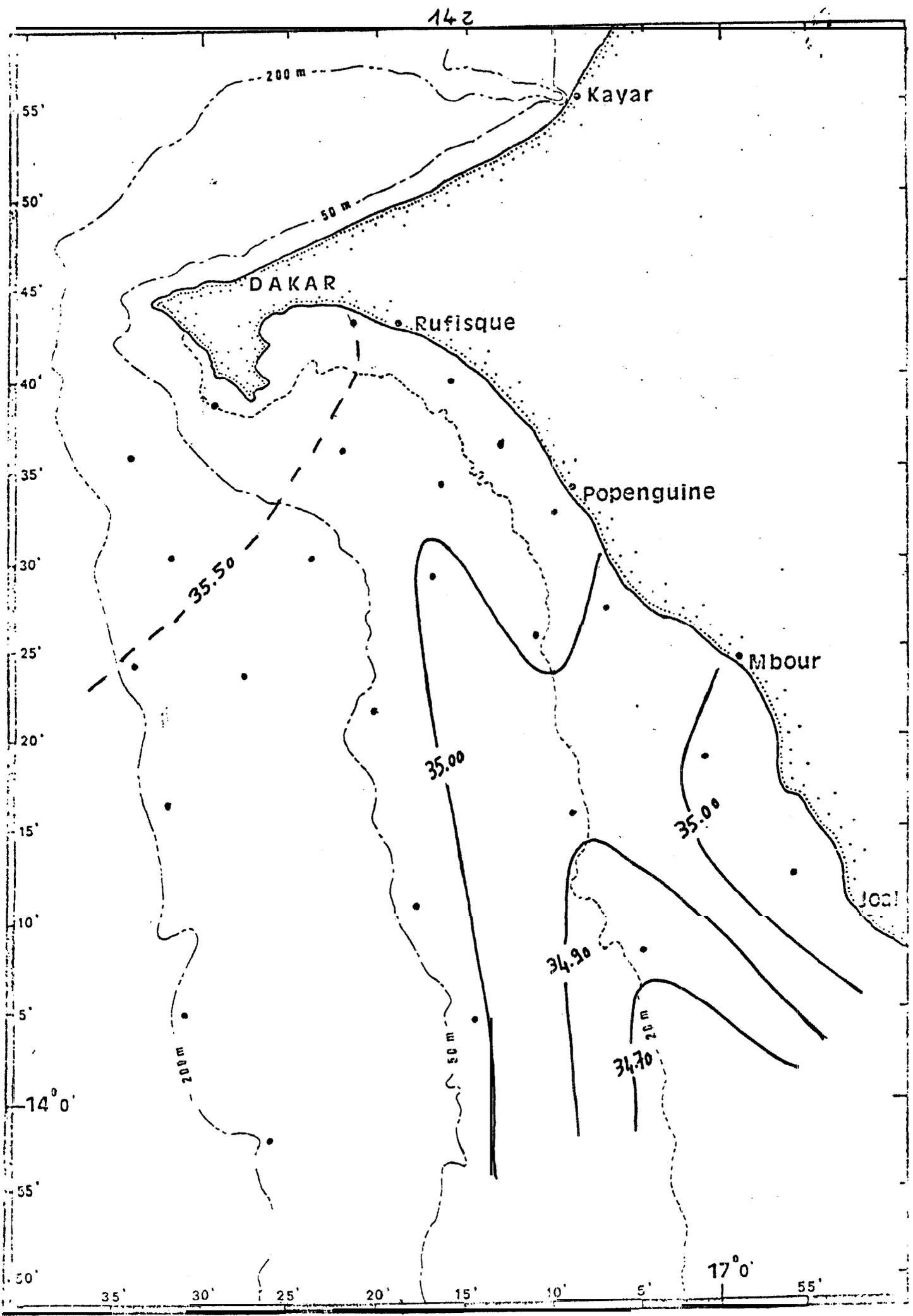


Fig. 42. Salinité de surface (‰) = 13-15 octobre 1982

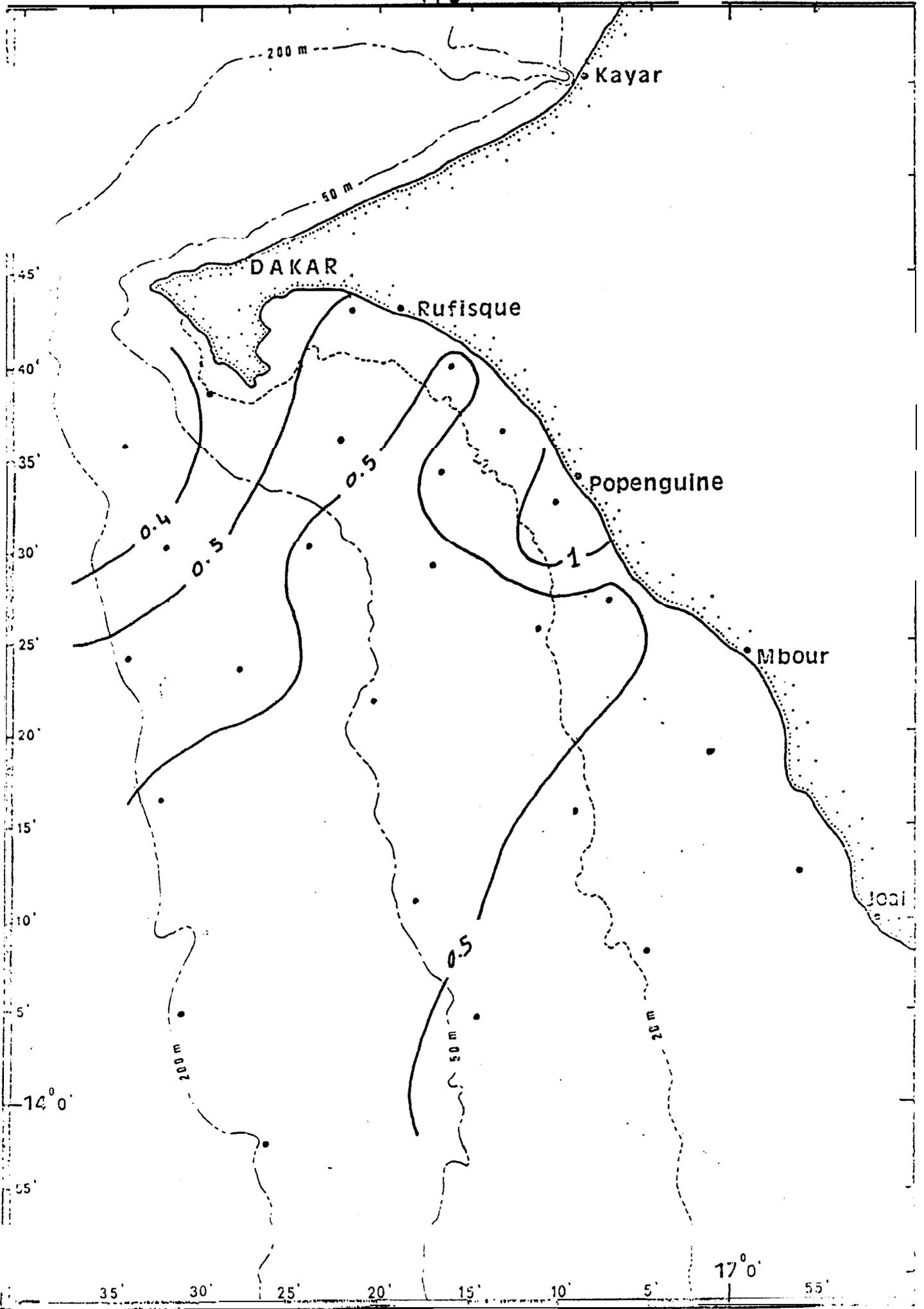


Fig. 43. Nitrates de surface ($\mu\text{atg/l}$): 13-15 octobre 1982

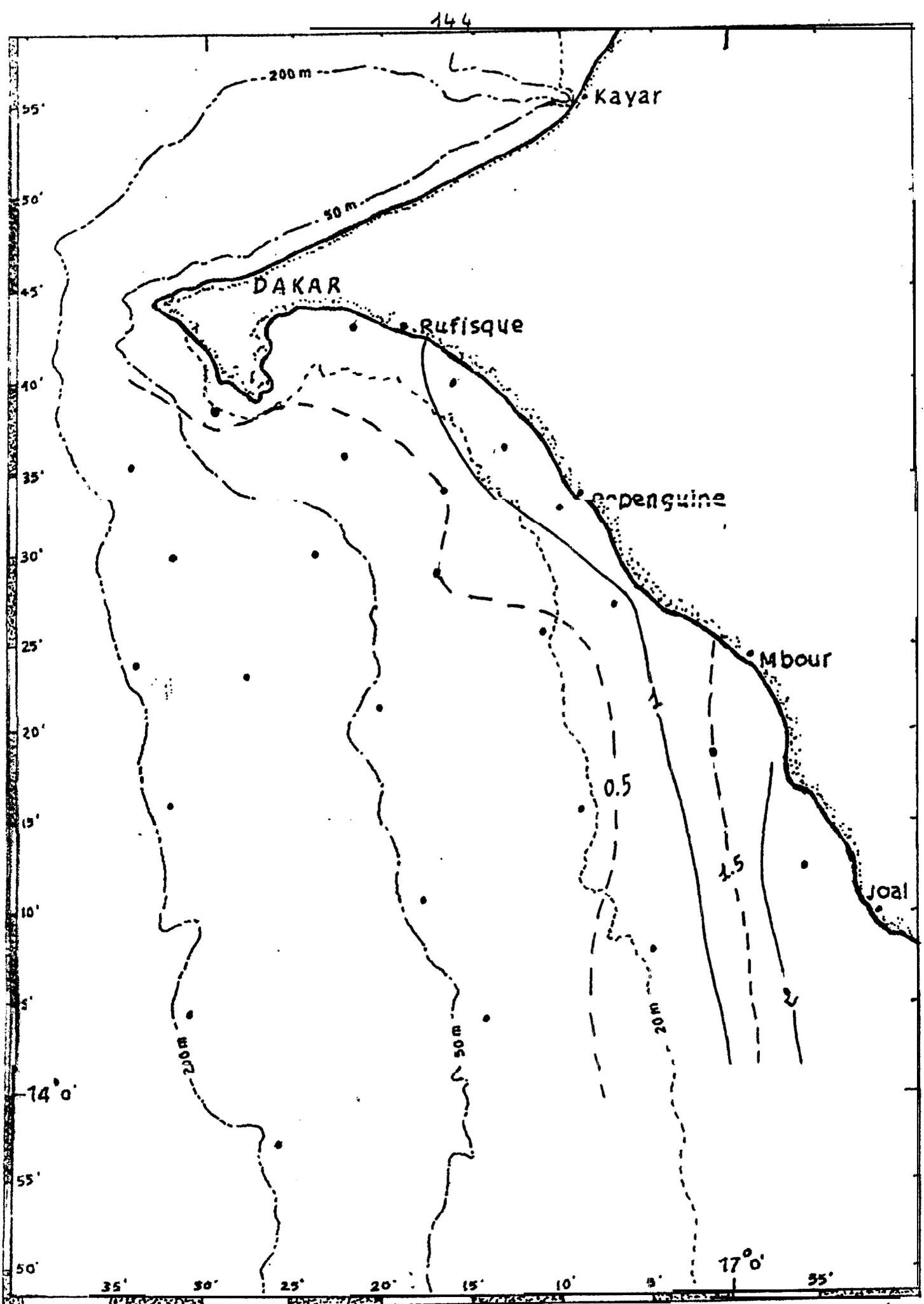


Fig. 44 Chlorophyll a de surface (mg/l) : 13-15 octobre 1982

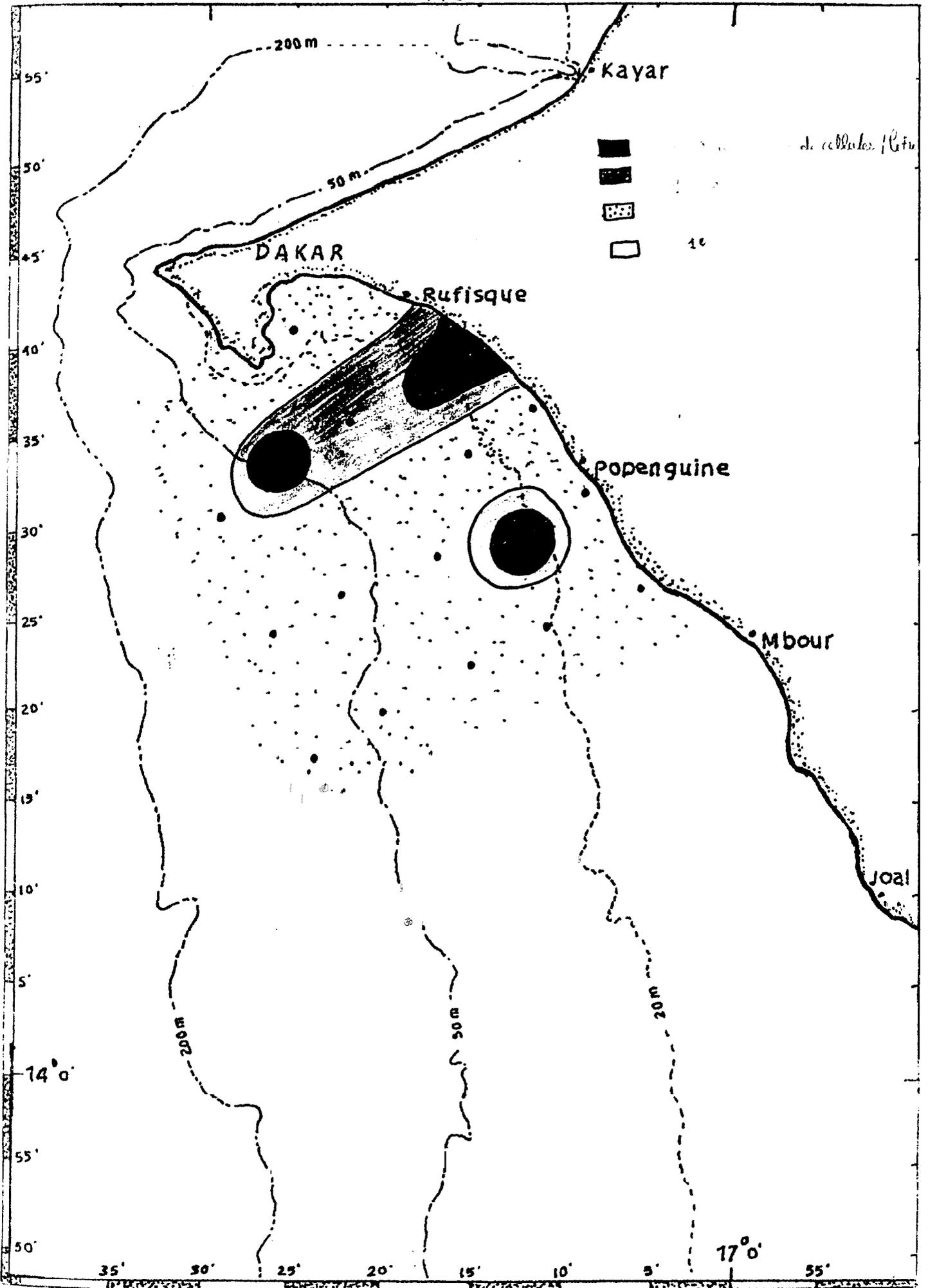


Fig. 4.6 Répartition quantitative du phytoplancton (13-23 décembre 1981)

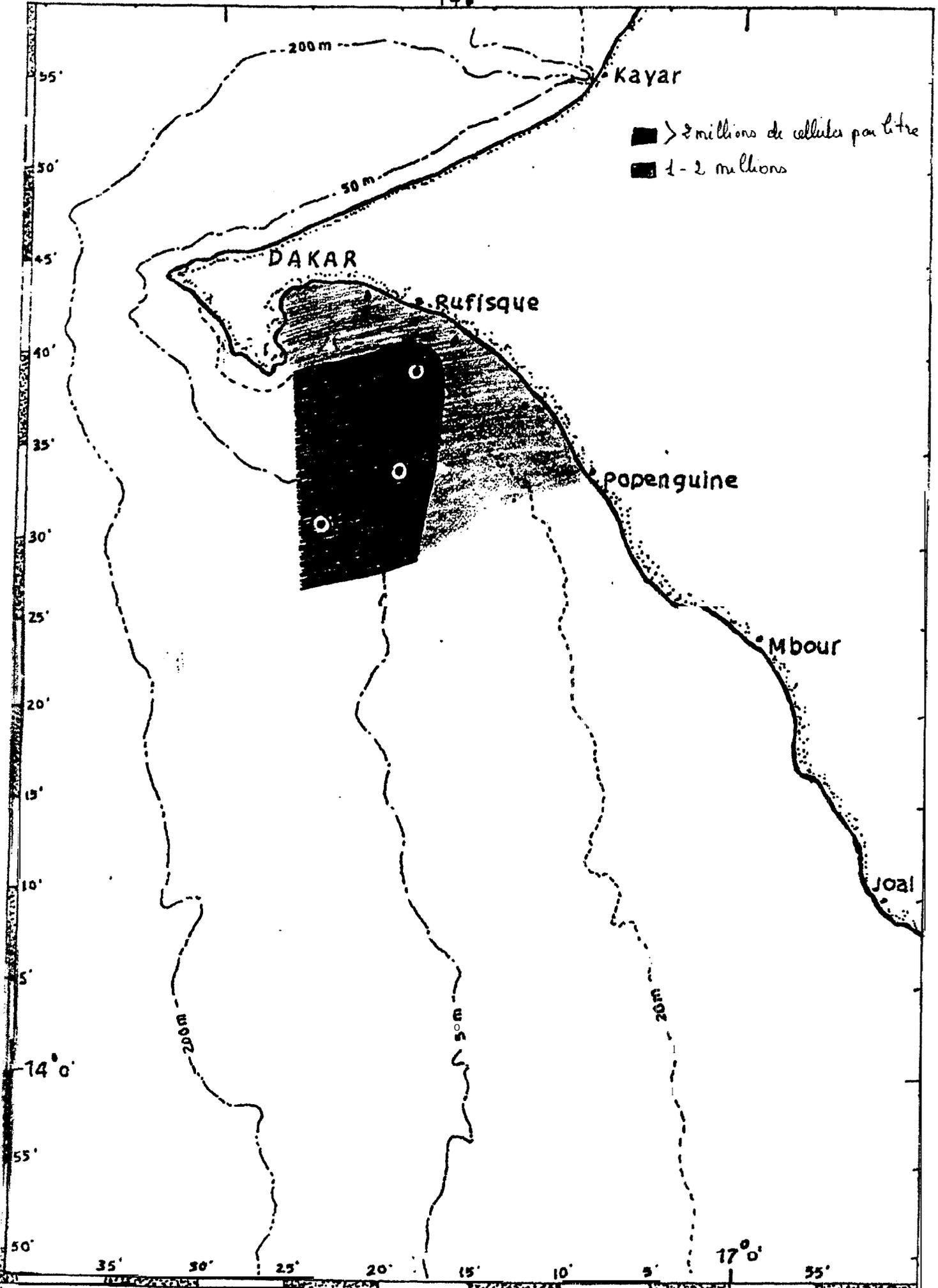


Fig. 47. Répartition quantitative du phytoplancton (nb de cellules/l); mars 1982

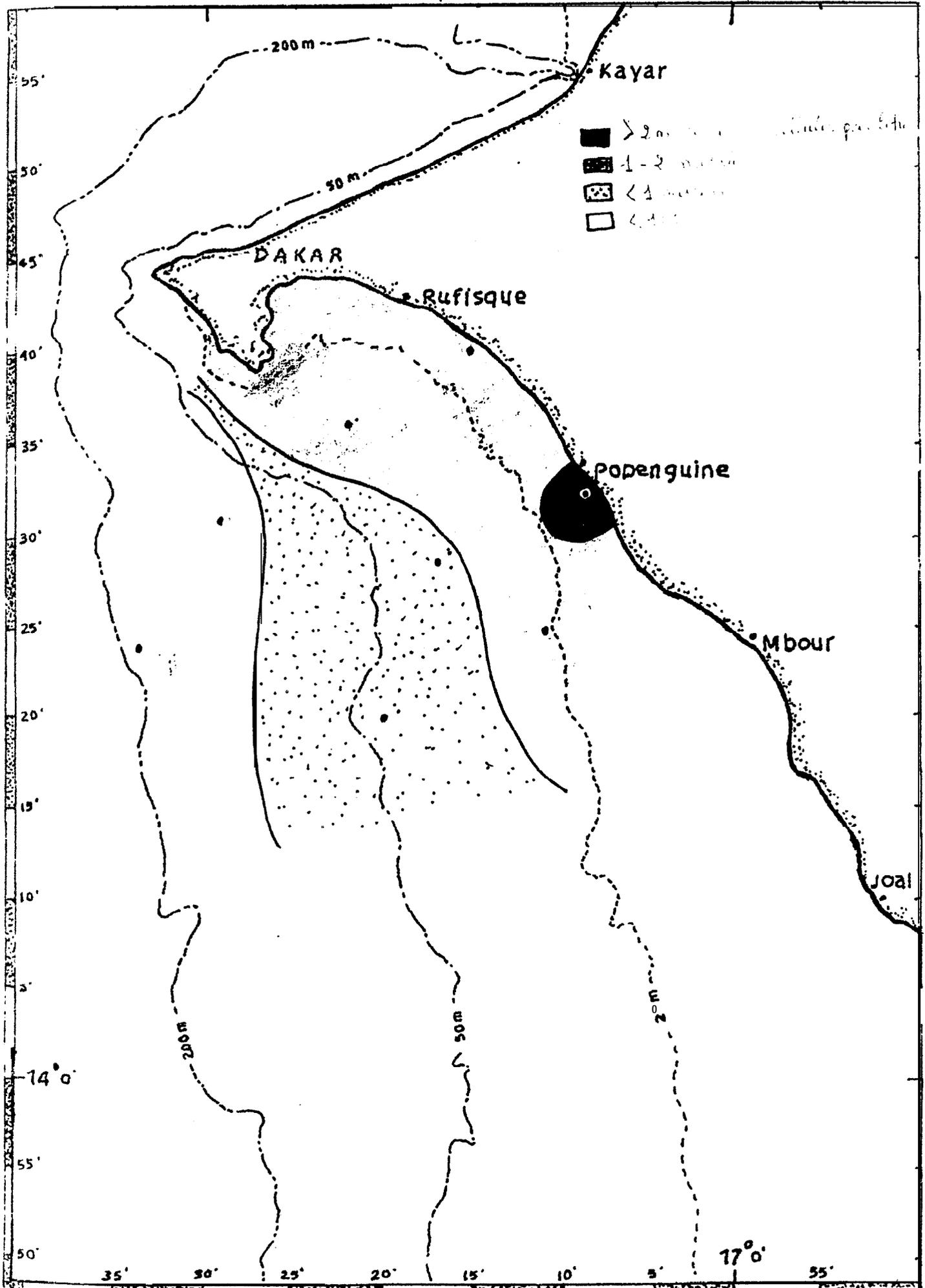


Fig. 48 Répartition quantitative du phytoplancton (nb de cellules/l): juin 1982

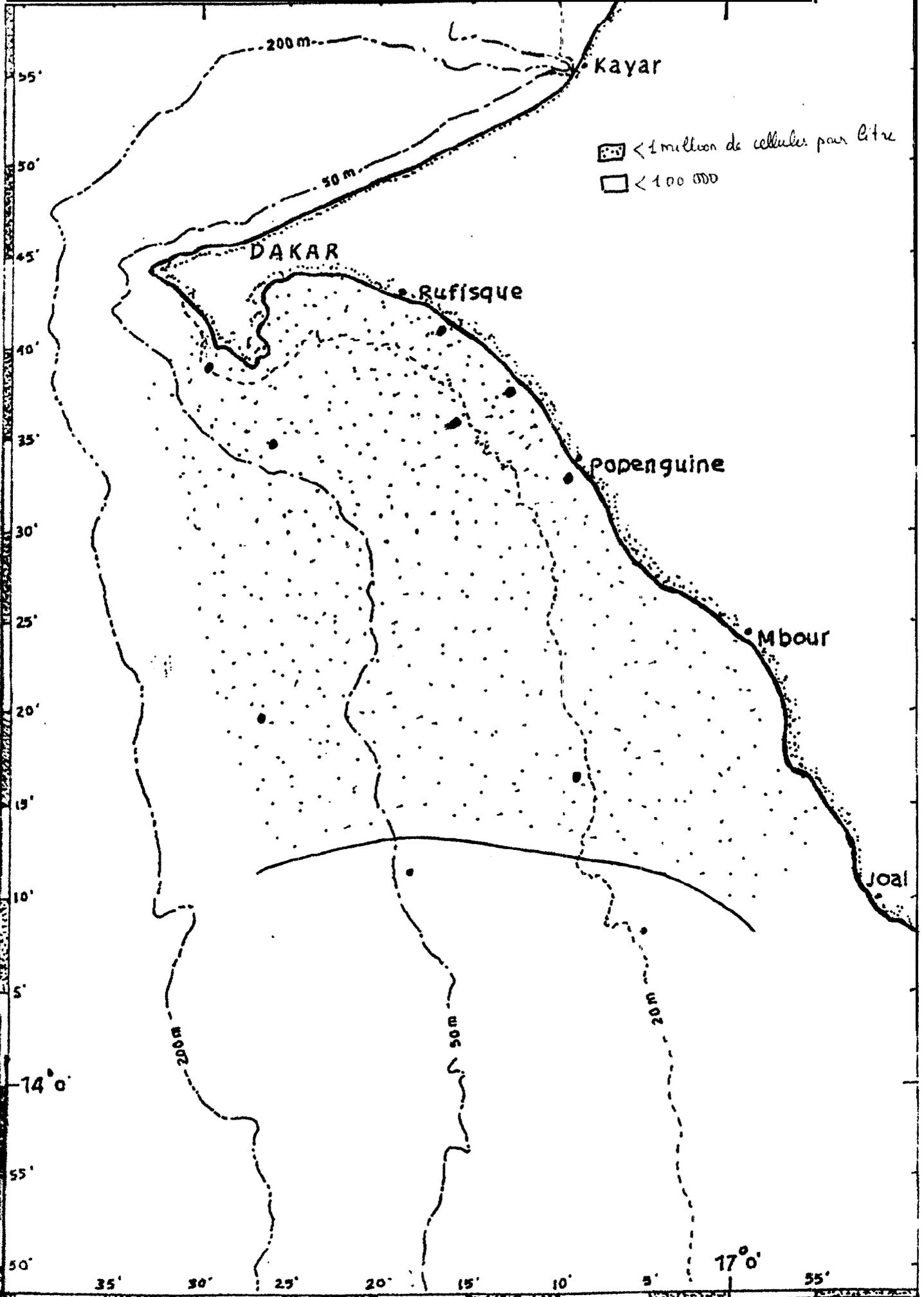


Fig. 49. Répartition quantitative du phytoplancton (nb de cellules/l): octobre 1982

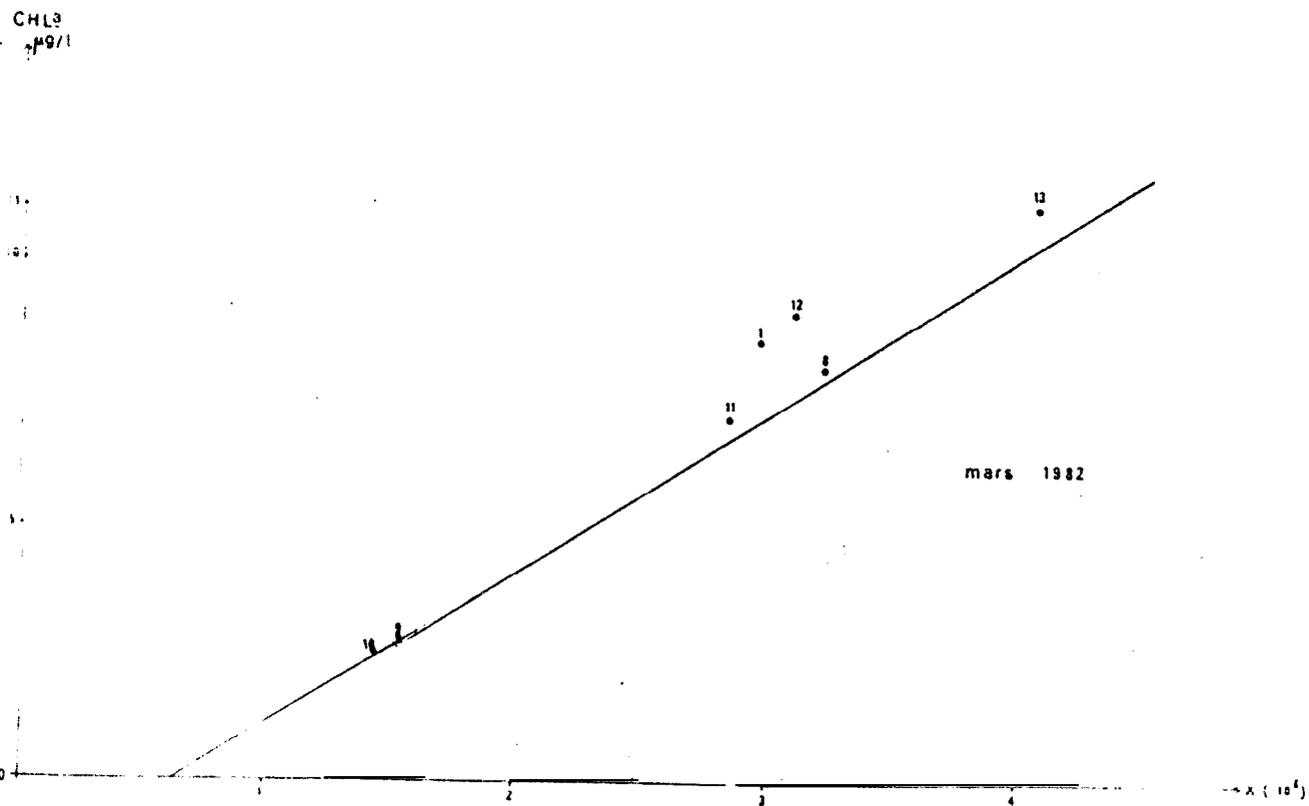
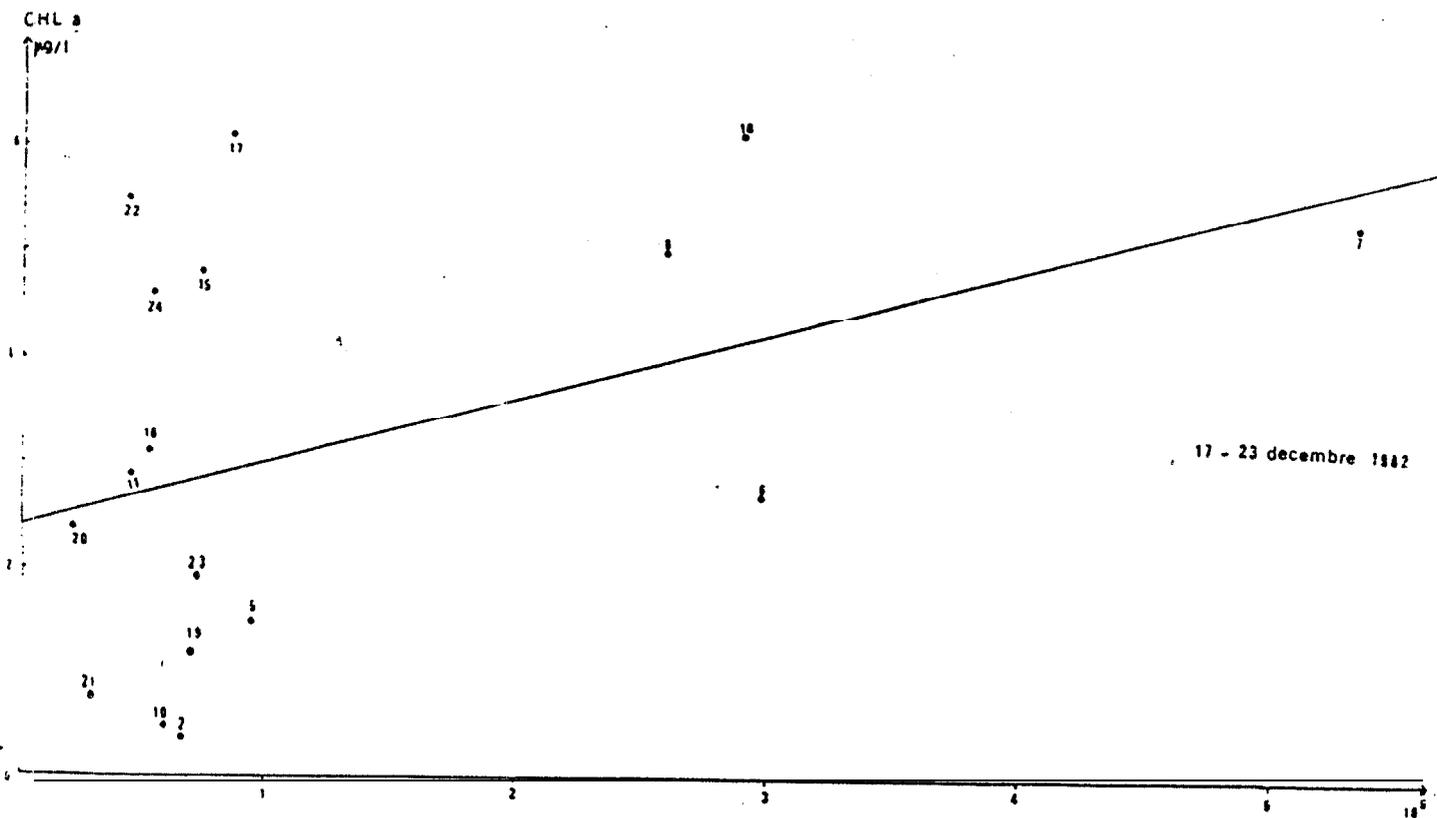


Fig. 50 - Relation entre la chlorophylle a (µg/l) et la concentration cellulaire par litre.