

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

par

Atssatou DIA

RAPPORT INTERNE  
N° 44

BIOMASSE ET BIOLOGIE  
DU PHYTOPLANCTON LE LONG  
DE LA PETITE COTE SENEGALAISE  
RELATIONS AVEC L'HYDROLOGIE

RAPPORT PRESENTE

*Par*

Aïssatou DIA Chercheur à l'essai

RESUME

Les résultats fournis par sept campagnes océanographiques entre Dakar et Joal ont permis de suivre l'évolution de la biomasse phytoplanctonique de la fin-de la saison chaude (novembre) à la période d'intensification maximale (mars) des upwellings côtiers le long de la "Petite Côte" sénégalaise.

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

Les upwellings côtiers au niveau de Popenguine et de Pointe Rouge provoquent un accroissement considérable de la chlorophylle  $a$  qui dépasse  $13\mu\text{g}/\text{l}$  en fin mars alors qu'en allant vers le large les concentrations chlorophylliennes sont moins importantes.

Les eaux froides issues de l'activité des upwellings favorisent en début mars une poussée phytoplanctonique dans laquelle la diversification des espèces est faible. Les diatomées dominent largement et sont essentiellement des espèces cosmopolites. La multiplication des cellules est très active sans qu'il y ait mélange de populations distinctes.

## S O M M A I R E

## INTRODUCTION

## 1. PRESENTATION 'DU MILIEU

## 2. METHODES D'ETUDE

- 2.1. Stations hydrologiques
- 2.2. Echantillonnage du phytoplancton
- 2.3. Les dosages

## 3. VARIATIONS DE LA BIOMASSE PHYTOPLANCTONIQUE

- 3.1. Période d'eaux chaudes
- 3.2. Période d'eaux froides
- 3.3. Conclusion

## 4. BIOLOGIE DU PHYTOPLANCTON

- 4.1. Aperçu quantitatif et systématique des **espèces** recueillies
  - 4.1.1. Tableau de fréquence des espèces récoltées
- 4.2. Relevé systématique et aperçu de la distribution des espèces phytoplanctoniques
  - 4.2.1. Les Diatomées
  - 4.2.2. Les Dinoflagellés
- 4.3. Succession et écologie des populations phytoplanctoniques
- 4.4. Comparaison des deux méthodes d'étude du phytoplancton : dosage de la chlorophylle a - numération
- 4.5. Conclusion

## 5. CONCLUSIONS GENERALES

## I N T R O D U C T I O N

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 donc 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 toutes 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. En effet, dans un upwelling, les eaux riches en sels nutritifs à une profondeur de quelques centaines de mètres ou plus, sont amenées sous

l'action du vent dans la zone euphotique au voisinage de la côte. Ces sels dans les couches superficielles ou règne une photosynthèse importante due à l'insolation, favorisent le développement du phytoplancton, premier élément du réseau trophique.

Un upwelling intense enrichissant la zone euphotique en sels minéraux peut cependant induire des taux de production primaire réduits du fait d'une multitude d'effets liés à la diminution de l'échelle de temps et à l'augmentation de la turbulence. Un upwelling bien développé crée une circulation plus rapide, le temps de résidence des eaux riches en sels minéraux dans la zone euphotique devenant alors trop court pour permettre au phytoplancton de consommer ces sels nutritifs et de se développer suffisamment avant d'être brouté par le zooplancton. D'autre part la turbulence réduit la possibilité de longues périodes d'exposition à une lumière intense, nécessaire au phytoplancton pour croître à un taux soutenu.

Du fait de la stratification de la colonne d'eau, le phytoplancton peut se présenter en concentrations importantes aisément utilisables par le zooplancton et les larves de poissons pélagiques. Cependant l'agitation de la colonne d'eau par le vent peut éparpiller ces concentrations de phytoplancton et diminuer la disponibilité en nourriture à des degrés tels que la croissance et la survie de ces organismes ne seraient plus possibles. Il semble donc qu'un upwelling intermittent conduira à des taux plus élevés de productivité qu'un upwelling installé en permanence (WROBLEWSKI, 1977).

Le phytoplancton des eaux côtières sénégalaises n'a fait jusqu'ici l'objet d'aucune recherche continue, il conviendrait de combler cette lacune en y effectuant une étude échelonnée sur un cycle annuel pour y observer les variations saisonnières qualitatives et quantitatives, complétées d'une étude corrélative du milieu,

Ce présent rapport analyse donc les variations spatiotemporelles de la biomasse phytoplanctonique en rapport avec les conditions physiques et chimiques du milieu et ne constitue qu'une étape d'un travail plus élaboré devant faire l'objet d'une thèse de 3ème cycle.

## 1 . P R E S E N T A T I O N   D U   M I L I E U

La zone prospectée s'étend de Dakar (14° 42' N) au sud de Joal (14° 5' N), elle est limitée par l'isobathe des 200 mètres (figure 1).

Le grand intérêt de cette région réside dans le fait qu'elle se trouve dans une zone de transition entre les eaux tropicales chaudes et des eaux plus froides provenant de la dérive canarienne et d'upwellingscôtiers (OREN, 1972). Les eaux sont alternativement chaudes et froides avec un changement brutal qui entraîne des modifications dans les populations phytoplanctoniques.

Notre zone d'étude est sous l'influence des alizés, vents du secteur nord, frais et relativement humides liés au déplacement en latitude de la dépression cyclonale qui se trouve sur le golfe de Guinée de décembre à avril.

Parmi les 4 catégories d'eaux définies par BERRIT (1982) dans le golfe de Guinée, 3 se trouvent dans la zone sénégalienne (ROSSIGNOL et ABOUSSOUAN 1965) ;

- les eaux "tropicales", chaudes et salées ( $T > 24^{\circ} \text{C}$ ,  $S > 35\%$ ),
  - les eaux "canariennes", froides et salées ( $T < 24^{\circ} \text{C}$ ,  $S > 35\%$ )
- représentées ici par le flux méridional de la dérive canarienne et par les upwellings côtiers.
- les eaux "guinéennes", chaudes et dessalées ( $T > 24^{\circ} \text{C}$ ,  $S < 35\%$ ) qui envahissent ce secteur seulement de septembre à novembre.

Alors que la période comprise entre janvier et avril est marquée par un upwelling important provoqué par la persistance des alizés, les mois de mai et juin sont, au contraire, caractérisés par l'atténuation de ces vents et, par suite, par des upwellings intermittants. Il se produit alors un réchauffement progressif à partir du sud (CONAND et FAGETTI, 1971). L'isotherme  $24^{\circ}\text{C}$  a été choisi arbitrairement pour déterminer la limite nord d'extension des eaux "tropicales" dans cette région. Situé vers  $10-11^{\circ} \text{N}$  pendant la période janvier-avril, il monte rapidement vers le nord de mai à juillet et atteint  $20^{\circ}\text{N}$ . Il dépasse cette latitude d'août à octobre puis redescend vers le sud en novembre-décembre (OREN, 1972).

Au point de vue de la circulation, notre zone d'étude est sous l'influence du courant des Canaries, de la dérive nord-atlantique et des vents. La circulation des eaux de surface se fait vers le sud.

## 2. METHODES D'ETUDE

### 2.1. STATIONS DE PRELEVEMENT

#### 2.1.1. Stations hydrologiques

7 campagnes ont été réalisées de novembre 1981 à mars 1982.

La zone d'étude a été divisée en 7 radiales avec un quadrillage de pas de 5 milles marins comprenant au total 36 stations hydrologiques, dont la profondeur varie de 10 à 200 m au large (figure 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.

#### 2.1.2. Stations pour l'étude du phytoplancton

Les prélèvements de phytoplancton ont été effectués du 17 au 23 décembre 1981 sur 18 stations des radiales 1, II, XII, IV et le 12 mars 1982 sur les stations 1, 8, 9, 10, 11, 12, 13 au voisinage donc du centre d'upwelling de Pointe Rouge.

### 2.2. ECHANTILLONNAGE DU PHYTOPLANCTON

Toutes les récoltes s'effectuent en surface à 20 stations réparties sur 5 radiales allant de Dakar à Joal (figure 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. Une série de prélèvements sont effectués par mois. Cependant, les récoltes risquant d'être trop échelonnées dans le temps, des échantillonnages seront faits une fois par semaine à une station côtière facilement accessible au large de Pointe Rouge où se situe un centre d'upwelling.

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 cette période d'essais.

Deux premiers essais ont été tentés en fin décembre 1981 et au début du mois de mars 1982.

En décembre, un litre d'eau a été prélevé à chaque station puis filtré sur filtre Millipore (pores de  $0.45\mu$  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'étude 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  $50\mu$  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 adoptée :

Pour chaque station, 10 points sont choisis arbitrairement dans un rayon d'un dixième de mille. En chacun de ces points 10 litres d'eau de mer sont prélevés dans un seau. De chacun de ces volumes de 10 litres est prélevé un volume d'un litre après agitation pour l'homogénéisation du contenu phytoplanctonique.

Du volume final de 10 litres est prélevé après homogénéisation un volume d'un litre fixé immédiatement au formol.

L'échantillon est mis à sédimenter pendant 24 heures dans une éprouvette graduée. Après sédimentation, l'eau surnageante est siphonnée, le reliquat étant transvasé dans un récipient plus petit pour une deuxième sédimentation. Le volume contenant l'extrait phytoplanctonique final est mesuré et après homogénéisation par agitation, une goutte est alors prélevée pour procéder au comptage entre lame et lamelle.

### 2.3. LES DOSAGES

#### Chl orophylle

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

Les températures sont mesurées à l'aide de thermomètres à renversement.

#### Salinité

Dosage par mesure de la conductivité au salinimètre 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 (silicates + molybdate d'ammonium).

Oxygène

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

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

Le milieu marin intervient sur les organismes **phytoplanctoniques** d'une part, par les courants qui les entraînent mais aussi par ses caractères physico-chimiques.

Situé dans la zone tropicale où les échanges de chaleur sont plus importants entre les océans et l'atmosphère, la baie de Garée est soumise, une bonne partie de l'année, à un réchauffement intense de ses eaux de surface. Sa structure thermique va donc dépendre du rayonnement **solaire**, de **l'évaporation**, des échanges thermiques avec l'atmosphère, de **l'upwelling**, du transfert de chaleur par les courants marins.

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 **biogènes** 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. Les phosphates-et silicates n'ont été dosés qu'en novembre et fin décembre.

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 d'origine biologique de la concentration d'oxygène par photosynthèse (production d'oxygène) ou par régénération des substances nutritives (consommation d'oxygène). Des changements d'origine 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 (adenosine triphosphate) du carbone particulaire, du phosphore particulaire ou de la chlorophylle. D'après LE MASSON et ses collaborateurs (1981) aucun de ses 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, sa dégradation rapide permet d'évaluer la matière vivante, ses formes dégradées peuvent représenter une fraction importante du total pouvant atteindre 100% (GLOOSCHENKO et al., 1972).

Deux périodes thermiques peuvent être distinguées dans cette étude : une période d'eaux chaudes, de novembre à début décembre 1981 et une période d'eaux froides à partir de la fin du mois de décembre 1981.

### 3.1. PERIODE D'EAUX CHAUDES

L'apparition tardive des alizés favorise la persistance des eaux guinéennes. Les eaux de surface sont partout chaudes ( $>25^{\circ}\text{C}$ ) (figure 2), pauvres en sels nutritifs (figure 3) et riches en oxygène (figure 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 ( $2\ \text{à}\ 3\ \mu\text{g/l}$ ) se retrouvant au niveau de Pointe Rouge et au sud de Popenguine atteignent les fonds de 35 mètres (figure 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 (figure 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-réminéralisation** (BANSE, 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.

Il existe un rapport étroit entre la biomasse phytoplanctonique 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 lumière 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** (3s) 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'y** a cependant pas de corrélation entre les deux, les **mesures** des taux de chlorophylle a n'ayant pas été effectuées sur **zs**.

### 3.2. PERIODE D'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 (figure 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.

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 (figure 9) et enrichissent donc cette zone en sels nutritifs (figure 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 élevées sont légèrement décalées vers le large des centres d'upwelling et enrichissent les eaux superficielles en oxygène photosynthétique (figures 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.

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 (figure 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 Thiaroye au sud de Mbour (figure 14) tout en l'enrichissant en sels nutritifs (figure 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 (figure 15).

Les plus fortes concentrations de chlorophylle a se retrouvent en surface sur les fonds de 30 mètres (figure 16). Les **conditions** étant plus favorables au développement du phytoplancton, les deux lentilles phytoplanctoniques au voisinage 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 (figure 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 Thiaroye au sud de Mbour est envahie par des eaux froides de moins de 15°C (figure 18) riches en nitrates (figure 19).

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/g de chlorophylle *a* (figure 20).

A la fin-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 Thiaroye et Pointe Rouge.

A la fin du mois de mars, les vents se remettent à souffler et les upwellings côtiers reprennent leur activité.

Les eaux de surface se refroidissent légèrement (<16° C) le long de la côte jusqu'au sud de Mbour (figure 21).

La chlorophylle *a* atteint des concentrations de 12,2 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 associée à 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. (figure 22), et, du fait de leur activité photosynthétique appauvrissent cette zone en nitrate (figure 23) tout en l'enrichissant en oxygène photosynthétique (figure 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 (figure 26). L'extinction du disque de Secchi aux stations du large s'effectue entre 4 et 5 mètres de profondeur ce qui traduit bien l'importance de la concentration phytoplanctonique dans la couche superficielle (figure 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.

### 3.3. 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 intermittent du mois de mars favorisent un accroissement considérable en surface de la biomasse phytoplanctonique.

## 4. BIOLOGIE DU PHYTOPLANCTON

## 4.1. APERCU QUANTITATIF ET SYSTEMATIQUE DES ESPECES RECUEILLIES

## 4.1.1. Tableau de fréquence des espèces récoltées

L'attention a été portée tout spécialement sur les Diatomées qui sont très abondantes en fin décembre 1981 et au début du mois de mars 1982. Les Dinoflagellés sont beaucoup moins nombreuses et beaucoup moins variées.

Sur un tableau de distribution sont présentés une liste de toutes les espèces de Diatomées et de Dinoflagellés rencontrés dans les échantillons examinés provenant des différentes stations et le nombre d'individu compté pour chaque espèce dans un volume de 0,1 ml.

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

## 4.2. RELEVÉ SYSTEMATIQUE ET APERCU DE LA DISTRIBUTION DES ESPECES PHYTOPLANCTONIQUES

## 4.2.1. Les Diatomées

Les Diatomées peuvent être classées en deux catégories d'après leur abondance et leur distribution spatiale :

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

. 5 espèces très abondantes, présentes à la **majorité** des stations. Ils s'agit de :

*Nitzschia seriata* MARGALEF  
*Chaetoceros affine* HUSTEDT  
*Chaetoceros curvisetum* HUSTEDT  
*Rhizosolenia stolterfothi* HUSTEDT  
*Skeletonema costatum* PERAGALLO

. 3 espèces moins abondantes

*Nitzschia delicatissima* PERAGALLO  
*Nitzschia angularis* PERAGALLO  
*Nitzschia acicularis* CLEVE

. 9 espèces rares, peu abondantes, se retrouvant au voisinage des centres d'upwelling.

*Nitzschia fluminensis* CLEVE  
*Nitzschia pungeus* var. *atlantica* MULLER MELCHEIS  
*Nitzschia acicularis* var. *closterioides*  
*Synedra cristallina* HUSTEDT  
*Pleurosigma intermedium* ANDRADE  
*Asterionella japonica* HUSTEDT  
*Coscinodiscus gigas* HUSTEDT  
*Coscinodiscus radiatus* RICARD  
*Melosira granulosa*

. 8 espèces très rares :

*Surirella ovalis* BREB.  
*Synedra closterioides* HUSTEDT  
*Chaetoceros coarctatum* HUSTEDT  
*Biddulphia mobiliensis* HUSTEDT  
*Thalassiothrix longissima* HUSTEDT  
*Rhizosolenia setigera* HUSTEDT  
*Rhizosolenia calcar-avis* HUSTEDT  
*Gorethron hystrix* HUSTEDT

2) Les espèces de saison froide dont :

. 5 espèces concentrées au voisinage des centres d'upwelling en fin décembre :

*Thalassionema nitzschioides* HUSTEDT

*Pleurosigma elongatum* ANDRADE

*Hemiaulus sinensis* HUSTEDT

sont abondantes en fin décembre, la première participe activement à la poussée phytoplanctonique du mois de mars.

*Chaetoceros decipiens* HUSTEDT

*Rhizosolenia hyalina* REYSSAC

sont moins abondantes en fin décembre et augmentent **considérablement** en mars. .

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

- 3 espèces sont responsables de la **poussée** phytoplanctonique, très abondantes, elles sont présentes à toutes les stations

*Stephanophyxis palmeriana* HUSTEDT

*Cerataulina bergoni* HUSTEDT

*Bacteriastrium hyalinum* HUSTEDT

- 2 espèces sont moins abondantes

*Bacteriastrium hyalinum* var. *princeps* IKARI

*Coscinodiscus oculus - iridis* PERAGALLO

- 3 espèces sont rares :

*Triceratium favus* HUSTEDT

*Nitzschia longissima* PERAGALLO

*Nitzschia paradoxa* PERAGALLO

#### 4.2.2. Les Dinoflagellés

Ce sont des espèces rares, dont deux sont caractéristiques à la période de transition :

*Ceratium pentagonum* var. *tererum* JORGENSEN et

*Ceratiwn breve* var. *parallelum* SOURNIA.

*Glenodinium lenticula* LEBOUR

*Peridinium depressum* LEBOUR

*Dinophysis tripos* SCHILLER

*Ceratium furca* var. *eugrammum* SOURNIA

sont des espèces de saison froide. Les deux premières apparaissent en fin décembre au voisinage des centres d'upwelling.

#### 4.3. SUCCESSION ET ECOLOGIE DES POPULATIONS PHYTOPLANCTONIQUES

L'étude systématique des Diatomées et des Dinoflagellés jointe à un aperçu de la fréquence des diverses espèces permet d'observer une grande poussée phytoplanctonique ; celle-ci débute à la mi-décembre 1981 et se poursuit jusqu'en mars 1982, elle **coincide** avec la période de poussée phytoplanctonique définie par SEGUIN (1966) dans son étude sur le plancton de surface de la baie de Dakar.

Dans cette poussée phytoplanctonique, les Diatomées forment l'immense majorité, tandis que les Dinoflagellés ne constituent jamais de populations importantes.

Fin décembre 1981 (du 17 au 23.12.1981)

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 **1 millions** (figure 27). Cette abondance est liée

aux upwellings qui, comme déjà vu, provoquent dès la fin du 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

Les Diatomées sont largement dominantes (tableaux 1 et 2) 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 mobiliensis* - *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 nitsschioides* 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 decipiens* 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.

#### Mars 1982

##### A - 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 : *Stephanopyxis palmeriana* - *Cerataulina bergonii* - *Bacteriastrum hyalinum* - *Bacteriastrum hyalinum* var. *princeps* et *Coscinodiscus oculus* - *iridis*. Ces espèces sont responsables du bloom phytoplanctonique dus aux upwellings côtiers 3 autres espèces thermophobes font leur apparition, mais leur participation à la poussée phytoplanctonique est presque nulle ; ce sont : *Triceratium favus* - *Nitzschia longissima* et : *Nitzschia paradoxa*.

## B - Dinoflagellés

*Peridinium depressum* - *Glenodium lenticula* - *Ceratium furca* var. *sigillum* et *Dinophysis tripos* sont des espèces d'eaux froides et riches en sels nutritifs. Les deux premières apparaissent dès fin décembre 1981 au voisinage des centres de remontée d'eaux froides. Leur développement est provoqué, par l'apparition en surface des eaux d'upwelling.

En mars 1982, la population phytoplanctonique jeune est constituée en majorité de Diatomées, peu diversifiées du point de vue spécifique (13 espèces différentes). L'essentiel de la biomasse phytoplanctonique est ici constituée d'espèces cosmopolites.

4.4. COMPARAISON DES DEUX METHODES D'ETUDES DU PHYTOPLANCTON : numération et dosage de la chlorophylle a

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

Décembre 1981 (figure 28)

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 phytoplanctoniques, les cellules de grande taille renfermant en généralement 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 (*Thalassionema nitzschioides* - *Nitzschia seriata* - *Chaetoceros affine* - *Chaetoceros curvisetum*).

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*.

Mars 1982

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

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.

## 4.5. CONCLUSION

L'examen des pêches phytoplanctoniques effectuées en fin décembre 1981 et début mars 1982 a permis la détermination de 44 espèces différentes dont 38 Diatomées et 6 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**.

La concentration phytoplanctonique (nombre de **cellules/litre**), est très importante en fin décembre avec une plus forte valeur au **voisinage** des centres d'upwelling où elle dépasse 2,5 millions de cellules par **litre**. L'**abondance** et la diversité spécifique observées sont liées aux upwellings et à l'existence d'une convergence **côtière** entraînant une accumulation des cellules. Les concentrations phytoplanctoniques sont toujours importantes en mars **au** voisinage du centre d'upwelling de Pointe Rouge (seule zone étudiée) favorisant la croissance de la population phytoplanctonique jeune.

Chacune des deux périodes d'étude correspond à une **poussée** phytoplanctonique. Cette étude a permis d'observer des espèces caractéristiques :

1 - d'une période de transition en fin décembre

2 - d'une période d'eaux froides et salées en **mars** et de mettre en évidence une période de poussée phytoplanctonique débutant en fin décembre 1981 et se poursuivant jusqu'en mars 1982.

Il faut cependant émettre quelques réserves sur les résultats obtenus du fait que les prélèvements n'ont pas été effectués de façon continue entre novembre 81 et fin mars 1982, pour permettre le suivi de l'évolution des espèces phytoplanctoniques et que d'autre part les organismes de dimensions  $< 50 \mu$  n'ont pas été récoltés en début mars.

## 5 . CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Avant d'aborder des 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 7 missions océanographiques le long de la "Petite Côte" sénégalaise du 10 novembre 1981 à la fin mars 1982 constitue une étape d'un premier "contact permanent" avec la **flote** de cette région.

Du point de vue quantitatif, deux techniques ont été appliquées : l'analyse chimique et la méthode de comptage par la numération directe au microscope. Ces deux méthodes ont permis de donner une idée de la biomasse 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 phytoplancton et les conditions hydrologiques.

Du point de vue systématique, 44 espèces phytoplanctoniques ont été déterminées dont 38 Diatomées et 6 Dinoflagellés.

Du point de vue écologique, cette étude a permis de distinguer l'existence d'espèces liées plus ou moins rigoureusement à une saison. La présence d'upwellings puissants le long de la "Petite Côte" est à l'origine de l'abondance du phytoplancton recueilli qui est caractérisé par la diversité des espèces rencontrées et par leur abondance.

Cette étude a permis d'observer des espèces caractéristiques :

- d'une période de transition
- d'une période d'eaux froides.

Une période de poussée phytoplanctonique a été également observée.

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 les problèmes suivants :

- Etude de la biomasse phytoplanctonique sur au moins un cycle annuel en améliorant le protocole des prélèvements et en allongeant la zone d'étude au-delà de l'embouchure du Saloum afin de vérifier l'hypothèse de l'existence d'une troisième cellule d'upwelling au niveau de Joal.

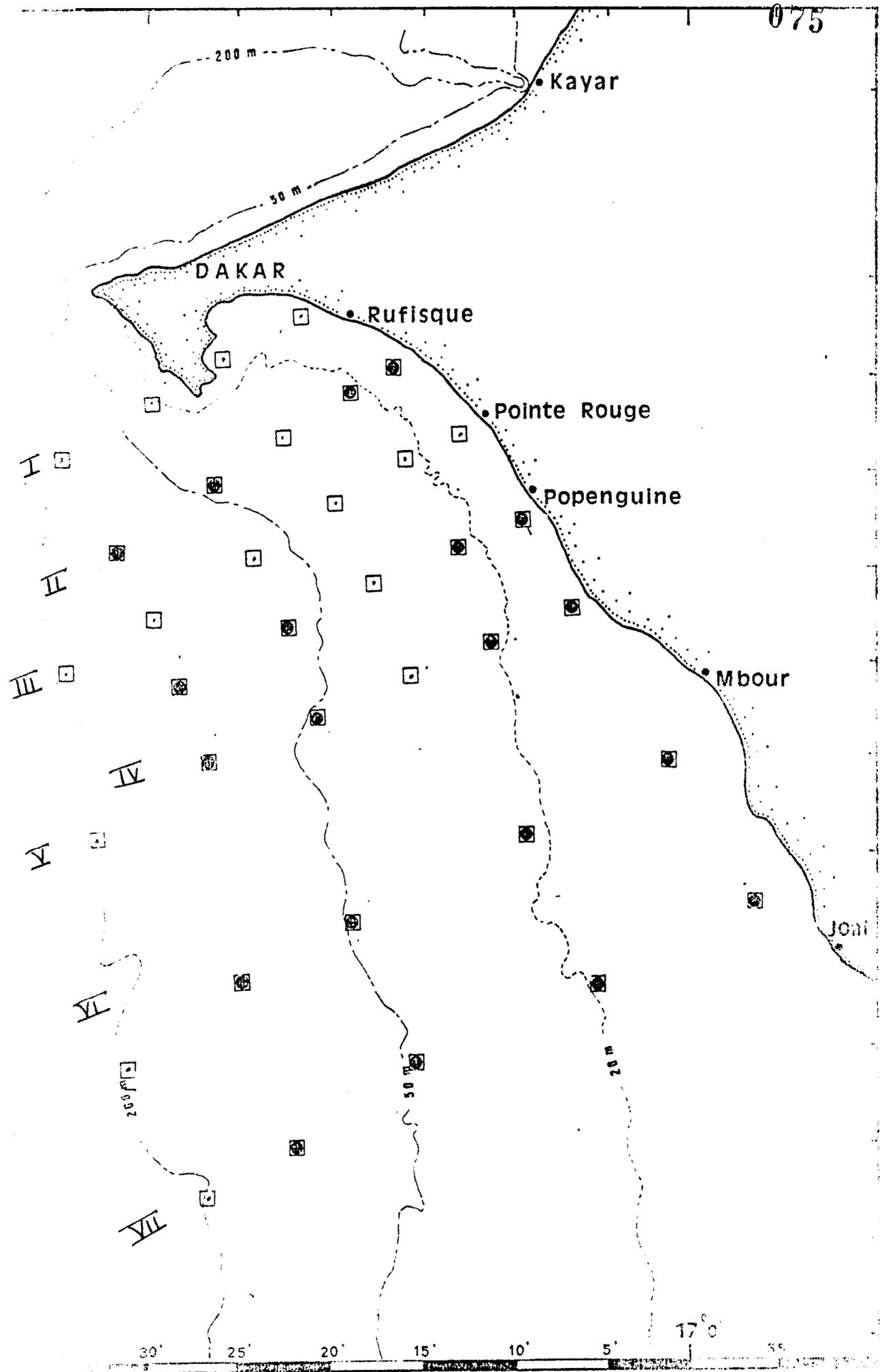
- Etude échelonnée sur plusieurs années afin de bien observer l'écologie des diverses populations phytoplanctoniques et surtout les interrelations entre les différents groupes. Cette étude serait complétée par l'examen des relations entre le phytoplancton et le zooplancton.

#### B I B L I O G R A P H I E

- ANDERSON (G.C.), 1969.- Subsurface **chlorophyll** maximum in the northern **Pacific Ocean**. *Limnol. Oceanogr.* (14) 3 : 386-391.
- BANSE (K.), 1974.- The **nitrogen** to-phosphorus **ratio** in the euphotic zone of the **sea** and the elemental composition of **the** plankton *Deep Sea Res.* 21 : 767-771.
- BERRIT (G.), 1952.- Esquisse des conditions hydrologiques du plateau **continental** du Cap Vert à la Gambie (températures et salinités). *Bull. IFAN*, tome XIV, n° 3, juillet 1952, p. 735-761.
- BERRIT (G.), 1962.- Contribution à la connaissance des variations saisonnières dans le golfe de Guinée. **Observations** de surface le long des lignes de navigation. *Cah. Océanogr.* XIVE année, n° 9.
- BROCKMANN (U.H.), EBERLEIN (K.), HOSUMBECK (P.), TRAGESER (H.), MAIERREIMER (E.), SCHONE (H.K.) and JUNGE (H.D.), 1977.- The Development of a Natural **Plankton** Population in an Outdoor  
I - Phytoplankton Succession  
*Marine Biology* 43, 1-17 (1977).
- CONAND (F.) et FAGETTI (E.), 1971.- Description et distribution saisonnière des larves de sardinelles des côtes du Sénégal et de la Gambie en 1968 et 1969. *Cah. ORSTOM*, sér. océanogr. 9 (3) : 293-318.
- DEVEZE (L.), 1957.- Cycle biologique des eaux du golfe de Marseille **et** écologie des populations planctoniques.  
Thèse état, Université Paris : 205 p.
- DANDONNEAU (Y.), 1971.- Etude du phytoplancton sur le plateau continental de Côte d'Ivoire. 1 - Groupes d'espèces associées. *Cah. ORSTOM* sér. océanogr., vol. IX, n° 2, 247-265.
- DANDONNEAU (Y.), 1977.- Variations nycthémerales de la profondeur du **maximum** de chlorophylle dans le dôme d'Angola (**février-mars** 1971). *Cah. ORSTOM*, sér. océanogr., vol. XV, n° 1, 1977 : 27-37.

- GILBRICHT (M.), 1977.- Phytoplankton distribution in the upwelling area off NW Africa. *Hergoländer wiss. Meeresunters.* 29, 417-438.
- GLOOSCHENKO (W.A.), MOORE (J.E.), VOLLENWEIDER (R.A.), 1972.- The seasonal cycle of phytoplankton in Lake Ontario with particular emphasis on the role of zooplankton grazing. *Limnol. Oceanogr.* 17 : 597-605.
- JOHANNES (R.E.), 1968.- Nutrient regeneration in lakes and oceans. In, *Advances of Microbiology of the sea*, edited par M.R. DROOPS et E.J.F. WOOD, Academic Press, New York : 203-213.
- LEMASSON (L.), PAGES (J.), DUFOUR (P.), CREMOUX (J.L.), 1981.- Matière organique particulaire et biomasse dans une lagune tropicale. *Rev. Hydrobiol. trop.* 14 (3) : 191-212
- LORENZEN (C.J.), 1970.- Surface chlorophyll as an index of the depth, chlorophyll content, and primary productivity of the euphotic layer. *Limnol. Oceanogr.* 15 (3) : 479-480.
- LORENZEN (C.J.), 1972.- Extinction of light in the ocean by phytoplankton. *J. cons. int. Explor. Mer.*, vol. 34, n° 2 : 262-267.
- MINAS (I.J.), ROMANA (L.A.), PACKARD (T.T.), BONIN (M.), 1974.- La distribution de l'oxygène dans un upwelling côtier (NW de l'Afrique et dans celui d'une divergence au large (dôme de Costa Rica). *Tethys* 6 (1-2) pp. 157-170.
- OREN (O.H.), 1972.- Results of the UNDP (SF)/FAO Régional Fisheries Survey in West Africa. Report n° 4. T/S Relationship in the Canary Current Area. *Mar. Biol.*, 17 : 187-200.
- PAGES (J.), LEMASSON (L.), DUFOUR (P.), 1981.- Primary production measurement in a brackish tropical lagoon effect of light, as studied at some stations by the 14C method. *Rev. Hydrobiol. Trop.* (14) 1 : 3-15.
- KEYSSAC (J.C.), 1976.- Phytoplankton récolté par le "Laurent Amaro" au large des côtes du Sénégal et de la Mauritanie. *Bull. IFAN, sér. A*, 38 (1) : 1-15.
- KEYSSAC (J.), 1978.- Principales caractéristiques du phytoplancton marin dans les différentes provinces biogéographiques de l'Atlantique africain. *Vie et Milieu*, 28 (3), sér. A B : 353-370.
- ROSSIGNOL (M.) et ABOUSSOUAN (M.T.), 1965.- Hydrologie marine côtière de la Presqu'île du Cap Vert. Publ. *Provis. ORSTOM*, Dakar
- SAVOURE (B.), 1976.- Etude hydrobiologique des lagunes du nord de la Tunisie. *Hydrobiologia* vol. 57, 1, pages 3-10.
- SEGUIN (G.), 1966.- Contribution à l'étude de la biologie du plancton de surface de la baie de Dakar (Sénégal). Etude quantitative, qualitative et observation écologique au cours d'un cycle annuel
- STEEL (J.H.) and YENTSC'H (C.S.), 1960.- The vertical distribution of chlorophyll. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 39 : 217-226.

- STRICKLAND, (J.D.H.), 1958.- Solar radiation penetrating the **ocean**. A **review** of requirements, data and methods of measurements, with particular **reference** to photosynthetic **productivity** J. Fish. Res. Bd. Can. 15 : 453-493.
- STRICKLAND (J.D.H.), HOLM **HANSEN** (O.), EPPLEY (R.W.), **LINN** (R.J.), 1969.- The use of deep tank in plankton ecology  
**I** - Studies of the growth and composition of phytoplankton **crops** at low **nutrient** levels  
*limnol. Oceanogr.* vol. 14 : 23-34.
- STRICKLAND (J.D.H.), **PARSON** (T.R.), 1972.- A practical handbook of **sea** water analysis (second edition).  
Bull. Fish. Res. Bd. Can. 167, 310 pp.
- VOITURIEZ (B.), DANDONNEAU (**Y.**), 1974.- Relations entre la structure thermique, la production primaire et la régénération des sels nutritifs dans le dôme de Guinée - Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., vol, XII, **n°** 4, 1974 : 241-255.
- WROBLEWSKI (J.S.), 1977.- A model of phytoplankton plume formation **during** variable Oregon upwelling.  
J. Mar. Res., 35, 2, pp. : 357-394.



.- Position des stations hydrologiques  $\square$  et des stations de prélèvement du phytoplancton

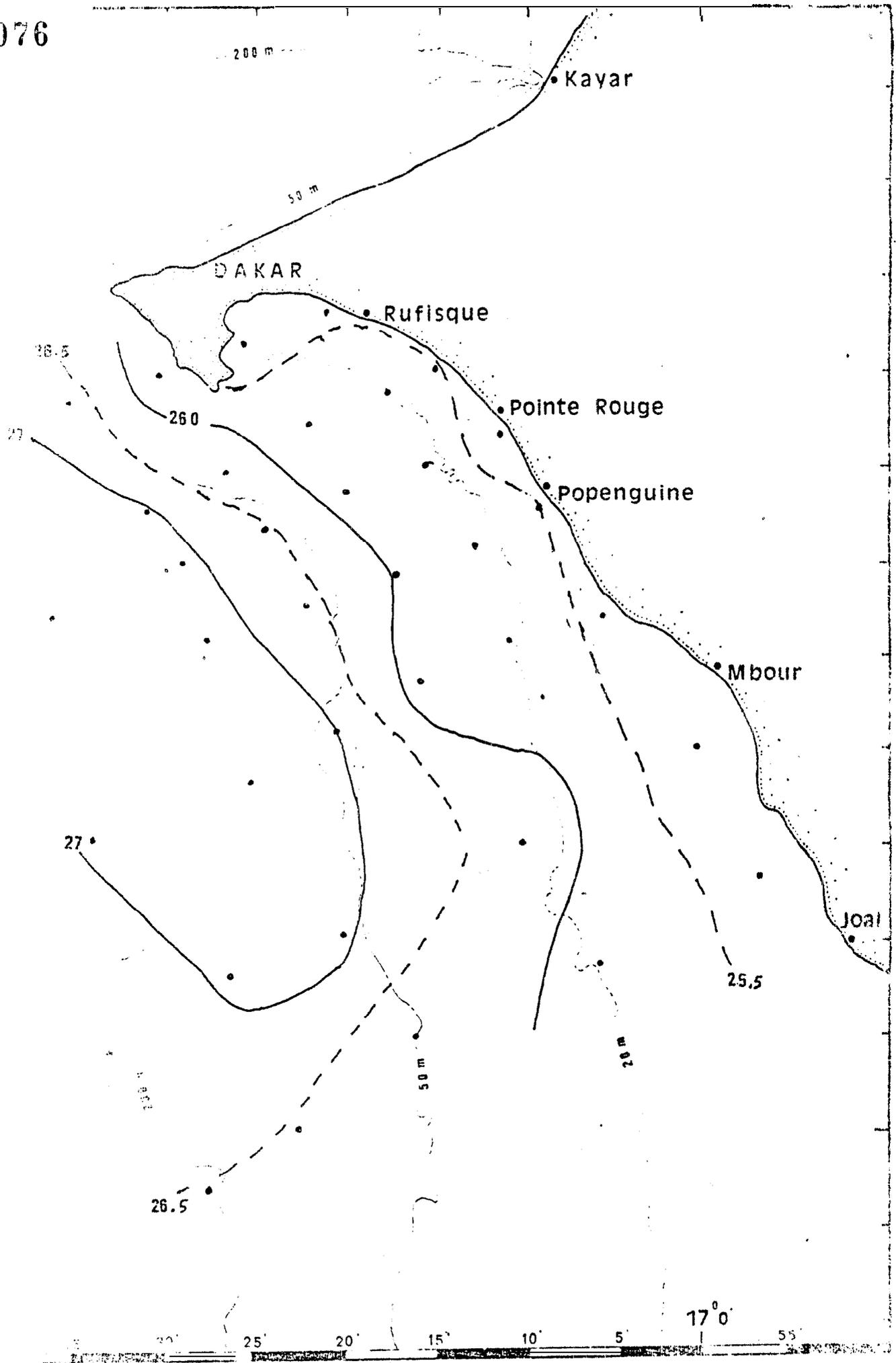


Fig. 2.- Isothermes de surface (1er - 4 décembre 1981)

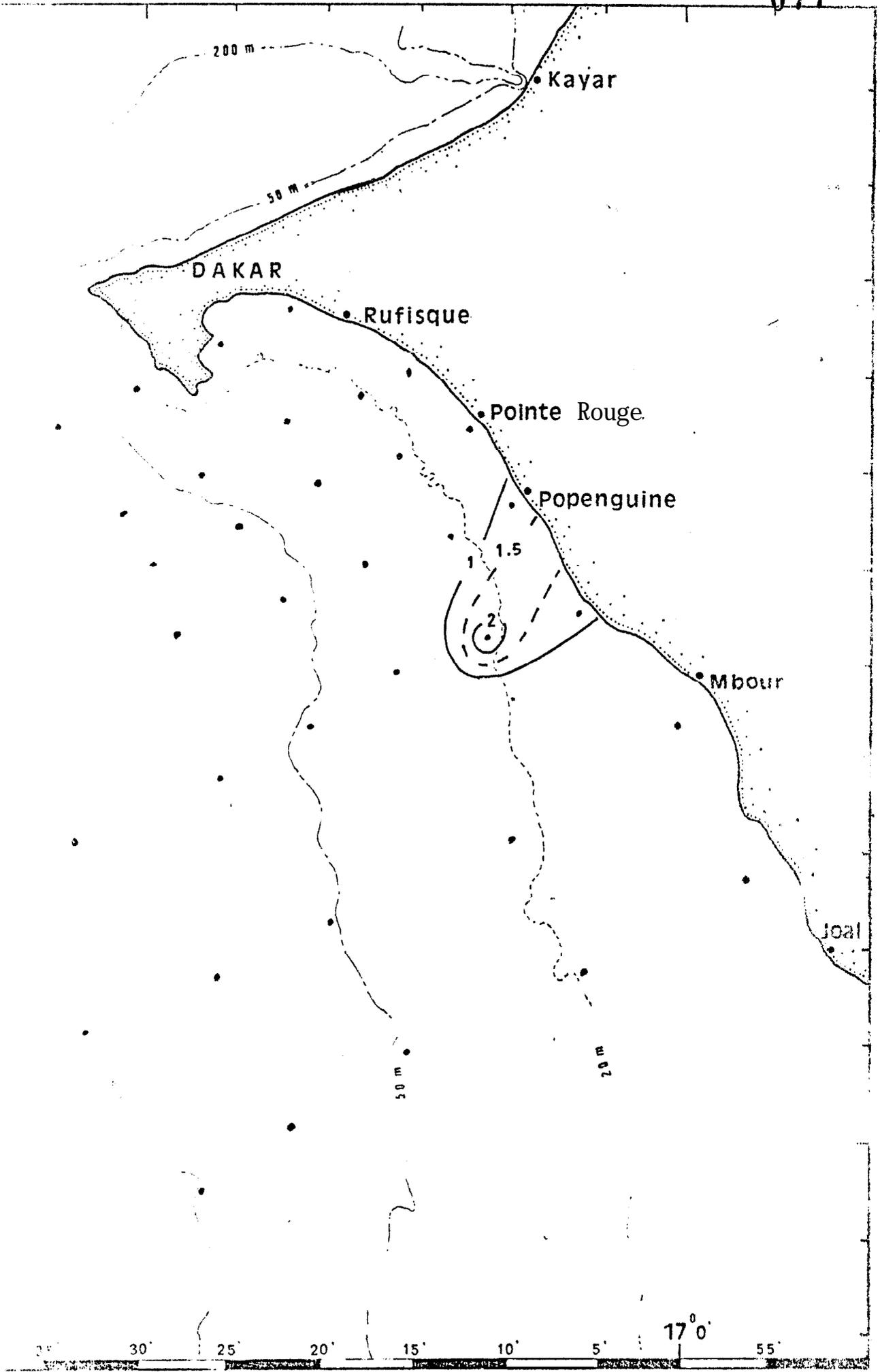


Fig. 3.- Nitrates de surface (µatg/l) : 17-20 novembre 1981.

078

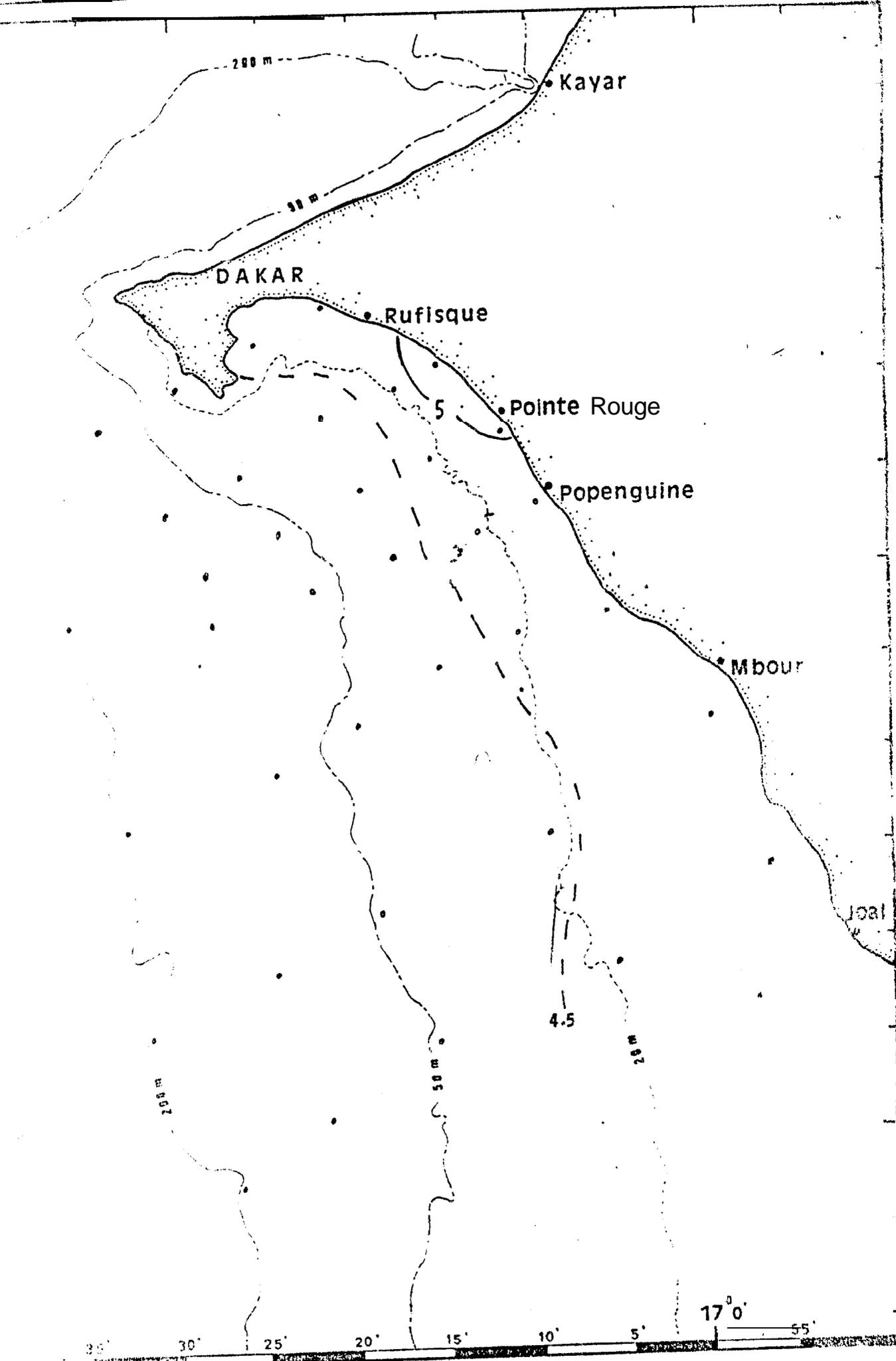


Fig. 4.- Oxygène de surface (m1/l) : 17 -20 novembre 1981.

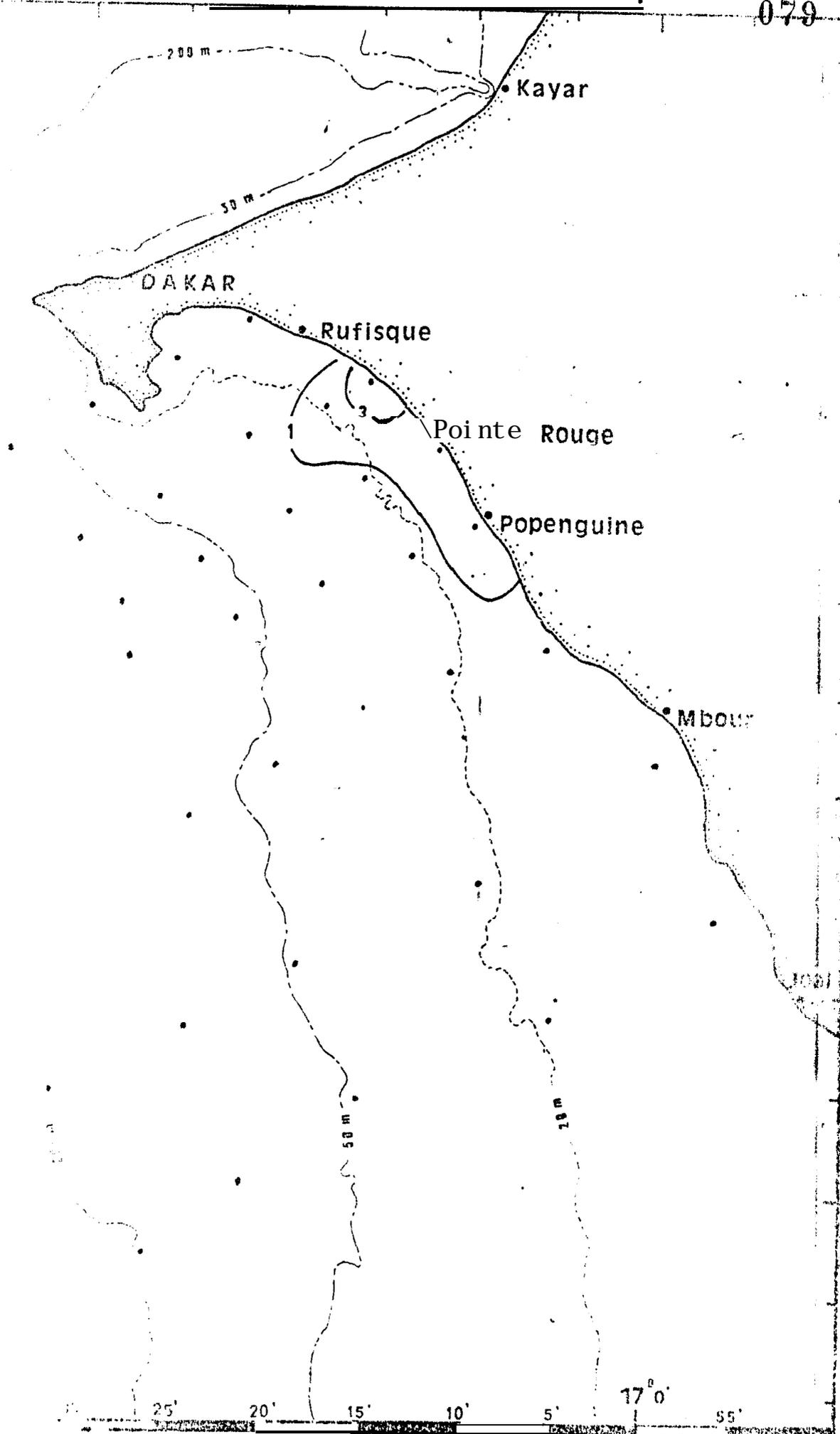


Fig. 5.- Répartition de la chlorophylle a (µg/l) : 17-20 novembre 1981.

080

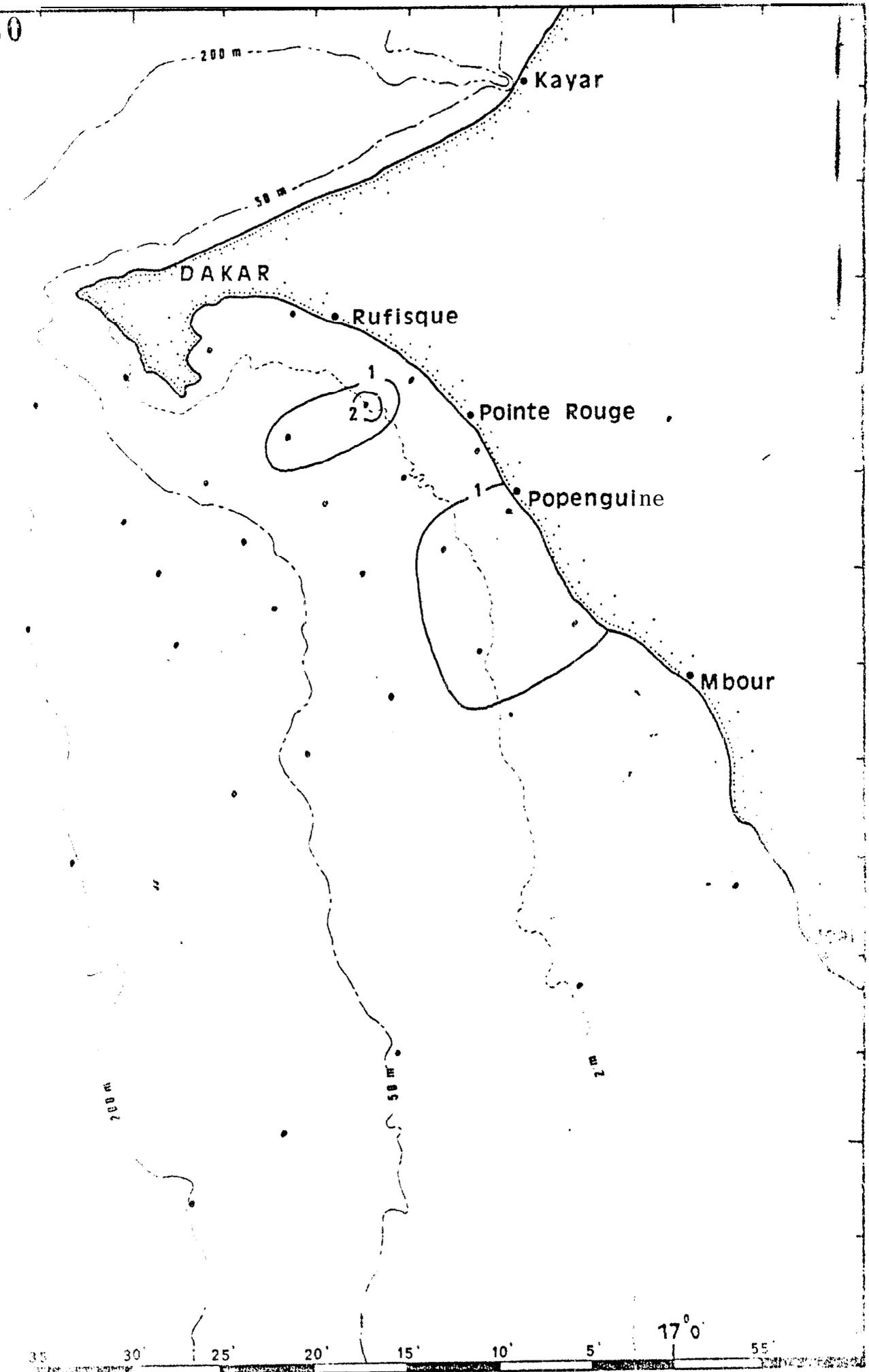


Fig. 6.- Répartition de la chlorophylle *a* (µg/l) : 1-4 décembre 1981.

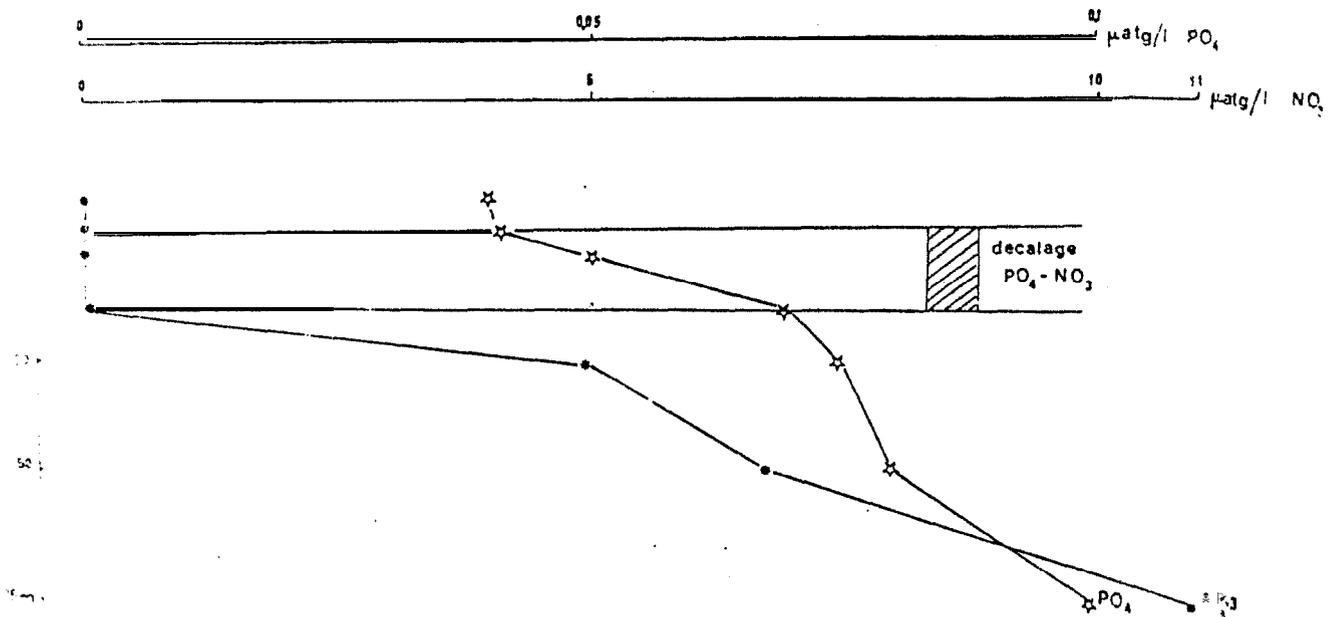
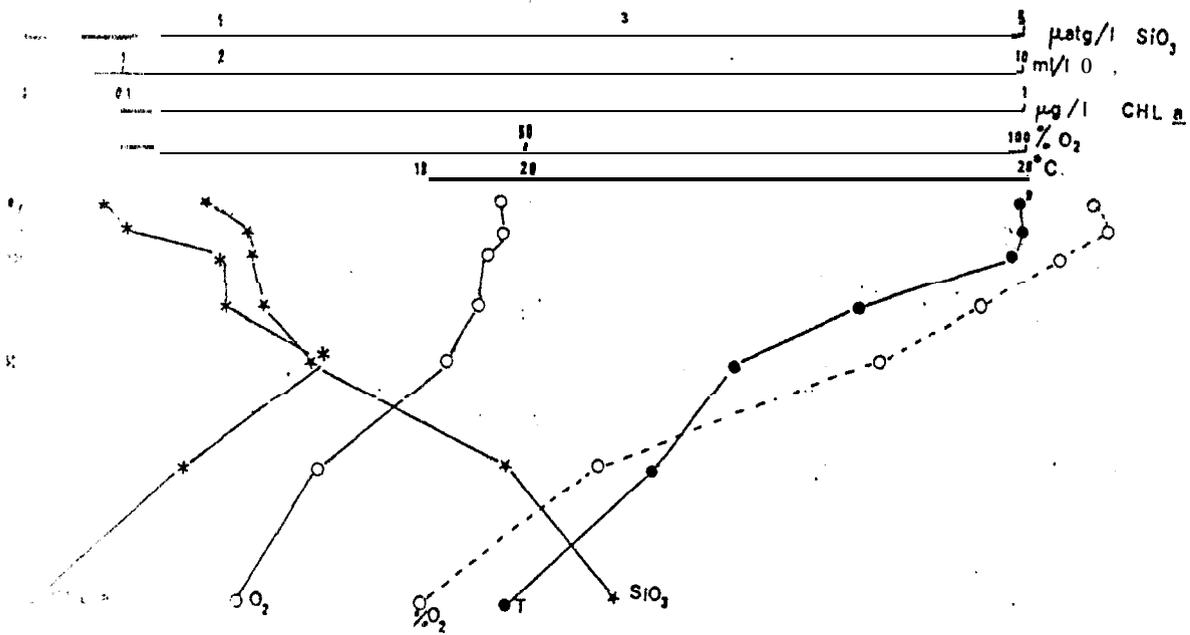


Fig. 7.- Distribution verticale, à la station 5, de la chlorophylle a de l'oxygène, des pourcentages de saturation de l'oxygène, de la température, des silicates, des phosphates et des nitrates du 17 au 20 novembre 1981.

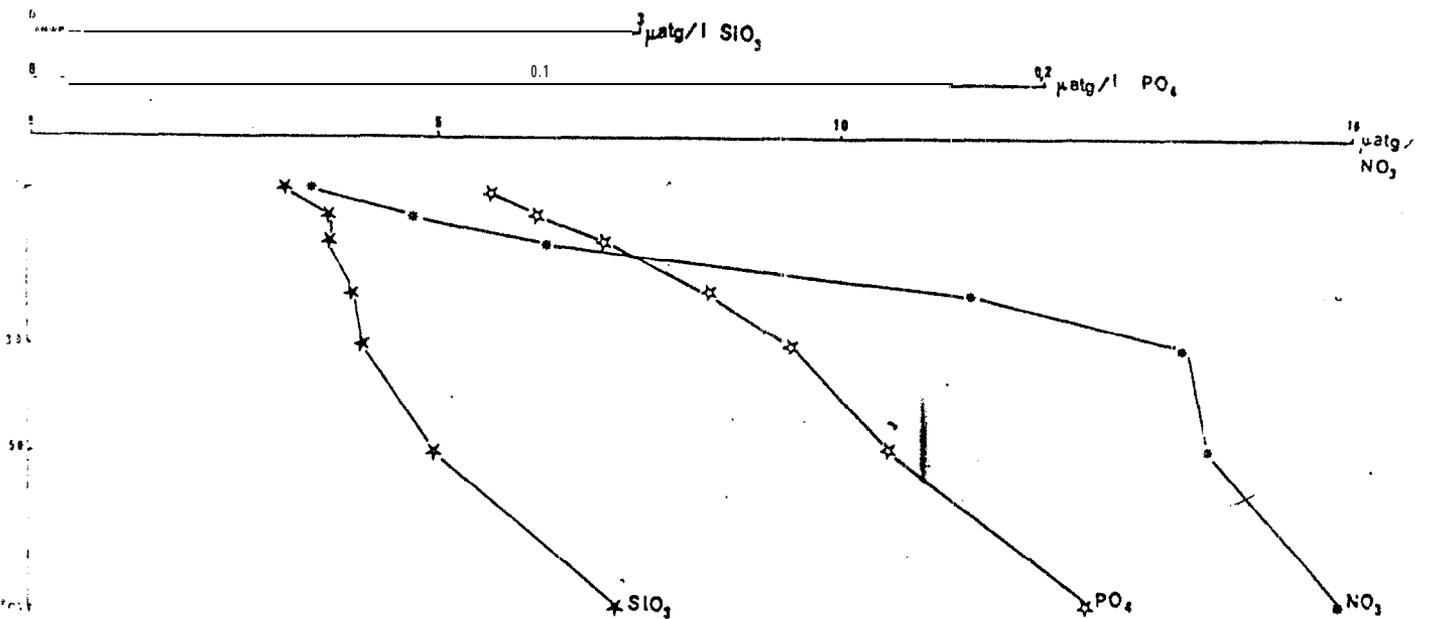
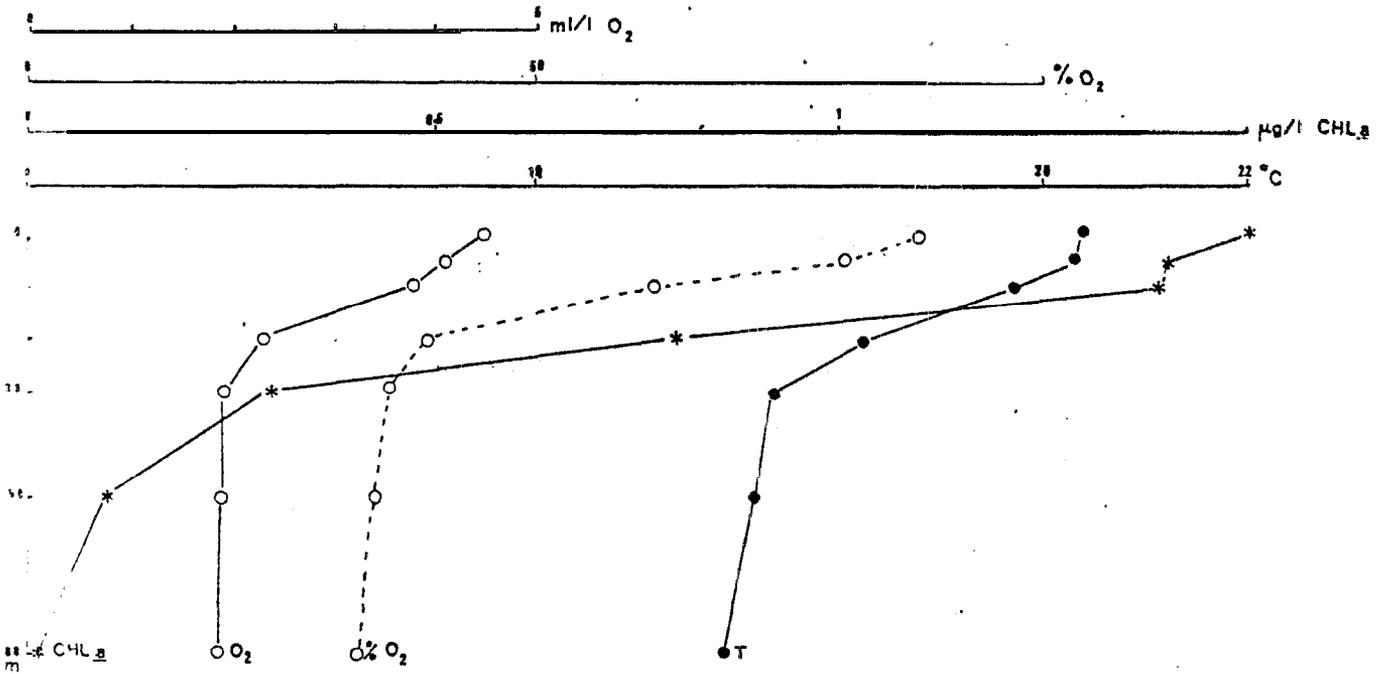


Fig. 8.- Distribution verticale de la chlorophylle a, de l'oxygène; des pourcentages de saturation de l'oxygène, et la température, des silicates, des phosphates, et des nitrates, à la station 5 du large du 17 au 23 décembre 1981.

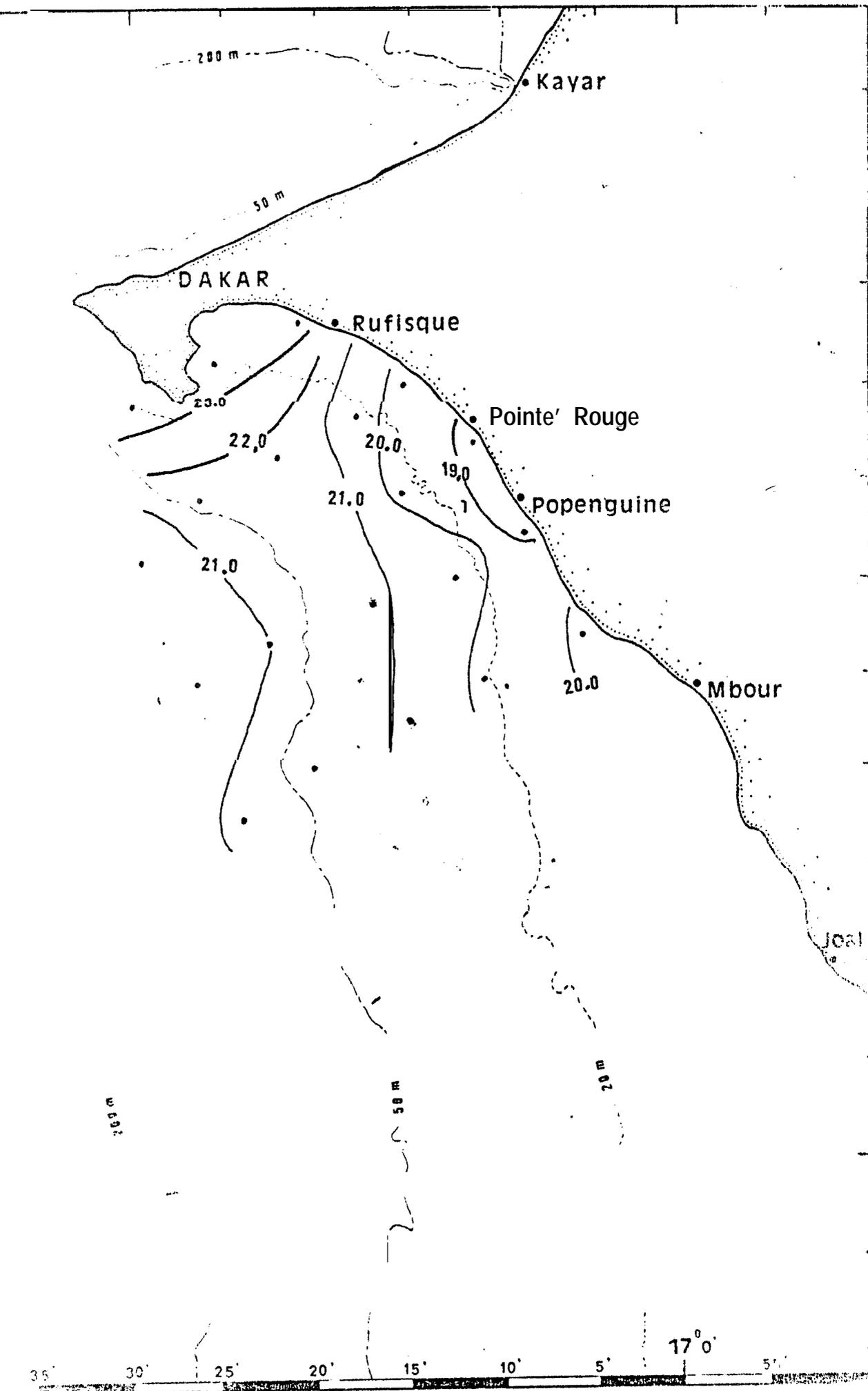
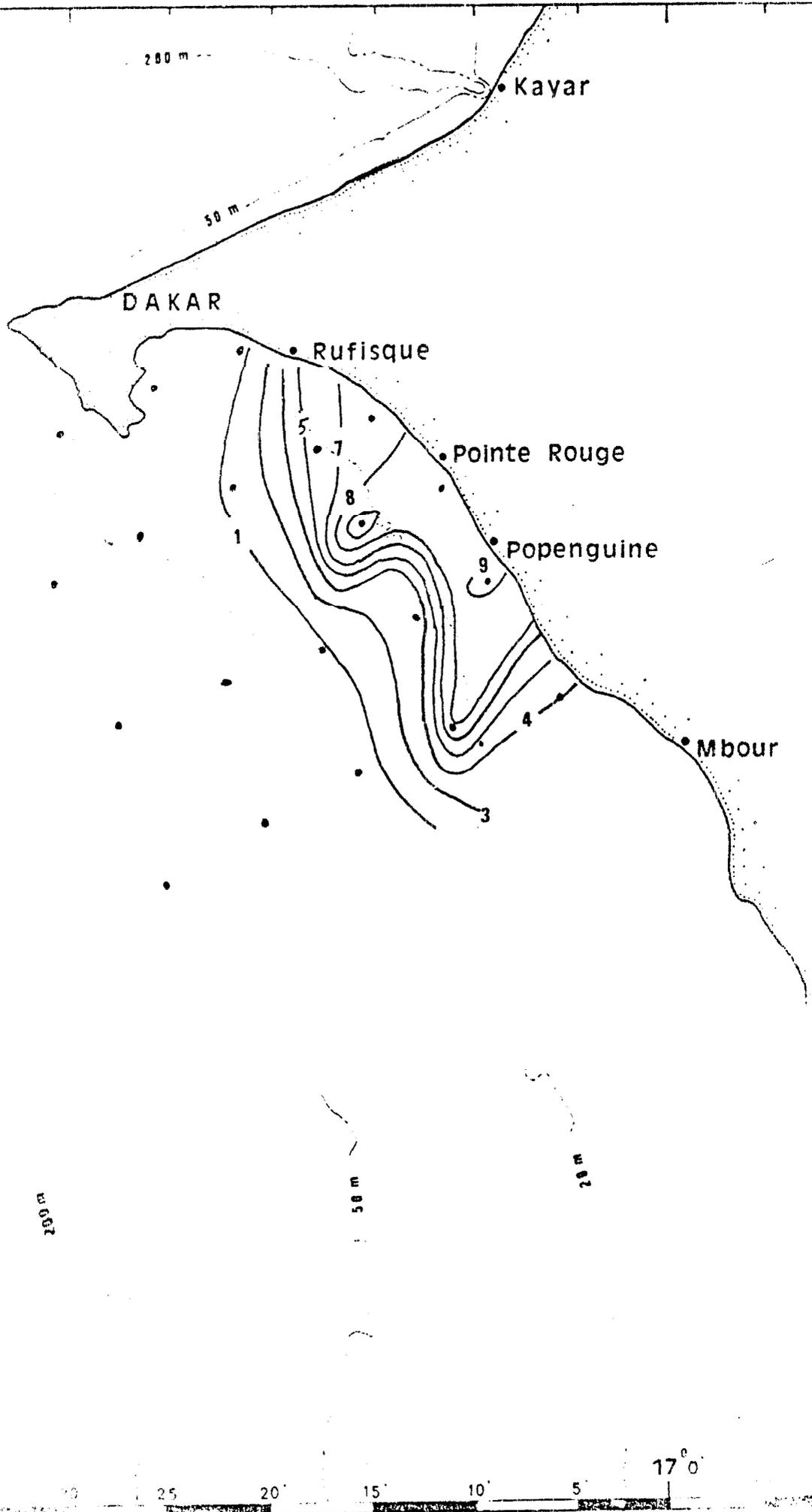


Fig. 9.- Isothermes de surface : 17 - 23 décembre 1981.



10.- Nitrates de surface ( $\mu\text{atg/l}$ ) : 17-23 décembre 1981.

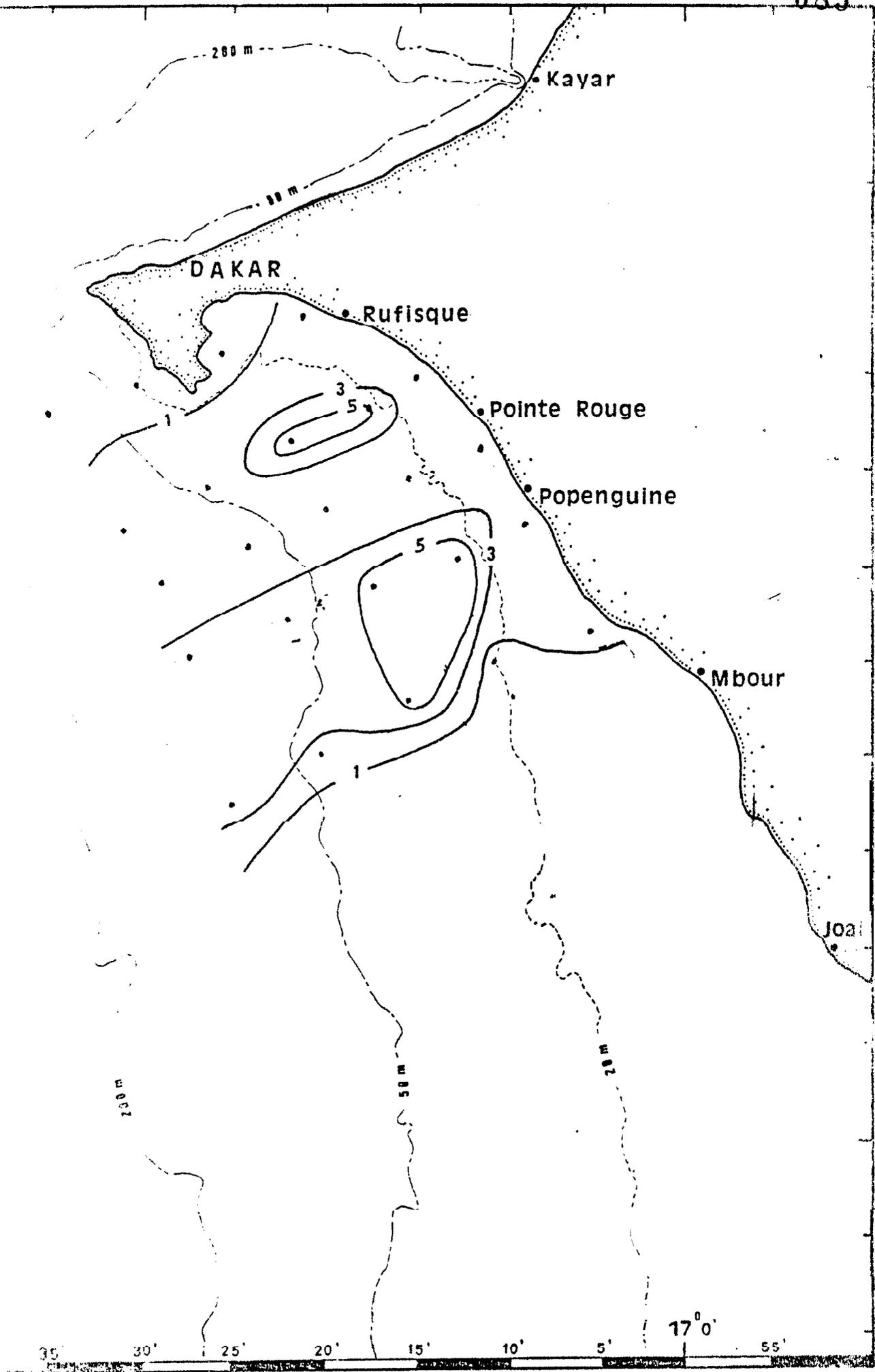


Fig. 11.- Répartition de la chlorophylle a (µatg/l) : 17 - 23 décembre 1981.

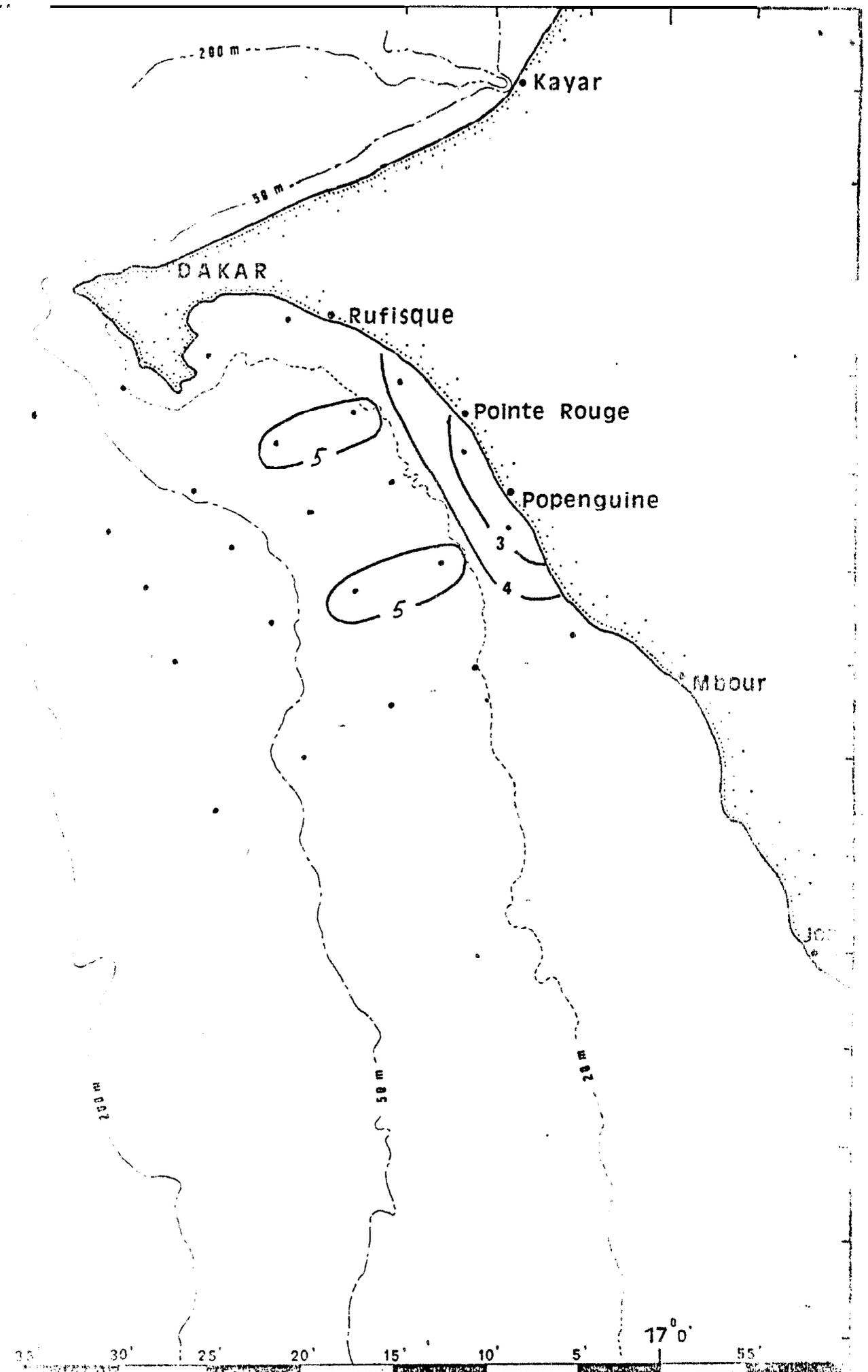


Fig. 12.- Oxygène de surface (ml/l) : 17 - 23 décembre 1981.

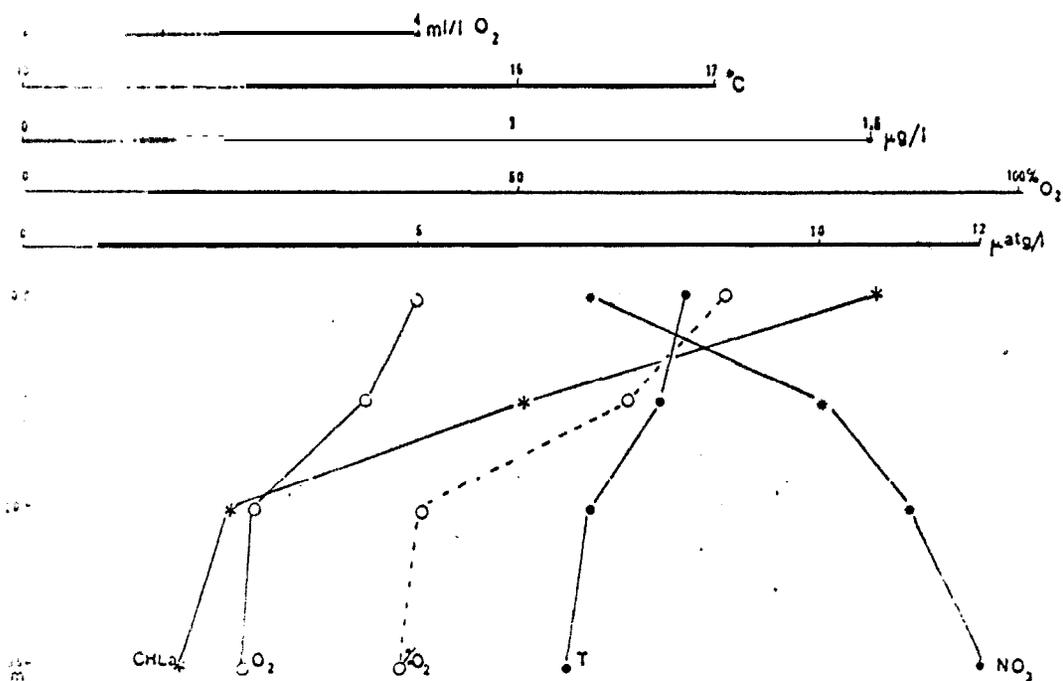


Fig. 13.- distribution verticale de la chlorophylle a, de l'oxygène, des pourcentages de saturation de l'oxygène, de la température et des nitrates, à la station du large du 8 au 13 février 1982.

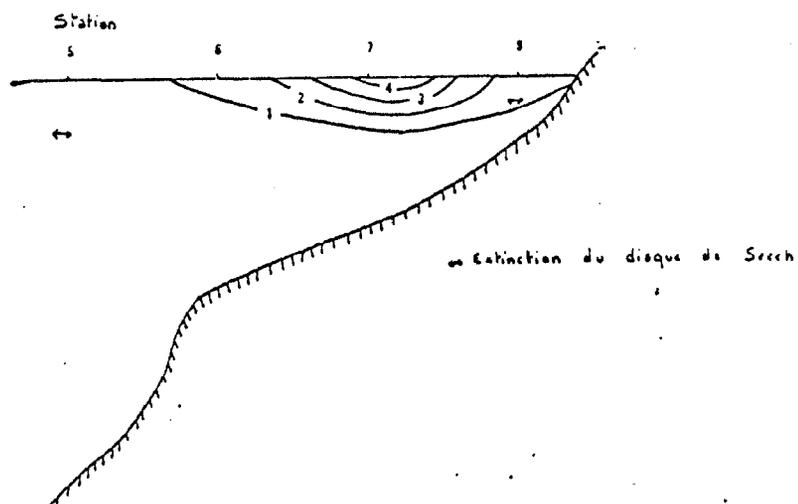


Fig. 13'.- Coupe transversale au niveau de la radiale II Distribution de la chlorophylle a. Du 8 au 13 février 1982.

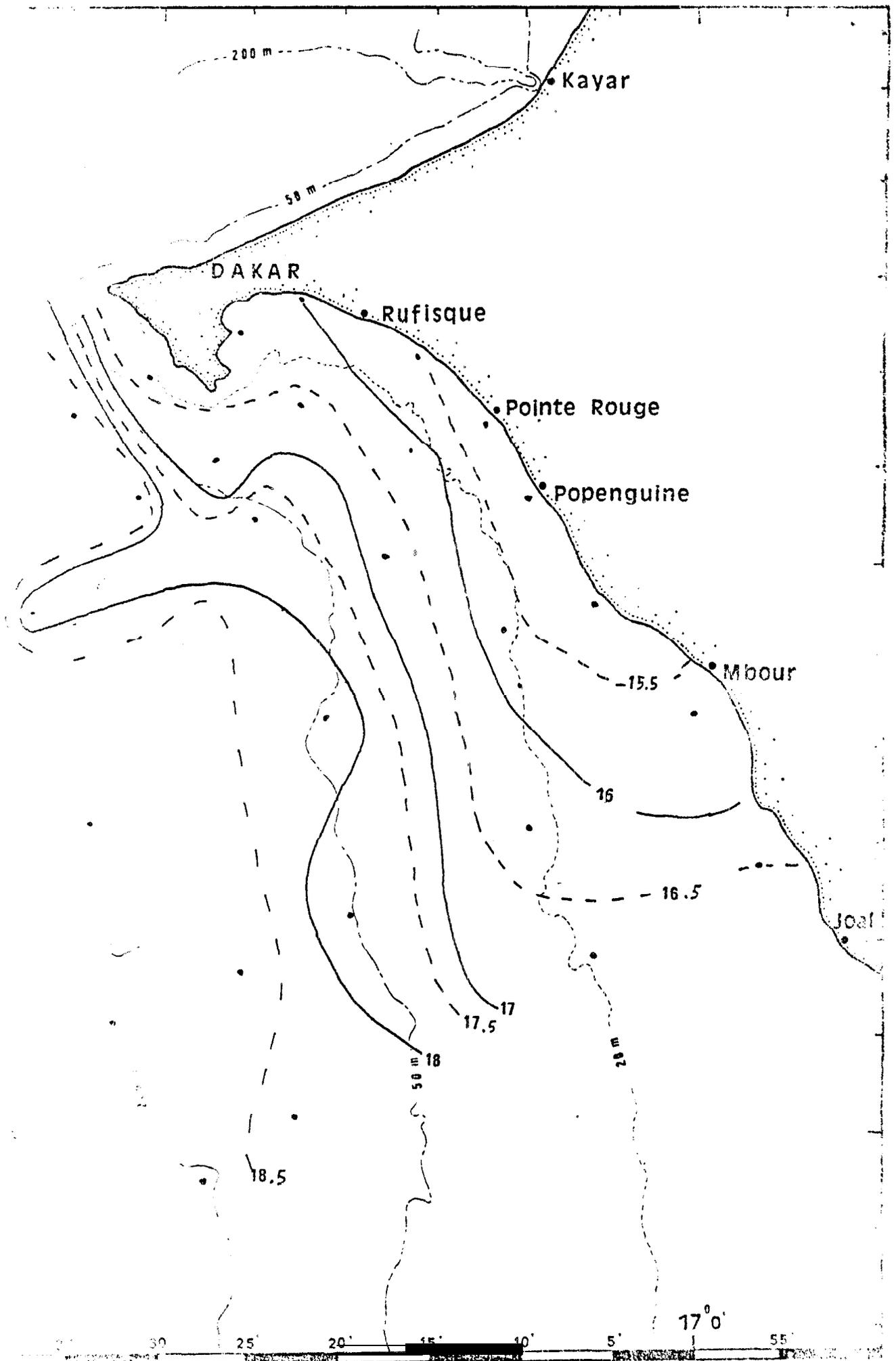


Fig 14.- Isothermes de surface : 8-13 février 1982

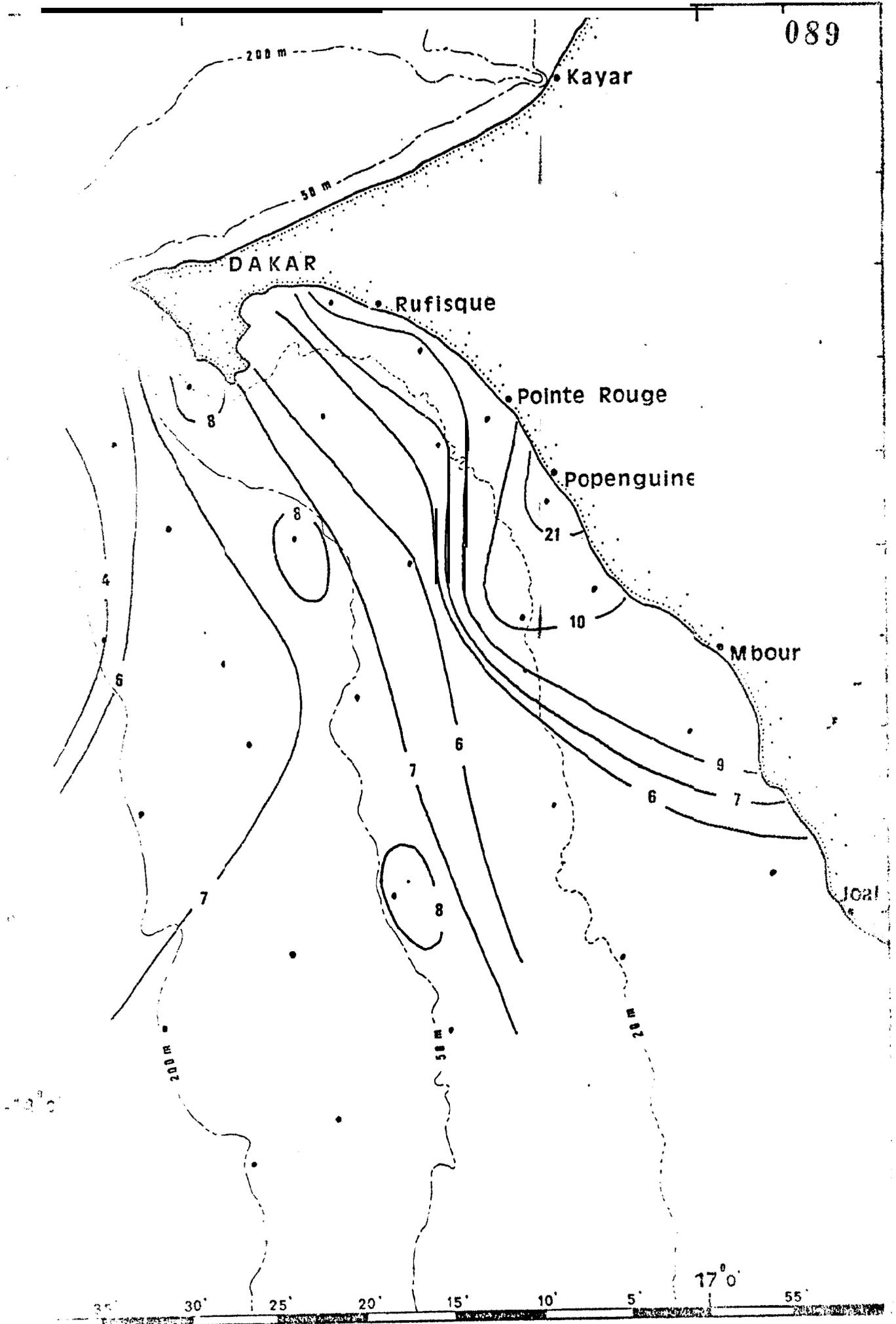


Fig. 15.- Nitrates de surface (µatg/l) : 8-13 février 1982

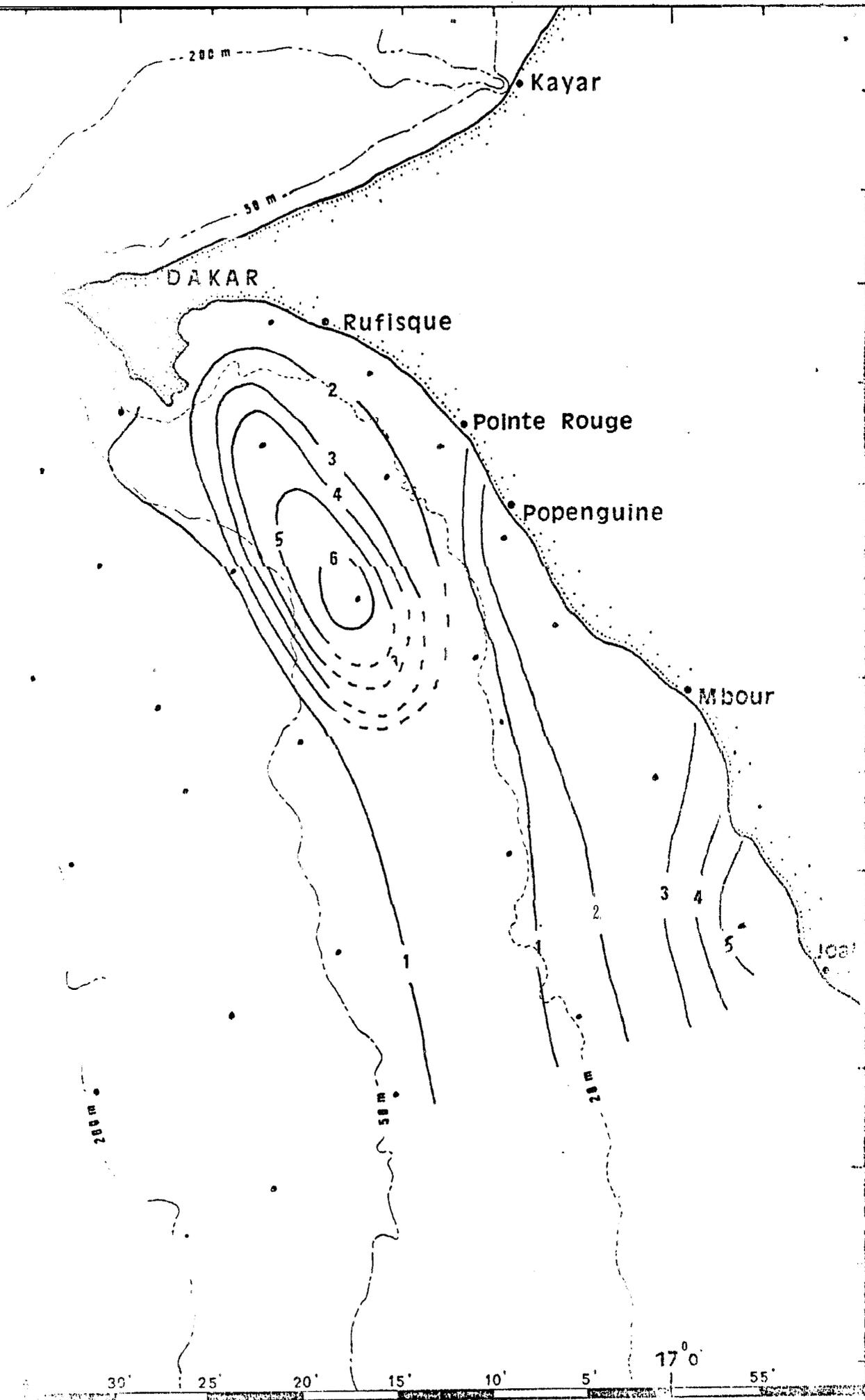


Fig. 16.- Répartition de la chlorophylle *a* ( $\mu\text{g/l}$ ) : 0-13 février 1982

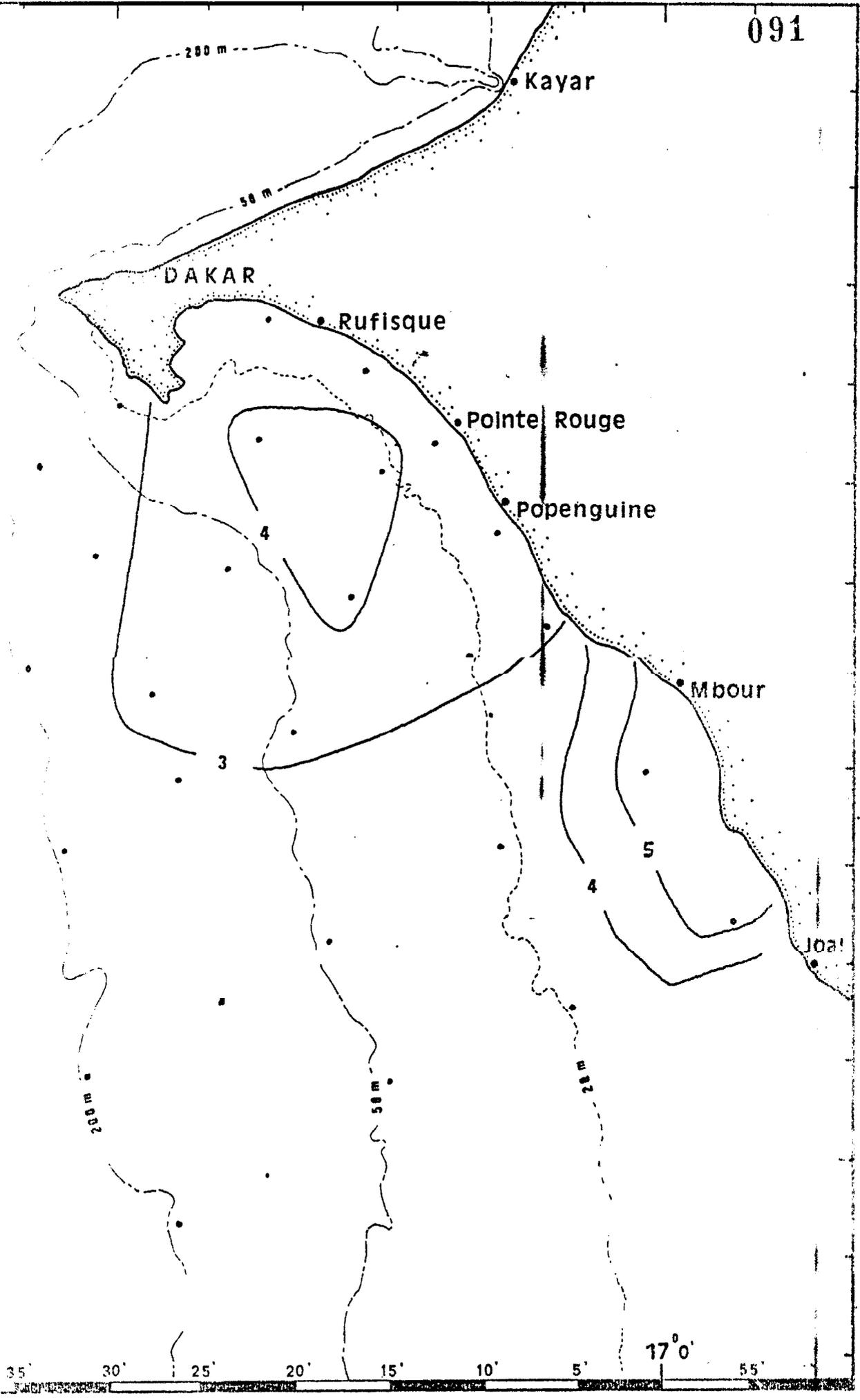


Fig. 17.- Oxygène de surface (ml/l) : FI-13 février 1982

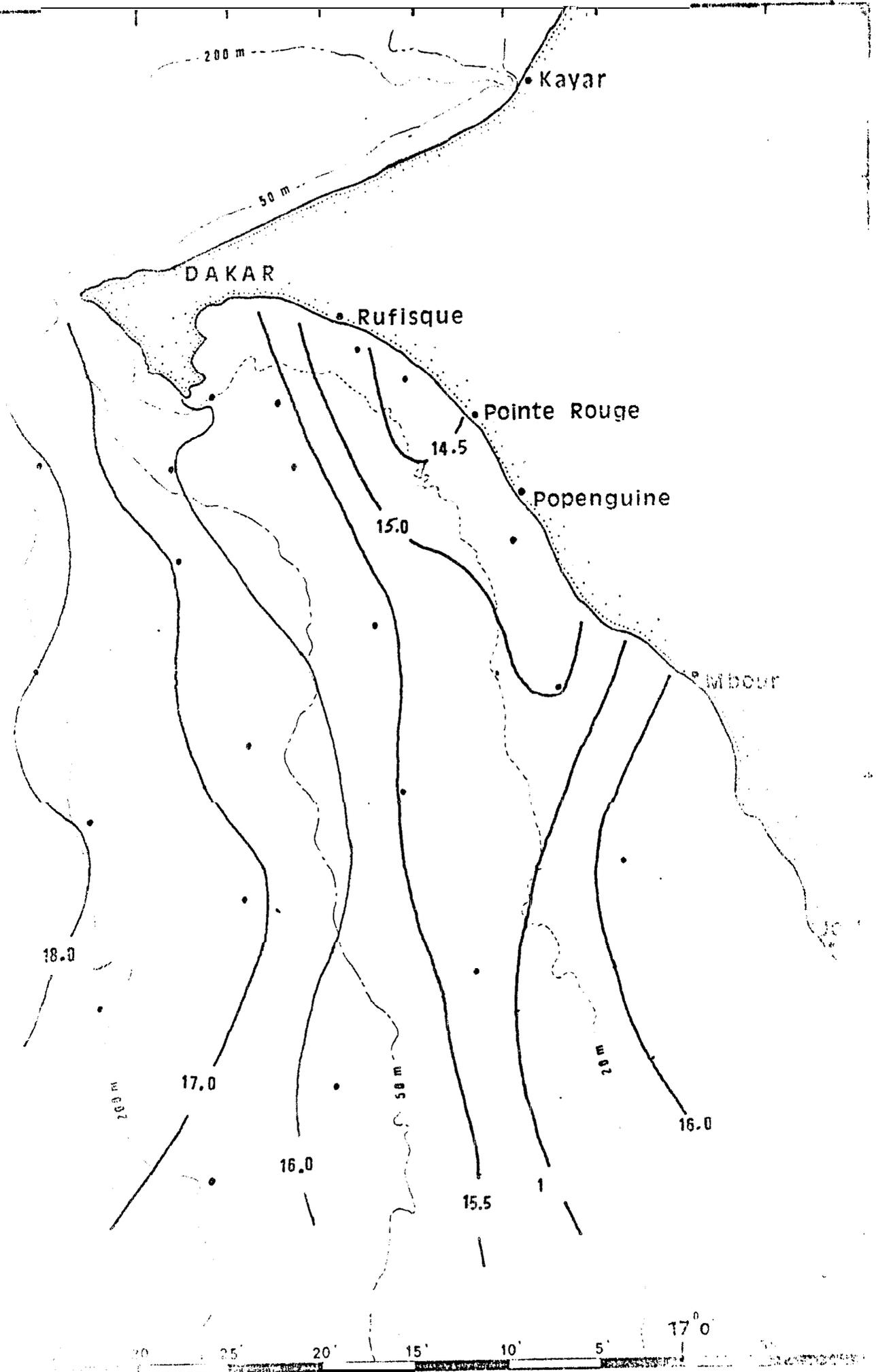


Fig. 18.- Isothermes de surface : 26 février - 1er mars 1982

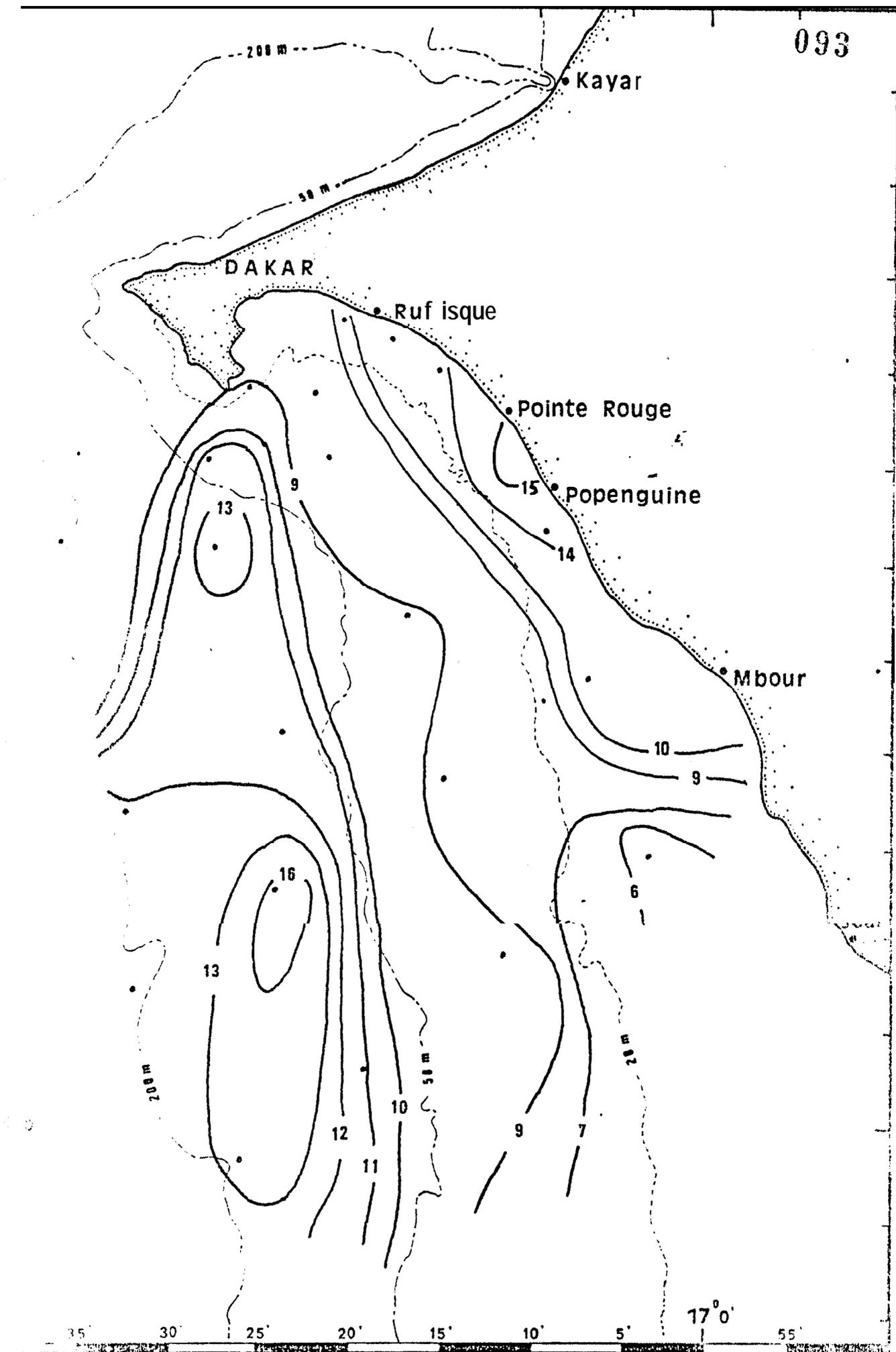


Fig. 19.- Nitrates de surface ( $\mu\text{atg/l}$ ) : 26 février - 1er mars 1982

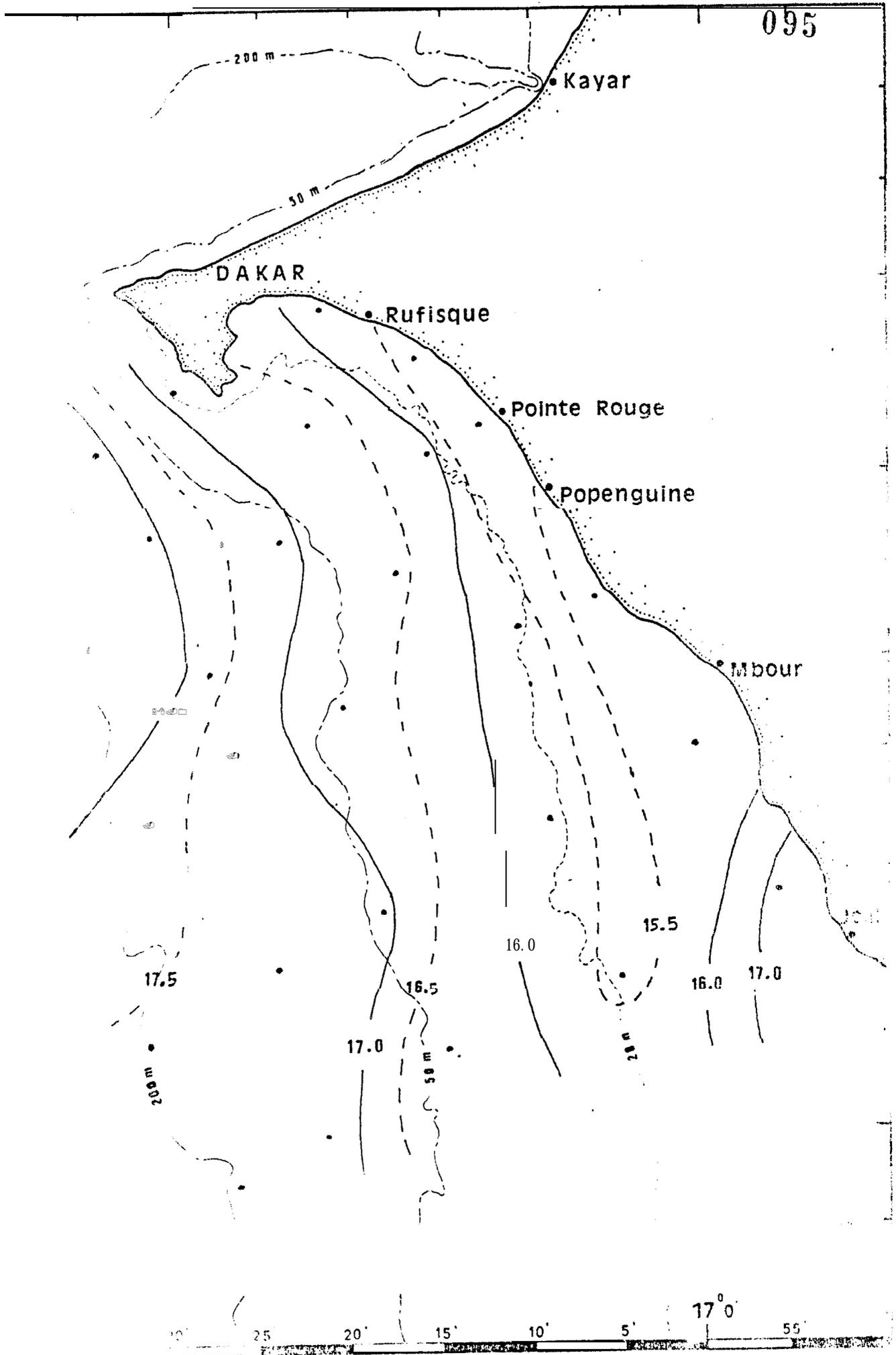


Fig. 21.- Isothermes de surface : 26 mars-3 avril 1982

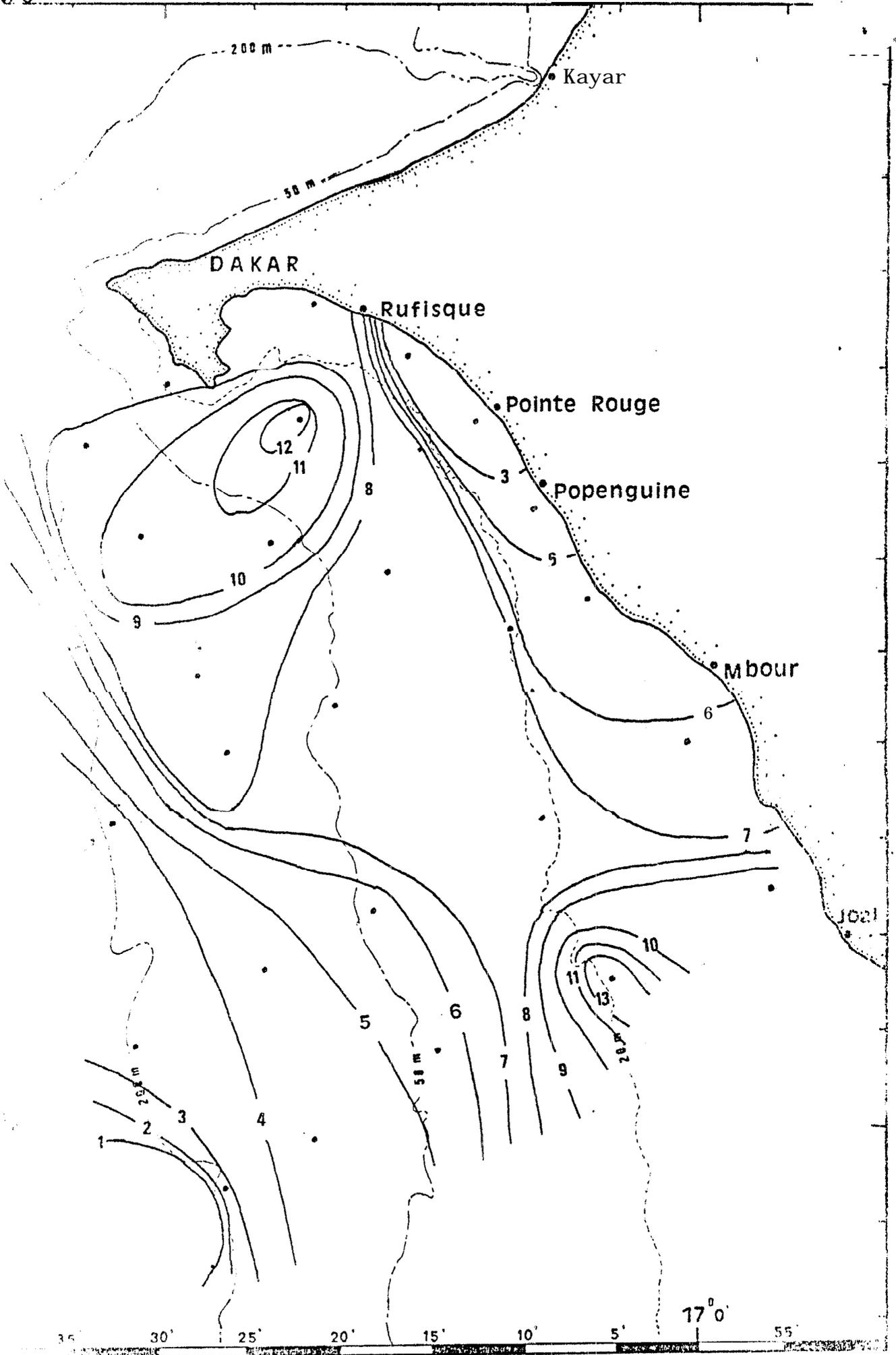
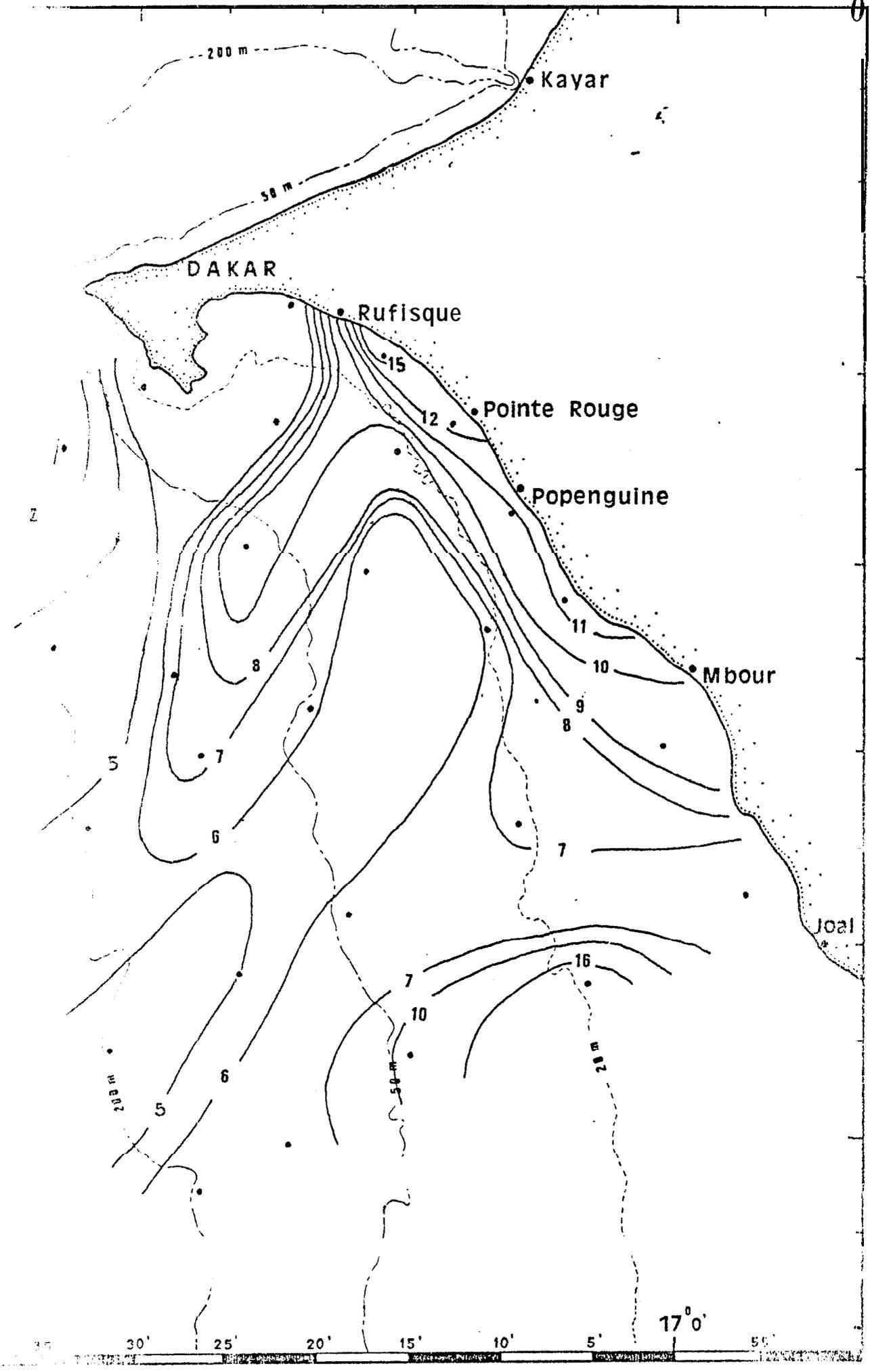


Fig. 22.- Répartition de la chlorophylle *a* (µg/l) : 26 mars-3 avril 1982



24.- Nitrates de surface (µatg/l) : 26 mars-3 avril 1982

098

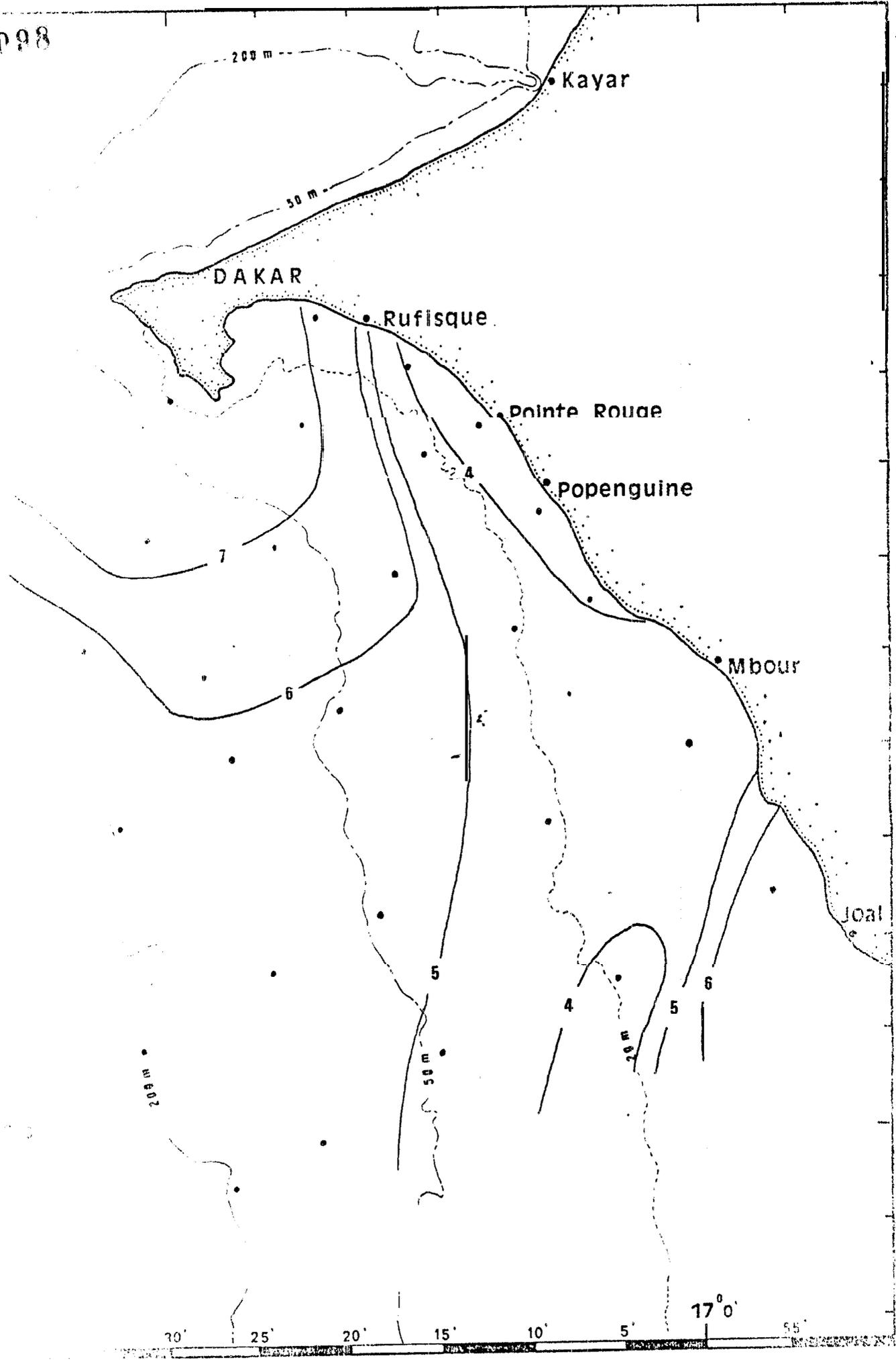


Fig. 14.- Oxygène de surface (ml/l) : 26 mars-3 avril 1982

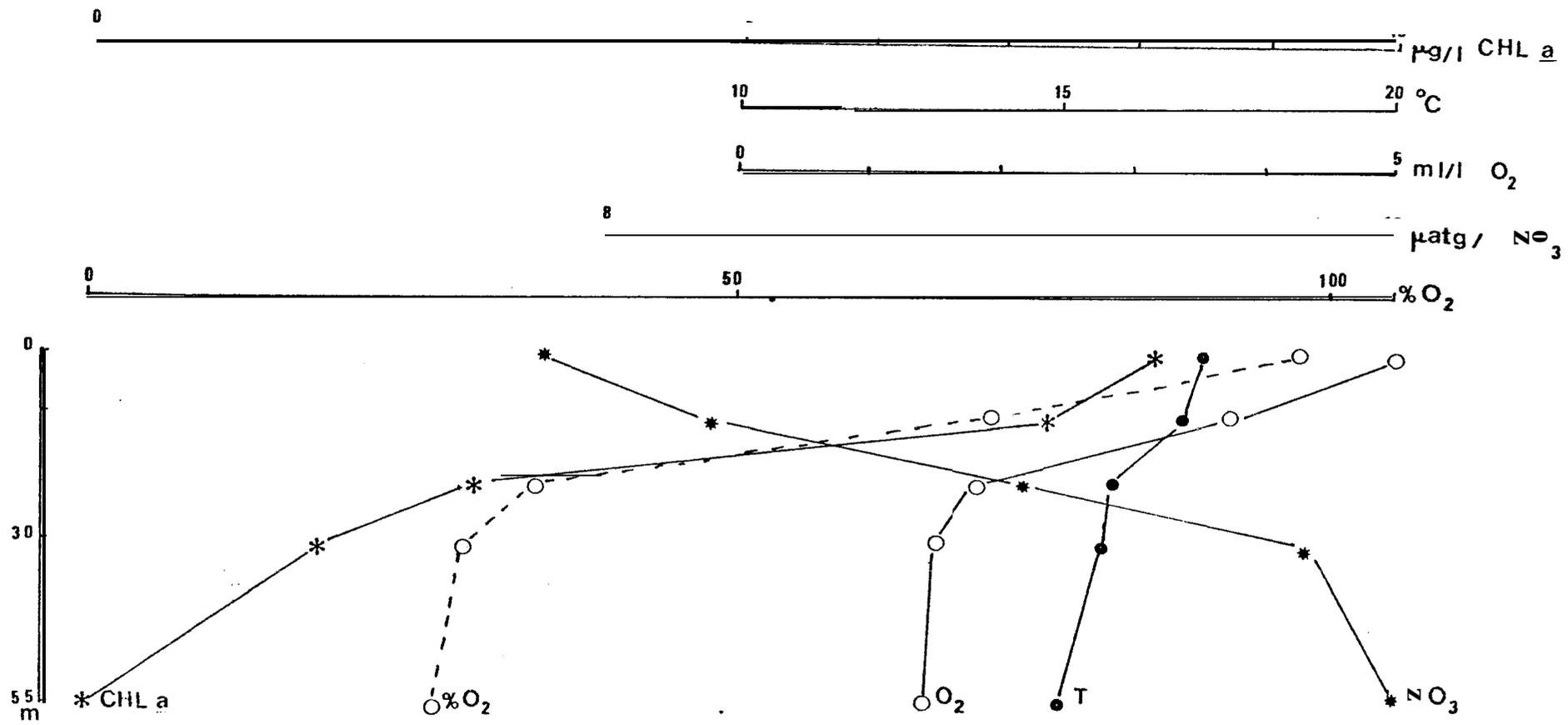


Fig. 25.- Distribution verticale de a chlorophylle a, de l'oxygène, de la température et des nitrates, à la station 24 du large, du 26 mars 1982.

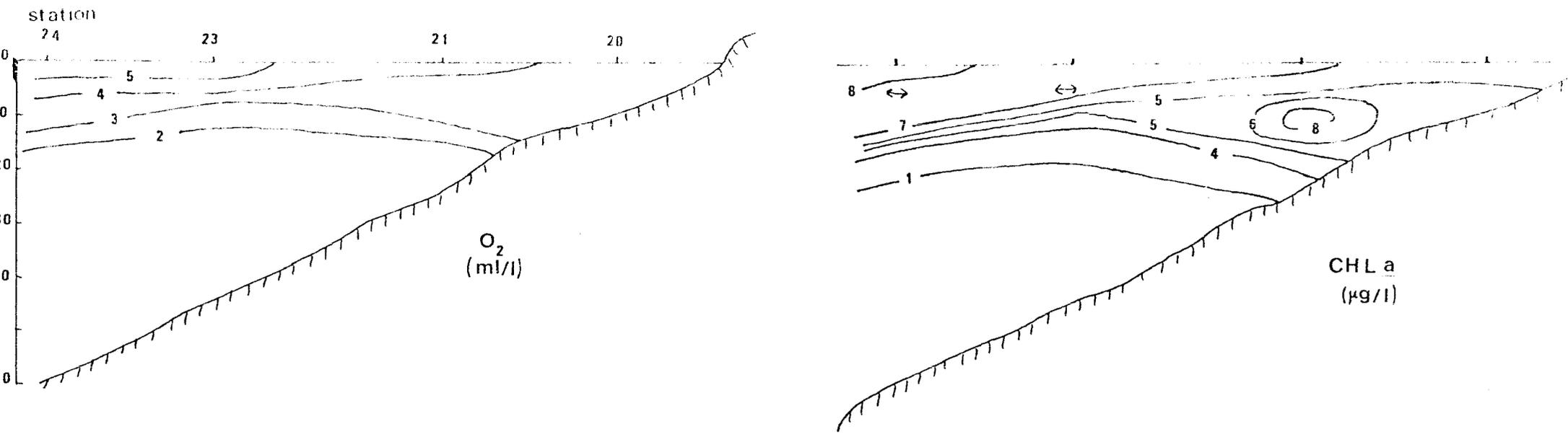
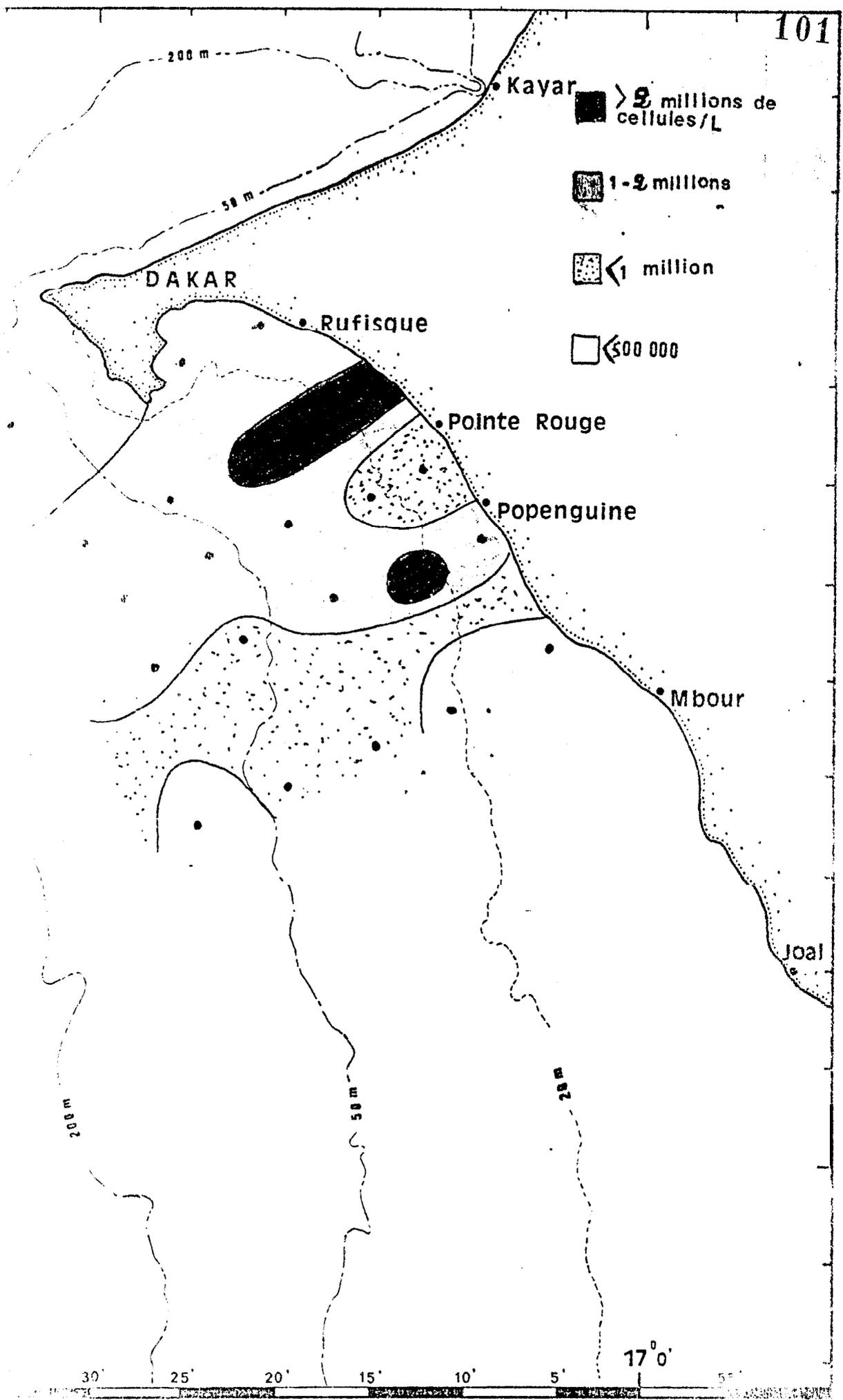


Fig. 26.- Coupe transversale au niveau de la radiale V. Distribution de la chlorophylle a et de l'oxygène



27. Répartition quantitative du phytoplancton : 17-23 décembre 1981

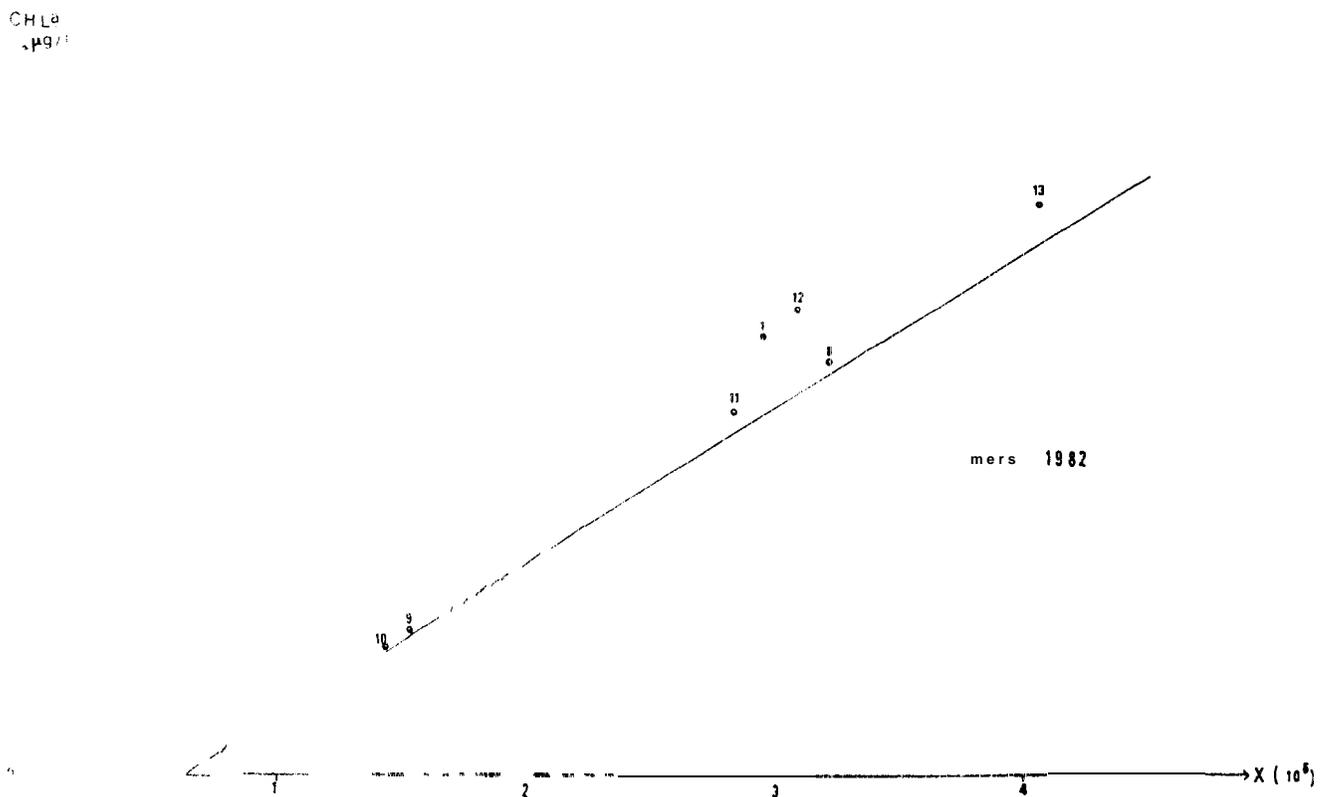
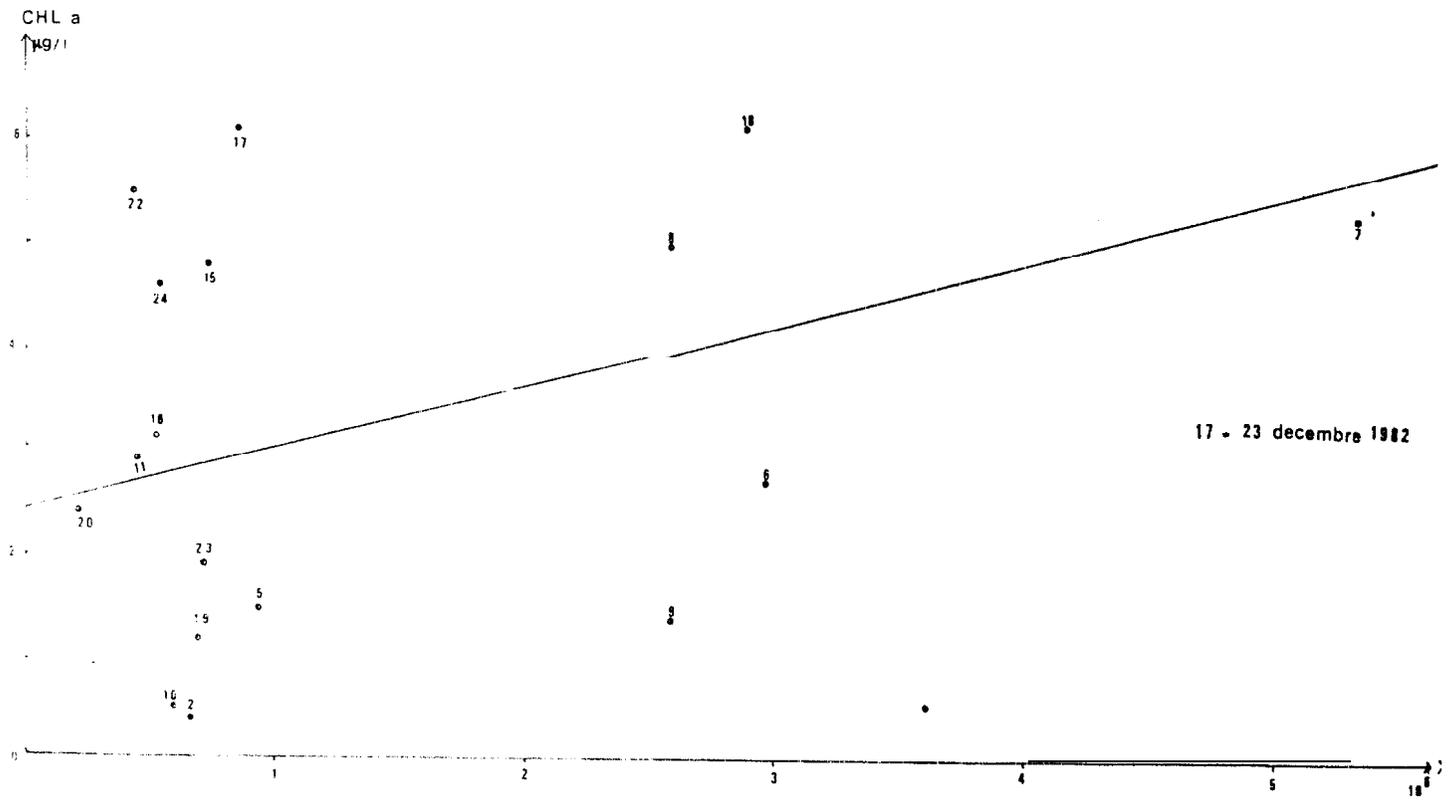


Fig. 28. - Relation entre la chlorophylle a (µg/l) et la concentration cellulaire par litre.

TABLEAU 1 - Distribution quantitative des espèces phytoplanctoniques (Cellules/0.1 ml)

A : du 17 au 23 décembre 1981

B : le 16 mars 1982

Le signe - indique que l'espèce en regard n'a pas été trouvé dans le comptage

Espèces	Stations	1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		DIATOMEES																				
<i>Nitzschia seriata</i>	A		9	10	16	36	39	4	2	4			6	3	10	29	2	2	1	1	4	4
	B																					
<i>Chaetoceros affine</i>	A		2	9	14	9	12	13	2	4			5	4	5	20	-	2	1	1	8	3
	B																					
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	A			8	4	8	10	10	4	4			7	11	6	20	-	2	1	1	8	3
	B																					
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	A		6	4	14	15	11	9	3				13	8	5	6	2	-	-	1	1	3
	B																					
<i>Skeletonema costatum</i>	A		3	5	14	6	39	08	10	8			5	6	3	4	14		1	1		3
	B																					
<i>Nitzschia delicatissima</i>	A		1	1	8	8	6	9	5	4			1	2	1	7	7	1	1	1	4	4
	B																					
<i>Nitzschia angularis</i>	A		7	6	7	13	8	12	3	2			3	2	-	6	-	1	1	1	2	1
	B																					
<i>Nitzschia acicularis</i>	A		2	2	21	3	11	18	3				2		3	16	7	2	1	1		2
	B																					
<i>Nitzschia fluminensis</i>	A			1	2	7	3		3	2			-	-	-	4	-	1	1		2	-
	B																					
<i>Nitzschia pungens</i> var. <i>atlantica</i>	A			4		4	6		1	1			3		2	7	-	-	1	3	9	4
	B																					
<i>Nitzschia acicularis</i> var. <i>closterioides</i>	A		1	4	7	6	6	2	3				-	-	-	-	-	-	-	1	2	-
	B																					



Espèces	Stations	1	2	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
<b>DIATOMEES (suite)</b>																								
<i>Rhizosolenia setigera</i>	A	-	-	2	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6	3	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Carethron hystrix</i>	A	-	-	1	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-
	B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pleurosigma elongatum</i>	A	-	2	-	8	-	3	3	4	1	-	-	2	1	1	6	9	-	1	1	-	-	-	-
	B	2	-	-	-	-	10	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Hemiaulus sinensis</i>	A	-	7	16	9	24	53	1	2	3	-	-	8	6	15	64	-	1	2	7	8	8	-	-
	B	-	-	-	-	-	10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Thalassionema ritzschoides</i>	A	-	7	8	32	14	9	0	7	4	-	-	4	-	4	12	9	1	6	1	6	3	-	-
	B	16	-	-	-	-	40	4	30	32	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chaetoceros decipiens</i>	A	-	2	2	6	3	21	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	6	-	-	-	-	30	8	12	4	10	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizosolenia hyalina</i>	A	-	2	-	6	-	12	2	-	-	-	-	1	-	3	10	-	-	-	-	-	-	-	1
	B	12	-	-	-	-	30	6	20	8	9	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Stephanopykis palmeriana</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	40	-	-	-	-	30	6	20	40	100	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cerataulina bergonii</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	48	-	-	-	-	60	8	24	28	90	114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	B	12	-	-	-	-	40	4	16	12	30	90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Tableau 2.- Distribution quantitative du phytoplancton

I - du 17 au 23 décembre 1981

II - le 16 mars 1982

A : nombre de cellules dans 0,1 ml

B : pourcentage

Stations		2	5	6	7	8	9	10	11	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Phytoplancton																			
D I A T O M E E S	A	61	188	306	297	531	255	58	42	66	50	84	288	67	16	28	44	71	67
	B	95	100	100	99.5	99.3	99.3	96.5	94	93	98	98.6	99.6	97	94	97.6	100	100	99
D I N O F L A G E L L E S	A	5	-	4			4	3	4	9	1	2	2	3	1	1	-	-	1
	B	5	-				0.7	3.5	6	7	2	1.4	0.4	3	6	2.4	-	-	1

Stations		1	8	9	10	11	12	13
Phytoplancton								
D I A T O M E E S	A	142	316	150	146	140	303	420
	B	96	98	97	99	99	98	99
	A	6	6	4	2	2	7	6
	B	4	2	3	1	1	2	1

II