PIGMENTS PHOTOSYNTHETIQUES ET PRODUCTION PRIMAIRE DES EAUX DE SURFACE DU PLATEAU CONTINENTAL NORD-OUEST DE MADAGASCAR *

par

RANDRIANASOLONJANAHARY Henri

INTRODUCTION

L'objet de notre étude est d'estimer la biomasse du phytoplancton d'une part, et d'autre part de mesurer la production primaire des eaux de surface de la province néritique nord-ouest de Madagascar afin de l'employer comme indicateur halieutique.

Les données traitées ici ont été recueillies au cours de la croisière du bateau de recherche «TELONIFY», organisée par le CNRO du 11 au 27 octobre 1983 dans le cadre du projet MAG/81/TO.1 sous l'égide de l'UNESCO

MATERIELS ET METHODES

Le secteur choisi pour notre étude est la zone comprise entre Nosy Anambo (18 km au nord-ouest du Cap St Sébastien) et Cap Amparafaka dont les coordonnées sont respectivement (12° 16,6 S 48° 38,8 E) (15° 34,5 S . 46° 20,0 E). cf fig. 1

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE TANANARIVE

Hydrologie

Les mesures suivantes ont été effectuées sur 83 stations réparties sur 21 radiales température, salinité, oxygène dissous et densité.

La température est prise à l'aide d'un thermomètre de surface.

Les échantillons destinés pour la mesure de la salinité sont conservés dans des bouteilles de 145 ml avec fermeture de type cannette. Au laboratoire, la salinité est déterminée par des procédés physiques. On a utilisé un salinomètre autosal modèle 8400 A de la Guildine (Canada) qui donne la conductivité de l'échantillon transformée ensuite en salinité grâce à un programme sur calculateur HP 41 Sa précision de mesure est de 0,0005°/oo

La concentration en oxygène dissous est mesurée par la méthode de WINCKLER modifiée (GENOVESE et MAGAZZU, 1969)

La densité est obtenue à partir de la salinité et de la température

Biomasse du phytoplancton

La biomasse a été étudiée sur 57 stations, c'est le poids des organismes récoltés rapporté à une unité de surface et de volume. Elle a été estimée par la méthode spectrophotométrique de RICHARDS et TOMPSON

---

* Résumé du mémoire soutenu en juillet 1984 au CUR de Toliara, Option Océanologie Appliquée

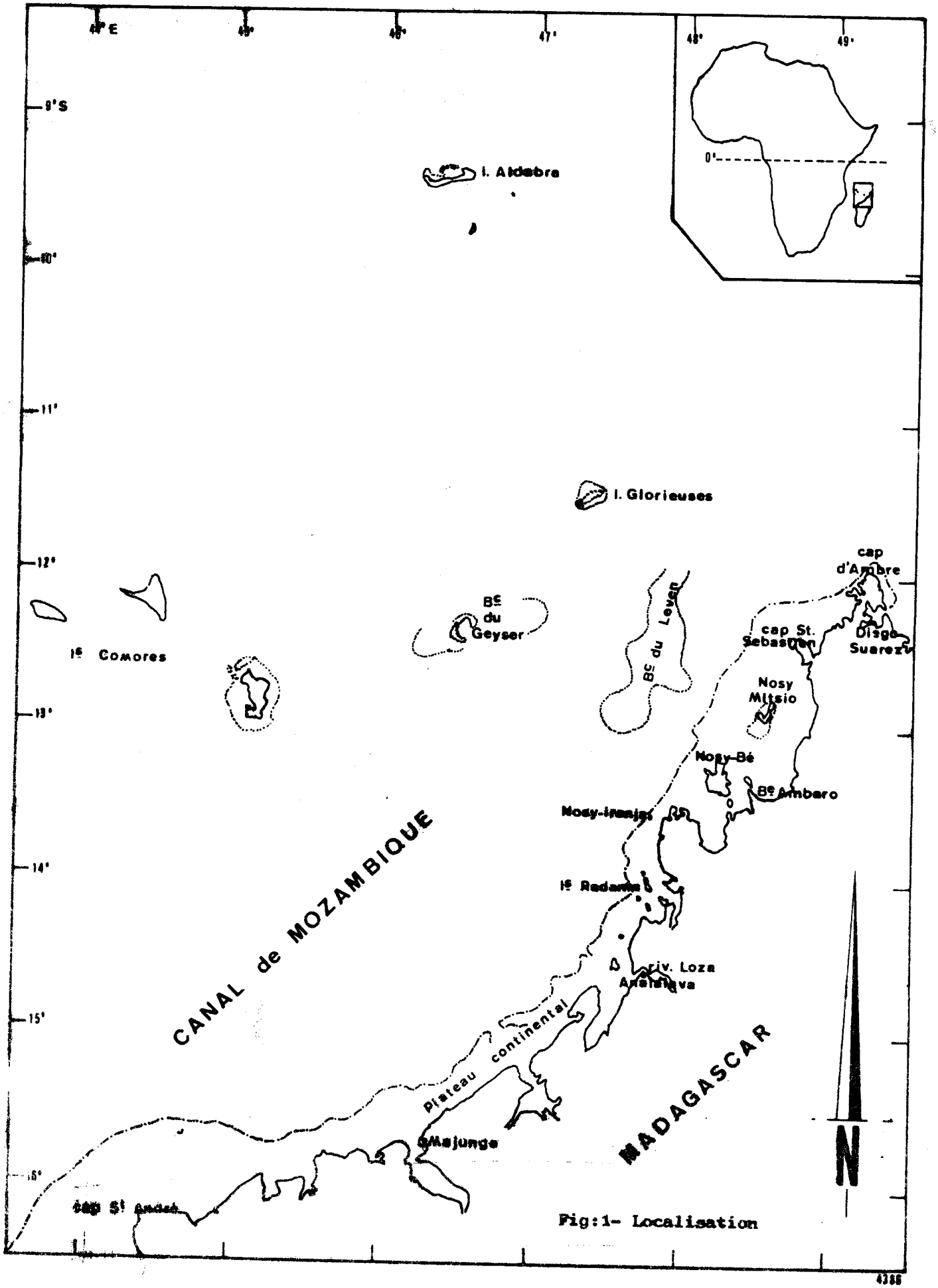

Fig:1- Localisation

Le phytoplancton est séparé de l'eau de mer en utilisant un filtre millipore type AA de 25 mm de diamètre et de porosité égale à 0,8 micron. On a filtré un litre d'eau de surface. Pour la conservation de l'échantillon, on enveloppe le filtre avec le papier aluminium et on le met dans un bocal contenant du silicagel. Le tout est mis dans un congélateur à -20°C jusqu'à l'extraction des pigments photosynthétiques au laboratoire.

Les concentrations en chlorophylle et en pigments dégradés (symbolisés par phéo) sont déterminées par la méthode et les formules données par STRICKLAND et PARSONS (1968). L'extraction des pigments se fait à l'aide de l'acétone à 90% et la lecture de la densité optique par un spectrophotomètre BECKMAN modèle DU.

Mesure de la production primaire

Les stations de production primaire (34) ont toujours été effectuées entre 6h30 à 14h30, heure locale pour avoir un temps d'incubation à la lumière directe du soleil d'au moins 3 heures.

A partir de l'eau de surface, on remplit deux flacons de 250 ml en pyrex, l'un transparent et l'autre opaque à la lumière (témoin). L'eau échantillonnée est enrichie en C_{14}. On inocule 1 ml de solution de C_{14} dans chaque flacon. On a ainsi une dose de carbone radioactif dont l'activité est de 4 μc. Le tout est placé dans un incubateur «in situ simulé». Celui-ci est constitué par un large bac en matière plastique cloisonné pour recevoir les échantillons. On y crée une circulation d'eau de mer pour maintenir une luminosité et une température semblable à celle de la surface. Après 3 à 6 heures d'incubation, on filtre les échantillons. Chaque filtre est mis dans une enveloppe et conservé jusqu'au comptage au laboratoire.

Le comptage de la radioactivité du filtre a été fait au département de biologie animale et d'écologie marine de l'Université de Messine (Italie) avec un scintillateur liquide LKB

RESULTATS - DISCUSSION - CONCLUSION.

Analyse statistique des résultats

Nous avons regroupé les résultats de la biomasse CHL, de la production (assimilation du carbone 14) et du rapport production biomasse (assimilation number) en plusieurs classes. Le nombre de classe est déterminé par la relation $5 \log^{n}_{10}$ avec n nombre de stations.

$\sum f = n \sum f$ somme de fréquences

$= x_{max} - x_{min} / 5 \log^{n}_{10}$ = intervalle de classe

$x_{max} - x_{min}$ = amplitude

A partir des résultats, on détermine la distribution statistique et la répartition géographique du facteur analyse. Pour le rapport P/B, on a établi la corrélation entre la production et la biomasse en calculant les trois valeurs importantes : le coefficient de corrélation r, le coefficient angulaire de la droite de régression a et la constante b de la droite de régression. Ainsi, on obtient une relation de la forme

$$P = a.B + b \quad \text{avec} \quad r = \frac{SPE\ x.y}{1/SCE\ x \cdot SCE\ y}$$

y = production
x = biomasse
SPE x.y = codispersion de x et y = Dx.y
SCE x = somme des carrés des écarts de x
a = Dx y/Dx
b = on a b à partir de la moyenne de x et de y et a
y = ax + b

Nous avons construit le diagramme P/B et tracé la droite de régression. La liaison entre P et B est donnée par R^2 coefficient de détermination.

Pour l'analyse de l'influence des facteurs physico-chimiques sur la production, la répartition de ces facteurs a été étudiée en utilisant la méthode d'analyse de variance (FRONTIER, 1969).

Résultats (fig. 2)

Les résultats sont regroupés dans le tableau 1 où l'on a :

- la température en degré Celcius (T^oC) ;
- la salinité (S^o/oo) ;
- la densité δt ,
- l'oxygène dissous (O_2) en ml/l ,
- la saturation en oxygène ($Sat.O_2$)
- la biomasse en mg/m^3 ,
- la production de carbone en $mg/m^3/h$,
- le rapport production biomasse (P/B) ou «assimilation number».

Répartition de la chlorophylle «a» (fig. 3a, 3b, 3c)

Nous avons estimé la biomasse sur 57 stations répartis sur les 21 radiales. Les valeurs de la biomasse varient de 0,09 mg/m^3 (station 45) à 1,75 mg/m^3 (station 191), la valeur moyenne étant 0,50 mg/m^3. La distribution des valeurs est bimodale. Ces valeurs sont de même ordre que celles données par ANGOT (1968) pour la région autour de Nosy-Be (baie d'Ambaro, Ampasindava, Pointe Angadoka) correspondant aux stations 61, 83, 92. Les valeurs maximales constatées se trouvent à l'entrée des baies. Elles sont moindres dans les stations subissant l'influence des eaux du large (à la limite du plateau continental).

Répartition du taux d'assimilation du Carbone 14 (fig 4)

Les mesures du taux d'assimilation du Carbone 14 n'étaient possibles que sur 34 stations. Les valeurs de la production primaire des eaux de surface de la province néritique varient entre 0,06 (station 65) au Sud-ouest de Nosy Mitsio et 8,30 à la station 192 qui se trouve à l'embouchure de Betsiboka. La moyenne est de 2,71 mg de Carbone /m^3/h. On constate que là où il y a une forte densité de phytoplancton l'assimilation chlorophyllienne est intense. Les valeurs s'échellonnent et diminuent vers le large, sauf pour quelques points particuliers au niveau du Cap St Sébastien et des Iles Radama où l'on trouve une production de 5 mg de Carbone par m^3/h

La production est forte à l'entrée des baies, elle est maximale au niveau des baies de Baly et de Mahajanga. Nous ne disposons pas de résultats de la production primaire à l'intérieur des autres baies mais on peut avancer l'hypothèse qu'elles sont supérieures ou égales à celles que nous avons trouvées.

Relation production biomasse (fig 5)

Le rapport P/B oscille entre 3,33 pour la station au Sud-ouest de Nosy Mitsio et 11,24 à l'est du banc de Castor. La valeur moyenne 6,21 est assez élevée, sa distribution est à peu près normale.

La construction du diagramme par point P-B montre que la dispersion des nuages de points n'est pas quelconque. En établissant la corrélation, on a :

$$r = 0{,}96$$

$$y = 5{,}73\,x + 0{,}14$$

Une forte corrélation est notée ($R^2 = 0{,}92$).

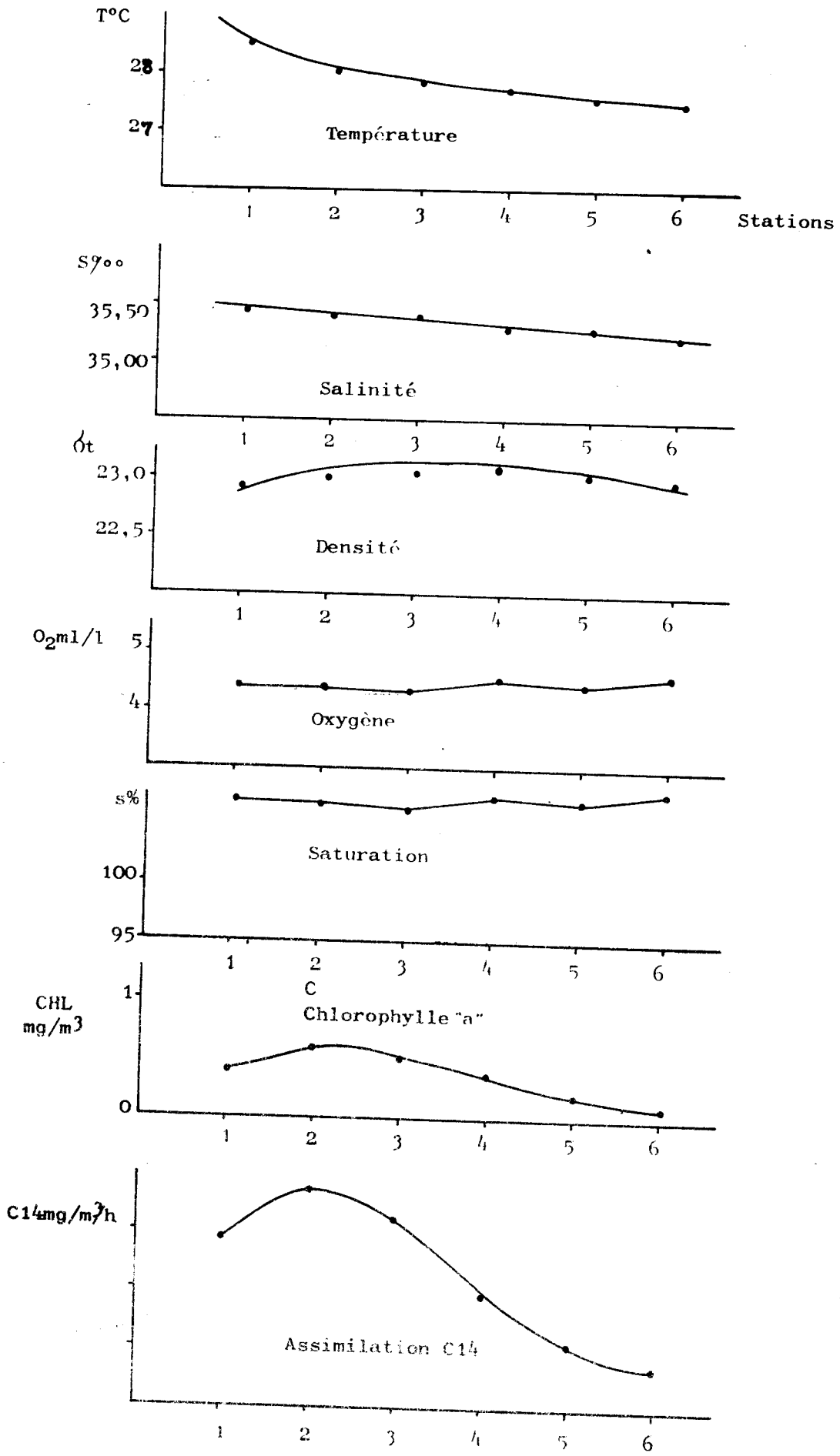

Fig: 2 - Variation de la biomasse et de la production en fonction du paramètre du milieu

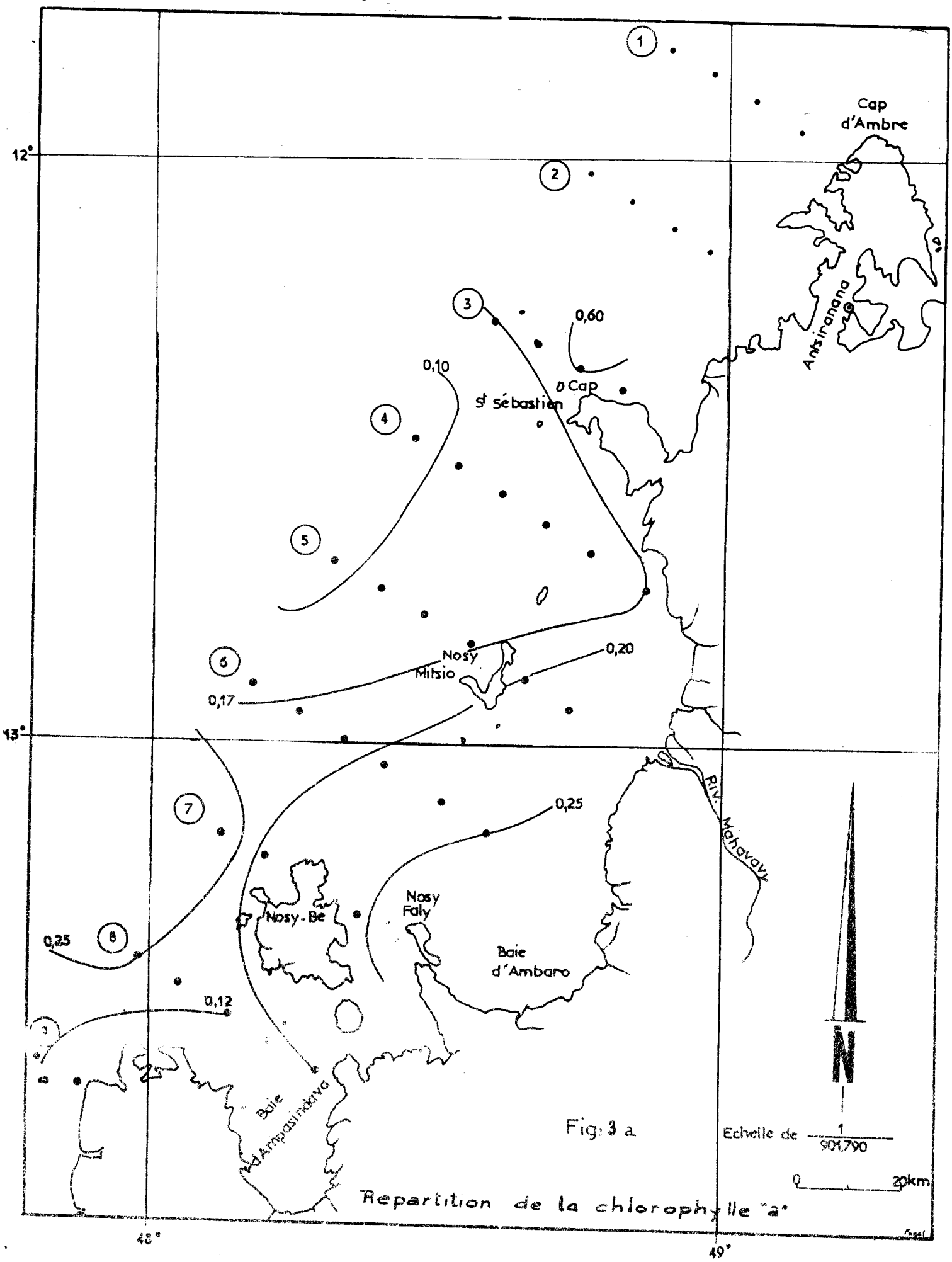

Fig: 3 a

Repartition de la chlorophylle "a"

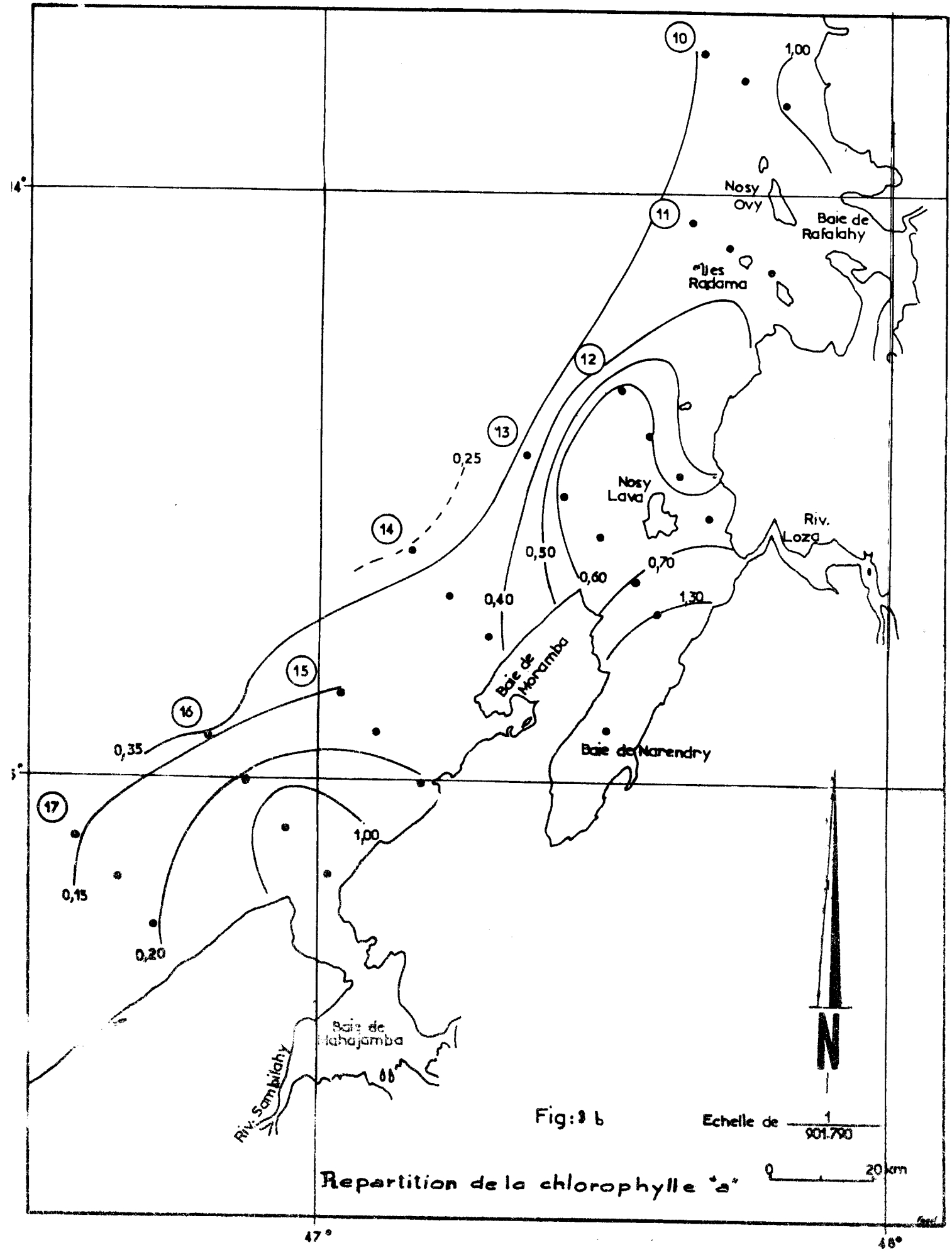

Fig: 3 b

Repartition de la chlorophylle "a"

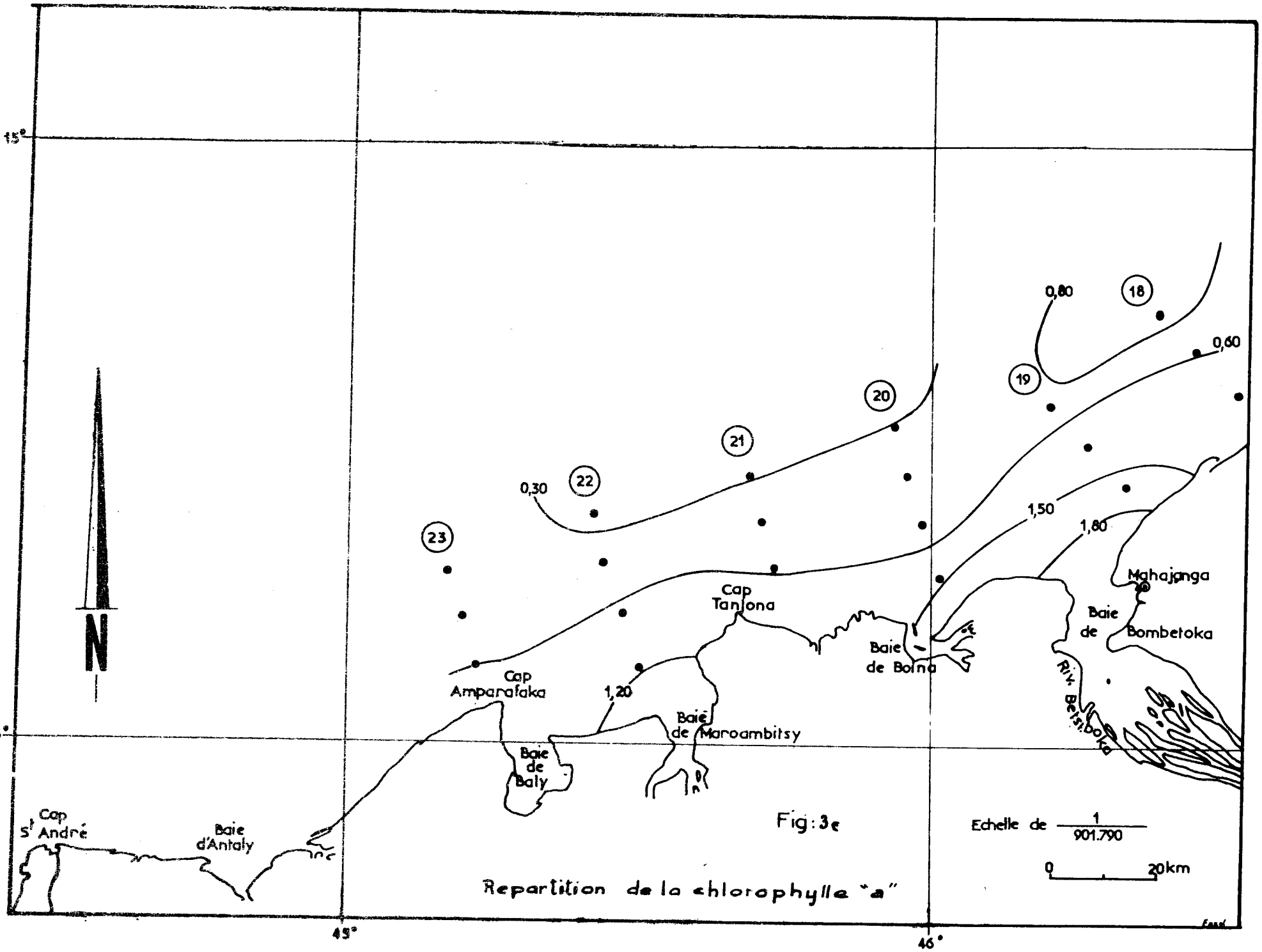

Fig: 3e

Repartition de la chlorophylle "a"

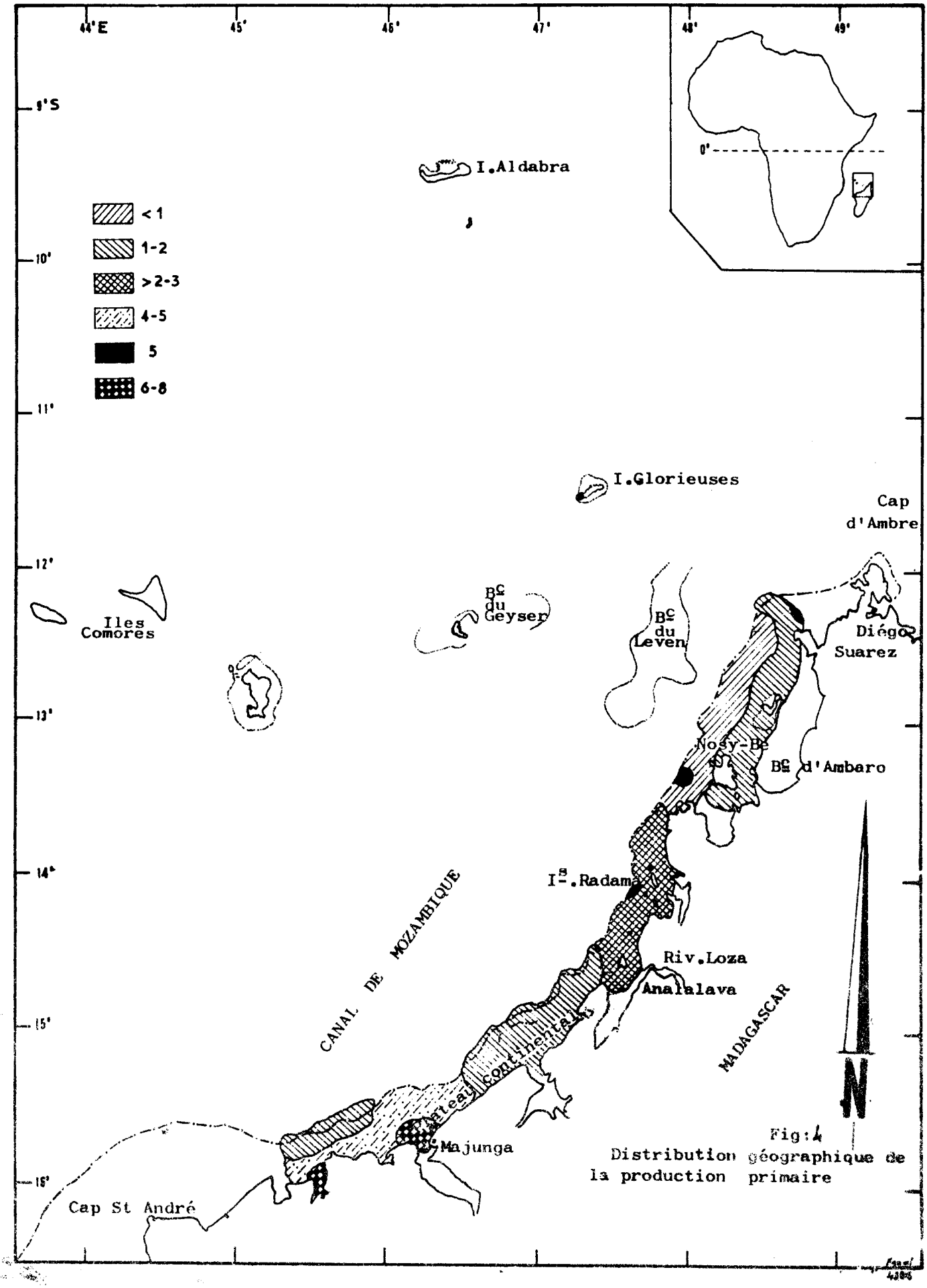

Fig:4
Distribution géographique de la production primaire

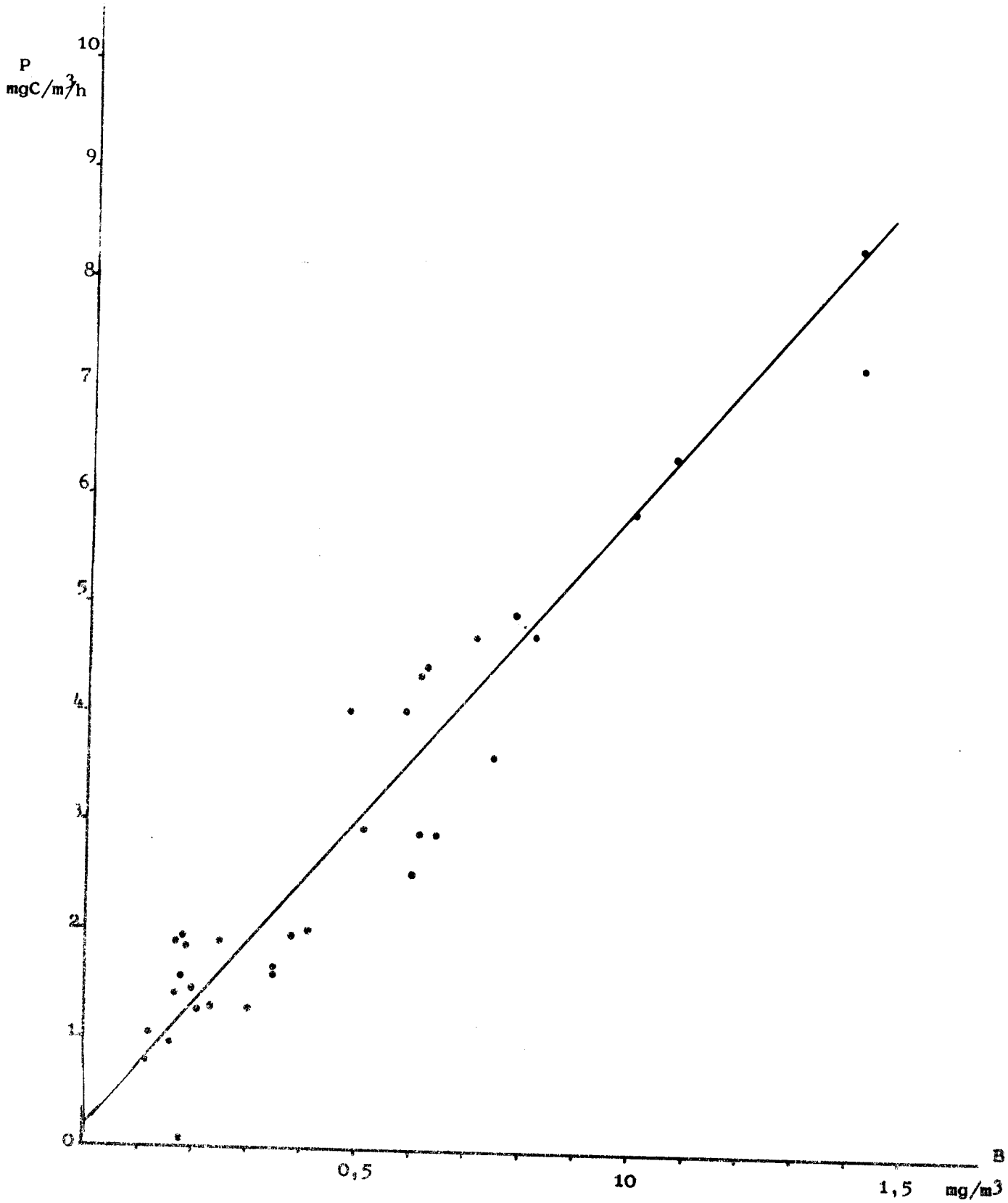

Fig:5 - Correlation entre productivité et biomasse

Tableau 1 - Valeurs des différents paramètres

Station	T°C	Salinité	Densité	O_2	Sat. O_2	Biomasse	Production	P/B
32	26.03	35.526	23.44	4.84	104.530	0.61	4.85	7.95
34	25.86	35.505	23.48	4.82	103.789	0.17	1.39	8.18
45	27.27	35.354	23.24	4.79	103.765	0.09	0.44	4.89
46	27.20	35.234	22.85	4.84	106.412	0.11	0.48	4.36
53	26.08	35.378	23.31	4.81	103.882	0.17	1.91	11.24
55	26.18	35.241	23.18	4.79	103.544	0.18	1.58	8.78
65	26.93	35.310	22.99	4.79	100.770	0.18	0.06	3.33
66	26.24	35.316	.	4.81	104.125	0.16	0.96	6.00
81	27.55	35.269	22.86	4.69	103.731	0.20	1.47	7.35
83	27.30	35.333	22.89	4.71	103.782	0.12	0.80	6.67
85	27.05	35.383	22.94	4.94	. .	0.25	1.90	7.60
91	28.01	35.302	22.56	4.70	104.699	0.18	0.92	5.11
92	26.58	35.146	22.98	4.98	106.381	0 12	0.55	4.42
113	27.92	35.365	22.72	4.59	102.191	0 71	4.71	6.63
122	28.13	35.593	22.82	4.62	133.343	0.51	2.94	5.76
124	27.21	35.395	22.97	4.67	102.784	0.60	2.54	4.23
134	26.94	35.338	23.01	4.64	101.636	0.61	2.92	4.79
136	26.82	35.475	. . .	4.78	104.575	0.35	1.71	4.89
142	27.83	35.530	22.76	4.63	105.917	0.38	1.98	5.21
144	27.54	35.571	22.99	4.70	104.110	0.24	1.30	5.75
151	27.20	35.648	22.99	4.61	102.463	0.19	1.87	9.84
171	28.09	35.495	22.76	4.31	192.296	0.21	1.26	6.00
181	28.19	35.193	22.50	4.62	103.214	0.48	4.03	8.43
183	26.61	35.375	22.82	4.55	107.793	0.82	4.75	5.79
192	27.66	35.347	22.79	4.58	101.525	1.41	8.30	5.89
193	26.97	35.365	22.02	4.69	102.797	0.76	4.93	6.49
211	27.37	35.523	23.01	4.47	98.731	0.61	4.48	7.35
213	26.68	35.362	23.11	4.77	104.047	0.30	1.37	4.57
221	27.20	35.912	23.36	4.62	101.962	1.17	6.31	5.39
224	27.53	35.534	23.14	4.80	104.436	0.35	1.69	4.83
232	27.02	35.779	23.25	4.68	102.849	0.58	4.03	6.95
233	26.50	35.584	23.34	4.62	100.599	0.75	4.62	6.26

Données non disponibles

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITAIRE TANANARIVE

ERRATA

Texte devant être à la suite du paragraphe a de 3.1. (p. 19)

La HODIMA dispose de bassins de rétention où devrait se produire la précipitation de sels de chrome.

b) **La Société Siramamy Malagasy "SIRAMA" Nosy-Be**

C'est une très vieille industrie sucrière utilisant encore la technologie de l'après dernière guerre. Elle produit en moyenne 13000 t de sucre et 11000 hl de rhum par an.

Les écumes (déchets obtenus lors de l'extraction et du filtrage du jus de canne traité) et les vinasses (résidus de la distillation des mélasses) constituent les principaux déchets de fabrication. Les vinasses forment un liquide coloré plus ou moins rougeâtre, dégageant une très forte odeur fétide polluant l'air ambiant des lieux avoisinnants (le village de Dzamandzar). Ce phénomène est probablement imputable à la forte concentration de matières organiques présentes dans la vinasse (80 $kg.m^{-3}$) dont la dégradation induit une demande chimique en oxygène très importante allant de 400 à 50000 $ml.l^{-1}$.

Produits chimiques	Consommation journalière
Formol	30 l
Hypochlorite	3 kg
Fabcar (chaudière)	1,5 kg
Soude caustique	140 kg
Séparan	1,5 kg
Chaux	1 200 kg
Sulfate d'ammoniac	-

BIBLIOTHEQUE TANANARIVE

Tableau n°1 : Produits chimiques utilisés par la SIRAMA de Nosy-Be

Sous-paragraphes du paragraphe 3.1.

Tous les sous-paragraphes après le nouveau b prendront la numérotation alphabétique postérieure.

Autrement dit, 92% de la production primaire sont exprimées par la biomasse. Pour 1 mg de chlorophylle a, l'assimilation du Carbone est de 5,73 mg/m^3/h. ANGOT (1965), SOURNIA (1968), pour la période hivernale, ont trouvé des valeurs légèrement supérieures à savoir 7,40 et 6,32 mg de C/m^3/h.

Discussion

Les caractéristiques générales des variations de salinité des eaux de surface sont connues grâce aux travaux antérieurs du Centre O.R.S.T.O.M. de Nosy-Be. ANGOT et GERARD (1966) ont montré que de juin à novembre, elle est stable et reste toujours très proche de 35,0°/oo. La température oscille entre 25,5 et 28,5°C

Etant donné que la croisière a eu lieu en octobre, les eaux sont relativement fraîches et salées (26,93°C et 35,43°/oo). L'analyse de variance de la répartition de la température en surface au seuil de 5% donne un F calculé égal à 3,48. Le test F montre qu'on ne peut pas accepter l'hypothèse nulle. La différence des moyennes des premières stations est donc significative. La comparaison de celle-ci aux autres stations donne un rapport de variance F = 6,04. Ces résultats confirment le regroupement de l'eau de surface en eau néritique interne et externe. L'oxygène dissous a une valeur assez élevée, sa répartition est comparable à celle de la biomasse. La densité est faible pour l'ensemble des premières stations, elle augmente légèrement et diminue à la limite du plateau continental. ANGOT (1968) montre que «la biomasse et la densité sont reliées par une corrélation inverse (r négatif). La densité joue un rôle dans la flottabilité des organismes. La chute de la densité conduit en moyenne à une augmentation de la production en période estivale jusqu'au seuil de t = 21,00 pour les eaux néritiques internes. »

MAGNIER et PITON (1971) signalent que la saison sèche est marquée par la répartition homogène des sels nutritifs. Dans ces conditions, comment peut-on expliquer la forte production primaire au niveau des baies ?

Il est certain, même en période hivernale que le débit des fleuves débouchant dans les fonds des baies n'est pas négligeable. La présence des particules terrigènes au large, à quelques 3 milles des côtes en est la preuve. D'autre part, la distribution de la salinité pour l'ensemble des premières stations montre un coefficient de variation assez élevé par rapport aux autres stations ; ce qui prouve la diminution de la salinité due à la dilution par l'eau douce. Il apparaît donc que la production primaire à l'embouchure est favorisée par les apports fluviaux. Ceci est d'ailleurs en accord avec les observations des autres auteurs. ANDERSONS (1964) travaillant à l'embouchure de la rivière Columbia, Oregon, signale que les sels nutritifs amenées par l'eau douce sont utilisés dès qu'ils parviennent à la mer et que la production primaire est plus élevée à l'embouchure de la même rivière en comparaison à celle du large. La principale source de renouvellement des produits utiles au métabolisme du phytoplancton provient des apports terrigènes.

On note l'importance de la mangrove le long de la côte nord-ouest de Madagascar. On peut émettre l'hypothèse que l'enrichissement en sels nutritifs pourrait résulter de la décomposition des matières organiques de la mangrove. Ils sont efficacement drainés par les courants d'eau douce qui la traversent.

On peut ainsi expliquer la forte production au nord de Cap St Sébastien (station 33) et au voisinage des Iles Radama (station 111) où la salinité est seulement de 35,38°/oo.

Il faut enfin noter que la valeur moyenne de la production au cours de nos études est de 2,71 mg C/m^3/h. Cette valeur est intermédiaire entre celles trouvées par SOURNIA en 1968 qui sont 5 mg C/m^3/h pendant la saison de pluie et 2,5 mg C/m^3/h pendant la saison sèche.

Conclusion

La méthode spectrophotométrique simple, rapide, donne une bonne estimation de la biomasse

Quant aux résultats, il apparaît que :

- la production primaire à l'embouchure est favorisée par les apports fluviaux ;
- le regroupement de l'eau de surface en eau néritique interne et externe est confirmé. En effet, la partie à la limite du plateau continental qui est sous l'influence des eaux du large est pauvre en phytoplancton ;
- la valeur de la production primaire qui est de 2,71 mg°C/m^3/h confirme que le mois d'octobre est une période de transition entre l'hiver et l'été.

L'utilisation du phytoplancton comme indicateur halieutique est vérifiée en ce qui concerne le plateau continental nord-ouest de Madagascar. Les zones à forte productivité primaire correspondent aux lieux où se pratique la pêche industrielle de la crevette (baie d'Ambaro, Narendry, Mahajanmba, Baly).

BIBLIOGRAPHIE

ANDERSON, G.C. 1964 - The seasonal and geographic distribution off the Washington and Oregon coast. *Limn. Oceanogr.* 9 (3), pp. 284-302

ANGOT M., 1968 - Variation de la production primaire aux environs de Nosy-Be (Madagascar) en 1965. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.*, vol. VI, N°2, pp. 127

ANGOT M., et GERARD R., 1966 - Caractères hydrologiques de l'eau de surface au Centre ORSTOM de Nosy-Be de 1962 à 1965. *Cah. ORSTOM, sér. Océanogr.* vol 4, N°3, pp 37-53 pl 1-3

FRONTIER S. 1969 Contribution à la connaissance d'un écosystème néritique tropicale étude descriptive et statistique du zooplancton de la région de Nosy-Be (Madagascar) *Thèse de doctorat d'Etat*. Aix Marseille. 268 p

GENDUESE S et MAGAZZU G., 1969 - Manuale d'analisi per le acque sadmastre. Univ. Messina Italie, 135 p

MAGNIER Y, PITON B, 1971 Observations physico-chimiques faites par le «VAUBAN» le long de la côte nord-ouest de Madagascar de janvier à septembre 1970. *Doc. sci. Centre ORSTOM Nosy-Be*, N° 17 66p. multigr, 3 fig. h. t.

RICHARDS F A. et TOMPSON T.G., 1952 The estimation and caracterization of population by pigment analysis. II A spectrophotometric methode for the estimation of pigments. *J. Mar. Res.* 11 156-176

SOURNIA A., 1968 - Recherche sur le phytoplancton et la production primaire dans le canal de Mozambique. *Thèse de Doctorat d'Etat* 96 p

STRICKLAND J.D.H. et PARSON T.R. 1968 - A pratical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* N° 310 p.