

Centre ORSTOM de Nosy-Bé  
(Madagascar)

Document n°16

Juin 1970

---

LABORATOIRE DE GEOLOGIE

---

Etude de la relation entre le carbone organique et l'azote dans les  
sédiments de la Baie d'Ambaro.

par

Jacques DANIEL, Jacques DUPONT, Christian JOUANNIC (1)

Pour citation, abréger ainsi : ORSTOM Nosy-Bé, Doc. n° 16, multigr.

---

(1) Géologues de l'ORSTOM, Centre ORSTOM de Nosy-Bé.

22 OCT. 1974  
O. R. S. T. O. M. 8-1  
Collection de Référence  
n° 7107 geol.

## 1 - INTRODUCTION.

Dans les sédiments marins, la matière organique a une grande importance tant du point de vue sédimentologique que biologique. Elle conditionne en effet les propriétés physico-chimiques du sédiment, son évolution ultérieure dans la diagenèse et la vie des animaux et des végétaux dans la pellicule superficielle.

La répartition de la matière organique dans les sédiments dépend de facteurs nombreux et divers. La teneur d'un échantillon est en effet fonction des apports proprement dits, du degré d'évolution de ces apports et de leur dilution par les substances minérales.

Suivant leur nature, terrestre ou marine, animale ou végétale les composés organiques présentent des caractéristiques différentes, particulièrement en ce qui concerne le rapport carbone/azote. On sait que le rapport C/N est particulièrement élevé dans les végétaux terrestres (supérieur à 10 et pouvant atteindre 18), alors que dans les organismes planctoniques il est beaucoup plus faible (6 à 8).

L'étude du rapport C/N constitue donc une approche du problème de l'origine, de la nature et de l'évolution de la matière organique; en effet, pour expliquer les variations de ce rapport, les auteurs invoquent l'influence des sources de matière organique, la concentration en matière organique et l'intervention bactérienne à l'intérieur du dépôt, en accordant plus ou moins d'importance à l'un ou l'autre de ces facteurs.

Nous avons effectué les dosages de carbone organique et d'azote sur 60 échantillons de sédiment prélevés dans la baie d'Ambaro (à l'est de Nosy-Bé)(fig. 1 et 2.). Sur les mêmes échantillons nous avons également déterminé les teneurs en fraction fine, en carbonates et en fer total. Les méthodes utilisées ont été l'oxydation de la matière organique par le bichromate de potassium avec dosage en retour pour le carbone organique et les microdosages Kjeldahl pour l'azote. Les dosages d'azote ont été mis au point et exécutés au Laboratoire de Nutrition du Centre de Nosy-Bé sous la direction de Mme FRONTIER-ABOU que nous remercions très vivement (méthode décrite dans FRONTIER-ABOU (D.), 1970).

## 2 - RESULTATS.

Les résultats des mesures sont donnés dans le tableau ci-après.

N°	fraction fine %	calcaire %	fer %	C. organique %	azote %	C/N
1214	64	28,5	3,09	1,55	0,135	11,48
15	74	31	3,58	1,76	0,13	13,54
16	2,5	25	1,00	0,14	0,02	7,00
17	79	24,5	3,63	1,68	0,15	11,20
18	57	12	3,63	1,25	0,11	11,36
19	19	30	2,08	0,68	0,09	7,56
20	92	5	5,12	1,87	0,17	11,00
21	82,5	9	4,61	1,78	0,14	12,71
22	71,5	24	3,75	1,60	0,14	11,43
23	45	41	2,63	1,03	0,09	11,44
24	86,5	29	3,66	1,80	0,15	12,00
25	89	34	3,45	1,78	0,15	11,87
26	89	33	3,56	1,72	0,16	10,75
27	85	36	3,27	1,72	0,16	10,75
28	60-70	43	3,27	1,85	0,25	7,40
29	3,5	82	0,28	0,21	0,04	5,25
30	97	6	4,72	2,17	0,17	12,76
31	98	8	5,10	2,41	0,17	14,18
32	98	1	5,15	2,54	0,17	14,94
33	90,5	3	5,20	1,90	0,145	13,10
34	90,5	1	5,13	2,55	0,16	15,94
35	97	3	5,11	2,20	0,17	12,94
36	98,5	5	4,95	2,31	0,18	12,83
37	97,5	13,5	4,42	1,97	0,18	10,94
38	18	36,5	1,30	0,55	0,06	9,17
39	83,5	42	3,00	1,62	0,18	9,00

1240	15	34	1,45	0,45	0,06	7,50
41	77	31,5	3,16	1,51	0,14	10,79
42	91,5	34,5	3,56	1,72	0,155	11,10
43	85	36	3,50	1,92	0,14	13,71
44	73	47	2,96	1,24	0,125	9,92
45	53,5	41	2,50	1,02	0,11	9,27
46	4	17	0,79	0,085	0,02	4,25
47	16	31	0,93	0,37	0,04	9,25
48	89	35	3,35	1,68	0,25	6,72
49	98	18	4,08	1,66	0,19	8,74
50	42	27	3,17	0,96	0,095	10,11
51	97	24,5	4,19	1,69	0,18	9,39
52	98	6	4,83	1,74	0,18	9,67
53	75	3	4,54	1,80	0,14	12,86
54	76,5	6	5,14	1,79	0,13	13,77
55	75,5	17	4,55	1,54	0,17	9,06
56	81,5	30	3,98	1,40	0,19	7,37
57	98,5	15	4,48	1,90	0,19	10,00
58	43,5	51	2,77	0,76	0,09	8,44
59	26	68	1,40	0,61	0,06	10,17
60	54	43	2,83	1,065	0,11	9,68
61	10	26	0,90	0,24	0,04	6,00
62	31,5	64	1,93	0,61	0,07	8,71
63	27	54	2,10	0,59	0,07	8,43
64	21	57	2,43	0,65	0,06	10,83
65	8	64	1,28	0,24	0,03	8,00
66	26,5	50	2,42	0,57	0,09	6,33
67	12	74	0,99	0,33	0,04	8,25
68	25	73	1,14	0,51	0,065	7,805
69	13,5	68	1,54	0,50	0,04	12,50
70	11	57	1,05	0,30	0,04	7,50
71	18	57	3,06	0,45	0,06	7,50
72	45	49	1,85	0,81	0,085	9,53
73	14	36	1,50	0,38	0,05	7,60

## 2-1 - Répartition des valeurs de carbone organique.

### 2-1-1 - Distribution statistique.

Les valeurs varient de 0,08% (échantillon 1246) à 2,55% (échantillon 1234), la valeur moyenne étant de 1,26%. La distribution des valeurs est bimodale (fig.3).

Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles données par DEBYSER pour le Bassin d'Arcachon et la baie de l'Aiguillon, par MINAS pour l'étang de Berre, mais nettement inférieures à celles rencontrées dans la lagune d'Abidjan (DEBYSER) où les teneurs atteignent 12%. Ceci s'explique par les conditions hydrologiques, en effet, dans la lagune d'Abidjan, au-dessous de 3m de profondeur, peuvent exister des conditions euximiques, alors que dans la baie d'Ambaro (B. PITON et al.) la teneur en oxygène dissous, bien que variable dans le temps et dans l'espace se maintient toujours au moins à des valeurs voisines de 2ml/l.

### 2-1-2 - Répartition géographique.

Pour établir la carte de répartition des teneurs en carbone organique (fig.4) nous avons considéré 3 classes de sédiments dont les teneurs sont respectivement supérieures à 2%, comprises entre 1 et 2% et inférieures à 1%.

La carte ainsi obtenue montre une zone riche en carbone à l'est de la baie du côté de l'embouchure de l'Ifasy et des zones moyennement riches sur le pourtour de la baie. Cette carte se superpose bien à celle des teneurs en fraction fine.

## 2-2 - Répartition des valeurs de l'azote.

### 2-2-1 - Distribution statistique.

Les valeurs varient de 0,02% à 0,25% la valeur moyenne étant de 0,12%. La répartition des valeurs, comme pour celles du carbone, est bimodale. Ces chiffres sont moyens et en accord avec les valeurs du carbone comme nous allons le voir en étudiant les relations C-N (fig.5).

### 2-2-2 - Répartition géographique.

La carte de répartition des teneurs, établie en classant les sédiments en 3 groupes (moins de 0,1% d'azote, entre 0,1 et 0,15% plus de 0,15%), montre les mêmes zones que celles définies précédemment (fig.6).

### 3 - RELATIONS C-N.

On peut, tout d'abord, examiner les valeurs du rapport C/N avant de chercher à déterminer la relation liant les deux valeurs.

#### 3-1 - Le rapport C/N.

##### 3-1-1 - Distribution statistique des valeurs de C/N.

Les valeurs varient de 4,25 à 15,94, la valeur moyenne étant de 10,06. La distribution est voisine de la normale (fig.7), la dispersion assez grande et la valeur moyenne relativement élevée. On peut donc, dès à présent, invoquer des influences continentales importantes pour l'ensemble de la zone considérée, mais il convient d'étudier la répartition géographique de ces valeurs.

##### 3-1-2 - Répartition géographique.

Si on établit la carte des valeurs de C/N (fig. 8) on s'aperçoit que les valeurs élevées se rencontrent sur toute la bordure de la baie, particulièrement dans la région est, au voisinage de l'embouchure de l'Ifasy, c'est à dire là où les apports terrigènes sont les plus importants. On peut donc penser que la valeur du rapport C/N est influencée par la nature de la matière organique, c'est à dire que les mécanismes d'homogénéisation invoqués par certains auteurs n'ont pas le temps de jouer si près des côtes.

Cependant, ces zones sont également celles où la quantité de matière organique est la plus forte. Les variations des valeurs de C/N peuvent donc également provenir de l'influence de la concentration en matière organique.

Dans la partie nord de la baie, les valeurs sont en général faibles mais très variables d'un point à un autre. Etant donnés les faibles teneurs en C et N les erreurs relatives dans les mesures peuvent être élevées et les valeurs de C/N assez incertaines.

#### 3-2 - Liaison C-N.

Si l'on construit le diagramme par points C% - N% on s'aperçoit que la dispersion n'est pas quelconque (fig.9). A la suite d'Arrhénius, divers auteurs ont cherché à définir des relations entre C et N et les plus fréquemment admises sont des relations du type .

$$C = aN + b \quad (1)$$

$$C = aN^b \quad (2)$$

Dans l'hypothèse d'une relation linéaire du type (1) on peut, dans le cas présent calculer un coefficient de corrélation entre C et N, et l'on trouve

$$r_1 = 0,89$$

ce qui, pour 60 valeurs est hautement significatif. L'équation de la droite liant C et N s'écrit :

$$y = 10,8 x - 0,029 \quad \begin{cases} y = C\% \\ x = N\% \end{cases}$$

soit une droite très voisine de :

$$y = 10 x$$

Dans l'hypothèse d'une relation du type (2) on peut écrire :

$$\log C = \log a + b \log N$$

Le coefficient de corrélation linéaire entre log C et log N est :

$$r_2 = 0,96$$

et l'équation liant C et N

$$y = 16,7 x^{1,24} \quad \begin{cases} y = C\% \\ x = N\% \end{cases}$$

Pour les valeurs considérées de C et N les deux courbes ne s'écartent pas sensiblement l'une de l'autre. Les valeurs des coefficients de corrélation ( $r_2 > r_1$ ) sont en faveur de la 2e relation du type.

$$C = aN^b$$

Il faut cependant remarquer que l'analyse statistique et le calcul des coefficients de corrélation ne doivent se faire que lorsqu'on se trouve en présence de distributions normales, ce qui n'est pas le cas ici tant pour les valeurs de C% que pour celles de N%. Dans les deux cas en effet les distributions sont nettement bimodales. Les distributions de log C et log N, tout en se rapprochant plus de la normale, en restent cependant assez éloignées.

Si on sépare les sédiments en deux classes granulométriques on obtient 26 sédiments sableux (sables et sables vaseux) et 34 sédiments vaseux (vases et vases sableuses). Dans chacune des classes les distributions de C, N, log C, log N sont proches de la normale. On peut donc analyser les relations entre C et N dans chacune des classes.

3-2-1 - Liaison C-N dans les sédiments sableux.

Pour les sédiments sableux le calcul des coefficients de corrélation nous donne

$$r_1 = r_2 = 0,93$$

Ces coefficients sont hautement significatifs, mais les deux formes de relation

$$\begin{aligned} C &= aN + b \\ C &= aN^b \end{aligned}$$

sont aussi valables. Notons que les courbes restent voisines de la droite

$$C = 10N$$

3-2-2 - Liaison C-N dans les sédiments vaseux.

Le calcul donne respectivement :

$$r_1 = 0,39 \text{ pour la forme } C = aN + b \quad (1)$$

$$r_2 = 0,49 \text{ pour la forme } C = aN^b \quad (2)$$

Ces coefficients sont significatifs  $r_1$  à 5% et  $r_2$  à 1%. Dans ce cas la forme (2) doit être préférée à la forme (1).

On remarque cependant que la liaison entre C et N est beaucoup moins étroite que pour les sédiments sableux.

Si l'on observe le diagramme C-N on s'aperçoit qu'un groupe de 8 sédiments dont la teneur en C est relativement élevée montre des valeurs de N telles que le rapport C/N est assez faible (<10). Il s'agit des sédiments suivants :

N°	C	N	C/N
1228	1,85	0,25	7,40
39	1,62	0,18	9,00
48	1,68	0,25	6,72
49	1,66	0,19	8,74
51	1,69	0,18	9,39
52	1,74	0,18	9,67
55	1,54	0,17	9,06
56	1,40	0,19	7,37

On peut, tout d'abord, remarquer que ces sédiments sont groupés géographiquement. D'autre part 5 d'entre eux (N° 1228 -1239-1248-1255-1256) étaient accompagnés au moment de leur prélèvement des grosses huîtres (*Ostrea sandwichensis*).

Si on fait le calcul des coefficients de corrélation  $r_1$  et  $r_2$  sans tenir compte de ces 5 sédiments on trouve les valeurs :

$$r_1 = 0,65$$

$$r_2 = 0,72$$

Les équations étant respectivement :

$$C = 10,5 N + 1,6 \quad (1)$$

$$C = 11,9 N^{1,02} \quad (2)$$

Les corrélations se trouvent donc nettement renforcées, la forme (2) restant toujours préférable à la forme (1).

Il semblerait donc que en présence d'huîtres le rapport C/N puisse s'abaisser sensiblement par suite d'un apport de matière organique plus riche en azote.

3-3 - Conclusion.

Dans les sédiments analysés les variations de C et N semblent suivre une loi de la forme :

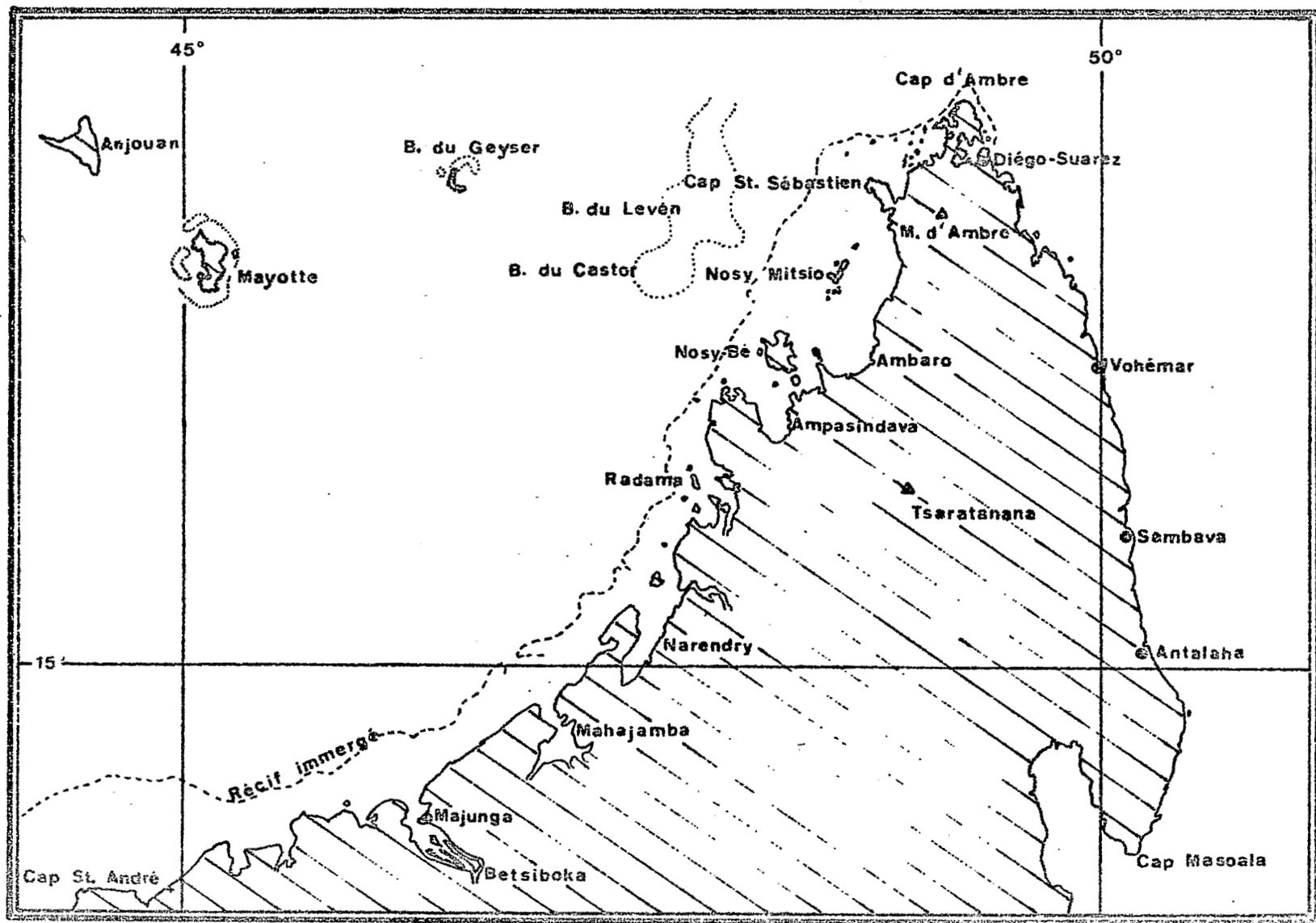
$$C = aN^b$$

et le rapport C/N varie surtout avec la concentration en matière organique. Si les apports marins contribuent à abaisser le rapport C/N cela n'est sensible que dans certains cas particuliers (présence d'huîtres), l'essentiel de la matière organique restant d'origine continentale. En effet dans la partie nord de la baie où les apports détritiques sont réduits, les teneurs en matière organique sont également très faibles.

## 4 - BIBLIOGRAPHIE.

- BORDOWSKI(O.K.), 1965 - Accumulation and Transformation of organic substances in marine sédiments.  
Marine geology vol.3 N°1/2.
- BOURCART (J.), FRANCIS-BOEUF (Cl.), 1942 - La Vase.  
Act. Sc. et Indust. n°927 Hermann Edit.
- DEBYSER(J.), 1961 - Contribution à l'étude géochimique des vases marines.  
Thèse-Inst. Franc. Petrole Edit.
- FRANCIS-BOEUF (Cl.), 1947 - Recherches sur le milieu fluvio-marin et les dépôts d'estuaires.  
Ann. Inst. Océanogr. T XXIII Fasc.3.
- FRONTIER-ABOU (D.), 1970 - Dosage de l'azote sur 60 échantillons de sédiment superficiel de la Baie D'Ambaro. Centre ORSTOM de Nosy-Bé, Doc. n°15, multigr.
- LECLAIRE (L.), 1968 - Contribution à l'étude de la relation entre le carbone et l'azote de la matière organique contenue dans les boues et vases du plateau continental Algérien.  
C.R. Acad. Sc. T 266 série D n°20.
- LISON (L.), 1958 - Statistique appliquée à la biologie expérimentale.  
Gauthier-Villars édit. Paris.
- LEPORE (N.), 1962 - Determinazione del Carbonio organico edei Carbonati in sedimenti marini.  
Inst. Speriment. Talassogr. Inesto Publ. n°98.
- MINAS(N.), 1964 - Etude de la répartition de quelques facteurs geochimiques dans les sédiments de l'étang de Berre.  
Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume Fasc. 48 n°32.
- MINAS (M.), 1965 - La substance organique et le calcaire dans deux types de vasières littorales de la région de Tuléar.  
Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume Fasc. hors série supplément N°4.

- OKUDA (T.), 1964 - Some Problèms for the determination of organic carbon in marine sediments.  
Bol. Inst. Oceanogr. Univers. Oriente, Cumana Venezuela, vol. III n° 1-2.
- OTTMANN (F.), OTTMANN (J.M.), 1961 - Sur le rapport C/N dans les sédiments littoraux.  
C.R. Acad. Sc. T 252 n°15.
- OTTMANN (J.M.), 1960 - Dosage du carbone et de l'azote organiques dans les sédiments marins.  
Trabal. Inst. Biol. Mar.e Oceanogr. Universidade do Recife, vol. II N°1.
- PITON (B.), PRIVE (M.), TERAY (A.), 1969 - Résultats des observations physico chimiques en Baie d'Ambaro de janvier 68 à Juin 69.  
ORSTOM Nosy-Bé - Doc. N°5, multigr.
- PLANTE (R.), PLANTE-CUNY (M.R.), 1970 - Premiers résultats de l'étude des populations du Macrobenthos et des Diatomées Benthiques dans une baie en milieu tropical.  
Annales Malgaches (sous presse).



NORD-OUEST DE MADAGASCAR Fig.1

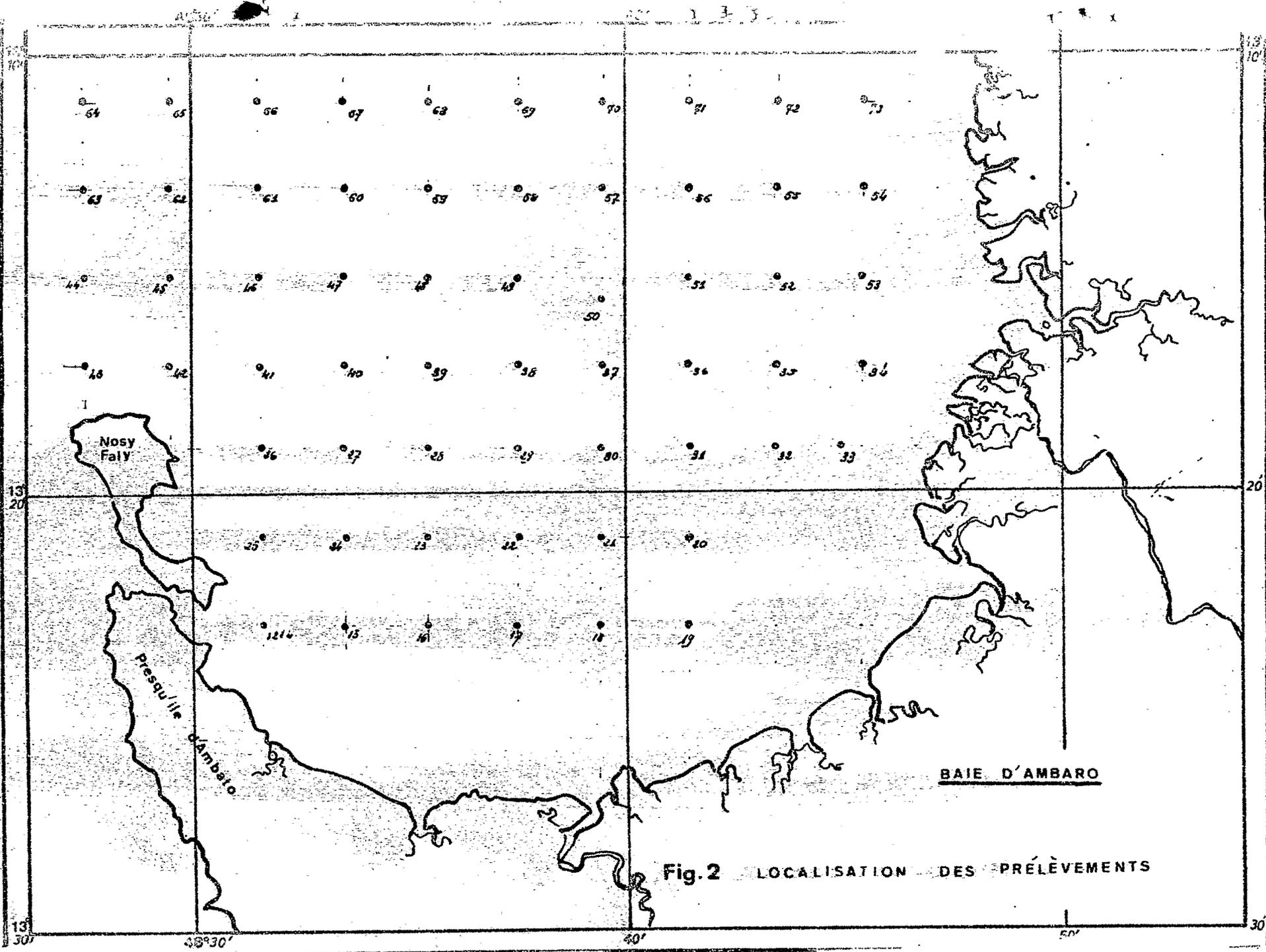
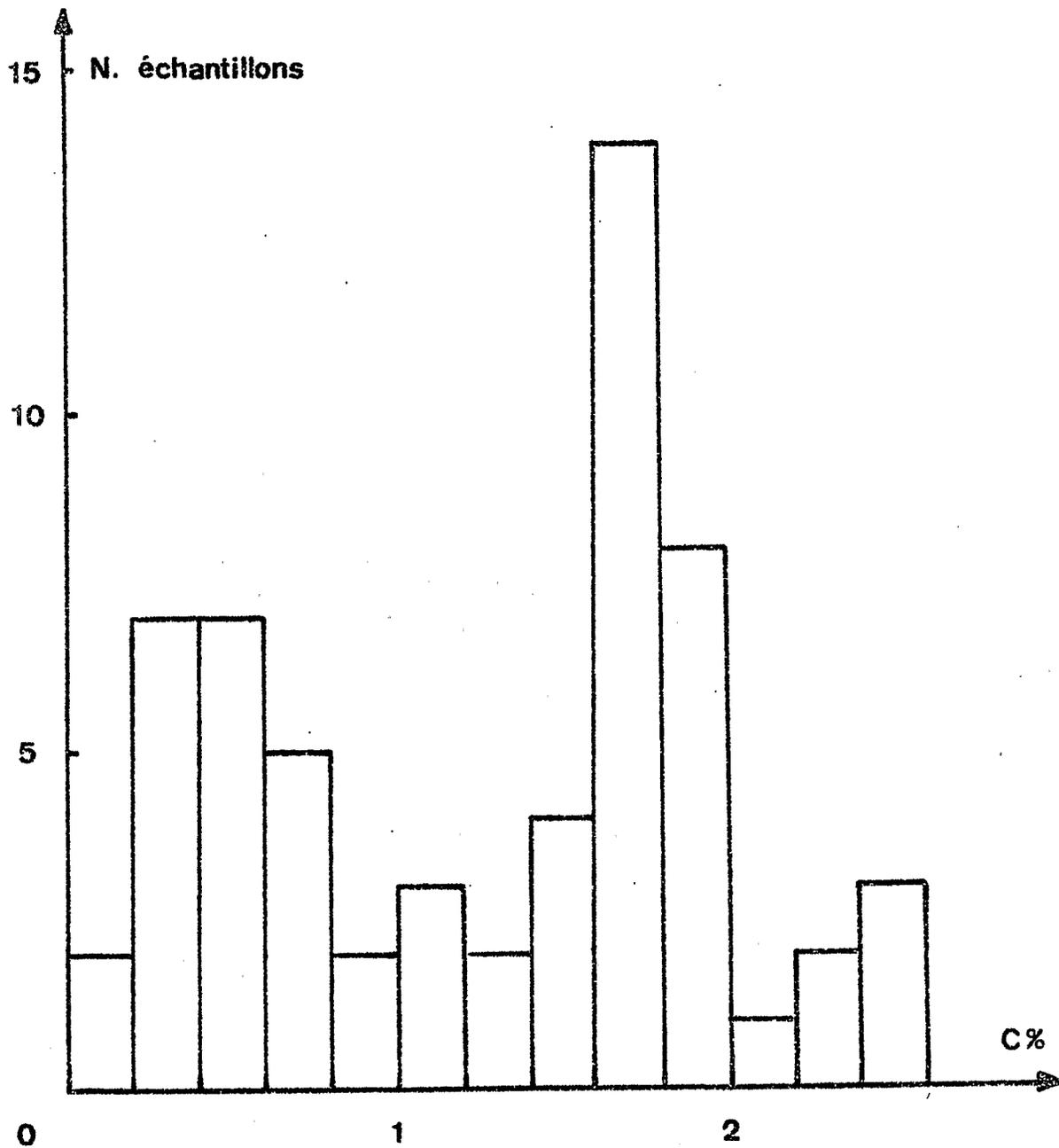
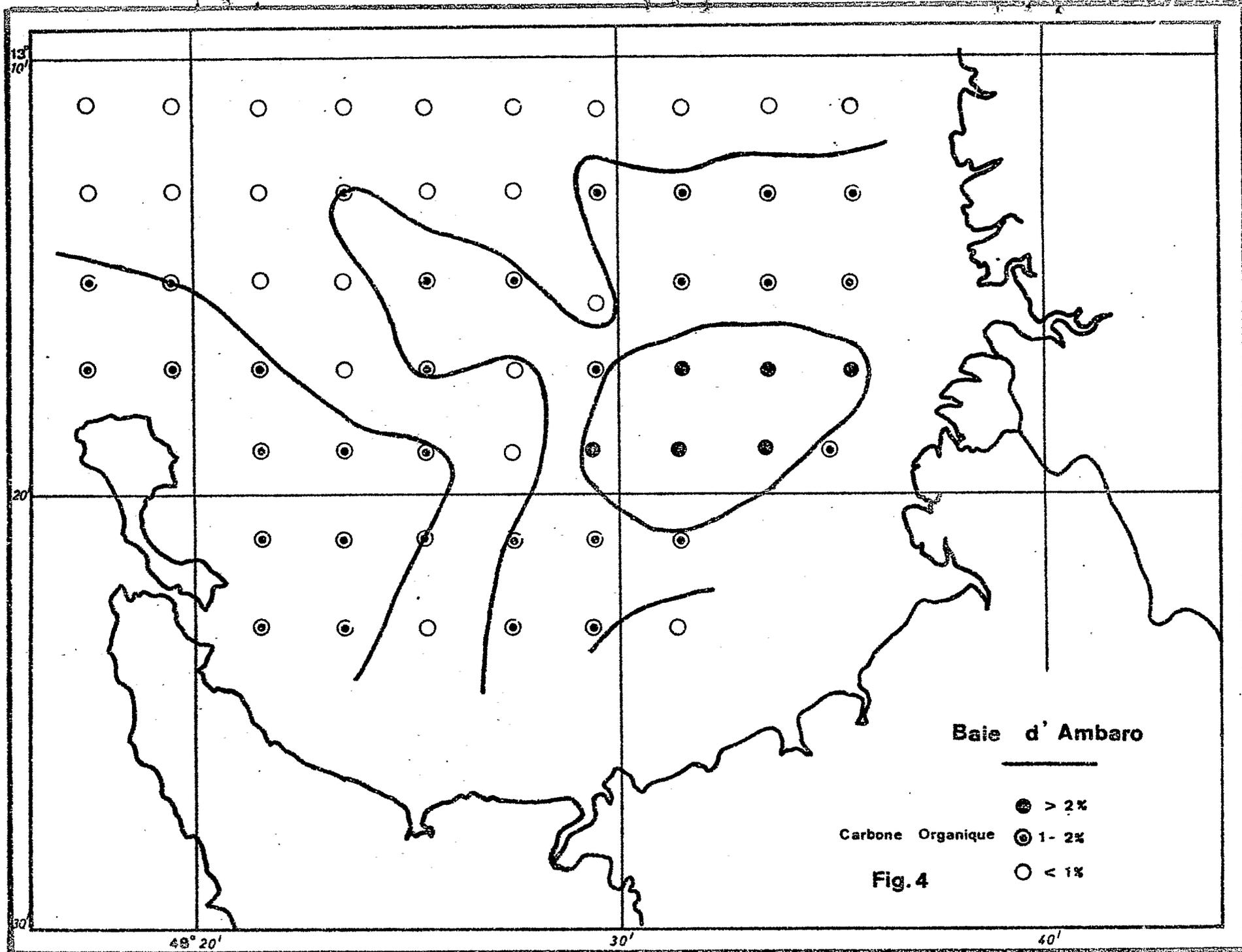


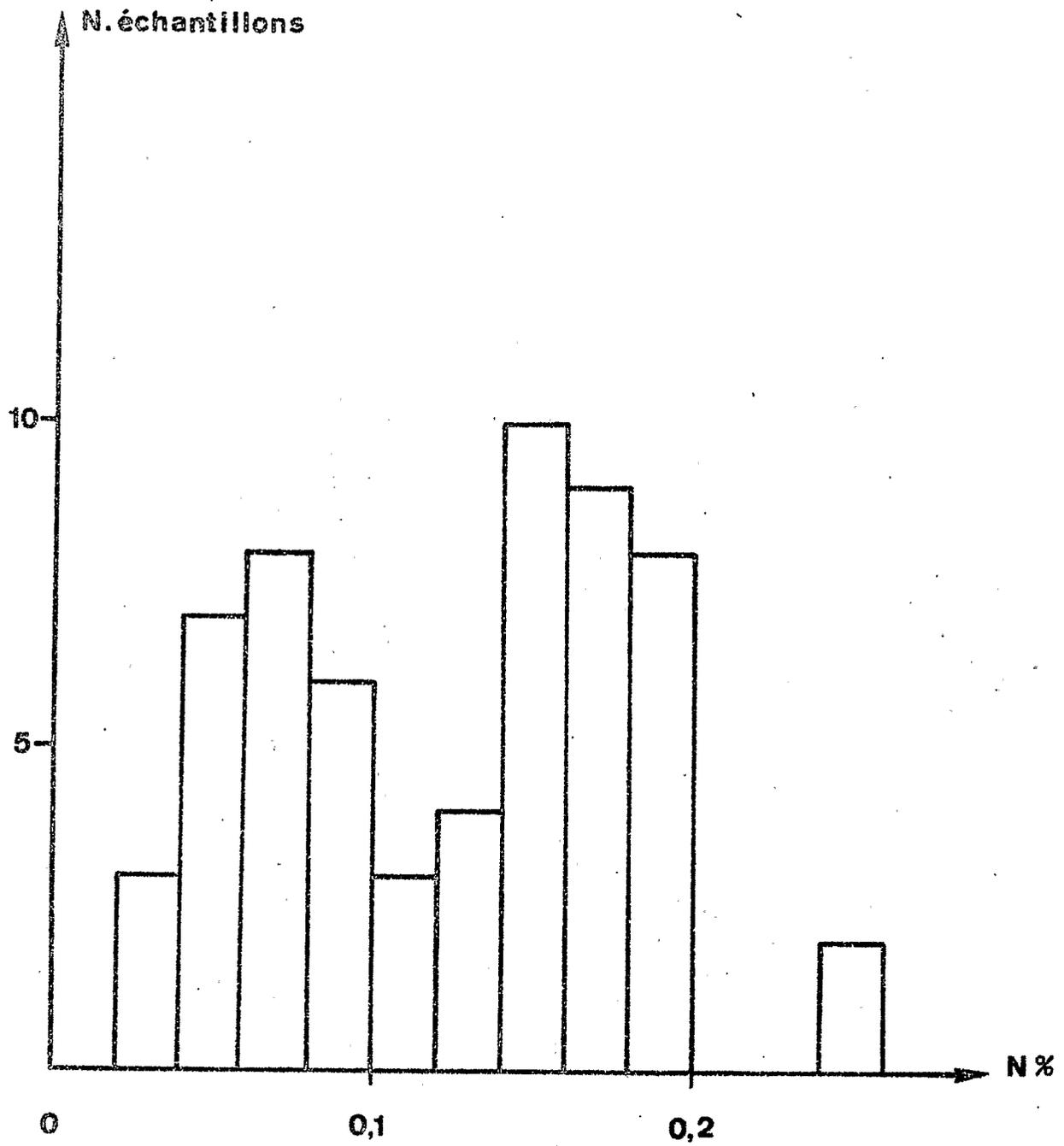
Fig. 2 LOCALISATION DES PRÉLÈVEMENTS



Répartition statistique des teneurs en C. organique

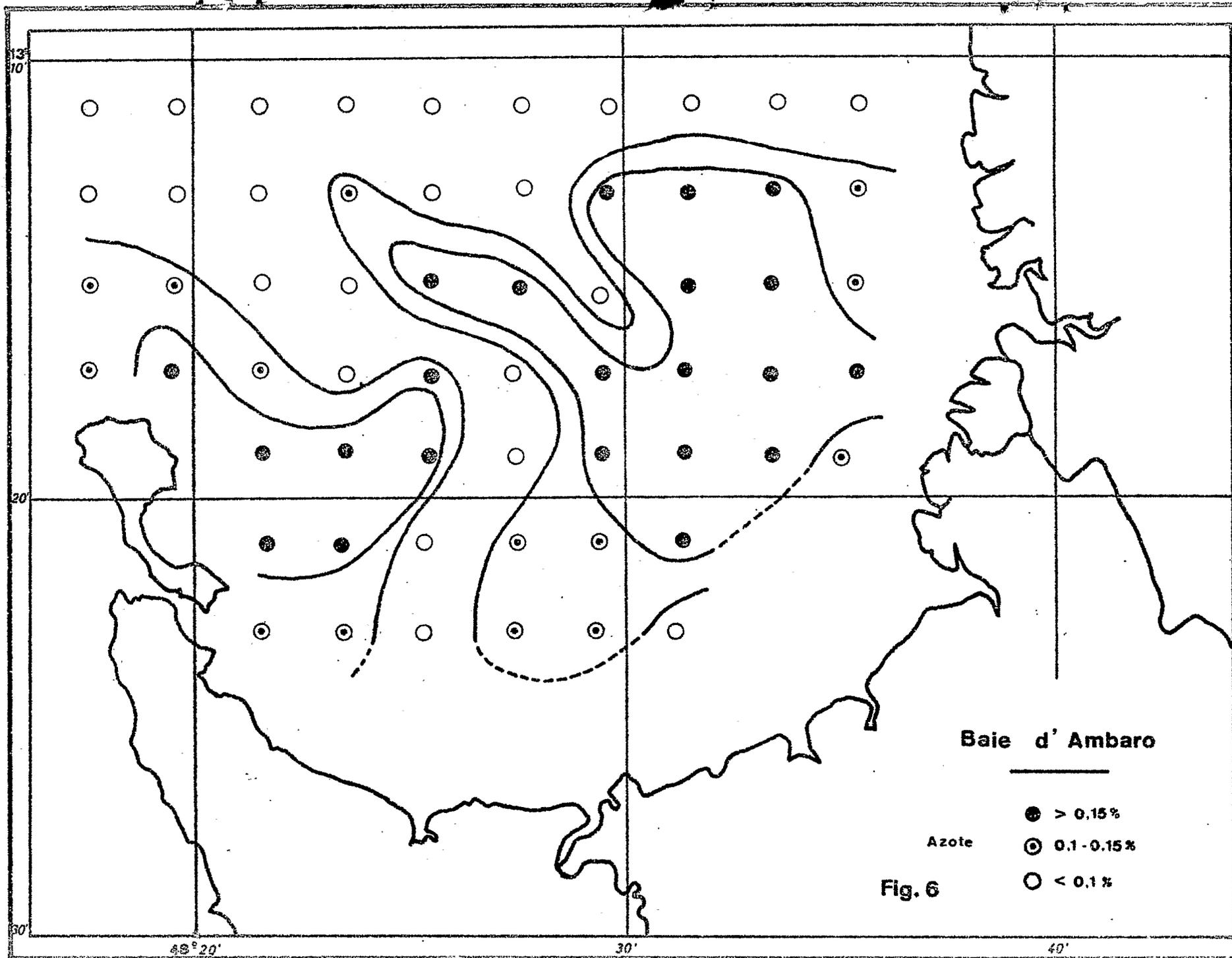
Fig.3

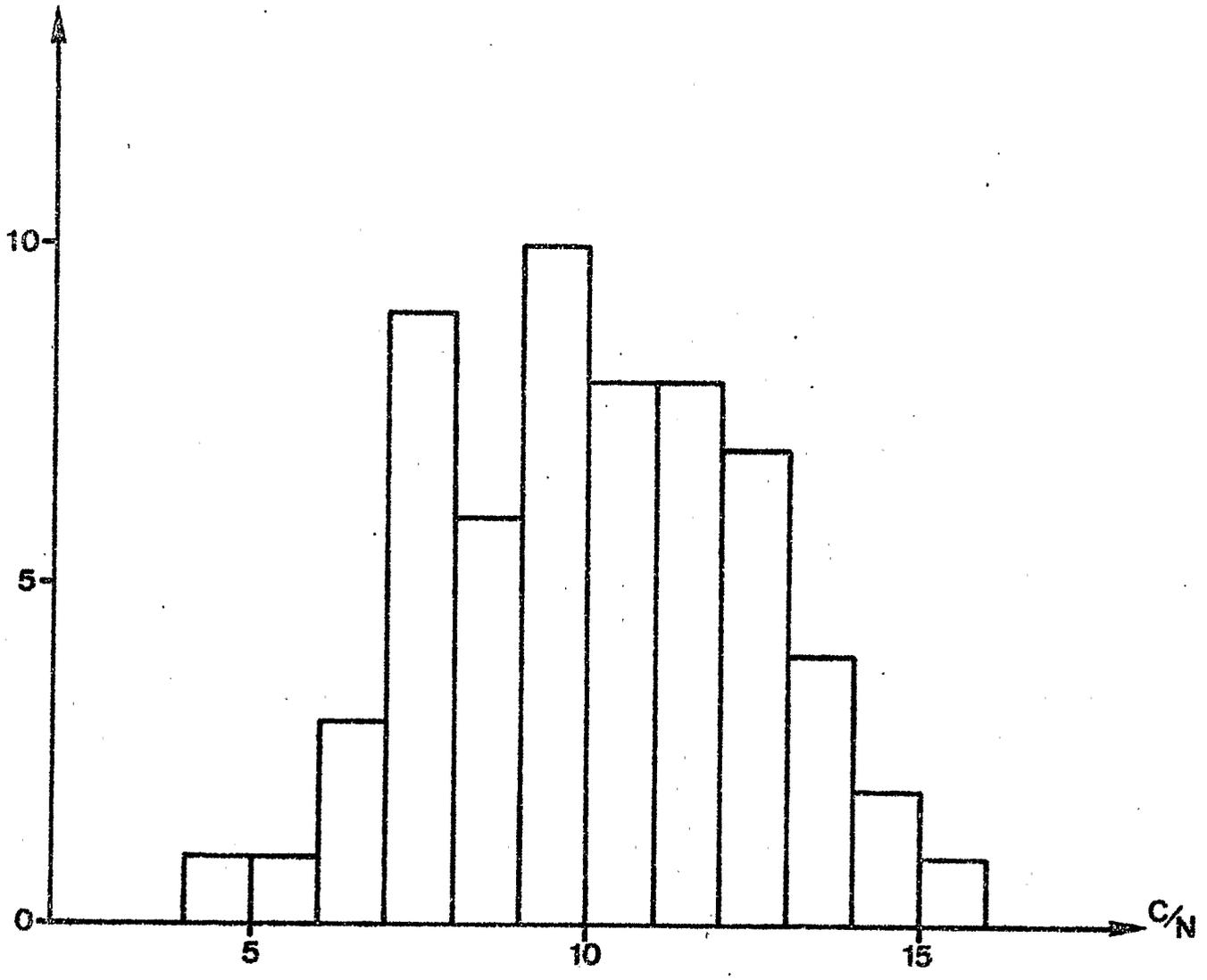




Répartition statistique des teneurs en Azote

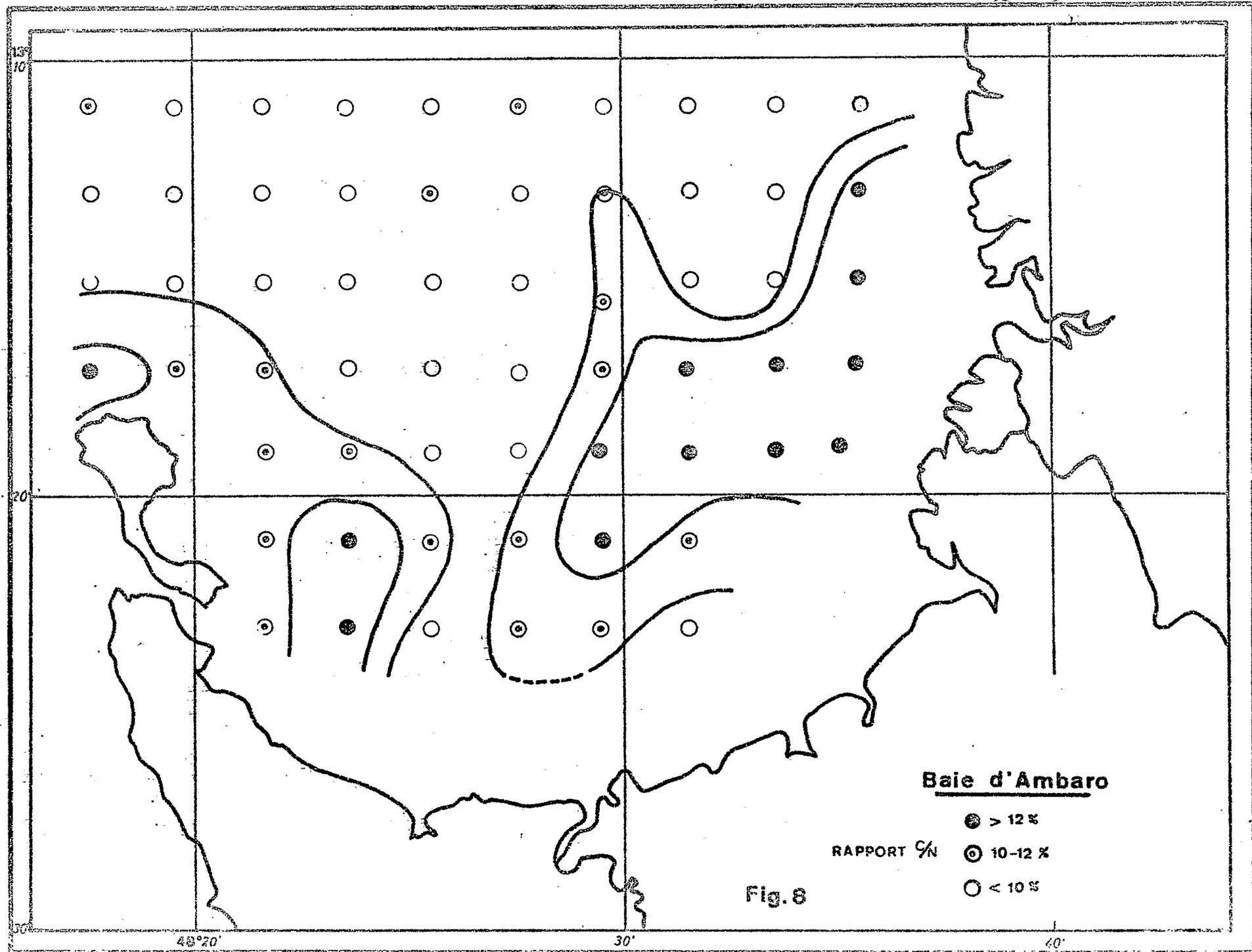
Fig. 5





Distribution des valeurs du rapport  $C/N$

Fig.7



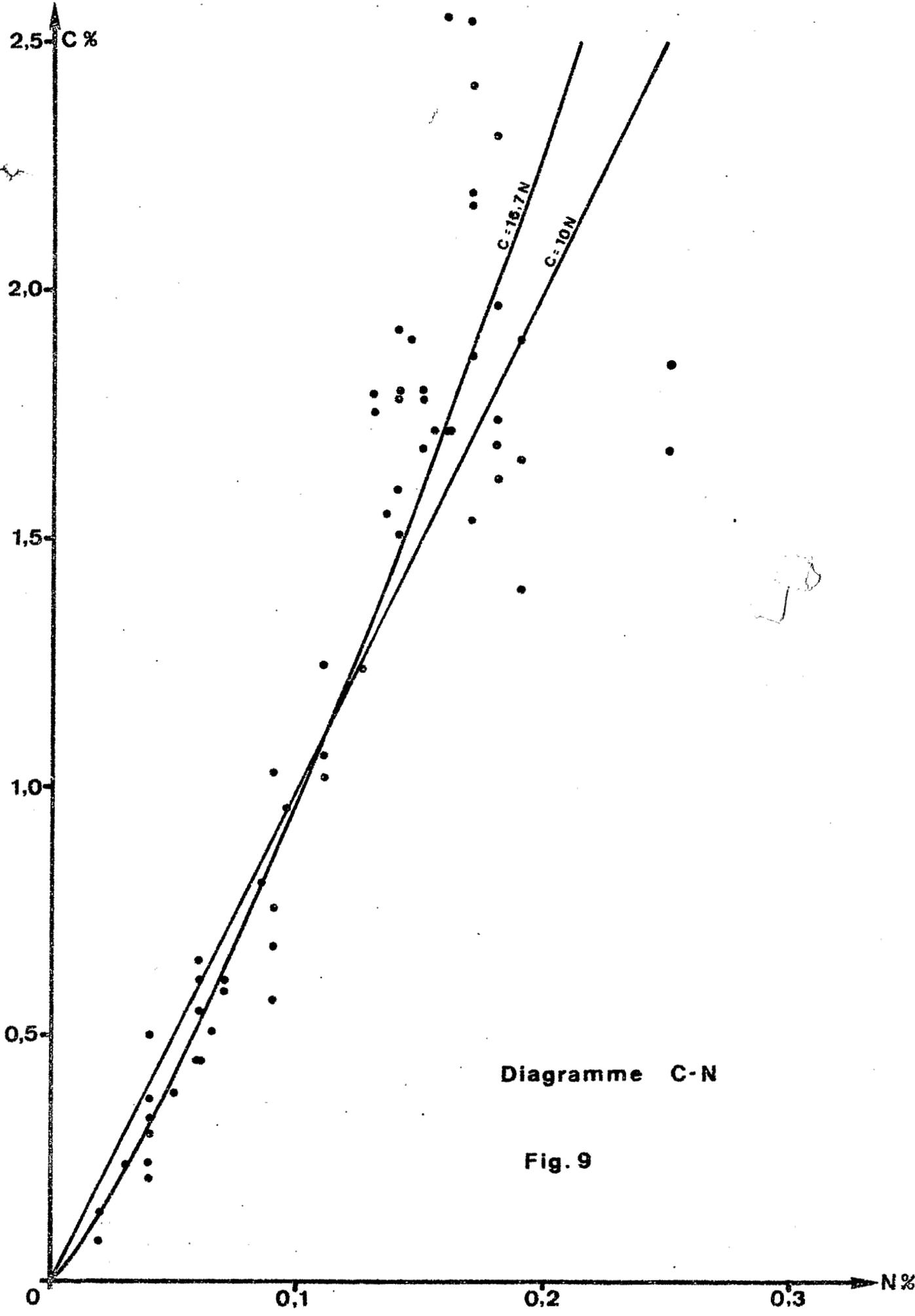


Diagramme C-N

Fig. 9