

Danièle FRONTIER-ABOU

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
OUTRE-MER

CENTRE ORSTOM DE NOSY-BE
(MADAGASCAR)

NUTRITION

*Dosage de l'azote sur 60 échantillons
de sédiment superficiel de la
Baie d'Ambaro.*

Document n° 15
(Diffusion restreinte)

Juin 1970

Centre ORSTOM de Nosy-Bé
(Madagascar)

Document n° 15
Juin 1970

NUTRITION

Dosages de l'azote sur 60 échantillons de sédiment superficiel de
la Baie d'Ambaro.

par

Danièle FRONTIER-ABOU (1)

avec la collaboration technique de

Batoulbay KADERBAY (2)

Pour citation, abréger ainsi : ORSTOM Nosy-Bé, Doc. n° 15, multigr.

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

(2) : Technicienne au Centre ORSTOM de Nosy-Bé.

SOMMAIRE

1. Présentation du travail.....p.	3.
2. Principe du dosage de l'azote par la methode de KJELDAHL.....p.	3.
2.1. Minéralisation.	
2.2. Déplacement de l'ammoniac et capture de l'azote dans une solution appropriée.	
2.3. Neutralisation de l'ammoniaque par une solution d'acide fort titrée.	
3. Mise au point de la technique de dosage sur un échantillon de sédiment.....p.	7.
3.1. Dosages d'entraînement préalable et vérification de la validité des dosages.	
3.2. Dosages d'essai sur des échantillons de sédiments.	
32.1. Conditions de départ.	
32.2. Description du travail.	
32.3. Résultats numériques des essais.	
- dosages d'eau.	
- dosages d'azote.	
- conclusions.	
32.4. Décision du protocole à adopter.	
4. Résultats des dosages sur les soixante échantillons.....p.	9.
4.1. Résultats des dosages d'azote.	
4.2. Valeurs des rapports C/N.	
5. Bibliographie.....p.	15.

1. PRESENTATION DU TRAVAIL

L'effort de coordination des travaux effectués au Centre ORSTOM de Nosy-Bé par les diverses disciplines qui y sont représentées a porté principalement sur l'étude de la Baie d'Ambaro, proche de Nosy-Bé (fig. 1). Quelques travaux se rapportant aux sédiments ont déjà été rédigés (DANIEL, 1970 ; JOUANNIC, 1969 ; PICHON, 1966 ; PLANTE et PLANTE-CUNY, 1970).

Dans ce cadre, le laboratoire de Nutrition a été amené à effectuer, sur la demande du laboratoire de Géologie marine, des dosages d'azote dans des sédiments marins.

Le laboratoire de Géologie ayant effectué 60 prélèvements dans la Baie d'Ambaro en des sites précis (fig. 2), a procédé sur ces échantillons à des analyses granulométriques et à des dosages de carbone organique, fer total et carbonates. Les résultats, auxquels sont ajoutées les teneurs en azote et les valeurs des rapports C/N, sont exposés dans un récent rapport (DANIEL, 1970). Le laboratoire de Géologie prépare actuellement une synthèse, en reprenant plus spécialement l'interprétation des valeurs trouvées pour le rapport C/N (qui possède une importance particulière pour situer les conditions biologiques présentes).

Toutes les évaluations ont été faites sur les échantillons de sédiment conventionnellement séchés pendant 36 heures à 35°C. Pour les dosages chimiques, les échantillons ont été broyés et homogénéisés.

Les dosages d'azote ont été effectués par la méthode de KJELDAHL. On considère habituellement que cette méthode donne une estimation valable de l'azote organique dans les sédiments (BRAJNIKOV et coll., 1943 ; DEBYSER, 1961 ; LECLAIRE, 1968 ; MINAS, 1964 et 1965 -a et -b ; NALOVIC, 1968 ; OTTMANN, 1960).

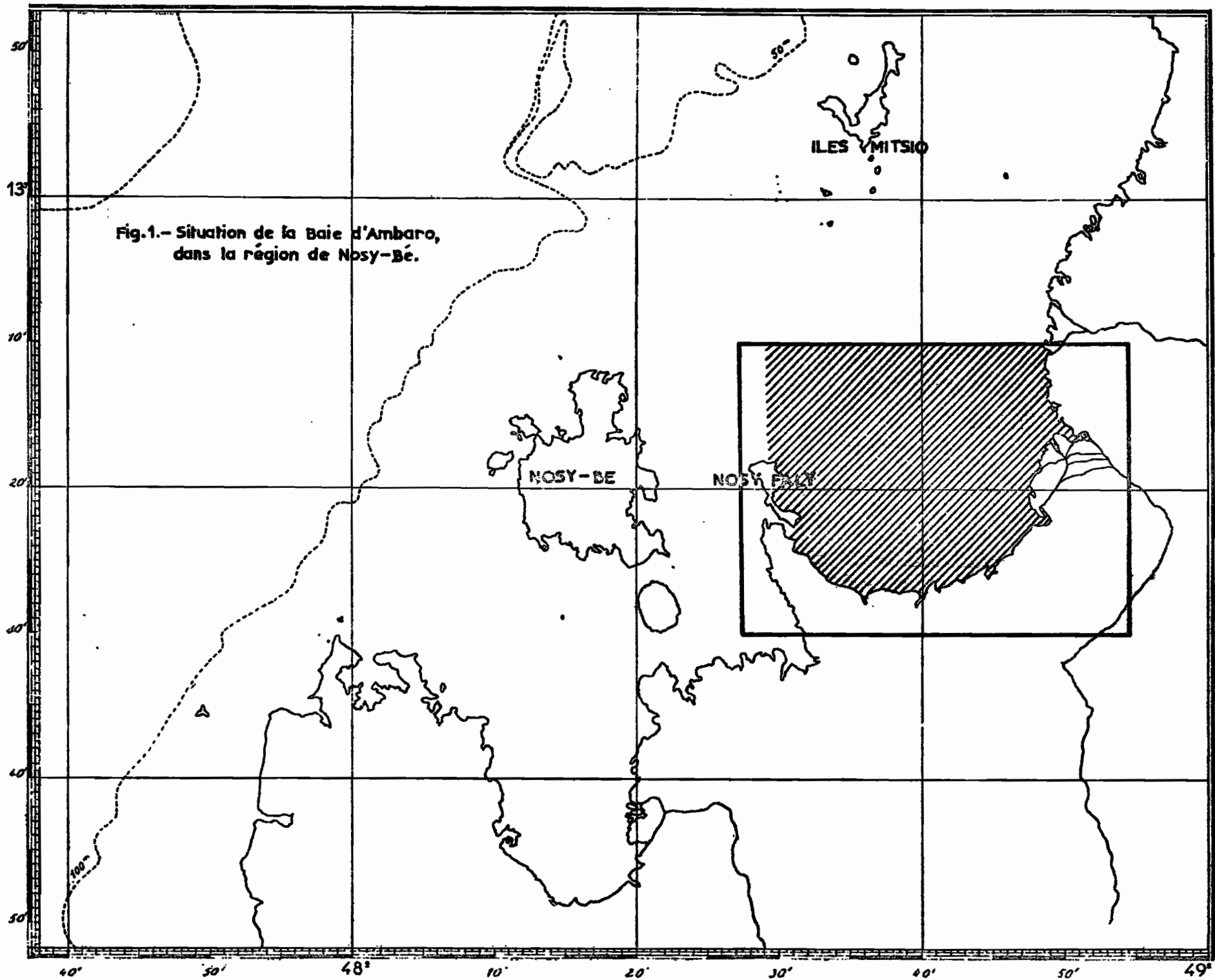
2. PRINCIPE DU DOSAGE DE L'AZOTE PAR LA METHODE DE KJELDAHL.

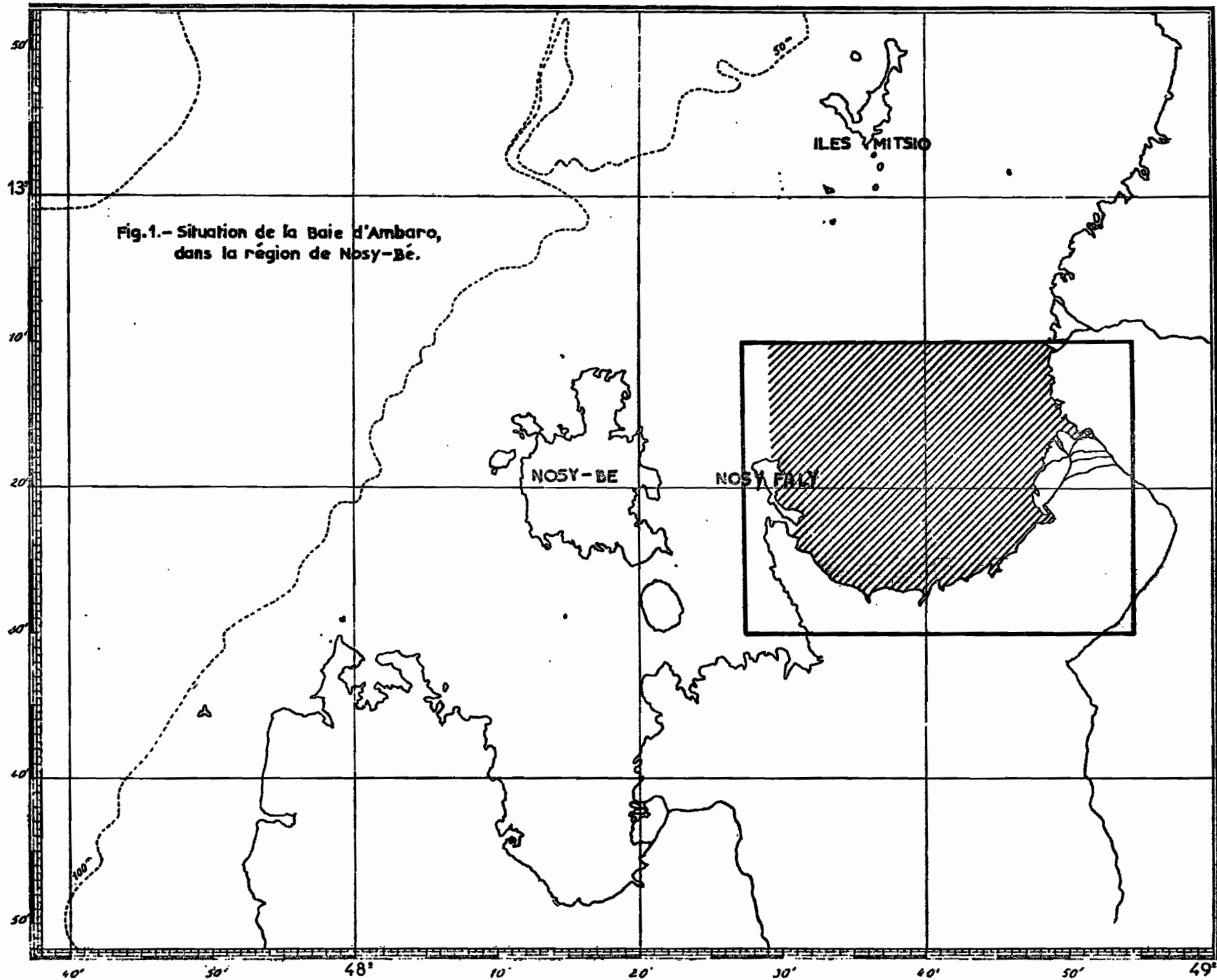
2.1. Minéralisation.

L'azote organique (instable) est transformé en azote minéral (stable) selon la réaction suivante :



La réaction se fait par chauffage d'une prise d'échantillon, en présence d'acide sulfurique pur et d'un catalyseur spécial (ici, catalyseur de DUMAZERT et MARCELET, Prolabo), pendant 6 heures, dans un matras de KJELDAHL.





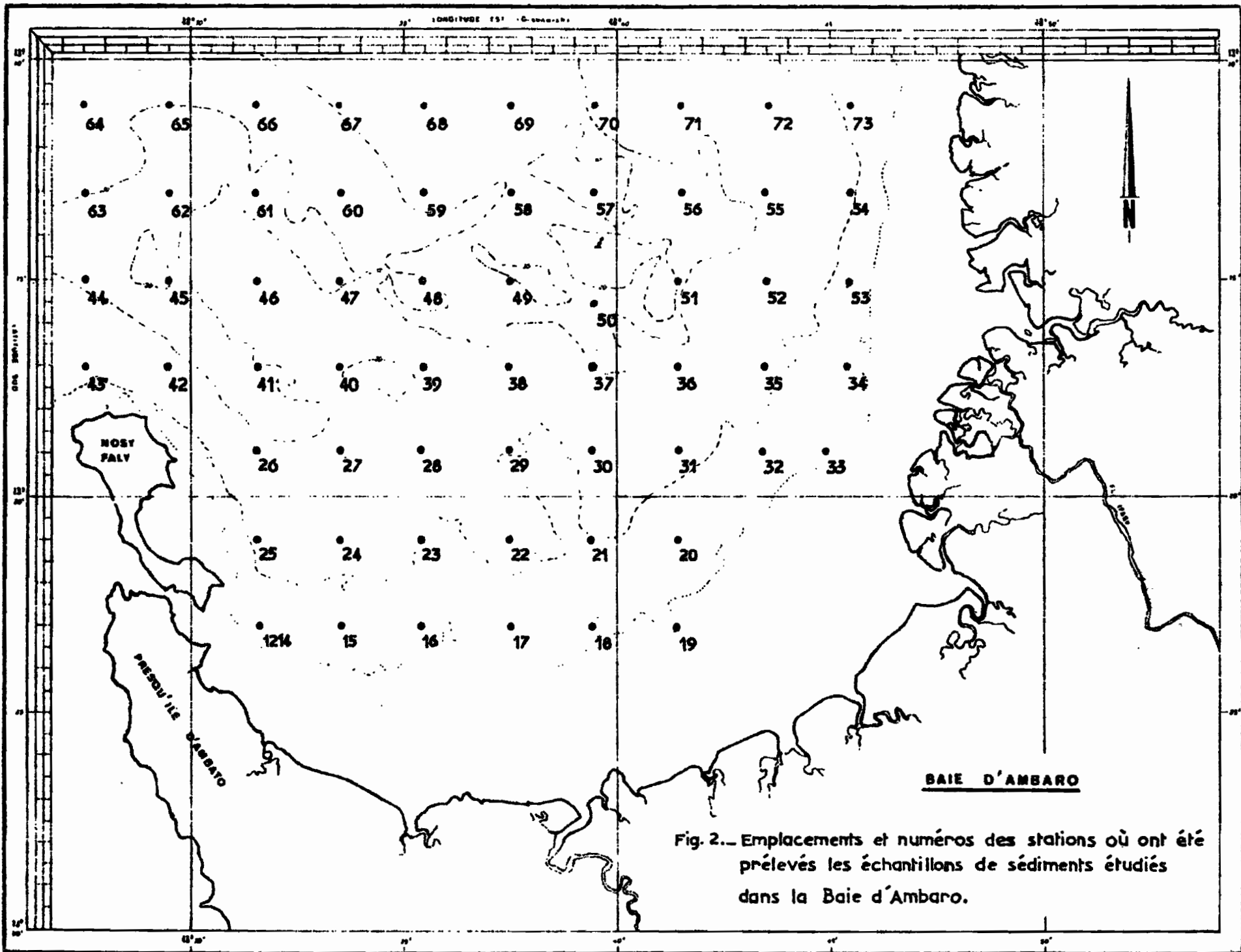
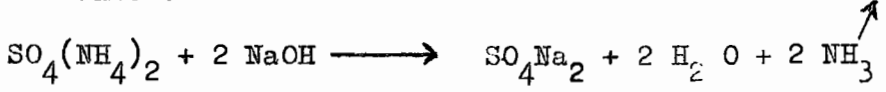


Fig. 2.— Emplacements et numéros des stations où ont été prélevés les échantillons de sédiments étudiés dans la Baie d'Ambaro.

2.2. Déplacement de l'azote sous forme de gaz ammoniac et capture de cet azote dans une solution appropriée.

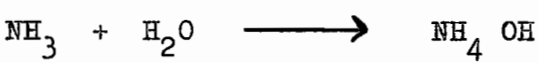
Cette étape du travail est effectuée dans un appareil de FARNAS et WAGNER (modifié par MARTIN, Prolabo).

- Le déplacement de l'azote se fait selon la réaction suivante :



La réaction se fait à chaud, en présence d'un excès de soude concentrée.

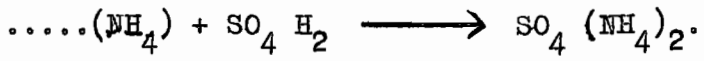
- Un courant de vapeur d'eau entraîne l'ammoniac. Un réfrigérant condense les vapeurs et il se forme la réaction :



- L'ammoniaque dissous dans l'eau tombe dans un becher contenant une solution d'acide borique qui capte les ions NH_4^+ .

2.3. Dosage final de l'azote des ions NH_4^+ .

Il est fait extemporanément par leur neutralisation par de l'acide sulfurique en solution titrée à N/50.



Un ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ N/50 correspond à 0,28 mg d'azote dosé (1).

La réaction se fait en présence de l'indicateur de TASHIRO (mélange approprié de rouge de méthyle et de bleu de méthylène en solution alcoolique). La couleur du liquide passe du vert (milieu basique) au violet (milieu acide).

(1) Rappel des quantités de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ qui équilibrent les quantités d'azote présent sous forme de NH_4^+ :

D'après la dernière réaction, une molécule-gramme de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ correspond à deux atomes-grammes d'azote, soit à 28g d'azote.

Si la solution de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ est normale (1/2 M-G par litre) un litre de cette solution correspond à un atome-gramme d'azote, soit à 14g.

Pour un litre de solution de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ N/50, la quantité d'azote correspondante est 50 fois plus petite (0,28g).

1 ml de solution de $\text{SO}_4 \text{H}_2$ N/50 correspond à 0,28 mg d'azote.

3. MISE AU POINT DE CETTE TECHNIQUE DE DOSAGE SUR UN ECHANTILLON DE SEDIMENT.

Le laboratoire de Nutrition effectue habituellement de tels dosages sur des échantillons de poisson frais, de farine de poisson, et à l'occasion, sur d'autres denrées alimentaires. Les dosages sur sédiments ont nécessité une mise au point spéciale.

3.1. Entraînement préalable et vérification de la validité des dosages.

Nous avons effectué des dosages sur des quantités connues d'azote, à l'aide d'une solution titrée de $\text{SO}_4 (\text{NH}_4)_2 \text{ N}/10$. (1 ml de cette solution contient 1,4 mg d'azote).

Par la même opération, nous avons situé empiriquement la précision des dosages par rapport aux quantités connues initiales : la précision relative des dosages se situe entre 0,30 % et 1 % dans les conditions normales de travail.

Le dosage des "blancs" demande par ailleurs 0,20 ml de $\text{SO}_4 \text{ H}_2 \text{ N}/50$.

3.2. Dosages d'essai sur un échantillon de sédiment.

32.1. Conditions de départ.

L'ordre de grandeur de la teneur en azote dans ces substances nous était inconnu. Les problèmes posés étaient de décider :

- sous quelle forme il convient d'utiliser le sédiment (humide tel que récolté, ou bien séché à 35°C, ou à 105°C, suivant des méthodes classiques différentes) ;
- quel doit être l'ordre de grandeur en poids de la prise à doser.

32.2. Description du travail.

Les essais ont porté sur un sédiment (n° 1237) broyé et homogénéisé, qui nous a été présenté par le laboratoire de Géologie sous deux formes :

- un échantillon humide, tel que prélevé (qui avait été conservé dans une chambre froide à - 15°C) ;
- un échantillon séché pendant 36 heures à 35°C.

Afin de fixer un repère pour estimer la fidélité des résultats, nous avons dosé séparément la quantité d'azote et la quantité d'eau (par dessiccation à 105°C pendant 24 heures) contenues dans les deux types de présentation, et avons exprimé les teneurs en azote par rapport au "poids sec." ainsi défini. En outre, nous avons également effectué des dosages d'azote directement sur du sédiment séché à 105°C, à titre de confirmation.

L'ordre de grandeur des prises a été décidé en raison de la capacité en volume de l'appareillage déjà en place, et fixé pour ces essais entre 1 et 2 grammes (pesés à 1/100 mg près avec une balance METTLER). (Rappel : pour les dosages sur muscle de poissons, riche en azote, l'ordre de grandeur de la prise est de 0,2 g).

Au cas où plus de deux grammes de sédiment auraient été nécessaires, notre appareillage aurait été insuffisant et il aurait fallu avoir recours à un autre type de montage. Les essais ont montré que pour l'échantillon étudié, le dosage était possible avec l'appareillage déjà existant.

32.3. Résultats numériques des essais.

- dosages d'eau (dessiccation à 105°C pendant 24 heures).

Présentation du sédiment	eau %	poids sec %
humide	62,45	37,55
séché à 35°C	3,50	96,50
séché à 105°C	0 par définition	100

- dosages d'azote.

Présentation du sédiment	n° des prises	Poids de la prise (g)	ml de SO ₄ H ₂ N/50		N valeur absolue (mg)	N de la prise (%)	rappel: % de poids sec	poids sec correspondant	N (%) sur poids sec
			dosage brut	blanc déduit					
humide		1,96800	5,2	5,0	1,400	0,07	37,55	738,58	0,19
sèché à 35°C	a	0,99085	6,6	6,4	1,792	0,18	96,50	956,17	0,19
	b	0,97775	6,9	6,7	1,876	0,19	96,50	943,53	0,20
sèché à 105°C	a	1,49750	10,4	10,2	2,856	0,19	100	1,49750	0,19
	b	1,50485	11,2	11,2	3,080	0,20	100	1,50485	0,20

- conclusion.

Les résultats obtenus, rapportés aux poids secs des diverses prises, sont concordants. Du point de vue des résultats, il est donc indifférent d'opérer les dosages sur du sédiment humide, sèché à 35°C ou 105°C.

32.4. Décision du protocole à adopter.

Du point de vue pratique, c'est sous la forme de sédiment sèché à 35°C que l'échantillon est le plus maniable. Par ailleurs, c'est sous cette dernière forme que le laboratoire de Géologie a conduit les autres dosages effectués sur les mêmes échantillons. Il est donc convenu, en accord avec ce laboratoire que les prises seront effectuées sur les divers échantillons sèchés pendant 36 heures à 35°C et homogénéisés, et que l'ordre de grandeur des prises sera de 1 gramme.

4. RESULTATS DES DOSAGES SUR LES SOIXANTE ECHANTILLONS.

4.1. Résultats des dosages d'azote.

Chaque échantillon est dosé deux fois (prises a et b). Les dosages sont effectués à 0,1 ml près (au plus) de SO₄H₂N/50 (soit deux gouttes).

Pour les dosages demandant une quantité de solution inférieure à 2 ml, l'erreur possible est donc supérieure à 5%. Dans ces cas, les pourcentages trouvés ne sont considérés que comme des estimations de l'ordre de grandeur de

l'azote contenu dans l'échantillon initial (bien que les deux dosages a et b aient dans tous les cas donné des résultats équivalents). Ces estimations concernent les valeurs les plus basses en azote, allant de 0,02 à 0,06 %. Les autres valeurs, plus précises se situent entre 0,06 et 0,25 %.

L'ensemble des résultats est rapporté dans le tableau suivant. Des astérisques (*) permettent de repérer les échantillons pour lesquels une quantité inférieure à 2 ml de $\text{SO}_4 \text{H}_2 \text{N}/50$ a été requise.

Echantillon de sédiment n°	Prises	Poids de sédiment (g)	$\text{SO}_4 \text{H}_2 \text{N}/50$ du dosage (blanc déduit) (ml)	Azote		
				mg dans la prise	% dans la prise	% dans l'échantillon (moyenne)
1214	a	1,03380	5,00	1,400	0,14	0,135
	b	1,01790	4,90	1,372	0,13	
1215	a	0,97960	4,60	1,288	0,13	0,13
	b	0,99285	4,60	1,288	0,13	
1216 *	a	0,92745	0,65 *	0,182	0,02	0,02 *
	b	0,92305	0,60 *	0,168	0,02	
1217	a	0,92945	5,10	1,428	0,15	0,15
	b	0,97875	5,30	1,484	0,15	
1218	a	1,02340	4,00	1,120	0,11	0,11
	b	1,00715	4,10	1,148	0,11	
1219	a	0,98255	3,10	0,868	0,09	0,09
	b	0,99445	3,20	0,896	0,09	
1220	a	1,00170	6,10	1,708	0,17	0,17
	b	1,02935	6,00	1,680	0,16	
1221	a	1,02375	5,20	1,456	0,14	0,14
	b	1,02425	5,20	1,456	0,14	
1222	a	0,99645	4,90	1,372	0,14	0,14
	b	1,01900	5,10	1,428	0,14	
1223	a	0,99950	3,10	0,868	0,09	0,09
	b	0,93335	2,90	0,812	0,09	
1224	a	1,05495	5,60	1,568	0,15	0,15
	b	1,06640	6,00	1,680	0,16	
1225	a	0,97055	5,10	1,428	0,15	0,15
	b	0,95355	5,00	1,400	0,15	
1226	a	0,98935	5,70	1,596	0,16	0,16
	b	0,97940	5,60	1,568	0,16	

Echantillon de sédiment n°	Prises	Foids de sédiment (g)	SO ₄ H ₂ N/50 du dosage (blanc déduit) (ml)	Azote		
				mg dans la prise	% dans la prise	% dans l'échantillon (moyenne)
1227	a	0,98410	5,50	1,540	0,16	0,16
	b	1,00180	5,60	1,568	0,16	
1228	a	0,95485	8,60	2,408	0,25	0,25
	b	0,95305	8,70	2,436	0,26	
1229 \approx	a	0,99505	1,30 \approx	0,364	0,04	0,04 \approx
	b	1,06145	1,50 \approx	0,420	0,04	
1230	a	1,06800	6,60	1,848	0,17	0,17
	b	1,01165	6,40	1,792	0,18	
1231	a	1,02995	6,20	1,736	0,17	0,17
	b	1,02070	6,10	1,708	0,17	
1232	a	1,04865	6,40	1,792	0,17	0,17
	b	1,03520	6,20	1,736	0,17	
1233	a	1,04695	5,60	1,568	0,15	0,145
	b	1,03225	5,20	1,456	0,14	
1234	a	1,05465	6,00	1,680	0,16	0,16
	b	1,06100	5,90	1,652	0,16	
1235	a	1,01650	6,20	1,736	0,17	0,17
	b	1,00290	6,00	1,680	0,17	
1236	a	1,03405	6,60	1,848	0,18	0,18
	b	1,05635	6,80	1,904	0,18	
1237	a	1,05710	6,80	1,904	0,18	0,18
	b	1,00520	6,50	1,820	0,18	
1238	a	1,04995	2,20	0,616	0,06	0,06
	b	1,01965	2,30	0,644	0,06	
1239	a	1,02740	6,70	1,876	0,18	0,18
	b	1,02760	6,40	1,792	0,17	
1240	a	1,03425	2,30	0,644	0,06	0,06
	b	1,04890	2,10	0,588	0,06	
1241	a	0,97695	4,90	1,372	0,14	0,14
	b	1,03705	5,30	1,484	0,14	
1242	a	1,00610	5,60	1,568	0,16	0,155
	b	0,99840	5,50	1,540	0,15	
1243	a	1,04595	5,20	1,456	0,14	0,14
	b	1,03645	5,20	1,456	0,14	
1244	a	1,04220	4,60	1,288	0,12	0,125
	b	1,06510	4,80	1,344	0,13	

Echantillon de sédiment n°	Prises	Poids de sédiment (g)	SO ₄ H ₂ N/50 du dosage (blanc déduit) (ml)	Azote		
				mg dans la prise	% dans la prise	% dans l'échantillon (moyenne)
1245	a	1,01955	4,00	1,120	0,11	0,11
	b	1,06635	4,20	1,176	0,11	
1246 ☼	a	1,00575	0,60 ☼	0,168	0,02	0,02 ☼
	b	1,03990	0,70 ☼	0,196	0,02	
1247 ☼	a	1,02665	1,50 ☼	0,420	0,04	0,04 ☼
	b	1,03075	1,50 ☼	0,420	0,04	
1248	a	1,04370	9,10	2,548	0,24	0,25
	b	1,04680	9,30	2,604	0,25	
1249	a	1,04840	7,20	2,016	0,19	0,19
	b	1,04780	7,10	1,988	0,19	
1250	a	1,00630	3,40	0,952	0,09	0,095
	b	1,01885	3,50	0,980	0,10	
1251	a	1,02370	6,50	1,820	0,18	0,18
	b	1,01225	6,50	1,820	0,18	
1252	a	1,01445	6,40	1,792	0,18	0,18
	b	1,01985	6,80	1,904	0,19	
1253	a	1,01450	5,10	1,428	0,14	0,14
	b	1,00985	4,90	1,372	0,14	
1254	a	1,04000	4,70	1,316	0,13	0,13
	b	1,03810	4,70	1,316	0,13	
1255	a	1,02210	6,10	1,708	0,17	0,17
	b	1,02370	6,20	1,736	0,17	
1256	a	1,01685	6,90	1,932	0,19	0,19
	b	1,00570	6,80	1,904	0,19	
1257	a	1,01265	6,80	1,904	0,19	0,19
	b	1,00230	6,60	1,848	0,18	
1258	a	1,02820	3,40	0,952	0,09	0,09
	b	1,00685	3,40	0,952	0,09	
1259	a	1,00930	2,30	0,644	0,06	0,06
	b	1,00410	2,30	0,644	0,06	
1260	a	1,01680	4,20	1,176	0,12	0,11
	b	1,01680	4,00	1,120	0,11	
1261 ☼	a	1,01145	1,40 ☼	0,392	0,04	0,04 ☼
	b	1,01815	1,30 ☼	0,364	0,04	
1262	a	1,04120	2,80	0,784	0,08	0,07
	b	1,00020	2,60	0,728	0,07	

Echantillon de sédiment n°	Prises	Poids de sédiment (g)	SO ₄ H ₂ N/50 du dosage (blanc déduit) (ml)	Azote		
				mg dans la prise	% dans la prise	% dans l'échantillon (moyenne)
1263	a	1,02940	2,60	0,728	0,07	0,07
	b	1,01955	2,40	0,672	0,07	
1264	a	1,04015	2,20	0,616	0,06	0,06
	b	1,00060	2,10	0,588	0,06	
1265 ☼	a	1,00675	1,00 ☼	0,280	0,03	0,03 ☼
	b	1,04465	1,00 ☼	0,280	0,03	
1266	a	1,00555	3,20	0,896	0,09	0,09
	b	1,02955	3,30	0,924	0,09	
1267 ☼	a	1,02270	1,30 ☼	0,364	0,04	0,04 ☼
	b	1,02900	1,30 ☼	0,364	0,04	
1268	a	1,01790	2,20	0,616	0,06	0,065
	b	1,01680	2,50	0,700	0,07	
1269 ☼	a	1,00370	1,50 ☼	0,420	0,04	0,04 ☼
	b	1,03075	1,60 ☼	0,448	0,04	
1270 ☼	a	1,00975	1,60 ☼	0,448	0,04	0,04 ☼
	b	0,99590	1,50 ☼	0,420	0,04	
1271	a	0,99610	2,00	0,560	0,06	0,06
	b	1,01495	2,10	0,588	0,06	
1272	a	0,98880	3,10	0,868	0,09	0,085
	b	1,01310	3,00	0,840	0,08	
1273 ☼	a	0,99325	1,80 ☼	0,504	0,05	0,05
	b	1,01825	1,70 ☼	0,476	0,05	

4.2. Valeurs des rapports C/N.

Le laboratoire de Géologie ayant, de son côté, effectué les dosages de carbone organique (estimation par l'oxydation des matières organiques par le bichromate de potassium), les rapports C/N ont été calculés.

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Echantillon de sédiment n°	pourcentages		$\frac{C}{N}$	Echantillon de sédiment n°	pourcentages		$\frac{C}{N}$
	C	N			C	N	
1214	1,55	0,135	11,48	1244	1,24	0,125	9,92
1215	1,76	0,13	13,54	1245	1,02	0,11	9,27
1216	0,14	0,02	7,00	1246	0,085	0,02	4,20
1217	1,68	0,15	11,20	1247	0,37	0,04	9,25
1218	1,25	0,11	11,36	1248	1,68	0,25	6,72
1219	0,68	0,09	7,56	1249	1,66	0,19	8,74
1220	1,87	0,17	11,00	1250	0,96	0,095	10,11
1221	1,78	0,14	12,71	1251	1,69	0,18	9,39
1222	1,60	0,14	11,43	1252	1,74	0,18	9,67
1223	1,03	0,09	11,44	1253	1,80	0,14	12,86
1224	1,80	0,15	12,00	1254	1,79	0,13	13,77
1225	1,78	0,15	11,87	1255	1,54	0,17	9,06
1226	1,72	0,16	10,75	1256	1,40	0,19	7,37
1227	1,72	0,16	10,75	1257	1,90	0,19	10,00
1228	1,85	0,25	7,40	1258	0,76	0,09	8,44
1229	0,21	0,04	5,25	1259	0,61	0,06	10,17
1230	2,17	0,17	12,76	1260	0,065	0,11	5,91
1231	2,41	0,17	14,18	1261	0,24	0,04	6,00
1232	2,54	0,17	14,94	1262	0,61	0,07	8,71
1233	1,90	0,145	13,10	1263	0,59	0,07	8,43
1234	2,55	0,16	15,94	1264	0,65	0,06	10,83
1235	2,20	0,17	12,94	1265	0,24	0,03	8,00
1236	2,31	0,18	12,83	1266	0,57	0,09	6,33
1237	1,97	0,18	10,94	1267	0,33	0,04	8,25
1238	0,55	0,06	9,17	1268	0,51	0,065	7,805
1239	1,62	0,18	9,00	1269	0,50	0,04	12,50
1240	0,45	0,06	7,50	1270	0,30	0,04	7,50
1241	1,51	0,14	10,79	1271	0,45	0,06	7,50
1242	1,72	0,155	11,10	1272	0,81	0,085	9,53
1243	1,92	0,14	13,71	1273	0,38	0,05	7,60

5. BIBLIOGRAPHIE.

- BORDOVSKIY (O.-K.), 1965.- Accumulation and transformation of organic substances in marine sédiments. Marine Geology : Organic matter in marine sédiments, special issue, vol.3, n° 1-2, pp. 3-114. (Elsevier Publishing Company, Amsterdam).
- BOURCART (J.) et FRANCIS-BOEUF (C.), 1942.- La vase. Actual. Scient. Ind., n° 927, 67 p. (Hermann et Cie, Paris).
- BRAJNIKOV (B.), FRANCIS-BOEUF (C.), ROMANOV (V.), 1943.- Techniques d'étude des sédiments. Actual. Scient. Ind., n° 952, 110 p. (Hermann et Cie, Paris).
- DANIEL (J.), 1970.- Etude de la répartition de quelques facteurs géochimiques dans les sédiments de la Baie d'Ambaro. Rapport ORSTOM, Nosy-Bé, Géologie, dactylographié, 76 pages comportant 24 figures et 5 tableaux de résultats numériques.
- DEBYSER (C.), 1961.- Contribution à l'étude géochimique des vases marines. Institut français du Pétrole, division de Sédimentologie, Avril 1961, 249 p. (Société des éditions Technip, Paris).
- JOUANNIC (C.), 1969.- Etude bathymétrique et sédimentologique du plateau continental de Nosy-Faly à Nosy-Mitsio. Rapport ORSTOM, Nosy-Bé, Géologie, 34 p. dactylographiées et 27 figures, une carte bathymétrique, une carte sédimentologique.
- 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. Sci. t. 266, série D, 13 Mai 1968, pp. 2049-2051.
- MINAS (M.), 1964.- Etude de la répartition de quelques facteurs géochimiques dans les sédiments de l'Etang de Berre. Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume-Marseille, Bull. n° 32, fasc. 48, pp. 57.
- MINAS (M.), 1965-a.- Distribution verticale de la matière organique et de la fraction calcaire dans les sédiments de l'Etang de Berre. Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume-Marseille, Bull. n° 37, fasc. 53, pp. 11-17.

- MINAS (M.) 1965-b.- La substance organique et le calcaire dans deux types de vasières littorales de la région de Tuléar, (Madagascar). Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume-Marseille, fasc. hors série, supplément n° 4, pp. 57-70.
- NALOVIC (L.), 1968.- Les méthodes d'analyses des sols et des eaux utilisées au laboratoire du Centre d'Adiopodoumé. ORSTOM, Adiopodoumé, ronéotypé, 123 p.
- OPTMANN (J.-M.), 1960.- Dosage du carbone et de l'azote dans les sédiments marins. Trabhs Inst. Biol. mar. Oceanogr. Univ. Recife, (Bresil), vol.II, n° 1, pp. 249-260.
- PICHON (M.), 1966.- Note sur la faune des substrats sablo-vaseux infralittoraux de la Baie d'Ambaro (côte nord-ouest de Madagascar). Cah. ORSTOM, sér. Océanogr., vol.IV, n° 1, pp. 79-94.
- PLANTE (R.) et 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 (Octobre 1970, sous presse).