

Electricité de France



**Centre National
pour l'Exploitation des Océans**

Unité Littoral

**Etude Ecologique d'Avant-Projet
sur le site d'Erdeven
(Morbihan)**



**Université de Bretagne Occidentale
Laboratoire d'Océanographie Biologique**

avril 1977

AVANT-PROPOS

Dans le cadre de son programme nucléaire, Electricité de France a confié au Centre National pour l'Exploitation des Océans l'instruction de dossiers écologiques concernant une liste de sites envisagés pour l'implantation de centrales sur le littoral (voir en annexe, carte n° 1).

Le but de ces dossiers dits "d'avant-projet" est de rassembler des données permettant la comparaison entre les sites, afin de fournir des éléments concourant, parmi d'autres d'ordre technique, économique, etc..., à la prise de décision finale quant aux sites à retenir ou à écarter.

Les dossiers d'avant-projet devaient en principe se limiter essentiellement à une synthèse bibliographique, mais les connaissances publiées se sont révélées, pratiquement dans tous les cas, fragmentaires ou insuffisantes et il a fallu très largement recourir aux études de terrain. Le C.N.E.X.O. a confié la réalisation effective d'une part importante de ces études à d'autres organismes (Universités de Nantes et de Brest, Station Biologique de Roscoff).

Pour le site d'Erdeven, auquel est consacré le présent rapport, c'est l'ensemble du projet qui a été confié au Laboratoire d'Océanographie Biologique de l'Université de Bretagne Occidentale.

Une introduction générale, rédigée par Jacques LE FEVRE (U.B.O.), à partir d'une documentation rassemblée en grande partie par Michel MERCERON (C.N.E.X.O. - Unité Littoral), est consacrée à la description des caractéristiques naturelles et socio-économiques du littoral de la région d'Erdeven.

L'étude plus précise des écosystèmes marins est divisée en trois chapitres. Le benthos des fonds et de l'estran meubles a été étudié par Jacques GUILLOU, avec l'aide d'Eric HUSSENOT, sous la responsabilité du Professeur Michel GLÉMAREC (U.B.O.). Le benthos de substrat rocheux a été étudié par Claude CHASSÉ, avec l'aide de Anne-Françoise LE GENDRE (U.B.O.). L'étude du plancton et de l'hydrologie a été réalisée par Jacques LE FÈVRE avec l'aide de Jean-Claude COCHARD (U.B.O.), sauf en ce qui concerne le phytoplancton, analysé et interprété par Jean-René GRALL (Station Biologique de Roscoff).

La mise au point du rapport final a été assurée par Jacques LE FÈVRE. Plusieurs spécialistes de l'U.B.O. ont bien voulu prêter leur concours à ce travail en critiquant le manuscrit ou en formulant d'utiles suggestions en ce qui concerne leur spécialité: Monsieur le Professeur C. BABIN pour la géologie, J.-Y. MONNAT pour les écosystèmes dunaires et tout particulièrement l'avifaune, A. TANGUY et R. MAZÉ pour l'océanographie physique, P. LE CORRE et P. TRÉGUER pour les sels nutritifs, M. LE PENNEC pour l'identification des larves de mollusques bivalves. Qu'ils en soient ici remerciés.

L'Unité Littoral du Centre Océanologique de Bretagne (CNEXO) a enfin fourni une aide technique et matérielle particulièrement précieuse.

SOMMAIRE

	P.
CHAPITRE I : INTRODUCTION	7
<u>PRESENTATION GEOGRAPHIQUE</u>	9
<u>GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE</u>	13
<u>METEOROLOGIE</u>	19
<u>CLIMAT</u>	19
<i>Température</i>	19
<i>Précipitations</i>	19
<i>Ensoleillement</i>	21
<i>Vents</i>	21
<u>HYDROCLIMAT, HYDROLOGIE</u>	22
<i>Etat de la mer</i>	22
<i>Marées et courants</i>	24
<i>Température, salinité</i>	25
<u>FLORE ET FAUNE DU LITTORAL</u>	26
<u>FLORE</u>	27
<u>FAUNE</u>	31
<u>DEVENIR DES DUNES D'ERDEVEN ET CENTRALE NUCLEAIRE</u>	33
<u>ENVIRONNEMENT SOCIO-ECONOMIQUE</u>	34
<u>PECHE</u>	35
<u>CONCHYLICULTURE</u>	36
<u>TOURISME</u>	40
<u>IMPLANTATIONS MILITAIRES</u>	42
<u>POLLUTION</u>	42
ANNEXE I (Cartes)	45

.../...

	P.
CHAPITRE II : BENTHOS DE SUBSTRAT MEUBLE	67
<u>INTRODUCTION</u>	69
<u>METHODOLOGIE</u>	71
<u>RESULTATS</u>	
<u>ESTRAN</u>	72
<i>Niveau supérieur</i>	72
<i>Niveau moyen</i>	72
<i>Niveau inférieur</i>	73
<u>Basses mers moyennes</u>	73
<u>Basses mers de vives-eaux</u>	73
<i>Interprétation</i>	74
<u>BENTHOS NON EXONDABLE</u>	76
<i>Le peuplement des sables fins propres (SF)</i>	77
<i>Le peuplement de transition des SF/FV</i>	77
<i>Le peuplement de la frange de sables fins du large (SFm)</i>	78
<i>Le peuplement des sables fins envasés (FV)</i>	78
<i>Les peuplements de sédiments hétérogènes</i>	80
<i>Interprétation</i>	80
<u>CONCLUSION</u>	82
ANNEXE II	83
II-1 : Cartes	85
II-2 : Données faunistiques et numériques	101
CHAPITRE III : BENTHOS DE SUBSTRAT ROCHEUX	107
<u>INTRODUCTION</u>	109
<u>PROTOCOLE D'ETUDE, METHODOLOGIE</u>	109
<u>RESULTATS</u>	114
<u>PEUPEMENTS INTERTIDAUXX</u>	115
<i>Le massif de Roche-Sèche</i>	115
<i>Roëlan</i>	119
<i>Rouzès</i>	120
<i>Poul-Haut</i>	123
<i>Les Pierres Noires</i>	124

	P.
<u>PEUPELEMENTS NON EXONDABLES</u>	124
<i>Généralités</i>	124
<i>Les Pierres Noires</i>	129
<i>Roëlan Ouest et Rouzès Ouest</i>	129
<i>Rouzès Est et Roche-Sèche</i>	129
<i>Etude dynamique des peuplements</i>	130
<u>CONCLUSION</u>	132
<u>ANNEXE III</u>	133
III-1 : Cartes	135
III-2 : Tableaux	143
 CHAPITRE IV : HYDROLOGIE ET PLANCTON	 149
<u>INTRODUCTION</u>	151
<u>PROGRAMME D'ETUDE, METHODOLOGIE</u>	153
<u>STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE</u>	153
<u>METHODES</u>	161
<i>Hydrologie - Sels nutritifs</i>	161
<i>Phytoplancton</i>	161
<i>Zooplancton</i>	162
<u>RESULTATS</u>	168
<u>HYDROLOGIE</u>	168
<u>SELS NUTRITIFS</u>	181
<u>PHYTOPLANCTON</u>	185
<i>Analyse pigmentaire</i>	185
<i>Analyse taxonomique et numérique</i>	187
<i>Interprétation</i>	189
<u>ZOOPLANCTON</u>	193
<i>Biomasses</i>	197
<i>Analyse taxonomique et numérique</i>	197
<i>Interprétation</i>	206

	P.
<u>DISCUSSION</u>	212
<u>CONCLUSION</u>	223
ANNEXE IV	227
IV-1 : Données générales, résultats physico-chimiques	229
IV-2 : Données biologiques	239
IV-3 : Graphiques d'évolution des principaux organismes zooplanctoniques	277
CONCLUSION GENERALE	325
BIBLIOGRAPHIE	331

CHAPITRE I

INTRODUCTION

par Jacques LE FÈVRE

PRESENTATION GEOGRAPHIQUE.

De la presqu'île de Gâvres, qui borne au sud l'entrée de la Rade de Lorient, aux falaises rocheuses de la presqu'île de Quiberon, une longue côte basse et sableuse, ouverte au sud-ouest, s'étend approximativement en arc de cercle sur une vingtaine de kilomètres. La continuité de ce vaste ensemble dunaire est interrompue à peu près en son milieu par l'embouchure de la rivière d'Etel, large d'environ deux cents mètres, et, de place en place, par quelques rares pointements rocheux dont le plus important est celui de Roche Sèche, sur le territoire de la commune d'Erdeven, à un peu plus de deux kilomètres à vol d'oiseau de l'embouchure de la rivière d'Etel. C'est au niveau de cette pointe qu'est localisé le site envisagé par E.D.F. pour la construction d'une centrale nucléaire de type PWR et d'une puissance de 5 000 MW.

Bordée par les communes de Gâvres, Plouhinec, Erdeven, Plouharnel et Saint-Pierre-Quiberon, cette longue ligne de rivage est pratiquement inhabitée sur une profondeur d'environ un kilomètre et a conservé en grande partie son caractère naturel. Flore et faune des dunes y présentent un intérêt exceptionnel.

La seule agglomération côtière importante est le port de pêche d'Etel, situé un peu en retrait de la côte proprement dite, sur la rive gauche de l'estuaire de la rivière d'Etel. Cet estuaire est une unité géographique assez originale. Etroit en aval, il s'étale et se ramifie en amont pour constituer une véritable petite mer intérieure soumise à la marée sur environ 22 km², et où découvrent à basse mer de vastes vasières occupées en grande partie par une importante activité ostréicole et secondairement mytilicole. Formé de la réunion du cours inférieur submergé d'une quinzaine de rivières et ruisseaux, ce bassin présente, en opposition avec l'étroitesse de son débouché sur l'océan, un développement du trait de côte de plus de cent kilomètres au niveau supérieur des hautes mers de vives-eaux.

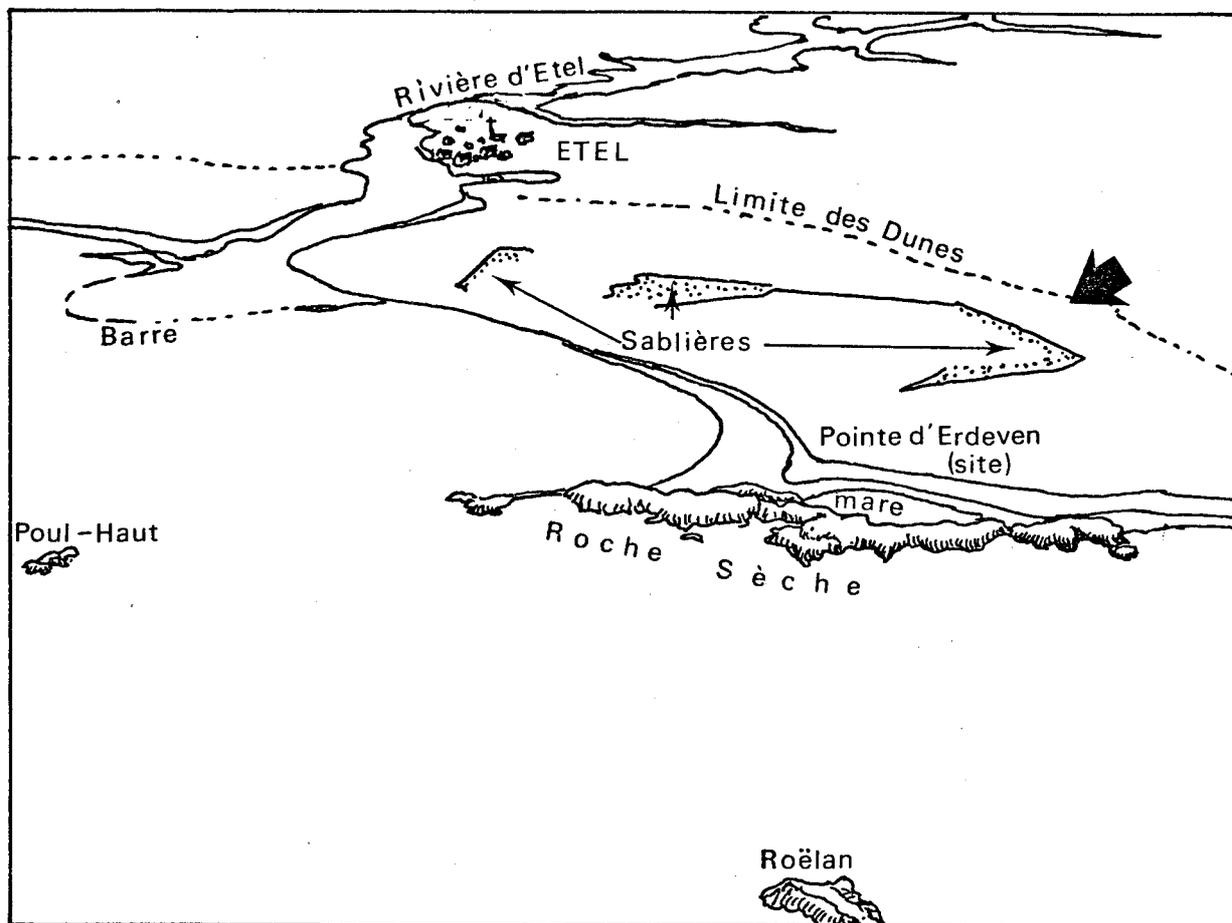


Illustration p.11: Vues aériennes du site d'Erdeven

a - Vue générale à haute altitude (900 m. environ)

Le croquis ci-dessus donne l'interprétation du paysage

b - Vue de détail à basse altitude.

La direction de prise de vue est repérée, par rapport au paysage représenté par la photo du haut, par la grosse flèche noire du croquis ci-dessus, qui indique aussi la position approximative de l'avion.



Photo © J. Le Fèvre

↑ a

b ↓



Photo © J. Le Fèvre

Peu touchée par l'urbanisation comme par le tourisme, la région qui vient d'être décrite présente un contraste assez vif avec les deux secteurs maritimes qui l'encadrent. Au nord-ouest, Lorient et ses environs constituent un ensemble urbain et industriel relativement important ; au sud-est, la région de Carnac - Quiberon est un centre touristique dont la fréquentation estivale atteint les limites de la saturation des capacités d'accueil.

GEOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE.

Le trait structural majeur de la Bretagne méridionale est l'anticlinal hercynien dit de Cornouaille, qui s'étend sur une direction WNW-ESE, grossièrement parallèle à la côte, de la pointe du Raz aux environs de Redon, où il s'infléchit au NW-SE pour se poursuivre jusqu'en Vendée. Des formations métamorphiques appartenant à la bordure sud de cet anticlinorium apparaissent sur la carte n° 4 au nord de la ligne Belz-Ploemel. Tardivement, par rapport aux événements tectoniques principaux, des intrusions granitiques sont venues occuper les points faibles des structures déjà mises en place (granites tardimigmatitiques). C'est un massif de cette nature qui apparaît sur la carte, de Carnac à Plouhinec. Le bloc granitique de la partie sud de la presqu'île de Quiberon se rattache à la bordure de l'anticlinorium de Saint-Nazaire. Il présente une structure feuilletée qui témoigne des contraintes subies lors de sa mise en place, au cours d'une évolution complexe liée à l'achèvement des plissements hercyniens*.

Après la pénéplation du Massif Armoricaïn, quelques réajustements tectoniques tertiaires déterminent les principaux traits de la morphologie actuelle du continent, en particulier les cassures transversales qu'empruntera

*L'interprétation ci-dessus est résumée d'après COGNÉ (1965).

le réseau hydrographique. Au cours du Plio-Quaternaire, une ou plusieurs phases transgressives ont laissé des témoins sous forme de sables, graviers et poudingues, dont des lambeaux apparaissent sur la carte, plaqués sur le socle granitique, en particulier aux environs de Plouhinec.

Le Quaternaire proprement dit est caractérisé par des variations cycliques du climat à l'échelle mondiale, qui ont induit divers mouvements relatifs du niveau marin d'un ordre de grandeur de la centaine de mètres : recul de la mer (régression) au cours des périodes glaciaires, remontée du niveau (transgression) lors des stades interglaciaires.

Plusieurs niveaux de cordons de galets fossiles, situés de 3 à 20 m au-dessus du littoral actuel, témoignent des transgressions des divers épisodes interglaciaires ; la mer atteignait alors une ligne de rivage qui correspond grossièrement sur la carte n° 4 à la limite entre les terrains récents et les granites. Le massif granitique de Quiberon était alors une île, séparée de la côte par une passe large de 4 km environ. Bien que des formations dunaires aient certainement existé à diverses époques et en diverses localisations selon les variations du niveau marin, le cordon littoral dunaire actuel qui s'étend de Gâvres à Penthièvre n'a été mis en place que tardivement, à la faveur d'un léger recul de la mer : dans sa localisation présente, il daterait de l'Age de Fer*. En arrière de la barrière dunaire, entre celle-ci et le socle continental proprement dit, s'étend une dépression occupée soit par les sables et vases de l'estran (Mer de Gâvres, Baie de Plouharnel), soit par des zones humides : étangs et marais. Sur la carte n° 4, cette dépression est indiquée par la présence d'alluvions modernes.

Depuis le début de la période historique, le niveau de la mer n'a subi que des variations mineures dont l'influence est cependant importante sur

* *Interprétation du Tertiaire et du Quaternaire d'après M.T. MORZADÉC (1972-73).*

l'évolution des littoraux dunaires en général, donc sur celle du secteur Gâvres-Penthièvre auquel appartient le site d'Erdeven.

Les littoraux dunaires sont par nature instables. Ils sont modelés par le jeu des vents, qui mobilisent le sable de l'estran pour l'accumuler en dunes : dans le Massif Armoricaïn, tous les ensembles dunaires sont localisés sur les côtes exposées aux vents dominants d'ouest et de sud-ouest. Ils sont aussi modelés par le jeu des courants, qui déposent leur charge de sédiment là où ils s'affaiblissent, pour constituer des bancs de sable ou des plages sur lesquels pourra agir le vent à basse mer. L'exemple le plus frappant, dans la région considérée, de l'action des courants, est sans doute la Barre d'Etel : dans la partie inférieure, étroite, de la rivière d'Etel, les courants de marée sont très violents ; à leur arrivée en mer ouverte, le resserrement responsable de leur violence disparaît brusquement et le courant de jusant subit une très importante décélération. Il dépose alors sa charge de sédiments, et il en résulte, devant la passe d'Etel, la présence d'une dune hydraulique en croissant, modelée par l'alternance des courants de flot et de jusant, dont la crête n'est recouverte que d'une trentaine de centimètres d'eau aux plus grandes basses mers, et qui gêne considérablement l'accès du port d'Etel. La forme de cette barre indique une dérive générale du sédiment vers le sud-est, qui explique aussi en partie la forme du cordon littoral qui a rattaché Quiberon au continent (GROVEL & BROSSE, 1968).

En période de recul, même peu marqué, de la mer, de plus grandes quantités de sable sont offertes aux vents et il en résulte une phase d'édification et d'extension des dunes, qui peuvent même menacer d'envahir l'arrière-pays. Au contraire, en période de remontée, même légère, du niveau marin, le ressac sape la dune et le trait de côte recule, parfois très vite, pouvant aboutir à la rupture du cordon littoral et à l'envahissement par la mer de la dépression située en arrière. La dernière période d'expansion envahissante des dunes se situe du XVIIe au XVIIIe siècles, culminant vers 1750 à 1780 avec l'ensevelissement de certaines agglomérations côtières (MOIGN, 1969 ; GUERIFF, 1969). Le XIXe siècle est ensuite la période des grands travaux de

fixation des dunes par plantation d'Oyats (*Ammophila arenaria*) et de Pins maritimes. Au XXe siècle au contraire, la tendance générale est à la remontée du niveau marin et au recul des littoraux dunaires, notamment dans le Massif Armoricain, où ce recul est facilité par des actions inconsidérées de l'Homme, en particulier l'exploitation abusive de sablières et l'urbanisation du littoral en zone de forte pression touristique (MOIGN, 1969).

L'ensemble dunaire de Gâvres à Penthievre est l'un des moins dégradés de Bretagne. Comme les autres, il est pourtant soumis à un recul rapide. L'isthme de Penthievre est protégé par des ouvrages de défense (sans lesquels Quiberon pourrait rapidement redevenir une île), mais le site d'Erdeven lui-même est l'un des points où ce secteur littoral est le plus menacé. Aux dégâts causés par les automobilistes qui sillonnent la dune en tous sens à la belle saison, s'ajoute la présence d'importantes sablières (voir photos p. 11 et ci-contre) qui représentaient une extraction annuelle de 600 000 tonnes avant la toute récente interdiction de leur exploitation (Unité Littoral C.N.E.X.O., communication personnelle). Elles ont laissé de vastes excavations qui affaiblissent considérablement le cordon dunaire. Le massif de Roche Sèche, situé un peu en avant de la côte proprement dite, ne constitue en aucun cas une protection efficace. Un blockhaus du Mur de l'Atlantique, construit à l'époque sur un point élevé de la dune, se trouve maintenant renversé sur la plage, très en avant de la ligne actuelle des plus hautes mers. Sa position indique un recul du trait de côte, à l'endroit même du site envisagé pour la centrale nucléaire, de plus de quarante mètres depuis la deuxième guerre mondiale (B.C.E.O.M., 1973). L'édification d'un ouvrage aussi important sur un rivage aussi instable poserait donc des problèmes qui mériteraient d'être évalués par une étude technique spécialisée.



Photo © J. Le Fèvre

Vue aérienne de l'embouchure de la Rivière d'Etel et de la Barre

La très faible profondeur d'eau à basse mer permet de bien voir par transparence la Barre immergée. L'excavation sur la dune, à droite de la photo, est une sablière abandonnée. Au second plan, le port et la ville d'Etel.

METEOROLOGIE.

CLIMAT :

La source principale de renseignements sur ce sujet est la monographie de LARIVIERE & VERDOU (1969), dont sont extraits les chiffres donnés ci-après.

La région d'Erdeven, Carnac, Quiberon, jouit d'un climat privilégié, même par rapport à celui, très doux dans l'ensemble, de la côte sud de Bretagne en général.

Température :

Pour la période 1931-1960, on relève à Carnac une moyenne annuelle de 12,0°C ; la moyenne du mois le plus froid (janvier) est de 6,3°C, celle du mois le plus chaud (août) de 18,1°C, ce qui représente donc une variation annuelle de faible amplitude. A titre de comparaison, on trouve à Lorient, pour tant proche du secteur considéré, des températures significativement* plus fraîches : 5,7°C de moyenne en janvier, 17,2 en août et 11,3°C pour l'année. Il gèle en moyenne 24 jours par an à Carnac, contre 35 à Lorient (42 à Rennes, 44 à Nantes).

Précipitations :

Les valeurs sont comprises entre 700 et 800 mm par an dans le secteur d'Erdeven (moyenne de la période 1921-1950) sauf à Quiberon (et Belle-Ile) où elles sont dans la gamme 600-700 mm/an. A Lorient et Brest, le chiffre est de 900 mm/an, 1 000 à Quimper, 1 200 et plus dans certaines zones de la Bretagne intérieure comme les Monts d'Arrée. On note 26 à 30 jours de brouillard par an (moyenne 1951-1960) pour le secteur d'Erdeven, contre 38 à Lorient (64 à Nantes, 70 à Rennes, 82 à Brest, 114 à Rostrenen).

* Il s'agit de moyennes sur 30 ans.

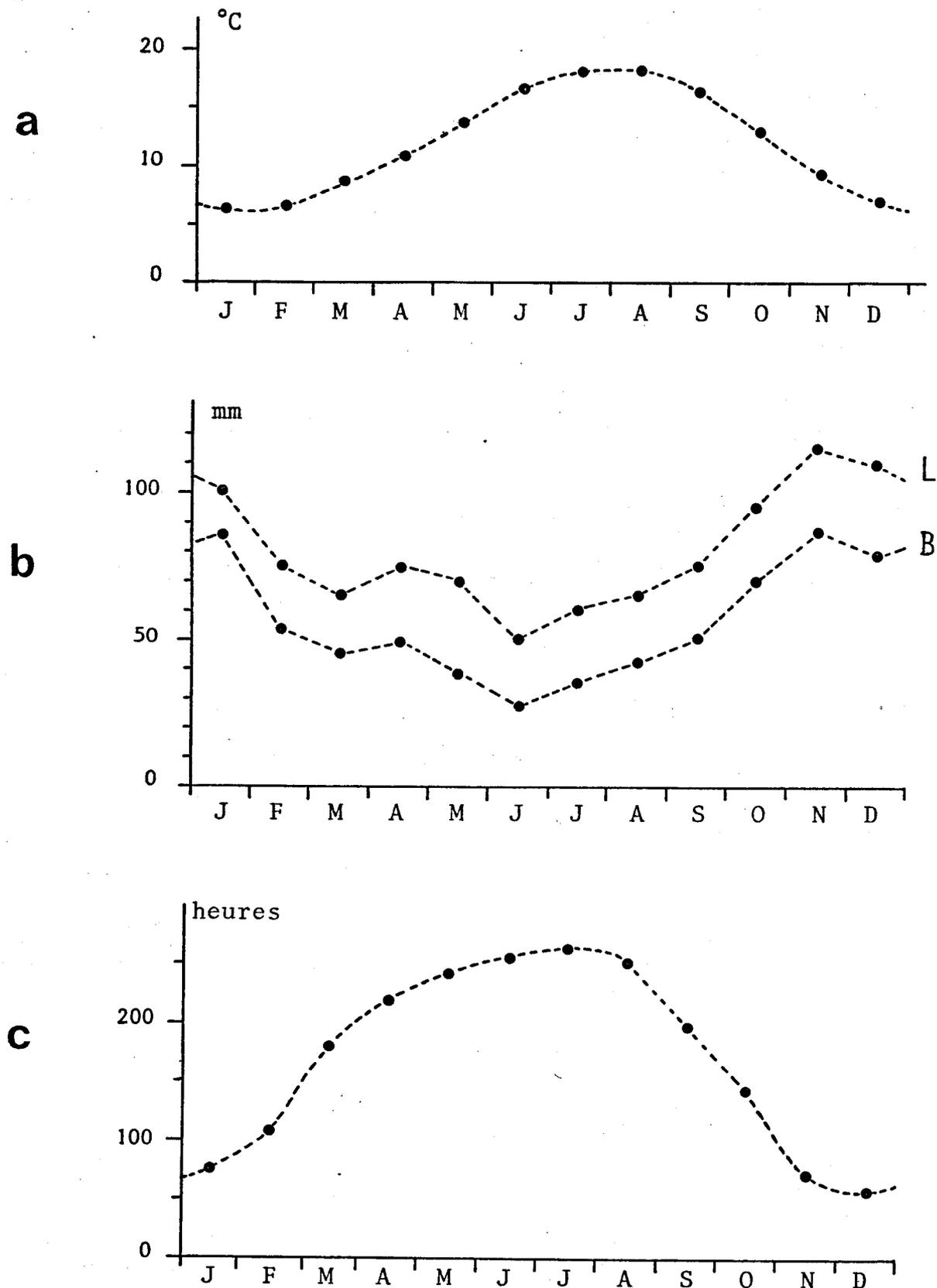


FIGURE 1 : Variation annuelle de quelques caractéristiques climatiques dans la région d'Erdevén (moyennes mensuelles d'après LARIVIERE & VERDOU, 1969)

- a) Température (réf. Carnac)
- b) Précipitations : les données détaillées manquant pour le secteur considéré, on a fait figurer celles de Lorient (L) et Belle-Ile (B), qui les encadrent pour tous les paramètres climatiques connus
- c) Ensoleillement (réf. Carnac)

Ensoleillement :

La partie la plus ensoleillée de la Bretagne, avec plus de 2 000 heures/an est une bande côtière qui s'étend de Concarneau à l'estuaire de la Vilaine. Au sein de cette zone, la région d'Erdeven apparaît encore privilégiée, avec 2 055 heures d'ensoleillement par an à Carnac, 2 100 à Quiberon et 2 196 à Belle-Ile, valeurs qui ne sont dépassées qu'au sud de la Loire. La répartition annuelle de cet ensoleillement, comme celle des températures et des précipitations est donnée par la figure 1.

Vents :

Les données utilisées (DARCHEN, 1967 ; LARIVIERE & VERDOU, 1969) proviennent soit des stations météorologiques des aéroports, le plus proche du secteur considéré étant Lorient-Lann-Bihoué, soit des sémaphores, le plus voisin étant celui du Talut à Belle-Ile. La maille du réseau est trop lâche et l'analyse publiée trop sommaire pour pouvoir en tirer, comme pour les paramètres précédents, des détails spécifiques à la région d'Erdeven, la différenciant des secteurs voisins de la côte sud de Bretagne. Sur celle-ci en général, les vents dominants sont de secteur Ouest (SW à NW). La répartition est cependant très inégale selon les saisons. La dominance du secteur ouest est très importante de juin à septembre, mais correspond à des vents faibles ou modérés (en général inférieurs à force 7 Beaufort, ce qui correspond à une vitesse ne dépassant pas 60 km/h). Les vents de secteur Est s'observent surtout de février à mai, période pendant laquelle le NE est souvent la direction dominante. Moins redoutables que sur les côtes de la Manche, les vents de Nord-Est peuvent cependant être assez forts sur la côte sud : pendant la période où ils sont dominants, plus du tiers des observations de vitesse sont comprises entre 25 et 54 km/h. Moins du vingtième, cependant, dépassent ce dernier chiffre (données de DARCHEN, 1967). Les plus forts coups de vent s'observent en hiver, notamment en décembre et janvier (fréquence de 6 et 4 ‰ respectivement de vents supérieurs à 80 km/h à Belle-Ile), épisodiquement en mai, septembre et novembre (1‰) ; ils viennent en général du Sud-Ouest. Dans l'ensemble, cependant, la côte sud de Bretagne paraît rela-

tivement privilégiée par rapport aux côtes nord et ouest, si l'on s'en réfère au tableau ci-dessous donnant la fréquence des périodes de calme (°/oo), d'après LARIVIERE & VERDOU (1969).

	Fév.	Mai	Juil.	Oct.
BREHAT	34	38	26	29
OUessant	15	14	30	21
BELLE-ILE	43	40	36	36

HYDROCLIMAT, HYDROLOGIE.

Etat de la mer :

Les renseignements donnés ici proviennent des observations des sémaphores (DARCHEN, 1967). Ce paramètre est à l'évidence lié aux vents, mais d'autres facteurs interviennent comme l'orientation de la côte : le sud et l'ouest de la Bretagne sont plus exposés que le nord aux fortes houles d'ouest et de sud-ouest de l'Atlantique. Ainsi, bien que plutôt favorisées dans le domaine des vents, les observations de Belle-Ile se rapprochent de celles d'Ouessant en ce qui concerne l'état de la mer : l'observation la plus fréquente à Bréhat est "mer belle" (creux de 0,25 à 0,50 m) avec près de 500 °/oo pour l'année ; à Ouessant, les périodes de "mer belle" tombent à une fréquence annuelle de 260 °/oo et perdent leur dominance au profit des périodes de mer "peu agitée" (361 °/oo) et même "agitée" (263 °/oo). Les valeurs de Belle-Ile sont données dans le tableau ci-contre :

Mer ↓	Creux (m)	Fréquence annuelle (°/oo)	Fréquence mens. max.		Fréquence mens. min.	
			Mois	valeur (°/oo)	Mois	valeur (°/oo)
Calme	0	0	-	0	-	0
Ridée	ε -0,25	3	juillet	22	n.s.*	0
Belle	0,25-0,50	321	juin	474	décembre	101
Peu agitée	0,50-1,25	357	mars	463	décembre	265
Agitée	1,25-2,50	240	janvier	424	juin	138
Forte	2,50-4	63	décembre	191	juin	6
Très forte	4-6	13	décembre	75	mai à août	0
Grosse	6-9	3	décembre	18	mars à oct.	0
Très grosse	9-14	ε	déc. & févr.	1	tous autres mois	0
Enorme	> 14	0	-	0	-	0

* n.s., non significatif : quelques faibles valeurs, toutes inférieures à 5°/oo sont réparties épisodiquement sur quelques mois de l'année. Les autres valeurs sont nulles.

Il ressort de ce tableau que les trois états dominants sont "mer belle" "mer peu agitée" et "mer agitée". La mer est le plus souvent belle, avec plus de 400°/oo des observations, d'avril à août inclusivement, le plus souvent "peu agitée", avec des fréquences de 300 à 400 °/oo, de septembre à novembre, le plus souvent "agitée" en décembre et janvier (349 et 424 °/oo respectivement) le plus souvent "peu agitée" enfin à une nouvelle période de transition qui comprend février et mars (359 et 463 °/oo respectivement).

Sur le site même d'Erdeven, cependant, la mer doit être dans l'ensemble plus calme qu'à Belle-Ile, en raison de l'existence, au large, d'une barrière rocheuse sous-marine atténuant les houles d'ouest et de sud-ouest.

Marées et courants :

Les marées des côtes atlantiques sont modestes par rapport à celles de la Manche. En vive-eau moyenne, le niveau de la haute mer est de 5,00 m au-dessus du zéro des cartes marines (C.M.) à Port-Louis, et 5,10 m à Quiberon (Port-Maria) ; le niveau de la basse mer est à 0,60 m au-dessus du zéro C.M. à Port-Louis, 0,70 m à Quiberon. Le zéro des cartes marines est à - 2,93 m par rapport au zéro du Nivellement Général de la France (N.G.F.) à Lorient (chiffres cités d'après B.C.E.O.M., 1973).

Les courants sont loin d'être connus avec toute la précision souhaitable dans le secteur considéré, et notamment au voisinage du site même d'Erdeven.

L'ouvrage n° 550 du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine mentionne deux points de mesure dans la région : le point 494 A, à 5,5 milles environ au sud-ouest de l'embouchure de la rivière d'Étel et le point 495, à 4 milles environ au sud-ouest de Beg-er-Lan (coin SW de la presqu'île de Quiberon). Encore les mesures sont-elles données comme "*anciennes ; vitesses sujettes à caution*" et précise-t-on que les courants sont "*fortement influencés par le vent*". A ces données, il convient d'ajouter deux points où des verticales de vitesses ont été réalisées par le Laboratoire National d'Hydraulique, les 14 et 15 mars 1975, et un point où le L.N.H. a mouillé un courantographe pendant environ 9 marées (CAZENAVE, 1976). Les autres chiffres ou descriptions du régime des courants dans la région, figurant dans l'ouvrage n° 550 du S.H.O.M., proviennent de propos recueillis auprès des populations maritimes locales (S.H.O.M., communication personnelle).

De ces diverses informations, le L.N.H. déduit un champ de courant d'heure en heure, basé en grande partie sur des interpolations (CAZENAVE, 1976 pl. 1 à 12). Les cartes n° 5, 6, 7, 8 en annexe, extraites du rapport qui vient d'être cité, sont données ici à titre de rappel. Elles portent sur quatre instants caractéristiques du cycle de marée (étales et mi-marées) et suffisent à présenter ce que l'on sait des directions de courant dans la région considérée.

En ce qui concerne les vitesses, on peut résumer sommairement l'ensemble des informations et déductions en disant que les courants sont modestes, ne dépassant guère 1 noeud, sauf en rivière d'Etel où ils peuvent atteindre 5 noeuds, voire plus par endroits. Dès l'embouchure cependant, ils perdent de leur force comme en témoigne la permanence de la Barre.

En ce qui concerne la trajectoire des particules d'eau, et plus précisément celle des rejets de l'éventuelle centrale d'Erdeven, il ressort des conclusions de CAZENAVE qu'une partie de l'effluent pénétrerait au flot en rivière d'Etel, le reste étant évacué le long de la côte vers le nord-ouest. Au jusant, les courants portant au large favoriseraient la dispersion thermique. Le même rapport précise cependant que cette circulation serait très influencée par les conditions météorologiques, notamment par fort vent d'ouest bloquant la masse d'eau chaude à la côte et souligne une possibilité de recirculation directe à la prise "*qui risque de créer un problème difficile à résoudre*". Il faut de plus signaler que ces conclusions ne tiennent pas compte d'une éventuelle circulation de densité, qui existe de fait à certaines saisons et peut défavoriser encore davantage la dispersion thermique. Ce point est traité plus en détail dans le chapitre IV.

Température, salinité :

Les données d'hydrologie classique sont peu abondantes pour ce secteur, et concernent quasi-exclusivement une zone située au-delà de l'isobathe 50 m, c'est-à-dire au large de Groix et Belle-Ile. Tel est en particulier le cas des cartes saisonnières de températures publiées par l'I.S.T.P.M. (VINCENT & KURC, 1969 ; VINCENT, 1973) reproduites dans d'autres études d'avant-projet (PLOGOFF). Extrapolées pour le secteur d'Erdeven, ces cartes donneraient des températures extrêmes de l'ordre de 8°C en février et de 16 à 19°C en août. Ces chiffres sont cependant à nuancer fortement, et c'est pourquoi ces cartes n'ont pas été reproduites une nouvelle fois ici. Près des côtes en effet, les

valeurs deviennent souvent sensiblement différentes de celles du large, et des températures atteignant 21°C en rivière d'Etel ont été relevées dans le cadre de la présente étude. PAULMIER (1972) donne par ailleurs des extrêmes de 6 et 20°C dans la partie la plus marine de la rivière d'Auray.

Les données de salinité publiées sont encore plus rares que pour la température. D'après le travail de HENAFF (1973), il semble que les valeurs ne descendent guère en dessous de 35‰ au large dans la région considérée. Près des côtes, l'influence de la rivière d'Etel en hiver et au printemps est inconnue.

Les seules données d'hydrologie concernant précisément le secteur côtier proche du site d'Erdeven sont finalement celles, malheureusement restreintes à quatre mois d'une année exceptionnelle sur le plan climatique, qui sont présentées dans le chapitre IV.

FLORE ET FAUNE DU LITTORAL

Bien que l'essentiel de la présente étude soit consacré aux écosystèmes marins, les plus susceptibles d'être affectés par les rejets thermiques, une description du cadre naturel du site d'Erdeven n'aurait pas été complète si elle avait été muette sur les écosystèmes terrestres très particuliers que l'on trouve en bordure de côte.

Ces écosystèmes originaux sont bien évidemment ceux des dunes, qui atteignent ici un développement exceptionnel. De plus, le microclimat particulier de la région, plus chaud, plus sec et plus ensoleillé que celui des secteurs voisins, ne manque pas de se traduire au niveau des peuplements, en particulier par la présence d'espèces, voire d'ensembles floristiques et fau-

nistiques qui atteignent aux environs d'Erdeven leur limite nord, ou même ne se rencontrent que là, dans un rayon se chiffrant en centaines de kilomètres.

Une description exhaustive des particularités du secteur dunaire compris entre Gâvres et Penthièvre déborderait largement du cadre de la présente étude, et l'on peut renvoyer pour plus de détails à deux monographies de la S.E.P.N.B.* réalisées pour le compte du Ministère de la Qualité de la Vie : celle d'ANNEZO (1975) pour la partie comprise entre Gâvres et la rivière d'Etel, et celle de FLEURY (1976) pour le secteur compris entre cette limite et Penthièvre, qui comportent de plus d'excellentes bibliographies. Seuls les faits les plus notables seront donc mentionnés ici, presque à titre d'exemple tant le sujet est vaste.

De la mer vers la terre, trois zones principales, elles-mêmes faisant l'objet d'une subdivision dans le détail de laquelle il n'est pas possible de rentrer, se distinguent nettement par leur aspect, par leur végétation, par leur faune : les dunes mobiles ou dunes blanches, les dunes fixées ou dunes grises et les milieux humides occupant la dépression située en arrière du cordon littoral proprement dit.

FLORE :

Les dunes blanches hébergent des associations végétales dominées par l'Oyat (*Ammophila arenaria*) et dont le "Chardon bleu" (*Eryngium maritimum*), qui n'est pas un vrai chardon, est l'une des plantes les plus connues, avec le Liseron des Dunes (*Calystegia soldanella*). Outre leur étendue, la particularité des dunes d'Erdeven, au sens large, est dans cette zone la présence de la limite nord absolue de toute une association végétale, le *Corynephorretum atlanticum*, représentée à l'état de lambeaux, et dont l'optimum climatique se situe dans

* S.E.P.N.B. : Société pour l'Etude et la Protection de la Nature en Bretagne, Faculté des Sciences, 6, avenue le Gorgeu, 29263 BREST CEDEX.

les dunes des Charentes (FLEURY, 1976). A Erdeven, la présence d'espèces méridionales est d'ailleurs un fait général, et l'on y trouve communément, comme en d'autres endroits de la côte sud-armoricaine, nombre de plantes qui ne dépassent pas la côte ouest du Finistère (*Diotis candidissima*), ou dont on ne trouve plus sur la côte nord de Bretagne que de rares pieds épars, comme la Giroflée sauvage *Matthiola sinuata*.

Plus en retrait, les dunes grises constituent une sorte de plaine, mollement ondulée, qui atteint à Erdeven un développement exceptionnel, du fait de la longueur (plus de 20 km) et de la largeur (1 à 1,5 km) du cordon dunaire. L'aspect monotone de cette zone est trompeur : son peuplement végétal est en réalité une véritable mosaïque extrêmement diversifiée, qui change profondément sur des distances de l'ordre du mètre, en fonction de la pente, de l'exposition et autres particularités locales du terrain. A cette variété contribue la présence de la végétation des dunes blanches là où le terrain est érodé : bord des pistes d'automobiles, voisinage des carrières de sable, etc... Une association domine pourtant nettement cette zone, le *Roseto-Ephedretum*, qui tire son nom de deux plantes très spectaculaires, la Rose pimprenelle (*Rosa pimpinellifolia*) et le "Raisin de Mer" (*Ephedra distachya*), qui n'a aucun rapport avec du raisin, étant en réalité une très curieuse Gymnosperme herbacée. Cette association est caractérisée par une quarantaine de plantes (FLEURY, 1976), dont la répartition géographique ne se superpose pas exactement. Ainsi, bien que la Rose pimprenelle se trouve localement sur les côtes de la Manche, l'association en tant que telle est limitée à la région comprise entre la pointe de Grave (Gironde) et la baie d'Audierne dans le Finistère (GEHU, 1969). Encore les peuplements sont-ils beaucoup plus modestes dans cette dernière localité, ou le Raisin de Mer, qui y atteint sa limite nord absolue, est peu abondant. Les seuls peuplements importants au nord des dunes d'Erdeven (au sens large) étaient ceux des dunes situées à l'ouest de Lorient, maintenant pratiquement détruits par l'urbanisation du littoral. Les immenses pelouses des dunes d'Erdeven sont donc, vers le nord, les derniers peuplements typiques, étendus, à peu près intacts. Les derniers complets aussi quant à leur cortège floristique, plusieurs espèces du *Roseto-Ephedretum* étant, comme le petit Oeillet des Dunes (*Dianthus gallicus*), rares ou inconnues plus au nord (FLEURY, 1976).



Photo © J. Le Fèvre

La Rose pimprenelle (*Rosa pimpinellifolia*), ci-dessus, floraison mai-juin, et le "Raisin" de mer (*Ephedra distachya*), ci-dessous, fructification en septembre, sont les plantes caractéristiques du *Roseto-Ephedretum*, association phytosociologique des pelouses dunaires atlantiques, qui est proche à Erdevén de sa limite nord.



Photo © J. Le Fèvre

Lorsqu'on passe des dunes à la dépression humide, on observe la transition progressive d'une flore présentant des affinités avec celle des steppes, voire des déserts, à la végétation caractéristique des marais, ce qui suffirait à conférer à ce type de littoral une valeur pédagogique exceptionnelle. Mais c'est surtout pour la faune, et en particulier l'avifaune, que la dépression humide de Plouhinec, Erdeven, Plouharnel joue un rôle important.

FAUNE :

Dans ce domaine non plus, il n'est pas possible de passer en revue toutes les particularités, et l'on doit, pour plus ample information, renvoyer à la monographie de FLEURY (1976) et aux titres contenus dans sa bibliographie.

Les faits les plus marquants sont du même ordre que pour la flore : présence d'espèces méridionales ou de milieux arides, en particulier pour ce qui concerne les insectes ou les araignées. FLEURY (1976) recense les espèces inventoriées dans la littérature, mais cette liste est très certainement incomplète, et l'on manque notamment de données sur les limites biogéographiques susceptibles d'être localisées dans la région d'Erdeven.* Au total, jusqu'à plus ample informé, l'intérêt entomologique des dunes d'Erdeven, qui est considérable, résulte surtout de la présence simultanée et de l'étendue de milieux particuliers hébergeant chacun leur faune typique, de la plage aux étangs et marais, ce qui confère une valeur pédagogique importante à ce secteur.

Les connaissances disponibles sont par contre beaucoup plus précises en ce qui concerne l'avifaune. Quelques espèces particulières nichent dans la zone des dunes blanches : Pipit maritime, *Anthus spinoletta petrosus* ; Gravelot à collier interrompu, *Charadrius alexandrinus* (FLEURY, 1976), mais ce sont surtout les dunes grises, et dans une moindre mesure les milieux humides, qui présentent le plus grand intérêt.

* On peut cependant y noter celle de la Mante religieuse (GUEGUEN, Comm.pers.)

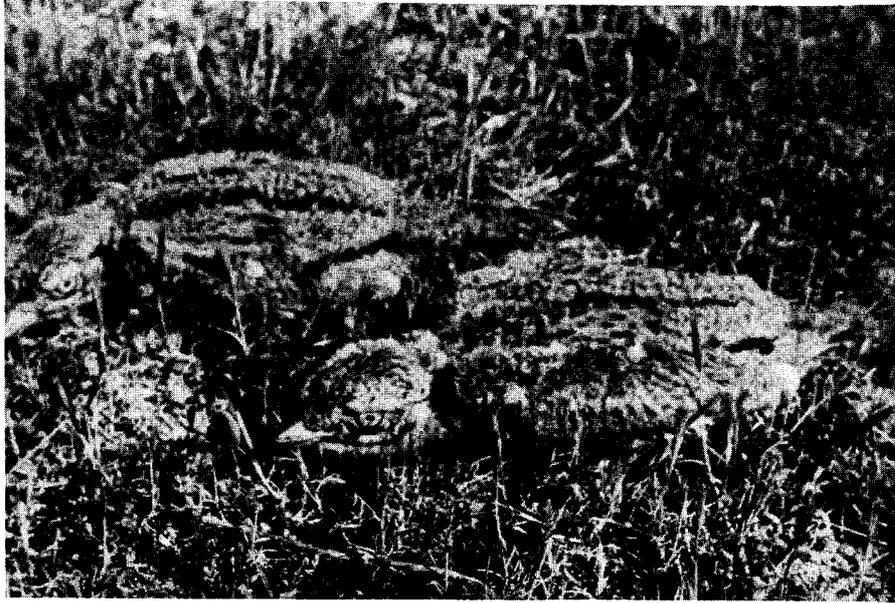


Photo © R. BOZEC

Poussins d'Oedicnème dans les dunes d'Erdeven :
Le seul point de nidification de l'espèce en Bretagne

Les dunes grises représentent un milieu analogue à une zone steppique, et l'on y trouve en conséquence plusieurs espèces du groupe des Alouettes. Parmi celles-ci, l'Alouette calandrelle (*Calandrella cinerea*) est à Erdeven à sa limite nord absolue (BOZEC, 1969). L'espèce la plus remarquable du secteur considéré est un autre oiseau des steppes arides, l'Oedicnème criard (*Burhinus oedicephalus*), dont c'est le seul lieu de nidification en Bretagne. Son effectif serait d'une vingtaine de couples répartis sur le territoire des communes d'Erdeven et Plouhinec (BOZEC, 1969).

Une trentaine d'espèces nicheraient dans la dépression humide en arrière du cordon littoral, dont le Busard des Roseaux (*Circus aeruginosus*), à sa limite nord, est le plus remarquable (MONNAT, communication personnelle). Il faut ajouter à cela que la rivière d'Etel et ses annexes sont une très importante étape pour les oiseaux migrateurs (petits échassiers, canards, etc). On y observe en particulier tous les ans le très rare Balbuzard Pêcheur, *Pandion haliaetus* (MONNAT, communication personnelle).

L'intérêt des îlots du large est plus limité, bien que Téviec soit une réserve ornithologique. En dehors du Pétrel tempête (*Hydrobates pelagicus*) à Roëlan, y nichent surtout des Goëlands, dont l'expansion récente a pratiquement éliminé les Sternes (MONNAT, communication personnelle).

DEVENIR DES DUNES D'ERDEVEN ET CENTRALE NUCLEAIRE :

Les dunes d'Erdeven au sens large, du fait à la fois de leur étendue peu commune et des nombreuses particularités remarquables qu'elles présentent, offrent donc un intérêt écologique exceptionnel et constituent un véritable "monument naturel". A ce titre, elles méritent sans conteste une protection rigoureuse, si l'on s'en réfère par exemple à l'Instruction du Premier Ministre du 4 août 1976, parue au Journal Officiel du 6/8/76. Une procédure de classement est du reste en cours pour certains secteurs.

Il peut paraître surprenant que ce milieu soit parvenu presque intact jusqu'à notre époque d'aménagement intensif du littoral. En fait, dans le cadre de l'économie traditionnelle, les dunes, terres agricoles médiocres et terrains trop mouvants pour construire, présentaient assez peu d'intérêt. Il est significatif d'examiner simultanément la carte n° 3 (figuré brun) et la carte n° 4 (figuré brun) : on constate que l'habitat exclut à peu près totalement les terrains quaternaires (dunes et alluvions). Seules deux agglomérations sont implantées sur ces terrains, Penthièvre et Carnac-Plage. Agglomérations récentes, désertes dix mois par an, exclusivement consacrées au tourisme, elles répondent à des critères d'implantation particuliers. Ce fait montre d'où peut éventuellement venir la menace pour les dunes, d'autant que la pression touristique est très forte dans la région, particulièrement à Carnac et Quiberon (cf. *infra*). Si aucun aménagement touristique "lourd" n'a encore vu le jour sur la plus grande partie du secteur dunaire pris en considération, c'est que celui-ci est soumis à une servitude *non aedificandi* en raison de la présence du champ de tir de Gâvres (cf. carte n° 9).

L'implantation de la centrale d'Erdeven aurait sans doute peu d'incidence directe sur la flore et la faune dunaires, d'autant que son éventuelle

emprise foncière concerne l'un des secteurs les plus dégradés. Cette implantation apparaît cependant peu compatible avec la poursuite de tirs d'artillerie sur le secteur ; elle aurait donc pour résultat probable une levée partielle des servitudes, et risquerait d'ouvrir le littoral à l'urbanisation touristique dans les zones laissées en dehors du périmètre de protection de la centrale. Le classement de certains secteurs pourrait *a priori* constituer une protection complémentaire pour ces zones, mais la pratique actuelle en matière d'aménagement du littoral, si l'on en juge notamment par ce qui se passe à Quiberon*, permet de douter de l'efficacité de cette protection, à moins d'une rigueur nouvelle dans l'application des lois en cette matière.

ENVIRONNEMENT SOCIO-ECONOMIQUE

Il peut paraître incongru d'inclure, dans un dossier écologique, des éléments concernant l'activité économique. Cependant, le milieu naturel, tel qu'il peut être observé et décrit à un moment donné, résulte d'un équilibre dynamique entre diverses forces dont l'activité humaine est une composante essentielle. De plus, à l'évidence, les caractéristiques naturelles d'un espace géographique donné conditionnent en retour pour une grande part le type d'activités économiques susceptibles de l'exploiter. Une étude économique complète comporterait de nombreux éléments qui déborderaient du cadre de la présente étude, beaucoup d'entre eux n'étant d'ailleurs pas liés à proprement parler aux conditions locales. Aussi se contentera-t-on d'une description de celles des activités humaines qui sont actuellement liées directement

* Un jugement du Tribunal Administratif de Rennes en date du 10/11/76, annulant le permis de construire d'un groupe d'immeubles déjà en chantier, met en lumière que l'urbanisation de Quiberon s'est effectuée depuis plusieurs années de manière en grande partie illégale, nombre de constructions, dont le centre de Thalassothérapie, ayant été édifiées en zone théoriquement protégée.

au littoral de la région considérée et à ses caractéristiques. Cette définition exclut donc l'agriculture, qui serait peu à sa place dans une étude pour l'essentiel marine.

PECHE :

La zone comprise entre Gâvres, Groix, Quiberon et le plateau rocheux des Birvideaux constitue l'environnement du site d'Erdeven du point de vue de la pêche. Il est exploité par la pêche artisanale, essentiellement à partir d'Etel et des ports de la presqu'île de Quiberon.

Etel arme traditionnellement à la pêche hauturière au Thon, activité en déclin qui n'est de toutes façons pas concernée par les conséquences éventuelles de la mise en service de la centrale. Des armements ételois possèdent également des chalutiers à Lorient, mais ils fréquentent des lieux de pêche éloignés (Mer d'Irlande). Il convient donc d'examiner uniquement la composante côtière de l'activité d'Etel. Celle-ci est pratiquée par des bateaux dont l'équipage est d'un ou deux hommes, qui exploitent soit la Daurade et le Bar (ligneurs), soit les Crustacés (caseyeurs), certains équipages pratiquant à tour de rôle les deux métiers. L'effectif total est de 70 pêcheurs, dont 60 à temps partiel : on peut considérer que la pêche côtière à Etel fait vivre l'équivalent de 40 marins travaillant toute l'année (Monique GUILLOU, sous presse). La zone de pêche se limite essentiellement aux fonds rocheux situés aux environs immédiats du site d'Erdeven, dans le secteur le plus susceptible d'être affecté par l'effluent thermique.

La pêche quiberonnaise est à la fois plus importante et plus diversifiée*. L'effectif total est, en 1976, de 79 bateaux avec 150 marins. L'activité la plus connue concerne la Sardine ; elle connaît un certain déclin et plusieurs conserveries ont fermé. Il subsiste cependant 8 bateaux sardiniers, auxquels il faut ajouter 2 basés à Belle-Ile (équipage 7 ou 8 hommes), qui fréquentent, à certains moments de l'année, des zones proches de Groix, à quelques

* Les données concernant Quiberon ont été recueillies auprès du Comité Local des Pêches Maritimes.

milles au large du site d'Erdeven. L'activité la plus importante est cependant la petite pêche côtière, qui est en développement et attire de jeunes pêcheurs. Les métiers pratiqués sont les mêmes qu'à Etel, auxquels il faut ajouter le chalut, essentiellement pour l'exploitation de la Sole, surtout en baie de Quiberon, mais aussi au large de la côte sableuse qui s'étend de Gâvres à Penthièvre.

Les conséquences de l'éventuelle mise en service de la centrale d'Erdeven concernent surtout la fraction de la pêche côtière quiberonnaise basée à Portivy, où l'on recense 30 pêcheurs. Ceux-ci fréquentent en partie les mêmes parages que leurs collègues d'Etel, et l'on peut considérer que les fonds rocheux proches du site font vivre à Portivy l'équivalent de 15 marins y travaillant à temps plein toute l'année.

C'est donc au total l'équivalent de 55 pêcheurs à temps plein qui pourrait être affecté directement par la mise en service de la centrale, *les lieux de pêche se trouvant en grande partie à l'intérieur de la zone subissant un réchauffement d'au moins 3° C*. Il convient d'y ajouter les effets possibles sur le chalutage et la pêche sardinière, plus difficiles à évaluer. Il faut signaler pour finir qu'il existe dans la région plusieurs zones officiellement réservées à l'alevinage en Crustacés (Homards), dont la plus proche du site se trouve devant Portivy (cf. carte n° 9). De plus, le Comité Local des Pêches d'Etel a procédé en 1974 à des lâchers de larves de Homards à Roëlan et sur les roches avoisinantes, et en 1975 dans la partie aval de la Rivière d'Etel.

CONCHYLICULTURE :

Aux environs immédiats du site d'Erdeven, la Rivière d'Etel est un très important secteur conchylicole (cf. carte n° 10), tout entier situé à l'intérieur de la zone subissant, en cas de mise en service de la centrale, un réchauffement de 3° C (CAZENAVE, 1976). Autrefois consacré exclusivement à l'Huître plate (*Ostrea edulis*), ce centre a maintenant une production plus diversifiée. Depuis l'apparition de la maladie de l'Huître plate, l'Huître



Photo © J. Le Fèvre

Etablissement ostréicole en Rivière d'Etel :

L'ostréiculture qui fait vivre au moins l'équivalent de 200 personnes à temps plein est sans doute la plus importante activité économique susceptible d'être affectée par la mise en service d'une centrale nucléaire à Erdeven.

creuse japonaise (*Crassostrea gigas*) a pris la première place, avec une production de plus de 2 000 tonnes en 1975, contre 120 tonnes pour la plate.* Il convient d'ajouter à ces chiffres 1 400 tonnes de Moules et 90 de Palourdes. Compte tenu des prix de vente à la production, on aboutit à un chiffre d'affaires global minimum, en période de cours normaux, de 10 millions de francs, dont 6 pour les Huîtres creuses.

L'activité ostréicole en rivièrre d'Etel est orientée vers l'élevage : production d'Huîtres de taille marchande destinées à être livrées à la consommation, à partir de naissain ou de jeunes Huîtres en provenance du Japon ou d'Arcahon notamment. En cas de mise en service de la centrale d'Erdeven, on atteindrait en rivièrre d'Etel des températures telles que les Huîtres "délaieraient" (émettraient leurs produits sexuels) massivement au cours de l'été, et seraient donc "maigres", c'est-à-dire à peu près invendables, à la période des fêtes de fin d'année, qui est le moment essentiel d'activité du marché.** L'élevage devenu impossible, une réorientation de l'activité vers le captage du naissain pourrait être envisagée, les conditions du milieu y étant plus favorables après réchauffement; mais rien ne garantit, en l'état actuel de l'activité ostréicole, qu'une telle tentative serait couronnée de succès.

Du point de vue social, la conchyliculture ételoise fait vivre 60 chefs d'entreprise et 94 salariés à plein temps (chiffres de 1975), auxquels il faut ajouter environ 150 emplois saisonniers, que l'on peut considérer correspondre, en gros, à 50 équivalents plein temps. C'est donc à peu près l'équivalent de 200 emplois conchylicoles permanents que la mise en service de la centrale d'Erdeven pourrait affecter. Ce chiffre est un minimum, car il ne tient pas compte de données difficiles à appréhender : aides familiaux (épouses et enfants)

* Ces chiffres, ainsi que ceux cités plus loin, proviennent d'une fiche technique communiquée par le Quartier des Affaires Maritimes d'Auray. Ils ne sont que des évaluations, probablement inférieures à la réalité, en raison de la tendance des professionnels à minimiser l'importance de leur activité comme leur chiffre d'affaires (GILBERT, 1976).

** Dans les conditions actuelles, ce phénomène se produit occasionnellement.

travaillant sur les petites exploitations, activités dérivées (mareyeurs, courtiers) exercées par des personnes n'en tirant qu'une partie de leur revenu. De plus, des activités saisonnières ou à temps partiel dans des domaines comme la pêche ou l'ostréiculture sont soumises à des équilibres assez délicats : la suppression pour une personne d'un emploi qu'elle n'occupait que quatre mois par an peut bouleverser la situation d'ensemble de ses diverses activités et la contraindre à une reconversion totale, toujours délicate dans la situation économique actuelle et tout particulièrement dans la région considérée. En pareil cas, la conséquence réelle se situe donc au-delà de la simple suppression statistique d'un tiers d'emploi.

TOURISME :

Le climat exceptionnellement doux, voire franchement méridional en été, de la région étudiée ici, le grand développement des plages, l'attrait des nombreux monuments mégalithiques, se traduisent par une très forte fréquentation touristique estivale très inégalement répartie dans l'espace. La pression touristique est particulièrement forte dans le secteur Carnac-Quiberon : sur l'espace délimité par la carte n° 3, trois communes ont un nombre de résidences secondaires supérieur à celui des résidences principales : Quiberon, Carnac et St-Pierre-Quiberon*. Le nombre de journées touristiques de juin à septembre 1970 avoisinait ou dépassait déjà le million dans chacune de ces trois communes et n'a fait qu'augmenter depuis.

Un pareil flot migratoire, concentré pour l'essentiel sur deux mois de l'année, n'est pas sans poser quelques problèmes. L'espace disponible est pratiquement saturé dans les trois communes citées ci-dessus, ainsi que sur une partie du territoire de Plouharnel pendant la saison touristique. Une telle

* Les données concernant le tourisme sont tirées d'une monographie sur la région Lorient-Quiberon (C.N.E.X.O., 1974).

concentration humaine* engendre nécessairement des tensions, et la cohabitation est souvent difficile entre les estivants et une partie de la population locale, en particulier les marins-pêcheurs, gênés par l'encombrement des quais par une foule inactive, et de plus en plus repoussés, voire exclus, de certains ports (Port-Haliguen) par le développement de la plaisance. Il est difficile d'imaginer que la pression touristique augmente encore beaucoup dans les secteurs où elle est déjà très forte sans provoquer des ruptures d'équilibre dans l'activité locale, d'autant que Quiberon, qui connaît la plus forte fréquentation, est un cul de sac où la concentration estivale atteint la limite du possible.

Les environs d'Erdeven, jouissant pourtant des mêmes attraits, connaissent une pression touristique beaucoup moins forte : le nombre de journées de juin à septembre 1970 était compris entre 50 000 et 100 000 pour Erdeven (ainsi que pour Gâvres et Plouhinec), voisin de 100 000 pour Etel et pour Plouharnel, la fréquentation dans cette dernière commune étant surtout limitée à la zone de passage obligatoire entre Carnac et Quiberon. Entre Plouharnel et la rivière d'Etel, deux points essentiellement fixent le gros du flot estival ; ce sont ceux qui sont facilement accessibles en voiture : le site d'Erdeven lui-même et la plage de Kerhillio, un peu plus au sud, où existe un parking, et où la Gendarmerie Nationale dénombrait 15 à 20 000 personnes le 18 août 1969 (FLEURY, 1976). De tels chiffres montrent que potentiellement une très forte pression touristique peut se développer sur le littoral d'Erdeven, d'autant que le secteur voisin de Carnac - Quiberon est saturé. Seule l'absence d'aménagements et la rareté des accès bitumés endigue encore le flot touristique. L'origine de cet état de chose est à rechercher dans l'existence de servitudes militaires pesant sur ce littoral. Gâvres et Plouhinec, dont la côte est en partie bordée par un terrain militaire, connaissent d'ailleurs une fréquentation touristique très limitée.

* L'enquête citée (C.N.E.X.O., 1974) donne des taux d'occupation de 130 % en juillet et 145 % en août des places disponibles en terrain de camping, qui correspondent donc à une sursaturation manifeste.

IMPLANTATIONS MILITAIRES :

Les implantations militaires sont particulièrement nombreuses et variées dans la région lorientaise (arsenal, base sous-marine, base aéronavale de Lann-Bihoué, etc...). L'une d'entre elles concerne directement les environs d'Erdeven : il s'agit du Polygone de tir de Gâvres. Situé sur le littoral dunaire entre Gâvres et la rivière d'Etel, il est utilisé pour des tirs d'artillerie de marine, répartis en plusieurs catégories. Une zone de tirs de jour en mer couvre tout le domaine maritime de Gâvres à Quiberon, s'étendant à l'ouest jusqu'au méridien de Gâvres et au sud au-delà de Belle-Ile en passant devant sa côte occidentale. A l'intérieur de cette vaste zone, deux autres, plus petites et se recouvrant partiellement, reçoivent également des tirs nocturnes. A terre, la zone de tirs en mer est bordée par une zone classée comme dangereuse, soumise à une servitude *non aedificandi* et à une limitation d'accès à certains moments. En y incluant le polygone de tir lui-même, cette zone s'étend de Gâvres à Plouharnel (inclus) et se confond presque avec le secteur dunaire.

Les tirs sont fréquents, plusieurs jours par semaine, les îlots proches du site d'Erdeven constituant un des secteurs les plus souvent visés. Les conséquences de cet état de choses sont de limiter le temps de travail possible pour les marins-pêcheurs qui fréquentent ces lieux (les tirs ont d'ailleurs sérieusement interféré avec les sorties en mer nécessaires à la présente étude, cf. chapitre IV), mais surtout de décourager une implantation touristique quelque peu importante sur le littoral classé "dangereux". Le site d'Erdeven est largement inclus dans celui-ci, et la mise en service de la centrale apparaît peu compatible avec la poursuite des tirs.

POLLUTION

Le peu de temps disponible pour la présente étude n'a pas permis de réunir une véritable documentation sur le sujet, à supposer qu'il en existe une accessible. On peut se référer à la carte n° 10 pour localiser les zones

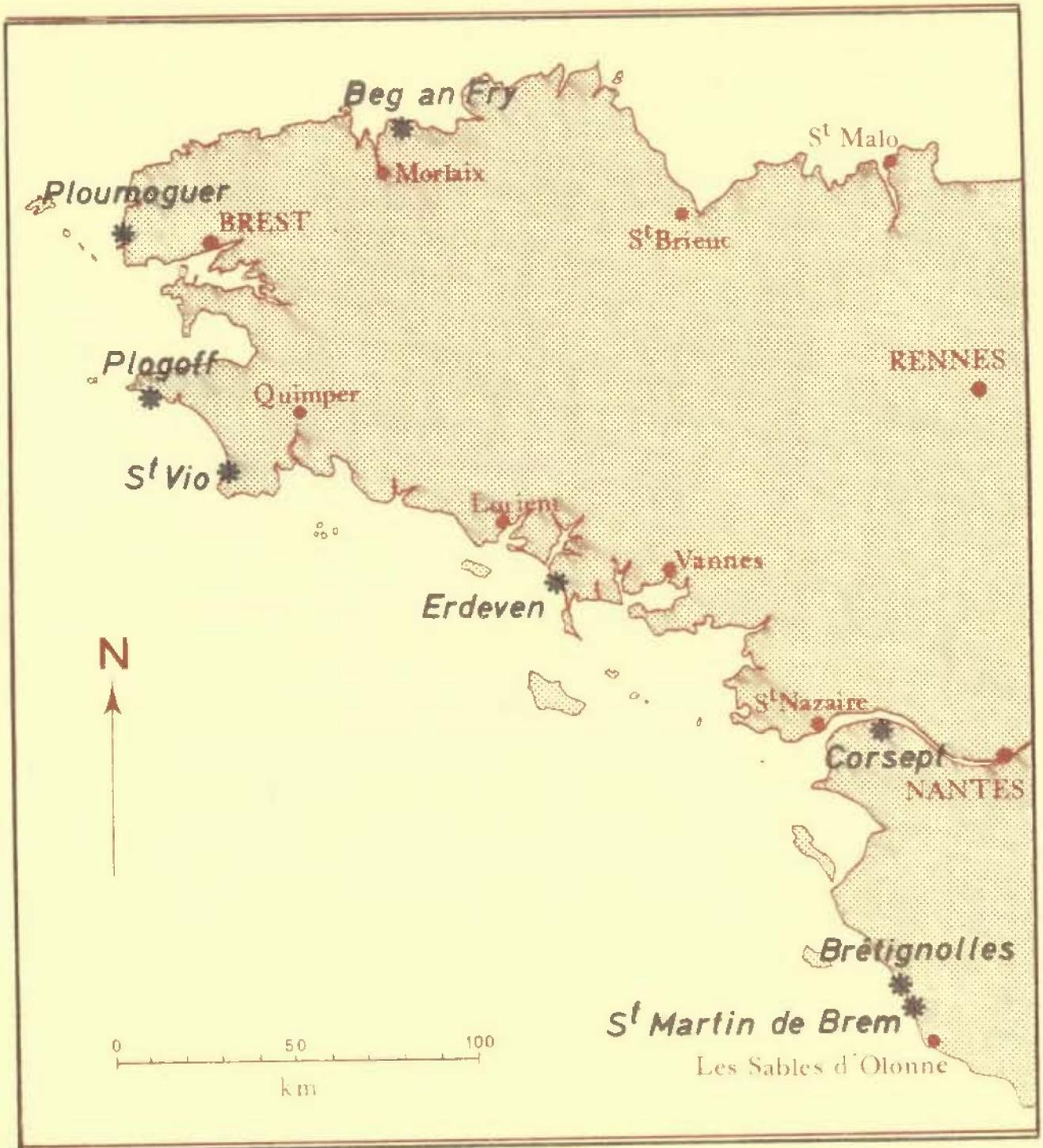
classées "insalubres" du point de vue conchylicole par l'I.S.T.P.M. Cette insalubrité semble essentiellement due à des apports d'eaux usées. En matière de pollution chimique, aucune donnée concernant le littoral étudié ici ne figure dans le travail de AUBERT *et al.* (1970).

Pour ce qui concerne la pollution bactérienne, l'inventaire de AUBERT *et al.* (1968) est déjà ancien ; les chiffres qui y figurent sont en outre de peu d'intérêt, car limités à une pollution susceptible de provenir des égouts et ne tenant pas compte des phénomènes saisonniers, fondamentaux dans ce domaine sur un littoral touristique. On y trouve des résultats pour une station à l'embouchure de la rivière d'Etel, indiquant une pollution négligeable. La Direction Départementale de l'Equipement du Morbihan réalise des contrôles plus satisfaisants de ce point de vue, mais limités à la "qualité des eaux de baignade". Les résultats des campagnes de 1975 et 1976 ont été consultés pour la présente étude. Ils font apparaître, comme on pouvait s'y attendre, des taux de pollution importants aux environs de Lorient, mais très faibles (eaux de "très bonne", plus rarement de "bonne" qualité) pour tout le littoral de Gâvres à Quiberon, à l'exception de quelques prélèvements estivaux : plage d'Etel (en rivière) "polluée" en août 75, "très polluée" en août 76 ; plage de Kerminihy entre le site d'Erdeven et la rivière d'Etel "très polluée" en août 76.

A N N E X E I



	p.
CARTE 1 - Sites d'études d'avant-projet en Bretagne-Vendée	47
CARTE 2 - Localisation de la région d'Erdeven par rapport à la Bretagne-Sud	49
CARTE 3 - Présentation géographique de la région d'Erdeven	51
CARTE 4 - Géologie de la région d'Erdeven	53
CARTES 5 à 8 -Courantologie	55-61
CARTE 9 - Situation du littoral et du domaine maritime	63
CARTE 10 - Conchyliculture en Rivière d'Etel	65



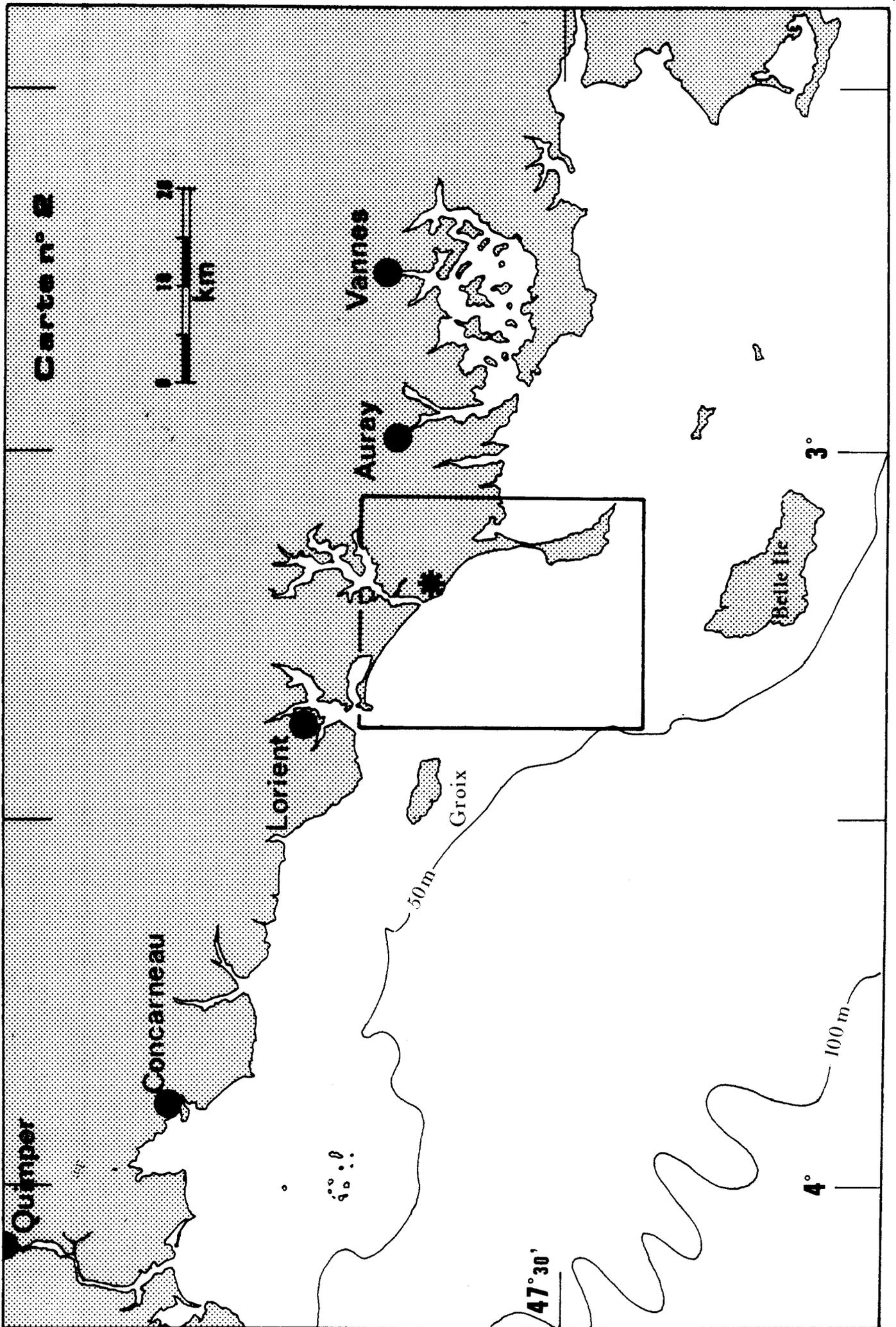
CARTE n° 1

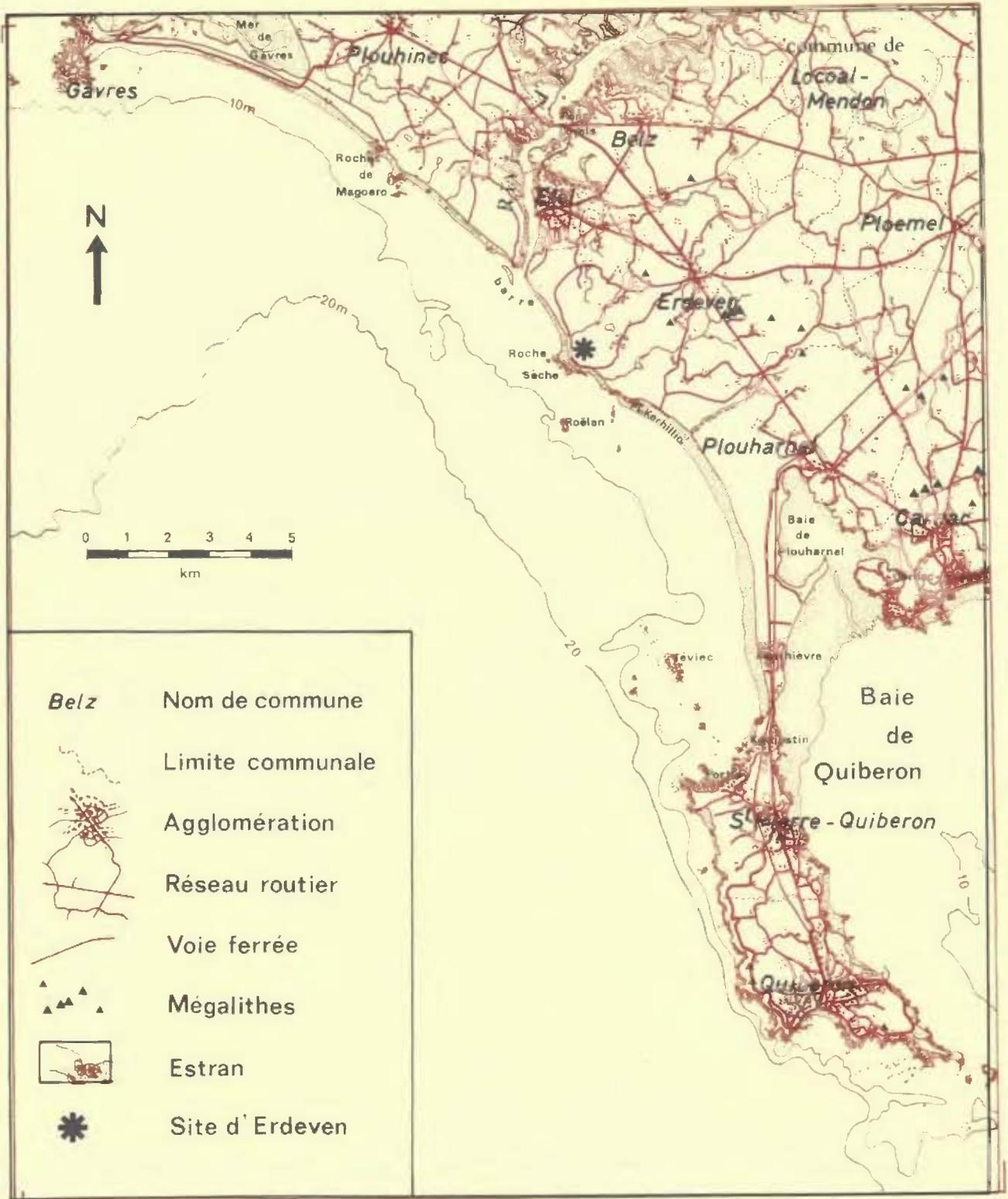
Sites d'Etudes d'Avant-Projet en Bretagne-Vendée (en noir).

Carte n° 2 (p.49): Le site d'Erdeven par rapport à la
côte sud de Bretagne:

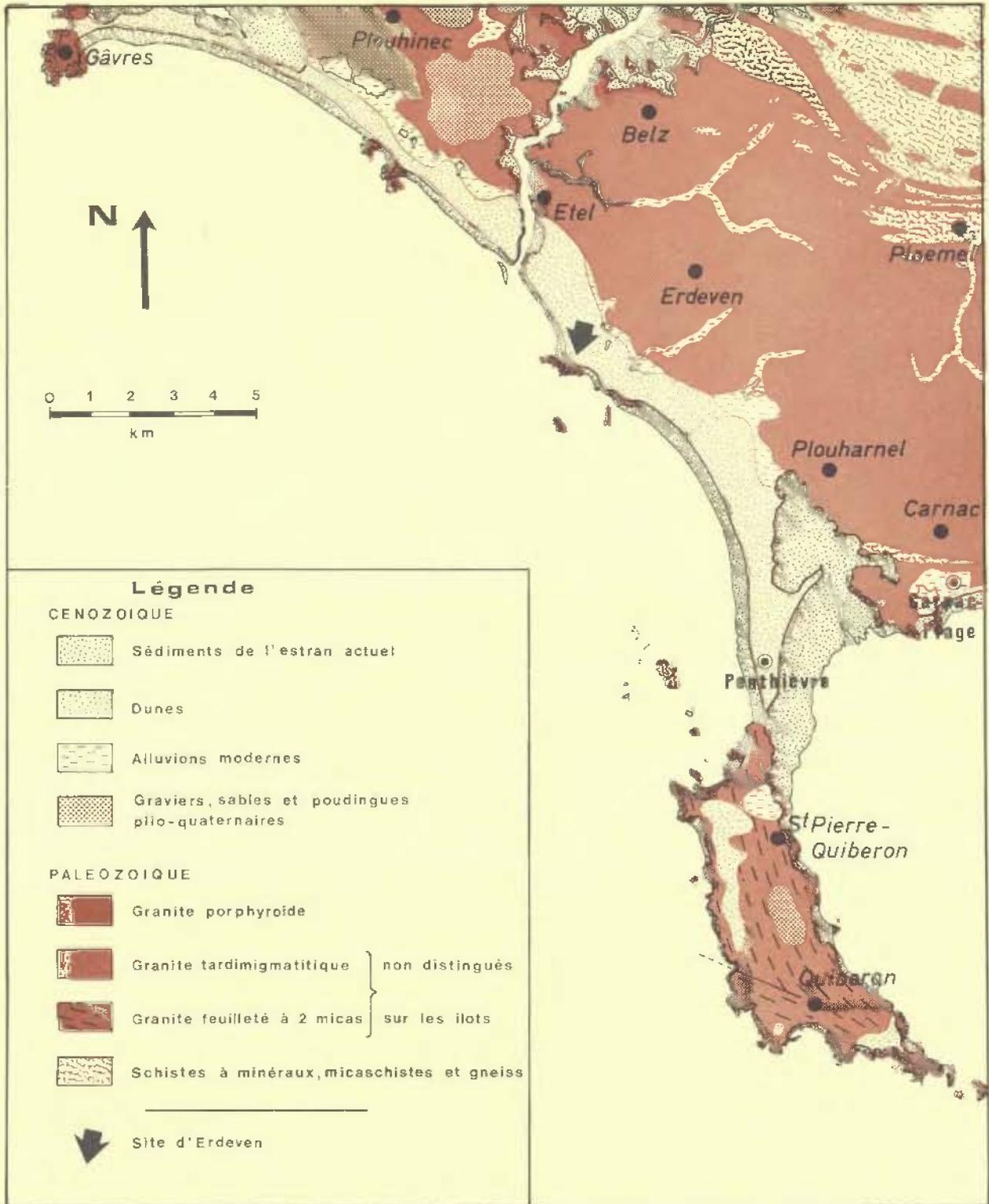
Le cadre en trait noir épais délimite la carte n° 3
qui définit un peu arbitrairement et présente dans le
détail la région d'Erdeven.

L'astérisque indique l'emplacement du site.





Carte n° 3: Présentation géographique de la région d'Erdeven



**CARTE N°4 : GEOLOGIE DE LA
REGION D'ERDEVEN**

Source: Carte géologique de la France au 80 000^e

Cartes n° 5 à 8 : Courantologie, d'après document E.D.F. (CAZENAVE, 1976)

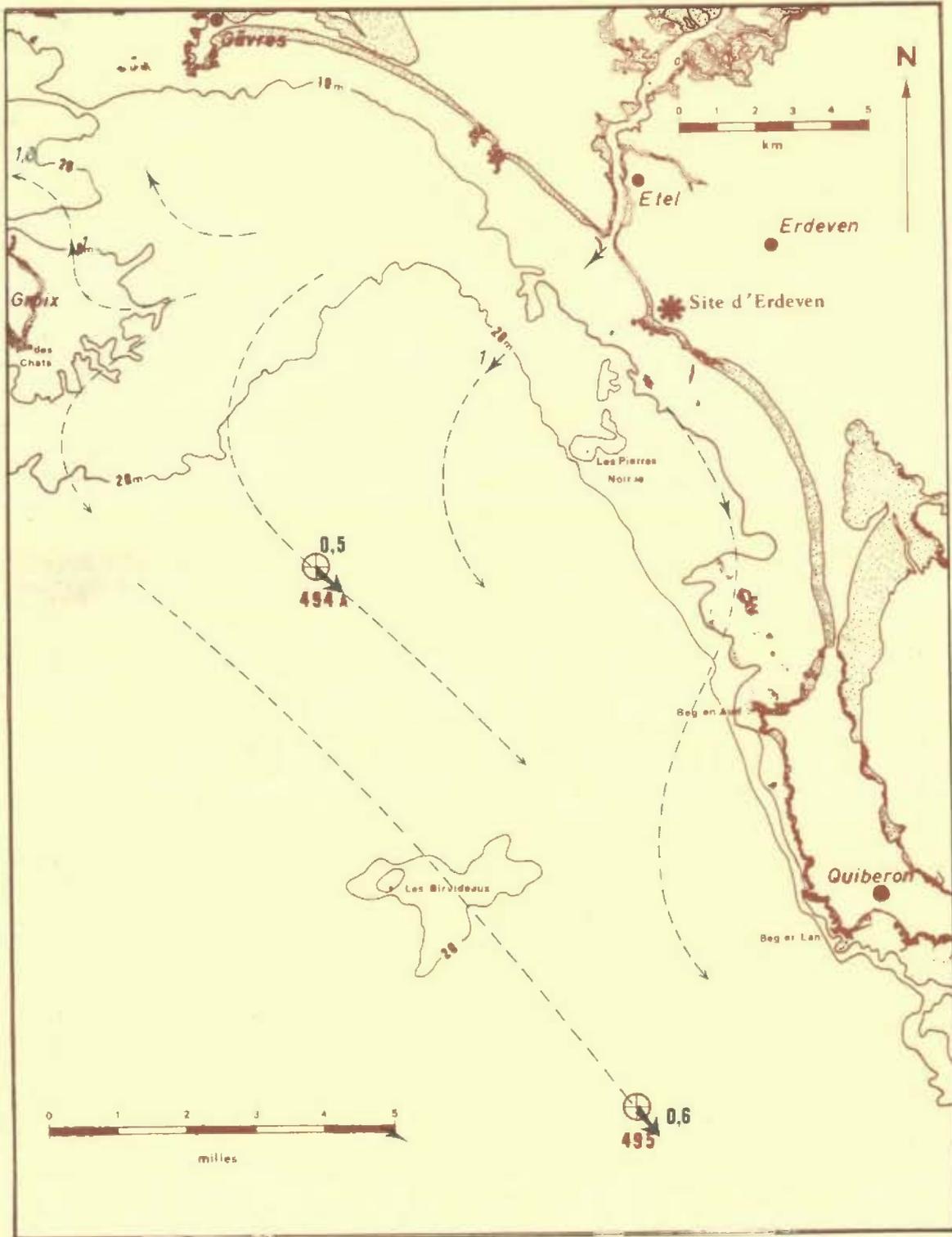
- CARTE 5 - Pleine Mer (réf. Port-Louis)
CARTE 6 - P.M. + 3 h. (\approx mi-jusant)
CARTE 7 - P.M. + 6 h. (\approx Basse Mer)
CARTE 8 - P.M. - 3 h. (\approx mi-flot)
-

Ces cartes représentent des courants de vive-eau moyenne; les conditions de vent, qui sont susceptibles de modifier ces schémas, ne sont pas précisées.

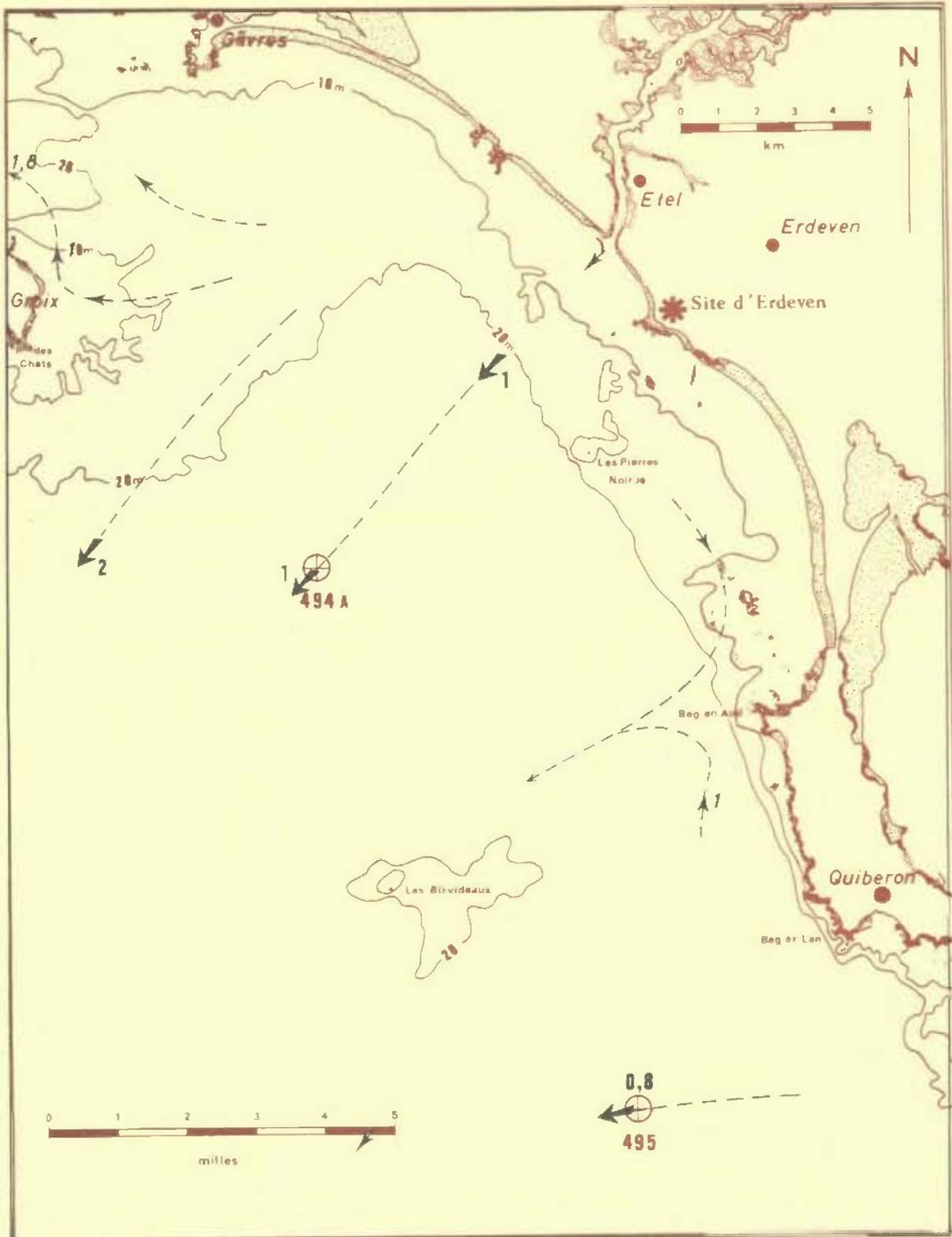
Les chiffres en noir indiquent les vitesses de courant en noeuds: en caractères droits et gras les valeurs effectivement mesurées, en italique maigre des estimations.

Sur le fond de carte, en brun, sont repérées les stations de mesures 494 A et 495 du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.

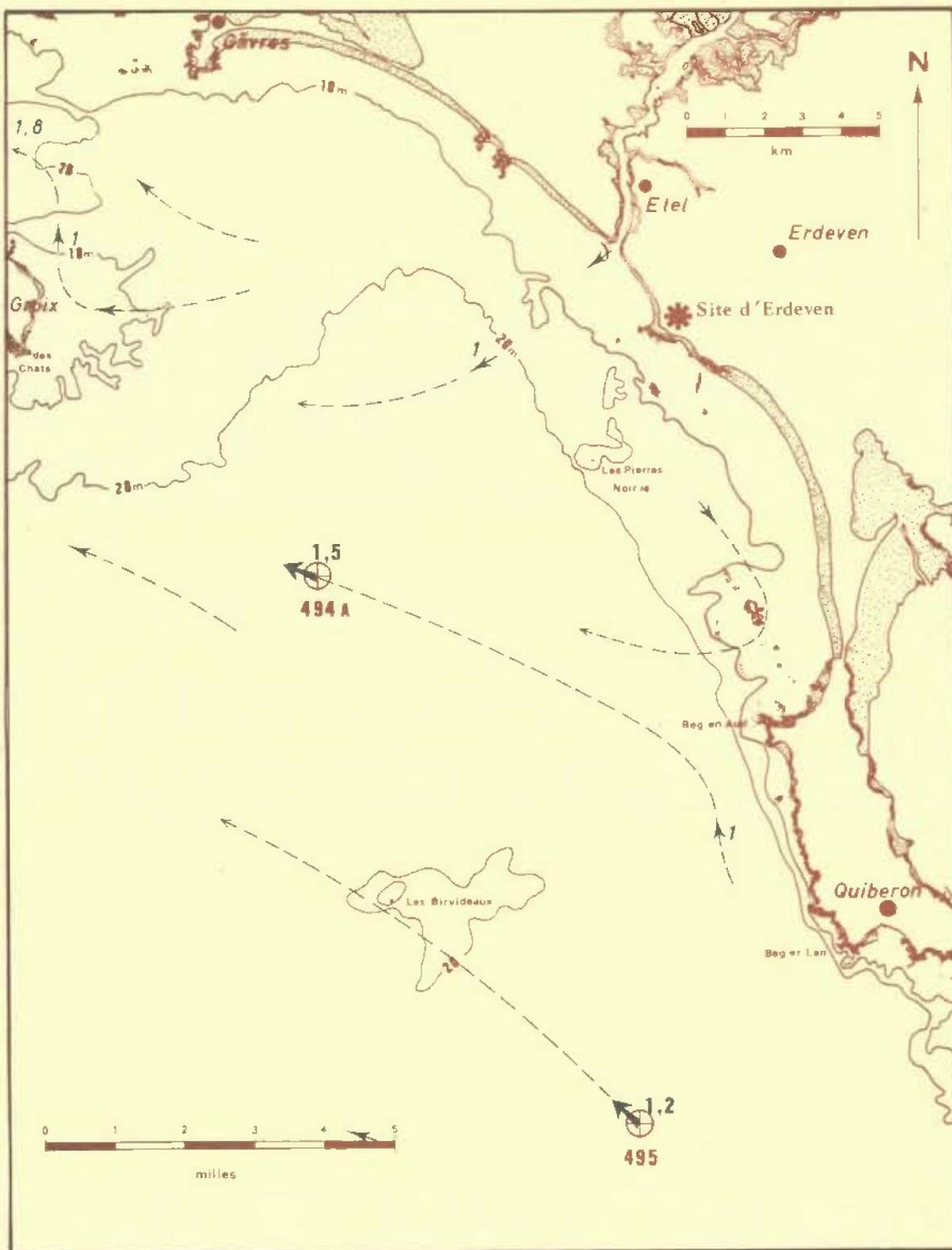
En tireté les lignes de courant hypothétiques déduites des mesures et estimations disponibles.



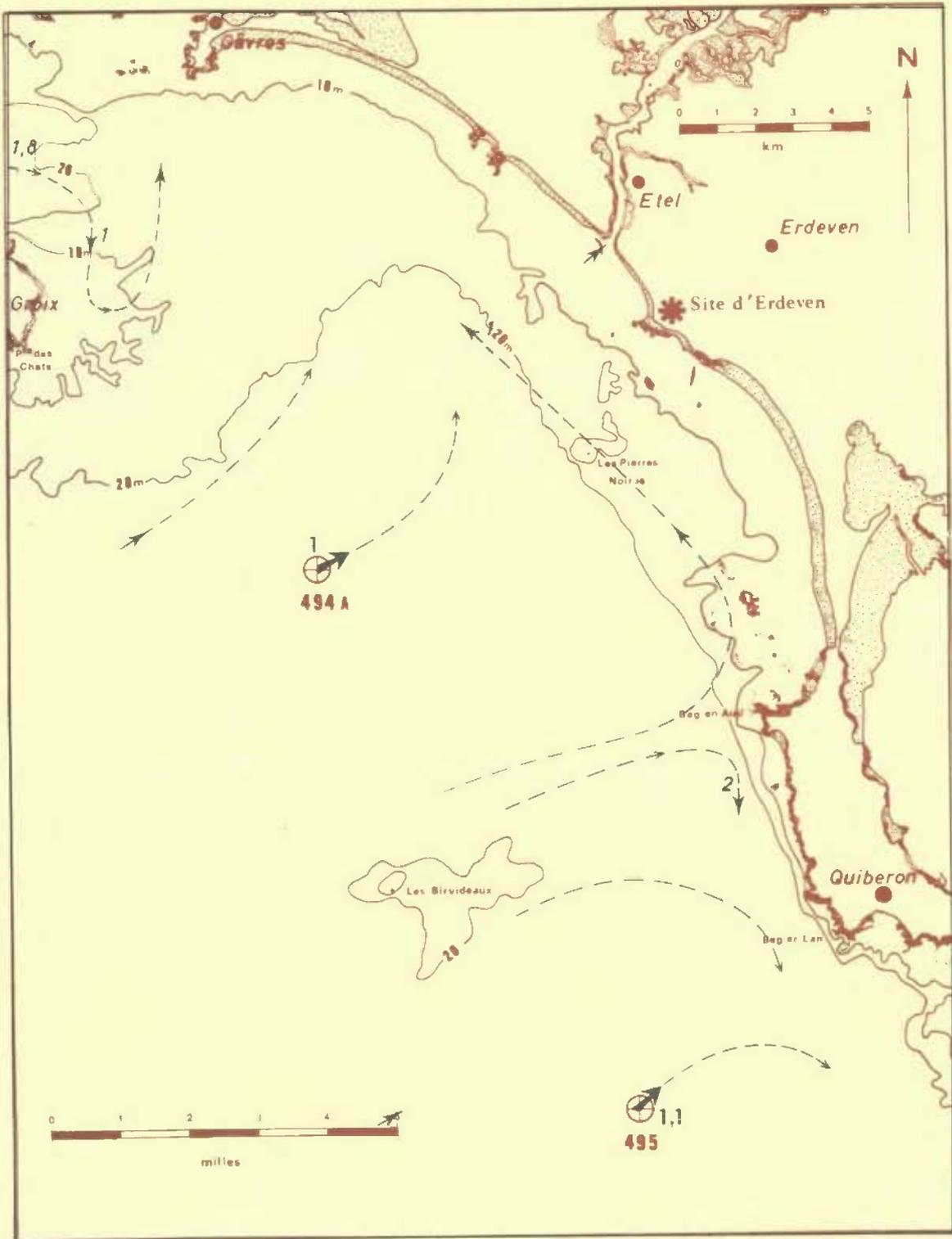
Carte n° 5



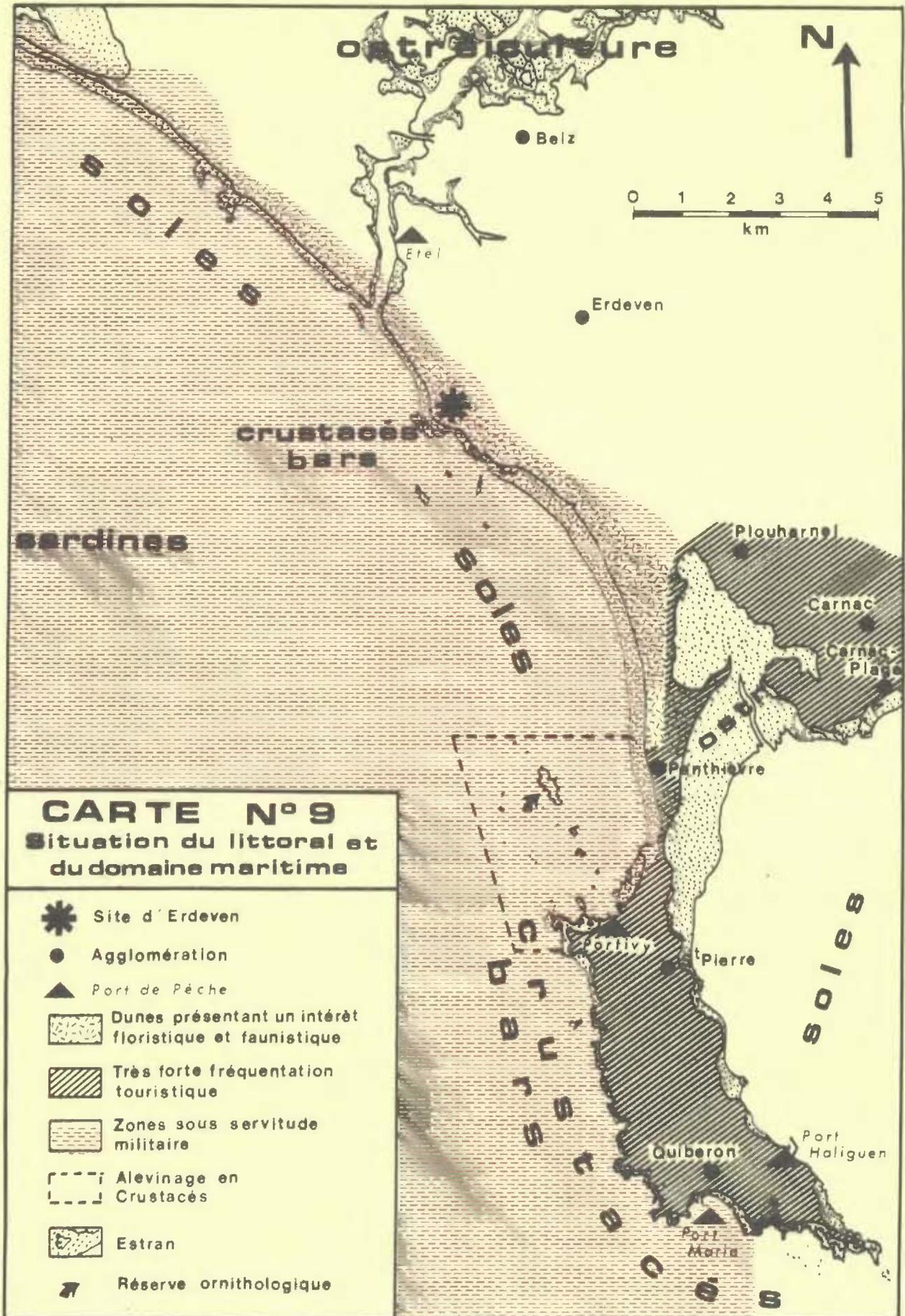
Carte n° 6

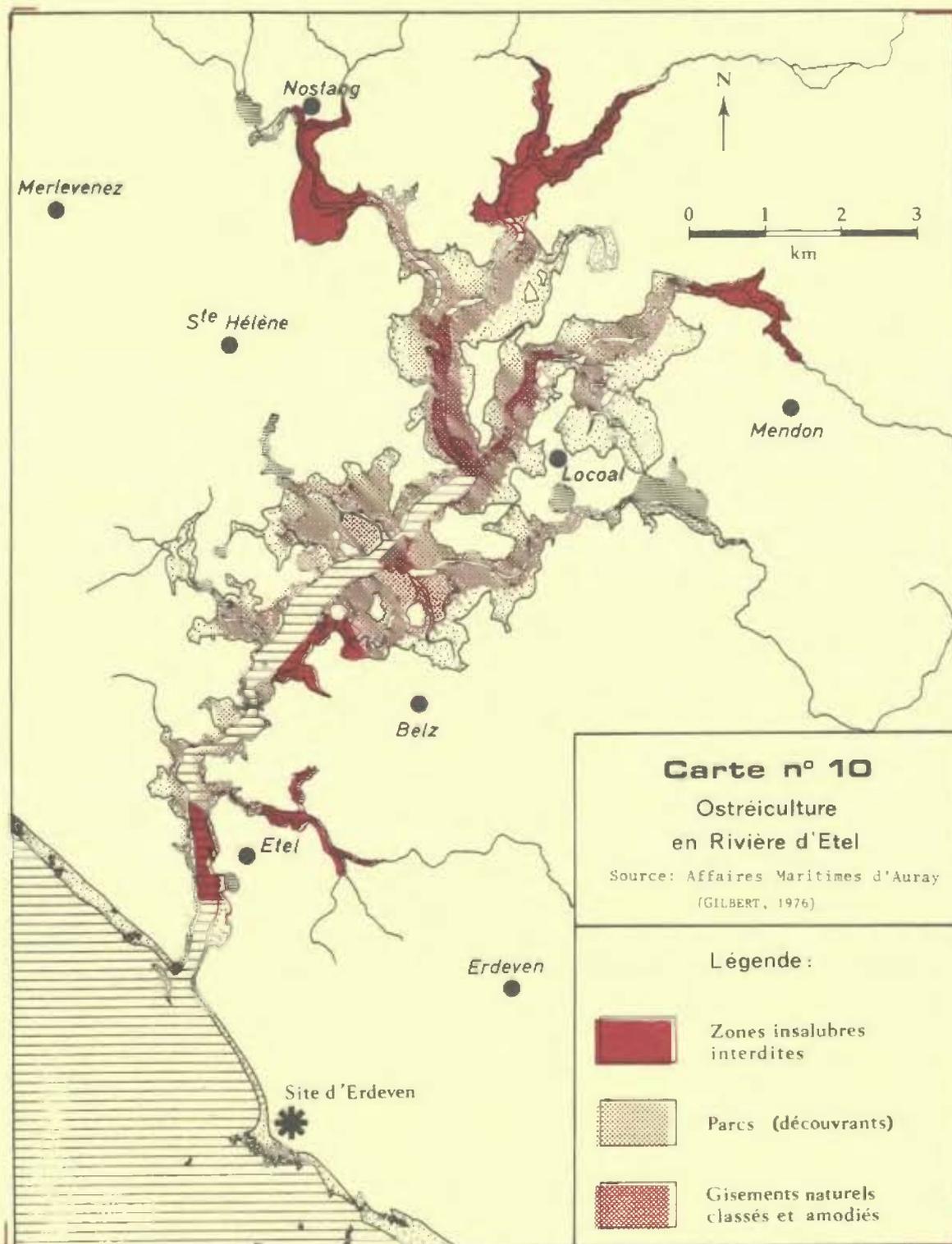


Carte n° 7



Carte n° 8





CHAPITRE II

BENTHOS de SUBSTRAT MEUBLE

par Jacques GUILLOU

avec la collaboration d'Eric HUSSENOT

INTRODUCTION.

Un régime prépondérant de vents de secteur ouest comportant des coups de vents de suroît relativement fréquents, rend la région d'Erdeven particulièrement sensible aux houles dont les longueurs d'ondes peuvent atteindre 300 m. Il existe au large une barrière rocheuse, mais elle n'atténue notablement l'hydrodynamisme qu'au niveau de la dépression située immédiatement à son abri.

La circulation des eaux est surtout régie par la marée. Au large les courants sont rotatifs et ne dépassent pas un noeud en surface. Ils deviennent ensuite alternatifs et plus rapides dans les principaux chenaux comme les Coureaux de Groix ainsi qu'au niveau des passages entaillés au sein des massifs rocheux tel celui qui sépare le plateau des Birvideaux de la presqu'île de Quiberon. Leurs effets sur le fond sont relativement restreints au large mais peuvent devenir prépondérants au niveau de ces passages étroits et peu profonds. Au centre, ils gagnent localement en intensité au niveau de l'embouchure de la rivière d'Etel où se constituent des bancs de sables dunaires.

Les grands traits morphologiques de la région étudiée ainsi qu'une description de la couverture sédimentologique sont donnés en notice explicative de la carte de PINOT-VANNEY, feuille C 10-11 (cf. VANNEY, 1969). Le secteur étudié recouvre une aire de sédiments meubles s'étendant depuis l'estran jusqu'aux plateaux rocheux prolongeant vers le sud le massif émergé de Groix, et constitués principalement par la Basse des Chats au nord et le plateau des Birvideaux plus au sud. L'existence d'un second massif rocheux immergé dans le prolongement de la presqu'île de Quiberon en direction du N-W permet de différencier plusieurs zones sédimentaires :

- Une première zone constituée de sables fins très propres forme une bordure littorale depuis les rochers de Magoero jusqu'à Portivy et prolonge l'estran jusqu'à environ 10 m de profondeur. C'est une zone essentiellement soumise aux facteurs hydrodynamiques.

- Faisant suite à la première, une seconde zone légèrement envasée descend en profondeur jusqu'à la barrière rocheuse du large constituée successivement par les rochers de Magoero, la Basse Roheu, le Roheu au nord, les Pierres Noires au centre, enfin au sud le massif rocheux prolongeant la presqu'île de Quiberon jusqu'à la Basse de Men-Toul. Deux grands couloirs occupés par des sédiments meubles entaillent cet alignement rocheux et réalisent la communication de la zone littorale avec le large, le couloir nord favorisant ainsi le transit vers les zones profondes des particules fines en provenance de la rivière d'Etel. L'ensemble de basses rocheuses prolongeant vers les Pierres Noires la pointe d'Erdeven réalise la coupure de cette zone littorale en deux aires Nord et Sud, la première recevant en priorité les eaux de la rivière d'Etel. Cette zone, plus profonde, est caractérisée par une atténuation légère de l'hydrodynamisme, liée à l'augmentation régulière de la profondeur et à l'abri relatif des hauts-fonds rocheux cités plus haut.

- Une troisième zone constituée de sédiments fins plus envasés se situe à la hauteur de la rivière d'Etel, entre la barrière rocheuse littorale et celle du large (Groix, les Birvideaux, Belle-Ile). Cette "vasière" est localisée dans une dépression où l'action hydrodynamique de la houle est atténuée. Un chenal, étroit et profond, entaille la grande dorsale rocheuse du large et permet la communication de cette dépression avec la Grande Vasière.

On distingue un autre secteur envasé, situé à l'ouest du massif de la Basse Leno et séparé de ce dernier par une frange de sables propres et plus grossiers. Ce secteur communique avec la zone littorale proprement dite par les couloirs interrompant le massif rocheux de part et d'autre de cette Basse. Cette "vasière" adossée aux massifs rocheux du nord-ouest et du sud, est limitée par des aires de sédiments grossiers vers le nord d'une part, avec la remontée progressive des fonds, vers le sud-est d'autre part, avec l'existence d'un grand couloir large et profond qui sépare le plateau des Birvideaux des hauts-fonds rocheux prolongeant vers le nord la presqu'île de Quiberon. Les sédiments de ces zones limites sont constitués de sables grossiers localisés à la périphérie de la vasière, auxquels viennent se superposer ensuite des fractions graveleuses et des cailloutis.

METHODOLOGIE.

Une première série de prélèvements destinés à l'étude du benthos non exondable a été réalisée dans la seconde quinzaine de septembre 1975 à bord de l' "Armorique". Elle couvre un quadrilatère d'approximativement 6 milles de côté depuis la côte jusqu'aux profondeurs avoisinant une trentaine de mètres.

Les prélèvements quantitatifs sont obtenus au moyen de la benne "Mac Intyre", à raison de deux par station, principalement dans le but de déterminer densités et biomasses des peuplements. Un prélèvement à la drague "Rallier du Baty" vient compléter l'étude en fournissant une meilleure approche de la composition qualitative des peuplements, selon la procédure systématisée dans nos régions, notamment par HILY (1975).

La seconde série de prélèvements réalisée en juin 1976 à la drague Rallier a permis de vérifier ou préciser les résultats précédemment obtenus. A cet effet, un prélèvement à chacune des stations antérieures est réalisé. De plus, un échantillon de sédiment par station est récolté dans le but d'en déterminer les principales caractéristiques : médiane granulométrique, taux de pélites et de calcaire.

Le traitement des données a été réalisé selon une méthodologie semblable à celle utilisée pour les précédentes études des sites de St-Vio et de Bretignolles (GUILLOU et GUILLOU, 1976 a et b).

Les prélèvements sur l'estran ont été réalisés les 14 et 15 mai 1976 à la faveur de marées de coefficients 104 et 105, avec l'aide de nombreux étudiants océanographes de l'Université de Bretagne Occidentale. Trois secteurs principaux ont été étudiés (cf. cartes n° 11 à 14 en annexe):

- un 1er secteur correspondant à l'anse située au nord de la Roche Sèche (1 radiale effectuée) ;
- un 2ème secteur compris entre la Roche Sèche et la Grande Roche (Karreg Vras) (2 radiales) ;
- un 3ème secteur correspondant à la plage de Kerhillio et s'étendant jusqu'à 1,500 km au sud de la Grande Roche (2 radiales).

Au total ces prélèvements couvrent environ 5 km d'estrans meubles entrecoupés de quelques pointes rocheuses qui sont la pointe de la Roche Sèche au nord, la pointe de Porh Lineneu et la pointe de la Grande Roche plus au sud. Cette morphologie entraîne des variations notables dans la configuration des plages et donne ainsi lieu à des particularités locales dont le rôle n'est pas négligeable dans la répartition qualitative et quantitative des peuplements.

La méthodologie utilisée est semblable à celle que nous avons déjà exposée dans l'étude du site de St-Vio.

RESULTATS.

ESTRAN

Le gradient bathymétrique détermine pour la zone considérée trois niveaux principaux dont le plus bas est lui-même subdivisé en deux sous-unités, et à l'intérieur desquelles les autres facteurs (granulométrie, exposition à un hydrodynamisme plus ou moins intense) influent sur la répartition qualitative et quantitative des espèces.

Niveau supérieur :

La zone située au-dessus des pleines mers moyennes est pratiquement azoïque. Seules les populations de *Talitrus saltator* parviennent à y coloniser les sables de granulométrie moyenne ou fine. Les biomasses sont trop faibles pour être mesurées.

Niveau moyen :

La zone comprise entre les pleines mers et les basses mers de morte-eau, sans être aussi désertique que la précédente, est pauvre en espèces. Elle

est caractérisée par des populations de *Nerine cirratulus* et *Haustorius arenarius*, absentes dans les autres niveaux. Les biomasses y varient de 0,4 à 6,8 g/m² de matière organique sèche selon la granulométrie et l'exposition. Les secteurs C₁ et D (cf. cartes n° 12 à 14) sont quantitativement très pauvres à ce niveau du fait de leur granulométrie élevée (médiane supérieure à 250 µ). Le secteur C₂, par contre, bénéficie de conditions localement abritées qui se traduisent par des densités élevées de *Capitella capitata*, *Nerine cirratulus*, et dans une moindre mesure *Arenicola marina*, cette dernière espèce s'étendant d'ailleurs jusqu'aux niveaux inférieurs.

Niveau inférieur :

L'examen des peuplements conduit à subdiviser ce niveau en deux sous-unités, la première correspondant aux basses mers moyennes (coefficient de 60 à 80), la seconde aux basses mers de vive-eau (coefficient supérieur à 100).

Basses mers moyennes :

La plus grande diversité apparaît en A et B où la granulométrie est assez fine. Par contre, C₁ est pratiquement azoïque, la médiane plus élevée à ce niveau étant sans doute liée à la proximité de roches immergées (on note la présence de Gammares et de débris algaux). En D, la proximité de la rupture de pente marquant la limite inférieure des sables grossiers entraîne une relative pauvreté en comparaison des secteurs A et B.

Basses mers de vive-eau :

Ce niveau compte en moyenne deux fois plus d'espèces et trois fois plus d'individus que le précédent. D est qualitativement plus riche. Ceci est dû en partie à la présence de *Pharus legumen*, *Owenia fusiformis* et *Sipunculus nudus*, que l'on ne retrouve dans aucun des autres secteurs, et qui traduisent une certaine stabilité du sédiment, liée à une granulométrie fine. En C₂, la proximité de la roche peut entraîner localement des conditions de protection privilégiée permettant un certain envasement. On y retrouve alors des popula-

tions d'*Arenicola marina*, ainsi que *Capitella capitata* en présence de débris algaux en décomposition.

Interprétation :

Le tableau I, en annexe, résume l'action des principaux facteurs sur les paramètres biologiques de l'estran.

Du point de vue bathymétrique, les peuplements, en règle générale, régressent depuis les bas vers les hauts niveaux qui sont pratiquement azoïques. Ce gradient s'observe en ce qui concerne le nombre d'espèces ; une partie seulement de celles qui sont présentes au niveau des basses mers de vive-eau remontent, par exemple, au niveau des moyennes basses mers, tandis qu'en haut de plage, on ne trouve plus qu'une seule espèce. Les densités d'individus suivent également le même gradient : les fortes valeurs se situent toujours au niveau des basses mers de vive-eau ; elles décroissent ensuite rapidement vers les niveaux supérieurs, devenant quasi nulles au niveau des pleines mers, et même parfois dès le niveau moyen, lorsque la granulométrie est supérieure à 250 μ . Les biomasses suivent dans l'ensemble une répartition à peu près identique. Ce schéma bathymétrique général est cependant à nuancer fortement en fonction de l'action des autres facteurs physiques.

La granulométrie influe également sur la composition qualitative et quantitative des peuplements ; son action directe est cependant assez peu sensible à Erdeven, où les médianes supérieures à 200 μ sont en général reléguées au-dessus du niveau moyen des marées, correspondant déjà quant au facteur bathymétrique à des zones très appauvries, sinon azoïques.

L'orientation locale de l'estran modifie les conditions d'exposition aux facteurs hydrodynamiques. Pour un même niveau bathymétrique, on observe donc des variations importantes des peuplements selon qu'il s'agit d'un mode plus ou moins battu ou abrité. En général, on observe dans les secteurs les plus abrités une régression du nombre d'espèces en comparaison des secteurs plus exposés. En biomasse, cependant, le gradient est inverse : pour les

secteurs abrités, les valeurs sont, selon les niveaux, de 4 à 20 fois supérieures aux moyennes établies pour les autres zones. Ce sont principalement les Arénicoles qui sont à l'origine de ces biomasses élevées.

Pour situer finalement Erdeven par rapport aux connaissances antérieures relatives aux estrans meubles, il convient de comparer les chiffres de biomasses obtenus aux valeurs de références données par CHASSE et GLEMAREC (CHASSE, 1972 ; CHASSE et GLEMAREC, 1973) en fonction des différents niveaux bathymétriques. Cette comparaison est réalisée dans le tableau ci-dessous, où les biomasses sont données en g/m² de matière organique sèche, pour du sable récolté à la bêche.

Secteur \ Niveaux	Supérieur	Moyen	Basses mers moyennes	Basses mers vive-eau	
	Valeurs de référence	4 - 6	15 - 22	20 - 24	24 - 28
ERDEVEN	mode battu	0	6,8 - 0,4	0,3 - 1,2	1 - 2
	mode abrité	0	6 - 8	-	4 - 5

Par rapport aux valeurs de référence, celles d'Erdeven sont donc 10 à 20 fois plus faibles pour les niveaux les plus bas en secteur exposé, 5 à 6 fois en secteur abrité ; 20 à 80 fois plus faibles au niveau des basses mers moyennes (mode battu) ; 40 à 100 fois plus faibles pour les niveaux moyens exposés et 2 à 3 fois pour ces mêmes niveaux en mode abrité.

Dans la région d'Erdeven, les estrans meubles apparaissent donc pauvres dans l'ensemble, du fait d'un hydrodynamisme très marqué. Celui-ci peut cependant être localement atténué, ce qui se traduit alors par des biomasses plus élevées.

Une dernière précision est nécessaire concernant l'importance des différents niveaux considérés : la morphologie de l'estran est caractérisée par l'existence d'une rupture de pente assez accentuée, localisée en général au niveau moyen des marées (0 NGF), mais reléguée assez souvent très haut sur l'estran. Dans ce cas les niveaux inférieurs sont largement représentés en superficie, alors que les niveaux supérieurs n'occupent qu'une place médiocre, ce qui se traduit par une plus grande richesse globale au niveau d'une coupe transversale de la plage.

BENTHOS NON EXONDABLE

Deux grands types classiques de peuplements des sédiments meubles se dégagent, au large d'Erdeven, à l'examen des tableaux II et III ; un peuplement des sables fins propres, SF, et un peuplement des sables fins envasés, FV. Un troisième peuplement réalise la transition typologique entre les deux précédents ; nous l'appellerons SF/FV. Ce schéma est fortement modulé par les caractéristiques morphologiques du secteur étudié.

La présence de deux barrières rocheuses, à peu près parallèles à la côte (cf. *supra*), a pour résultat l'agencement des unités biosédimentaires en bandes se succédant, et dans une certaine mesure se répétant, de la côte vers le large. Aux sables fins propres les plus littoraux (SF) succède le peuplement intermédiaire SF/FV, à l'abri de la barrière rocheuse la plus proche de la côte. Au large de celle-ci, une nouvelle bande de sables fins héberge des peuplements quelque peu différents de la précédente ; nous la distinguerons sous le symbole SFm. Enfin la dépression située à l'abri de la barrière rocheuse du large est occupée, selon l'hydrodynamisme, soit par les sables fins envasés (FV), soit par des sédiments grossiers qui ont été peu échantillonnés au cours de la présente étude, mais que l'on sait par ailleurs héberger des peuplements très pauvres (GLEMAREC, 1969 ; CHASSÉ et GLEMAREC, 1973). Cette disposition topographique caractéristique apparaît clairement sur la carte n° 17.

Le peuplement des sables fins propres (SF) :

Il s'étend de la côte jusqu'à environ 10 m de profondeur. La médiane granulométrique y varie de 140 à 160 μ . Le taux de pélites y est négligeable. En effet, c'est une zone soumise à un hydrodynamisme important, empêchant le dépôt des particules fines en suspension. Elle est caractérisée surtout par des populations de Crustacés, tels les Amphipodes *Bathyporeia elegans* et *B. guilliamsoniana*, le Cumacé *Cumopsis goodsiri* et le Décapode Anomoure *Diogenes pugilator*.

Ce peuplement présente localement un faciès très particulier de sables fins dunaires, strictement confinés à l'embouchure de la rivière d'Etel. Il s'agit de bancs de sables très instables, remaniés sans cesse par la houle et les courants. La granulométrie y est assez fine et les pélites totalement absentes. Ces sables sont caractérisés essentiellement par une population de *Spisula ovalis*, typique de ces formations.

Le peuplement de transition des SF/FV :

Il réalise le passage, quant à sa biomasse et sa diversité, avec les zones plus envasées au large et occupe géographiquement une position intermédiaire allant de 10 à 15 m de profondeur environ. Il est cependant séparé topographiquement des FV par un second peuplement de sables fins. Les médianes sont assez fines (125 à 160 μ). Les taux de pélites sont inférieurs à 10 %. On peut citer comme principales espèces caractéristiques :

- *Tellina fabula*
- *Pharus legumen*
- *Natica catena*
- *Iphinoë trispinosa*
- *Magelona papillicornis*
- *Paradoneis armata*
- *Telepsarus costarum*

C'est une zone plus riche en espèces que la précédente, ce qui s'explique par un hydrodynamisme atténué du fait de l'augmentation de profondeur et de la protection du massif rocheux en contre-bas. Certaines espèces se retrouvent également au niveau de la zone précédente, notamment *Spiophanes bombyx* et *Maetra corallina*, caractérisant ainsi les sables fins propres ou peu envasés. Du point de vue quantitatif global, les SF/SV se caractérisent, au large d'Erdeven par des biomasses 2,5 à 3 fois plus élevées en moyenne que la zone précédente (SF)

Le peuplement de la frange de sables fins du large (SF_m)

Les prélèvements ID, IID et IIIC ont été réalisés au niveau de cette zone. Il s'agit d'une bordure de sables fins et moyens réalisant le passage topographique entre les sables fins envasés du large et la zone rocheuse littorale qu'ils bordent ainsi extérieurement sur une grande partie de sa longueur.

Ces sables contiennent une légère fraction grossière due à la proximité des roches et sont plutôt instables. De ce fait, leurs peuplements sont pauvres et comportent 3 à 4 fois moins d'espèces que les sédiments fins envasés (FV) situés plus profondément dans de meilleures conditions de stabilité. Du point de vue des biomasses, les valeurs n'atteignent pas la moitié de celles, pourtant faibles, des sables fins typiques (SF) situés à proximité du rivage.

Le peuplement des sables fins envasés (FV)

Il se situe à une profondeur plus importante (supérieure à 20 m). Il est localisé dans une légère dépression abritée vers l'ouest par la grande dorsale rocheuse du large. La médiane γ est très fine (inférieure à 63 μ). Le taux de pélites est élevé. On y note les espèces caractéristiques suivantes dont certaines, marquées d'un astérisque, déjà faiblement représentées dans les étages supérieurs :

- *Owenia fusiformis* (en grande densité)*
- *Abra alba**
- *Halcaampa* sp.*
- *Thyasira flexuosa*
- *Clymene lumbricoides*
- *Amphiura filiformis*
- *Nucula turgida*
- *Melinna palmata*
- *Scaphander linarius*
- *Corbula gibba*
- *Maldane glebifex*
- *Sabella pavonina*
- *Turitella communis*
- *Magelona alleni*

On y remarque également l'absence des espèces citées plus haut comme caractéristiques du peuplement de transition SF/FV, situé pourtant dans une position topographiquement comparable.

Aucun prélèvement à la benne n'a été effectué au niveau de la "vasière", proprement dite, étant donné l'exiguité de cette dernière, vraiment localisée au fond de la dépression.

Les stations IVD et IVE, situées dans la zone de sables fins envasés, mais en position périphérique, présentent des caractères particuliers à mettre en relation avec la proximité de la zone de sédiments grossiers qui entoure la dépression et avec laquelle ces stations réalisent un début de transition. De plus, le prélèvement IVD possède une certaine instabilité sédimentaire mise en évidence par la présence d'*Abra prismatica* et *Aphrodite aculeata*. Ces prélèvements montrent une nette pauvreté en comparaison de la zone de sables fins envasés typique, le nombre d'espèces étant en effet deux fois plus faible en IVE et trois fois en IVD.

Les peuplements de sédiments hétérogènes

Cette série est représentée par les stations IE, IIID et IIE. Outre leur grande pauvreté en espèces et individus comme en biomasse, ces zones sont caractérisées par une majorité d'espèces typiques des sédiments grossiers telles que :

- *Dosinia exoleta*
- *Gari tellinella*
- *Pista cristata*
- *Aporrhais pespelicani*
- *Venus fasciata*

L'hétérogénéité de ces sédiments est mise en évidence par la présence, quoiqu'en très petit nombre, de quelques espèces typiques des sables fins.

Le prélèvement IIE est le plus caractéristique des sables grossiers avec 6 espèces typiques de ces sédiments.

Il faut également noter qu'au delà des profondeurs de 15 à 20 m, des éléments grossiers se retrouvent en proportions variables dans la plupart des grandes catégories biosédimentaires rencontrées, comme en témoigne l'existence, au niveau des peuplements, d'espèces caractéristiques de ces sédiments.

Interprétation

La disposition topographique des unités biosédimentaires a déjà été interprétée en relation avec la disposition des barrières rocheuses (cf. *supra*) et il est donc inutile d'y revenir. Il reste cependant à interpréter les données quantitatives globales et à établir sur cette base une comparaison entre Erdevén et les autres secteurs des côtes de Bretagne.

La richesse globale d'un type sédimentaire donné apparaît en règle générale proportionnelle à son taux d'envasement, du moins dans la limite des

valeurs enregistrées pour le secteur étudié. C'est en effet la zone des sables fins envasés (FV) qui apparaît à Erdeven comme la plus riche. Les nombres d'espèces et d'individus sont en moyenne deux fois supérieurs à ceux de la zone de transition SF/FV et 4 fois supérieurs à ceux des sables fins propres, le rapport des biomasses étant du même ordre de grandeur. Les prélèvements effectués dans les sédiments grossiers présentent toujours de faibles biomasses, 15 à 20 fois inférieures à celles enregistrées aux mêmes profondeurs dans les zones de FV.

La comparaison d'Erdeven avec d'autres secteurs géographiques où se rencontrent les mêmes types de sédiments est à faire, comme en ce qui concerne l'estran, avec les valeurs de références de CHASSE et GLÉMAREC (*loc. cit.*) ; cette comparaison est réalisée par le tableau ci-dessous où toutes les biomasses sont exprimées en g/m² de matière organique sèche, pour du sédiment prélevé à la benne McIntyre.

Catégories biosédimentaires	SF	SF/FV	FV	SF _m	Sédiments grossiers & hétérogènes	
					SHv	SG
Valeurs de référence	12	12-30	25-30	6-10	2-4	
Valeurs moyennes Erdeven	1,5	4,1	11	0,6	0,4	0,7
Rapport Erdeven/Référence	0,13	0,14-0,34	0,37-0,44	0,06-0,10	0,14	à 0,28

Dans tous les cas, les biomasses obtenues à Erdeven sont donc inférieures aux valeurs de référence. La zone de FV, bien que la plus riche, accuse encore un écart de 60 %, qui est à mettre en relation avec l'intensité des facteurs hydrodynamiques.

CONCLUSION.

Le secteur d'Erdeven, qui occupe une position géographique intermédiaire entre les sites de St Vio et de Brétignolles, leur est comparable en ce qui concerne les peuplements de substrats meubles.

L'hydrodynamisme est encore relativement net aux profondeurs de 20-25 m ceci pouvant s'expliquer par les actions conjuguées des courants et surtout de la houle, de longueur d'onde parfois très importante, et dont l'effet se fait alors ressentir sur une grande profondeur. Ceci entraîne la remise en suspension de la couche de fines particules déposées sur le fond en période calme, et empêche donc l'installation durable des peuplements caractéristiques des sédiments envasés. Malgré les taux de vase supérieurs à 30 % observés en FV, le peuplement de vase sableuse n'apparaît pas, ce type de peuplement supposant une zone de calme, sans remise en suspension des particules fines. On observe donc à Erdeven, par rapport à des zones plus abritées, un décalage général, chaque type de sédiment hébergeant ici un peuplement correspondant ailleurs à un taux d'envasement d'un degré inférieur.

L'instabilité sédimentaire caractéristique du secteur d'Erdeven, plus ou moins accentuée selon les conditions locale d'orientation et de protection, empêche également la production de biomasses élevées, les maxima se retrouvant toujours dans les zones à forte contamination pélagique sans toutefois atteindre les valeurs enregistrées dans les sables envasés des zones choisies comme référence.

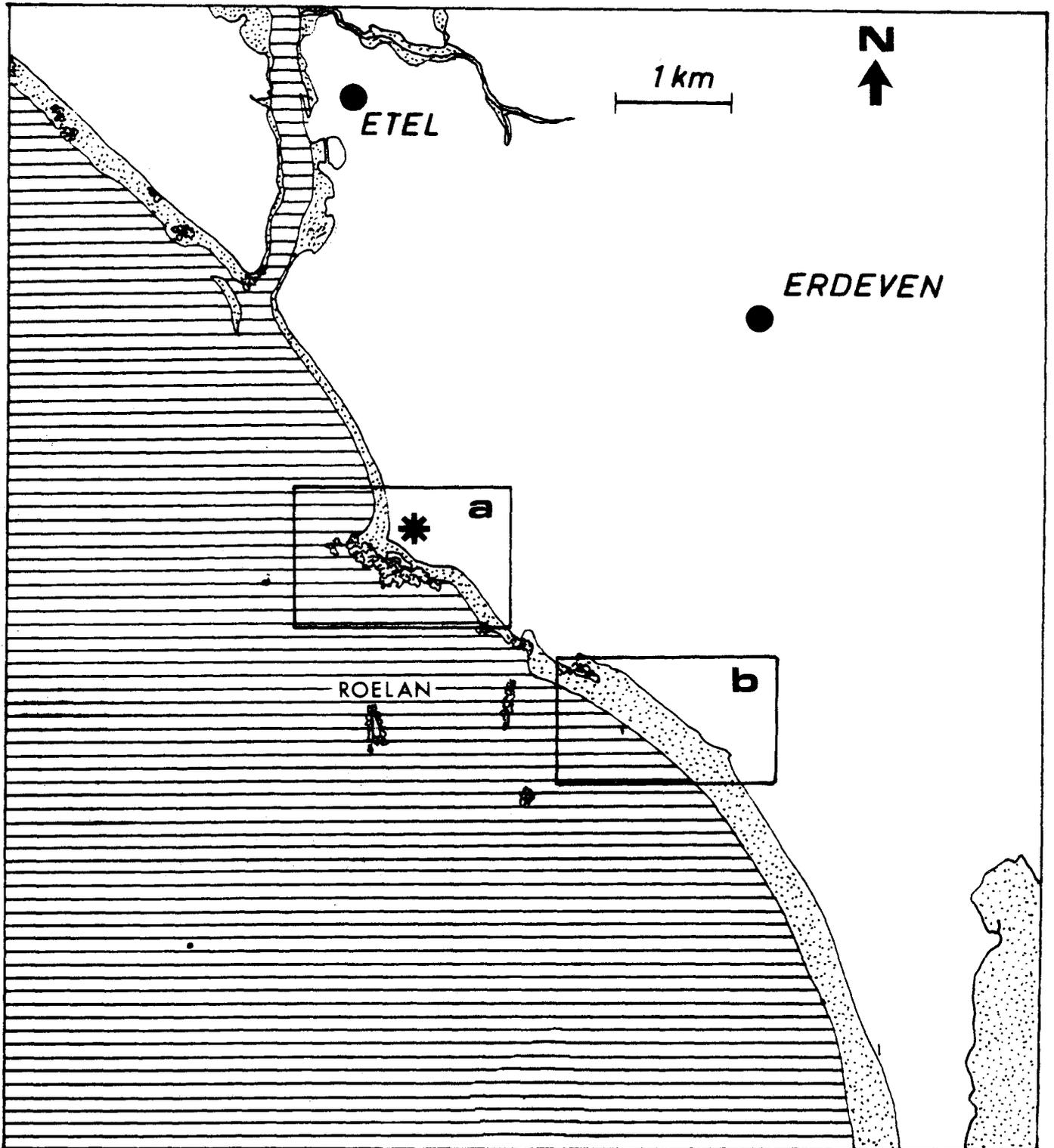
A N N E X E I I

	p.
II - 1 - Cartes	85
II - 2 - Données faunistiques et numériques	101

A N N E X E II - 1

Cartes

		P.
CARTE 11	- Mise en place des zones représentées par les cartes 12 à 14	87
CARTE 12	- Localisation des prélèvements sur l'estran	89
CARTE 13	- Granulométrie de l'estran	91
CARTE 14	- Biomasses sur l'estran	93
CARTE 15	- Bathymétrie au large de la région d'Erdeven (des rochers de Magoero à Beg en Aud)	95
CARTE 16	- Stations de prélèvement pour le benthos meuble non exondable	97
CARTE 17	- Carte bio-sédimentaire	99



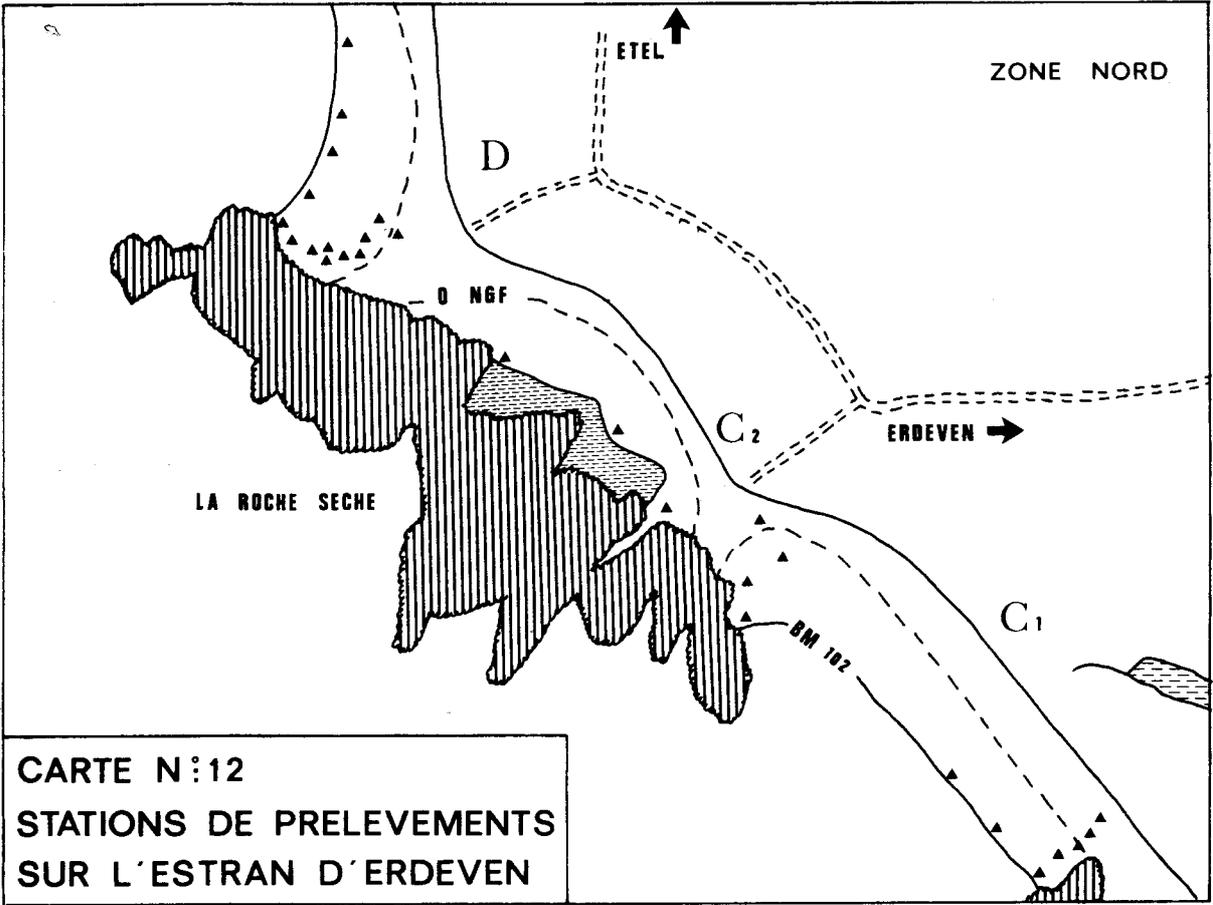
Carte n° 11 - Mise en place des cartes 12 à 14

(benthos de l'estran meuble)

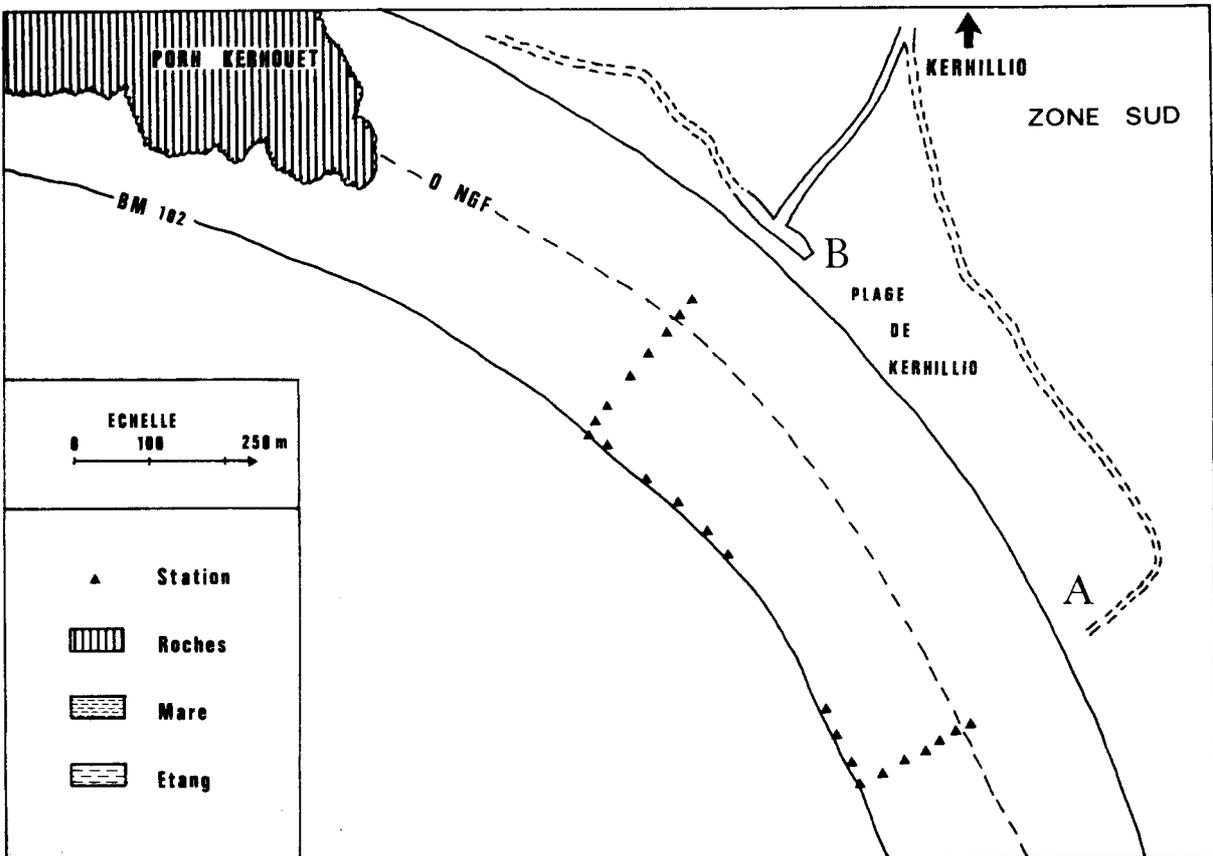
a - Zone nord

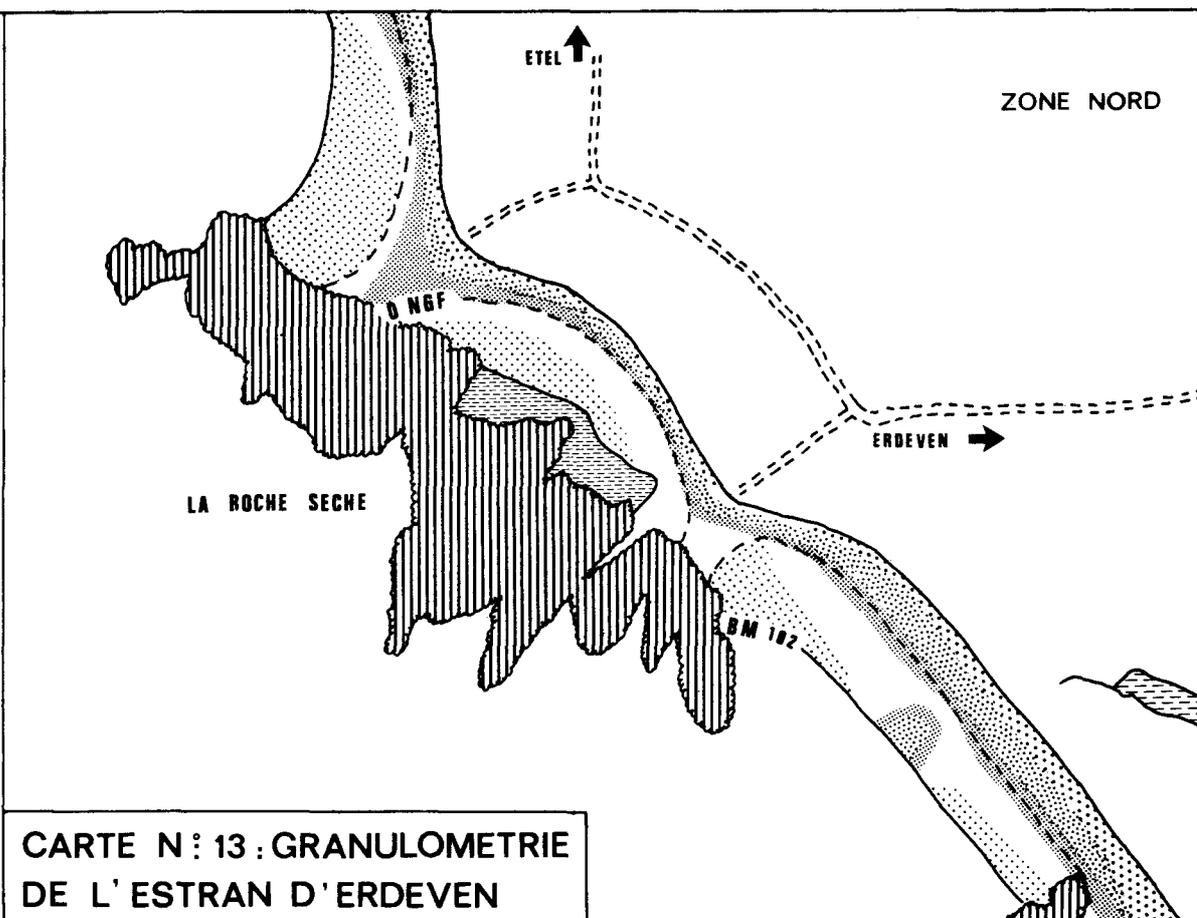
* Site d'Erdeven

b - Zone sud

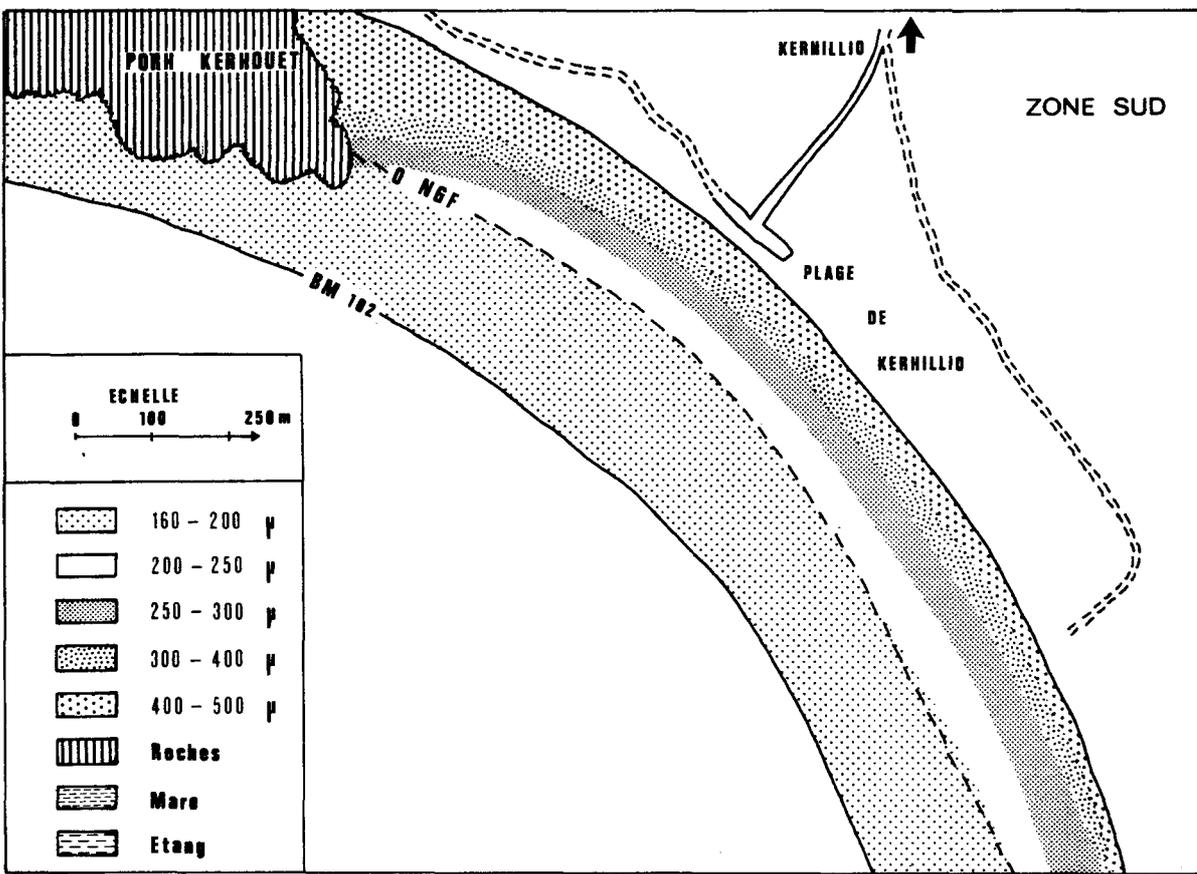


CARTE N°12
STATIONS DE PRELEVEMENTS
SUR L'ESTRAN D'ERDEVEN



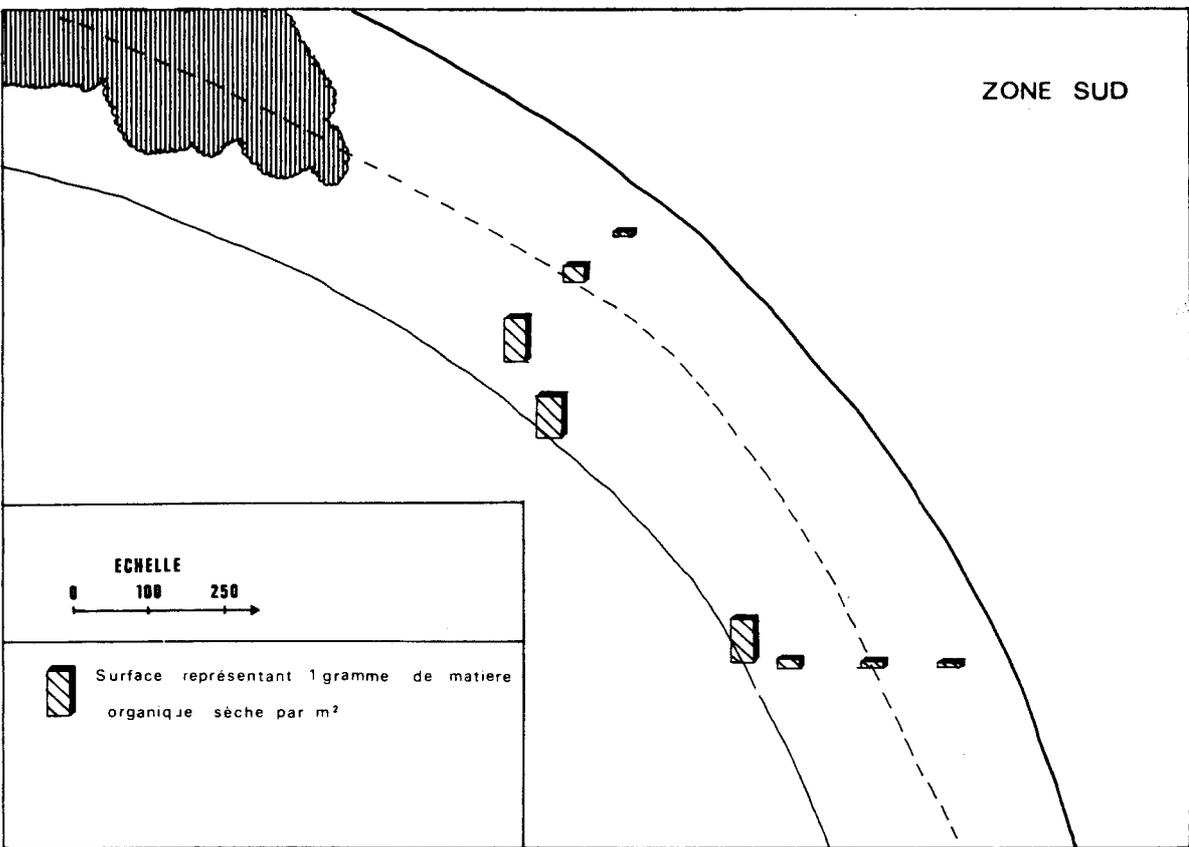
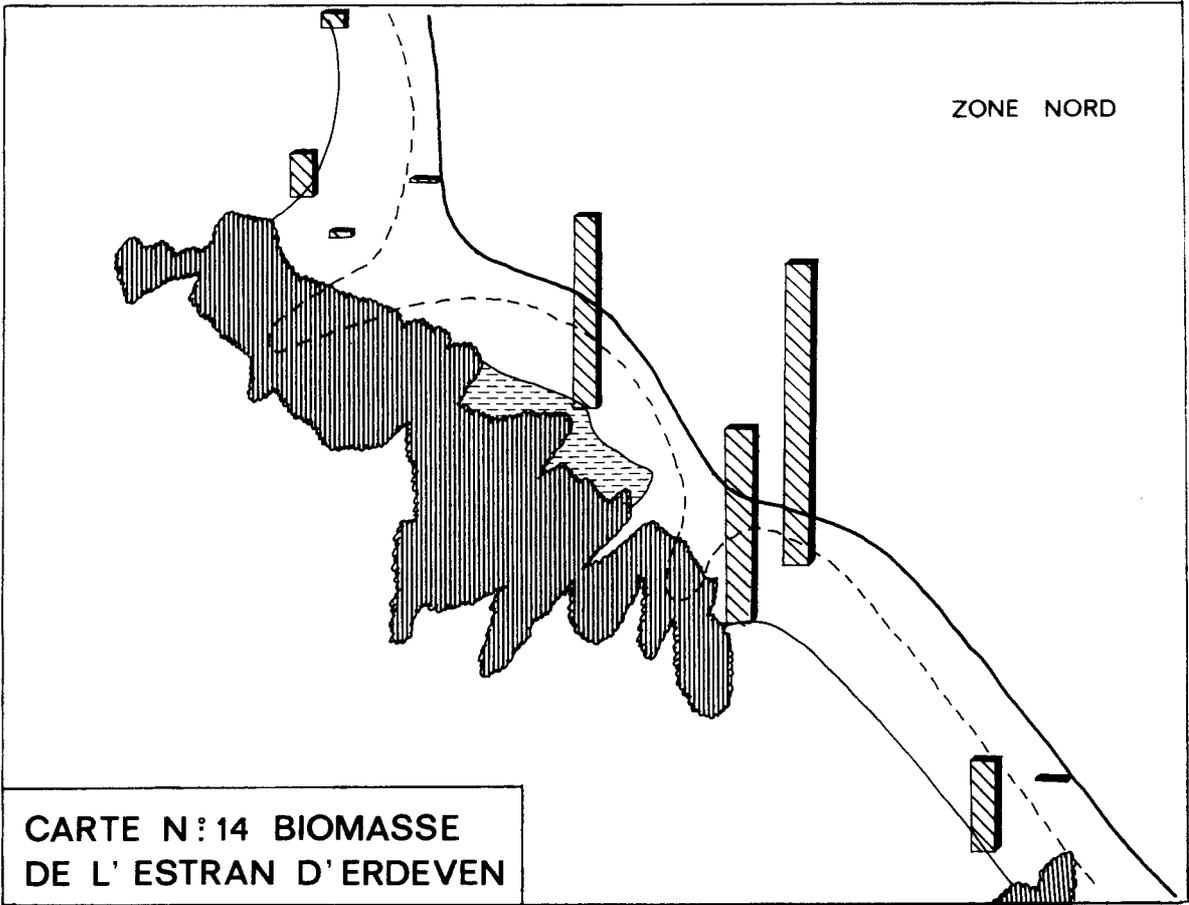


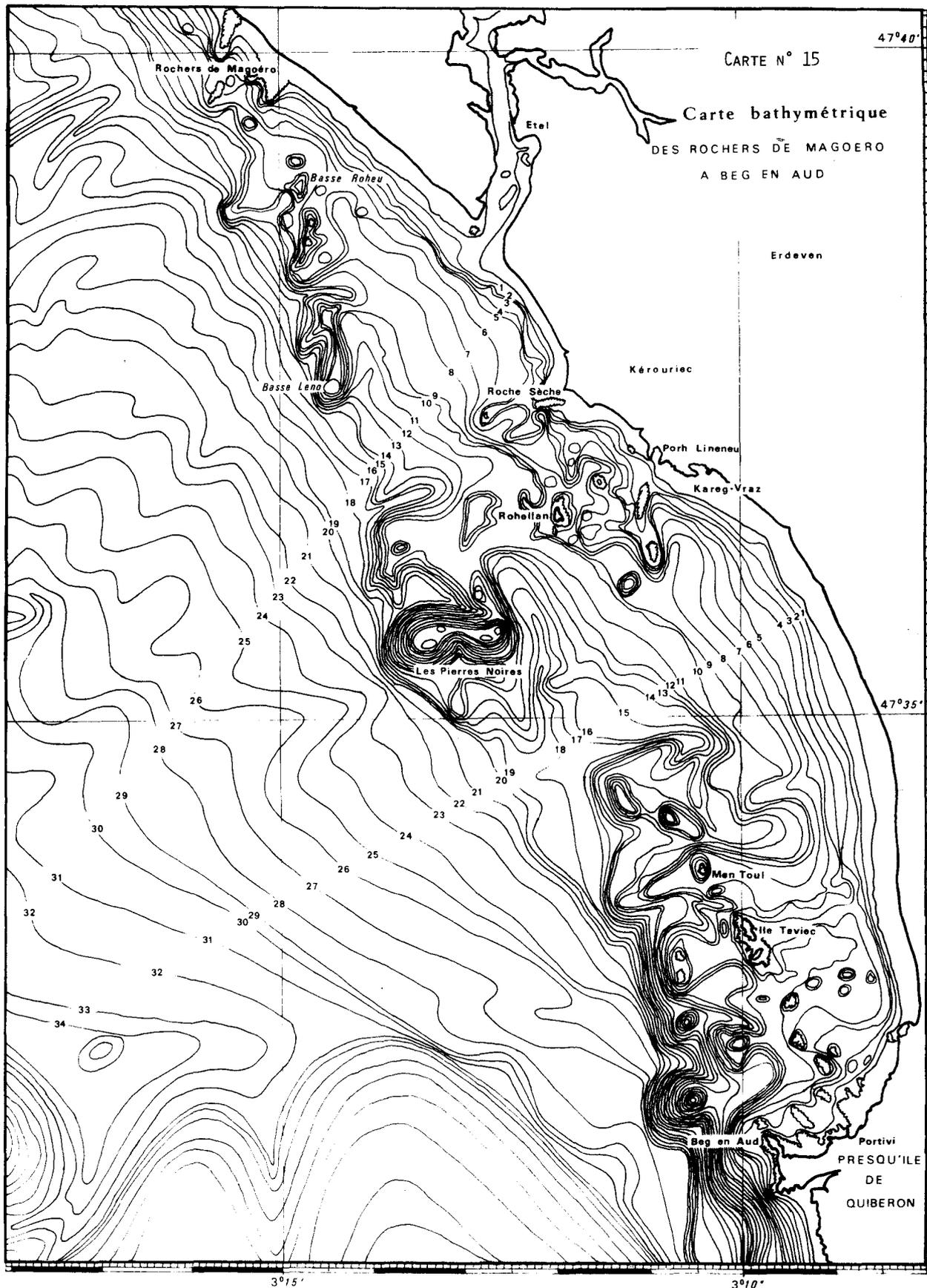
CARTE N° 13 : GRANULOMETRIE DE L'ESTRAN D'ERDEVEN

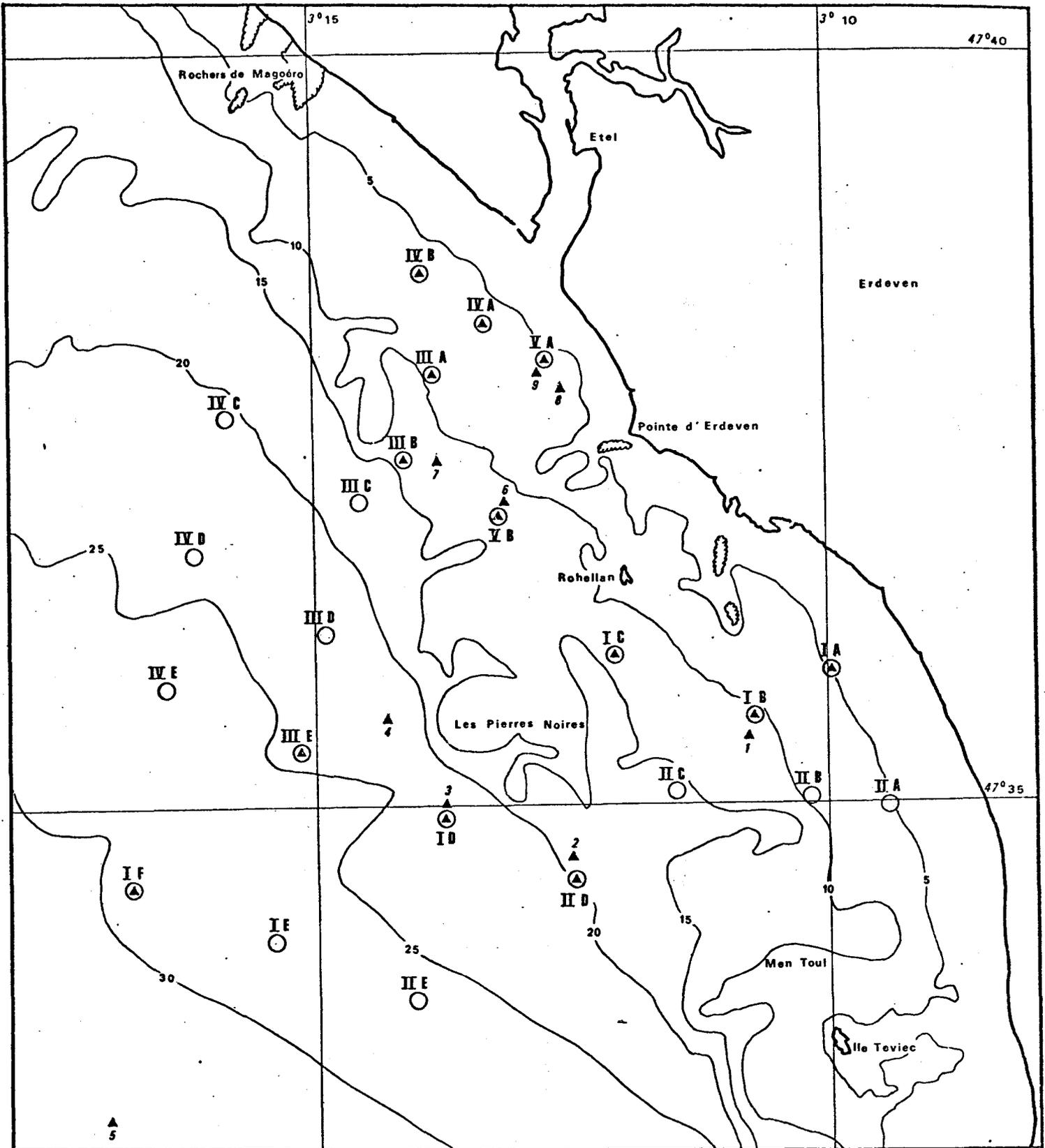


ECHELLE
0 100 250 m

	160 - 200 μ
	200 - 250 μ
	250 - 300 μ
	300 - 400 μ
	400 - 500 μ
	Roches
	Marais
	Etang

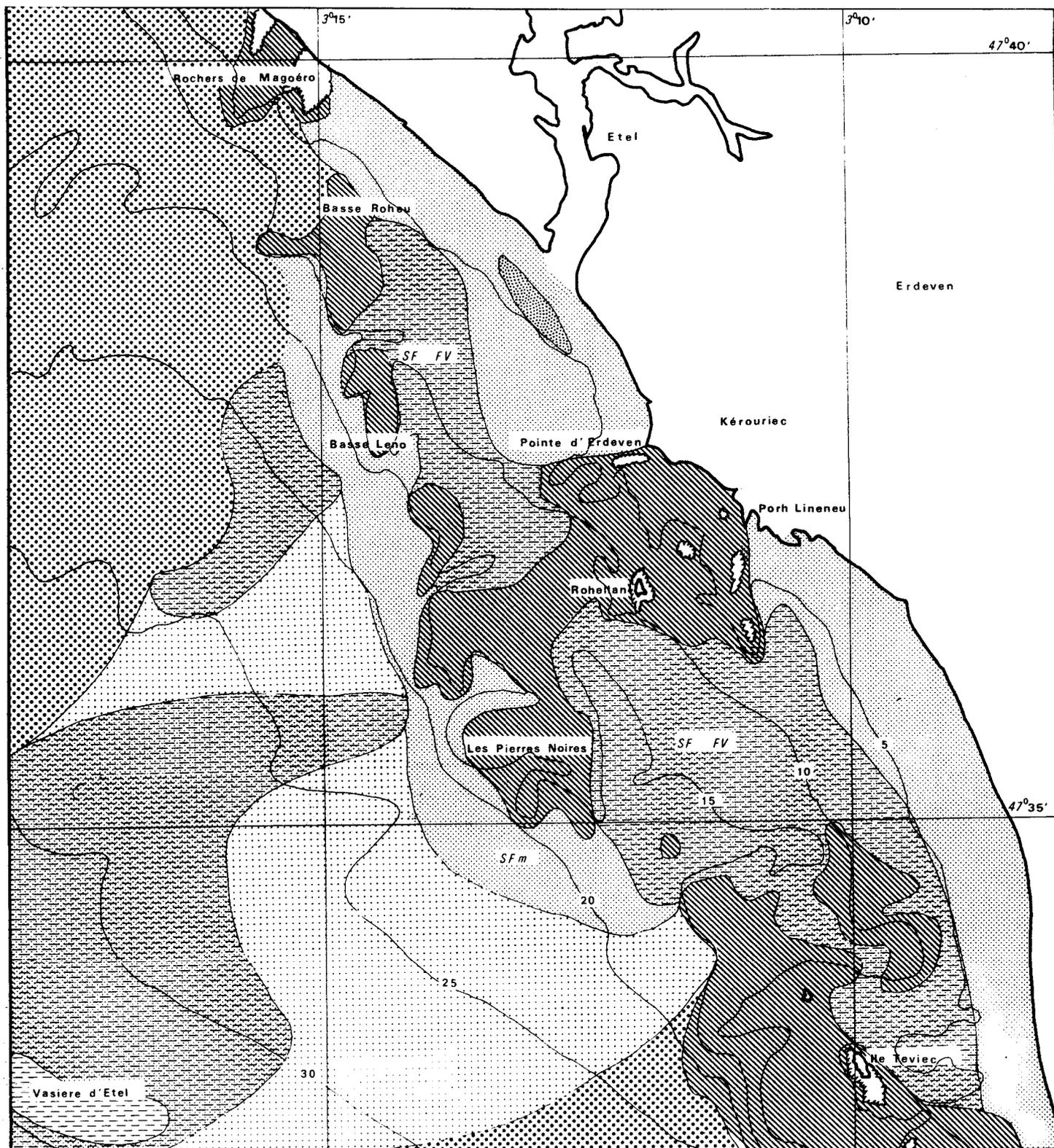






Carte n° 16: Localisation des stations de prélèvement (Benthos non exondable)

- Prélèvements 1975 benne MAC INTYRE
 - ▲ Prélèvements 1975 drague RALLIER et benne
 - ▲ Stations de dragage 1976
- 0 1km
Echelle moyenne



Carte n° 17 : CARTE BIO-SEDIMENTAIRE

- | | | | |
|---|-------------------------|---|----------------------------|
|  | <i>Roches</i> |  | <i>Sables fins envasés</i> |
|  | <i>Graviers propres</i> |  | <i>Vases</i> |
|  | <i>Sables grossiers</i> |  | <i>Sables dunaires</i> |
|  | <i>Sables fins</i> | <i>SFm</i> | <i>Sables fins moyens</i> |

A N N E X E II-2

Données faunistiques et numériques

	P.
TABLEAU I - Espèces récoltées sur l'estran	102
TABLEAU II - Espèces récoltées à la benne M ^C INTYRE	103
TABLEAU III - Données quantitatives globales relatives au benthos non exondable	104
TABLEAU IV - Espèces récoltées à la drague RALLIER	105

ESPECES	RADIALES	NIVEAU SUPERIEUR Niveau des P.M.				NIVEAU MOYEN PMME → BMME					NIVEAU BMM				NIVEAU BMVE					
		C	D	B	A	C _I	D	C _{II}	B	A	C _I	D	B	A	C _{II}	C _I	D	B	A	
TALITRUS SALTATOR		+	+	+	+															
NERINE CIRRATULUS								316	8	12										
HAUSTORIUS ARENARIUS								4	-	8										
NEMERTE sp.										1										
CAPITELLA CAPITATA								28						8						
EURYDICE PULCHRA									2	1										
ARENICOLA MARINA								4						3		1				
PONTOCRATES NORVEGICUS																1				3
GLYCERA CONVOLUTA													2	5	3	1	6	2		
NEPHTYS CIRROSA												29	24	-	24	38	22	20	-	
TELLINA TENUIS												1	4	3	3	2	9	5	3	
DONAX TRUNCULUS												-	4	3	-	1	-	2	4	
UROTHOE PULCHRA												-	7	-	-	-	-	13	-	
UROTHOE INERMIS												1	8	12	-	-	40	29	24	
ACROCNIDA BRACHIATA												3	5	15	-	1	6	12	29	
SPIOPHANES BOMBYX												5	25	35	4	31	16	113	106	
CUMOPSIS GOODSIRI												-	-	1	-	9	-	-	11	
DIODES PUGILATOR															2	34	3	9		
NEPHTYS HOMBERGII														5	2				2	
LUMBRINEREIS FRAGILIS															1					
PHYLLODOCE sp.															2					
UROTHOE GRIMALDI														7	1					
MAGELONA PAPILLICORNIS																2	3			
SIGALION MATHILDAE														1		1	1			
OWENIA FUSIFORMIS																7				
PHARUS LEGUMEN																1				
SIPUNCULUS NUDUS																1				
ECHINOCARDIUM CORDATUM																		1		
BODOTRIA SCORPIOIDES																				9
EOCUMA DOLFUSI																				12
GRANULOMETRIE (μ)		400	160	200	160	250	200	160	160	160	200	160	160	180	160	160	160	170	170	
NOMBRE D'ESPECES		1	1	1	1	0	0	4	2	4	0	5	8	8	8	12	14	12	12	
DENSITE (au m ²)		non évaluée				0	0	352	10	22	0	39	79	91	55	93	142	208	214	
BIOMASSE (en g M.O.S./m ²)		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0	0	6,80	0,40	0,17	0	0,28	1,20	0,32	4,48	2,0	0,96	1,16	1,20	
NOMBRE MOYEN D'ESPECES		≤ 1				1,5					5,3				12					
DENSITE MOY. DES INDIVIDUS		-				8 (mode battu)					52				142					
BIOMASSE MOYENNE		< 0,1				0,29 (" ")					0,44				1,68					

TABLEAU I : INVENTAIRE DES ESPECES RECOLTEES SUR L'ESTRAN AVEC INDICATION DES DENSITES, BIOMASSES ET MEDIANES MOYENNES PAR SECTEUR ET PAR NIVEAU.

STATIONS ESPECES	IVA	VA	IIA	IA	IIIB	VB	IVB	IIB	IB	IIC	IIIA	IC	IF	IIIE	IVC	IVE	IVD	ID	IID	IIIC	IE	IIID	IIIE
SPISULA OVALIS	3																						
BATHYPOREIA ELEGANS		2.5																					
CUMOPSIS GOODSIRI		0.5	1																				
BATHYPOREIA GUILLIAMSONIANA		2	4	1																			
DIODES PUGILATOR		0.5	6.5	10			1.5	1				0.5											
NEPHTYS CIRROSA	1	0.5	1.5	2	0.5		1	0.5		0.5	0.5						1	0.5		1	1		0.5
SPIOPHANES BOMBYX		0.5		0.5	0.5	0.5	1				1	0.5								0.5			
MACRURA CORALLINA			0.5	0.5			0.5	0.5	0.5														
NERINE BONNIERI			1					0.5			0.5									0.5			
IPHINOE TRISPINOZA			1.5	0.5	1.5	4.5	2.5	1.5	2.5	0.5	3.5	3								1.5	0.5		
TELLINA FABULA			1	1	0.5	0.5	2.5		1.5	1	6.5	0.5								0.5			0.5
PONTACRATES ARENARIUS				0.5			0.5	0.5															
SIGALION MATHILDAE			1				1				2.5	0.5	0.5										
NATICA CATENA						1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5												
MAGELONA PAPILLICORNIS				1		1	3	2	2	2	9	1	0.5										
TELEPSAVUS COSTARUM					0.5			0.5	0.5	1													
PARADONEIS ARMATA				1.5	1.5	2	46	1.5	12	1		14.5						1	1				
PHARUS LEGUMEN					0.5	2				4										0.5			
OWENIA FUSIFORMIS		0.5	0.5		0.5		1			0.5	0.5		0.5	18	13	14	1	1.5		1			0.5
AMPELISCA BREVICORNIS		0.5			3	1.5	8.5	0.5	1.5	0.5	7	0.5	0.5	3	0.5					0.5	1		
SIPHONOCETES COLLERI							4.5	7				0.5											
ECHINOCARDIUM CORDATUM		0.5	0.5				0.5			2.5	0.5				0.5			0.5					0.5
NEPHTYS HOMBERGII					0.5		0.5	0.5		1	1		0.5										
DIPLOCIRRUS GLAUCUS					0.5					1	0.5												
PECTINARIA KORENI					6	1.5	2		3	0.5	13.5	1.5	1	2	1.5	2							
GONIADA MACULATA					0.5	0.5				0.5	0.5		0.5	1	1					0.5			
GLYCERA CONVOLUTA						0.5	0.5	0.5	0.5		1		0.5			2	0.5			1.5		1.5	
LEUCOTHOE INCISA							0.5		0.5	1				2	1.5								
NASSARIUS RETICULATUS					1	1			0.5	0.5		0.5				2							
DIASTYLIS BRADYI		0.5						1				0.5	5.5	2	4.5								
AMPHARETE GRUBEI								0.5	8.5	0.5	1	0.5		10.5	3.5	11				2			1
BODOTRIA SCORPIOIDES										0.5	0.5		0.5		0.5								
VENUS GALLINA									0.5		0.5				0.5		1.5	0.5					0.5
ABRA ALBA										0.5	0.5	0.5	1	3.5	1.5								
CULTELLUS PELLUCIDUS								1				2.5		2	2.5	0.5	0.5	0.5	1.5				0.5
LUMBRINEREIS GRACILIS								0.5	0.5		0.5		0.5	3		3.5	2.5						0.5
ACROCNIDA BRACHIATA	1			0.5						1	1		4	2.5	28.5					1	0.5		
HALCAMP. SP.									1			2	0.5	14.5	1.5	8							
HYALINOECIA GRUBII									1.5	0.5			0.5	0.5	0.5	0.5	1						
TEREBELLIDES STROEMI										0.5			0.5	1		3.5							0.5
ACTIDOSTOMA LATICORNE													0.5	0.5	0.5								
THYASIRA FLEXUOSA													0.5	2	2.5								
NUCULA TURGIDA													0.5	6	5.5								
CYLINDRINA CYLINDRACEA													2		4.5								
AMPHIURA FILIFORMIS			0.5										45	14.5	38.5								
CLYMENE LUMBRICOIDES													1	0.5	2								
MELINNA PALMATA													0.5		2.5	5.5							
MALDANE GLEBIFEX														0.5		2.5							
SABELLA PAVONINA															0.5	0.5							
MAGELONA ALLENI																0.5							

TABLEAU II - INVENTAIRE QUANTITATIF DES ESPECES DU BENTHOS NON EXONDABLE RECOLTEES A LA BENNE MAC - INTYRE . SEULES ONT ETE RETENUES LES ESPECES SUFFISAMMENT REPRESENTATIVES DES GRANDES CATEGORIES BIOSEDIMENTAIRES.

STATIONS	IV A	VA IIA IA		IIIB VB IVB IIB IB IIC IIIA IC		IF	IIIE FVC IVE IV D		ID IID IIIC	IE IIID IIE														
		SF	SABLE FIN PROPRE	SF/FV	SABLE FIN LÉGEREMENT		SABLE FIN ENVASE	FV		Légèrement hétérogène instable	SF m	SHV	SG											
PRINCIPALES CATEGORIES SEDIMENTAIRES	DUNAIRE																							
PROFONDEUR	6	6	5	5	15	13	7	10	11	15	10	13	28	25	21	26	24	23	20	18	26	22	25	
PROFONDEUR MOYENNE		5 m		12 m																	24 m			
MEDIANE GRANULOMETRIQUE (μ)	125	160	140	140	125	125	125	160	160	125	125	125	180	160	160	>200	>200	225	250	250	>250	650	500	500
MOYENNE PAR SECTEUR	125	150		130									170			>200	>200	225	250		540			
DEGRE D'ENVASEMENT MOYEN	nul	négligeable		inférieur à 10 %									50 %			30 %	10 %	négligeable			inférieur à 1 %			
Nbre d'ESPECES par STATION	3	7	18	17	16	13	28	24	22	27	26	30	31	40	36	28	11	8	17	6	11	7	13	
Nbre d'IN-DIVIDUS au m ²		14		24											34			11			9			
Biomasse en g / m ²		70	250	225	135	180	735	255	485	235	665	390	1055*	1105	1285*	650	100	55	110	35	80	40	75	
		182		385				512										67			60			
	0.37	3.4	0.9	0.27	2.37	8.7	3.35	0.11	0.72	7.31	8.05	2.07	13.23	6.83	16.57	7.25	4.5	0.8	0.2	0.65	0.54	0.34	0.71	
		1.5		4.1				10.9										0.6			0.44			

TABLEAU III ; PRINCIPALES DONNEES QUANTITATIVES DU BENTHOS NON EXONDABLE PAR GRAND TYPE SEDIMENTAIRE ET PAR STATION.

* non comprises : 85 *Myxella* en IF
" " " 1210 " en IVC

STATIONS ESPECES																							
	IV A	V A	IA	8	9	IV B	III B	7	6	IB	1	III A	IC	IF	III E	4	5	II D	2	ID	3		
DONAX TRUNCULUS				2	4																		
SPISULA SOLIDA	7	25																					
DIODENES PUGILATOR				122	5														1			1	
TELLINA TENUIS		1			2																		
NEPHTYS CIRROSA		32	4	1	24	2													7	2	14	16	
SPIOPHANES BOMBYX					15																		
NASSARIUS INCRASSATUS				7			2												2	2			
MACTRA CORALLINA				34	11	1		6	4		4												
SIGALION MATHILDAE			2	2	4		2	3	1	6	6	1											
NERINE BONNIERI					3	1					3				1				1	2	1		
TELLINA FABULA					11	11	2	10		9	17		3			1			2				
DIVARICELLA DIVARICATA			4	3	3	2	2	5	4		1												
PHARUS LEGUMEN								1	13										8	33			
NATICA CATENA			1	9	5	1	12		3	7		1	2				2		2	1			
GLYCERA CONVOLUTA				3	3	1	8	3	3	1	2		4				3		5	2	6	5	
MAGELONA PAPPILICORNIS	2	1	4	22	1	3					7								2				
OPHIURA TEXTURATA				3	2	2	8	28	6		3		1				3		1	7			
TELEPSAVUS COSTARUM																							
ONUPHIS EREMITA	1		3	4	2	8	4	15	3	8		6			3								
PARADONEIS ARMATA		2			43	3				2	14								3		1		
OWENIA FUSIFORMIS	1	2	10	15		3								7	515	111	20				2	2	
ECHINOCARDIUM CORDATUM				1	1							2					1					1	
NEPHTYS HOMBERGII			7	4		15	1	6	2	9							5	1	6	4			
NASSARIUS RETICULATUS			6	8	3	4	8			2		4	13										
DIPLOCIRRUS GLAUCUS													1										
ABRA ALBA				5	4		10	53	30		3	1	5		7	7	4		3	5		10	
PECTINARIA KORENI							4					5	2	7	7	10	1			4	1		
SPISULA SUBTRUNCATA							2			1		1	6										
GONIADA MACULATA								11	3		1						9		3	3	10	4	
VENUS GALLINA											8				1				1	2		5	
HYALINOECIA GRUBII										5	5		15	2					12		9	5	
AMPHARETE GRUBEI													1				20		3			1	
LUMBRINEREIS GRACILIS							9	1	1	1	1			3		15	1			1		1	
ACROCYNIDA BRACHIATA	2										7				17	186				9			
CULTELLUS PELLUCIDUS							1			2	2	4		1		6			9	1		3	
HALCAMP A SP.							2				4			114	280	7	321					1	
THYASTRA FLEXUOSA				5											9	6	3						
CYLICHA CYLINDRACEA				1											13	56							
MELINNA PALMATA														6	2								
VUCULA TURGIDA							1	2	3	1	2	1			18	3	130			1		1	
CLYMENE LUMBRICOIDES																15				1		11	
AMPHIURA FILIFORMIS															44		29					14	
MALDANE GLEBIFEX															1								
LEANIRA YHLENI														1	2		57		3	3	1		
SABELLA PAVONINA																							
CORBULA GIBBA																						2	
MAGELONA ALLENI																							
PHILINE																3	2						
PROFONDEURS (en m)	6	6	5	6	6	7	15	11	11	11	12	10	13	28	25	23	33	20	20	22	22		
NOMBRE TOTAL D' ESPECES	2	8	7	18	24	14	21	17	14	14	22	7	17	12	19	24	16	22	21	9	22		
NOMBRE TOTAL D' INDIVIDUS	8	68	21	139	169	79	107	154	136	46	117	15	77	145	925	475	567	98	106	45	89		

TABLEAU IV - INVENTAIRE DES ESPECES* DU BENTHOS NON EXONDABLE RECOLTEES A LA DRAGUE RALLIER.

(*) les plus représentatives.

CHAPITRE III

BENTHOS de SUBSTRAT ROCHEUX

par Claude CHASSÉ

avec la collaboration d'Anne-Françoise LE GENDRE

*et l'aide, pour le travail de terrain, de Yves BRIEN,
Anne DONVAL, Christiane LEVENEZ, Jean-Jacques LEVENEZ
et Robert MARC.*

INTRODUCTION.

Le site d'Erdeven a fait l'objet d'études planctoniques (pleine eau) et benthiques (fond) ; à ce dernier point de vue l'étude principale portait en principe sur les fonds meubles et les plages sableuses, qui dominent quantitativement dans le secteur. On se trouve en effet en présence d'une côte formée par un cordon dunaire, qui s'accroche au Nord-Ouest à la pointe de Gâvres, au centre à la pointe d'Erdeven, et au Sud-Est à "l'île" rocheuse de Quiberon (cf. chapitre I).

Néanmoins, une importante barrière rocheuse externe, trouée par le passage du cours sous-marin de la ria d'Etel, s'élève depuis les fonds de vingt mètres jusqu'à la surface. Elle s'accroche à la côte par les rochers de Magoéro, la Basse Roheu, la Basse Léo, les Pierres Noires, Men-Toul, l'île Tevieg et se rattache à la presqu'île de Quiberon au niveau de Beg-en-Aud. Cette barrière, qui coïncide à peu près avec la limite de la zone appelée à subir un échauffement d'au moins 2°C, telle qu'elle est prévue au document E.D.F. (cf. carte n°18), contribuera très probablement, en cas de mise en service de la centrale d'Erdeven, à augmenter les concentrations d'eau chaude à la côte. A son abri se décantent des fonds meubles envasés, dont la présence traduit les effets d'accumulation en zone protégée. En arrière de cette barrière, la pointe d'Erdeven, elle-même de nature rocheuse (massif de Roche Sèche), se prolonge par d'importantes surfaces de roches qui portent les îlots de Poul-Haut, de Roëlan, de Rouzès et de Tréouric.

Etant donnée la très forte productivité des peuplements installés sur toutes ces surfaces rocheuses (cf. *infra*), l'étude du benthos de substrat dur se révèle finalement plus importante qu'on ne pouvait le penser *a priori* pour l'évaluation écologique du site d'Erdeven.

PROTOCOLE D'ETUDE, METHODOLOGIE.

Une reconnaissance des fonds rocheux a été menée du 20 au 24 septembre 1976, sous la direction de Claude CHASSE, par une équipe composée de plongeurs, dont le chef de mission, et de trois personnes assurant le travail à terre

et à bord du Zodiac. Il a été effectué sept plongées distinctes en quatre sites : Pointe d'Erdeven (massif de Roche Sèche), Poul-Haut, Roëlan et Rouzès . Malgré l'absence de reconnaissance sur l'île Tevieg dans le cadre de la présente étude, les informations que nous possédons par ailleurs permettent de l'assimiler au massif constitué par l'île de Rohëlan et de Poul-Haut. Les plongées effectuées ont permis la réalisation de dix prélèvements de 1 à 3m² chacun entre le zéro des cartes marines et la profondeur - 8m. En outre, une plongée avait précédemment été effectuée plus au large, à partir des fonds de 20m, aux Pierres Noires, par Madame Annie FEY-CASTRIC. L'ensemble des données quantitatives ainsi rassemblées, complétées par des analyses qualitatives, permettent de donner une ébauche de la connaissance des peuplements sur fonds rocheux dans l'ensemble du secteur. Enfin, plus de trente prélèvements quantitatifs ont été effectués en zone littorale pour l'ensemble des quatre sites indiqués plus haut.

Dans chaque cas, il a été procédé à des relevés quantitatifs (recouvrements et biomasses) des principaux types de peuplements dans les conditions les plus variées. Des données ont été également recueillies sur la vitesse de croissance, la structure démographique et la production des espèces d'algues de grande taille les plus importantes, dans diverses conditions, en particulier pour :

- *Laminaria hyperborea*
- *Laminaria digitata*
- *Laminaria ochroleuca*
- *Fucus serratus*
- *Ascophyllum nodosum*
- *Fucus spiralis*
- *Pelvetia canaliculata*

Les études statiques, même quantitatives, apparaissent en effet insuffisantes pour apprécier la qualité biologique d'un site. Les processus de production liés aux vitesses de croissance des organismes principaux doivent donc être connus si l'on veut tenter d'évaluer l'incidence possible des rejets d'effluents thermiques par d'éventuelles centrales nucléaires côtières, tout particulièrement en ce qui concerne les espèces commerciales proches de leur limite biogéographique.

Dans le cadre des études d'avant-projet, un inventaire exhaustif des espèces et des entités de peuplement n'était ni possible, ni, sans doute, nécessaire. Une bonne appréhension des milieux rencontrés est cependant possible par comparaison avec les régions de Roscoff et Concarneau que nous avons précédemment étudiées (CHASSÉ, données non publiées) d'une part, et d'autres sites d'avant-projet (Ploumouguer, Plogoff, St-Vio) d'autre part.

Les peuplements algaux observés peuvent être situés par rapport à un modèle de la distribution des espèces en fonction du niveau de la marée, dont l'expression quantitative est en voie d'achèvement, et dont la figure 2 indique les aspects qualitatifs. Sur cette figure, on lit la distribution des différentes ceintures d'algues, telle qu'on pourrait l'observer sur des surfaces verticales (par exemple des falaises ou des balises) différemment exposées aux agents hydrodynamiques. On remarque que c'est au niveau des pleines mers de morte eau que les actions hydrodynamiques se font les plus fortes. Elles s'atténuent légèrement au-dessus et fortement en dessous. Le peuplement de n'importe quelle surface, de pente et d'exposition uniformes, des pleines mers aux basses mers, correspond donc en principe à celui qui est indiqué au long d'une verticale de ce diagramme. Inversement, les caractéristiques hydrodynamiques peuvent être déduites de l'observation du peuplement.

La description des peuplements de chaque point de côte peut donc se résumer, pour l'essentiel, par l'évaluation de la vitesse des courants en vive eau telle qu'elle apparaît sur les échelles horizontales. Pour simplifier le repérage, nous préférons fractionner l'échelle des intensités hydrodynamiques en classes délimitées par des verticales du diagramme. Chaque tranche ainsi découpée est une "lithosère", caractérisée par une succession verticale définie de ceintures végétales. Chaque lithosère est dénommée d'après l'espèce formant la ceinture considérée comme la plus caractéristique (quel que soit son niveau sur l'échelle verticale) et correspond à une cote hydrodynamique arbitrairement notée de 0 à 5 depuis les modes les plus abrités vers les modes les plus battus, comme le résume le tableau p. 114.

FIGURE 2 (ci-contre) : Répartition qualitative des ceintures végétales pour la Bretagne Occidentale (côtes rocheuses).

Ce schéma indique la distribution des espèces principales en fonction :

a) du niveau de la marée (échelles verticales) :

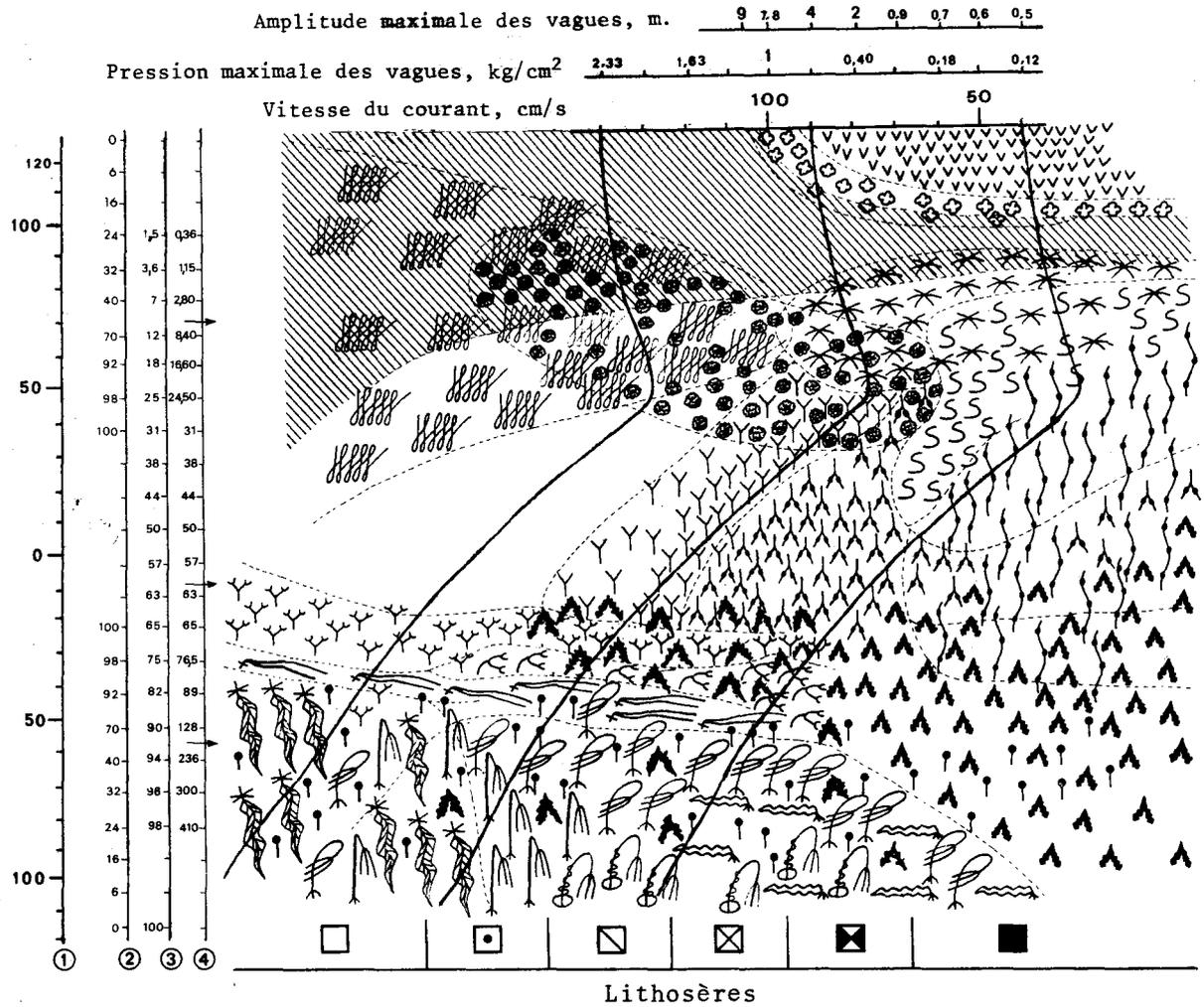
- l'échelle 1 indique, symétriquement par rapport au niveau de mi-marée (0), celui des hautes mers et des basses mers pour un coefficient donné ;
- l'échelle 2 indique la fréquence, en pourcentage, des marées recouvrant (échelle du haut) ou découvrant (échelle du bas) un niveau donné ;
- l'échelle 3 donne le pourcentage annuel de la durée de l'immersion ;
- l'échelle 4 représente un coefficient qui est le produit du pourcentage annuel de l'immersion par la fréquence de cette immersion. Les inflexions de ce gradient coïncident généralement avec les changements importants de peuplement (flèches).

b) de l'intensité des actions hydrodynamiques (échelles horizontales) exprimée conjointement :

- par la hauteur maximale des vagues ;
- par la pression maximale en kg/cm^2 exercée par celles-ci ;
- par la vitesse des courants en vive-eau (coeff. 95).

c) des lignes d'iso-intensité hydrodynamique exprimant la répartition verticale moyenne de ces intensités hydrodynamiques.

Remarque : *Alaria esculenta* fait défaut à Erdeven, localité située en dehors des limites biogéographiques de cette espèce.



Pour la signification des symboles, voir le tableau p. 114.

Figurés représentant la végétation:

- | | |
|---|--|
| <p><u>LICHENS</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ∨∨∨ <i>Ramalina scopulorum</i> //// <i>Verrucaria maura</i> ◇◇◇ <i>Xanthoria parietina</i> <p><u>ALGUES</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> * * * <i>Pelvetia canaliculata</i> SSS <i>Fucus spiralis</i> ●●● <i>Lichina pygmaea</i> AA <i>Fucus vesiculosus</i> YYY <i>Fucus vesiculosus f. evesiculosus</i> AA <i>Fucus serratus</i> }}}} <i>Ascophyllum nodosum</i> | <p><u>ALGUES</u> (suite):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○○○ <i>Palmaria palmata</i> llll <i>Porphyra linearis</i> — <i>Himanthalia elongata</i> cc <i>Bifurcaria bifurcata</i> llll <i>Corallina officinalis</i> YYY <i>Chondrus crispus</i> llll <i>Alaria esculenta</i> — <i>Laminaria saccharina</i> — <i>Laminaria digitata</i> — <i>Laminaria hyperborea</i> llll <i>Sacchoriza polyschides</i> |
|---|--|

COTES HYDRODYNAMIQUES CORRESPONDANT A DES ENERGIES CROISSANTES	0	1	2	3	4	5
SYMBLES	■	⊗	⊗	◻	◻	◻
APPELATIONS DES LITHOSÈRES INTERTIDALES	"ASCOPHYLLUM"	"VESICULOSUS"	"EVESICULOSUS"	"SERRATUS"	"BIFURCARIA"	"ALARIA"
ETAGEMENTS DES ESPECES ALGALES PRINCIPALES FORMANT DES CEINTURES	P s a S L	P - V S L	- E S L	- - - S H+(B)	- - - - B+(H)	- - - - B+A

P = *Pelvetia canaliculata* S = *Fucus serratus*
s = *Fucus spiralis* H = *Himanthalia elonqata*
a = *Ascophyllum nodosum* B = *Bifurcaria bifurcata*
V = *Fucus vesiculosus* A = *Alaria esculenta*
E = *Fucus evesiculosus** L = *Laminaria digitata*

PRINCIPES DE REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES DES PEUPEMENTS ROCHEUX INTERTIDUAUX EN FONCTION DES ENERGIES HYDRODYNAMIQUES CROISSANTES : LES "LITHOSERES"

RESULTATS.

L'originalité du site d'Erdeven est de comporter, au moins en zone littorale, une importante diversité de conditions hydrodynamiques, s'exprimant par une grande diversité des peuplements rocheux. On y rencontre les lithosères à *Ascophyllum*, à *Fucus vesiculosus*, *Fucus evesiculosus**, *Fucus serratus*, et à *Bifurcaria*, soit des éléments presque complets de toutes les lithosères connues sur les côtes bretonnes. La morphologie tourmentée et complexe du site rend l'étude quantitative de ces peuplements délicate.

* Les taxonomistes ne sont pas tous d'accord sur le statut de cette forme et l'appellation exacte qu'il convient de lui réserver. Celle employée ici est une simple commodité n'impliquant aucun choix dans cette controverse.

La barrière rocheuse, quant à elle, présente, face au large, des modes battus à peuplements intertidaux peu développés : moulières et Pousses-Pieds (*Pollicipes*) , alors que sa face tournée vers la terre, plus abritée, porte les peuplements de la lithosère à *Fucus vesiculosus*. Les peuplements intertidaux de cette barrière présentent au total une surface très réduite, et seuls seront pris en compte quantitativement les peuplements infratidaux de Laminaires, qui s'étendent de + 1 jusqu'à - 15 mètres *.

PEUPELEMENTS INTERTIDAUX

Le massif de Roche-Sèche

Il s'agit d'une pointe rocheuse s'avancant de 500 m en mer. Elle est constituée par quelques sommets non submersibles reliés entre eux par des champs de blocs fortement étendus sur près de 15 ha. Ces champs de blocs reposent sur de la roche en place ; celle-ci devient prépondérante à l'extrême pointe du massif, où l'hydrodynamisme est intense. La structure de ce massif et ses peuplements sont représentés par les cartes n° 19 et n° 20 en annexe.

Les plus hauts niveaux sont occupés par des Lichens. Au sommet des pointements rocheux, entre 6 et 5 m, une ceinture fruticuleuse de *Ramalina scopulorum* atteint au maximum une biomasse de 1,8 kg/m² **. Lui succède, entre 5 et 4,5 m, une zone de Lichens encroûtants minces, *Caloplaca marina* puis *Verrucaria maura*, peuplée dans les fissures et les endroits les plus humides des champs de blocs par les Mollusques *Littorina rudis* et *L. obtusata*, dont la biomasse brute peut atteindre 70 g/m², correspondant à une densité de 200 individus/m².

* Toutes les altitudes sont données par rapport au zéro des cartes marines.

** Dans le présent chapitre, les biomasses sont exprimées, sauf indication contraire, en poids frais de matière vivante. Ce mode d'expression donne des chiffres supérieurs d'environ un ordre de grandeur aux poids secs, plus rigoureux mais plus difficilement mesurables. Dans certains cas apparaissent des biomasses brutes, correspondant au poids total d'organismes dont les parties dures, plus ou moins inertes, sont très développées. Pour les Mollusques, par exemple, ces valeurs s'entendent donc coquille incluse.

Entre 4,5 et 4 m, la ceinture algale la plus haut située, est constituée par *Pelvetia canaliculata*, qui recouvre la roche à un taux très variable avec des biomasses ponctuelles pouvant atteindre localement une valeur de 7 kg/m^2 , la moyenne étant cependant beaucoup plus faible, de l'ordre de 2 kg/m^2 . La croissance de ces Algues est lente, ici de l'ordre de 1 cm/an . L'âge moyen des populations est élevé, 10 à 12 ans, et la maturité sexuelle intervient à la troisième année, pour une taille de 2,5 cm. Sous les *Pelvetia* se développe une strate encroûtante constituée par l'Algue rouge *Hildenbrandtia prototypus*, qui peut atteindre 70 % de recouvrement, avec une biomasse de $0,1 \text{ kg/m}^2$. Les zones où la couverture algale est la plus clairsemée hébergent un peuplement du Cirripède *Chthamalus stellatus*, dont la densité maximale est d'environ $12\ 000 \text{ individus/m}^2$, correspondant à une biomasse brute de 120 g/m^2 .

Au-dessous de 4 m, les peuplements se diversifient selon les conditions d'exposition. Dans les zones topographiquement abritées, on trouve jusque vers 3,50 m, une ceinture irrégulière à *Fucus spiralis* dont les thalles ont une taille moyenne de 10 à 25 cm. Les biomasses peuvent très localement atteindre 7 et même 25 kg/m^2 , avec une moyenne de 3 kg/m^2 . La croissance est de l'ordre de 10 cm/an , l'âge moyen de 3,5 ans. On retrouve certains éléments du peuplement du niveau supérieur, tels les Mollusque herbivores *Littorina rudis* et *L. obtusata*, la strate encroûtante à *Hildenbrandtia prototypus* (20 à 70 % de recouvrement), et les Chthamales, qui ne dépassent toutefois pas la densité de $100 \text{ individus/m}^2$. Le type d'exposition favorable à ce peuplement n'a pas été rencontré au-dessous de 3,50 m.

Les surfaces horizontales des champs de blocs réalisent des conditions maximales d'abri hydrodynamique. On y trouve, entre 4 et 2 m, un peuplement dense d'*Ascophyllum nodosum*. Le recouvrement est de 100 %, les biomasses vont de 7 à 8 kg/m^2 au niveau supérieur pour atteindre des valeurs de l'ordre de 30 kg/m^2 au niveau moyen. L'Algue atteint des tailles allant jusqu'à 2 m ; sa croissance est de l'ordre de 17 cm/an , ce qui est très rapide pour l'espèce et correspond à un taux de production annuel supérieur à 50 % de la biomasse. A l'ombre de cette strate frutescente élevée, on observe une strate herbacée formée d'un curieux mélange de *Fucus serratus* rabougris, *Fucus spiralis* énormes, et de *Fucus vesiculosus*. La strate muscinante est constituée par les Algues *Cladophora rupestris*,

Ceramium rubrum, et surtout *Rhodothamniella floridula*, qui couvre localement 80 % de la roche avec des biomasses atteignant 2 kg/m^2 , auxquelles s'ajoute l'Eponge *Grantia compressa*. La faune est dominée par les Gastéropodes herbivores *Gibbula umbilicalis* ($8/\text{m}^2$) et *Littorina obtusata* ($150/\text{m}^2$), représentant au total une biomasse brute de 60 g/m^2 .

Au même niveau (4 à 2 m), mais dans les endroits moins abrités, la ceinture algale est un peuplement mixte de *Fucus vesiculosus* (taille moyenne 47 cm, biomasse $7,4 \text{ kg/m}^2$) et d'*Ascophyllum nodosum*. Cette dernière espèce est beaucoup moins développée que dans les zones d'abri maximum : sa taille moyenne n'est que de 75 cm et sa biomasse seulement de $3,5 \text{ kg/m}^2$. La strate algale muscinante est constituée par *Lomentaria articulata* (recouvrement 10 %), *Cladophora rupestris* (recouvrement 2 %) et *Ulva lactuca* (recouvrement 2 %). La strate encroûtante est constituée par l'Algue rouge *Lithothamnium lenormandi* (recouvrem. 30 %) et l'Eponge *Hymeniacidon sanguineum*. On retrouve une faune à *Gibbula umbilicalis* et *Littorina obtusata* dont la biomasse brute totale est de 60 g/m^2 .

Dans les endroits franchement exposés, comme l'extrémité de la pointe et les faces externes des roches qui ceignent le massif, la succession de ceintures végétales qui vient d'être décrite disparaît. Les Algues sont très raréfiées et l'on rencontre essentiellement, entre 5 et 2 m, des peuplements d'animaux dominés par les Cirripèdes et les Moules. Entre 4,5 et 3 m, se trouve une zone haute à *Chthamalus stellatus* ($160\ 000 \text{ individus/m}^2$) où les cavités des individus morts sont peuplées de minuscules Mollusques, le Bivalve *Lasea rubra* ($180\ 000 \text{ individus/m}^2$) et le Gastéropode *Littorina neritoides* ($60\ 000 \text{ individus/m}^2$). L'ensemble représente une biomasse brute de 9 kg/m^2 . A peu près au même niveau, se développent de grandes plaques de moulières dont le recouvrement est en moyenne de 40 % avec une biomasse brute de 12 kg/m^2 . Dans ces zones de moulières, les Chthamales ont une densité plus faible: $80\ 000 \text{ ind./m}^2$, soit $3,2 \text{ kg/m}^2$ (brut). Les Patelles (*Patella vulgata*) sont très abondantes: $220 \text{ individus/m}^2$, soit 444 g/m^2 . Le Mollusque carnassier perceur *Nucella lapillus* vit en prédateur sur les espèces précédentes; on en trouve 100 ind/m^2 représentant une biomasse brute de 200 g/m^2 .

Plus bas, vers 2,50 m, la plupart de ces espèces persistent, avec des densités quelque peu différentes : les Chthamales ont une densité de 200 000 individus/m² (biomasse brute 8 kg/m²), les Patelles de 200 individus/m² (404 g/m²), *Nucella lapillus* de 20 individus/m² (40 g/m²), et les Moules *Mytilus edulis* recouvrent la roche à un taux de 5 %. Il s'y ajoute les espèces suivantes :

- *Balanus perforatus* : 720 individus/m²
- *Sabellaria spinulosa* : 40 "
- *Gibbula umbilicalis* : 400 "
- *Littorina rudis* : 25 "
- *Hymeniacion sanguineum* :

Le tout représente une biomasse animale brute variant de 2 à 15 kg/m², avec une moyenne de 3,8 kg/m².

Entre 2 et 1 m, la variabilité des peuplements en fonction de l'exposition s'atténue, et l'on trouve partout une ceinture algale à *Fucus serratus*. Elle est plus dense dans les portions abritées, et plus rase sur les faces exposées au large. Les biomasses varient de 5 à 6 kg/m² jusqu'à 20 kg/m². Dans les endroits battus, *Fucus serratus* prend une forme flabellée à stipe épaissi, avec une très forte usure basale. Sa croissance s'y trouve ralentie ; elle est optimale en milieu bien ventilé à hydrodynamisme intermédiaire. Vers 2 m, en milieu ouvert au large, *Fucus serratus* s'allie à *Chondrus crispus*. La dominance relative de ces deux espèces est très variable comme le montre l'exemple d'une station battue d'une part, avec 80 % de recouvrement pour *Chondrus crispus* (5 kg/m²) et 20 % pour *Fucus serratus* (6 kg/m²), et d'une station plus abritée d'autre part, avec 20 % de recouvrement pour *Chondrus crispus* (1,12 kg/m²) et 80 % pour *Fucus serratus* (24,6 kg/m²). A cette dernière station, apparaissent les premières *Laminaria digitata*, représentant une biomasse encore très faible (0,08 kg/m²). Sous la haute strate des Algues précédentes, se développent une strate muscinante à *Corallina officinalis* (recouvrement 40 %, biomasse brute 2 kg/m²), et une strate encroûtante à *Lithophyllum incrustans* (recouvrement 5 %) et *Hymeniacion sanguineum* (recouvrement 2 %). Il s'y ajoute le Cirripède *Balanus perforatus* (40 individus/m², soit une biomasse brute de 90 g/m²) et le Gastéropode *Nassa incrassata* (4 individus/m²).

Vers 1m, commence la ceinture à *Laminaria digitata* qui s'étendra jusqu'à -4 m. En zone émergée, on a relevé à Roche-Sèche, 32 pieds/m², soit une biomasse de 7,4 kg/m², avec une strate muscinante à *Chondrus crispus* (160 g/m²) et une strate encroûtante à Mélobésiées.

Roëlan

Roëlan (ou Rohellan) est un îlot d'une superficie de 28 hectares, situé à environ 1 mille au sud du site d'Erdeven, et couronné par une végétation terrestre de caractère halophile, constituée par une fruticée à *Lavatera arborea* et des pelouses basses monospécifiques, les unes à *Suaeda maritima* (7 kg/m²), les autres à *Betta maritima* (8 kg/m²) ou à *Chenopodium* (6 kg/m²). Le sommet proprement dit est occupé par une pelouse mousseuse à *Festuca ovina* (10,2 kg/m²). L'estran est entièrement rocheux et les deux faces de l'îlot présentent un contraste marqué.

La face orientée au large (W-SW) est constituée de grands escalliers abrupts de roche en place. Le peuplement y est principalement animal. *Chthamalus stellatus* atteint des densités de 70 à 100 000 individus/m², qui, avec les *Littorina neritoides* associées, représentent des biomasses brutes de l'ordre de 6 kg/m² ; les individus prennent une forme prismatique et sont arrachés par plaques, ce qui donne une grande irrégularité au peuplement. La moulière atteint des recouvrements de 60 % équivalent à une biomasse de 8,4 kg/m². Les Patelles broutent les algues microscopiques qui se développent sur tout le peuplement. Elles ont une densité de 10 à 20 individus/m², représentant une biomasse de 40 à 50 g/m². On note la présence du Cirripède pédonculé *Pollicipes cornucopioides*, ou Pousse-Pied, en petite quantité dans les fissures. Rappelons qu'il existe également sur la côte quiberonnaise et au site de Plogoff. Le peuplement macroalgal est quasiment inexistant jusqu'au niveau des Laminaires exception faite des quelques menus abris qui portent du *Fucus vesiculosus*. Celui-ci peut atteindre très localement des biomasses de 8,4 kg/m², avec des recouvrements de 60 %, mais les valeurs les plus courantes sont de 0,25 kg/m². En épibiose sur la moulière, on note la présence des Algues rouges *Porphyra umbilicalis* et *Ceramium acanthotum*.

La face abritée tournée vers la terre est formée à 80 % de gros blocs et 20 % de roche en place et porte une lithosère typique à *Fucus vesiculosus*.

On y trouve vers 4 m, un peuplement de Chthamales (10 000 individus/m²), auquel fait suite vers 3,5 m, un peuplement mixte constitué par *Lichina pygmaea* et par une moulière recouvrant la roche à 30 % (soit une biomasse moyenne de 7 kg/m²). En cet endroit, la croissance des Moules est lente puisqu'elles n'atteignent 4 cm en moyenne qu'au bout de 7 ans. Entre 3 et 2 m, le peuplement à *Fucus vesiculosus* est susceptible de recouvrir très localement la roche à 100 %, atteignant alors des biomasses de 7,5 kg/m². Vers 2 m, *Fucus vesiculosus* surmonte une strate herbacée à *Laurencia pinnatifida* (recouvrement 5 %) et une strate encroûtante de jeunes Moules et de *Balanus perforatus* (400 individus/m²), accompagnés de *Lithophyllum* et *Lithothamnium*.

Vers 1 m sur les deux faces commencent les champs de Laminaires, qui seront décrits avec les peuplements non exondables.

Rouzès

L'îlot de Rouzès est formé de deux petits pitons rocheux isolés à haute mer et reliés par un platier bas. L'ensemble se raccroche à la côte par une chaussée de roche en place et de petits blocs au niveau de la pointe de Porh-Lineneu.

La face ouest, exposée au large, est pratiquement dépourvue d'algues jusqu'au niveau des *Laminaria digitata*, des *Himanthalia elongata* et des *Fucus serratus*, qui sont en mélange. Seules quelques surfaces subhorizontales peuvent porter du *Fucus vesiculosus*, et l'ensemble correspond donc à une lithosère à *Fucus serratus*. De 7 à 5 m, on trouve des horizons de Lichens (*Ramalina scopulorum*, *Xanthoria parietina*, *Caloplaca marina*, *Verrucaria maura*). De 5 à 2,5 m, la roche est recouverte à 100 % par des Chthamales (100 000 individus/m², soit une biomasse brute de 4 kg/m²) et des moulières à croissance lente, d'un recouvrement de 20 % correspondant à une biomasse brute de 4,6 kg/m². Vers 4 m, *Nucella lapillus* (20 ind./m², soit une biomasse brute de 30 g/m²) vit en prédateur sur la moulière et les Chthamales. Le peuplement d'herbivores est constitué par *Patella vulgata*, *Littorina neritoides* et *Littorina rudis* (120, 800 et 300 g/m² de biomasse brute respectivement). Vers 2,5 m, le peuplement se compose de *Chthamalus stellatus* (70-80 % de recouvrement, 75 000 individus/m², 3 kg/m² brut), *Balanus perforatus* (5 300 ind./m², 11,7 kg/m² brut),

Patella vulgata (560 ind./m², 560 g/m² brut) et *Nucella lapillus* (164 ind./m², 360 g/m² brut). De 2,5 à 1,3 m, la roche est couverte à 70 % par un champ de *Fucus serratus* d'une taille moyenne de 45 cm et formant des biomasses moyennes de 4,5 kg/m². On rencontre de plus une strate herbacée formée par *Chondrus crispus* et *Laurencia pinnatifida*, et une strate muscinante et encroûtante constituée par *Corallina officinalis* et de jeunes *Mytilus edulis*. Le recouvrement de cette strate est de 100 % et correspond à des biomasses brutes de 4 kg/m². On rencontre en outre *Balanus perforatus* (1 000 à 2 000 ind./m²), *Lithothamnium lenormandi*, *Lithophyllum incrustans*. Quelques *Ulva*, *Enteromorpha* et *Lomentaria articulata* complètent la strate muscinante. De 1,3 à 1 m, on trouve l'horizon à *Himantalia elongata* ; cette espèce atteint des biomasses de 9,4 kg/m², soit 84 ind./m², la longueur moyenne des thalles étant de 120 cm. *Fucus serratus* est représenté par des individus de petite taille : 40 ind./m² correspondent à une biomasse de 644 g/m². La strate muscinante est composée de *Corallina officinalis* (70 % de recouvrement, 1 kg/m²) et *Ulva lactuca* (5 % de recouvrement). On note aussi la présence de *Hymeniacidon sanguineum* (5 % de recouvrement), *Nucella lapillus* (20 ind./m², 40 g/m² brut), *Patella vulgata* (16 ind./m², 32 g/m² brut). *Bifucaria bifurcata* est localisée dans les mares. A partir de 1 m, *Laminaria digitata* est représenté par 216 ind./m² constituant des biomasses de 23 kg/m². La longueur moyenne des stipes est de 30 cm, celle des frondes de 110 cm ; l'indice foliaire est de 28 *. Ces peuplements se prolongent jusqu'à -4 ou -5 m et sont ensuite relayés en profondeur par *Laminaria hyperborea*.

La face est, plus abritée, héberge les peuplements de la lithosère à *Fucus vesiculosus*. De 5 à 4 m, on trouve *Verrucaria maura*, *Lichina pygmaea*, *Pelvetia canaliculata* et *Fucus spiralis* représentées tous deux par quelques rares individus, *Chthamalus stellatus* (recouvrement 40 %, soit 50 000 ind./m² ou

* Indice foliaire : nombre sans dimension représentant le rapport entre la surface totale des feuilles (ici des frondes) d'un peuplement végétal et la surface de substrat qu'il occupe.

2 kg/m², brut) et *Mytilus edulis* avec un recouvrement de 10 % localisé dans les fissures. De 4 à 3,5 m, *Pelvetia canaliculata* atteint localement un recouvrement de 30 % avec une biomasse de 600 g/m² ; la moyenne est cependant de 5 % de recouvrement, soit une biomasse de 100 g/m². *Chthamalus stellatus* a un recouvrement apparent de 80 % qui devrait correspondre à 100 000 ind./m² et 2 kg/m² de biomasse brute ; en fait, les nombreux Chthamales vides font chuter la densité réelle à 50 000 ind./m², soit une biomasse de 1 kg/m² ; mais 800 000 ind./m² de *Littorina neritoides* peuplent les Chthamales vides. Les Gastéropodes herbivores sont représentés par ailleurs par *Patella vulgata* (68 ind./m² soit 60 g/m², brut). De 3,5 à 3 m, *Lichina pygmaea* atteint un recouvrement de 15 % et *Fucus spiralis* est représenté par 20 ind./m² ; le peuplement animal se compose de *Gibbula umbilicalis* (4 ind./m²) et *Littorina rudis* (1 ind./m²). A partir de 2 m, le peuplement de *Fucus serratus* s'étend jusqu'au niveau des basses mers avec une biomasse de 12 kg/m². En dessous du zéro, on a relevé un peuplement à *Cystoseira baccata* (26 ind./m², soit 6,08 kg/m²), *Halidrys siliquosa* (1 ind./m², soit 1 kg/m²), *Laminaria saccharina* (2 ind./m², soit 200 g/m²), *Sacchoriza polyschides* et *Laminaria hyperborea*. L'ensemble représente une biomasse de l'ordre de 9 kg/m² et les peuplements sont tronqués par le sable.

Le centre de l'îlot est formé par un plateau surbaissé. On y rencontre des mares à *Bifurcaria bifurcata*, et l'effet d'abri horizontal permet le développement d'un peuplement à *Fucus vesiculosus*. Celui-ci atteint, entre le sommet du plateau et 3 m, une taille moyenne de 20 à 25 cm, avec une biomasse de 3,7 kg/m² pour un recouvrement de 60 %. La strate herbacée est absente. La strate muscinante a un recouvrement de 20 %, dont 18 % de *Corallina officinalis* et 2 % de *Dictyota dichotoma*, *Cladophora rupestris* et *Polysiphonia elongata*. La strate encroûtante est composée de *Lithothamnium lenormandi* (10 % de recouvrement et 50 g/m²) et *Balanus perforatus* dont la biomasse brute moyenne est 5,7 kg/m², soit 2 500 ind./m² pour un recouvrement de 33 %. De 3 à 2 m, la roche est couverte à 100 % de *Fucus vesiculosus* (380 pieds/m², soit 8,9 kg/m²). A partir de 2 m, on trouve un peuplement à *Fucus serratus* recouvrant la roche à 40 % (88 pieds/m², soit 5,9 kg/m²) ; la strate herbacée est composée de *Chondrus crispus* (rec. 20 %, 3 kg/m²) et *Ulva lactuca* ; la strate muscinante

est composée de *Laurencia pinnatifida* (recouvrement 60-70 %) et la strate encroûtante représentée par *Lithothamnium lenormandi* (70 % de recouvrement). Le peuplement animal, aux trois niveaux dont la végétation vient d'être décrite, est présenté dans le tableau ci-dessous, où D est la densité (ind./m²), R le recouvrement (%) pour les animaux sessiles, et B la biomasse brute (g/m²).

TYPE	NIVEAU →	> 3 m			3 - 2 m			< 2 m		
	TAXON ↓	D	R	B	D	R	B	D	R	B
1	<i>Patella vulgata</i>	110	-	680	288	-	560	48	-	90
	<i>Gibbula umbilicalis</i>	272	-	Σ = 220	8	-	Σ = 60	-	-	-
	<i>Gibbula cineraria</i>	12	-		-	-		-	-	-
	<i>Gibbula pennanti</i>	4	-		36	-		24	-	20
	<i>Littorina obtusata</i>	140	-		32	-		-	-	-
	<i>Littorina littorea</i>	8	-	-	-	-	-	-	-	-
2	<i>Nassa incrassata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Nucella lapillus</i>	20	-	40	4	-	8	-	-	-
3	<i>Clibanarius misanthropus</i>	-	-	-	4	-	n.m.*	-	-	-
4	<i>Balanus perforatus</i>	2500	33	5700	2300	30	5200	360	5	820

Types d'animaux : 1 Gastéropodes herbivores
 2 Gastéropodes carnivores
 3 Crustacés vagiles
 4 Cirripèdes (Crustacés sessiles)

Poul-Haut

Poul-Haut est formé de deux têtes de roches portant des peuplements à Moules et à Chthamales dans les hauts niveaux, puis un peuplement à *Fucus serratus* qui couvre la roche à 40 et même par endroits à 70 %. Il surmonte une ceinture de *Laminaria digitata* d'un recouvrement de 60 % qui se prolonge

* n.m. = non mesuré.

sous les basses mers par la présence de *Laminaria hyperborea* et *Sacchoriza polyschides*. Le contact avec le sable se fait vers -6 m et, selon la règle, les roches avoisinant le sable sont peuplées d'*Halidrys siliquosa*, dont le recouvrement est ici de 60 %.

Les Pierres Noires

La tourelle des Pierres Noires est implantée sur un semis d'écueils subaffleurants, fortement battus, portant des moulières et des *Pollicipes cornucopioides*. Les peuplements y sont très proches de ceux décrits dans l'étude d'avant-projet de Plogoff, *Alaria* faisant toutefois défaut.

PEUPELEMENTS NON EXONDABLES

Généralités

Les peuplements non exondables se trouvent, au voisinage du site d'Erdeven, dans des conditions de milieu assez variées et apparaissent en liaison avec les différentes lithosères reconnues en zone littorale. Leurs caractères dominants sont :

- l'interruption des peuplements rocheux vers le bas par la masse sableuse : le contact se fait vers - 5 m, - 6 m, parfois même plus haut, de telle sorte que l'on ne rencontre pas, sinon au Pierres Noires, la succession complète des peuplements rocheux de la zone euphotique. La zone de contact est caractérisée par une fruticée dense à *Halidrys siliquosa* enrichie dans les milieux abrités par *Cystoseira baccata*, *Laminaria digitata* et *Sacchoriza polyschides*. Les biomasses des peuplements de contact sont appauvries par rapport à celles des peuplements de la roche franche.

- la correspondance des peuplements avec des modes extrêmement variés. La figure 3 schématise la distribution qualitative et quantitative des espèces dominantes en fonction de l'hydrodynamisme, exprimé par les lithosères de la zone intertidale.

- l'importance exceptionnelle des peuplements à *Laminaria digitata*. Il s'agit d'une espèce d'intérêt commercial produisant un alginate incolore et

c'est la seule algue traitée par les usines françaises. Les peuplements de *Laminaria digitata* d'Erdeven semblent inexploités.

La structure des peuplements est caractérisée par la superposition de strates d'organismes de hauteur différente. De la plus basse à la plus élevée, on trouve :

- une strate encroûtante épaisse de 0,2 à 2 mm, formée d'algues multicellulaires. Elle s'étend de - 20 m environ à + 2 m, avec une biomasse moyenne de 0,1 kg/m² ;

- une strate muscinante et herbacée, plus élevée (de 5 à 25 cm) qui débute vers - 18 m et se poursuit jusqu'à + 2,5 m. Sa biomasse maximale est atteinte entre - 10 et + 2 m avec une valeur moyenne de l'ordre de 3 kg/m². De - 18 à - 10 m, dominant des Algues brunes, qui sont, du bas vers le haut: *Halopteris filicina*, *Dictyopteris membranacea* et *Dictyota dichotoma*. Au-dessus de - 10 m, les Algues rouges prennent le relais ; ce sont essentiellement des espèces calcifiées : *Corallina officinalis* (jusqu'à 2 kg/m², brut) portant des planchers épiphytes de *Mesophyllum lichenoides*. Les Algues rouges non calcifiées qui participent à la constitution de cette strate sont successivement, des plus profondes aux plus superficielles :

- *Bonnemaisonia asparagoïdes*
- *Heterosiphonia plumosa*
- *Cryptopleura ramosa*
- *Acrosorium uncinatum*
- *Callophyllis laciniata*
- *Asparagopsis armata*
- *Chondrus crispus*
- *Laurencia pinnatifida*

- une strate frutescente ou arbustive dont la biomasse varie de 6 à 26 kg/m². De - 15 m à 4 m, *Laminaria hyperborea* domine en peuplements presque purs, âgés en moyenne de 2,5 à 5 ans suivant les stations. Les biomasses maximales se rencontrent vers - 4 ou - 5 m et sont de l'ordre de 12 à 15 kg/m².

FIGURE 3 (p. 127)

On a porté en brun la nature des peuplements algaux en fonction des conditions hydrodynamiques d'une part et de la profondeur d'autre part. On a vu (Fig. 2) que les algues se répartissent en ceintures en fonction de la profondeur, et qu'à chaque type de conditions d'exposition correspond une série verticale de peuplements ou *lithosère*. Dans les portions les plus abritées, à gauche sur la figure, le sable forme une pellicule sur l'ensemble de la roche, empêchant le développement des espèces de sous-strate. Ce phénomène conduit à distinguer une septième lithosère correspondant à un peuplement à *Ascophyllum* appauvri, où seules les espèces de grande taille se trouvent représentées. Chaque station de prélèvement est repérée par son exposition. La nature de son peuplement peut donc être lue sur la verticale qui lui correspond.

On a porté en bleu en petits caractères, les valeurs des biomasses mesurées à chaque station pour les différentes espèces d'algues aux diverses profondeurs. Leur répartition permet de tracer des courbes d'isobiomasses pour l'ensemble du peuplement. Les plus fortes valeurs se rencontrent entre 0 et - 4 m pour les modes battus et entre + 2 et - 1 m pour les modes abrités, ce qu'exprime la partie hachurée de la figure.

Remarque :

Plusieurs dénominations peuvent se trouver dans la littérature pour désigner une même espèce. Les délais techniques d'impression de la figure n'ont pas permis une vérification de la nomenclature actuellement valide et quelques espèces sont désignées par des noms incorrects, rectifiés ci-après :

Bifurcaria rotunda = *Bifurcaria bifurcata*
Laminaria flexicaulis = *Laminaria digitata*
Sacchoriza bulbosa = *Sacchoriza polyschides*.

De - 4 à + 1 m, s'étendent les peuplements à *Laminaria digitata* d'un âge moyen de 2 à 2,5 ans et formant des biomasses de 20 à 25 kg/m². Il faut noter que pour les mêmes âges, les pieds peuvent avoir des tailles très différentes avec un contingent de grands individus qui forment un dais, ombrant des individus plus petits et plus nombreux. (cf. figure 4). Ce peuplement végétal donne une impression de grande exubérance. L'on doit prévoir que *Laminaria digitata* et *Laminaria hyperborea*, espèces d'affinités nordiques, verront leurs peuplements affectés par les rejets d'eau chaude. Ils disparaîtront probablement localement au profit de *Sacchoriza polyschides* et *Laminaria ochroleuca*, d'affinités plus méridionales.

Les Pierres Noires

Aux Pierres Noires, en milieu très battu, le peuplement est dominé de + 1 m à - 4 m par une forêt de *Sacchoriza polyschides* atteignant des biomasses de 12 à 17 kg/m². De - 5 à - 10 m, on rencontre un champ dense de *Laminaria hyperborea* constituant des biomasses de 8 à 10 kg/m², puis le peuplement devient clairsemé jusqu'à - 15 m. De - 15 à - 17 m, les espèces de la sousstrate prennent le relais; *Dictyopteris membranacea* constitue notamment des biomasses de 1 kg/m². De - 17 à - 20 m, un peuplement encroûtant à *Lithophyllum incrustans* recouvre la roche, atteignant des biomasses de 0,5 kg/m².

Roëlan Ouest et Rouzès Ouest

Les peuplements non exondables poursuivent une lithosère à *Fucus serratus*. Ils sont constitués de + 1 m à - 4 m par un peuplement à *Laminaria digitata* très dense constituant des biomasses de 21 à 23 kg/m². De - 4 à - 10 m, un peuplement de *Laminaria hyperborea* prend le relais avec des biomasses de 8 kg/m².

Rouzès Est et Roche Sèche

A Rouzès Est, comme sur les portions abritées de Roche Sèche, le peuplement est constituée d'un mélange de *Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea* et *Sacchoriza polyschides*. Les algues descendent jusqu'à - 4 m quand le sable ne remonte pas plus haut, et atteignent localement des biomasses de 20 à 26 kg/m².

Etude dynamique des peuplements

Le tableau V en annexe récapitule l'importance relative des biomasses des différentes espèces aux niveaux les plus fréquemment rencontrés, tandis que le tableau VI indique la structure démographique des populations de ces espèces aux différentes stations. A partir de ces données, il a été possible de calculer la production des divers peuplements ; ces résultats sont donnés dans le tableau VII. La procédure employée est précisée plus en détail ci-après, de même que les résultats essentiels.

Les stipes de *Laminaria hyperborea* présentent, comme l'avait décrit KAIN (1963), des anneaux d'interruption de croissance à signification annuelle. Il en est de même pour *Laminaria ochroleuca* (BRAUD, 1974), et nous avons pu l'établir à Erdeven pour *Laminaria digitata*, ce qui n'avait pu être fait par KAIN en Ecosse. La pratique d'une coupe transversale à la base du stipe permet donc d'établir l'âge de chaque individu. La croissance des frondes de Laminaires peut, par ailleurs, être mesurée par migration d'une perforation faite à 10 cm du contact stipo-frondal. Les travaux effectués en Normandie sur *Laminaria digitata* et à Roscoff sur *Laminaria ochroleuca* (PEREZ, 1969. COSSON, 1967) montrent que la croissance annuelle des frondes de Laminaires, compte tenu de leur usure, est sensiblement égale à 2 fois leur longueur estivale. Nous avons donc admis que la production annuelle de la fronde était égale à 2 fois son poids maximal en période estivale. A la production de la fronde, il convient d'ajouter la production du stipe, obtenue par différence entre les poids moyen de stipes observés sur des individus ayant un an de différence.

Les productions ainsi obtenues, qui ne sont certainement pas surévaluées, indiquent cependant des valeurs exceptionnellement fortes par rapport aux écosystèmes connus sous nos latitudes. Rappelons pour mémoire que 30 à 35 tonnes par hectare et par an représentent un maximum réalisé dans nos meilleures forêts de conifères et dans certains marécages eutrophes (ces valeurs et les suivantes étant exprimées en *poids sec*). Pour les cinq premiers mètres en dessous du zéro des cartes marines, on obtient pour les environs du site d'Erdeven une valeur moyenne de 47 tonnes/ha/an, se répartissent comme suit :

- Roche Sèche : 37 t/ha/an
- Roëlan : 42 et 27,4 t/ha/an (selon l'exposition)
- Poul-Haut : 71 t/ha/an
- Rouzès : 50-51 t/ha/an.

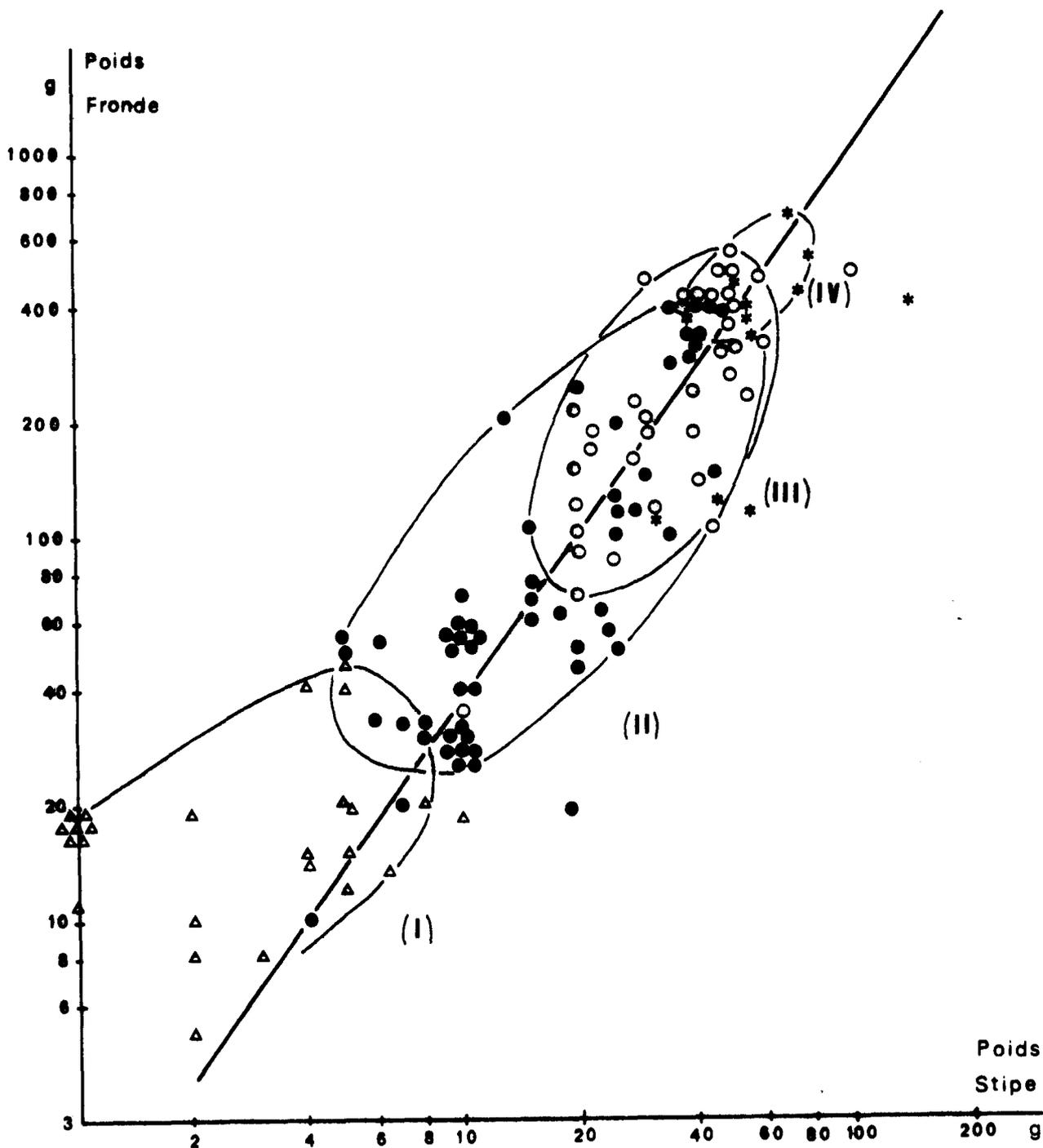


FIGURE 4 - Répartition par taille des individus chez *Laminaria digitata*

Les divers figurés correspondent aux différents âges : I, II, III, IV

La prise en considération des individus de chaque classe d'âge à chaque station a permis d'établir une production P et une biomasse moyenne B pour la station. Le taux de production P/B ne varie que de 1,71 à 1,78 en fonction des différentes structures démographiques rencontrées.

Dans une première étape de l'étude du site d'Erdeven, nous avons estimé que l'essentiel de la production benthique était lié aux fonds meubles, qui sont de loin les plus étendus dans le secteur. Cependant, la faible production des fonds meubles nous a amené à envisager l'importance relative des surfaces rocheuses. En effet, si la production primaire des fonds de sable fin est environ de 10 g de carbone par m² et par an, des fonds rocheux de niveaux comparables produisent, si l'on applique aux chiffres obtenus dans le cadre de la présente étude les facteurs de conversion usuels, 1 à 3 kg de carbone par m² et par an. Des surfaces rocheuses relativement peu abondantes peuvent donc néanmoins avoir un rôle déterminant dans la fertilité naturelle d'un site. Le tableau VIII, en annexe, indique la production affectable dans les zones concernées par des échauffements de + 0,5 ; + 1, + 2 et + 3°C.

CONCLUSION

Le point à souligner est la remarquable fertilité des fonds rocheux du site, ainsi que la grande diversité des peuplements végétaux, exprimée par la diversité des lithosères rencontrées. Il s'ensuit une richesse et une diversité comparable des peuplements animaux qui leur sont liés. La structure morcelée des fonds rocheux amène le développement de nombreuses lisières entre roches et sédiments, qui sont les lieux privilégiés de la production de poissons (Lieux et Bars en particulier) et de Crustacés. Les Bouquets, *Leander serratus*, et les Etrilles, *Macropipus puber*, étaient particulièrement abondant lors de nos plongées. Il faut noter que l'absence de l'Araignée de mer, *Maia squinado*, était normale à cette saison.

Le réchauffement des eaux du site d'Erdeven, qui correspond à un milieu typique d'accumulation du fait de la présence d'une barrière rocheuse, et du fait de son exposition aux vents dominants, aurait pour conséquence inévitable la disparition de *Laminaria hyperborea* et surtout celle de *Laminaria digitata*, espèce commerciale ici spécialement exubérante. On pourrait s'attendre très probablement au développement de "marées vertes", constituées par le pullulement d'*Ulva lactuca*, dont la décomposition amènerait la destruction des peuplements animaux du sédiment.

ANNEXE III

		p.
III-1	Cartes	135
III-2	Tableaux	143

A N N E X E III-1

	p.
CARTE 18 - Surfaces rocheuses affectables par diverses valeurs d'échauffement	137
CARTE 19 - Massif de Roche-Sèche : nature du substrat et couverture algale	139
CARTE 20 - Massif de Roche-Sèche : peuplements sessiles	141

Carte n° 18 (ci - contre):

Limite des secteurs susceptibles de subir un échauffement donné:

S ₁	+ 3°C
S ₂	+ 2°C
S ₃	+ 1°C
S ₄	+ 0,5°C

S₅ : ensemble du secteur susceptible d'être touché
(hypothèse correspondant à un fort vent de Nord-Ouest)

Localisation des surfaces rocheuses:



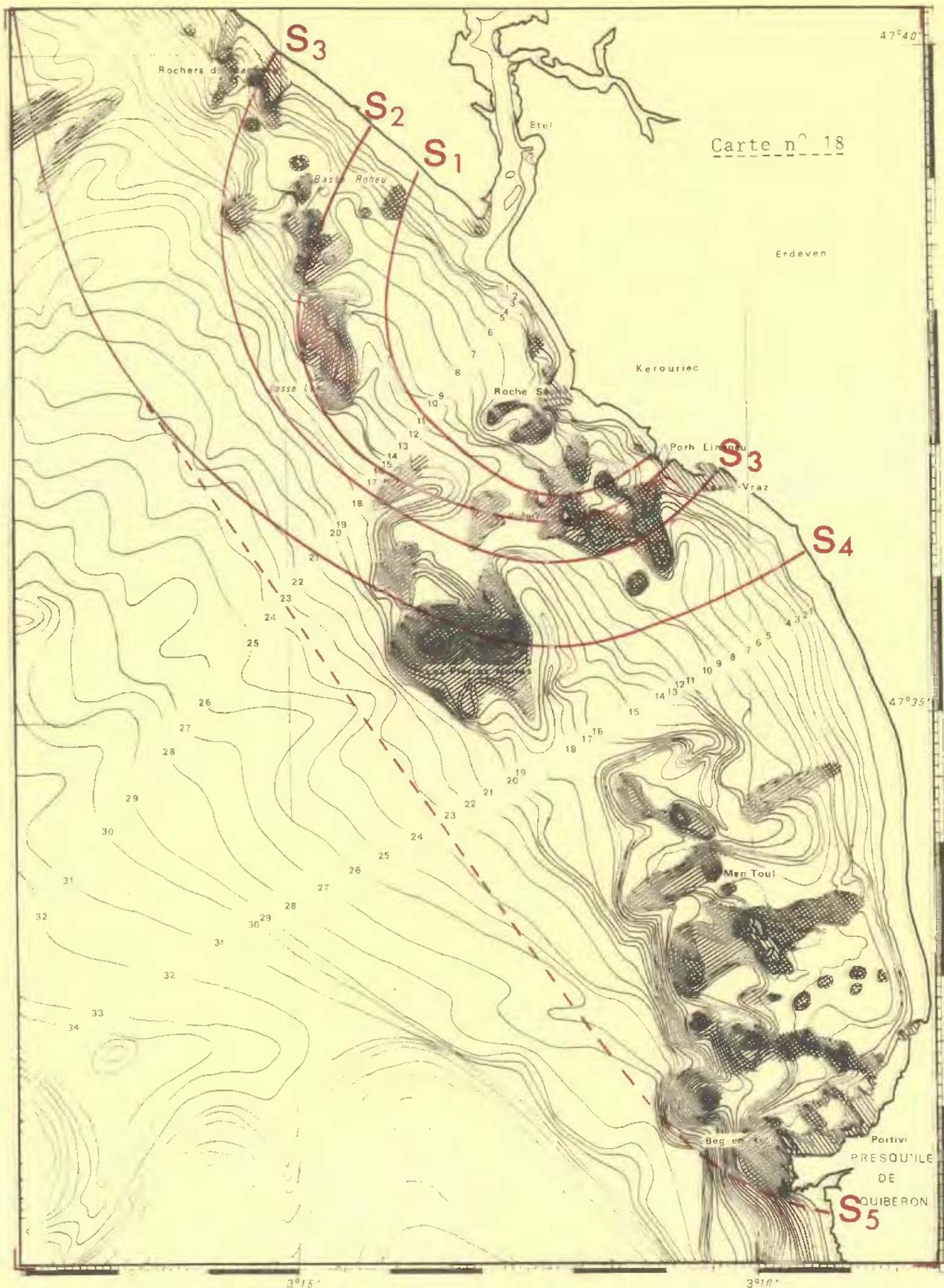
au-dessus de 0 m.

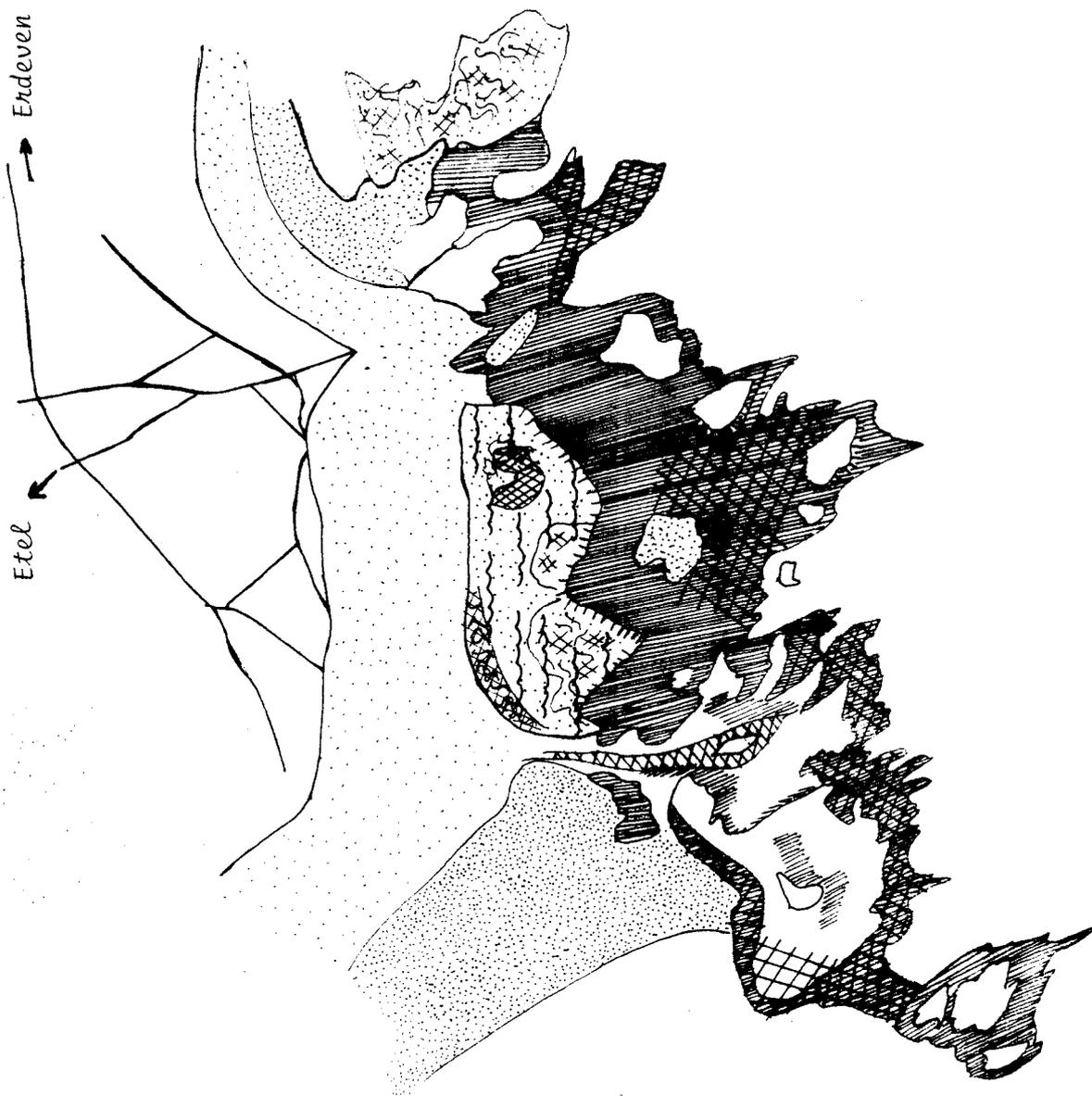


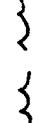
de 0 à - 6 m.



de - 6 à - 15 m.





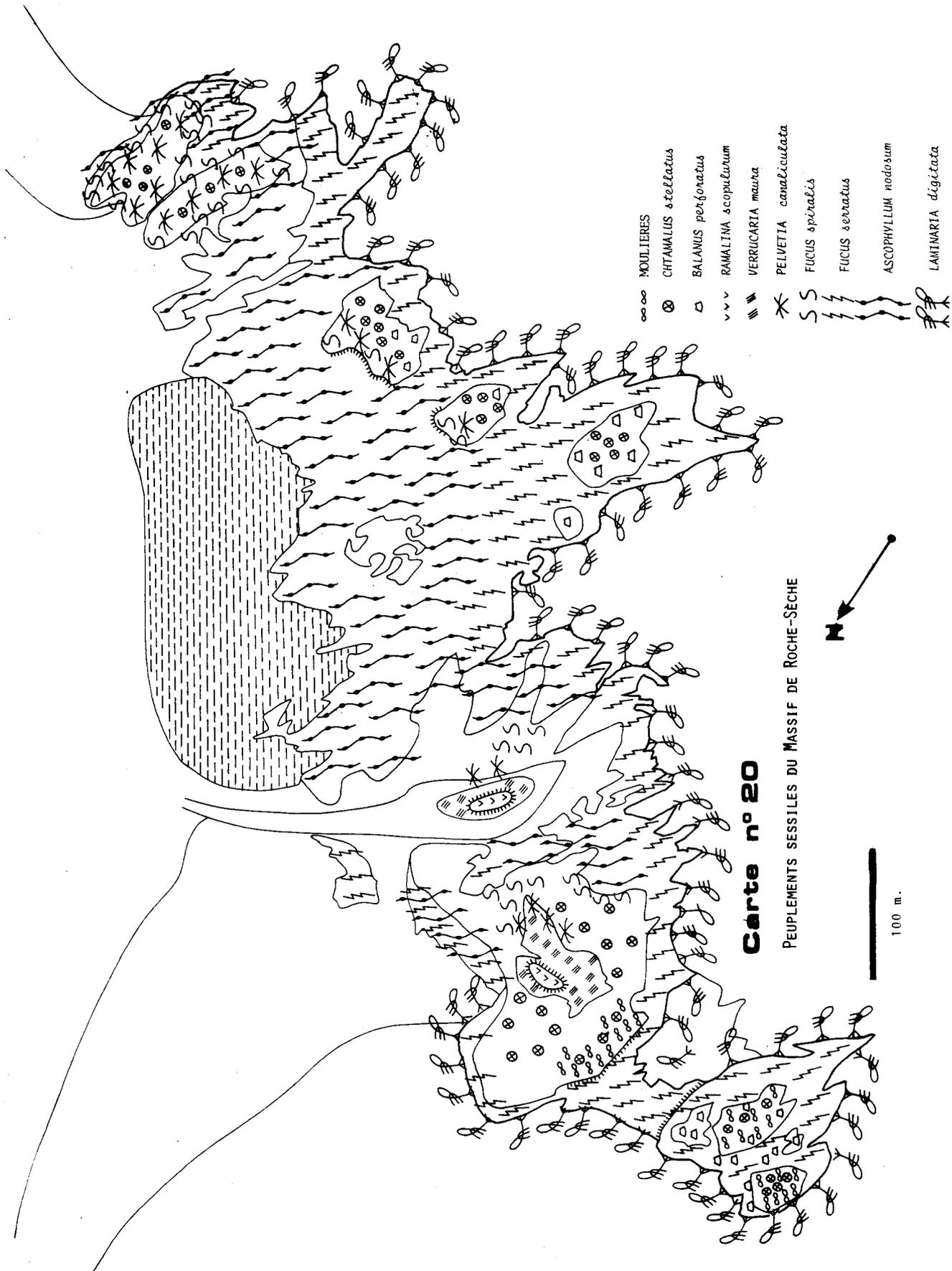
-  Surface rocheuse apparente
-  Champs de blocs
-  Blocs épars
-  Sable
-  Couverture d'Algues
-  Déchets d'Algues
-  Retenue d'eau permanente



CARTE N° 19

MASSIF DE ROCHE SECHE :

NATURE DU SUBSTRAT ET COUVERTURE ALGALE



ANNEXE III-2

	p.
TABLEAU V - Caractéristiques des peuplements d'Algues des différentes stations infratidales	144
TABLEAU VI - Age et structure démographique des Lami- naires aux différentes stations	145
TABLEAU VII - Croissance et production des Laminaires aux différentes stations	146
TABLEAU VIII - Fertilité algale dans les zones soumises à diverses valeurs d'échauffement éventuel	147

T A B L E A U V

CARACTERISTIQUES DES PEUPELEMENTS D'ALGUES DES DIFFERENTES STATIONS INFRA-TIDALES : IMPORTANCE RELATIVE DES GRANDES ESPECES

Nombre d'individus (1) et poids en Kg/m² (2) pour les principales espèces

STATIONS ET PROFON- DEUR ESPECES	ROCHE SECHE		ROHELLAN			ROUZES				POUL-HAUT	
	A	B	C	D	E	F	G	G'	G''	H	I
	-5 m	-4 m	-6 m	-8 m	0 m	-5 m	-1 m	0 m	0 m	-4 m	-4 m
<i>Fucus serratus</i> (1) (2)	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
<i>Laminaria digitata</i> (1) (2)	-	-	-	-	-	66 13,8	97 16,7	216 23,7	-	3 0,57	-
<i>Laminaria ochroleuca</i> (1) (2)	-	-	-	-	-	4 1	9 5,3	-	-	-	-
<i>Laminaria hyperborea</i> (1) (2)	16	23	28	10	7 7,5	11 6,6	-	-	-	61 16,8	19 12,7
<i>Laminaria saccharina</i> (1) (2)	-	-	-	-	7 0,4	-	-	-	-	-	-
<i>Saccorhiza polyschides</i> (1) (2)	1	2	2	0,2	-	-	-	-	-	-	1 0,5
<i>Halydris silicosa</i> (1) (2)	-	-	-	-	11 4,5	-	-	-	-	-	-
<i>Cystoseira baccata</i> (1) (2)	-	-	-	-	15 2,4	-	-	-	-	-	-
Biomasse des Algues en Kg frais/m ²	12,1	14,9	14,6	8	14,9	21,6	22	23,7	8,8	21	12,6
Biomasses des frondes	10,800	9,300	12	5,87	-	17,34	-	-	-	17,34	10,0
Surface des frondes en m ² /m ²	7,1	8,6	10	5	8,2	12	-	-	-	14	8

T A B L E A U VI

Age exprimé en anneau de croissance annuel et structure démographique
des Laminaires aux différentes stations

STRUCTURE D'AGE		LAMINARIA HYPERBOREA						L. DIGITATA	
NOMBRE D'INDIVIDUS au m ² , présentant:	STATIONS ET PROFONDEURS en m	ROCHE SECHE		ROHELLAN		POUL-HAUT		ROUZES	
		A	B	C	D	H	I	F	G
		-5 m	-4 m	-6 m	-8 m	-4 m	-4 m	-5 m	0 m
	1 anneau	0	1	2	0	17	0	5	29
	2 anneaux	2	8	9	1	10	6	31	37
	3 anneaux	8	6	12	1	17	4	23	23
	4 anneaux	5	7	4	1	10	2	8	7
	5 anneaux	1	1	1	3	6	3	-	1
	6 anneaux	-	-	-	3	1	1	-	-
	7 anneaux	-	-	-	1	-	2	-	--
	8 anneaux	-	-	-	-	--	1	-	--
NOMBRE TOTAL D'INDIVIDUS AU m ²		16	23	28	10	61	19	67	97
AGE MOYEN DES INDIVIDUS		3,3	2,9	2,75	4,9	2,68	3,94	2,5	2,11

T A B L E A U VII - Croissance et production des Laminaires aux différentes stations.

S T A T I O N S	L A M I N A R I A H Y P E R B O R E A																	
	ROCHE SECHE - STATIONS A et B					ROUELLAN - STATIONS C et D					POUL-HAUT - STATION H							
	1	2	3	4	5	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL	1	2	3	4	5	6
Nombre d'anneaux	25	130	500	900	1 200		25	130	500	900	1 200		50	75	350	700	800	
Poids frais individuel total - Wt en g.	24	122	430	680	820		24	122	430	680	700		50	72	310	560	620	
Poids individuel de frome - Wf en g.	1	8	70	220	380		1	8	70	220	300		1	3	40	140	180	
Poids individuel de stipe - Ws en g.	50	251	920	1 510	1 810		50	251	920	1 510	1 600		102	146	657	1220	1280	
Production annuelle individuelle 2 Wf + Ws - Wt - 1 en g.	1	5	7	6	1	20	5	9	12	4	3	17	10	10	17	10	6	61
Nombre d'individus producteurs/m2	55	1 255	6 440	9 060	1 810	18 620	15	251	920	1 510	1 600	1 710	1460	11200	12200	8960	35554	
Production de la population sous forme de croissance (P)						10 700												20150
Biomasse moyenne par station (B) en g de poids frais/m2						1,73												1,76
Productivité (P/B)																		

S T A T I O N S	L A M I N A R I A D I G I T A T A										
	ROUZES - STATION F					ROUZES - STATION G					
	1	2	3	4	TOTAL	1	2	3	4	5	TOTAL
Nombre d'anneaux	14	158	248	415		16,1	116,5	336,2	422,9	350	
Poids frais individuel total - Wt en g.	10	133	214	348		13,7	99	291,6	364,1	295	
Poids individuel de frome - Wf en g.	4	25	34	67		2,5	17,4	40,3	55,9	55	
Poids individuel de stipe - Ws en g.	25	287	437	729		31	213	605	744	600	
Production annuelle individuelle 2 Wf + Ws - Wt - 1 en g.											
Nombre d'individus producteurs/m2											
Production de la population sous forme de croissance (P)						24865	900	7900	13900	5208	600 28 508
Biomasse moyenne par station (B) en g de poids frais/m2						13 990					16 700
Productivité (P/B)						1,78					1,71

T A B L E A U VIII - ERDEVEN. FERTILITE ALGALE DES FONDS ROCHEUX DANS LES DIFFERENTES ZONES
 MATERIALISEES PAR LES ISOLIGNES DE SURCROIT THERMIQUE + 3, + 2, + 1, + 0,5°C,
 DANS LE CAS DES EFFLUENTS D'UNE CENTRALE DE 5 GW

LIMITES DU SECTEUR PRIS EN COMPTE FN DEHORS DE LA RIA	SURFACE ROCHEUSE		BIOMASSE MOYENNE en m ²		BIOMASSE TOTALE		PRODUCTION TOTALE P = 1,73 B		Prévision de la Production exploitable par l'homme en T
			Poids frais en Kg/m ²	Poids sec en Kg/m ²	Poids frais en T	Poids sec en T	Poids frais en T	Poids sec en T	
Surface correspondant à un échauffement > 3°C (S ₁ = 8 km ² *)	au-dessus de 0m	42 ha	8	1,6	3 360	672	5 800	1 160	34
	entre 0 et - 6m	84 ha	20	4	16 800	3 360	29 000	5 800	168
	entre -6 et - 15m	28 ha	7	1,4	1 960	392	3 390	679	20
	TOTAL	154 ha	14,4	2,9	22 120	4 424	38 200	7 650	222 T
Echauffement > 2°C (S ₂ = 14 km ²)	au-dessus de 0m	56 ha	8	1,6	4 480	896	7 750	1 550	45
	entre 0 et - 6m	126 ha	20	4	25 200	5 040	43 600	8 720	252
	entre -6 et - 15m	225 ha	7	1,4	15 750	3 150	27 200	5 450	157
	TOTAL	407 ha	11,2	2,24	45 430	9 086	78 500	17 100	454 T
Echauffement > 1°C (S ₃ = 26 km ²)	au-dessus de 0m	112 ha	8	1,6	8 960	1 792	15 500	3 100	89
	entre 0 et - 6m	267 ha	20	4	53 400	10 680	92 400	18 500	534
	entre -6 et - 15m	309 ha	7	1,4	21 630	4 326	37 500	7 500	216
	TOTAL	688 ha	12,2	2,44	83 990	16 798	145 000	28 900	839 T
Echauffement > 0,5°C (S ₄ = 49 km ²)	au-dessus de 0m	154 ha	8	1,6	12 320	2 464	21 400	4 260	123
	entre 0 et - 6m	365 ha	20	4	73 000	14 600	126 000	25 300	730
	entre -6 et - 15m	492 ha	7	1,4	34 440	6 888	59 600	11 940	344
	TOTAL	1011 ha	11,8	2,36	119 760	23 952	207 000	41 500	1 197 T
Ensemble du secteur susceptible de subir un échauffement (S ₅ = 104 km ²)	au-dessus de 0m	208 ha	8	1,6	16 640	3 328	28 800	5 750	166
	entre 0 et - 6m	632 ha	20	4	126 400	25 280	219 000	43 800	1 264
	entre -6 et - 15m	1042 ha	7	1,4	72 940	14 588	126 000	25 200	729
	TOTAL	1882 ha	11,5	2,3	215 980	43 196	374 000	74 600	2 160 T

* VOIR CARTE n° 18

CHAPITRE IV

HYDROLOGIE ET PLANCTON

par Jacques LE FÈVRE

avec la collaboration de Jean-Claude COCHARD

ETUDE DU PHYTOPLANCTON PAR Jean-René GRALL

INTRODUCTION

Physico-chimie de l'eau de mer et populations planctoniques sont toujours étroitement liés, et il est rationnel de les étudier conjointement, car si les variations des paramètres hydrologiques expliquent évidemment pour une grande part celles des populations planctoniques, la composition spécifique et l'évolution de ces dernières concourent aussi à l'interprétation d'un certain nombre de données physiques.

La caractéristique principale des phénomènes, tant physiques que biologiques, se déroulant au sein des masses d'eau, est leur variabilité à courte période, surtout en milieu côtier, par comparaison avec la relative stabilité des caractères géographiques ou géomorphologiques et des populations terrestres ou benthiques. Le faible temps de réponse du plancton aux variations des caractères physiques du milieu le rend très susceptible de subir des modifications profondes sous l'influence de diverses perturbations. Ces modifications pourront ensuite se répercuter sur d'autres compartiments de l'écosystème, dont certains d'importance économique (Poissons consommateurs de plancton). De plus, la plupart des organismes benthiques ont, sous nos climats, une phase larvaire planctonique beaucoup plus sensible que les adultes aux variations de milieu. A long terme, certaines populations benthiques peuvent être affectées davantage par les effets d'une perturbation systématique sur la survie des larves que sur celle des adultes. Tout ceci justifie largement la prise en considération des écosystèmes pélagiques dans le cadre d'études d'impacts écologiques d'aménagements du littoral.

Mais la variabilité de ces écosystèmes se traduit, en particulier dans nos régions, par l'existence d'un cycle annuel très prononcé qui se répète à peu près identique à lui-même dans la mesure où n'interviennent pas des accidents climatiques trop importants. Toute étude de plancton et d'hydro-

logie intéressant un secteur côtier devrait donc couvrir une période d'au moins un an, voire deux ans pour le cas où les conditions d'une année donnée s'écarteraient sensiblement des conditions moyennes de référence.

Il est évidemment impossible de procéder ainsi dans le temps trop court imparti aux études E.D.F. d'avant-projet. En l'absence de données publiées directement utilisables, ce qui est le cas pour le site d'Erdeven, il est cependant souhaitable de procéder à une étude du milieu pélagique si l'on prend soin de couvrir certaines périodes critiques du cycle annuel, en évitant en particulier de se limiter à la période de repos hivernal (novembre-février). Les périodes critiques qu'il est souhaitable d'étudier sont :

- la poussée printanière du phytoplancton ;
- l'été, qui voit souvent le développement d'une circulation de densité et se trouve être une période particulièrement sensible pour un problème d'impact thermique, dans la mesure où il permet d'appréhender les conditions les moins favorables au mélange des eaux et l'effet de la température sur les organismes ;
- et enfin le début de l'automne, qui voit ou non, selon les conditions hydrologiques (GRALL, 1972), se développer une deuxième poussée phytoplanctonique.

Le calendrier d'étude du site d'Erdeven permettait d'être sur le terrain de mai à début septembre, soit la plus grande partie de la période critique, ce qui, contrairement au cas d'autres sites, permettait l'élaboration d'un compromis raisonnable entre les exigences administratives et les caractéristiques concrètes du terrain, condition nécessaire pour entreprendre une étude pélagique.

Il faut toutefois avoir présent à l'esprit que le programme de cette étude représente un compromis. En raison du temps imparti, il a fallu limiter le nombre de stations, les types de prélèvements, et, compte-tenu des délais de remise du rapport, l'importance de l'exploitation des résultats. Enfin, les conditions climatiques de la période d'étude s'écartent sensiblement de celles d'une année normale et la situation décrite ne représentera pas parfaitement

la situation habituelle. Ce dernier point ne présente cependant pas que des inconvénients, dans la mesure où la connaissance de conditions limites permet sans doute de mieux évaluer certains risques.

PROGRAMME D'ETUDE - METHODOLOGIE.

STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE :

La limitation pratique du nombre d'échantillons, principalement de zooplancton, qu'il était possible d'étudier, imposait un choix entre un très petit nombre de stations couvertes à une fréquence relativement élevée ou des stations plus nombreuses en se limitant à trois ou quatre sorties. Compte-tenu du fait que la durée totale de l'étude de terrain était courte, compte-tenu aussi qu'une sortie en mer présente toujours un certain risque quant à l'accomplissement effectif de son programme, on a préféré augmenter le nombre de sorties prévues en allégeant au maximum chacune d'entre elles, et la périodicité a été fixée à un demi-mois. De cette manière, les risques d'insuccès étaient réduits pour chaque mission, et en cas d'échec pour certaines d'entre elles, le nombre de mesures disponibles en fin d'étude présentait plus de chances de rester suffisant pour permettre une interprétation.

Cette façon de procéder se justifie également par des considérations de terrain. Le site d'Erdeven est en effet très proche (2 km) de l'embouchure de la rivière d'Etel, vaste bassin soumis à la marée sur 22 km². L'écosystème pélagique côtier a toute chance d'être soumis à l'influence prédominante des phénomènes affectant ce bassin, et c'est donc cette influence qu'il convient d'étudier en premier lieu. Par ailleurs, des résultats préliminaires (CAZENAVE, 1976) montrent que les problèmes de rejet thermique concernent essentiellement la zone proche du site et la rivière d'Etel elle-même. On a donc choisi de situer

les stations au voisinage immédiat de l'embouchure de la rivière d'Etel. Les stations régulièrement couvertes sont au nombre de trois et leur position est indiquée sur la carte n° 22, mise en place dans la géographie du secteur par le cadre délimité sur la carte n° 21. La régularité n'a pu être absolument parfaite, les conditions météorologiques ayant empêché une fois la couverture de la station 3, et les tirs d'artillerie du Polygone de Gâvres ayant provoqué quelques modifications inopinées, dont l'étude, une seule fois chacune, en lieu et place de stations habituelles, des stations 2' et 3' qui figurent sur la carte n° 21 p. 157.

A chacune des stations étudiées, le programme comportait les mesures suivantes :

- température
- salinité
- sels nutritifs (Nitrates, Phosphates)
- phytoplancton (Chlorophylle et dénombrement)
- zooplancton (Biomasse en poids sec et dénombrement)
- mesure de la transparence au disque de Secchi.

L'heure des prélèvements résulte de plusieurs contraintes, notamment la possibilité d'un aller-retour de Brest dans la journée, les nécessités professionnelles du patron du bateau à bord duquel étaient effectuées les sorties, la recherche de la proximité de la haute mer, pour avoir, d'une part la plus faible variation possible au cours d'une mission des paramètres étudiés, d'autre part une hauteur d'eau suffisante pour permettre un échantillonnage significatif du zooplancton au moyen d'un trait vertical. Ceci a conduit à fixer les dates de manière à obtenir la haute mer vers 12-14 h, ce qui correspond à peu près aux mortes-eaux. Les dates choisies ont quelquefois dû être déplacées à cause des tirs du Polygone de Gâvres. Les renseignements détaillés sur le programme effectivement appliqué sont donnés dans le Tableau IX Annexe IV-1.

Les sorties en mer étaient basées à PORTIVY en presqu'île de Quiberon et effectuées à bord du bateau de M. Maurice HENRIO.

Aux mesures effectuées en mer, on a ajouté celles de la température de l'eau au flot et au jusant en rivière d'Étel à Pont-Lorois, où la configuration du terrain est favorable à la mesure depuis la rive.

coefficient de marée

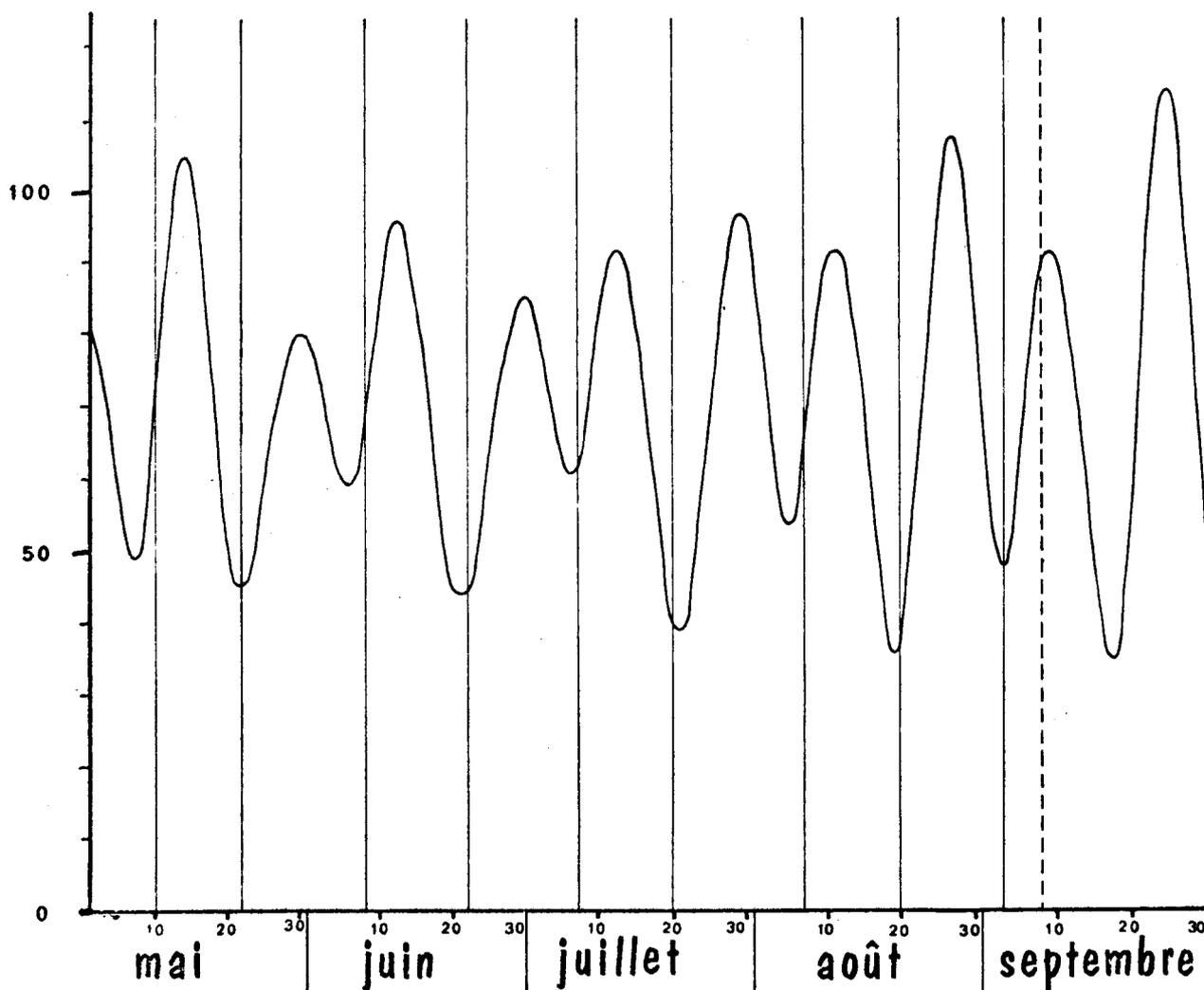


FIGURE 5 : Coefficients de marée dans la région d'Erdeven (réf. Port-Louis) de mai à septembre 1976.

Les lignes verticales indiquent les dates des sorties en mer, la dernière (trait discontinu) représentant la mission photographique aérienne du 8/9/76.

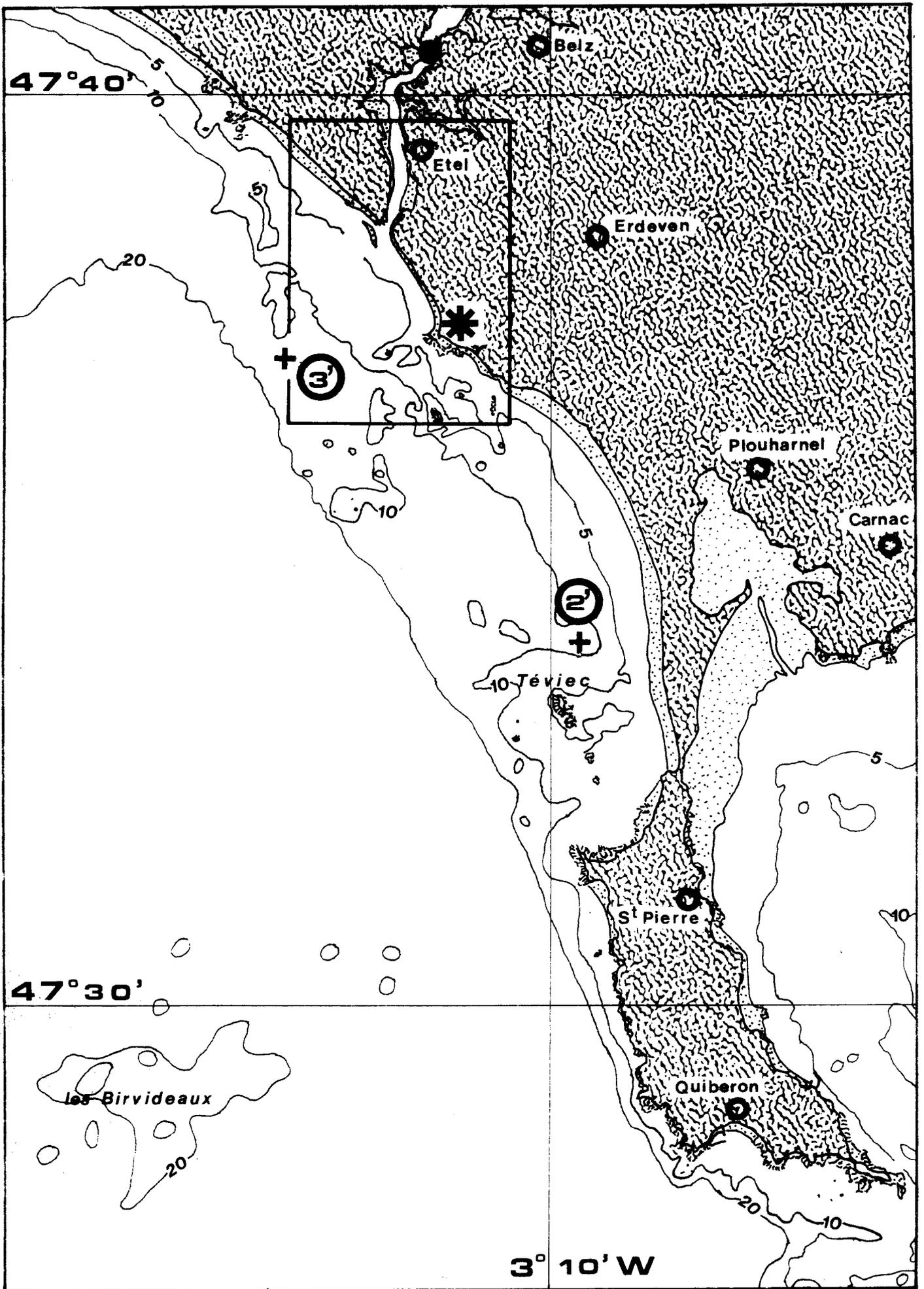
CARTE N° 21 : Mise en place de la zone étudiée du point de vue hydrologie et plancton

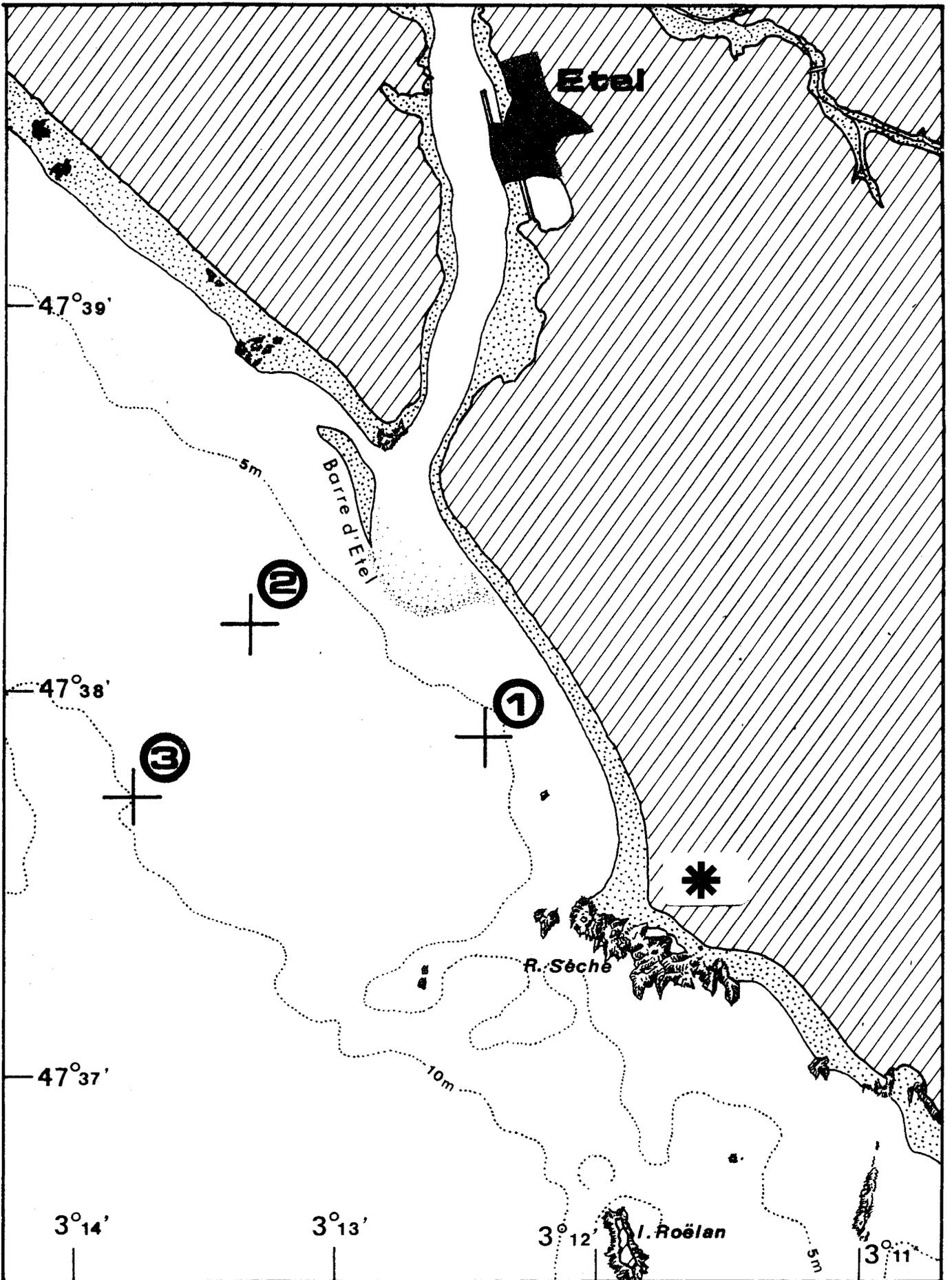
- *Le point noir plein sur la rivière d'Etel indique le lieu de mesure de la température au flot et au jusant.*
 - *Les stations 2' et 3' ont été échantillonnées chacune une fois (les 10 mai et 7 juillet respectivement) en remplacement des stations usuelles, inaccessibles à cause de tirs d'artillerie.*
 - *Le cadre plein délimite la carte suivante.*
-

CARTE N° 22 : Localisation des stations régulières, plancton et hydrologie

- Station 1 : $\phi = 47^{\circ} 37' 53''$ N G = $3^{\circ} 12' 26''$ W
- Station 2 : $\phi = 47^{\circ} 38' 10''$ N G = $3^{\circ} 13' 20''$ W
- Station 3 : $\phi = 47^{\circ} 37' 43''$ N G = $3^{\circ} 13' 46''$ W

 *Ce signe indique sur les deux cartes l'emplacement du site d'Erdeven.*





METHODES :

Hydrologie - Sels nutritifs :

La température a été mesurée au centième de degré à l'aide de thermomètres à renversement Richter & Wiese, en appliquant les corrections usuelles. Les profondeurs de mesure sont 0 et 5 m pour la station 1 (sonde moyenne 8 m) - 0, 5 m et la proximité du fond (1 à 2 m de distance) pour la station 2 (sonde moyenne 10 m) - 0, 5 et 10 m pour la station 3 (sonde moyenne 12-13 m). Aux mêmes profondeurs, des échantillons d'eau étaient prélevés, aux moyens de bouteilles Niskin lors des premières sorties, puis de bouteilles N.I.O., pour le dosage de la salinité et des sels nutritifs, l'échantillon de sels nutritifs étant congelé à bord. Les salinités ont été dosées par conductimétrie, pour partie au Laboratoire d'Océanographie Physique de l'Université de Bretagne Occidentale, pour partie au Centre Océanologique de Bretagne. La densité de l'eau de mer a été calculée à l'aide des tables publiées par l'U.S. Navy (Hydrographic Office)*. Les sels nutritifs ont été dosés à l'aide d'un auto-analyseur Technicon, pour partie au Laboratoire de Biologie Maritime et Régionale de Wimereux, pour partie au Centre Océanologique de Bretagne. Les résultats sont présentés sous forme de tableaux dans l'Annexe IV-1.

Phytoplancton :

A chaque station et profondeur, deux échantillons d'eau supplémentaires ont été prélevés dans la bouteille hydrologique. L'un, de 0,5 l en général, était conservé au frais, puis filtré pendant le retour au port sur filtre Whatman GF/C retenant l'essentiel du phytoplancton, les filtres étant aussitôt congelés pour le dosage ultérieur des pigments. L'autre échantillon était fixé à l'iode ou au formol et destiné à l'analyse floristique.

Biomasse phytoplanctonique (pigments) et composition floristique du phytoplancton ont été étudiés à la Station Biologique de Roscoff par M. J.R. GRALL, avec, pour les pigments chlorophylliens, l'aide technique de Melle E. ERARD

* Ce paramètre est exprimé, comme il est d'usage, par le σ_t , lié à la densité ρ par la formule: $\sigma_t = (\rho - 1) \times 1000$. Un σ_t de 26,45, par exemple, correspond donc à une densité de 1,02645.

Les méthodes employées sont celles mises en pratique couramment à la Station Biologique de Roscoff et également employées par l'équipe "Phytoplancton" de l'Unité "Littoral" du C.O.B. Les résultats sont donc strictement comparables à ceux actuellement acquis sur d'autres sites littoraux par cette équipe.

La biomasse du phytoplancton est mesurée par fluorimétrie au moyen de la technique de YENTSCH & MENZEL (1963), en adoptant les indications pratiques de NEVEUX (Laboratoire Arago, Banyuls). L'étude qualitative et quantitative est menée selon la méthode d'UTERMOHL, en utilisant un microscope inversé Zeiss.

Les tableaux de résultats figurent à l'Annexe IV-2a.

Zooplancton :

Pour permettre des comparaisons avec d'autres résultats de même nature, en particulier ceux obtenus par l'Unité "Littoral" du C.O.B. sur les autres sites E.D.F., on a utilisé le filet WP2, à maille de 200 μ , en trait vertical. En raison de la faible profondeur d'eau, cette manière de procéder posait deux problèmes : celui du fonctionnement pratique du filet (distance au fond) et celui de la représentativité statistique de l'échantillon, du fait du faible volume filtré. La nature meuble du fond a permis de résoudre ces problèmes en descendant le filet jusqu'à ce que le cercle ne soit qu'à quelques décimètres du fond, le cône filtrant reposant sur celui-ci en début de trait. La position de travail du filet a été vérifiée en plongée au cours de l'une des sorties. Cette manière de procéder permet qu'à la remontée du filet, la colonne d'eau pratiquement entière soit échantillonnée. Certains résultats (voir par exemple le graphique de l'abondance par unité de volume de *Paracalanus parvus* en fin de saison, Annexe IV-3) permettent de penser qu'on aboutit ainsi à une reproductibilité très satisfaisante des mesures.

A chaque station, deux échantillons étaient récoltés d'une manière identique. L'un était concentré par filtration partielle et fixé au formol pour

analyse taxonomique ultérieure, l'autre était immédiatement filtré sur une rondelle, numérotée et pré-pesée à 0,1 mg près, de matériel textile identique à celui du filet. Après essorage, cette rondelle était congelée. En fin d'étude, les rondelles ont été placées à l'étuve à 70°C jusqu'à poids constant (3 jours) et pesées à nouveau à 0,1 mg près, pour obtenir par différence la biomasse du zooplancton total (poids sec).

L'analyse taxonomique a été menée pour l'essentiel par J.C. COCHARD sous la direction de J. LE FEVRE . Les divers organismes ont été comptés à la loupe binoculaire dans une fraction volumétrique de l'échantillon total, variant du 1/100 à la totalité. FRONTIER (1972) a montré qu'en pratique il fallait dans un sous-échantillon compter une centaine d'individus d'une espèce donnée pour obtenir une représentation statistiquement satisfaisante de l'effectif dans la totalité de l'échantillon. Cette règle a été strictement appliquée dans la présente étude ; on a pour cela compté une certaine fraction (par ex. 1/10), abandonné le comptage des seuls organismes dépassant la centaine dans cette fraction, et compté pour les autres un dixième supplémentaire (ce qui revient au comptage dans 1/5), et ainsi de suite, jusqu'à compter en totalité dans l'échantillon les organismes trop rares pour atteindre la centaine dans une fraction quelconque.

Deux exceptions ont été faites, pour gagner du temps : l'une pour un certain nombre de larves (Cyphonautes de Bryozoaires, Actinotroques de Phoronidiens, larves d'Echinodermes), dont l'abondance numérique semblait avoir peu de chance de présenter une signification écologique précise ; l'autre pour 4 Copépodes particulièrement difficiles à distinguer les uns des autres au cours du comptage, à savoir : *Paracalanus parvus*, *Pseudocalanus minutus*, *Clausocalanus* sp. et *Ctenocalanus vanus*, qui exigent un examen microscopique. Ces quatre Copépodes ont été comptés indistinctement en un seul ensemble, dans la fraction appropriée à leur effectif total. Un groupe d'une quarantaine à une centaine d'individus a été prélevé au hasard, et identifié par J. LE FEVRE pour déterminer les proportions relatives des quatre formes. Cette façon de procéder est imparfaite, et conduit à masquer les variations significatives éventuelles des espèces les plus rares au sein du groupe, mais elle est la

Illustrations p.165: Méthodes mises en œuvre sur le terrain:

a - Filtration à bord des échantillons destinés à l'analyse pigmentaire du phytoplancton:

La dépression est obtenue à l'aide d'une pompe à galets fonctionnant sur 24 V continu.

b - Mise à l'eau du filet WP2.

c - Filtration du zooplancton pour mesure de la biomasse:

Au premier plan, sur le pont, le filet WP2. On procède au rinçage des oreilles latérales du collecteur pour recueillir la totalité du plancton récolté, et donc obtenir un résultat aussi exact que possible.

d - Mesure de la température de surface à Pont - Lorois, en Rivière d'Etel.

a

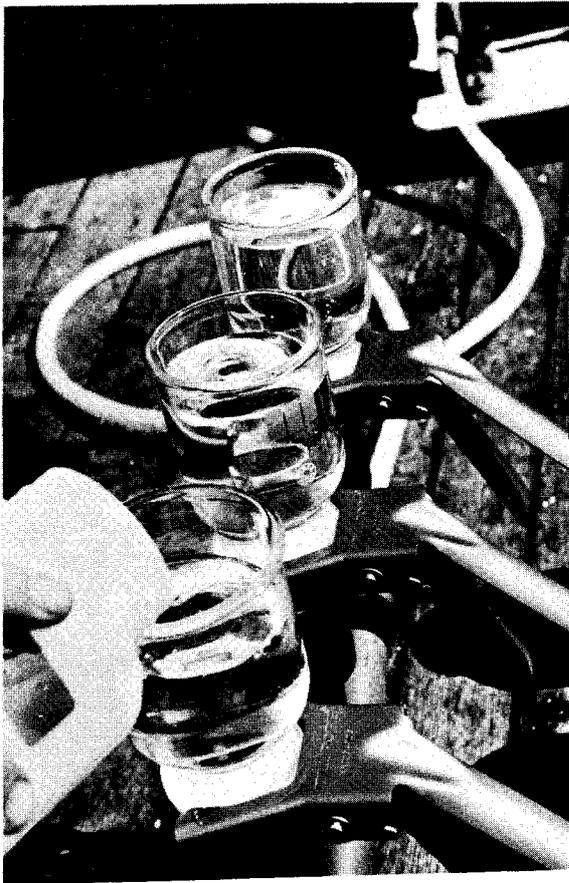


photo © J. Le Fèvre

b

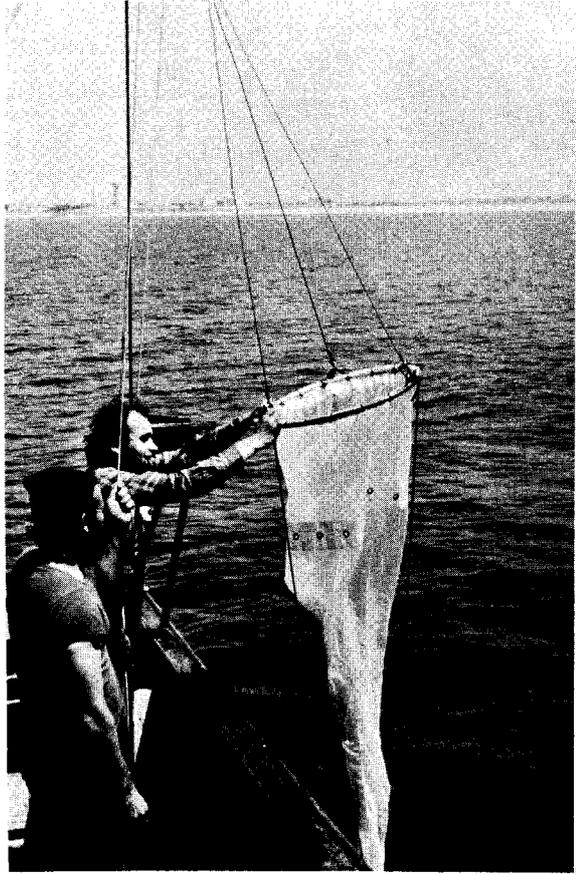


photo © G. Le Fèvre - Lehoërff



photo © G. Le Fèvre - Lehoërff

c

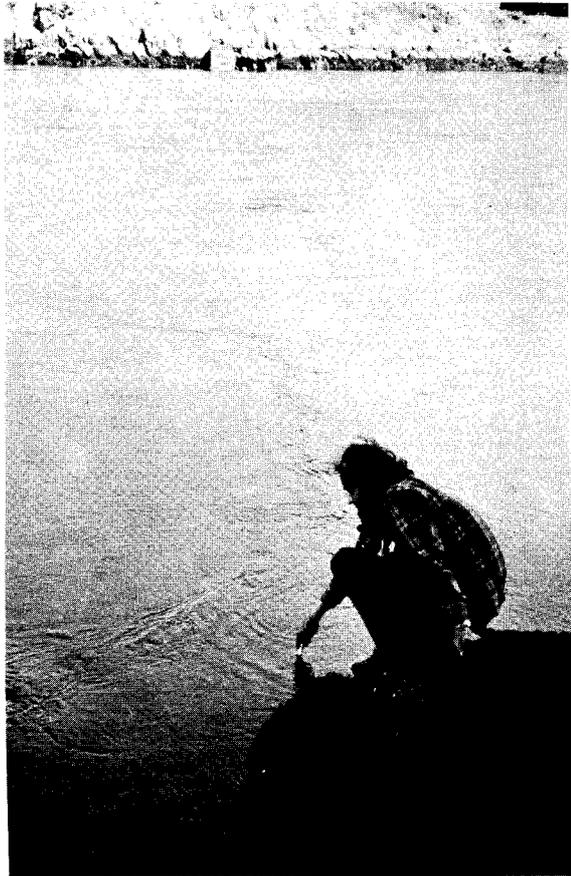


photo © G. Le Fèvre - Lehoërff

d

seule praticable dans un temps limité, et conduit pour Erdeven à des résultats très clairs pour deux des quatre espèces.

Une technique analogue a été employée pour vérifier, dans la plupart des échantillons, l'identité spécifique des Copépodes du genre *Acartia*. Plusieurs espèces nouvelles, très proches et jusqu'ici confondues entre elles, viennent en effet d'être décrites au sein de ce genre par BRADFORD (1976), dont une des côtes de Bretagne, et aucune connaissance n'est encore disponible sur leur distribution et leur écologie précises.

D'une manière générale, le degré de précision dans l'analyse taxonomique résulte d'un compromis entre le temps disponible et le degré de précision souhaitable. Un effort particulier a été consacré aux Copépodes, constituants majeurs du plancton permanent ou holoplancton, identifiés chaque fois que possible au niveau spécifique. Pour ce groupe, on a également calculé l'indice de diversité spécifique en utilisant la formule simplifiée :

$$I = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N} \quad , \text{ où:}$$

- N est le nombre total d'individus,
- n_i l'effectif de chaque espèce,
- s le nombre d'espèces présentes dans l'échantillon.

Les résultats numériques sont présentés dans l'annexe IV-2(b et c), les graphiques dans l'annexe IV-3. Les traitements statistiques (corrélations) ont été effectués non pas sur les résultats numériques bruts (nombre d'individus par m² ou pour 10 m³), mais sur la transformée $X = \log(N+1)$ de ces données, qui permet habituellement de faire coïncider de manière satisfaisante les propriétés statistiques des résultats planctoniques avec les conditions de l'analyse de variance (BARNES, 1952; FRONTIER, 1973).

RESULTATS.

HYDROLOGIE :

L'évolution constatée est très semblable aux trois stations, pour autant qu'on puisse interpoler les courbes de la station 3, interrompues du 22 juin au 7 août. Les températures sont en général un peu plus élevées à la station 1, plus proche de la côte, pratiquement identiques aux stations 2 et 3 avec un écart maximum de l'ordre de 1°C par rapport à la station 1. Il n'y a pas d'écart notable de salinité entre les stations. Du point de vue de l'évolution temporelle, température et salinité s'élèvent graduellement de mai (environ 13°C - 34,8 ‰) à fin août, pour amorcer début septembre la décroissance qui conduit vraisemblablement à la situation hivernale. La régularité de cette évolution est interrompue par deux accidents : l'un, le 20 juillet, concerne la salinité, qui présente une légère décroissance. Cette date correspond à une période de mauvais temps avec pluie, ce qui fournit sans doute une explication ; l'autre, le 7 août, correspond à une chute importante de température. L'explication ici n'est pas évidente ; la particularité de cette sortie est qu'il s'agit de la seule entièrement effectuée à marée montante.

La distribution des données sur la verticale apporte enfin des renseignements très importants sur la structure hydrologique du secteur étudié. Jusqu'au 7 juillet inclus, on observe une très forte stratification verticale, à certaines stations au moins, avec des écarts de σ_t pouvant atteindre 0,5 sur 5 m (voir Fig. 9 le graphique de la stabilité verticale $\Delta\sigma_t/\Delta Z \times 10^3$). Cette stratification est purement thermique, les salinités étant parfaitement homogènes sur la verticale aux premières sorties ; elles tendent ensuite à être légèrement plus élevées en surface, ce qui contrarierait la stratification et tendrait à provoquer un mélange des eaux, n'était la très forte différence de température entre la surface et le fond. Cette situation est assez inhabituelle au débouché d'un estuaire. Il s'y développe normalement au contraire une stratification thermo-haline, du fait de l'apport d'eau douce par la rivière, ce qui conduit à la formation d'une couche plus légère parce que moins salée et plus chaude

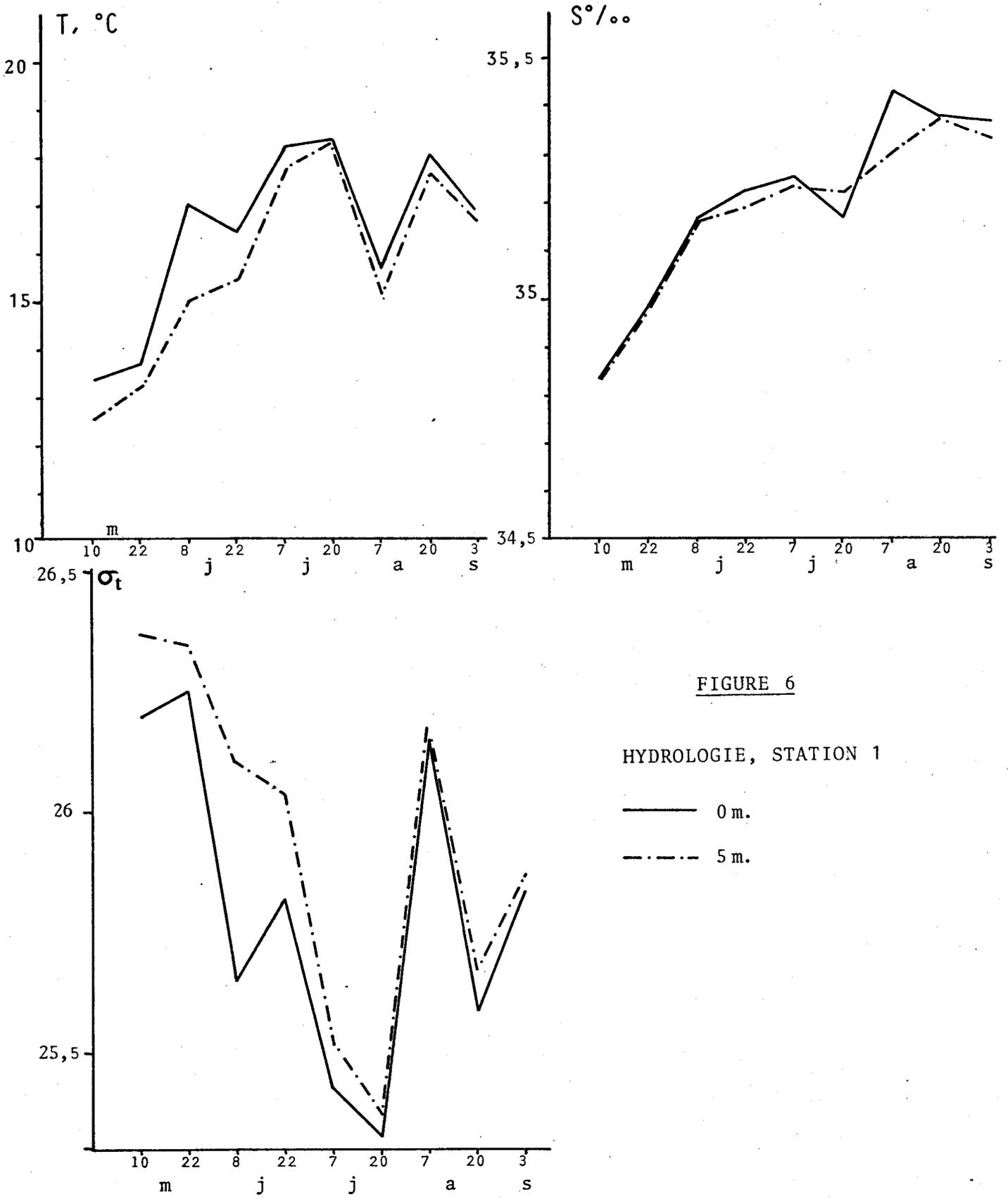


FIGURE 6

HYDROLOGIE, STATION 1

- 0 m.
- - - 5 m.

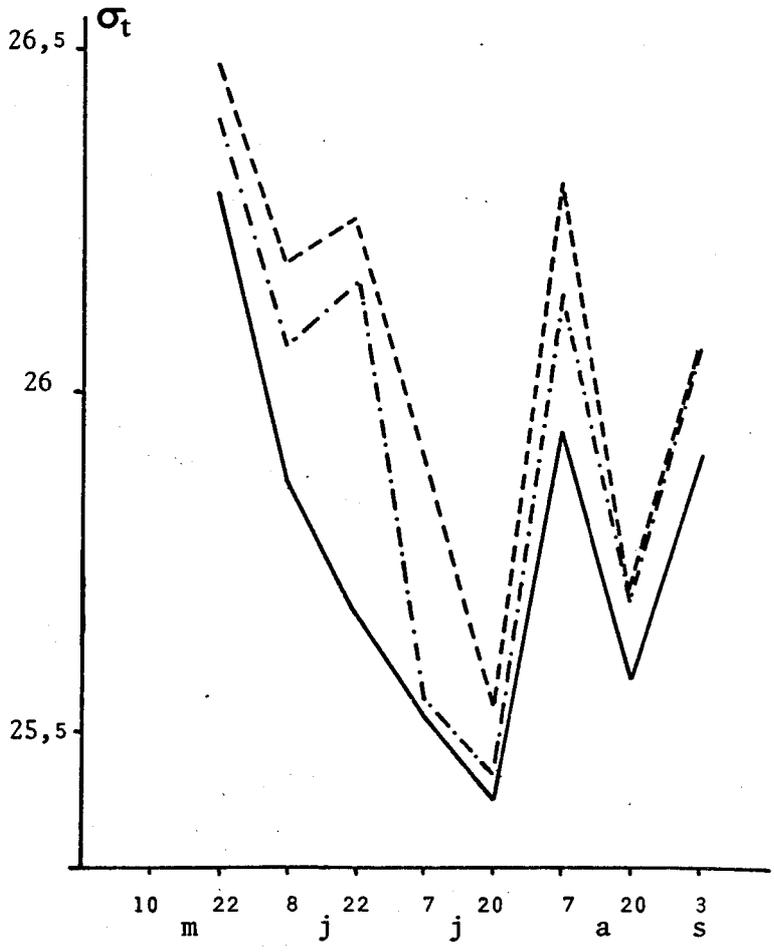
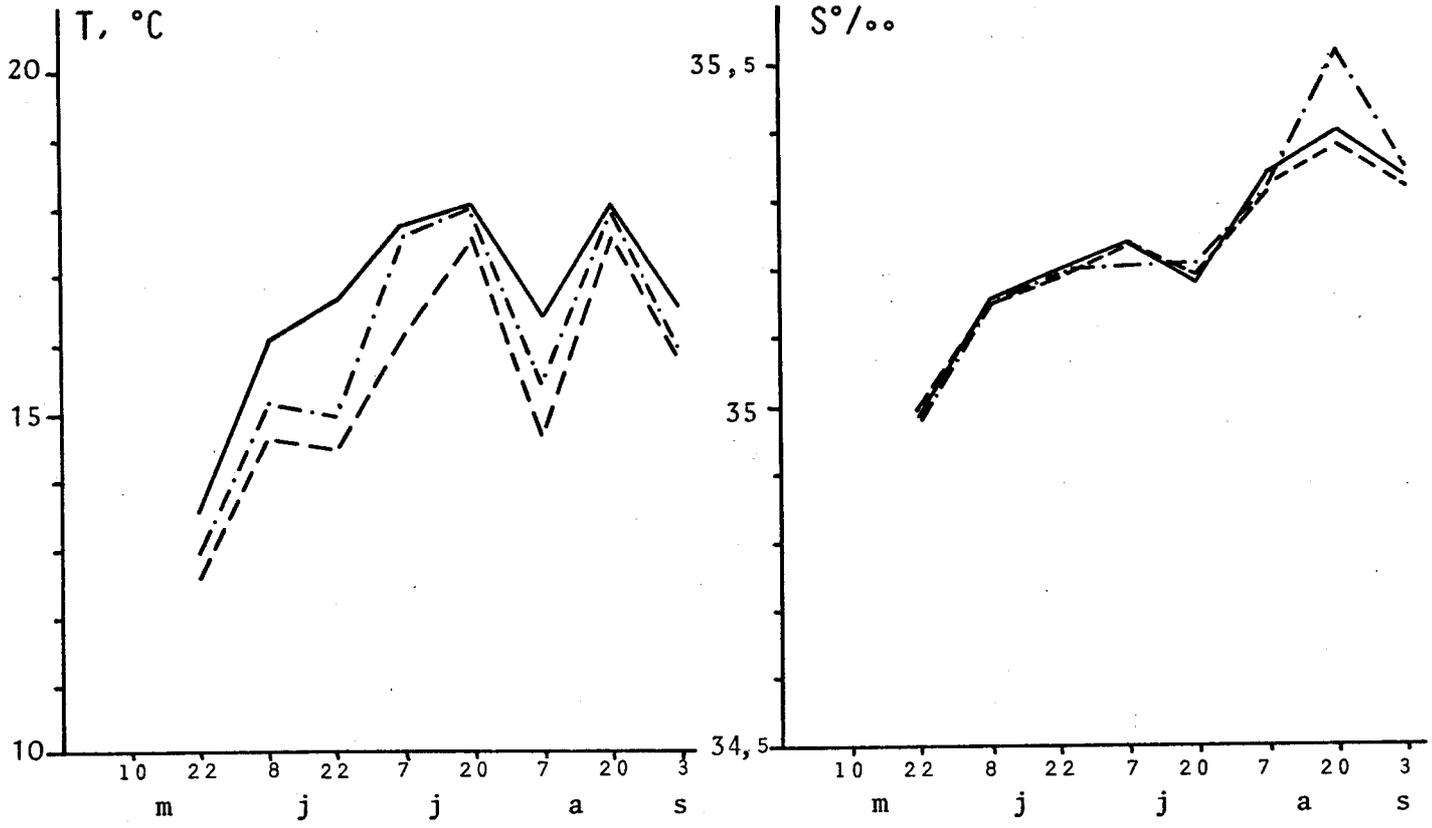


FIGURE 7
HYDROLOGIE, STATION 2

- 0 m.
- · - · 5 m.
- - - 8 - 10 m.

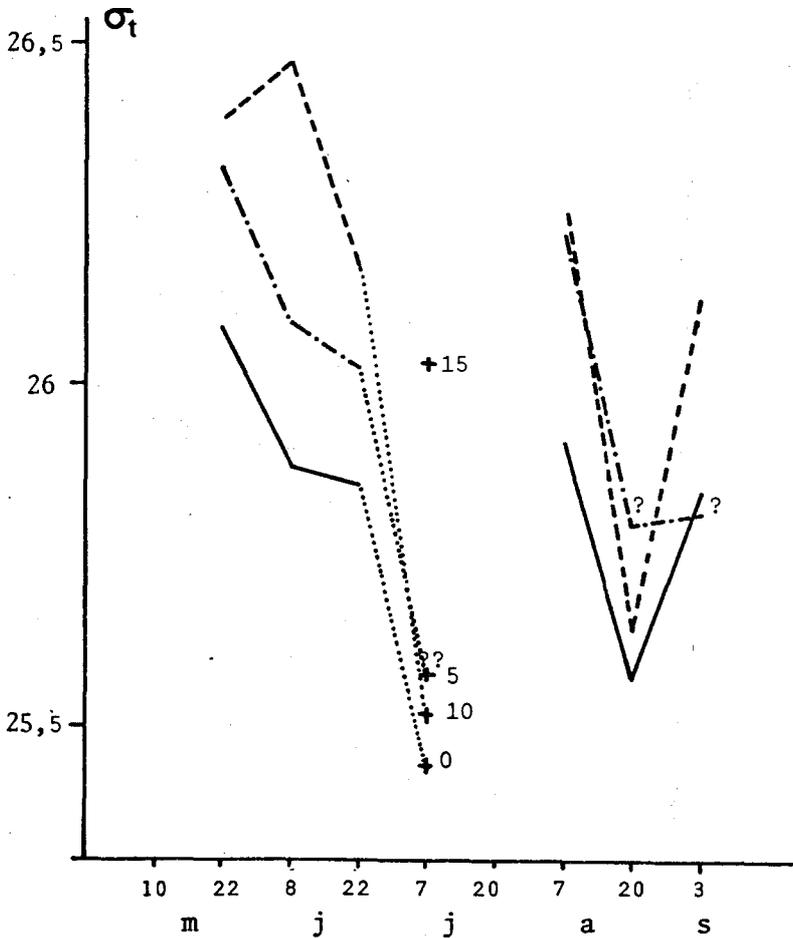
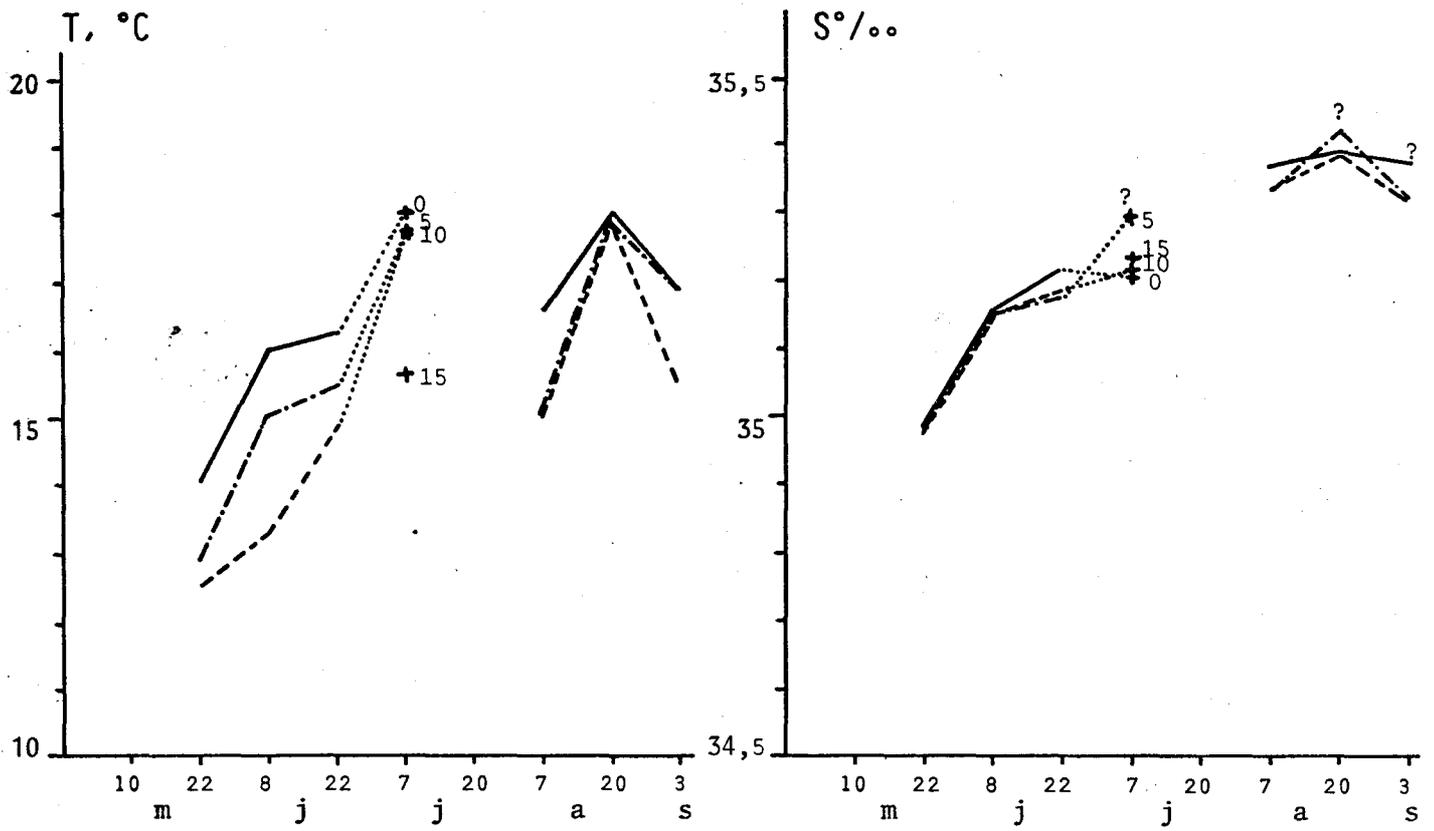
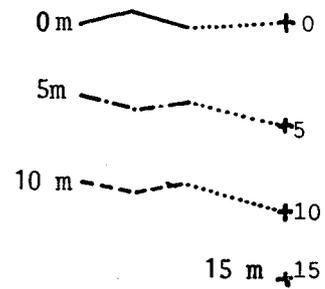


FIGURE 8

HYDROLOGIE, STATION DU LARGE

Station 3 Stn 3'



Les points d'interrogation indiquent les valeurs douteuses (inversion de densité).

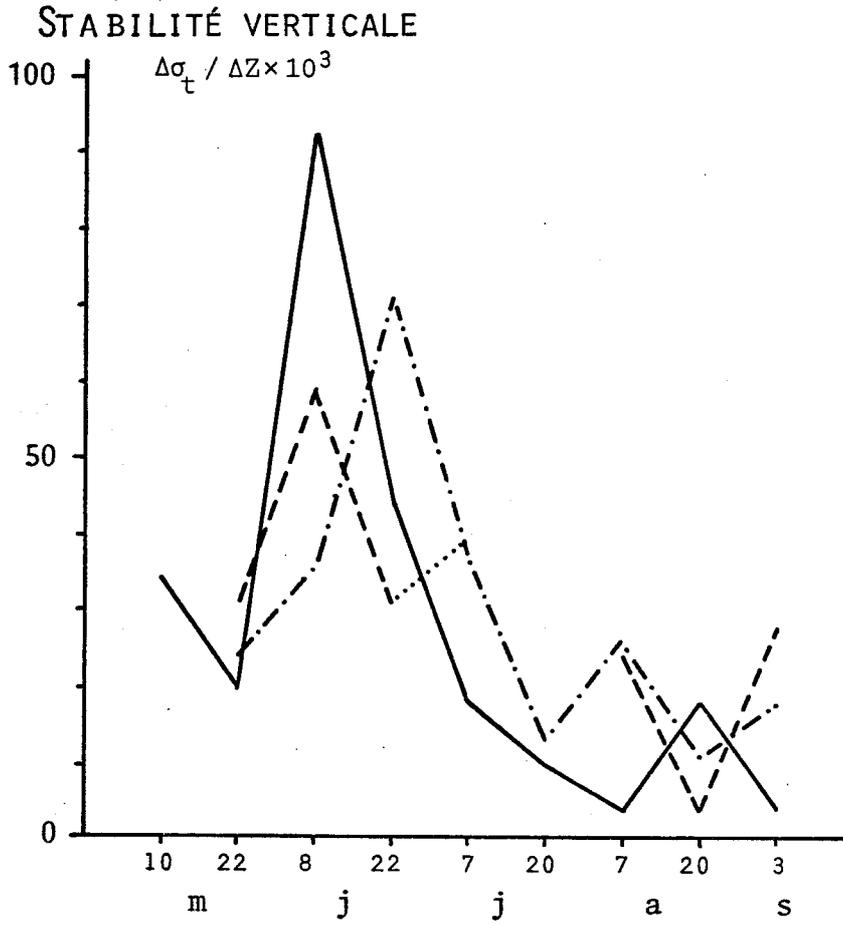


FIGURE 9: Evolution de la stratification verticale des eaux, aux trois stations

— Station 1

- - - - Station 2

- · - · - · 3'
Stn 3



photo © J. Le Fèvre

La Rivièr d'Étel est une ria "en bouteille" où l'eau de mer s'étale à marée haute sur une très grande surface (22 km²) et une très faible épaisseur (de l'ordre de 5m au maximum). En période de forte insolation, il en résulte un important échauffement de ces eaux, responsable de la circulation de densité observée devant l'embouchure.

(en été) du fait de la plus faible inertie thermique du milieu continental par rapport au milieu maritime (voir par ex. LE FEVRE - LEHOERFF, 1972). Pour expliquer la situation observée en rivière d'Étel, il faut supposer négligeable le débit d'eau douce. L'eau rentrant à marée montante en rivière d'Étel, s'y étale sous très faible épaisseur sur 22 km² et y subirait un fort échauffement par insolation. A marée descendante, elle s'écoulerait vers le large et son influence se traduirait par l'isolement d'une couche superficielle plus chaude que les courants de marée seraient impuissants, en raison de la différence de densité, à mélanger aux eaux sous-jacentes.

La légère augmentation de salinité en surface à mesure que la belle saison avance, s'expliquerait alors par une légère évaporation subie par l'eau au cours de son séjour en rivière d'Étel. La distribution par rapport à la marée des températures mesurées à Pont-Lorois vient également à l'appui de cette hypothèse. On constate un gradient de températures croissantes de la haute mer vers la basse mer ; autrement dit, l'eau est d'autant plus chaude qu'elle a séjourné plus longtemps en rivière d'Étel.

La manière la plus simple de vérifier statistiquement l'existence de ce gradient consiste à mettre en relation, sans tenir compte de la date, la température mesurée en rivière d'Étel et l'instant de la marée. On a calculé pour ce faire une régression dans laquelle la variable indépendante est une transformée sinusoïdale de l'écart de l'instant de mesure à la haute mer. On aboutit ainsi à la relation:

$$T = - 2,292 \cos \frac{\Delta H}{12,42} \times 360^\circ + 17,687,$$

où :

- T est la température (°C),
- ΔH l'écart à la haute mer en heures décimales,
- 12,42 la période moyenne de la marée en heures décimales.

Le coefficient de corrélation correspondant ($r = -0,51$ pour 15 paires de valeurs) permet de conclure que le gradient observé a moins de 5 chances sur 100 de l'être par hasard. L'équation obtenue correspondrait à une oscillation de $\pm 2,3$ °C environ, autour d'une valeur médiane de 17,7°C environ, si la marée

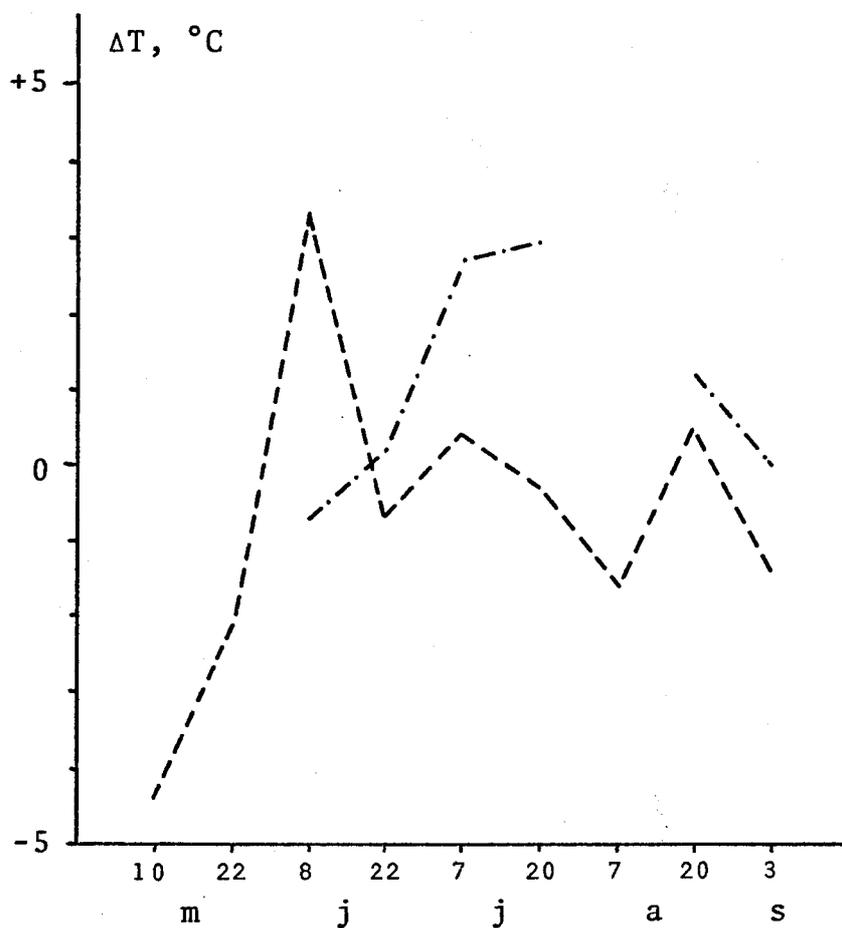


FIGURE 10: Ecart entre la température mesurée en rivière d'Etel (Pont-Lorois) et la température calculée par l'équation ajustée au gradient haute mer - basse mer

-----flot

-----jusant

rendait seule compte des variations de température et était parfaitement sinusoïdale. La faible valeur de r , comme le simple bon sens (variation saisonnière de la température) montrent que les choses sont moins simples. On a porté sur le graphique, fig. 10, l'écart entre la température prévue par l'équation et celle effectivement mesurée (résidu de la régression). Les valeurs de jusant sont assez erratiques, ce qui peut probablement s'interpréter en partie par le fait que la marée n'est pas parfaitement sinusoïdale en Rivière d'Étel (le 3/9/76, par exemple, la mesure de jusant a été effectuée 37 minutes après la B.M. théorique, le courant étant toujours descendant). Les valeurs de flot, par contre, se distribuent de manière cohérente, et leur évolution dans le temps se superpose pratiquement à la courbe de température aux stations, ce qui traduirait donc la composante saisonnière des variations thermiques en Rivière d'Étel. Tous les indices concordent donc à l'appui d'un modèle dans lequel l'eau de mer subit en Rivière d'Étel un réchauffement à marée haute, ce qui conduit, lorsque cette eau ressort au jusant, au développement d'une forte stratification thermique dans une zone situé devant l'embouchure.

Vers le large, l'influence de cette eau réchauffée diminue, comme en témoigne par exemple la différence de température entre la station 1 et les stations 2 - 3, et l'on doit normalement aboutir, compte-tenu des courants de marée, à une zone d'homogénéité thermique sur la verticale. S'il en est bien ainsi, la zone d'influence de l'eau réchauffée en rivière d'Étel est limitée vers le large par un front hydrologique, dont le tracé coïncide avec l'isobathe 0m de la surface de discontinuité thermique (thermocline). Les fronts, qu'ils soient thermiques ou thermo-halins, ont un certain nombre de propriétés. En particulier, les eaux superficielles situées de part et d'autre sont animées de mouvements dont la composante perpendiculaire au front est de sens opposé (convergence). Les eaux superficielles de la zone stratifiée, parvenues à la limite des conditions physiques qui leur permettent de garder leur individualité, se mélangent aux eaux de la zone homogène. Les eaux issues de ce mélange sont de densité intermédiaire et viennent plonger sous la couche superficielle de la zone stratifiée. Sur le tracé du front s'accumulent donc en surface tous les matériaux ne suivant pas les eaux dans leur plongée. Il peut s'agir des molécules organiques à longues chaînes (corps gras au sens large) présentes en petite quantité à l'interface eau - air.

L'augmentation de l'abondance de ces substances sur le tracé du front, se traduit par une ligne de brillance différente, en fait par temps ensoleillé plus claire. Une telle ligne était précisément bien visible à toutes les sorties de mai-juin, un peu au large de la station 3, et venait s'enraciner sur l'île de Roëllan. Ceci concorde avec l'existence d'un front, bien qu'aucune mesure n'ait été effectuée au large pour vérifier la discontinuité thermique en surface qui marque une telle structure.

Mais les fronts hydrologiques, thermiques ou thermo-halins, peuvent aussi accumuler des matériaux très divers, y compris des organismes vivants : oeufs de Poissons (GRALL et al., 1971), organismes flottants ou se maintenant activement en surface, en particulier de Dinoflagellés. Cette accumulation est l'un des mécanismes qui peuvent conduire à des eaux rouges, concentrations mono-spécifiques très importantes (jusqu'à plusieurs millions par litre) d'organismes divers, généralement des Dinoflagellés, qui se traduisent par une modification très spectaculaire de la couleur des eaux sur une étroite bande (voir pour nos régions, GRALL & LE FEVRE, 1967 ; LE FEVRE & GRALL, 1970 ; PINGREE et al., 1975). Les eaux rouges peuvent s'accompagner de phénomènes de toxicité et de mortalités massives de Poissons, bien que cela soit rare sous nos climats. Il y aura lieu de revenir sur ce problème au cours de la discussion, à la lumière des résultats biologiques.

A partir du 20 juillet, la stratification verticale s'atténue très fortement, traduisant un meilleur mélange des eaux. Aucune relation n'a pu être trouvée avec le coefficient de marée, et le mélange est donc plus vraisemblablement dû à un changement des conditions atmosphériques qu'à une augmentation de la force des courants. Il faut cependant remarquer que les observations ont été réalisées à relative proximité de la haute mer, qui est a priori un moment peu favorable à la mise en évidence des eaux ayant séjourné en rivière d'Etel, et donc à la mise en évidence d'une stratification et d'un front thermiques. La stratification n'a pas nécessairement disparu totalement du fait qu'elle n'est plus observée à haute mer. De fait, lors de la mission aérienne du 8 septembre, effectuée à basse mer, on pouvait voir très nettement un front souligné par une accumulation de matériel superficiel non identifié. Ce front était peut-être, cette fois, thermo-halin, la diminution des salinités constatée le 3 septembre indiquant une certaine reprise des apports d'eau douce.

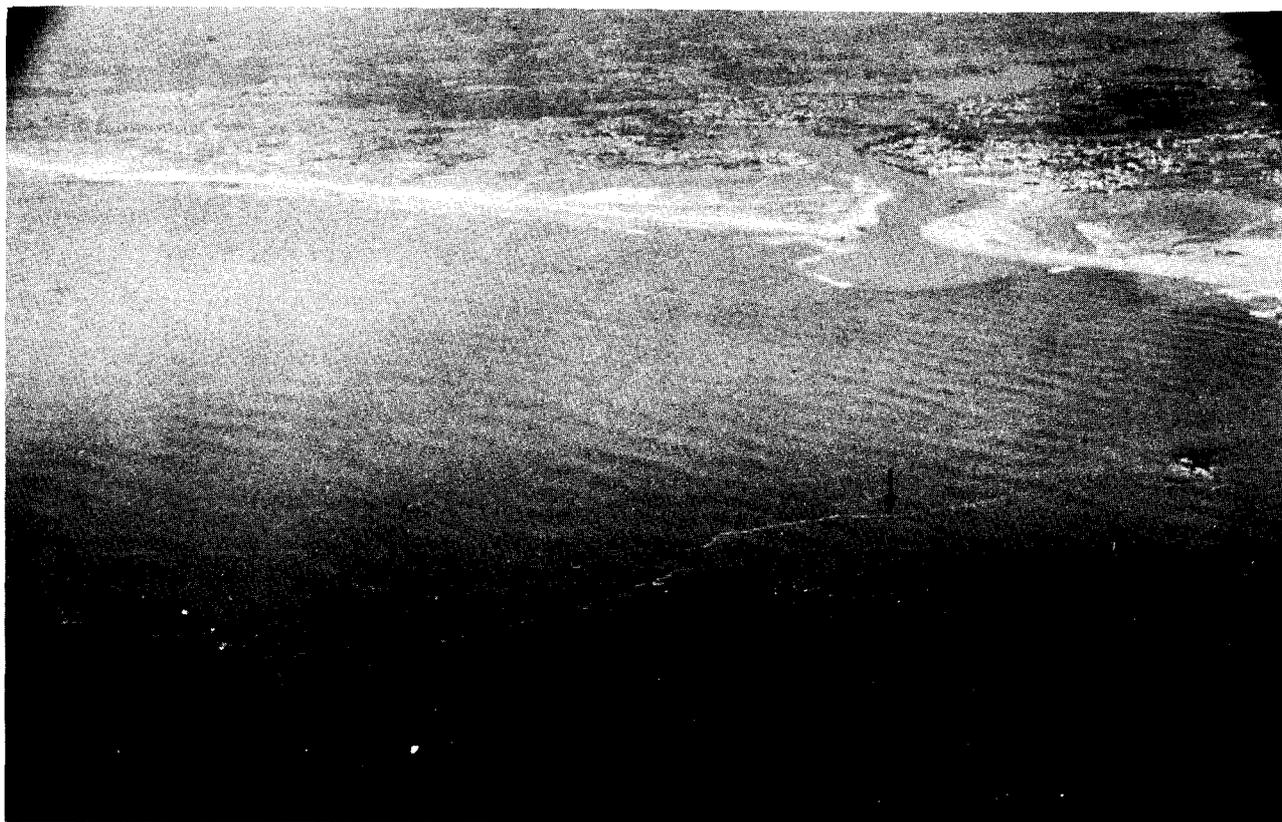


photo © J. Le Fèvre

Front hydrologique: La photographie du haut met en place (flèche) le front observé à basse mer le 8 septembre 1976; ci-dessous un détail à basse altitude montre l'accumulation sur le front de matériel superficiel non identifié. La largeur de la bande d'accumulation est de l'ordre de 1 à 3 mètres.

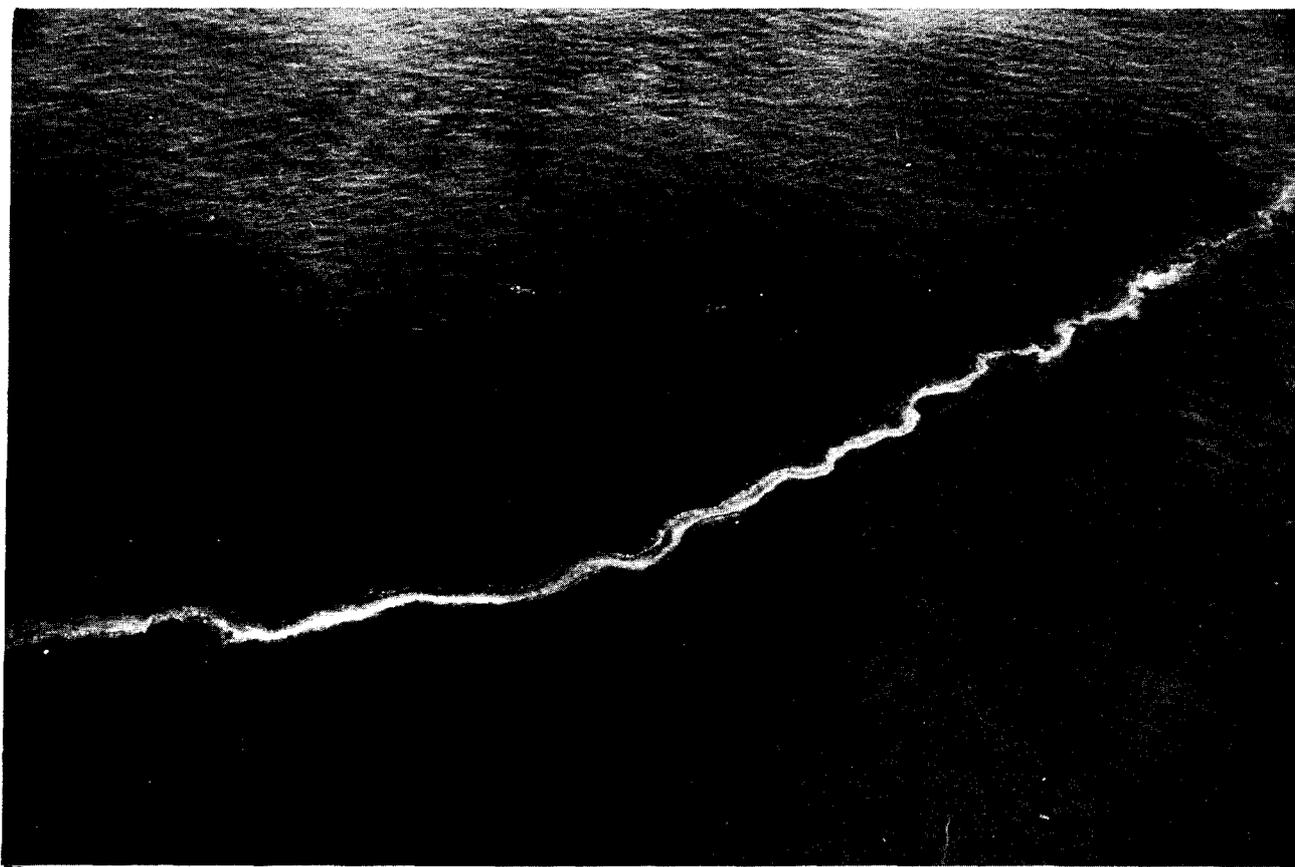


photo © J. Le Fèvre

SELS NUTRITIFS :

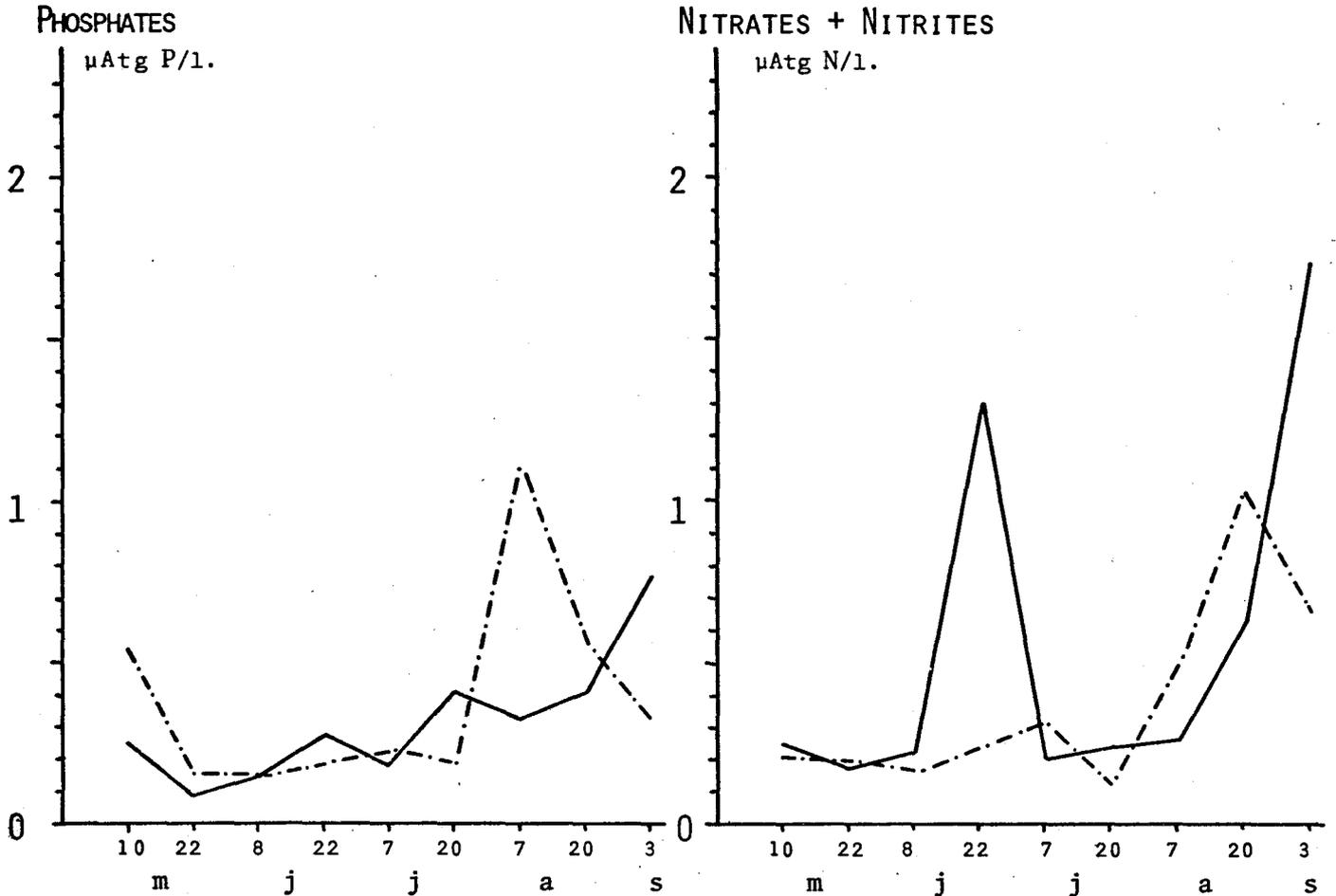
La période estivale est peu favorable à l'étude des nitrates et phosphates qui, incorporés à la matière vivante du plancton, sont alors à leur minimum en phase dissoute. La situation observée est normale de ce point de vue pour les nitrates*, dont les concentrations sont, jusque fin août, à la limite de la sensibilité de la méthode de mesure, si l'on excepte une ou deux valeurs probablement erronées. Une augmentation apparaît le 3 septembre sur les graphiques Fig.11,12,13), mais ne doit pas faire illusion : en raison des très faibles concentrations observées, on a choisi une échelle qui est de l'ordre du dixième de l'amplitude des variations annuelles normales. On n'observe donc que le tout début de l'augmentation de la concentration des nitrates, qui conduit selon toute vraisemblance à de fortes concentrations hivernales.

En ce qui concerne les phosphates, la situation est un peu différente. Au large, leur concentration est habituellement de l'ordre du dixième de celle des nitrates. Elle est ici du même ordre de grandeur, ce qui revient à dire qu'il y a un relatif excès de phosphates. Bien que certainement à leur minimum annuel de fin mai à juillet, ceux-ci ne sont jamais totalement épuisés. Il s'agit là d'une caractéristique assez fréquente dans les eaux côtières. Il suffit, par exemple, pour obtenir ce résultat, d'un apport par les eaux usées de détergents contenant des polyphosphates, ou de l'emploi d'engrais phosphatés sur les terres agricoles proches de la zone d'étude. La concentration des phosphates augmente dès juillet à la station 1, c'est-à-dire un bon mois avant celle des nitrates.

Cette avance de la régénération des phosphates sur celle des nitrates est classique. Elle est toutefois peu évidente à la station 2 et non détectable à la station 3 en raison de l'interruption des courbes. L'augmentation des sels

* *En fait la méthode employée implique un dosage nitrates + nitrites. La distinction entre ces deux sels (dosage spécifique des nitrites) n'a été faite que pour les 3 dernières sorties, et on a obtenu des valeurs de nitrites pratiquement nulles, ce qui est normal.*

FIGURE 11 : Evolution de la concentration des sels nutritifs, Station 1



REMARQUES :

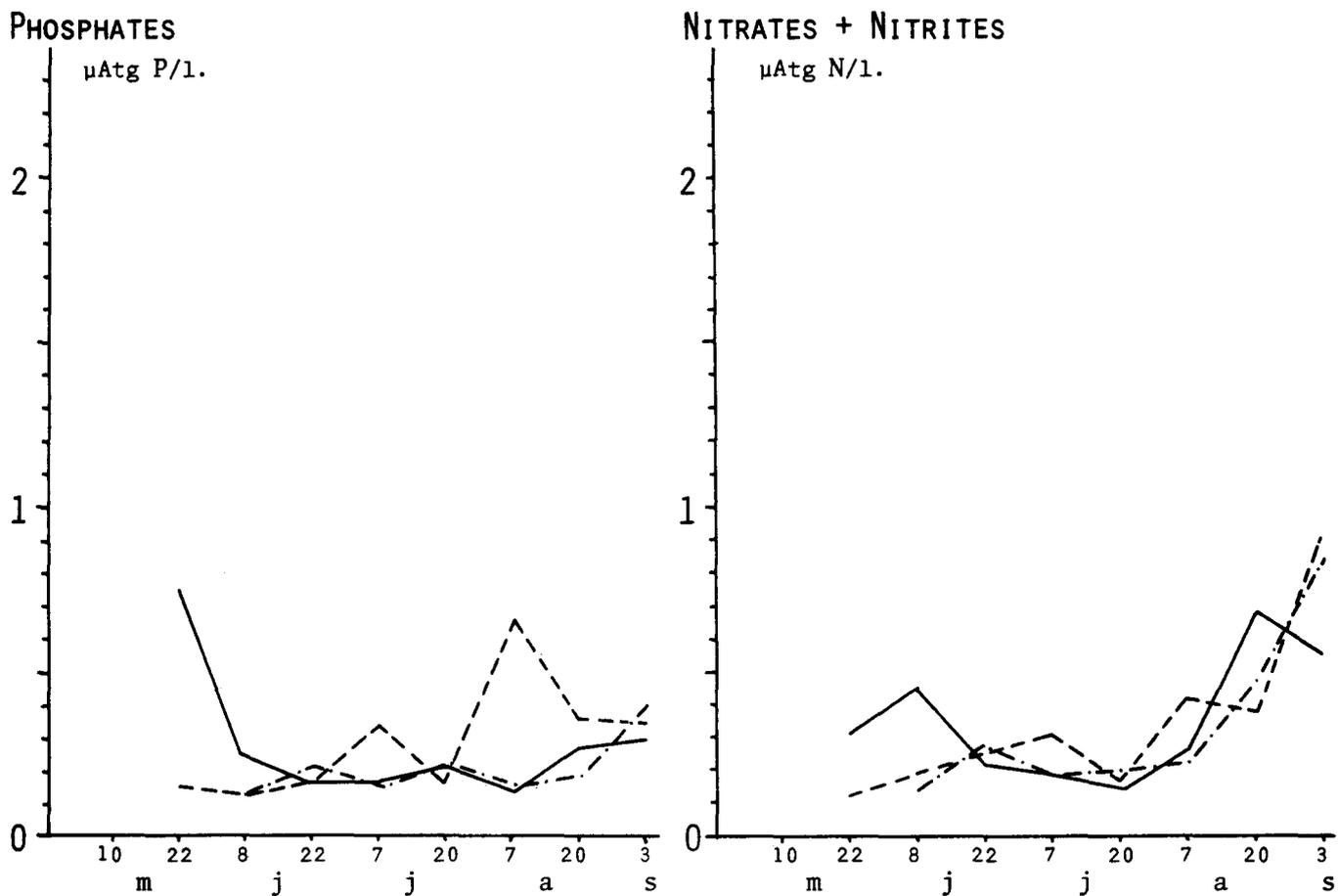
1° En raison de la gamme des valeurs observées, on a choisi une échelle identique pour les deux graphiques. Cette échelle est normale pour les phosphates dosés à 0,02 µatg/l près. Elle est très étalée pour les nitrates dosés à 0,1 µatg/l près. Ceci revient à dire que les valeurs observées du 10 mai au 20 juillet correspondent à des traces pour les nitrates, à des concentrations faibles mais non négligeables pour les phosphates.

2° La valeur élevée en nitrates le 22 juin en surface, est probablement accidentelle.

——— 0 m.

- - - - - 5 m.

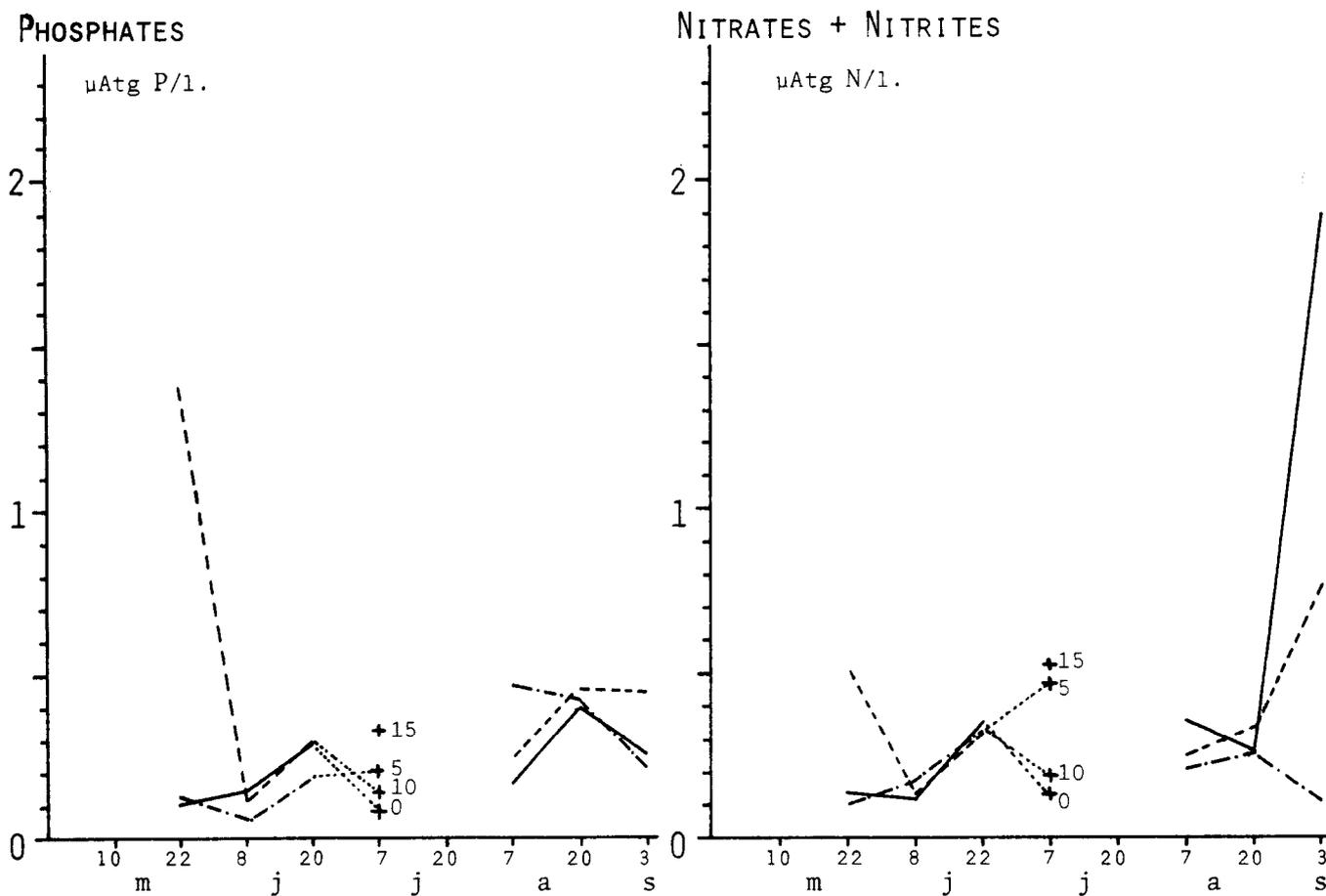
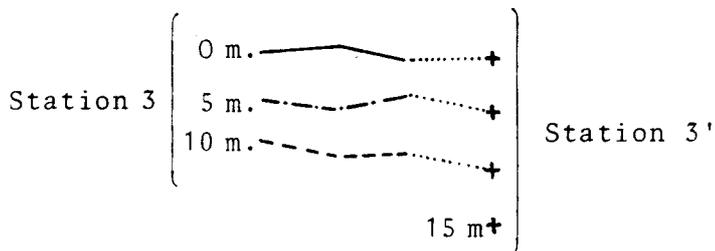
FIGURE 12: Evolution de la concentration des sels nutritifs, Station 2



REMARQUE : Voir remarque 1, figure 11.

- 0 m.
- . - . . 5 m.
- 8 - 10 m.

FIGURE 13: Evolution de la concentration des sels nutritifs, Station du large



REMARQUES :

1° Voir remarque 1, figure 11.

2° La valeur élevée de phosphates le 22 mai à 10 m. est probablement accidentelle.

nutritifs observée à la fin de la période d'étude est sans doute due au début à une régénération vraie, par minéralisation de matière organique. Le 3 septembre cependant, des apports continentaux sont probables. Outre la baisse de salinité déjà signalée, qui implique une arrivée d'eau douce, on observe en effet à cette date une poussée de phytoplancton. Il y a donc une consommation accrue de sels nutritifs, dont la concentration ne pourrait continuer à croître sans apports extérieurs.

PHYTOPLANCTON :

Analyse pigmentaire :

L'analyse quantitative du phytoplancton par mesure de la teneur en chlorophylle a des eaux a porté sur 61 échantillons pour lesquels la valeur moyenne s'établit à $0,59 \mu\text{g/l} \pm 0,37$. Les valeurs extrêmes enregistrées durant la période d'étude sont de 0,08 (8 juin, station 1, en surface), et $1,88 \mu\text{g/l}$ (3 septembre, station 2 à 9 m et station 3 à 10 m). La phéophytine a, produit de dégradation des pigments actifs, est de façon générale très peu abondante, avec une concentration moyenne égale au dixième de celle de la chlorophylle ($0,07 \mu\text{g/l}$ pour 52 valeurs). Pour 9 échantillons, la phéophytine est pratiquement négligeable. Le rapport chlorophylle/phéophytine est supérieur à 10 dans 23 cas, indiquant une forte activité physiologique du phytoplancton, notamment le 22 mai, puis le 7 juillet et surtout le 3 septembre. Les plus faibles valeurs (< 4) se rencontrent dans quelques échantillons les 8 et 22 juin, puis à la station 1 le 20 août. L'évolution au cours du temps des teneurs en pigment (graphique Fig. 14) concorde avec celle de l'activité physiologique indiquée par le rapport chlorophylle/phéophytine : les biomasses minimales sont observées en juin, à l'issue de la poussée printanière classique que l'extrapolation des courbes situerait en avril, et fin août, avant la seconde floraison de type automnal dont le début est sans doute observé le 3 septembre.

Chlorophylle a, mg/m²

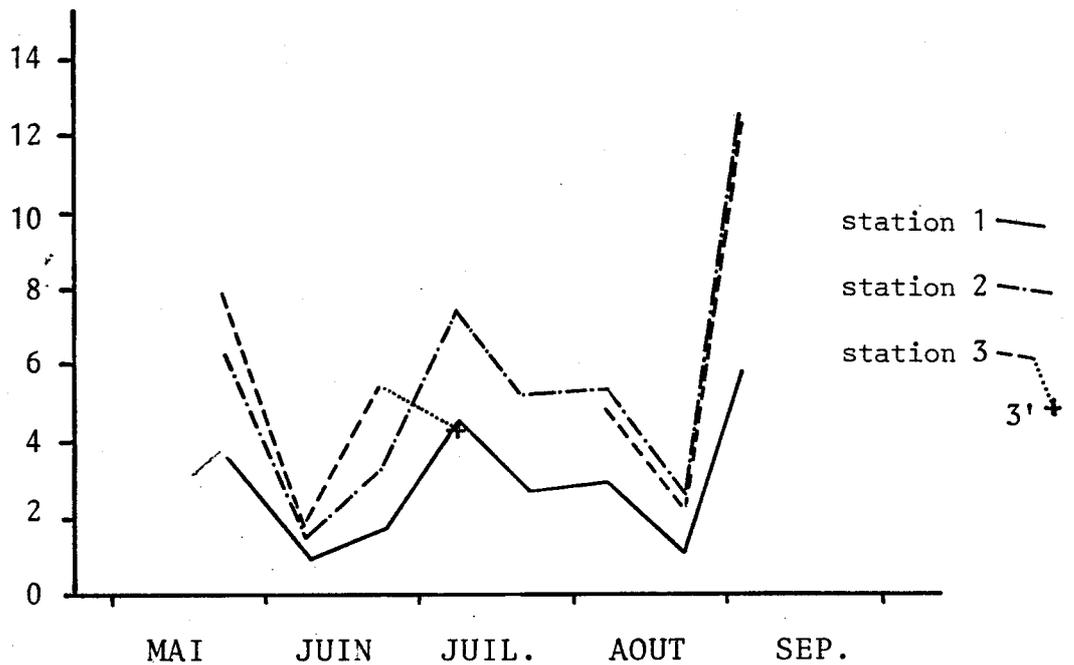


FIGURE 14 - Evolution des biomasses phytoplanctoniques au cours de la période d'étude

Les valeurs indiquées correspondent à la teneur en chlorophylle a, intégrées pour toute la colonne d'eau sous une surface de 1 m².

L'amplitude de l'écart entre les stocks chlorophylliens extrêmes observés est de l'ordre d'un facteur 10, mais on peut supposer qu'elle est nettement inférieure à l'amplitude totale des variations annuelles.

Un calcul simple des moyennes par profondeur indique une tendance nette à une augmentation de la surface au fond :

Z (m)	n	\bar{m} chlor. mg/l
0	23	0,509
5	23	0,583
10	11	0,702

Z = profondeur
n = nombre de valeurs
 \bar{m} = moyenne

Entre stations, la variation la plus importante est notée en surface. La concentration moyenne décroît de 48 % de la station 1 à la station 2, plus faiblement (28 %) de la station 2 à la station 3. On note également une augmentation avec la profondeur à chaque station, avec un maximum à 10 m à la station 3. Les valeurs à 5 m sont globalement peu différentes entre les trois stations. Il en résulte au total des moyennes générales en chlorophylle par unité de volume très voisines d'une station à l'autre. Cependant, si l'on prend en considération la teneur en chlorophylle intégrée sur toute la colonne d'eau sous une surface de 1 m², la station 1 se signale par une richesse moindre, du fait de sa plus faible profondeur.

Station	Moyenne générale mg/ m ³	Moyenne intégrée mg/m ²	Profondeur d'intégration (m)
1	0,58	2,91	5
2	0,56	5,57	10
3	0,57	5,71	10

Analyse taxonomique et numérique :

Le tableau de résultats numériques n'indique que les principales espèces rencontrées. Une liste floristique lui est jointe dans l'annexe IV-2a recensant la totalité des espèces observées. Cet inventaire indique une plus grande diversité parmi les Diatomées (57 espèces) que chez les Dinoflagellés (29 seulement). Outre ces deux groupes, qui prédominent dans les échantillons, il faut citer la présence, parmi les Ciliés, du genre *Mesodinium*, responsable d'eaux rouges dans d'autres régions. Les Euglenophyceae sont pratiquement absentes. On note la présence sporadique d'un Flagellé épiphyte, *Solenicola setigera*. Le Silicoflagellé *Distephanus speculum* est abondant dans quelques échantillons.

Quelques espèces remarquables apparaissent dans certains prélèvements, comme le Dinoflagellé *Gyrodinium aureolum*, qui forme parfois des eaux rouges à l'entrée de la Manche (PINGREE et al., 1975 ; GRALL, en préparation). Les Noctiluques (*Noctiluca scintillans*) sont très mal représentées par l'échantillonnage et la méthodologie employés. Le filet WP2, par contre, en permet un meilleur échantillonnage, et cette espèce, importante parce que responsable de la plupart des eaux rouges observées sur nos côtes, sera discutée avec le zooplancton.

Parmi les Diatomées, il faut souligner la diversité présentée par le genre *Chaetoceros*, dont 21 espèces ont été identifiées. Dominent *C. debile* et *C. curvisetum*, de discrimination parfois difficile, *C. didymum* dans sa variété *anglica*, *C. lorenzianum* et les espèces regroupées dans la section des "diadema". Les Dinoflagellés ne sont jamais très abondants. Certains d'entre eux n'ont été rencontrés qu'à un seul exemplaire. Cependant les *Ceratium* (*C. fusus*, *C. furca*, *C. lineatum*), *Dinophysis acuminata*, *Diplopsalis lenticula*, quelques *Peridinium* et surtout les Gymnodinides peuvent avoir un certain développement.

Certains éléments n'ont pu être identifiés, telles deux espèces de Péridiniens (*Pronoctiluca* ? - *Oxyrhis* ?), un Flagellé d'assez grandes dimensions et de petites sphères.

Du point de vue numérique, on peut remarquer, à titre d'élément approché de comparaison avec d'autres zones côtières, que le maximum s'établit, toutes espèces additionnées, aux alentours de 700 000 cellules par litre (sortie du 20 juillet). Ce chiffre est comparable aux valeurs maximales enregistrées sur la côte nord du Finistère. Cependant, la validité de ce type de comparaison est assez limitée, la sommation de l'ensemble des cellules comptées dans un échantillon reflétant mal la richesse réelle du phytoplancton en raison des dimensions très inégales des différentes espèces.

La période d'étude est nettement séparée en quatre phases du point de vue de l'évolution des populations phytoplanctoniques. En mai dominant nettement deux espèces de Diatomées, *Leptocylindrus danicus* et *Nitzschia seriata*. Au cours

de la période suivante, début juin, la seconde prend le pas sur la première, tandis que les Dinoflagellés présentent un certain développement, notamment les Gymnodinides qui finissent, fin juin, par dominer le microplancton sans cependant atteindre 10 000 cellules/100 ml*. La troisième période, qui dure plus d'un mois, voit le développement conjoint de diverses espèces de *Chaetoceros*, atteignant une concentration totale de 20 000 cellules/100 ml, et de *Leptocylindrus danicus* qui présente une "deuxième floraison" (près de 60 000 c/100 ml), deux fois plus importante que la première. Enfin la troisième période débute (?) avec la sortie de septembre et se caractérise par la prépondérance de deux Diatomées jusqu'alors peu représentées : *Rhizosolenia delicatula* et *R. pungens*, avec des densités de 10 000 à 30 000 c/100 ml.

Interprétation :

Les données sur le phytoplancton s'ordonnent de manière cohérente et recourent celles obtenues dans les autres domaines. A la succession des espèces correspond l'évolution des biomasses. Les trois périodes où les valeurs de chlorophylle sont élevées, en mai, juillet et septembre, correspondent à une grande abondance, voire une floraison de Diatomées. Le minimum le plus net, en juin, est aussi la période de dominance des Dinoflagellés, en particulier des Gymnodinides. Il correspond également à la stratification verticale des eaux la plus développée. On peut donc interpréter l'évolution du phytoplancton en termes de succession. A la floraison printanière, caractérisée par la dominance des Diatomées (*Leptocylindrus danicus* et *Nitzschia seriata*) succéderait un stade de maturité plus avancé induit par le développement de la stratification, qui défavorise les Diatomées au profit des Dinoflagellés, beaucoup moins productifs, d'où les faibles teneurs en chlorophylle. La valeur relativement faible du rapport chlorophylle/phéophytine renforce l'impression qu'il s'agit là d'une population vieillie et l'abondance des Ciliés observée au même moment, est bien une caractéristique de la phase finale d'une succession.

* Cette unité de volume a été préférée au litre pour exprimer l'abondance du phytoplancton, parce que proche du volume réel des échantillons et par conséquent statistiquement plus significative.

Illustrations p.191: Phytoplancton caractéristique du site d'Erdeven:

a - *Ceratium fusus*, x 160.

b - *Gyrodinium aureolum*:

Ce Gymnodinide est susceptible de provoquer des phénomènes d'eau rouge; à Erdeven, on l'observe surtout fin juillet - début août.
Dessin à la chambre claire, x 1800.

c - *Leptocylindrus danicus*:

Cette Diatomée domine la floraison printanière et celle qui s'amorce en juillet. Chaîne de trois cellules, x 400.

d - *Nitzschia seriata*:

Avec la précédente, cette Diatomée caractérise la floraison printanière. Chaîne de deux cellules, x 160.

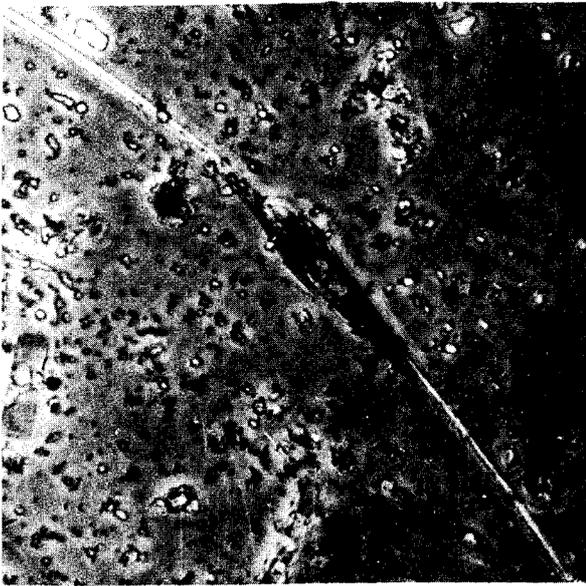
e - *Chaetoceros* sp.:

Les petites espèces de ce genre, semblables à celle représentée ici, accompagnent *Leptocylindrus danicus* lors de la floraison amorcée en juillet. Chaîne de onze cellules, x 400.

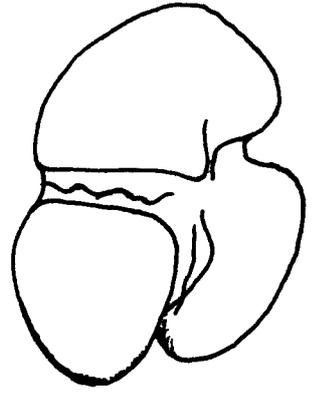
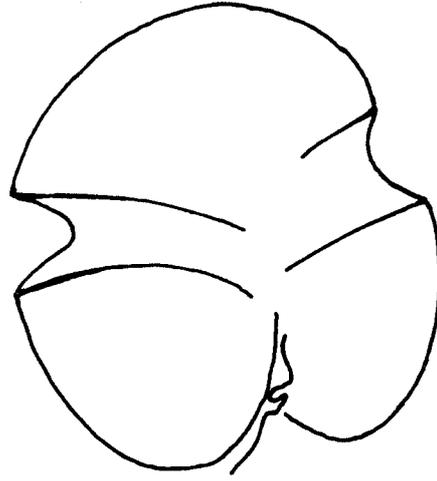
f - *Rhizosolenia delicatula*:

La barre oblique est une longue chaîne de cellules dont 15 ou 16 sont visibles sur la photo (x 160). Cette espèce est caractéristique à Erdeven de la floraison automnale. La chaîne quasi-horizontale en bas de la photo correspond à une autre Diatomée.

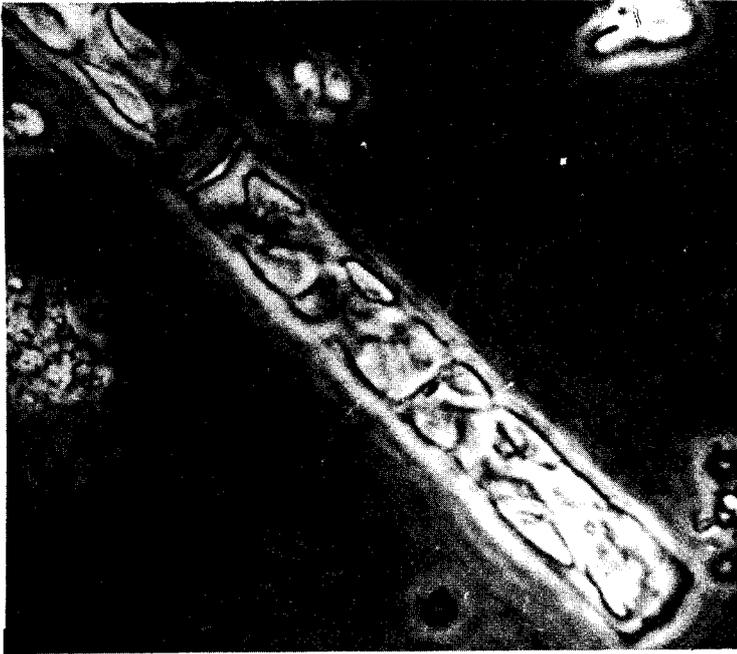
Les photos ont été réalisées au microscope inversé, sur les échantillons fixés à l'iode. La présence de nombreuses particules est responsable du fond en "ciel étoilé". Dessin original et photos © J.R.Grall.



a↑



b↑

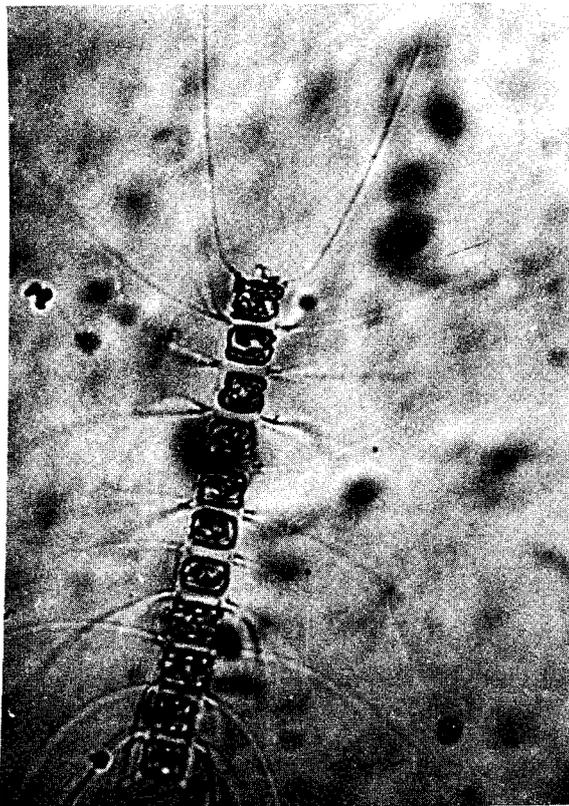


c↑

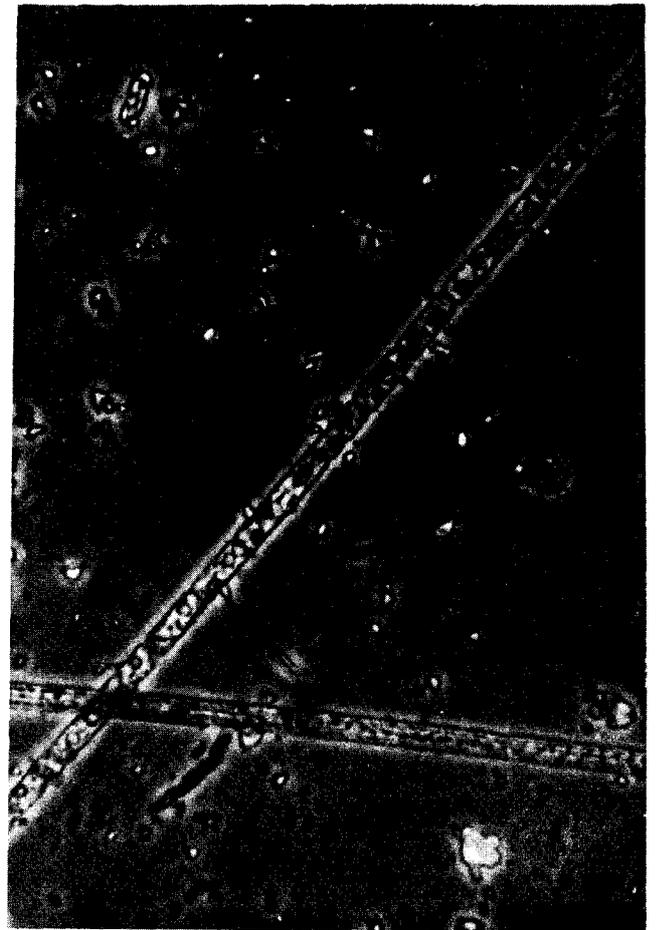


d↑

f↓



e↑



En juillet, des conditions météorologiques relativement moins clémentes entraînent un brassage des eaux qui rajeunit en quelque sorte le milieu, et une deuxième succession s'amorce, avec un début de floraison de Diatomées (*Leptocylindrus danicus* et *Chaetoceros* spp.). Cette seconde succession ne parvient pas à son terme et les biomasses phytoplanctoniques décroissent à nouveau en août. Les conditions hydrologiques n'ont pourtant pas changé, et il faut donc sans doute en chercher la raison dans la prédation exercée par le zooplancton herbivore. C'est en effet à cette époque que l'on observe (cf. *infra*) le maximum de nombreuses larves (en particulier de Crustacés), des Cladocères et d'un certain nombre d'espèces de Copépodes. La décroissance du stock phytoplanctonique et sans doute l'excrétion du zooplancton expliqueraient la régénération des phosphates qui s'amorce à ce moment. En septembre, avec la reprise des apports d'eau douce contenant un supplément de sels nutritifs, débute une nouvelle floraison de Diatomées, dominée par de nouvelles espèces (*Rhizosolenia*), ce qui n'a rien d'étonnant compte-tenu des changements nets observés en ce qui concerne les paramètres physico-chimiques. Les fortes valeurs de chlorophylle observées à cette période indiquent que la productivité est vraisemblablement importante.

ZOOPLANCTON :

Biomasses :

On dispose de 24 mesures, dont une concerne la station 2' le 10 mai, la seule pour cette date. La zone d'étude normale est donc couverte par 23 mesures, pour la période du 22 mai au 3 septembre. Exprimées par unité de surface (biomasse dans toute la colonne d'eau sous 1 m²), les valeurs extrêmes sont 392,8 et 396,4 mg/m² d'une part (station 1, les 22 et 8 juin respectivement) et 1 630,4 mg/m² d'autre part (station 3, le 7 juillet). Les données comparables, obtenues par des méthodes identiques, sont rares, au moins dans le secteur atlantique. Les valeurs les plus proches, géographiquement, sont celles

obtenues par LE FEVRE (sous presse) en octobre-novembre 1972 et avril-mai 1973, dans le Golfe de Gascogne et sur le Plateau Continental au large de la Bretagne. En automne, en zone océanique, seules les plus fortes valeurs, qui atteignent rarement 500 mg/m^2 pour la colonne d'eau 200 à 0 m, dépassent les plus faibles valeurs d'Erdeven. Sur le Plateau, à la même époque, 3 valeurs seulement sont disponibles, l'une à peu près au milieu de la gamme des résultats d'Erdeven, les deux autres nettement plus fortes (2 à $3\,000 \text{ mg/m}^2$) mais correspondant à des mesures nocturnes, toujours plus élevées, et pour des colonnes d'eau de 120 et 180 m. Les valeurs printanières en zone océanique (200 à 0 m) et sur le Plateau, sont dans l'ensemble plus élevées que les valeurs d'Erdeven, avec une gamme de 300 à $10\,900 \text{ mg/m}^2$ pour la zone océanique (les plus fortes valeurs étant obtenues au voisinage du Plateau) et 900 à $2\,600 \text{ mg/m}^2$ pour le Plateau lui-même. Elles correspondent de plus à des colonnes d'eau beaucoup plus considérables (50 à 200 m, contre 5 à 10 m à Erdeven).

Si l'on prend en considération les biomasses rapportées à l'unité de volume (en moyenne sur la colonne d'eau), la comparaison tourne à l'avantage d'Erdeven, où la gamme va de 46,8 (station 2, 8 juin) à $182,8 \text{ mg/m}^3$ (station 1, 20 août). Les valeurs les plus fortes citées plus haut n'atteignent pas, une fois converties, 55 mg/m^3 . La gamme est de 1 à 3 mg/m^3 en automne en zone océanique, 10 à 20 à la même époque sur le Plateau, et 1 à 55 environ pour les valeurs printanières. En valeurs par unité de volume, le secteur d'Erdeven est donc considérablement plus riche que les eaux du large les plus proches pour lesquelles des résultats soient disponibles, même si l'on ne considère que les valeurs du Plateau Continental, même si ces dernières correspondent à une saison plus favorable. Seule la très faible profondeur d'eau fait apparaître pour Erdeven une richesse globale plus faible (par unité de surface, seule valeur à prendre en considération pour une intégration géographique par exemple), mais les chiffres restent du même ordre de grandeur que pour des zones où la colonne d'eau atteint ou dépasse 100 m.

Cette caractéristique semble bien s'appliquer plus généralement aux eaux très côtières. Les comparaisons sont rendues difficiles avec les résultats

obtenus par l'Unité Littoral du C.O.B. sur les sites de Gravelines et Paluel par des difficultés méthodologiques dues à la très forte turbidité de la Manche orientale et de la Mer du Nord. On peut cependant noter une gamme d'environ 20 mg/m³ à 432 mg/m³ en matière organique (amplitude annuelle) à Gravelines et 6 à 70 mg/m³ à Paluel*. Pour établir la comparaison, il faut considérer que les poids secs d'Erdeven correspondent à une teneur de 80 à 90 % en matière organique, chiffre normal dans ce type de mesure (alors que les poids secs de Gravelines et Paluel, non cités ici, représentent des teneurs de l'ordre de 10 % en raison de la charge des eaux en sédiment).

Les moyennes des stations s'établissent comme suit :

Moyenne en: ↓	Station 1	Station 2	Stations 3-3'
mg/m ²	716,1	875,0	1 232,0
mg/m ³	108,6	91,2	98,8

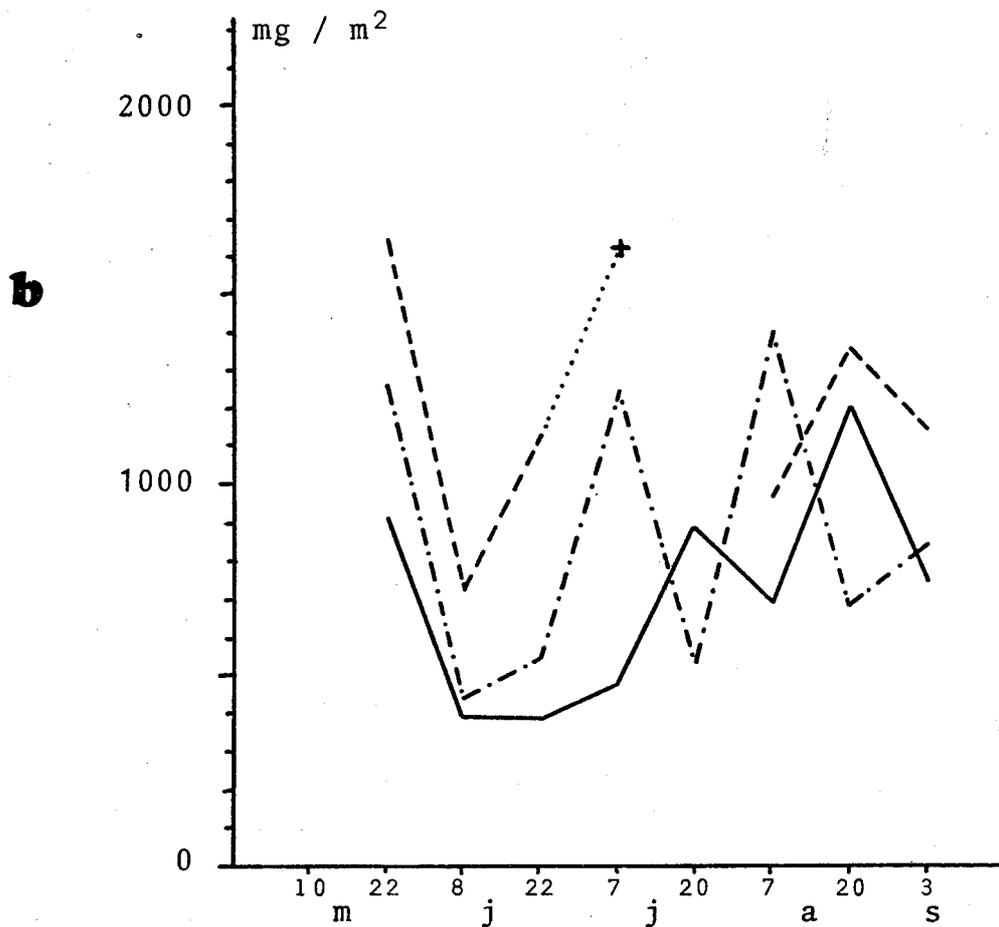
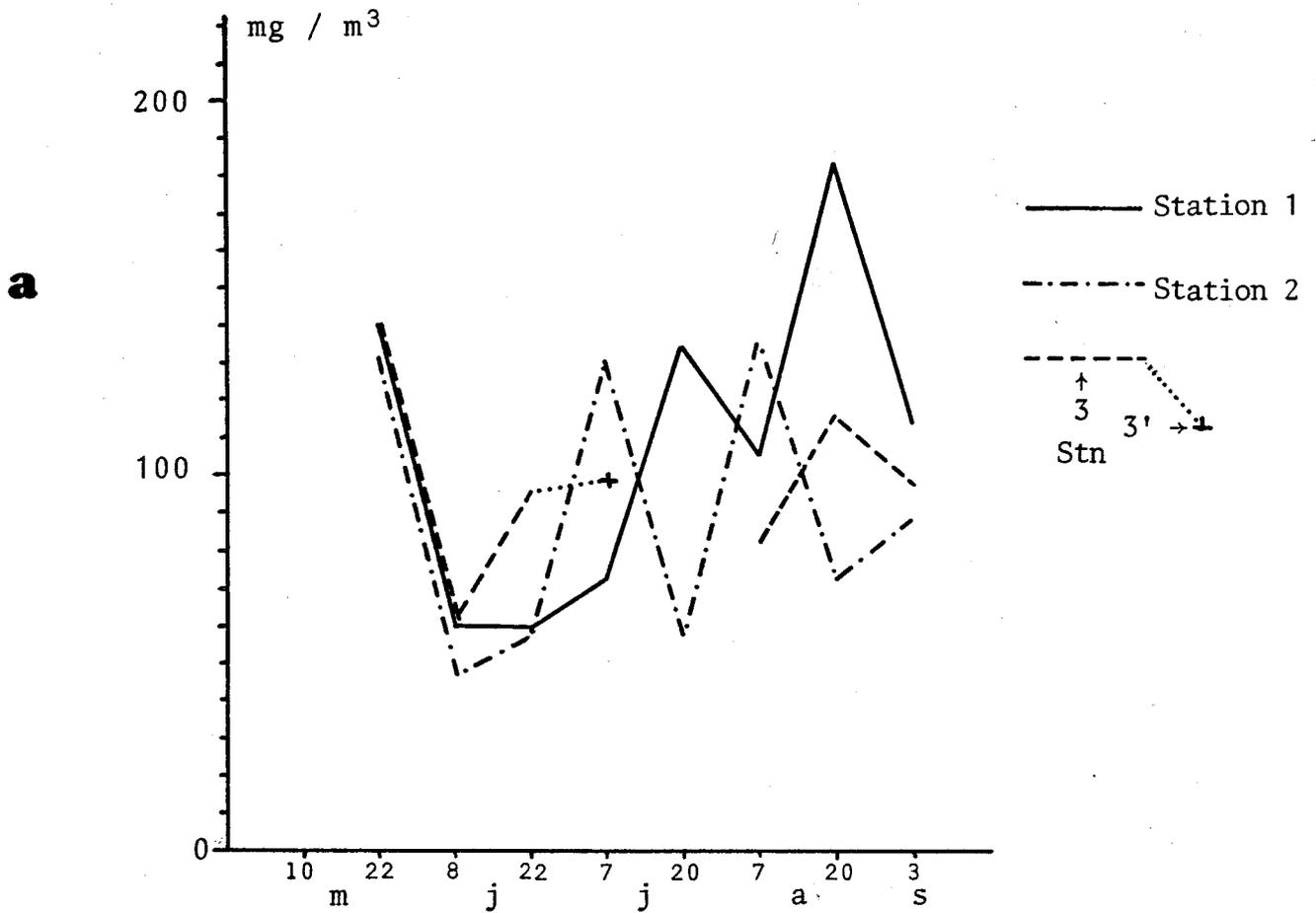
La richesse globale, sous 1 m² dans toute la colonne d'eau, croît donc légèrement vers le large, alors que les valeurs par unité de volume tendent à présenter un gradient inverse. On doit en effet considérer la moyenne des stations 3 - 3' comme entachée d'une légère erreur par excès, parce que calculée sur 7 valeurs seulement, le chiffre manquant étant celui du 20 juillet, date à laquelle les autres stations accusent des valeurs relativement faibles.

Du point de vue évolution temporelle, les biomasses zooplanctoniques sont fortes le 22 mai, minimales en juin, et remontent lentement et irrégulièrement ensuite. Le minimum coïncide avec une fin de succession du phytoplancton

* Chiffres et problèmes méthodologiques communiqués par l'Unité Littoral du Centre Océanologique de Bretagne.

FIGURE 15: Evolution de la biomasse du zooplancton (poids sec):

a) rapportée à l'unité de volume; b) rapportée à l'unité de surface.



caractérisée par de faibles teneurs en chlorophylle, un minimum des Diatomées et un maximum des Dinoflagellés, et une faible activité physiologique du phytoplancton traduite par le rapport chlorophylle/phéophytine. La productivité du phytoplancton est donc un facteur important vis-à-vis du niveau du stock total de zooplancton, comme en témoigne la corrélation hautement significative ($r = 0,50$ pour 23 paires de données), entre les valeurs intégrées de chlorophylle par mètre carré et les biomasses de zooplancton par mètre carré (les deux variables en transformée $x = \log(N + 1)$ *). Cette corrélation n'est cependant pas très élevée, et d'autres facteurs interviennent donc. On note en particulier qu'à la poussée de phytoplancton de septembre ne correspond pas une augmentation similaire des biomasses du zooplancton. On peut en rechercher l'explication dans le temps de latence plus grand des réponses des populations zooplanctoniques aux changements favorables du milieu (croissance plus lente, temps de génération plus long).

Analyse taxonomique et numérique :

La liste faunistique est donnée en annexe. Il faut noter qu'elle est incomplète, les larves de Crustacés n'ayant, par exemple, pas été déterminées au niveau de l'espèce (mais l'étude benthique compense cette lacune) et seules quelques espèces remarquables ayant été identifiées au sein de certains groupes (les Méduses, par exemple). Telle quelle, cette liste permet cependant de bien replacer le site d'Erdeven dans la biogéographie des mers européennes.

Il est instructif, par exemple, de comparer la liste des Copépodes récoltés à Erdeven, à celle publiée par BEAUDOUIN (1975) pour l'ensemble du

* Cette transformation a été préférée à la transformation logarithmique simple, en raison de l'existence d'une valeur de chlorophylle inférieure à l'unité, qui aurait donc donné une transformée négative.

plateau continental du Golfe de Gascogne. Dix-huit des trente-cinq espèces signalées par BEAUDOUIN sont absentes ici. Elles se classent en deux catégories, d'une part des espèces franchement océaniques (13 cas) que BEAUDOUIN elle-même n'a rencontrées qu'épisodiquement, d'autre part des espèces normalement abondantes sur tout le plateau continental et ne diminuant guère, mais pas toujours, qu'à immédiate proximité des côtes. Dans ce domaine, les absences à Erdeven de *Euchaeta hebes* ou *Candacia armata*, par exemple, sont très significatives. Deux espèces d'Erdeven sont en revanche absentes de la liste de BEAUDOUIN : *Ischnocalanus tenuis*, espèce océanique de très petite taille et sans doute non récoltée pour cette raison par le filet utilisé dans l'étude citée, observée ici à un seul exemplaire et dont la présence n'est donc pas significative, et d'autre part *Centropages hamatus*, espèce strictement littorale, d'affinités boréales, dont le centre de distribution est à situer dans le sud de la Mer du Nord et en Manche orientale. Le plancton d'Erdeven est donc de caractère très côtier, ce qui n'a rien de particulièrement surprenant, mais ce trait est poussé à l'extrême par l'absence d'espèces normalement abondantes à quelques milles des côtes. Ceci suggère, avec des réserves qui seront formulées ultérieurement, un isolement très poussé par rapport aux eaux du large. La faune planctonique d'Erdeven n'est pourtant pas absolument identique à celle des côtes de la Manche ; l'on y rencontre quelques formes rarement observées au nord du Finistère, telles les Méduses *Amphinema dinema* et *Octorchis gegenbauri*, ou encore les Doliolles.

Le caractère côtier du plancton étudié ici se marque aussi par l'importance en son sein des diverses larves d'organismes benthiques : l'abondance de celles-ci ne résulte pas, comme pour le plancton permanent (holoplancton) d'une évolution des populations dans la masse d'eau, mais d'une émission, à un moment donné, par les populations benthiques en place. Plus que les autres animaux planctoniques, les larves auront donc tendance à être observées, en nuages plus ou moins localisés dans l'espace et dans le temps, en fonction des courants et de la localisation des populations adultes selon une mosaïque qui dépend de la nature du fond (ici sableux, mais avec des secteurs rocheux à proximité). Ceci vaut également pour les Anthoméduses et les Leptoméduses, adultes reproducteurs émis par des organismes benthiques asexués. Il est donc normal que

l'abondance de ces deux groupes, comme celle des larves, présente une grande variabilité et une cohérence moins grande dans son évolution temporelle que dans le cas de la plupart des organismes holoplanctoniques (cf. graphiques, annexe IV-3). On peut cependant remarquer que de nombreuses larves semblent présenter un maximum estival. Beaucoup (Thalassinides, Oursins, Ophiures, Etoiles de Mer) semblent apparaître ou devenir brusquement plus abondantes fin mai début juin, voire plus tard : les larves de Crevettes et de Crabes ne sont bien représentées à toutes les stations qu'à partir de juillet. Certaines formes, comme les larves d'Oursin, décroissent en fin de saison. Ceci suggère une influence de température sur la reproduction (des adultes). Il n'y aurait guère d'émissions de larves par les organismes benthiques représentés à Erdeven au-dessous de 15-16 °C. La borne supérieure de l'intervalle de températures favorables à la reproduction est plus difficile à préciser. Pour la plupart des groupes, elle ne semble pas être dépassée pendant la période d'étude, et elle serait donc égale au moins à 18 °C. Mais en l'absence d'identification des espèces et d'informations sur la provenance précise des larves, dont certaines peuvent avoir été émises en rivièrre d'Etel où les eaux sont plus chaudes, il est difficile d'aller plus loin dans l'interprétation.

Le cas des Actinotroques mérite cependant d'être noté. Ces organismes sont les larves des Phoronidiens, petit groupe assez isolé au sein du règne animal. Les adultes sont absents dans la zone étudiée du point de vue du benthos dans le cadre de l'avant-projet d'Erdeven. Ils sont connus par contre (GLÉMAREC, communication personnelle) dans le Golfe du Morbihan, qui est comme la rivièrre d'Etel une baie très fermée, de nombreuses caractéristiques écologiques étant communes à ces deux secteurs. Il est donc très probable que les Actinotroques observées proviennent de la rivièrre d'Etel, et marquent en quelque sorte le séjour des eaux dans ce bassin. Avec des irrégularités, dues sans doute au moins en partie à un comptage moins précis que pour d'autres organismes, elles décroissent nettement à partir du 22 juin. La température maximale mesurée à cette date à Pont-Lorois est de 18,5 °C ; aux deux sorties suivantes, les valeurs sont voisines de 20 °C. Ces chiffres ne sont cependant qu'indicatifs et probablement largement dépassés en certains points de la rivièrre d'Etel.

Illustrations p.201: Zooplancton caractéristique du site d'Erdeven:

a - *Amphinema dinema* (PERON & LESUEUR):

Cette Anthoméduse, assez commune à Erdeven, connue en Méditerranée, atteint vraisemblablement sa limite nord sur la côte sud de Bretagne; elle n'a par exemple jamais été observée en Manche. *Specimen vivant récolté à Erdeven, x 40 environ.*

b - Doliolle:

Plutôt qu'une réelle variation saisonnière, la présence automnale des Doliolles à Erdeven semble caractériser le mélange des eaux côtières et des eaux du large. *Specimen fixé au formol, récolté à Erdeven, x 40 environ.*

c - Actinotroque:

A Erdeven, la présence de ces larves dans les échantillons est la trace du séjour des eaux côtières en Rivière d'Étel. *Specimen vivant récolté en Méditerranée (Villefranche sur Mer, février 1965) x 60 environ.*

d - Larve de Crabe, stade Zoé:

Le moment du maximum des larves dans le plancton d'Erdeven traduit l'influence des conditions thermiques sur la reproduction des animaux benthiques. Les larves de Crabes sont carnivores et assez voraces: remarquer les fortes mandibules. *Specimen vivant récolté à Erdeven, x 60 environ.*

a



photo © J. Le Fèvre

b

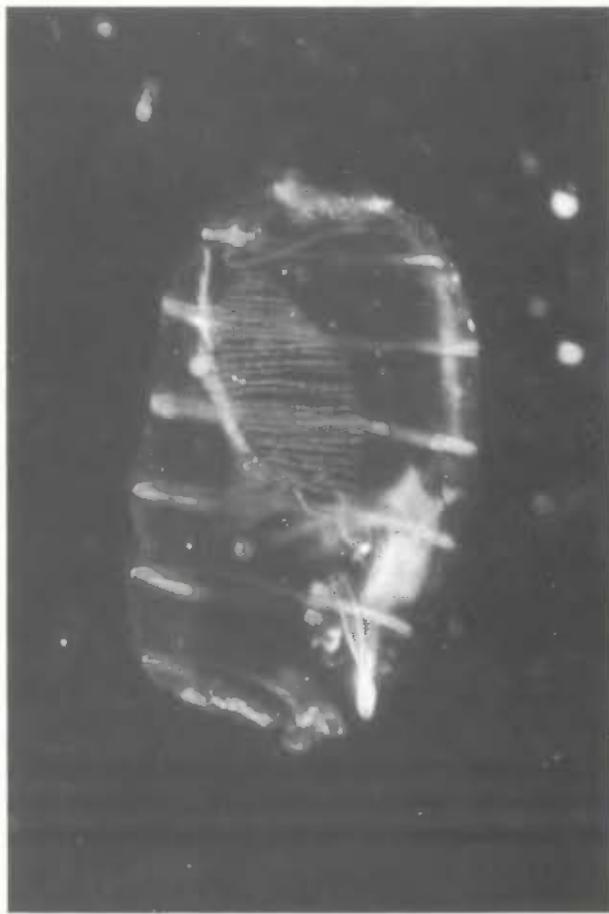


photo © J. Le Fèvre

c



photo © J. Le Fèvre

d



photo © J. Le Fèvre

Pour en terminer avec les larves, il faut signaler les chiffres très élevés atteints par les larves de Bivalves. Faute de temps, il n'a pas été possible de faire examiner systématiquement les échantillons par un spécialiste du groupe. Ce spécialiste, M. LE PENNEC, a cependant identifié quelques spécimens. Au début de la période d'étude, on rencontre essentiellement des Mytilidés (probablement des Moules) ; il est vraisemblable que l'on trouve également des larves d'Huîtres, qui contribueraient notamment au pic de juillet-août, mais la très forte abondance des larves de Bivalves est aussi due en partie à la présence d'espèces de médiocre intérêt économique, comme les *Donax*.

En ce qui concerne l'holoplancton, il serait trop long de tenter d'interpréter taxon par taxon les variations de chacun des organismes rencontrés. Il vaut mieux classer ceux-ci en groupes de signification écologique relativement homogène. Pour ce faire, on a calculé le coefficient de corrélation de Bravais-Pearson, r , que présentent deux à deux une vingtaine d'organismes. Le calcul a porté sur les transformées $x = \log (N + 1)$ des effectifs de ces organismes dans tous les échantillons, y compris celui récolté à la station 2' le 10 mai. Chaque valeur de r est donc obtenue à partir de 25 paires de données. Le calcul a été fait deux fois, une pour N représentant l'abondance pour 10 m^3 , une pour N représentant l'abondance par m^2 ; on a considéré que la corrélation était le mieux exprimée par la plus élevée des deux valeurs de r obtenues pour chaque paire d'organismes. On n'a retenu que 20 organismes parce que diverses considérations pratiques ont empêché l'emploi d'un ordinateur et qu'il fallait donc limiter le volume des calculs à effectuer semi-manuellement sur un calculateur HP25. Les critères de sélection des organismes retenus étaient qu'ils soient holoplanctoniques, pour refléter l'évolution de l'écosystème pélagique proprement dit, et que les graphiques d'évolution dans le temps (Annexe IV-3) paraissent traduire une évolution relativement cohérente. Quelques taxons ne répondant pas à ce dernier critère ont été ajoutés en raison de leur importance numérique au sein du plancton (*Acartia clausii*, par exemple). Les résultats de ce traitement statistique sont présentés fig. 16 sous forme d'une matrice où les organismes ont été ordonnés par essais successifs pour regrouper entre eux

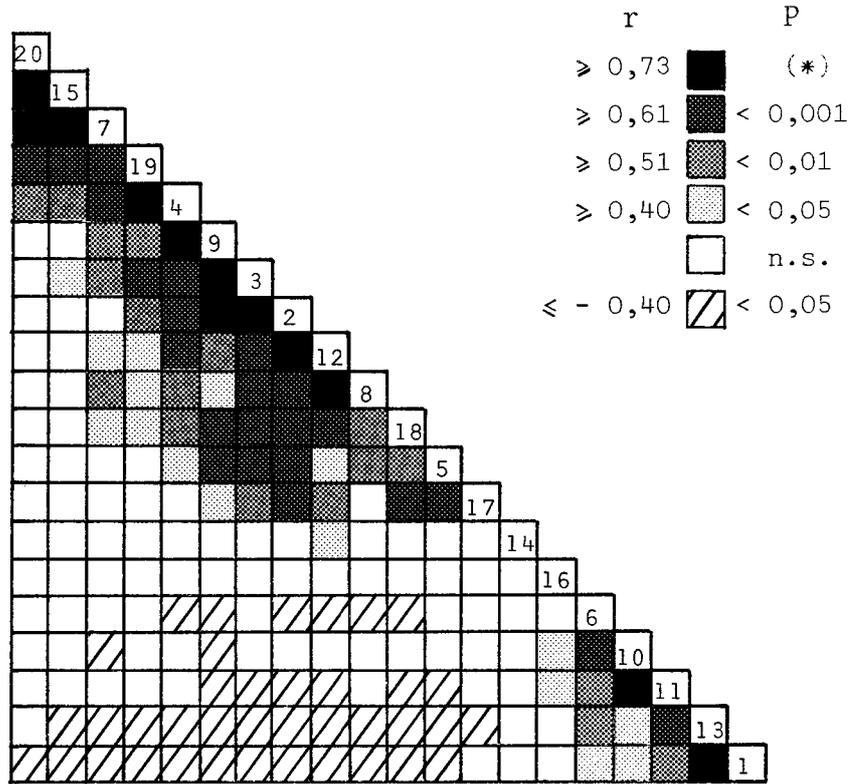
ceux qui présentent les plus fortes corrélations positives. Il faut souligner que ces résultats n'ont de valeur que relative, à savoir pour la période et la zone d'étude considérées. Généraliser serait imprudent car telles espèces, par exemple, qui dans des conditions climatiques optimales seraient en concurrence et présenteraient une corrélation négative, peuvent très bien, là où les conditions du milieu leur sont moins favorables, varier dans le même sens sous l'action d'un facteur limitant commun.

L'examen de la figure 16 montre que deux groupes d'organismes se distinguent immédiatement, certaines subdivisions s'opérant à l'intérieur de chacun d'entre eux. Le premier comprend *Noctiluca scintillans*, *Centropages hamatus*, *Temora longicornis*, *Pseudocalanus minutus* et les Appendiculaires (essentiellement *Oikopleura* sp.) auxquels *Acartia clausii* est très faiblement associé. Les variations très faibles de cette dernière espèce ne sont susceptibles d'aucune interprétation dans le cadre de cette étude. Pour les autres, il s'agit d'espèces (ou de groupes) présentant soit une décroissance générale pendant la période d'étude, soit un minimum très marqué en juillet-août. Le premier cas est illustré de manière particulièrement nette par *Noctiluca scintillans* et *Centropages hamatus*, le second par *Pseudocalanus minutus* et *Temora longicornis*, dont les variations sont étonnamment similaires jusque dans le détail (voir graphiques 33 et 35, annexe IV - 3, pp. 311 et 313).

Dans l'autre groupe, qui comprend beaucoup plus d'espèces, les choses sont moins simples. A une extrémité de la matrice sont regroupées des formes qui ne sont présentes ou abondantes qu'en août-septembre : *Euterpina acutifrons*, *Labidocera wollastoni*, les Doliolles, *Oncaea* sp. et les Chaetognathes. Ce dernier taxon fait transition avec le groupe suivant, constitué d'organismes qui montrent une augmentation presque régulière pendant presque toute la période d'étude : *Paracalanus parvus*, *Muggiaea atlantica* et ses Eudoxies. Viennent ensuite des formes qui présentent un maximum estival plus ou moins net. Le plus ou moins grand étalement de ce maximum et son moment exact expliquent la variation des corrélations obtenues entre ces organismes. Les espèces à présence ou abondance tardive d'une part et les espèces à maximum estival d'autre part, sont plus ou moins bien liées à celles qui croissent régulièrement, mais ne présentent entre

FIGURE 16

MATRICE de CORRELATION pour 20 TAXONS du ZOOPLANCTON



- | | |
|----------------------------------|----------------------------------|
| 1. <i>Noctiluca scintillans</i> | 11. <i>Temora longicornis</i> |
| 2. <i>Muggiaea atlantica</i> | 12. <i>Centropages typicus</i> |
| 3. Eudoxies de <i>Muggiaea</i> | 13. <i>Centropages hamatus</i> |
| 4. Chaetognathes | 14. <i>Isias clavipes</i> |
| 5. <i>Evadne</i> sp. | 15. <i>Labidocera wollastoni</i> |
| 6. Appendiculaires | 16. <i>Acartia clausii</i> |
| 7. Doliolles | 17. <i>Oithona</i> sp. |
| 8. <i>Calanus helgolandicus</i> | 18. <i>Corycaeus</i> sp. |
| 9. <i>Paracalanus parvus</i> | 19. <i>Oncaea</i> sp. |
| 10. <i>Pseudocalanus minutus</i> | 20. <i>Euterpina acutifrons</i> |

(*) $r \geq 0,73$: valeur arbitrairement choisie pour souligner les très fortes corrélations.

P : est la probabilité pour que le coefficient de corrélation calculé soit obtenu par hasard pour deux organismes dont les variations sont en réalité indépendantes.

n.s. : non significatif.

elles aucune corrélation. Si l'on se place dans la perspective du cycle annuel, et si l'on considère pour simplifier que chaque organisme présente un maximum d'abondance précédé d'une phase de croissance et suivi d'une phase de décroissance de ses populations, on voit que le traitement statistique effectué revient à peu près à classer les organismes selon la date du maximum, avec des corrections apportées par l'étalement de ce maximum, l'amplitude et la régularité des variations, etc... En bas, à droite de la matrice, figurent les organismes dont le maximum se situerait avant, ou peu après, le début de l'étude, à l'autre extrémité ceux dont le maximum se situerait après ou peu avant la fin des sorties. Les organismes présentant un maximum estival se relient graduellement à ceux qui présentent un maximum automnal alors qu'une discontinuité (et en fait le plus souvent une corrélation négative) les sépare des formes que l'on peut qualifier, pour simplifier, de "printanières".

Interprétation :

Le classement des organismes dans le temps selon le moment de leur maximum recoupe en fait un classement biogéographique, latitudinal ou selon un gradient côte-large. Les taxons classés en bas à droite de la matrice (maximum "printanier") sont tous des formes nettement littorales, dont les affinités biogéographiques sont boréales. *Centropages hamatus*, *Pseudocalanus minutus* et *Temora longicornis* sont les Copépodes dominants (avec *Calanus finmarchicus* non observé ici) en Mer du Nord. Il est donc normal de voir diminuer leurs effectifs à mesure qu'augmente la température*, puis d'observer, dans le cas de *Pseudocalanus minutus* et *Temora longicornis*, une remontée à la dernière sortie, où l'on constate un certain refroidissement des eaux. On peut même noter que pour ces deux espèces, les oscillations d'effectifs en

* La corrélation avec ce paramètre n'a pas été recherchée, car l'on dispose d'une valeur moyenne d'abondance des organismes pour toute la colonne d'eau, contre plusieurs mesures de température, dans certains cas nettement différentes, à des profondeurs définies.

juillet-août (Annexe IV-3, graphiques n° 33 et 35) sont exactement inverses des oscillations de température à la même époque (Fig. 6 & 7).

Parmi les espèces à maximum estival, on trouve également des formes très littorales. C'est le cas des larves, qui est malgré tout un peu à part (cf. *supra*). Mais on y trouve aussi des formes à répartition géographique très large sur l'ensemble du Plateau Continental (voire également abondantes en zone océanique) et d'affinités biogéographiques plutôt méridionales, telles *Centropages typicus* et *Calanus helgolandicus*. Le cas des *Oithona* est un peu particulier, car les espèces du genre sont très largement répandues et il n'a pas été possible de procéder ici à l'identification spécifique, de sorte qu'il est difficile d'extraire une information biogéographique. Il a été cependant noté à d'autres occasions (LE FEVRE, sous presse), que dans le Golfe de Gascogne et les zones côtières voisines, la dominance des *Oithona* parmi les Copépodes, observée ici le 22 juin et moins nettement le 7 juillet, est plutôt une caractéristique des eaux du large.

Les formes typiquement littorales (*Euterpina acutifrons*, *Labidocera wollastoni* et, dans une moindre mesure, les deux espèces de Chaetognathes observées, *Sagitta friderici* et *S. setosa**) sont encore représentées parmi les espèces à maximum automnal. La majorité du groupe est cependant constitué d'organismes à répartition plus large s'étendant à l'ensemble du Plateau Continental. *Muggiaea atlantica* est un carnivore, qu'il est normal de voir augmenter à la période considérée et présenter un maximum en fin de saison, quand la maturité du peuplement zooplanctonique est élevée (tel est aussi, d'ailleurs, le

* L'identification spécifique n'est pas donnée en détail dans le présent travail, car l'on n'a observé que le début de la croissance des populations de Chaetognathes et la très grande majorité des individus était des immatures, appartenant très certainement à l'une de ces deux espèces, mais non identifiables plus précisément.

cas des Chaetognathes). Le maximum automnal de *Paracalanus parvus* est également classique sur toutes nos côtes. Pour d'autres organismes, cependant, l'augmentation et surtout l'apparition en fin de saison à Erdeven, a sans doute une toute autre signification. Tel est le cas des Doliolés, qui, sans être proprement ou exclusivement océaniques, pourraient être qualifiées d'atlantiques, ne pénétrant par exemple que très rarement en Manche. Sur l'ensemble du Plateau Continental plus ou moins ouvert aux influences du large, elles sont présentes, à des taux variables, en toute saison. Les données bibliographiques à vrai dire sont rares, mais on en trouve en octobre et en mai sur le Plateau Continental à l'ouest de la Bretagne (LE FEVRE, sous presse), en juillet dans le Raz-de-Sein (LE FEVRE & GRALL, 1970), en septembre en Manche dans des conditions hydrologiques exceptionnelles en 1966 (LE FEVRE, 1971), au large de Concarneau à des dates diverses (LE FEVRE, données non publiées). Autant, sinon plus qu'une réelle évolution de la population, le "maximum automnal" observé à Erdeven pour les Doliolés pourrait donc traduire un meilleur mélange avec les eaux du large. Les Doliolés apparaissent d'ailleurs plus précocement aux stations 2 et 3 qu'à la station 1, et y sont plus abondantes.

Plus généralement, on constate en début de la période d'étude, que la station 1 se distingue très nettement, du point de vue des effectifs des diverses espèces, et même dans certains cas (*Calanus helgolandicus*) du point de vue du sens des variations, des stations 2 et 3. Cette caractéristique est l'indice d'un très mauvais mélange des eaux ; chaque micro-masse d'eau se déplace bien avec la marée, mais héberge des populations planctoniques qui évoluent plus ou moins pour leur propre compte. Cette interprétation est confirmée par l'examen des valeurs de stabilité verticale (graphique Fig. 9), qui sont précisément très élevées à la même période et font supposer l'existence d'un front confinant à la côte les eaux littorales (cf. *supra*).

En fin de période d'étude, au contraire, les effectifs de la plupart des animaux planctoniques sont très voisins, sinon identiques, aux trois stations et y présentent en tous cas des variations parallèles. La stabilité verticale est à ce moment très faible et le front n'existe pas, à marée haute du moins, ce qui traduit un mélange beaucoup plus important à la fois sur le plan

horizontal et selon la verticale. La transition entre la période d'hétérogénéité et la période d'homogénéité spatiales se situe pour la plupart des organismes en juillet. Une date remarquable est celle de la sortie du 20 juillet, qui correspond à une période de plusieurs jours de mauvais temps. A cette date, les effectifs de presque tous les organismes sont à peu près identiques aux deux stations qu'il a été possible d'étudier*. La stabilité verticale est également très proche aux deux stations et sa valeur est très faible. Il y a donc bien un brassage des eaux fin juillet, sous l'effet de l'agitation induite par une perturbation atmosphérique.

Au cours de la période d'étude, on peut donc distinguer plusieurs phases du point de vue de l'évolution des populations planctoniques. En mai, l'écosystème est caractérisé par des espèces typiquement côtières, d'affinités géographiques boréales. La température est basse ; elle est cependant plus élevée en surface du fait d'un réchauffement subi par les eaux ayant séjourné en rivière d'Etel, et il en résulte un système de circulation de densité qui isole efficacement les eaux littorales des eaux du large. En juin, la stratification se développe avec l'élévation de température. Les espèces côtières boréales se trouvent alors déjà dans des conditions thermiques défavorables et amorcent une décroissance plus ou moins spectaculaire (*Centropages hamatus*, *Pseudocalanus minutus*, *Temora longicornis*) ; le cas de *Noctiluca scintillans* est particulier, car ce Dinoflagellé est directement favorisé par le développement de la stratification (cf. *infra*). Au total, en mai-juin, la biomasse zooplanctonique évolue comme la nourriture disponible, représentée par le stock chlorophyllien**. En juillet, la température continue à s'élever, et le minimum nécessaire à la reproduction de nombreux organismes benthiques est atteint, d'où l'apparition assez massive des larves. L'agitation induite par les vents détruit la stratification,

* Les Cladocères en fournissent un exemple remarquable : *Evadne* sp. se concentre habituellement dans une mince couche d'eau superficielle ; son abondance est donc mieux exprimée par unité de surface que par unité de volume. C'est précisément en nombre d'individus par m² que l'on observe l'égalité des effectifs de cet organisme aux deux stations. A l'inverse, *Podon* sp., qui se disperse dans toute la colonne d'eau, et dont l'abondance est mieux exprimée par unité de volume, présente cette égalité pour les effectifs en individus pour 10 m³ (cf. graphiques 10 et 11, annexe IV-3).

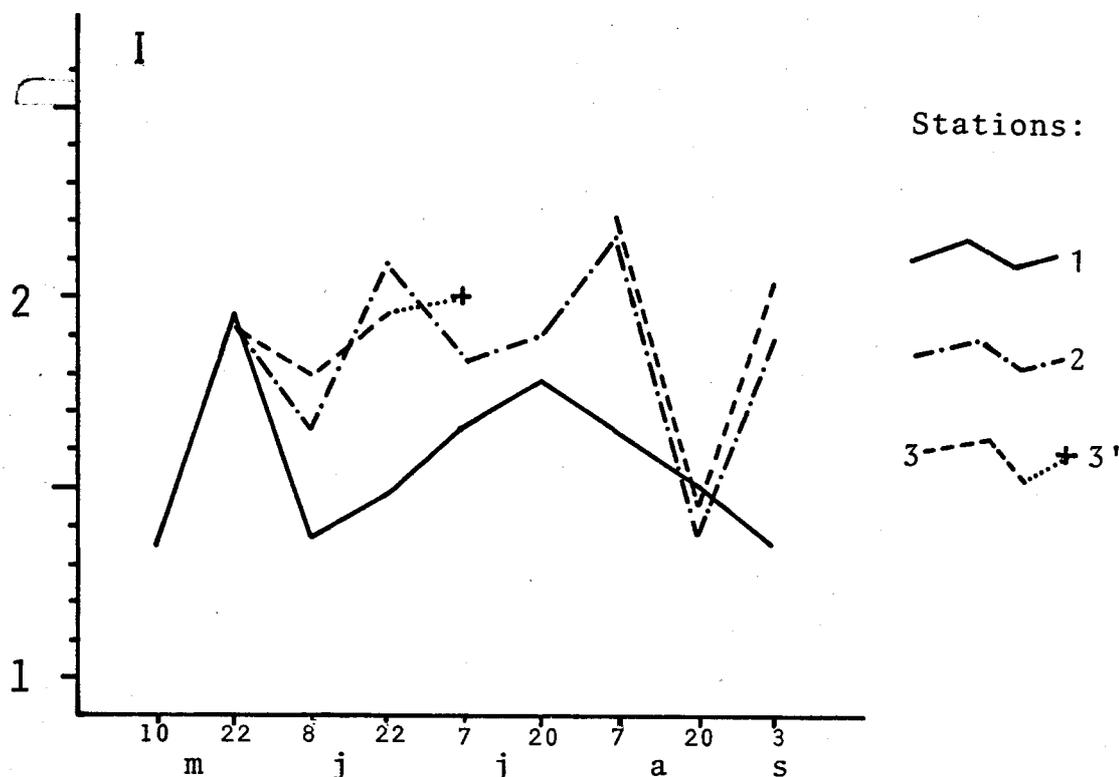
** On peut cependant penser que le facteur thermique est prépondérant dans la décroissance des espèces mentionnées plus haut, car leur effectif ne suit pas la remontée estivale de la chlorophylle.

les échanges avec les eaux du large se développent, et les organismes présentant leur maximum en juillet-août ne sont plus seulement côtiers ; on trouve aussi des espèces pouvant fréquenter les eaux du large et d'affinités biogéographiques méridionales (*Centropages typicus*, *Calanus helgolandicus*). La reprise du développement phytoplanctonique provoquée par le brassage des eaux fournit au zooplancton une nourriture abondante et lui permet d'augmenter sa biomasse. Le développement des formes herbivores, larves incluses, permet à son tour l'accroissement des effectifs des carnivores (*Muggiaea atlantica*, Chaetognathes) qui atteignent des chiffres élevés à la fin de la période étudiée. En septembre, une partie des larves décroissent, la reproduction des adultes correspondants ayant cessé. De nouvelles espèces (*Euterpina acutifrons*, *Labidocera wollastoni*, *Oncaea* sp.) prennent le relais des espèces estivales en déclin. Le facteur thermique est vraisemblablement important dans le développement pris par ces nouvelles formes, car certaines d'entre elles avaient déjà présenté des effectifs non négligeables ou fait une brève apparition fin juin ou début juillet, à des températures voisines de celles de septembre. Le refroidissement automnal permet en outre à certaines espèces boréales (*Pseudocalanus minutus*, *Temora longicornis*) de reconstituer leurs populations. D'autres (*Centropages hamatus*) devront vraisemblablement attendre que la température baisse davantage. Les biomasses du zooplancton restent relativement modestes en dépit de la poussée automnale du phytoplancton. Quatre facteurs au moins peuvent concourir à l'expliquer : la disparition ou la décroissance des larves, interprétée plus haut ; le temps de réponse plus long du zooplancton aux variations du milieu en comparaison de la très faible inertie du phytoplancton ; l'importance des petites formes (*Euterpina*, *Oncaea*...) parmi les espèces automnales ; enfin, la prédation exercée par les carnivores, qui atteignent un développement considérable.

Les paramètres synthétiques de caractérisation des peuplements apportent peu d'informations supplémentaires par rapport à la séquence qui vient d'être décrite. La diversité n'a pu être calculée pour l'ensemble des populations zooplanctoniques, faute d'identification précise pour toutes les espèces, impossible en un temps aussi court. Elle a pu l'être par contre pour les Copépodes, en supposant que l'évolution de ce groupe très important reflèterait à peu près celle de l'ensemble du zooplancton. Les résultats sont représentés graphiquement Fig. 17.

FIGURE 17

Evolution de l'indice de diversité spécifique des Copépodes



La gamme de variation est de 1,3 à 2,2 environ ; on ne trouve jamais de diversité quasi-nulle comme en zone côtière boréale quand une seule espèce domine le plancton, et les valeurs les plus élevées sont proches de celles des zones océaniques. Il faut sans doute y voir l'effet de la latitude. La station 1 se distingue très nettement des deux autres et la diversité y est toujours plus faible, sauf à deux sorties. Du point de vue de l'évolution dans le temps, on constate en gros un maximum estival, avec une évolution plus régulière à la station 1, ce qui est normal, les deux autres stations étant davantage influencées par le mélange, variable, avec la faune du large. Deux accidents viennent interrompre cette régularité. Le 22 mai les valeurs sont, au moins à la station 1, anormalement élevées ; elles traduisent une période de transition : les espèces boréales printanières sont encore abondantes, certaines espèces automnales font une brève apparition, certaines espèces estivales sont déjà représentées bien que faiblement ; la nourriture est abondante et la compétition interspécifique peu

sévère. Le 20 août, les valeurs sont anormalement basses, au moins aux stations 2 et 3, ce qui s'explique principalement par l'avance, sur les autres espèces automnales, prise dans la croissance de ses populations par *Paracalanus parvus*. Le 3 septembre, les Copépodes sont à nouveau très diversifiés aux deux stations du large, ce qui concorde avec le cycle partiel décrit plus haut, mais la diversité continue de décroître à la station 1. L'interruption des prélèvements, qui empêche de connaître l'évolution ultérieure, en interdit toute interprétation.

DISCUSSION.

Il est assez malaisé de situer les résultats obtenus sur le site d'Erdeven par rapport aux connaissances acquises antérieurement dans la région. En dehors des travaux océaniques dans le Golfe de Gascogne, d'ailleurs assez rares, le Plateau Continental a été étudié du point de vue de l'hydrologie (HENAFF, 1973) et particulièrement de la température (VINCENT & KURC, 1969 - VINCENT, 1973). Mais ces recherches se placent à une échelle géographique beaucoup plus vaste et ne fournissent pas de détails à la côte. Les mesures n'ont été que très exceptionnellement effectuées en-deçà de l'isobathe 50 m, qui passe, pour la région considérée ici, au large de Groix et Belle-Ile. Il n'est guère significatif, en raison de l'augmentation de l'amplitude annuelle de variation à la côte, d'extrapoler, par exemple, les isothermes présentées dans ces travaux pour en déduire une température probable à Erdeven à telle ou telle saison.

Le même type de remarques s'applique aux travaux sur le plancton comme celui, cité plus haut, de BEAUDOUIN (1975). Les seules études assez complètes de plancton et d'hydrologie portant sur un secteur côtier bien délimité, pas trop éloigné d'Erdeven, concernent l'estuaire du Belon (PAULMIER, 1971), celui de la rivière d'Auray (PAULMIER, 1972),

et la baie de Bourgneuf au sud de la Loire (CHERFAOUI, 1973). Ce dernier travail porte uniquement sur les Copépodes ; il montre pour un certain nombre d'espèces des résultats comparables à ceux d'Erdeven, mais aussi des différences notables (meilleure représentation en nombre d'espèces et présence plus régulière des formes les plus littorales) attribuables au caractère côtier, voire estuarien, plus marqué de la baie de Bourgneuf, où des salinités de 32,5 ‰ peuvent être observées en août, contre 35,3 à 35,4 ‰ pour Erdeven. La comparaison avec le Belon est également rendue difficile par les caractères propres très particuliers de ce site. L'auteur y signale des espèces franchement océaniques dans l'estuaire lui-même et en été des formes pourtant strictement hivernales ou printanières plus au nord.

La rivière d'Auray, par contre, dans sa partie la plus marine, présente des points communs avec les observations d'Erdeven. La succession du phytoplancton y est assez semblable, avec les mêmes espèces dominantes et l'apparition assez irrégulière de floraisons estivales plus ou moins avortées entre les deux floraisons régulières du printemps et de l'automne. Aucune donnée de zooplancton n'est cependant disponible pour la rivière d'Auray, ni aucun résultat sur la circulation de densité susceptible de s'établir ; ce dernier type de résultats pourrait être obtenu par des calculs sur les données hydrologiques de l'auteur, mais celles-ci sont présentées uniquement sous forme de courbes, donc avec une précision insuffisante pour ce but. La comparaison est donc là encore limitée, en dépit d'analogies réelles, et l'écosystème pélagique côtier du site d'Erdeven ne peut être vraiment caractérisé qu'à partir des résultats de terrain de la présente étude.

Ces résultats montrent que parmi les facteurs physiques, deux essentiellement concourent à expliquer les caractéristiques écologiques observées. Il s'agit de la température et du régime de circulation des eaux. La température règle l'émission des larves par les animaux benthiques. On n'observe clairement ici que l'effet de la température minimale nécessaire à cette émission, mais certaines indications (celles obtenues à propos des Actinotroques) suggèrent que la température maximale peut être dépassée pour certains organismes en

rivière d'Étel. La température règle aussi en partie la succession des animaux holoplanctoniques, avec des effets très marqués comme la disparition en été d'espèces côtières à préférences froides qui dominent le plancton au printemps. Ces phénomènes sont cependant aussi sous l'influence du régime de circulation des eaux, qui permet plus ou moins les échanges entre les eaux côtières et celles du large. La situation, de ce point de vue, oscille entre une circulation de densité d'une part, caractérisée par une très forte stratification littorale conduisant au développement d'un front qui isole complètement les eaux côtières des eaux du large, et d'autre part un régime agité conduisant au brassage et à l'homogénéisation des eaux.

L'agitation est engendrée par les conditions atmosphériques, essentiellement par les vents. Elle se traduit, du point de vue du phytoplancton, par des floraisons de Diatomées, avec une productivité importante reflétée par les résultats de l'analyse pigmentaire ; du point de vue du zooplancton, les biomasses ont alors tendance à croître, de même que la diversité, du fait de l'apport d'espèces du large. Ces affirmations seraient cependant à nuancer si les résultats du 20 juillet, correspondant au maximum d'agitation, étaient significatifs d'une tendance générale : les biomasses phytoplanctoniques ne sont pas particulièrement élevées et beaucoup d'organismes zooplanctoniques accusent une diminution de leurs effectifs. Il semblerait donc que le régime de circulation optimal pour l'écosystème soit représenté par un degré modéré de brassage.

La stratification, qui peut être très forte, résulte, pendant la période d'étude, uniquement des conditions thermiques, par échauffement des eaux qui séjournent en rivière d'Étel au cours du cycle de marée et s'écoulent ensuite en surface du fait de leur faible densité. L'influence des apports d'eau douce est nulle, sauf sans doute en septembre ; mais à cette date l'agitation est suffisante pour détruire toute stratification à marée haute. A marée basse cependant, le régime de front persiste, traduisant une ségrégation spatiale marquée des eaux sortant de la rivière d'Étel, qui ont donc de fortes chances d'y être recyclées à la marée montante suivante. Le taux de ce recyclage, qui aurait une incidence très importante sur la dispersion thermique en cas de mise en service de la centrale d'Erdeven, mériterait d'être précisé par une étude

plus approfondie selon les méthodes de l'océanographie physique. Du point de vue de l'écosystème, la période de stratification maximale des eaux se traduit par l'exclusion des espèces du large du fait de l'isolement physique des eaux côtières, le peuplement étant limité aux espèces les plus littorales. Un écosystème ainsi réduit quant à sa composition spécifique est plus fragile ; il suffit que les conditions de température ou de nutrition soient défavorables aux espèces présentes pour aboutir à une certaine pauvreté du milieu. La situation observée au mois de juin lors de la présente étude se présente par exemple comme critique. A ce moment, les biomasses du zooplancton (comme de phytoplancton) sont faibles. Seules quelques espèces zooplanctoniques sont abondantes, mais ce sont des formes d'eau froide (*Pseudocalanus minutus*, *Temora longicornis*, *Centropages hamatus*). Un confinement comparable mais réalisé à une température plus élevée leur serait défavorable, sans qu'on puisse prévoir dans quelle mesure elles seraient remplacées par d'autres espèces, et dans ce cas lesquelles. Le caractère critique de la situation est accentué par la présence, parmi les formes thermosensibles, des Appendiculaires, qui sont la nourriture essentielle des larves de Poissons, et en particulier des Poissons plats.

Pour le phytoplancton, le développement maximal de la stratification se traduit par une productivité très réduite, reflétée par un faible rapport chlorophylle/phéophytine. Les Diatomées, qui assurent l'essentiel de la production primaire, sont incapables de mouvements propres et ont besoin du brassage pour occuper la colonne d'eau. La stratification les défavorise donc au profit des Dinoflagellés, qui se maintiennent activement, en nageant grâce à leur flagelle, ou passivement, par flottaison, dans les couches superficielles. *Noctiluca scintillans* se trouve dans ce dernier cas, et les chiffres les plus élevés pour cette espèce, en juin, correspondent précisément aux plus fortes valeurs de stabilité verticale. Il y a plus : les échantillons de zooplancton prélevés à cette période en supplément et ramenés frais à Brest pour tenter de photographier du plancton vivant, présentaient au repos un phénomène d'eau rouge en miniature sur quelques millimètres d'épaisseur. Rien d'autre ne survivait dans ces échantillons, en raison sans doute du blocage des échanges respiratoires à la surface du récipient, les eaux rouges à Noctiluques étant généralement réputées non toxiques.

Illustrations p. 217: Phénomènes d'eau rouge :

- a - Eau rouge à Noctiluques observée en 1967 au large d'Ouessant par le navire océanographique anglais "Sarsia":

Le phénomène est localisé sur le tracé d'un front thermique; sur la photographie, on remarque des traînées brunes qui sont constituées de pétrole brut provenant de l'épave du "Torrey-Canyon". La localisation au même endroit de pétrole et d'eau rouge est due au fait qu'il s'agit dans les deux cas de matériel flottant susceptible d'être accumulé par les mêmes mécanismes physiques. Cette coïncidence avait néanmoins suffi à l'époque pour que la presse, et même certains scientifiques, établissent un lien de cause à effet entre la pollution pétrolière et l'apparition d'une eau rouge.

- b - Eau rouge en miniature dans un échantillon de plancton d'Erdeven :

Un bocal de plancton prélevé au moment du maximum de la circulation de densité et laissé au repos présente en surface une couche rougeâtre sur quelques millimètres d'épaisseur. Dans le reste du récipient, aucun organisme ne survit (*Photo prise à Brest le soir même de la récolte*).

- c - Détail du phénomène précédent :

Examinée à la loupe binoculaire, la couche superficielle rougeâtre se révèle constituée de Noctiluques, si concentrées qu'elles sont jointives (*Matériel vivant, x 40 environ*).

Toujours spectaculaires, les eaux rouges ont une nocivité variable. En Floride, où elles sont dues à Gymnodinium breve DAVIS, elles revêtent l'ampleur d'une véritable catastrophe, avec des mortalités massives de Poissons et des cas d'allergie, parfois fatals, chez les habitants du littoral. Des réseaux d'alerte ont d'ailleurs été mis sur pied. Les eaux rouges à Noctiluques, par contre, sont généralement considérées comme sans conséquences graves. Entre les deux, on peut citer les eaux rouges périodiques à Gonyaulax des côtes anglaises du Northumberland, qui rendent toxiques les coquillages, en particulier les moules.

N.B.- Ces informations sont citées d'après des propos échangés lors de la réunion, à Lowestoft les 25 - 27 mai 1976, d'un groupe de travail sur le sujet, convoqué par le Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer, et qui comprenait: D.H. CUSHING (Lowestoft), Mme VAN BEVEREN (Liège), M. GILLBRICHT (Hambourg), V. HANSEN (Charlottenlund), Mme KAT (Ijmuiden), J. LE FEVRE (Brest), J.P. MOMMAERTS (Bruxelles), T. PLATT (Dartmouth, Canada), Mlle K. STEIDINGER (Woods Hole), D. TAYLOR (Miami), G. WEICHART (Hambourg), T. WYATT (Lowestoft), Mme C. YENTSCH (Boothbay, USA), C.S. YENTSCH (Boothbay).

a

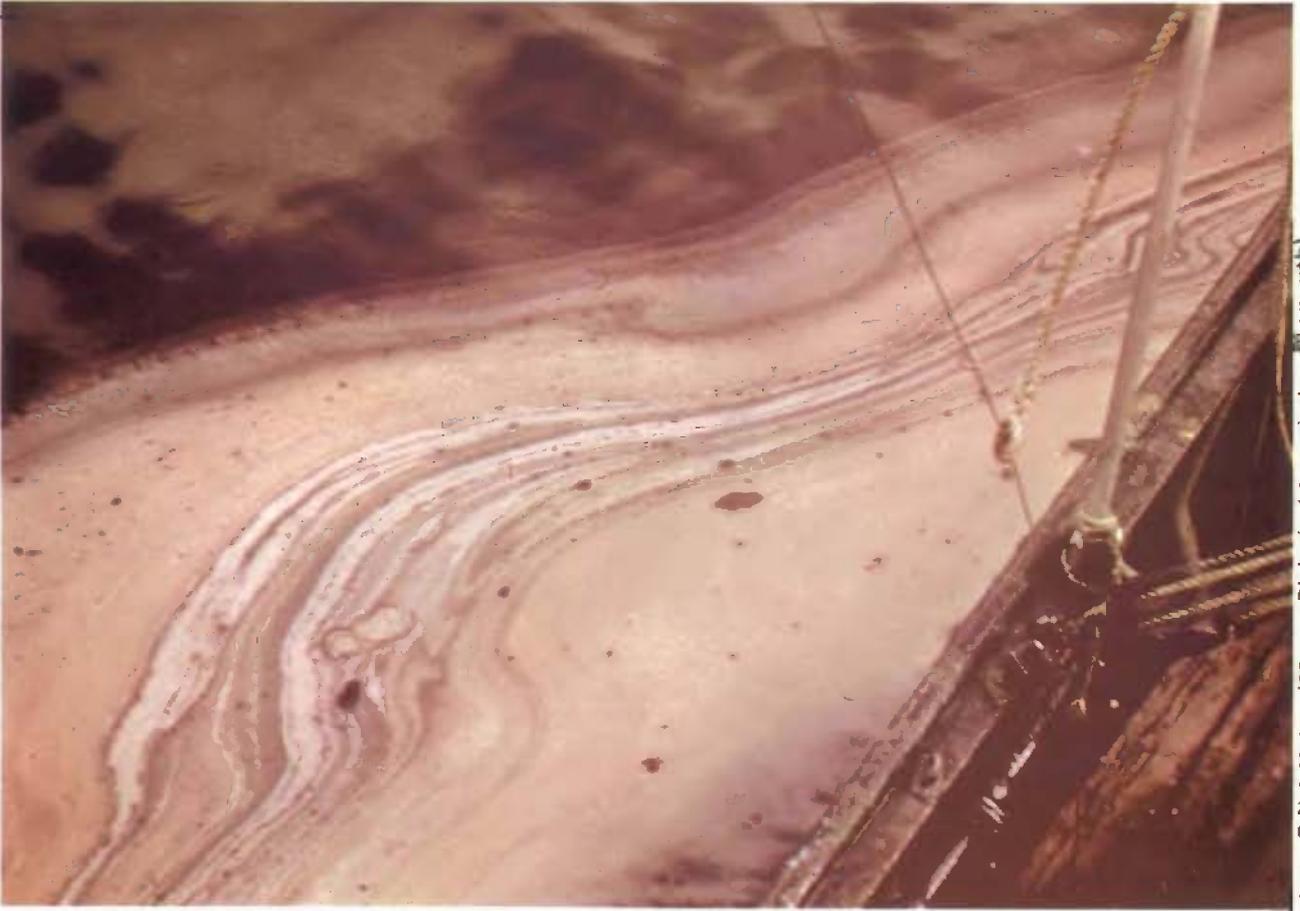


photo © N.A. Holme (Marine Biological Association, Plymouth)



photo © J. Le Fèvre

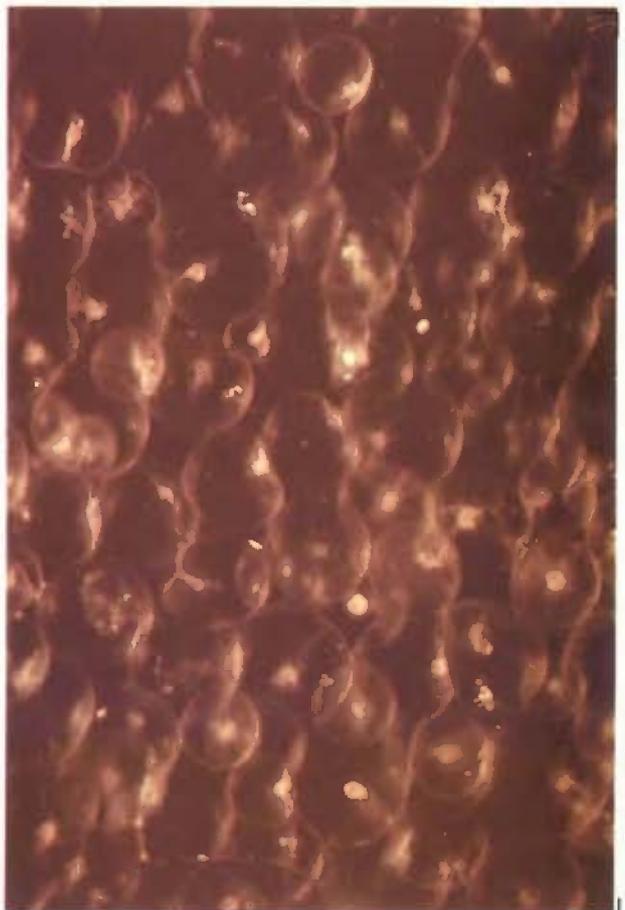


photo © J. Le Fèvre

b

c

Dans la nature, les eaux rouges se produisent sur quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur ; de plus la surface du bocal était beaucoup plus petite que l'ouverture du filet ayant servi à la récolte, ce qui implique une concentration importante dans le plan horizontal pour obtenir l'effet d'eau rouge. L'abondance des Noctiluques dans la nature était donc encore très inférieure aux conditions d'une eau rouge. L'existence d'un front, capable justement de concentrer considérablement* dans le plan horizontal tout matériel superficiel (cf. *supra*) permettent néanmoins de s'interroger sur ce qui se serait produit si la stratification avait persisté. Les phénomènes d'eaux rouges ne sont d'ailleurs pas inconnus dans la région considérée, même s'ils paraissent relativement rares. Une enquête très sommaire, menée auprès des marins-pêcheurs locaux, a permis de trouver trois témoins du phénomène. M. Armand JIQUEL, patron-pêcheur à Portivy, l'a observé devant ce port ; il n'a pas été possible d'obtenir plus de précisions, les informations étant transmises par un intermédiaire, M. Christian JIQUEL, fils de l'observateur et secrétaire du Comité Local des Pêches de Quiberon. Deux informateurs ont cependant pu être interrogés directement, MM. Albert GUEHENNEC, patron-pêcheur à Quiberon et William HALL, syndic des gens de mer à Le Palais (Belle-Ile). La description fournie par ces témoins est suffisamment précise et exacte, sans qu'aucun élément caractéristique ne leur ait été fourni, pour acquérir la certitude que le phénomène qu'ils ont observé dans les parages de Belle-Ile, dont une fois en 1967, est bien une eau rouge.

En cas de mise en service de la centrale d'Erdeven, les études préliminaires du Laboratoire National d'Hydraulique (CAZENAVE, 1976) ont montré que l'effluent thermique pénétrerait à marée montante en rivière d'Etel, y occasionnant un réchauffement pouvant atteindre 3°C. Un tel régime de circulation de l'eau et de la chaleur est analogue à ce qui est observé dans la présente étude et qui conduit au développement de la stratification devant

* *Des concentrations par un facteur de 10⁵ de Noctiluques et d'oeufs de Poissons, par rapport aux eaux avoisinantes, ont été observées sur des fronts (LE FEVRE & GRALL, 1970).*

l'embouchure de la rivière d'Etel. Il y a donc un risque que l'effluent thermique, notamment du fait de son séjour dans la rivière d'Etel, conduise à l'amplification du système de circulation de densité responsable de l'existence d'un front, augmentant ainsi la probabilité d'un phénomène d'eau rouge. On a donc cherché à évaluer plus précisément ce risque d'eau rouge.

Cette évaluation a porté sur les Noctiluques, sur lesquelles les données, contrairement à ce qui se passe pour les autres Dinoflagellés, sont suffisantes pour une étude statistique. L'abondance par mètre carré, plus significative que pour 10 m^3 en raison de la distribution verticale de cet organisme dans la colonne d'eau, a été prise en considération, en transformée $\log(N + 1)$. Elle est corrélée de manière hautement significative avec la température de surface ($r = -0,55$ pour 24 paires de valeurs) et avec la stratification, exprimée soit par l'écart de σ_t sur la totalité de la colonne d'eau ($r = +0,58$), soit par la stabilité verticale $\Delta\sigma_t/\Delta Z \times 10^3$, également sur la colonne d'eau totale ($r = +0,54$). Stabilité verticale et température de surface ne sont, par contre, pas corrélées significativement, ce qui est normal puisque c'est l'écart de température qui détermine la stratification. Les deux corrélations ci-dessus sont donc indépendantes l'une de l'autre.

On a amélioré la corrélation avec la température en prenant non plus la mesure elle-même, mais la valeur absolue $|T - T_0|$ de l'écart entre la température effectivement mesurée et une température optimale supposée pour les Noctiluques. Après essai de demi-degré en demi-degré, on trouve que la meilleure valeur de T_0 est de $13,5^\circ\text{C}$. On calcule ainsi une régression qui permet, pour chaque valeur mesurée de la température, de prévoir l'effectif le plus probable des Noctiluques si seule la température entrait en jeu. L'écart (en valeur algébrique) entre cet effectif théorique et l'effectif réel est le résidu de la régression. Il est corrélé de manière hautement significative avec la stratification ($r = +0,632$ pour $\Delta\sigma_t$ et $+0,627$ pour $\Delta\sigma_t/\Delta Z \times 10^3$). On aboutit ainsi à une régression à deux paramètres qui permet une meilleure prévision de l'effectif réel des Noctiluques. Cette régression présente à nouveau un résidu, qui est corrélé avec l'effectif des Noctiluques à la même station la quinzaine

précédente. On aboutit ainsi à une régression à trois paramètres :

$$(1) \quad y = - 0,804 |T - T_0| + 6,429 \Delta\sigma_t + 0,483 A + 2,158$$

ou

$$(2) \quad y = - 0,804 |T - T_0| + 54,4 \Delta\sigma_t/\Delta Z + 0,406 A + 2,302$$

où :

y est la transformée $\log(N + 1)$ de l'abondance des Noctiluques par m^2

T est la température de surface

$T_0 = 13,5^\circ\text{C}$, valeur adoptée comme température optimale des Noctiluques

$\Delta\sigma_t$ et $\Delta\sigma_t/\Delta Z$ sont calculés sur toute la colonne d'eau

A est l'abondance des Noctiluques la quinzaine précédente, exprimée de la même manière que y.

Les deux expressions (1) et (2) de cette régression multilinéaire permettent de prévoir un effectif des Noctiluques qui présente avec l'effectif réel un coefficient de corrélation de + 0,87 pour 19 paires de valeurs (toujours dans la même transformée). On obtient ainsi une ébauche de modèle prédictif des eaux rouges à Noctiluques. On rend compte en particulier de cette manière du fait que ces eaux rouges ont toujours été observées sur des fronts séparant des masses d'eau dont l'une a en surface une température de l'ordre de 13 à 15°C. Le modèle est cependant imparfait. Il suppose pour la température un effet linéaire qui ne peut être qu'une approximation extrêmement grossière*. De plus, la température optimale adoptée, 13,5°C, est très mal encadrée par les valeurs réelles et sa détermination repose donc sur des bases statistiques fragiles ; son ordre de grandeur correspond cependant à toutes les observations

* Ce qui se traduit notamment par le fait qu'aux conditions limites, le modèle prévoit des effectifs négatifs.

antérieures. Enfin, un pas de temps de 15 jours est manifestement trop grand pour un organisme dont le temps de génération est de l'ordre de trois jours. Cette ébauche de modèle permet cependant une bonne prédiction de l'ordre de grandeur des effectifs et reste très susceptible d'amélioration.

Dans le cas d'Erdeven, on voit que les phénomènes d'eaux rouges sont possibles, et que la mise en service de la centrale aurait pour effet d'amplifier l'un des facteurs susceptibles de les provoquer, à savoir la stratification. Il est vrai que, du fait du réchauffement, la température optimale pour les Noctiluques serait atteinte plus tôt dans le cycle annuel, à une époque où les conditions météorologiques seraient peut-être plus favorables à un régime brassé qu'à une circulation de densité. Il est cependant difficile d'être affirmatif sur ce point, en raison du caractère exceptionnel (forte insolation, sécheresse) de l'année 1976 pendant laquelle a été réalisée la présente étude. Il est possible en effet que cette avance du cycle thermique se soit produite naturellement en 1976 du fait des conditions climatiques. Or en mai-juin, les conditions étaient relativement proches de celles d'une eau rouge ; il aurait peut-être suffi que la circulation de densité soit plus prononcée. Rien n'empêche d'ailleurs d'imaginer que la stratification maximale en zone côtière soit réalisée avec en effet des températures élevées en surface dans cette zone, les eaux situées de l'autre côté du front ayant cependant une température optimale pour les Noctiluques. Telles étaient précisément les conditions lors des eaux rouges observées en 1967 au large des côtes ouest de Bretagne (cf. LE FEVRE & GRALL, 1970).

De plus, il existe dans le plancton d'Erdeven au moins deux autres organismes, le Cilié *Mesodinium* sp. et le Dinoflagellé *Gyrodinium aureolum*, susceptibles de provoquer des eaux rouges. On sait qu'ils sont, comme les Noctiluques, favorisés par la stratification, mais leur température optimale n'est pas connue et rien ne prouve qu'elle soit aussi basse que celle des Noctiluques. Un autre Dinoflagellé remarquable, *Gonyaulax polyedra*, est présent dans le plancton d'Erdeven ; comme tous les Dinoflagellés, il tend à se rassembler dans les couches superficielles et à être concentré par les fronts. Or, PAULMIER (1972)

en signale en rivière d'Auray des concentrations anormales à la fin de l'été 1964, qui, sans atteindre une densité suffisante pour colorer les eaux, n'en ont pas moins provoqué des mortalités d'Huîtres, *Gonyaulax polyedra* libérant dans le milieu des toxines. La rivière d'Etel est une importante zone ostréicole et le risque n'est donc pas à négliger.

CONCLUSION.

L'écosystème pélagique côtier au voisinage du site d'Erdeven subit principalement l'influence de la température et du régime de circulation des eaux, lequel dépend lui-même en partie des conditions thermiques. L'influence directe de la température sur les organismes vivants se traduit dans la succession des maxima des divers organismes zooplanctoniques et par l'émission, à une période de l'année bien définie, des larves par les animaux benthiques. La modification des conditions thermiques retentirait donc sur la reproduction de ces animaux, ce qui mérite d'être pris en considération en raison de l'intérêt économique de certains d'entre eux (Huîtres, Poissons, Crustacés).

Le régime de circulation des eaux se situe, selon les conditions météorologiques, entre deux extrêmes. En période calme, le transit des eaux marines en rivière d'Etel pendant le cycle de marée se traduit par une élévation de température due à l'insolation, qui diminue fortement la densité des eaux subissant ce transit. Elles ne s'écoulent ensuite qu'en surface, et il en résulte devant l'embouchure une circulation de densité avec forte stratification verticale à la côte. L'étendue de la zone stratifiée n'a pu être déterminée avec exactitude, mais divers indices situeraient son extension dans un rayon de 1 à 2 milles de l'embouchure. Elle est limitée par un front qui isole plus ou moins complètement

les eaux littorales de celles du large. L'ensoleillement exceptionnel du printemps et de l'été 1976 est certainement responsable des modalités particulières selon lesquelles s'établit cette circulation de densité, qui résulte ici de facteurs purement thermiques. Sous le régime moins sec d'une année normale cependant, les apports d'eau douce en rivière d'Etel, négligeables pendant la presque totalité de la période d'étude, fourniraient une contribution supplémentaire à l'établissement de la stratification côtière. Evaluer dans quelle mesure cet effet compenserait la moindre importance éventuelle du facteur thermique nécessiterait un complément d'étude.

L'effet de la circulation de densité sur l'écosystème se traduit par un certain appauvrissement qualitatif et quantitatif de la faune pélagique, et pour le phytoplancton par une diminution de la productivité, les Diatomées étant défavorisées au profit des Dinoflagellés.

En période de mer agitée, s'installe au contraire un régime de forte turbulence qui conduit, au moins à marée haute, à un meilleur mélange des eaux à la fois selon la verticale et sur un plan horizontal ; à marée basse, cependant, il semble que la stratification soit plus difficile à détruire. En régime brassé, on observe un écosystème moins fragile et mieux équilibré ; le zooplancton est plus diversifié du fait du mélange des faunes côtières et du large, les Diatomées dominent le phytoplancton dont la productivité est élevée. Au total, la richesse biologique du milieu est analogue à celle des autres secteurs des côtes de Bretagne, Manche incluse.

La mise en service de la centrale d'Erdeven conduirait, comme des études antérieures l'ont établi, au séjour de l'effluent thermique en rivière d'Etel. Ces eaux réchauffées, donc très légères, ressortiraient devant l'embouchure avec l'hydrodynamisme de la marée. Celui-ci est insuffisant, comme le montrent les résultats du présent travail, ainsi que l'existence de la Barre d'Etel, dépôt de sédiments dû à la brusque décélération des courants de marée à leur arrivée en mer, pour assurer le brassage des eaux en zone

côtière. Il en résulterait donc un renforcement de la circulation de densité observée ici en période calme, par amplification du facteur thermique responsable de cette circulation. A conditions météorologiques égales, la période de stratification serait donc augmentée et la période de brassage réduite, dans une mesure qui reste à préciser par une étude plus approfondie, comportant notamment un bilan énergétique précis.

Du point de vue physique, il en résulterait un confinement accru des eaux littorales, défavorable à une bonne dispersion de la chaleur. Du point de vue biologique, ces modifications se traduiraient par une diminution de la productivité de l'écosystème et un équilibre écologique plus fragile. En particulier, les Dinoflagellés seraient favorisés, avec une probabilité accrue d'eau rouge du fait du développement du front susceptible d'accumuler ces organismes. Ce dernier risque paraît assez sérieux, en raison de la présence, parmi les espèces recensées, de plusieurs susceptibles de provoquer le phénomène. L'une d'entre elles au moins est capable de sécréter des substances toxiques. Concentrée en grand nombre par la circulation de densité, elle pourrait provoquer des mortalités d'Huîtres ou les rendre impropres à la consommation, nuisant ainsi à une activité qui revêt une importance certaine dans l'économie locale.

A N N E X E IV

	p.
IV - 1 : Données générales, Résultats physico-chimiques	229
IV - 2 : Données biologiques	239
IV - 3 : Graphiques d'évolution dans le temps des effectifs des principaux organismes zooplanctoniques	277

ANNEXE IV-1

DONNEES GENERALES - RESULTATS PHYSICO-CHIMIQUES

	P.
TABLEAU IX - Description des sorties et données annexes	231
TABLEAU X - Résultats hydrologiques	236
TABLEAU XI - Stabilité verticale	237
TABLEAU XII Nitrates - Phosphates	238

TABLEAU IX - DESCRIPTION DES SORTIES ET DONNEES ANNEXES

<u>SORTIE DU 10 MAI 1976</u> (1)			
Haute Mer : 14 h 42			
Coefficient : 72			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	-		17 h 35
T°C	-		13,0
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2'</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	13 h 05	14 h 15	Supprimée
Heure fin	14 h 05	15 h 30	
Disque de Secchi	Vis. au fond (7m)	9 m (sonde 17m)	

<u>SORTIE DU 22 MAI 1976</u>			
Haute Mer : 14 h 48			
Coefficient : 53			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	-		18 h 20
T°C	-		16,1
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	11 h 55	13 h 05	14 h 25
Heure fin	12 h 55	14 h 20	15 h 35
Disque de Secchi	Vis. au fond (8m)	Vis. au fond (10m)	10 m (sonde 12m)

Incidents : (1) Expulsion par la vedette de la Marine Nationale, d'où station 1 inachevée (manque biomasse zooplancton), stations 2 et 3 remplacées par 2', située en dehors du secteur normal d'étude.

TABLEAU IX - (Suite)

<u>SORTIE DU 8 JUIN 1976</u>			
Haute Mer : 14 h 54			
Coefficient : 68			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	11 h 30		20 h 00
T°C	17,3		22,9
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	13 h 30	14 h 45	16 h 00
Heure fin	14 h 40	15 h 55	17 h 30
Disque de Secchi	Vis. au fond (8,50)	Vis. au fond (11m)	Vis. au fond (12,50m)

<u>SORTIE DU 22 JUIN 1976</u>			
Haute Mer : 14 h 07			
Coefficient : 42			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	10 h 30		17 h 30
T°C	18,5		17,3
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	12 h 25	13 h 02	13 h 59
Heure fin	12 h 55	13 h 55	14 h 35
Disque de Secchi	Vis. au fond (8,20m)	Vis. au fond (10,50m)	12 m (sonde 13m)

TABEAU IX - (Suite)

<u>SORTIE DU 7 JUILLET 1976</u> (2)			
Haute Mer : 13 h 47			
Coefficient : 62			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	10 h 15		19 h 40
T°C	20,9		20,3
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3'</i>
Heure début	12 h 05	12 h 45	13 h 50
Heure fin	12 h 40	13 h 38	14 h 45
Disque de Secchi	Vis. au fond (8 m)	8,90 m (sonde 12 m)	15,50 m (sonde 22 m)

<u>SORTIE DU 20 JUILLET 1976</u> (3)			
Haute Mer : 11 h 46			
Coefficient : 42			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	10 h 10		16 h 55
T°C	19,0		19,4
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	11 h 50	12 h 45	Supprimée
Heure fin	12 h 35	13 h 45	
Disque de Secchi	Vis. au fond (8 m)	9 m (sonde 12 m)	

Incidents : (2) Tirs d'artillerie contraignant à remplacer la station 3 par une station 3' située plus au large.

(3) Mauvais temps fraîchissant avec pluie masquant la côte, d'où suppression de la station 3.

TABLEAU IX - (Suite)

<u>SORTIE DU 7 AOUT 1976</u>			
Haute Mer : 15 h 49			
Coefficient : 69			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	-		19 h 10
T°C	-		16,4
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	13 h 00	13 h 45	14 h 41
Heure fin	13 h 35	14 h 35	15 h 40
Disque de Secchi	Vis. au fond (7 m)	Vis. au fond (11 m)	11,50 m (sonde 13 m)

<u>SORTIE DU 20 AOUT 1976</u> (4)			
Haute Mer : 13 h 20			
Coefficient : 37			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	10 h 50		19 h 30
T°C	18,2		20,5
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	13 h 10	14 h 30	15 h 30
Heure fin	13 h 55	15 h 15	16 h 15
Disque de Secchi	Vis. au fond (8,30 m)	Vis. au fond (11 m)	- (sonde 12 m)

Incidents : (4) Perte du disque de Secchi à la station 2 ; tentative de récupération en plongée infructueuse (dérive du bateau pendant la préparation à la plongée).

TABLEAU IX - (Suite et fin)

<u>SORTIE DU 3 SEPTEMBRE 1976</u>			
Haute Mer : 13 h 20			
Coefficient : 48			
Température en rivière d'Etel (Pont-Lorois)			
	<i>Flot</i>		<i>Jusant</i>
Heure	10 h 40		20 h 15
T°C	17,2		18,4
	<i>Station 1</i>	<i>Station 2</i>	<i>Station 3</i>
Heure début	12 h 35	13 h 15	14 h 20
Heure fin	13 h 10	14 h 05	15 h 15
Disque de Secchi	- (sonde 7m)	- (sonde 10m)	- (sonde 13m)

<u>MISSION AERIENNE DU 8 SEPTEMBRE 1976</u>	
<i>à partir de Lorient-Lann Bihoué</i>	
Décollage : 11h00	Retour : 12h 00
Basse Mer : 11 h 36	Coefficient : 90

TABLEAU X
RESULTATS HYDROLOGIQUES

Date	Station	Z (m)	S°/‰	T°C	σ_t
10/5	1	0	34,83	13,39	26,20
		5	34,83	12,53	26,37
	2'	0	34,80	12,63	26,33
5		34,80	-	-	
10		34,80	-	-	
22/5	1	0	34,98	13,72	26,25
		5	34,98	13,25	26,35
	2	0	34,98	13,53	26,29
		5	34,98	12,97	26,40
		8	34,99	12,60	26,48
	3	0	34,99	14,10	26,18
5		34,99	12,93	26,42	
10		34,99	12,57	26,49	
8/6	1	0	35,165	17,05	25,65
		5	35,16	15,01	26,11
	2	0	35,16	16,07	25,87
		5	35,15	15,15	26,07
		9	35,15	14,61	26,19
	3	0	35,16	16,03	25,88
5		35,15	15,07	26,09	
10		35,155	13,32	26,47	
22/6	1	0	35,22	16,48	25,82
		5	35,19	15,42	26,04
	2	0	35,20	16,62	25,68
		5	35,20	14,94	26,16
		8	35,19	14,46	26,25
	3	0	35,22	16,38	25,85
5		35,18	15,51	26,02	
10		35,19	14,90	26,16	

Remarque: Les chiffres en italique dans la colonne des σ_t correspondent à des valeurs qui indiqueraient une inversion de densité. Ces valeurs sont donc suspectes. Il est probable que les salinités correspondantes sont erronées par excès.

Date	Station	Z (m)	S°/‰	T°C	σ_t
7/7	1	0	35,25	18,22	25,43
		5	35,23	17,77	25,52
	2	0	35,24	17,76	25,53
		5	35,21	17,60	25,55
		10	35,23	16,18	25,90
	3'	0	35,21	18,04	25,44
5		35,30	17,80	25,57	
10		35,22	17,74	25,52	
15		35,24	15,66	26,03	
20/7	1	0	35,17	18,37	25,33
		5	35,22	18,30	25,38
	2	0	35,18	18,07	25,41
		5	35,21	18,03	25,44
7/8	1	0	35,43	15,71	26,16
		5	35,30	15,17	26,18
		0	35,34	16,40	25,94
	2	5	35,32	15,42	26,14
		10	35,32	14,69	26,30
		3	0	35,37	16,60
5	35,34		15,13	26,22	
10	35,34		15,03	26,25	
20/8	1	0	35,38	18,02	25,58
		5	35,37	17,62	25,67
	2	0	35,41	18,09	25,58
		5	35,52	17,98	25,69
		10	35,38	17,54	25,69
	3	0	35,39	18,06	25,57
5		35,425	17,86	25,79	
10		35,39	17,85	25,63	
3/9	1	0	35,37	16,90	25,84
		5	35,33	16,65	25,87
	2	0	35,34	16,56	25,90
		5	35,35	15,90	26,06
		9	35,32	15,79	26,06
	3	0	35,38	16,94	25,84
5		35,33	16,89	25,81	
10		35,32	15,54	26,12	

STABILITE VERTICALE

$$\Delta \sigma_t / \Delta Z \times 10^3$$

DATE	STATION	ΔZ	STABILITE
10/5	1	0 - 5	34,0
22/5	1	0 - 5	20,0
	2	0 - 5	22,0
		0 - 8	23,8
	3	0 - 5	48,0
0 - 10		31,0	
8/6	1	0 - 5	92,0
	2	0 - 5	40,0
		0 - 9	35,6
22/6	3	0 - 5	42,0
		0 - 10	59,0
	1	0 - 5	44,0
22/6	2	0 - 5	96,0
		0 - 8	71,3
	3	0 - 5	34,0
0 - 10		31,0	
7/7	1	0 - 5	18,0
	2	0 - 5	4,0
		0 - 10	37,0
7/7	3'	0 - 5	-
		0 - 10	8,0
	0 - 15	39,3	

DATE	STATION	ΔZ	STABILITE
20/7	1	0 - 5	10,0
	2	0 - 5	6,0
0 - 10		13,0	
7/8	1	0 - 5	4,0
	2	0 - 5	40,0
		0 - 10	36,0
20/8	3	0 - 5	62,0
		0 - 10	34,0
	1	0 - 5	18,0
20/8	2	0 - 5	22,0
		0 - 10	11,0
	3	0 - 5	-
0 - 10		6,0	
3/9	1	0 - 5	6,0
	2	0 - 5	32,0
		0 - 9	17,8
3/9	3	0 - 5	-
		0 - 10	28,0

TABLEAU XII

SELS NUTRITIFS

Date	Station	Z (m)	PO ₄ ⁻⁻⁻ μAtg P/l	NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻ μAtg N/l
10/5	1	0	0,25	0,25
		5	0,54	0,21
	2'	0	-	-
		5	0,13	0,18
		10	0,13	0,19
22/5	1	0	0,09	0,18
		5	0,16	0,19
	2	0	0,75	0,31
5		-	-	
	8	0,15	0,12	
	3	0	0,11	0,14
		5	0,13	0,11
		10	1,37	0,52
8/6	1.	0	0,16	0,24
		5	0,16	0,17
	2	0	0,25	0,45
5		0,13	0,14	
	9	0,13	0,19	
	3	0	0,15	0,12
		5	0,06	0,17
		10	0,11	0,13
22/6	1	0	0,28	1,31
		5	0,19	0,24
	2	0	0,16	0,21
5		0,21	0,27	
	8	0,17	0,25	
	3	0	0,29	0,36
		5	0,19	0,33
		10	0,30	0,33
7/7	1	0	0,19	0,20
		5	0,23	0,31
	2	0	0,17	0,18
5		0,15	0,18	
	10	0,34	0,30	
	3'	0	0,09	0,13
		5	0,20	0,47
		10	0,14	0,19
	15	0,33	0,53	

Date	Station	Z (m)	PO ₄ ⁻⁻⁻ μAtg P/l	NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻ μAtg N/l
20/7	1	0	0,41	0,24
		5	0,19	0,13
	2	0	0,21	0,14
		5	0,21	0,19
		10	0,16	0,16
7/8	1	0	0,33	0,26
		5	1,10	0,49
	2	0	0,14	0,26
5		0,15	0,22	
	10	0,66	0,41	
	3	0	0,16	0,36
		5	0,46	0,21
		10	0,24	0,25
20/8	1	0	0,41	0,63
		5	0,56	1,03
	2	0	0,27	0,68
5		0,18	0,47	
	10	0,36	0,37	
	3	0	0,40	0,27
		5	0,42	0,26
		10	0,45	0,34
3/9	1	0	0,77	1,74
		5	0,33	0,67
	2	0	0,29	0,55
5		0,40	0,84	
	9	0,34	0,90	
	3	0	0,26	1,89
		5	0,22	0,12
		10	0,44	0,77

A N N E X E IV-2

DONNEES BIOLOGIQUES

	p.
IV-2a - Phytoplancton	241
IV-2b - Zooplancton : données générales	249
IV-2c - Zooplancton : Copépodes	265

A N N E X E IV-2a : PHYTOPLANCTON

	p.
TABLEAU XIII - Pigments	243
TABLEAU XIV - Données numériques (nombre de cellules pour 100 ml)	244
LISTE FLORISTIQUE.	247

Remarque : Les comptages de phytoplancton ont été faits, faute de temps, à une seule profondeur par station, en général en surface. Lorsqu'une autre profondeur est indiquée, cela signifie que l'échantillon de surface était mal conservé.

TABLEAU XIII

CHLOROPHYLLE
et Phéophytine

Date	Station	Z (m)	Phéo. mg/m3	Chlor. mg/m3	Chlor. mg/m2
10/5	1	0 5	0,15 0,18	0,78 0,83	4,01
	2'	0 5 10	0,09 0,08 0,04	0,66 0,44 0,34	
22/5	1	0 5	0,04 0,10	0,71 0,74	3,63
	2	0 5 8	0,03 0,01 -	0,79 0,76 -	
	3	0 5 10	0 0,02 0,09	0,71 0,71 0,68	7,86
8/6	1	0 5	0,01 0	0,08 0,31	0,98
	2	0 5 9	0,01 0,05 0,07	0,11 0,18 0,23	
	3	0 5 10	0,02 0,02 0,04	0,09 0,17 0,34	1,93
22/6	1	0 5	0,19 0,05	0,34 0,34	1,70
	2	0 5 8	0,05 0,03 0,11	0,26 0,46 0,44	
	3	0 5 10	0,09 0 0,02	0,18 0,68 0,66	5,50
7/7	1	0 5	0 0,06	0,95 0,84	4,48
	2	0 5 10	0,10 0,04 0,06	0,63 0,76 0,84	
	3'	0 5 10 15	0,04 0,04 0,03 -	0,36 0,39 0,58 -	4,30

Date	Station	Z (m)	Phéo. mg/m3	Chlor. mg/m3	Chlor. mg/m2
20/7	1	0 5	0,07 0,11	0,58 0,49	2,68
	2	0 5 10	0,11 0,06 0,11	0,56 0,51 0,52	
7/8	1	0 5	0,10 0,10	0,54 0,63	2,93
	2	0 5 10	0,08 0,07 0,12	0,39 0,58 0,63	
	3	0 5 10	0,04 0,04 0,10	0,39 0,51 0,51	4,81
20/8	1	0 5	0,07 0,06	0,19 0,23	1,05
	2	0 5 10	0,05 0,05 0,07	0,28 0,28 0,25	
	3	0 5 10	0,04 0,07 0,09	0,29 0,28 0,44	3,23
3/9	1	0 5 0	0 0	1,10 1,22	5,80
	2	0 5 9 0	0 0,11 0	1,18 1,30 1,88	
	3	0 5 10	0 0 0,07	0,91 1,07 1,88	12,33

TABLEAU XIV

ABONDANCE NUMERIQUE DU PHYTOPLANCTON
(Cell./100 ml)

DATE Station Z (m)	10/5/76	22 MAI 1976			8 JUIN 1976		
	1	1	2	3	1	2	3
	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.	3 430		2 160				
<i>Chaetoceros compressum</i>							
<i>Chaetoceros constrictum</i>		2 630					
<i>Chaetoceros curvisetum</i>							
<i>Chaetoceros debile</i>							
<i>Chaetoceros "diadema"</i>							
<i>C. didymum</i> var. <i>anglica</i>							
<i>Chaetoceros lorenzianum</i>		235	690				
<i>Chaetoceros sociale</i>							
<i>Guinardia flaccida</i>							
<i>Lauderia borealis</i>			20				
<i>Leptocylindrus danicus</i>	22 340	29 200	29 110	24 790	1 210	440	740
<i>Leptocylindrus minimus</i>							
<i>Nitzschia seriata</i>	1 960	1 080	980	340	13 050	15 090	14 010
<i>Rhizosolenia alata</i>							
<i>Rhizosolenia delicatula</i>							
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>							
<i>Rhizosolenia pungens</i>							
<i>Rhizosolenia setigera</i>							
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>						100	100
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>							
<i>Skeletonema costatum</i>				140			
<i>Noctiluca scintillans</i>		12					
<i>Ceratium fusus</i>		16				200	150
<i>Ceratium furca</i>							
<i>Ceratium lineatum</i>							
<i>Dinophysis acuminata</i>			10				
<i>Dinophysis acuta</i>		12					
<i>Dinophysis rotundatum</i>		4					
<i>Diplopsalis lenticula</i>					80	80	150
<i>Gonyaulax digitalis</i>					40		
<i>Gonyaulax polyedra</i>							
Gymnodinides					200	390	500
<i>Gyrodinium aureolum</i>							
<i>Peridinium divergens</i>						50	
<i>Peridinium diabolus</i>			40	100		50	
<i>Peridinium minutum</i>		200		490	275	150	240
<i>Prorocentrum micans</i>			10			50	
<i>Exuviella baltica</i>					470		
<i>Helicostomella subulata</i>							
<i>Solenicola setigera</i>							
<i>Distephanus speculum</i>		216		150			
<u>Espèces mal identifiées :</u>							
<i>Pronoctiluca</i> (?) sp.							
Flagellé indéterminé							
Sphères							
Petits Ciliés indéterminés							

TABLEAU XIV (suite)

DATE	22 JUIN 1976			7 JUILLET 1976		20 JUILLET 1976	
	Station			3'		2	
	1	2	3	2	3'	1	2
Z (m)	0	0	5	5	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.				11 280	13 920	18 200	10 370
<i>Chaetoceros compressum</i>			370	1 210	980	400	2 250
<i>Chaetoceros constrictum</i>					1 030		
<i>Chaetoceros curvisetum</i>			840	780		190	1 760
<i>Chaetoceros debile</i>		150	980	2 470	4 400	2 200	
<i>Chaetoceros "diadema"</i>				1 410	1 760		
<i>C. didymum</i> var. <i>anglica</i>		40	80	14 410	28 420	1 780	1 860
<i>Chaetoceros lorenzianum</i>							
<i>Chaetoceros sociale</i>					150		
<i>Guinardia flaccida</i>				100		10	40
<i>Lauderia borealis</i>							
<i>Leptocylindrus danicus</i>				24 110	13 720	40 570	58 800
<i>Leptocylindrus minimus</i>					290		
<i>Nitzschia seriata</i>			120	1 370	1 760	670	780
<i>Rhizosolenia alata</i>		20	40	1 470	3 720	1 760	1 570
<i>Rhizosolenia delicatula</i>							40
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>							
<i>Rhizosolenia pungens</i>						40	40
<i>Rhizosolenia setigera</i>							
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>				100		40	
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>							
<i>Skeletonema costatum</i>							490
<i>Noctiluca scintillans</i>							
<i>Ceratium fusus</i>	80	130	314			40	
<i>Ceratium furca</i>						110	
<i>Ceratium lineatum</i>							
<i>Dinophysis acuminata</i>			140		100		
<i>Dinophysis acuta</i>							
<i>Dinophysis rotundatum</i>							
<i>Diplopsalis lenticula</i>	40	20					
<i>Gonyaulax digitalis</i>							
<i>Gonyaulax polyedra</i>							
Gymnodinides	960+160	680	1 900	7 600		500	
<i>Gyrodinium aureolum</i>			20			310	590
<i>Peridinium divergens</i>		40		100		10	
<i>Peridinium diabolus</i>		20	230				
<i>Peridinium minutum</i>		30					
<i>Prorocentrum micans</i>	60	100			290	30	
<i>Exuviella baltica</i>							
<i>Helicostomella subulata</i>					200		
<i>Solenicola setigera</i>							
<i>Distephanus speculum</i>							
<u>Espèces mal identifiées :</u>							
<i>Pronoctiluca</i> (?) sp.							
Flagellé indéterminé							
Sphères							
Petits Ciliés indéterminés	1 800	230					

TABLEAU XIV (Suite et fin)

DATE Station Z (m)	7 AOUT 1976			20 AOUT 1976			3 SEPTEMBRE 1976		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chaetoceros</i> spp.	19 400	16 500	10 700	3 590	460	520	1 300	2 500	1 400
<i>Chaetoceros compressum</i>		200		250					
<i>Chaetoceros constrictum</i>									
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	1 470	270	550	100	110			2 550	
<i>Chaetoceros debile</i>	240		550	270			600		
<i>Chaetoceros "diadema"</i>									
<i>C. didymum</i> var. <i>anglica</i>	540	60	360						
<i>Chaetoceros lorenzianum</i>	100								
<i>Chaetoceros sociale</i>	690	120	820	820					
<i>Guinardia flaccida</i>	60	120	40			10	490	490	490
<i>Lauderia borealis</i>	80							200	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	840	1 510	1 760	650			5 400	5 700	3 920
<i>Leptocylindrus minimus</i>				650				1 000	
<i>Nitzschia seriata</i>	450	570	270			50	300	1 000	
<i>Rhizosolenia alata</i>	880	1 390	3 210	40	30	5			
<i>Rhizosolenia delicatula</i>			40	310	140	50	23 910	28 030	23 500
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>					440	80	500		1 400
<i>Rhizosolenia pungens</i>	40			20			10 100	12 740	11 370
<i>Rhizosolenia setigera</i>				40					
<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>			80						
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>					100	60	200		
<i>Skeletonema costatum</i>							1 370	780	1 960
<i>Noctiluca scintillans</i>									
<i>Ceratium fusus</i>	10	20			20				
<i>Ceratium furca</i>	60	250		60	30	10			
<i>Ceratium lineatum</i>	60	40	40	60		5			
<i>Dinophysis acuminata</i>									
<i>Dinophysis acuta</i>					10				
<i>Dinophysis rotundatum</i>									
<i>Diplopsalis lenticula</i>									
<i>Gonyaulax digitalis</i>									
<i>Gonyaulax polyedra</i>									
Gymnodinides					80	130			
<i>Gyrodinium aureolum</i>			40						
<i>Peridinium divergens</i>									
<i>Peridinium diabolus</i>									
<i>Peridinium minutum</i>									
<i>Prorocentrum micans</i>	140	40	80	100	100	15			
<i>Exuviella baltica</i>									
<i>Helicostomella subulata</i>									
<i>Solenicola setigera</i>									
<i>Distephanus speculum</i>		20					300		
<u>Espèces mal identifiées :</u>									
<i>Pronoctiluca</i> (?) sp.									
Flagellé indéterminé		240			510				
Sphères						580			
Petits Ciliés indéterminés				200			200		

LISTE FLORISTIQUE

Diatomées :

<i>Asterionella japonica</i>	<i>Guinardia flaccida</i>
<i>Amphiprora</i> sp.	<i>Grammatophora marina</i>
<i>Bacteriastrum</i> sp.	<i>Lauderia borealis</i>
<i>Cerataulina pelagica</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i>
<i>Chaetoceros affinis</i>	<i>Leptocylindrus minimus</i>
<i>Chaetoceros anastomosans</i>	<i>Licmophora</i> sp.
<i>Chaetoceros breve</i>	<i>Navicula distans</i>
<i>Chaetoceros compressum</i>	<i>Nitzschia closterium</i>
<i>Chaetoceros constrictum</i>	<i>Nitzschia delicatissima</i>
<i>Chaetoceros convolutum</i>	<i>Nitzschia longissima</i>
<i>Chaetoceros costatum</i>	<i>Nitzschia seriata</i>
<i>Chaetoceros curvisetum</i>	<i>Paralia sulcata</i>
<i>Chaetoceros danicum</i>	<i>Rhizosolenia alata</i>
<i>Chaetoceros debile</i>	<i>Rhizosolenia alata</i> var. <i>gracillima</i>
<i>Chaetoceros decipiens</i>	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
<i>Chaetoceros "diadema"</i>	<i>Rhizosolenia fragilissima</i>
<i>Chaetoceros densum</i>	<i>Rhizosolenia obtusa</i>
<i>Chaetoceros didymum</i>	<i>Rhizosolenia pungens</i>
<i>Chaetoceros didymum</i> var. <i>anglica</i>	<i>Rhizosolenia setigera</i>
<i>Chaetoceros holsaticum</i>	<i>Rhizosolenia shrubsolei</i>
<i>Chaetoceros lacinosum</i>	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>
<i>Chaetoceros lorenzianum</i>	<i>Rhabdonema adriaticum</i>
<i>Chaetoceros eibenii</i>	<i>Skeletonema costatum</i>
<i>Chaetoceros seiracanthus</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i>
<i>Chaetoceros sociale</i>	<i>Thalassiosira rotula</i>
<i>Chaetoceros tortissimum</i>	<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>
<i>Corethron hystrix</i>	<i>Thalassiosira gravida</i>
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Thalassiosira levanderi</i>
<i>Dactyliosolen mediterraneus</i>	

LISTE FLORISTIQUE (suite et fin)

Dinoflagellés :

<i>Ceratium furca</i>	<i>Noctiluca scintillans</i>
<i>Ceratium fusus</i>	<i>Peridinium divergens</i>
<i>Ceratium lineatum</i>	<i>Peridinium diabolus</i>
<i>Ceratium minutum</i>	<i>Peridinium minusculum</i>
<i>Dinophysis acuminata</i>	<i>Peridinium bipes</i>
<i>Dinophysis acuta</i>	<i>Peridinium minutum</i>
<i>Dinophysis rotundatum</i>	<i>Peridinium pentagonum</i>
<i>Cochlodinium helix</i>	<i>Peridinium steinii</i>
<i>Diplopsalis lenticula</i>	<i>Peridinium trochoideum</i>
<i>Dissodinium lunula</i>	<i>Prorocentrum micans</i>
<i>Gonyaulax digitalis</i>	<i>Pyrophacus horologicum</i>
<i>Gonyaulax polyedra</i>	<i>Polykrikos schwartzii</i>
<i>Gymnodinium splendens</i>	<i>Ceratium tripos</i>
<i>Gymnodinium pseudonociluca</i>	<i>Exuviella baltica</i>
<i>Gyrodinium aureolum</i>	

Ciliés divers :

<i>Mesodinium</i> sp.
Tintinnidiens :
<i>Helicostomella subulata</i>
<i>Favella serrata</i>
<i>Tintinnus lusus-undae</i>

Flagellés divers :

<i>Solenicola setigera</i>
<i>Distephanus speculum</i>

A N N E X E IV-2b : ZOOPLANCTON - DONNEES GENERALES.

TABLEAU XV	-	Biomasses (poids sec)	251
TABLEAUX XVI à XXIV	-	Données numériques (un tableau par sortie)	252
LISTE FAUNISTIQUE.			261

Remarque : Les chiffres entre parenthèses correspondent à des abondances calculées à partir du comptage d'un seul individu.

TABLEAU XV

BIOMASSE DU ZOOPLANCTON (poids sec)

Date	Station	Z (m)	BIOMASSE mg/m ²	BIOMASSE mg/m ³
10/5	2'	13,60 à 0	1 102,8	81,1
22/5	1	6,60 à 0	917,6	139,0
	2	9,60 à 0	1 263,2	131,6
	3	11,80 à 0	1 643,6	139,3
8/6	1	6,60 à 0	396,4	60,1
	2	9,60 à 0	449,2	46,8
	3	11,80 à 0	737,6	62,5
22/6	1	6,60 à 0	392,8	59,5
	2	9,60 à 0	552,8	57,6
	3	11,80 à 0	1 131,2	95,9
7/7	1	6,60 à 0	482,8	73,2
	2	9,60 à 0	1 250,4	130,3
	3'	16,50 à 0	1 630,4	98,8
20/7	1	6,60 à 0	886,4	134,3
	2	9,60 à 0	540,4	56,3
7/8	1	6,60 à 0	698,0	105,8
	2	9,60 à 0	1 402,4	146,1
	3	11,80 à 0	967,2	82,0
20/8	1	6,60 à 0	1 202,8	182,8
	2	9,60 à 0	693,6	72,3
	3	11,80 à 0	1 361,2	115,4
3/9	1	6,60 à 0	752,0	113,9
	2	9,60 à 0	848,0	88,3
	3	11,80 à 0	1 152,8	97,7

TABLEAU XVI

10 MAI 1976	STATION 1		STATION 2'	
	13 h 50 (HM - 68 min.) 6,60 à 0 m - 1,65 m ³		15 h 00 (HM + 18 min.) 13,60 à 0 m - 3,40 m ³	
HEURE				
Profondeur - Vol. filtré				
TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³
<i>Noctiluca scintillans</i>	21 600	32 800	41 700	30 700
L. Cténaires	12	18,2	160	118
Leptoméduses	0	0	1 280	941
Anthomédues	900	1 360	4 160	3 060
<i>Muggiaea atlantica</i>	0	0	16	11,8
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	(4)	(6,1)	12	8,8
Chaetognathes	0	0	(4)	(2,9)
L. Gastéropodes	1 620	2 450	1 880	1 380
L. Bivalves	3 880	5 880	640	471
L. Polychètes	140	212	96	71
<i>Evadne</i> sp.	236	358	24	17,6
<i>Podon</i> sp.	200	303	13	38
Ostracodes	(4)	(6,1)	(40)	(29,4)
Nauplii de Cirripèdes	136	206	720	529
Cypris de Cirripèdes	304	461	560	412
Copépodes	16 200	24 500	41 100	30 200
Amphipodes Gammariens	0	0	(40)	(29,4)
Nauplii divers	40	60	240	176
L. Crevettes	(4)	(6,1)	120	88
L. Thalassinides	12	18,2	0	0
L. Porcellanes	8	12,1	0	0
L. Crabes	8	12,1	0	0
TOTAL L. Décapodes	32	48,5	120	88
Cyphonautes	1 060	1 610	1 080	794
Actinotroques	12	18,2	80	59
Appendiculaires	4 320	6 545	7 400	5 440
L. Poissons	8	12,1	20	14,7
Oeufs de Poissons	44	67	116	85

TABLEAU XVII

22 MAI 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	12 h 40 (HM - 7 min.)		14 h 00 (HM + 73 min.)		15 h 20 (HM + 153 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Noctiluca scintillans</i>	530 000	803 000	210 800	219 600	308 200	261 200
L. Cténaïres	80	121	120	125	480	407
Leptoméduses	240	364	480	500	920	780
Anthoméduses	5 320	8 060	3 320	3 458	3 120	2 644
Siphonoph. Physon. ind.	8	12,1	0	0	0	0
L. <i>Agalma elegans</i>	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Muggiaea atlantica</i>	4	6,1	12	12,5	20	16,9
Eudoxies <i>Muggiaea</i> sp.	28	42	120	125	96	81
L. Anthozoaires	200	303	0	0	560	475
L. Gastéropodes	3 080	4 670	7 440	7 750	2 560	2 170
L. Bivalves	3 200	4 850	4 840	5 040	3 240	2 750
L. Némertes	160	242	120	125	240	200
L. Polychètes	352	533	324	338	280	237
Polychètes	12	18,2	16	16,7	0	0
<i>Evadne</i> sp.	0	0	32	33	52	44
<i>Podon</i> sp.	76	115	308	321	168	142
Nauplii Cirripèdes	7 440	11 300	4 800	5 000	10 300	8 750
Cypris Cirripèdes	120	182	200	208	400	339
TOTAL L. Cirripèdes	7 560	11 500	5 000	5 208	10 700	9 090
Amphipodes Caprelliens	0	0	(4)	(4,2)	0	0
Ostracodes	0	0	0	0	(40)	(33,9)
Copépodes	26 500	40 200	29 400	30 600	40 800	34 600
Nauplii divers	140	212	1 200	1 250	48	41
L. Crevettes	0	0	16	16,7	0	0
L. Thalassinides	0	0	16	16,7	0	0
L. Porcellanes	12	18,2	20	20,8	0	0
L. Crabes	24	36,4	68	71	0	0
TOTAL L. Décapodes	36	55	120	125	0	0
Cyphonautes	0	0	80	83,3	1 360	1 150
Actinotroques	76	115	120	125	(40)	(33,9)
L. Etoiles de mer	0	0	0	0	120	102
L. Oursins	4	6,1	0	0	120	102
L. Ophiures	560	848	1 080	1 125	520	441
L. Holothuries	0	0	0	0	40	34
TOTAL L. Echinodermes	564	855	1 080	1 125	800	678
L. Ascidiés	0	0	0	0	(40)	(33,9)
Appendiculaires	10 000	15 200	9 600	10 000	22 800	19 400
L. Poissons	12	18,2	8	8,3	24	20,3
Oeufs de Poissons	88	133	100	104	96	81,4

TABLEAU XVIII

8 JUIN 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	14 h 25 (HM + 14 min)		15 h 40 (HM + 89 min)		17 h 15 (HM + 184 min)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Noctiluca scintillans</i>	34 900	52 900	89 400	93 200	633 200	536 600
Tintinnides	0	0	120	125	4	3,4
L. Cténaïres	72	109	80	83	200	169
Leptoméduses	288	436	440	458	1 160	983
Anthoméduses	1 080	1 640	3 280	3 420	3 320	2 810
<i>Muggiaea atlantica</i>	24	36	84	87	224	190
Eudoxies du <i>Muggiaea</i>	58	85	308	321	492	417
L. Anthozoaires	0	0	(40)	(42)	240	203
L. Gastéropodes	1 150	1 745	6 560	6 830	9 000	6 680
L. Bivalves	864	1 310	2 640	2 750	6 680	5 660
L. Némertes	0	0	80	83	(40)	(34)
L. Polychètes	80	121	200	209	488	414
Polychètes	0	0	(4)	(4,2)	(4)	(3,4)
<i>Evadne</i> sp.	420	636	348	363	400	339
<i>Podon</i> sp.	60	91	976	1 020	3 680	3 120
Nauplii Cirripèdes	360	545	2 840	2 960	9 240	7 830
Cypris Cirripèdes	468	709	920	960	2 320	1 970
TOTAL L. Cirripèdes	828	1 250	3 760	3 920	11 600	9 800
Copépodes	12 200	18 500	26 600	27 700	29 000	24 600
Amphipodes Gammarïens	0	0	0	0	(4)	(3,4)
Nauplii divers	0	0	68	71	340	288
L. Crevettes	0	0	20	20,8	24	20,3
L. Thalassinides	72	109	72	75	64	54,2
L. Galathéïes	0	0	(4)	(4,2)	(4)	(3,4)
L. Pagures	0	0	12	12,5	12	10,2
L. Porcellanes	108	163	20	20,8	56	47
L. Crabes	(36)	(54,5)	68	71	104	88
TOTAL L. Décapodes	216	327	196	204	264	224
Cyphonautes	252	282	1 280	1 330	1 160	983
Actinotroques	0	0	16	16,7	0	0
L. Etoiles de mer	216	327	200	208	400	339
L. Oursins	144	218	100	167	760	644
L. Ophiures	288	436	720	750	960	814
L. Holothuries	(36)	(54,5)	16	16,7	40	34
TOTAL L. Echinodermes	684	1 036	1 096	1 142	2 160	1 830
Appendiculaires	17 400	26 300	13 000	13 600	18 400	15 400
L. Poissons			12	12,5	28	23,7
Oeufs de Poissons	32	48	88	92	88	75

TABLEAU XIX

22 JUIN 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	12 h 40 (HM - 76 min.)		13 h 40 (HM - 16 min.)		14 h 20 (HM + 24 min)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Noctiluca scintillans</i>	10 200	15 400	31 000	32 300	6 160	5 220
Tintinnides	0	0	0	0	8	6,8
L. Cténaïres	4	6,1	16	16,7	0	0
Leptoméduses	348	527	956	996	672	569
Anthomédues	1 260	1 910	3 480	3 625	4 600	3 900
Narcoméduses	0	0	(4)	(4,2)	0	0
Siphonophores physon.	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Muggiaea atlantica</i>	60	91	352	367	476	403
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	272	412	728	758	1 010	854
L. Anthozoaires	(20)	(30,3)	0	0	0	0
Chaetognathes	0	0	(4)	(4,2)	0	0
L. Gastéropodes	1 000	1 515	3 480	3 625	16 300	13 800
L. Bivalves	2 980	4 515	3 960	4 125	8 000	6 780
L. Némertes	40	60	8	8,3	20	16,9
L. Polychètes	52	79	264	275	532	451
Polychètes	8	12,1	0	0	12	10,2
<i>Evadne</i> sp.	22 400	33 900	32 400	33 750	30 200	25 600
<i>Podon</i> sp.	24	36	232	242	1 520	1 290
Nauplii Cirripèdes	284	430	4 720	4 920	30 400	25 800
Cypris Cirripèdes	536	812	1 840	1 920	2 000	1 700
TOTAL L. Cirripèdes	820	1 240	6 560	6 830	32 400	27 500
Copépodes	16 800	25 400	28 900	30 100	51 800	43 900
Isopodes	0	0	0	0	20	16,9
Amphipodes Gammarïens	0	0	0	0	8	6,8
Nauplii divers	0	0	148	154	452	383
L. Crevettes	0	0	20	20,8	32	27,1
L. Thalassinides	28	42	60	62	84	71
L. Porcellanes	0	0	(4)	(4,2)	32	27,1
L. Crabes	0	0	64	67	104	88
TOTAL L. Décapodes	28	42	148	154	252	214
Cyphonautes	740	1 120	1 120	1 170	3 400	2 880
Actinotroques	4	6,1	56	58	196	166
L. Oursins	300	455	640	667	1 240	1 050
L. Ophiures	880	1 330	1 320	1 375	6 200	5 250
L. Etoiles de mer	(20)	(30,3)	400	417	400	340
L. Holothuries	8	12,1	16	16,7	40	34
TOTAL L. Echinodermes	1 210	1 830	2 380	2 475	7 880	6 680
Appendiculaires	6 340	9 600	5 840	6 080	6 540	3 890
L. Poissons	4	6,1	28	29,2	28	23,7
Oeufs de Poissons	40	61	16	16,7	44	37

7 JUILLET 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3'	
HEURE	12 h 25 (HM - 82 min.)		13 h 20 (HM - 27 min.)		14 h 30 (HM + 43 min.)	
Profondeur	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		16,50 à 0 m	
Volume filtré	1,65 m ³		2,40 m ³		4,13 m ³	
TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³
<i>Noctiluca scintillans</i>	3 840	5 820	5 520	5 750	31 100	18 800
Tintinnides	(4)	(6,1)	0	0	(4)	(2,4)
Leptoméduses	372	564	1 060	1 100	2 920	1 770
Anthoméduses	12 400	18 800	19 300	20 100	38 500	23 300
Siphonophores physon.	0	0	0	0	(4)	(2,4)
<i>Muggiaea atlantica</i>	500	758	2 960	3 080	2 660	1 610
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	920	1 390	1 720	1 790	3 800	2 300
Chaetognathes	8	12,1	84	87	176	107
L. Gastéropodes	5 200	7 880	18 000	18 750	43 200	26 200
L. Bivalves	5 800	8 790	39 500	41 200	42 100	25 500
L. Némertes	0	0	36	37,5	0	0
L. Polychètes	244	370	940	979	1 860	1 130
Polychètes	(4)	(6,1)	(4)	(4,2)	8	4,8
<i>Evadne</i> sp.	1 420	2 150	3 140	3 270	15 800	9 600
<i>Podon</i> sp.	248	376	1 460	1 520	5 800	3 515
Nauplii Cirripèdes	4 560	6 910	31 800	33 100	47 400	28 700
Cypris Cirripèdes	920	1 390	3 560	3 710	6 400	3 880
TOTAL L. Cirripèdes	5 480	8 300	35 300	36 800	53 800	32 600
Copépodes	27 300	41 400	34 500	35 900	94 000	57 000
Amphipodes Gammariens	(4)	(6,1)	16	16,7	64	39
L. Stomatopodes	0	0	0	0	4	2,4
Nauplii divers	136	206	940	979	6 040	3 660
L. Crevettes	12	18,2	180	188	192	116
L. Thalassinides	88	133	456	475	204	124
L. Porcellanes	20	30,3	140	146	112	68
L. Pagures	0	0	(4)	(4,2)	12	7,3
L. Galathées	0	0	0	0	4	2,4
L. Crabes	104	158	152	158	108	65
L. Décapodes indét.	0	0	0	0	12	7,3
TOTAL L. Décapodes	224	339	932	971	644	390
Cyphonautes	1 080	1 640	600	625	3 640	2 210
Actinotroques	24	36	16	16,7	12	7,3
L. Oursins	160	242	840	875	1 280	776
L. Etoiles de mer	160	242	240	250	920	558
L. Ophiures	2 600	3 940	6 920	7 210	20 000	12 100
L. Holothuries	0	0	12	12,5	80	48
TOTAL L. Echinodermes	2 920	4 420	8 010	8 350	22 300	13 500
Appendiculaires	560	850	2 140	2 230	6 840	4 145
L. Ascidies	(4)	(6,1)	0	0	(4)	(2,4)
L. Poissons	(4)	(6,1)	36	38	72	44
Oeufs de Poissons	28	42	8	8,3	72	44
Oeufs indéterminés	720	1 090	480	500	600	364

20 JUILLET 1976	STATION 1		STATION 2	
	12 h 20 (HM + 34 min.)		13 h 30 (HM + 104 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
Tintinnides	0	0	(4)	(4,2)
Leptoméduses	228	345	320	333
Anthoméduses	1 720	2 610	1 360	1 420
<i>Muggiaea atlantica</i>	336	509	1 760	1 830
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	2 140	3 240	3 720	3 875
L. Cnidaires indéterm.	(4)	(6,1)	8	8,3
L. Anthozoaires	(4)	(6,1)	0	0
Chaetognathes	12	18,2	8	8,3
L. Gastéropodes	5 360	8 120	7 400	7 710
L. Bivalves	21 800	33 000	25 400	26 500
L. Némertes	16	24,2	(4)	(4,2)
L. Polychètes	364	552	208	217
Polychètes	0	0	12	12,5
<i>Evadne</i> sp.	16 800	25 500	15 600	16 200
<i>Podon</i> sp.	376	570	652	679
Nauplii de Cirripèdes	4 320	6 540	8 320	8 670
Cypris de Cirripèdes	5 560	8 420	3 480	3 630
TOTAL L. Cirripèdes	9 880	15 000	11 800	12 300
Copépodes	9 420	14 300	14 800	15 400
Amphipodes Gammariens	0	0	(4)	(4,2)
Nauplii divers	28	42	56	58
L. Crevettes	24	36	28	29,2
L. Thalassinides	120	182	144	150
L. Pagures	(4)	(6,1)	8	8,3
L. Porcellanes	16	24,2	28	29,2
L. Crabes	5,6	85	72	75
TOTAL L. Décapodes	220	333	280	292
Cyphonautes	200	303	760	792
Actinotroques	8	12,1	0	0
L. Oursins	120	182	1 600	1 670
L. Ophiures	360	545	4 720	4 920
L. Etoiles de mer	(4)	(6,1)	120	125
L. Holothuries	0	0	(4)	(4,2)
TOTAL L. Echinodermes	484	733	6 440	6 710
Appendiculaires	6 960	10 500	4 320	4 500
Larves de Poissons	16	24,2	16	16,7
Oeufs de Poissons	44	67	28	29,2
Oeufs indéterminés	100	152	8	8,3

7 AOUT 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	13 h 20 (HM - 149 min.)		14 h 20 (HM - 89 min.)		15 h 25 (HM - 24 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Noctiluca scintillans</i>	8	12,1	(4)	(4,2)	116	98
Tintinnides	0	0	0	0	(4)	(3,4)
Cténaires	4	6,1	0	0	0	0
Leptoméduses	192	291	864	900	628	532
Anthoméduses	716	1 085	2 920	3 040	3 560	3 020
Narcoméduses	0	0	0	0	28	23,7
<i>Muggiaea atlantica</i>	180	273	1 250	1 300	772	654
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	272	412	1 340	1 400	3 960	3 360
L. Cnidaires indéterm.	0	0	0	0	12	10,2
Chaetognathes	216	327	532	554	484	410
L. Gastéropodes	6 680	10 100	21 600	22 500	13 700	11 610
L. Bivalves	11 900	18 000	75 200	78 300	54 400	46 100
L. Némertes	8	12,1	12	12,5	(4)	(3,4)
L. Polychètes	528	800	1 220	1 270	868	736
<i>Evadne</i> sp.	5 880	8 910	32 400	33 750	23 600	20 000
<i>Podon</i> sp.	2 180	3 300	7 320	7 625	5 320	4 510
Nauplii Cirripèdes	11 800	17 900	19 900	20 700	19 200	16 300
Cypris Cirripèdes	5 880	8 910	5 440	5 670	6 800	5 760
TOTAL L. Cirripèdes	17 700	26 800	25 300	26 400	26 000	22 000
Ostracodes	0	0	(4)	(4,2)	0	0
Copépodes	39 600	60 000	59 800	62 200	54 700	46 400
Nauplii divers	440	667	1 960	2 050	2 560	2 170
Cumacés	(4)	(6,1)	0	0	0	0
Amphipodes Gammariens	0	0	8	8,3	8	6,8
L. Crevettes	16	24,2	172	179	216	183
L. Thalassinides	36	54	520	542	328	278
L. Pagures	0	0	(4)	(4,2)	4	3,4
L. Porcellanes	12	18,2	204	213	248	210
L. Crabes	48	73	312	325	292	247
TOTAL Décapodes	112	170	1 210	1 260	1 090	922
Cyphonautes	(40)	(60,6)	1 120	1 170	2 200	1 860
Actinotroques	0	0	8	8,3	0	0
L. Oursins	120	182	640	667	1 240	1 050
L. Ophiures	880	1 330	4 200	4 375	11 500	9 750
L. Etoiles de mer	80	121	240	250	240	203
L. Holothuries	(40)	(60,6)	0	0	(4)	(3,4)
TOTAL L. Echinodermes	1 120	1 700	5 080	5 290	13 000	11 000
Appendiculaires	2 560	3 880	3 840	4 000	10 800	9 150
Doliolles	0	0	16	16,7	12	10,2
L. Poissons	8	12,1	16	16,7	16	13,6
Oeufs de Poissons	(4)	(6,1)	0	0	8	6,8
Oeufs indéterminés	8	12,1	0	0	0	0

20 AOUT 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	13 h 40 (HM + 20 min.)		14 h 55 (HM + 85 min.)		16 h 00 (HM + 160 min)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Noctiluca scintillans</i>	12	18,2	(4)	(4,2)	8	6,8
Leptoméduses	272	412	116	121	264	224
Anthoméduses	2 400	3 640	5 920	6 160	8 440	7 150
<i>Muggiaea atlantica</i>	136	210	280	292	896	759
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	392	594	1 720	1 790	5 280	4 475
L. Cnidaires indéterm.	(4)	(6,1)	0	0	16	13,6
Chaetognathes	72	109	136	142	196	166
L. Gastéropodes	4 360	6 600	3 880	4 040	7 240	6 140
L. Bivalves	7 880	11 900	13 300	13 900	51 500	43 700
L. Némertes	(4)	(6,1)	12	12,5	20	16,9
L. Polychètes	232	352	72	75	220	186
<i>Evadne</i> sp.	1 270	1 930	2 460	2 560	4 200	3 560
<i>Podon</i> sp.	156	236	444	463	472	400
Nauplii Cirripèdes	3 960	6 000	3 600	3 750	11 800	10 000
Cypris Cirripèdes	2 220	3 360	3 640	3 790	5 360	4 540
TOTAL L. Cirripèdes	6 180	9 360	7 240	7 540	17 100	14 500
Ostracodes	0	0	(4)	(4,2)	0	0
Copépodes	38 500	58 300	40 000	41 700	70 300	59 600
Nauplii divers	108	164	100	104	160	136
L. Crevettes	16	24,2	188	196	292	247
L. Thalassinides	104	158	124	129	236	200
L. Porcellanes	16	24,2	32	33	28	23,7
L. Pagures	(4)	(6,1)	0	0	4	3,4
L. Crabes	24	36	56	58	48	41
TOTAL L. Décapodes	164	248	400	417	610	520
Cyphonautes	1 160	1 760	720	750	2 080	1 760
Actinotroques	0	0	0	0	(4)	(3,4)
L. Oursins	40	61	600	625	640	542
L. Ophiures	700	1 060	1 320	1 375	2 040	1 730
L. Etoiles de mer	(4)	(6,1)	28	29,2	240	203
TOTAL L. Echinodermes	744	1 130	1 950	2 030	2 920	2 475
Appendiculaires	628	952	1 760	1 830	4 360	3 700
Doliolles	24	36	148	154	220	186
Oeufs de Poissons	(4)	(6,1)	24	25	12	10,2
Oeufs indéterminés	16	24,2	80	83	80	68

3 SEPTEMBRE 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	12 h 55 (HM - 25 min.)		13 h 50 (HM + 30 min.)		15 h 00 (HM + 100min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
L. Cténaïres	12	18,2	0	0	0	0
Leptoméduses	284	430	396	413	868	736
Anthoméduses	356	539	428	446	296	251
Trachyméduses	0	0	(4)	(4,2)	16	13,6
Narcoméduses	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Muggiaea atlantica</i>	768	1 160	1 500	1 560	1 960	1 660
Eudoxies de <i>Muggiaea</i>	2 180	3 300	9 600	10 000	13 300	11 300
L. Cnidaires indéterm.	(4)	(6,1)	12	12,5	8	6,8
Chaetognathes	148	224	308	321	572	485
L. Gastéropodes	2 400	3 640	6 160	6 420	7 100	6 020
L. Bivalves	14 300	21 700	13 200	13 750	23 200	19 700
L. Polychètes	284	430	392	408	368	312
<i>Evadne</i> sp.	624	945	1 720	1 790	1 660	1 410
<i>Podon</i> sp.	500	758	560	583	1 240	1 050
<i>Penilia avirostris</i>	0	0	0	0	(4)	(3,4)
Nauplii Cirripèdes	2 560	3 880	2 640	2 750	2 780	2 360
Cypris Cirripèdes	240	364	208	217	248	210
TOTAL L. Cirripèdes	2 800	4 240	2 850	2 970	3 030	2 570
Copépodes	40 200	60 900	65 700	68 400	75 800	64 200
Amphopodes Gammarïens	0	0	(4)	(4,2)	0	0
Amphipodes Caprellïens	(4)	(6,1)	(4)	(4,2)	0	0
Cumacés	(4)	(6,1)	0	0	0	0
Nauplii divers	316	479	1 020	1 060	840	712
L. Crevettes	76	115	96	100	320	271
L. Thalassinïdes	52	79	64	67	136	115
L. Porcellanes	40	61	16	16,7	340	288
L. Pagures	8	12,1	0	0	8	6,8
L. Crabes	48	73	44	46	240	203
TOTAL L. Décapodes	224	339	220	229	1 050	888
Cyphonautes	320	485	880	917	920	780
Actinotroques	0	0	(4)	(4,2)	24	20,3
L. Oursins	240	364	80	83	240	203
L. Ophiures	1 000	1 520	2 040	2 125	7 100	6 020
L. Etoiles de mer	(20)	(30)	(40)	(42)	0	0
TOTAL L. Echinodermes	1 260	1 910	2 160	2 250	7 340	6 220
Appendiculaires	4 360	6 610	7 000	7 290	8 400	7 120
Doliolés	(4)	(6,1)	28	29,2	28	23,7
L. Ascïdies	0	0	(4)	(4,2)	0	0
L. Poissons	(4)	(6,1)	0	0	0	0
Oeufs de Poissons	8	12,1	16	16,7	0	0

LISTE FAUNISTIQUE

DINOFLAGELLES :

- *Noctiluca scintillans*, McCARTNEY (EHRENBURG)

TINTINNIDES :

- Quelques formes non déterminées

CTENAIRES :

- *Pleurobrachia pileus* (O.F. MULLER)
- Larves indéterminées (*Beroe* ?)

CNIDAIRES :

Hydrozoaires :

ANTHOMEDUSES :

- *Sarsia gemmifera*, FORBES
- *Sarsia prolifera*, FORBES
- *Amphinema dinema*, (PERON & LESUEUR)
- Autres espèces non déterminées

LEPTOMEDUSES :

- *Eutima gracilis*, (FORBES & GOODSIR)
- *Octorchis gegenbauri*, HAECKEL
- Autres formes non déterminées

TRACHYMEDUSES :

- *Liriope tetraphylla*, (CHAMISSO & EYSENHARDT)

NARCOMEDUSES :

- Jeunes specimens non déterminés

SIPHONOPHORES :

Physonectes :

- Larves Athorybia de *Agalma elegans*, (SARS)
- Autres formes (rares et en mauvais état) non déterminées

SIPHONOPHORES (Suite) :

Calycophores :

- *Muggiaea atlantica*, CUNNINGHAM, 1892
- Eudoxies de *Muggiaea* sp.

Anthozoaires :

- Larves Actinula

CHAETOGNATHES :

- *Sagitta setosa*, J. MULLER
- *Sagitta friderici*, RITTER-ZAHONY, 1911

MOLLUSQUES :

- Larves de Gastéropodes
- Larves de Bivalves

ANNELIDES :

Polychètes :

- *Autolytus prolifer*
- Larves indéterminées

ARTHROPODES :

Crustacés :

- Nauplii indéterminés

CLADOCERES :

- *Evadne* sp.
- *Podon* sp.
- *Penilia avirostris*, DANA

OSTRACODES :

- Non déterminés

CIRRIPEDES :

- Larves nauplius
- Larves cypris

Crustacés : (suite)

COPEPODES :

- *Calanus helgolandicus* (CLAUS, 1863)
- *Ischnocalanus tenuis* (FARRAN, 1926)
- *Paracalanus parvus* (CLAUS, 1863)
- *Pseudocalanus minutus* (KROYER, 1842)(= *P. elongatus*, BOECK, 1872)
- *Clausocalanus* sp.
- *Ctenocalanus vanus* GIESBRECHT, 1888
- Scolecithridæ indét.
- *Temora longicornis* (O.F. MULLER, 1792)
- *Metridia lucens* BOECK, 1864
- *Centropages typicus* KROYER, 1849
- *Centropages hamatus* (LILLJEBORG, 1853)
- *Isias clavipes* BOECK, 1864
- *Labidocera wollastoni* (LUBBOCK, 1857)
- *Acartia clausii* GIESBRECHT, 1889 (*sensu stricto*)
- *Oithona* spp.
- *Corycaeus* sp.
- *Oncaea* sp.
- *Euterpina acutifrons* (DANA, 1852)
- *Clytemmestra* sp.
- Cyclopoida indéterminés
- Harpacticoida indéterminés
- Monstrilloida indéterminés

MALACOSTRACES :

Peracarides :

- Amphipodes Gammariens (indét.)
- Amphipodes Caprelliens (indét.)
- Isopodes (indét.)
- Cumacés (indét.)

Hoplocarides :

- Larves Alima

MALACOSTRACES (Suite) :

Eucarides :

Euphausiacés :

- Larves Calyptopis

Décapodes :

- Larves de Caridaëa (Crevettes *sensu stricto*)
- Larves de Thalassinides
- Larves d'Anomoures : Galatheidae
- Larves d'Anomoures : Paguridae
- Larves d'Anomoures : Porcellanidae
- Larves de Brachyoures (Crabes)

PHORONIDIENS :

- Larves Actinotroques

BRYOZOAIRES :

- Larves Cyphonautes

ECHINODERMES :

- Larves d'Echinides (Oursins)
- Larves d'Ophiurides
- Larves de Stellerides (Etoiles de Mer)
- Larves d'Holothurides

CHORDES :

Urochordés :

- Doliolés

APPENDICULAIRES :

- *Oikopleura* sp. (presque exclusif)
- *Fritillaria* sp. (très rare)
- Larves d'Ascidies

Vertébrés :

- Larves de Téléostéens (Poissons osseux)
- Oeufs de Téléostéens

A N N E X E IV-2c: COPEPODES

DONNEES NUMERIQUES - INDICE de DIVERSITE

TABLEAUX XXV à XXXIII (un tableau par sortie)

Remarque : Les chiffres entre parenthèses ont la même signification que dans les tableaux précédents (ANNEXE IV-2b).

TABLEAU XXV

10 MAI 1976	STATION 1		STATION 2'	
	13 h 50 (HM - 68 min.)		15 h 00 (HM + 18 min.)	
	6,60 à 0 m		13,60 à 0 m	
	1,65 m ³		3,40 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	12	18,2	116	85
<i>Paracalanus parvus</i>	80	121	154	113
<i>Pseudocalanus minutus</i>	1 680	2 545	6 770	4 980
<i>Clausocalanus</i> sp.	0	0	154	113
<i>Temora longicornis</i>	572	867	4 920	3 620
<i>Centropages typicus</i>	0	0	16	11,8
<i>Centropages hamatus</i>	1 010	1 530	1 240	912
<i>Isias clavipes</i>	(4)	(6,1)	8	5,9
<i>Acartia clausii</i>	12 100	18 300	26 600	19 500
<i>Oithona</i> sp.	732	1 110	1 120	824
<i>Euterpina acutifrons</i>	8	12,1	0	0
<i>Harpacticoides</i> indét.	32	48,5	0	0
TOTAL	16 200	24 500	41 100	30 200
Indice de diversité	1,349		1,588	

TABLEAU XXVI

22 MAI 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	12 h 40 (HM - 7 min.)		14 h 00 (HM + 73 min.)		15 h 20 (HM + 153 min)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	52	79	116	121	264	224
<i>Pseudocalanus minutus</i>	6 600	10 000	12 100	12 600	12 300	10 400
<i>Ctenocalanus vanus</i>	0	0	550	572	0	0
<i>Temora longicornis</i>	1 220	1 855	1 030	1 070	3 760	3 190
<i>Metridia lucens</i>	0	0	16	16,7	0	0
<i>Centropages typicus</i>	44	67	28	29,2	96	81
<i>Centropages hamatus</i>	2 800	4 240	1 050	1 090	888	753
<i>Isias clavipes</i>	8	12,1	8	8,3	76	64
<i>Labidocera wollastoni</i>	24	36	(4)	(4,2)	20	16,9
<i>Acartia clausii</i>	13 000	19 700	11 600	12 100	19 200	16 300
<i>Oithona</i> sp.	2 720	4 120	2 680	2 790	4 080	3 460
<i>Corycaeus</i> sp.	(4)	(6,1)	48	50	0	0
<i>Oncaea</i> sp.	(4)	(6,1)	8	8,3	0	0
<i>Euterpina acutifrons</i>	16	24,2	32	33	116	98
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	12	12,5	(4)	(3,4)
<i>Harpacticoides</i> indét.	32	48,5	48	50	0	0
TOTAL	26 500	40 200	29 400	30 600	40 800	34 600
Indice de diversité	1,955		1,921		1,918	

TABLEAU XXVII

8 JUIN 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	14 h 25 (HM + 14 min.)		15 h 40 (HM + 89 min.)		17 h 15 (HM + 184 min)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	248	376	72	75	84	71
<i>Paracalanus parvus</i>	0	0	477	497	267	226
<i>Pseudocalanus minutus</i>	1 260	1 910	2 960	3 080	6 010	5 100
<i>Clausocalanus</i> sp.	0	0	95	99	0	0
<i>Ctenocalanus vanus</i>	0	0	191	199	0	0
<i>Temora longicornis</i>	136	206	144	150	268	227
<i>Metridia lucens</i>	(4)	(6,1)	8	8,3	44	37
<i>Centropages typicus</i>	12	18,2	8	8,3	16	13,6
<i>Centropages hamatus</i>	256	388	128	133	140	119
<i>Acartia clausii</i>	8 820	13 400	14 600	15 200	11 600	9 860
<i>Oithona</i> sp.	1 440	2 180	7 920	8 250	10 300	8 750
<i>Corycaeus</i> sp.	0	0	8	8,3	16	13,6
<i>Euterpina acutifrons</i>	(4)	(6,1)	8	8,3	12	10,2
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	0	0	16	13,6
<i>Harpacticoides</i> indét.	0	0	8	8,3	144	122
TOTAL	12 200	18 500	26 600	27 700	29 000	24 600
Indice de diversité	1,361		1,652		1,791	

TABLEAU XXVIII

22 JUIN 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
HEURE	12 h 40 (HM - 76 min.)		13 h 40 (HM - 16 min.)		14 h 20 (HM + 24 min.)	
Profondeur	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
Volume filtré	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³
<i>Calanus helgolandicus</i>	52	79	588	613	640	542
<i>Paracalanus parvus</i>	1 180	1 790	1 160	1 200	2 630	2 230
<i>Pseudocalanus minutus</i>	496	752	5 500	5 700	6 480	5 490
<i>Ctenocalanus vanus</i>	0	0	433	452	810	686
<i>Temora longicornis</i>	84	127	504	525	1 130	959
<i>Centropages typicus</i>	16	24,2	200	208	168	142
<i>Centropages hamatus</i>	20	30	12	12,5	(4)	(3,4)
<i>Isias clavipes</i>	8	12,1	0	0	20	16,9
<i>Acartia clausii</i>	4 600	6 970	8 600	8 960	14 300	12 100
<i>Oithona</i> sp.	10 300	15 500	11 800	12 300	25 500	21 600
<i>Corycaeus</i> sp.	28	42	12	12,5	64	54
<i>Oncaea</i> sp.	0	0	(4)	(4,2)	(4)	(3,4)
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	0	0	(4)	(3,4)
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	8	8,3	0	0
<i>Harpacticoides</i> indét.	8	12,1	20	20,8	52	44
TOTAL	16 800	25 400	28 900	30 100	51 800	43 900
Indice de diversité	1,477		2,068		1,958	

TABLEAU XXIX

7 JUILLET 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3'	
HEURE	12 h 25 (HM - 82 min.)		13 h 20 (HM - 27 min.)		14 h 30 (HM + 43 min.)	
Profondeur	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		16,50 à 0 m	
Volume filtré	1,65 m ³		2,40 m ³		4,13 m ³	
TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³
<i>Calanus helgolandicus</i>	224	339	264	275	544	330
<i>Paracalanus parvus</i>	3 360	5 090	4 860	5 060	13 500	8 210
<i>Pseudocalanus minutus</i>	336	509	1 490	1 560	7 740	4 690
<i>Clausocalanus</i> sp.	0	0	125	130	0	0
<i>Ctenocalanus vanus</i>	67	102	125	130	0	0
Scolecithridae indét.	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Temora longicornis</i>	76	115	120	125	724	439
<i>Metridia lucens</i>	0	0	0	0	16	9,7
<i>Centropages typicus</i>	84	127	236	246	456	276
<i>Centropages hamatus</i>	0	0	80	83	(4)	(2,4)
<i>Isias clavipes</i>	16	24,2	12	12,5	28	17
<i>Labidocera wollastoni</i>	(4)	(6,1)	0	0	(4)	(2,4)
<i>Acartia clausii</i>	10 400	15 700	18 400	19 200	30 000	18 200
<i>Oithona</i> sp.	12 700	19 300	8 640	9 000	39 600	24 000
<i>Corycaeus</i> sp.	12	18,2	36	37,5	112	68
<i>Oncaea</i> sp.	0	0	(4)	(4,2)	168	102
<i>Euterpina acutifrons</i>	(4)	(6,1)	0	0	8	4,8
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	(4)	(4,2)	24	14,5
Cyclopoides indéterm.	0	0	12	12,5	0	0
Harpacticoides indét.	40	61	92	96	1 100	667
TOTAL	27 300	41 400	34 500	35 900	94 000	57 000
Indice de diversité	1,650		1,834		1,999	

TABLEAU XXX

20 JUILLET 1976	STATION 1		STATION 2	
	12 h 20 (HM + 34 min.)		13 h 30 (HM + 104 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	136	206	408	425
<i>Paracalanus parvus</i>	2 230	3 380	3 200	3 330
<i>Pseudocalanus minutus</i>	48,5	73,5	80	83
<i>Ctenocalanus vanus</i>	0	0	80	83
<i>Temora longicornis</i>	12	18,2	24	25
<i>Centropages typicus</i>	60	91	244	254
<i>Isias clavipes</i>	28	42	16	16,7
<i>Labidocera wollastoni</i>	(4)	(6,1)	8	8,3
<i>Acartia clausii</i>	4 280	6 485	6 840	7 125
<i>Oithona</i> sp.	2 580	3 910	3 800	3 960
<i>Corycaeus</i> sp.	(4)	(6,1)	28	29,2
<i>Euterpina acutifrons</i>	0	0	8	8,3
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	(4)	(4,2)
Harpacticoides indét.	32	48,5	32	33
TOTAL	9 420	14 300	14 800	15 400
Indice de diversité	1,770		1,896	

TABLEAU XXXI

7 AOUT 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	13 h 20 (HM - 149 min)		14 h 20 (HM - 89 min.)		15 h 25 (HM - 24 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	88	133	524	546	408	346
<i>Paracalanus parvus</i>	5 910	8 950	7 430	7 735	10 200	8 700
<i>Pseudocalanus minutus</i>	716	1 085	10 200	10 600	8 620	7 310
<i>Clausocalanus</i> sp.	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Ctenocalanus vanus</i>	537	814	464	483	539	457
<i>Temora longicornis</i>	60	91	488	508	348	295
<i>Metridia lucens</i>	0	0	68	71	60	51
<i>Centropages typicus</i>	52	79	76	79	248	210
<i>Centropages hamatus</i>	12	18,2	(4)	(4,2)	0	0
<i>Isias clavipes</i>	16	24,2	(4)	(4,2)	24	20,3
<i>Labidocera wollastoni</i>	0	0	(4)	(4,2)	12	10,2
<i>Acartia clausii</i>	23 600	35 800	22 000	22 900	19 000	16 100
<i>Oithona</i> sp.	8 200	12 400	17 600	18 300	14 600	12 400
<i>Corycaeus</i> sp.	20	30	40	42	48	41
<i>Oncaea</i> sp.	12	18,2	48	50	64	54
<i>Euterpina acutifrons</i>	264	400	88	92	120	102
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	12	12,5	0	0
Harpacticoides indét.	108	164	688	717	384	325
Monstrilloides indét.	0	0	8	8,3	0	0
TOTAL	39 600	60 000	59 800	62 200	54 700	46 400
Indice de diversité	1,649		2,165		2,219	

TABLEAU XXXII

20 AOUT 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	13 h 40 (HM + 20 min.)		14 h 55 (HM + 85 min.)		16 h 00 (HM + 160 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	348	527	764	796	1 090	925
<i>Ischnocalanus tenuis</i>	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Paracalanus parvus</i>	22 900	34 700	27 600	28 800	46 800	39 600
<i>Pseudocalanus minutus</i>	0	0	0	0	441	374
<i>Temora longicornis</i>	16	24,2	16	16,7	40	34
<i>Centropages typicus</i>	204	309	260	271	412	349
<i>Isias clavipes</i>	48	73	8	8,3	36	30,5
<i>Labidocera wollastoni</i>	140	212	52	54	116	98
<i>Acartia clausii</i>	11 100	16 800	7 960	8 290	14 800	12 500
<i>Oithona</i> sp.	3 220	4 880	2 900	3 020	6 040	5 120
<i>Corycaeus</i> sp.	44	67	40	42	68	58
<i>Oncaea</i> sp.	20	30	20	20,8	20	16,9
<i>Euterpina acutifrons</i>	452	685	304	317	500	424
<i>Clytemnestra</i> sp.	0	0	(4)	(4,2)	0	0
Cyclopoides indét.	(4)	(6,1)	0	0	0	0
Harpacticoides indét.	8	12,1	28	29,2	16	13,6
TOTAL	38 500	58 300	40 000	41 700	70 300	59 600
Indice de diversité	1,506		1,361		1,445	

TABLEAU XXXIII

3 SEPTEMBRE 1976	STATION 1		STATION 2		STATION 3	
	12 h 55 (HM - 25 min.)		13 h 50 (HM + 30 min.)		15 h 00 (HM + 100 min.)	
	6,60 à 0 m		9,60 à 0 m		11,80 à 0 m	
	1,65 m ³		2,40 m ³		2,95 m ³	
	TAXONS	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²	N/10 m ³	N/m ²
<i>Calanus helgolandicus</i>	84	127	332	346	536	454
<i>Paracalanus parvus</i>	30 100	45 500	39 000	40 600	43 700	37 000
<i>Pseudocalanus minutus</i>	2 150	3 250	6 000	6 250	8 915	7 555
<i>Temora longicornis</i>	168	255	572	596	1 220	1 030
<i>Metridia lucens</i>	0	0	(4)	(4,2)	0	0
<i>Centropages typicus</i>	60	91	64	67	92	78
<i>Labidocera wollastoni</i>	48	73	104	108	48	41
<i>Acartia clausii</i>	4 640	7 030	10 800	11 250	8 300	7 030
<i>Oithona</i> sp.	2 260	3 420	5 520	5 750	6 700	5 680
<i>Corycaeus</i> sp.	16	24,2	16	16,7	16	13,6
<i>Oncaea</i> sp.	104	158	2 320	2 420	4 720	4 000
<i>Euterpina acutifrons</i>	384	582	508	529	1 100	932
<i>Clytemmestra</i> sp.	0	0	8	8,3	12	10,2
Cyclopoides indét.	0	0	16	16,7	28	23,7
Harpacticoides indét.	260	394	460	479	404	342
TOTAL	40 200	60 900	65 700	68 500	75 800	64 200
Indice de diversité	1,348		1,896		2,032	

A N N E X E IV-3

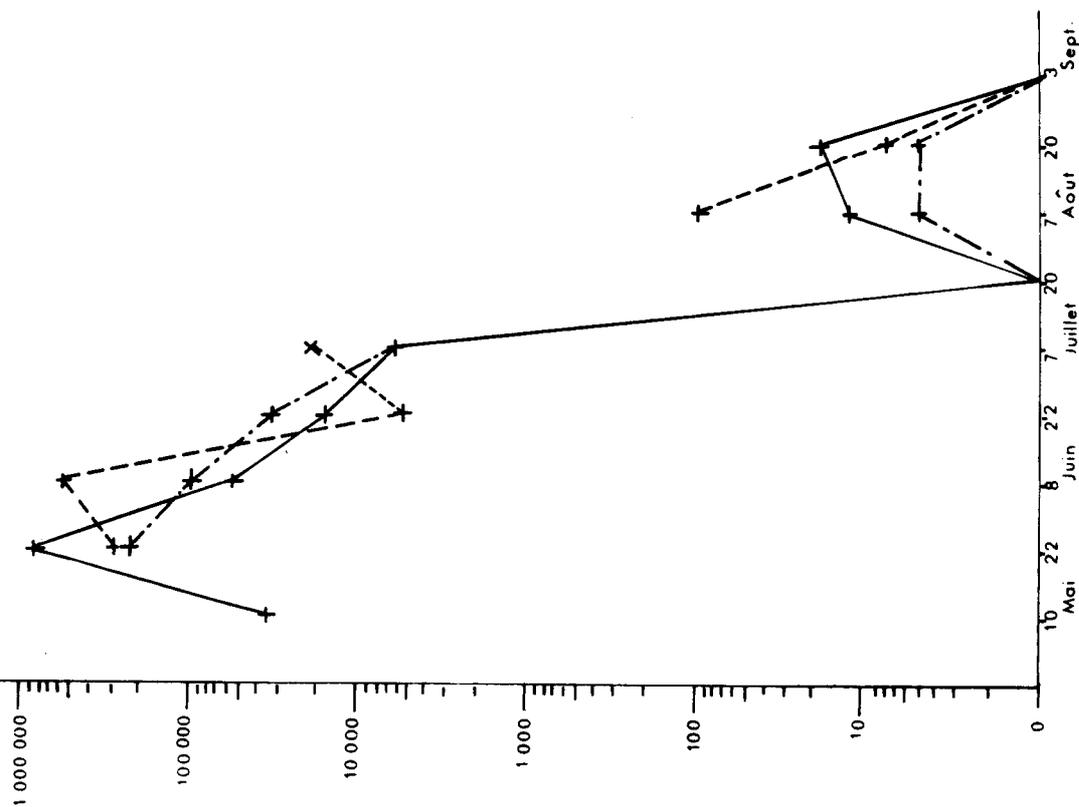
Evolution dans le temps aux trois stations des effectifs des principaux taxons du zooplancton (par unité de surface et par unité de volume)

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1 - Noctiluques | 24 - Larves d'Ophiures |
| 2 - Leptoméduses | 25 - Larves d'Etoiles de Mer |
| 3 - Anthoméduses | 26 - Total L. d'Echinodermes |
| 4 - <i>Muggiaea atlantica</i> | 27 - Appendiculaires |
| 5 - Eudoxies de <i>Muggiaea</i> | 28 - Doliolles |
| 6 - Chaetognathes | 29 - Larves de Poissons |
| 7 - Larves de Gastéropodes | 30 - Oeufs de Poissons |
| 8 - Larves de Bivalves | 31 - <i>Calanus helgolandicus</i> |
| 9 - Larves de Polychètes | 32 - <i>Paracalanus parvus</i> |
| 10 - <i>Evadne</i> sp. | 33 - <i>Pseudocalanus minutus</i> |
| 11 - <i>Podon</i> sp. | 34 - <i>Ctenocalanus vanus</i> |
| 12 - Nauplii de Cirripèdes | 35 - <i>Temora longicornis</i> |
| 13 - Cypris de Cirripèdes | 36 - <i>Metridia lucens</i> |
| 14 - Total L. de Cirripèdes | 37 - <i>Centropages typicus</i> |
| 15 - Copépodes (Total) | 38 - <i>Centropages hamatus</i> |
| 16 - Nauplii indéterminés | 39 - <i>Isias clavipes</i> |
| 17 - Larves de Crevettes | 40 - <i>Labidocera wollastoni</i> |
| 18 - Larves de Thalassinides | 41 - <i>Acartia clausii</i> |
| 19 - Larves de Crabes | 42 - <i>Oithona</i> sp. |
| 20 - Total L. Décapodes | 43 - <i>Corycaeus</i> sp. |
| 21 - Cyphonautes | 44 - <i>Oncaea</i> sp. |
| 22 - Actinotroques | 45 - <i>Euterpina acutifrons</i> |
| 23 - Larves d'Oursins | |

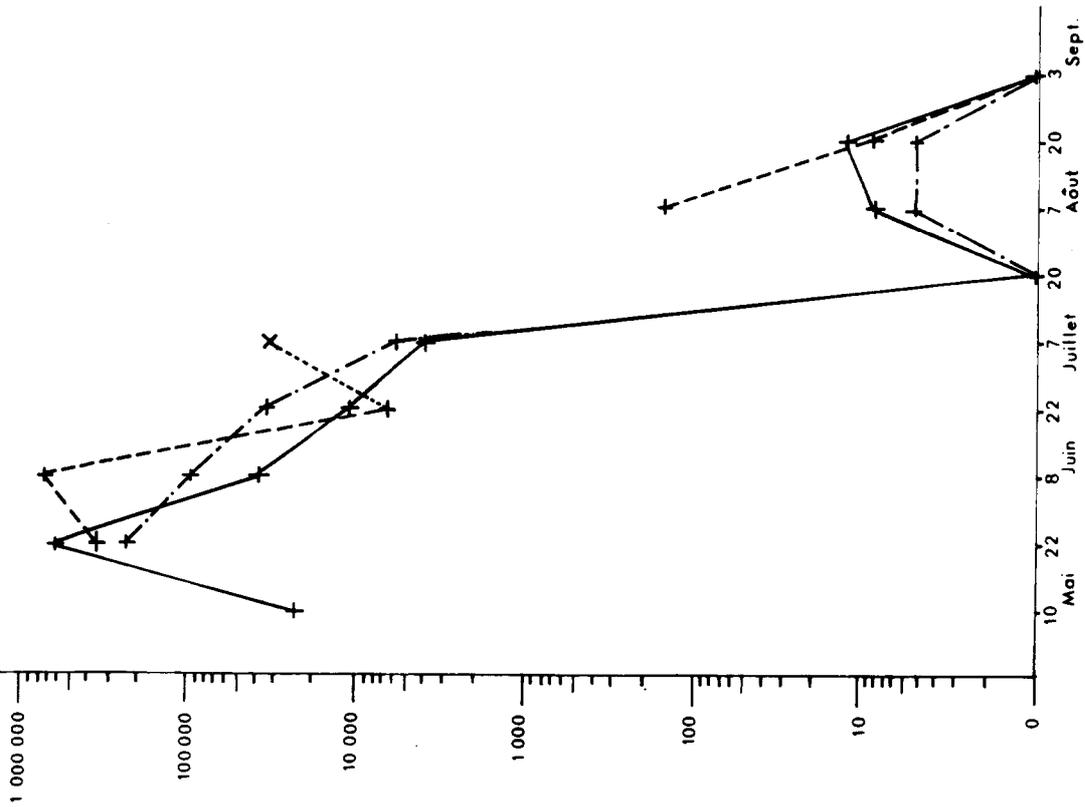
1. Noctiluques (*Noctiluca scintillans*)

Station 1
Station 2
Station 3

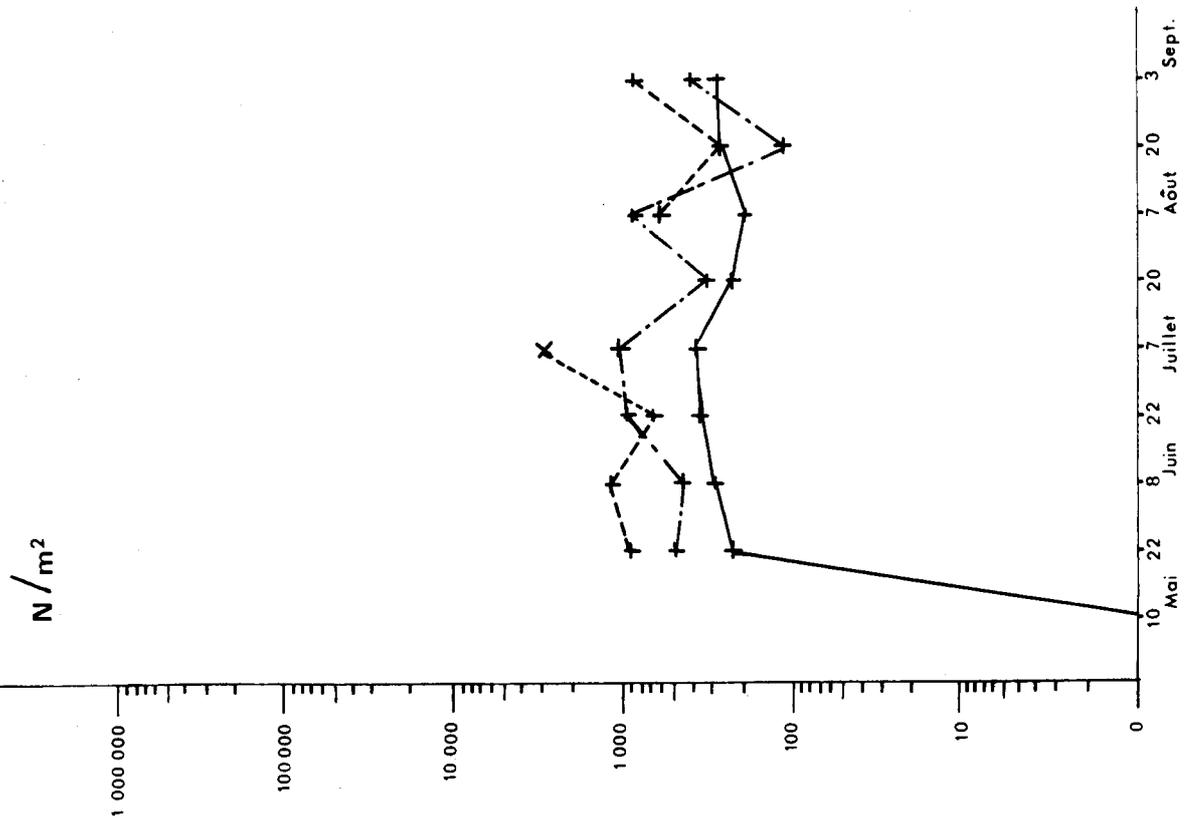
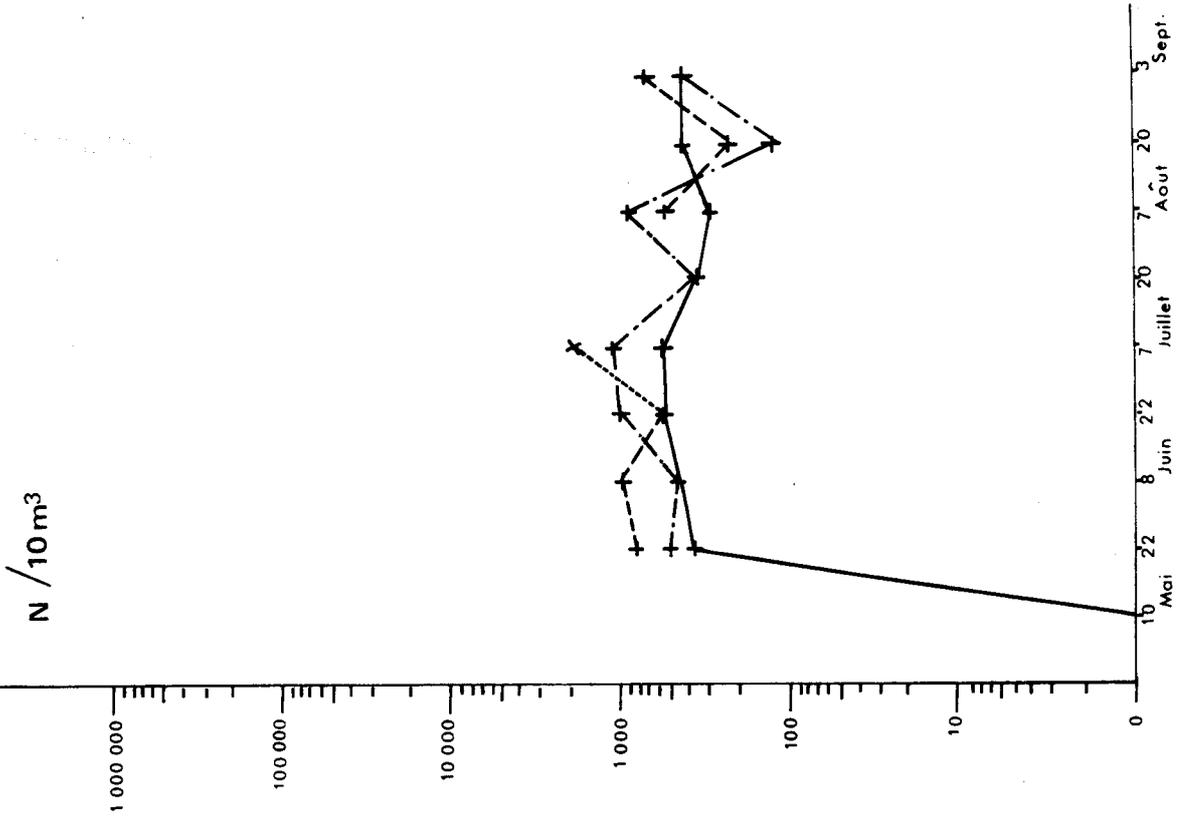
N / 10 m³



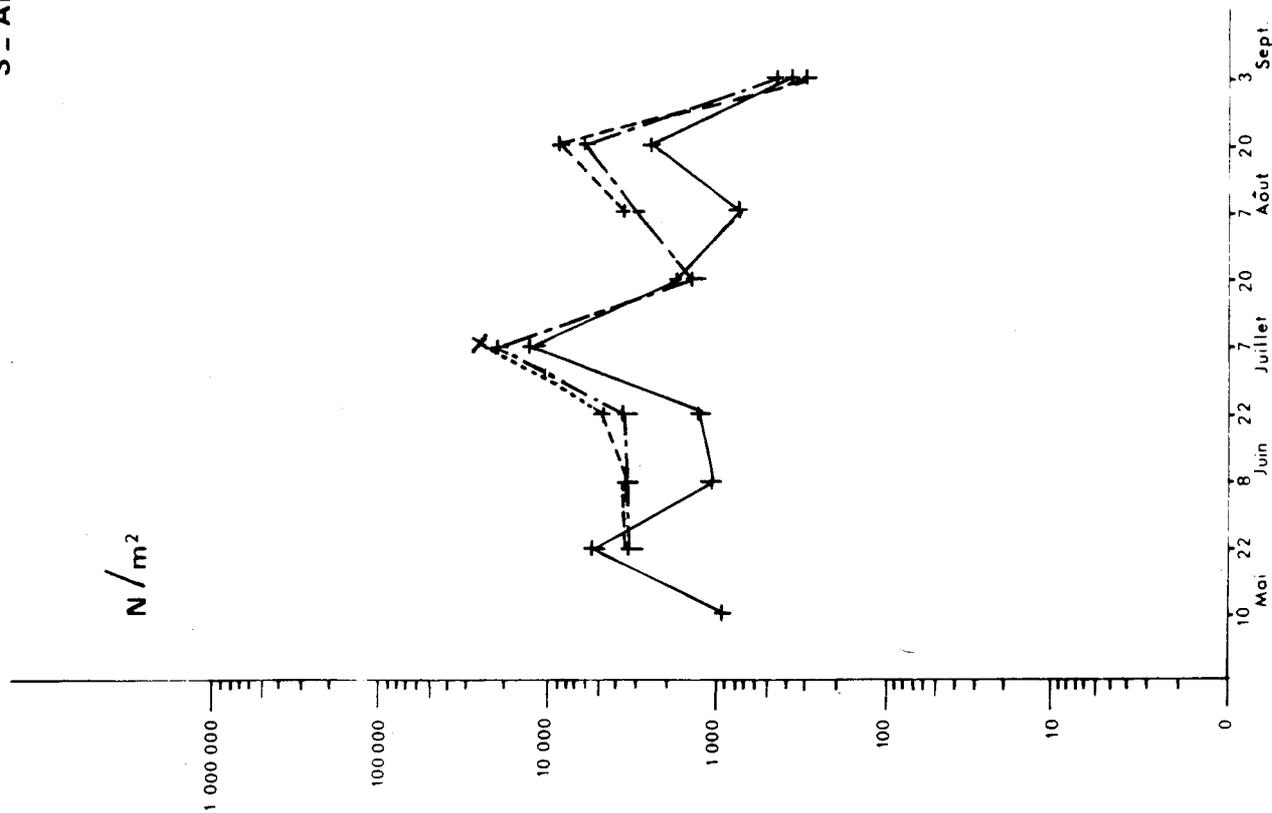
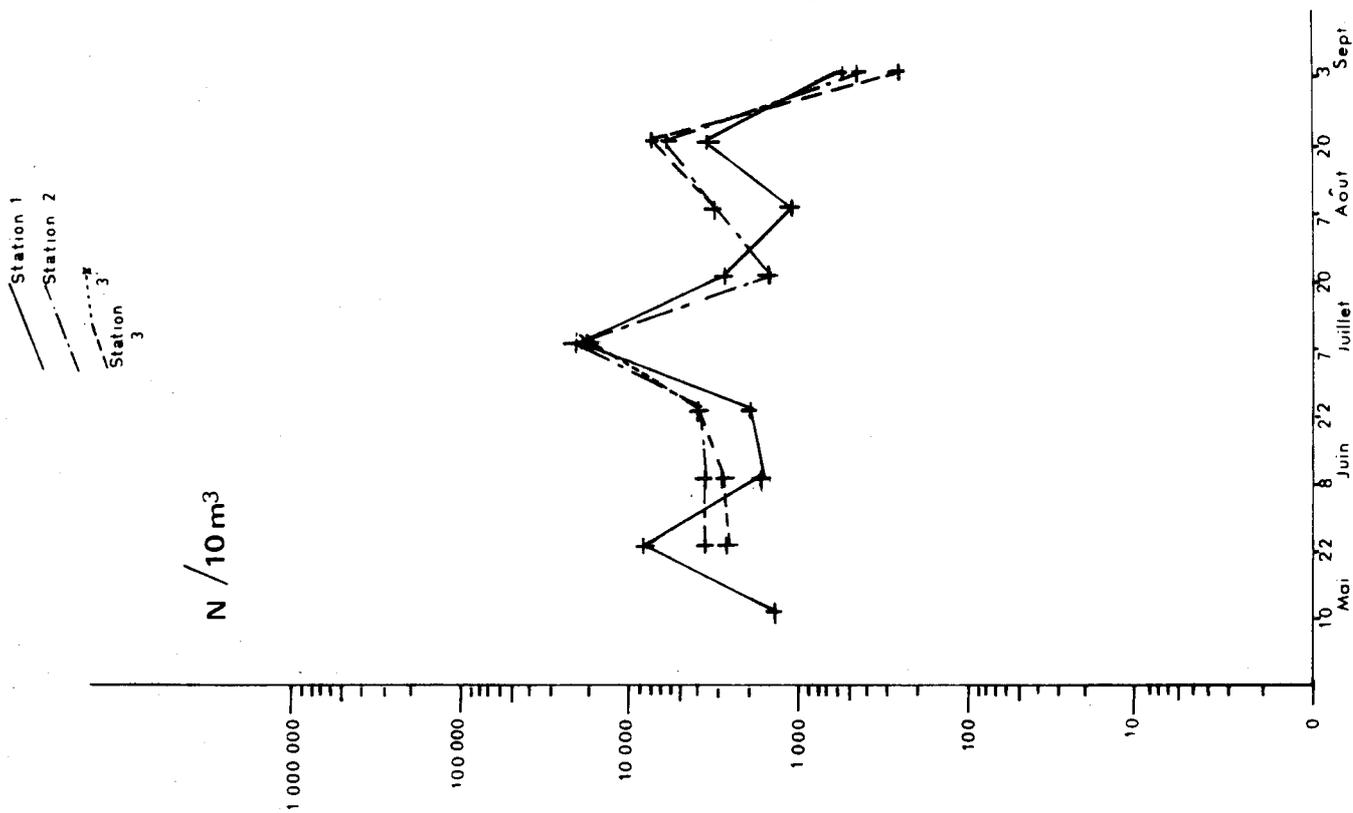
N / m²



2. Leptoméduses

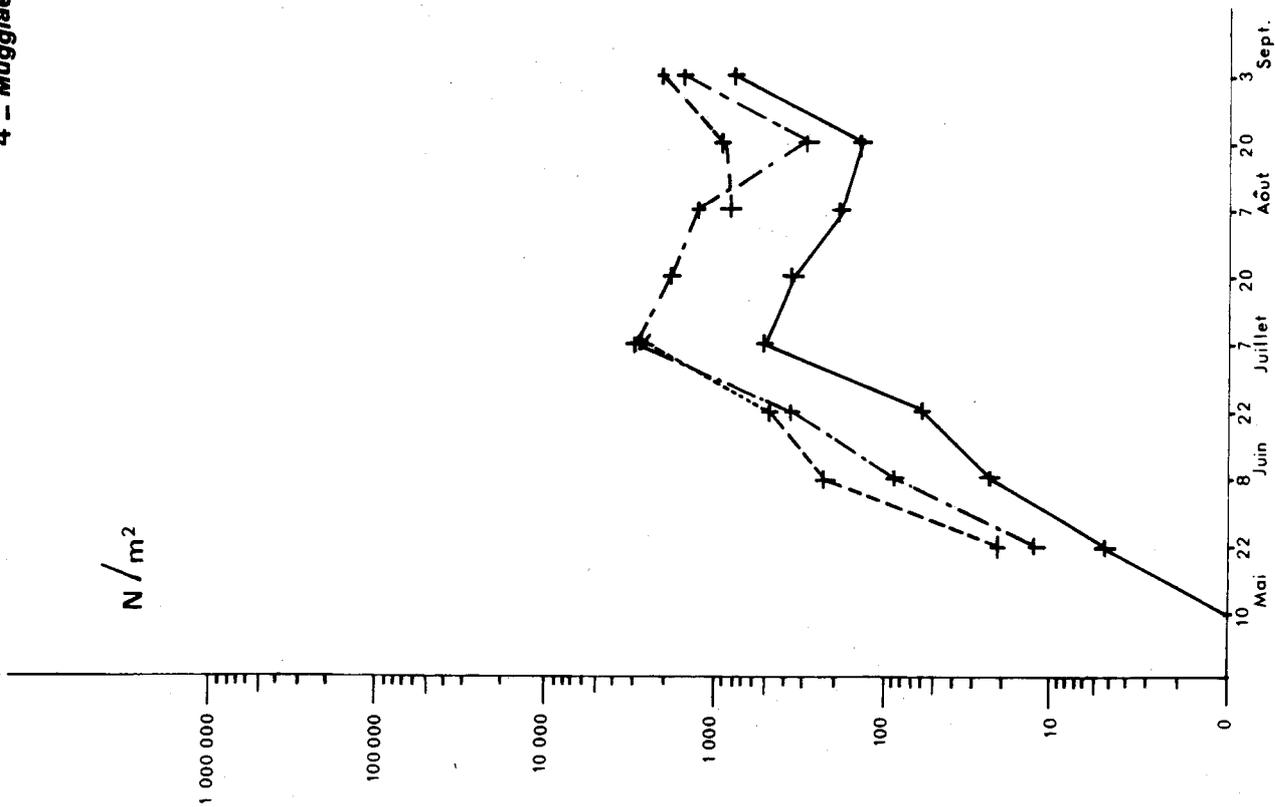


3 - Anthoméduses

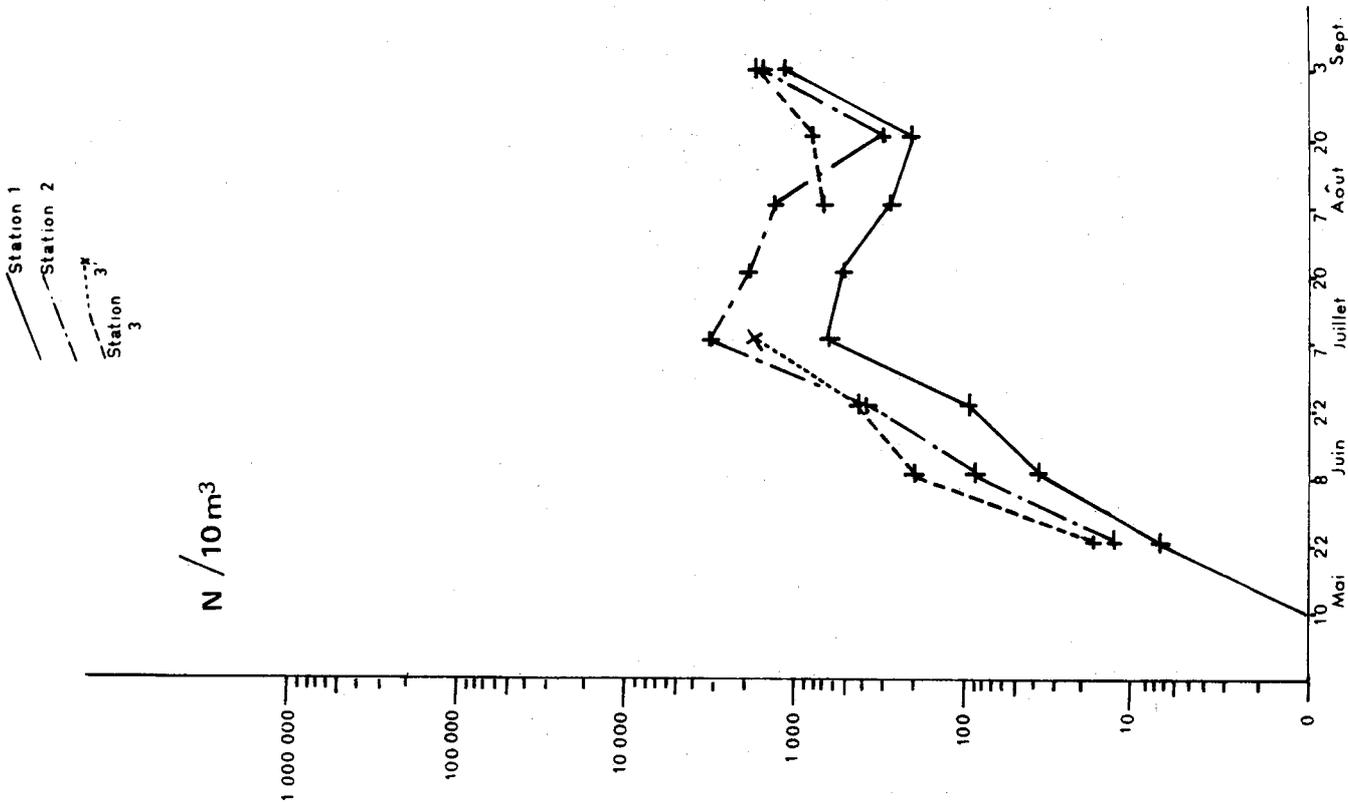


4 - *Muggiasea atlantica*

N/m^2

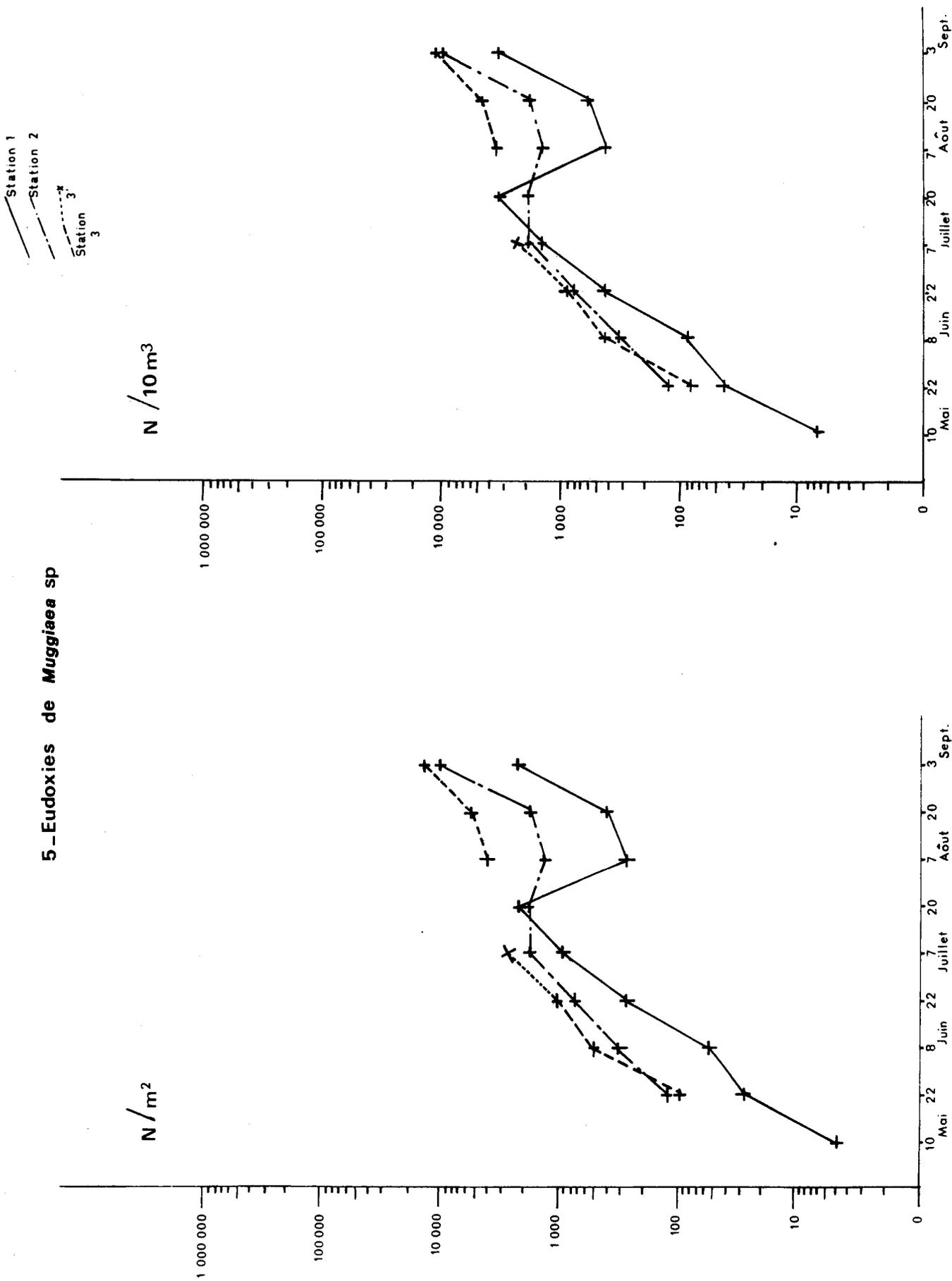


$N/10m^3$

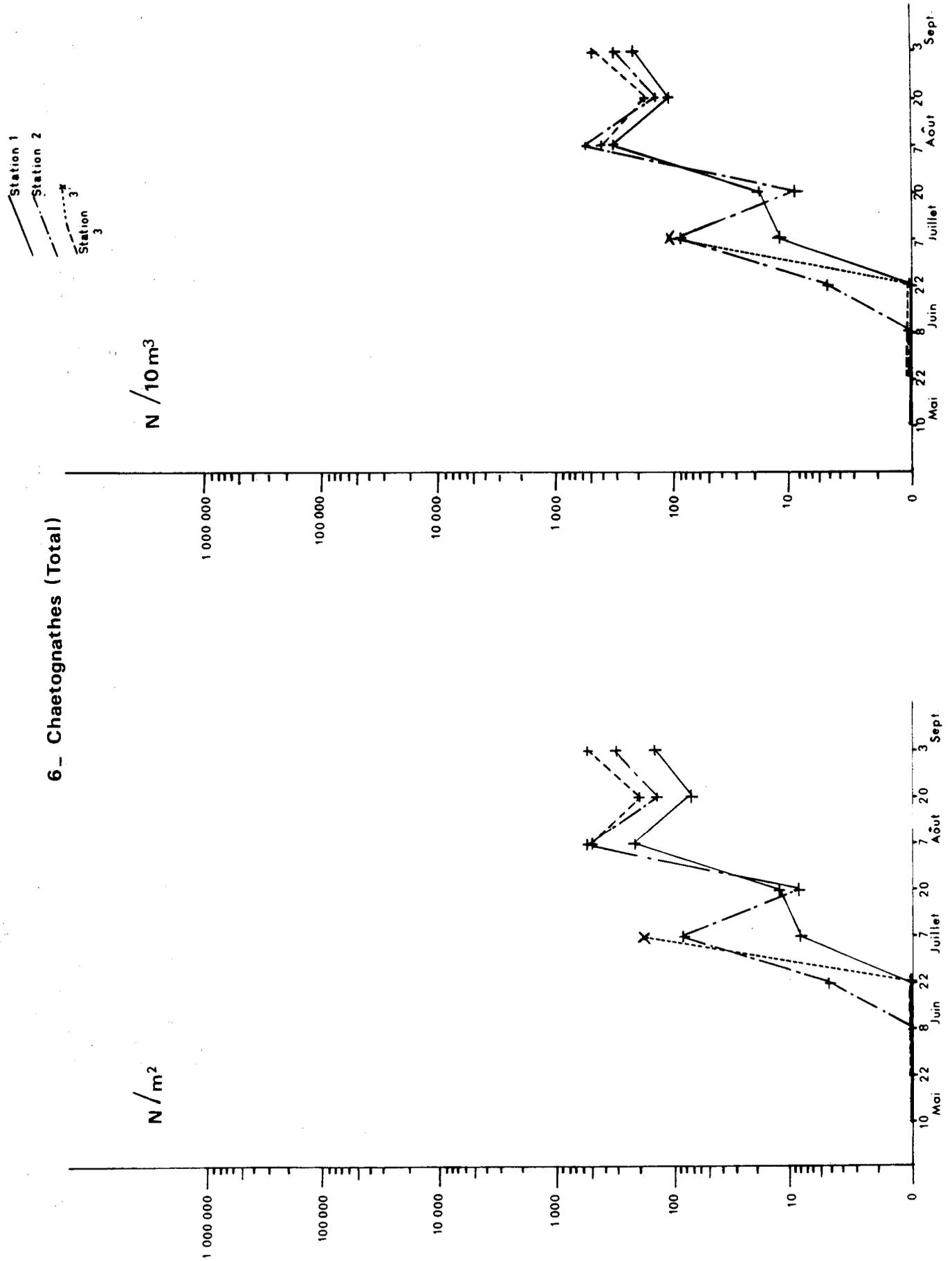


Station 1
Station 2
Station 3

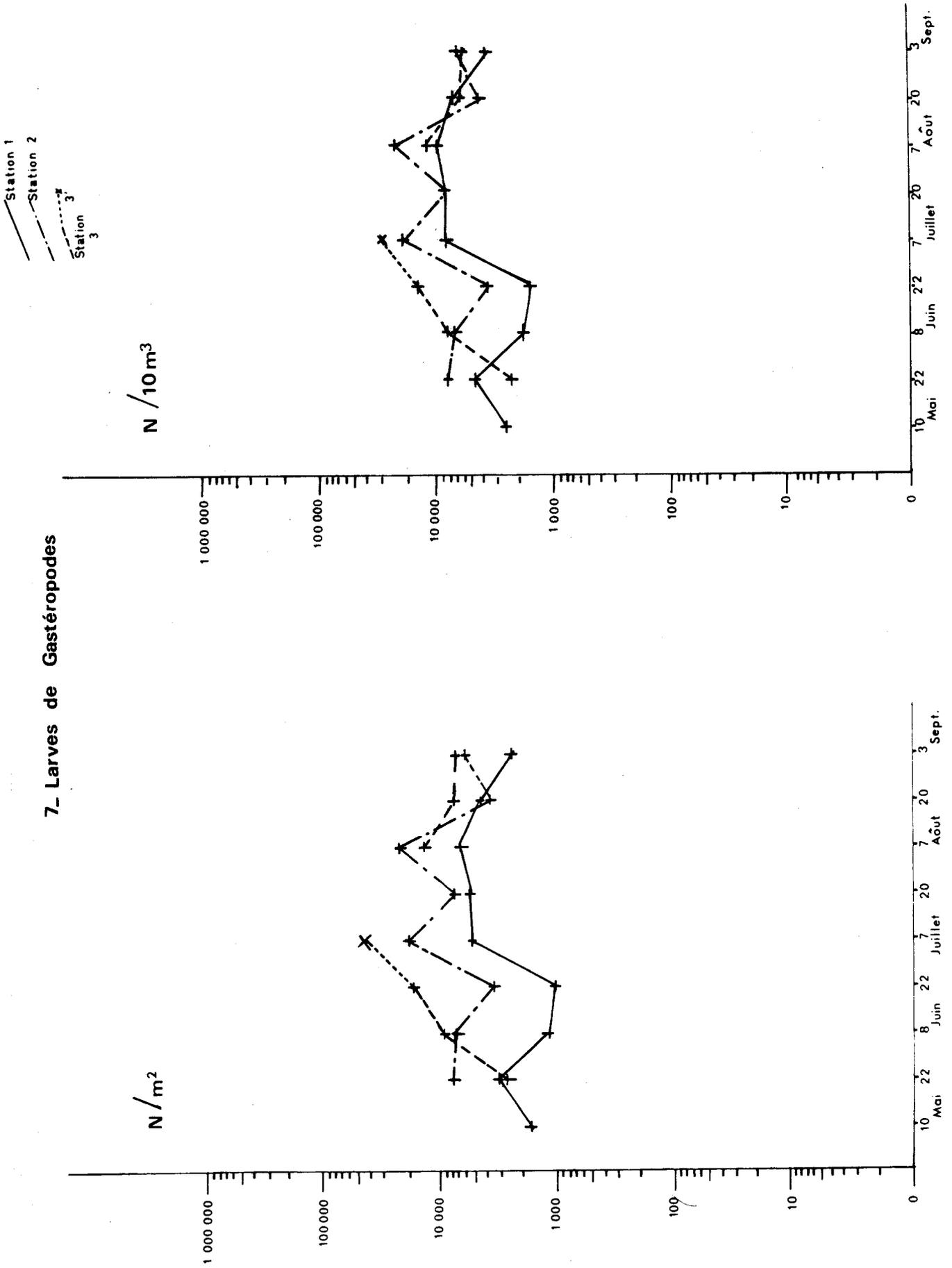
5 - Eudoxies de *Muggiæa* sp



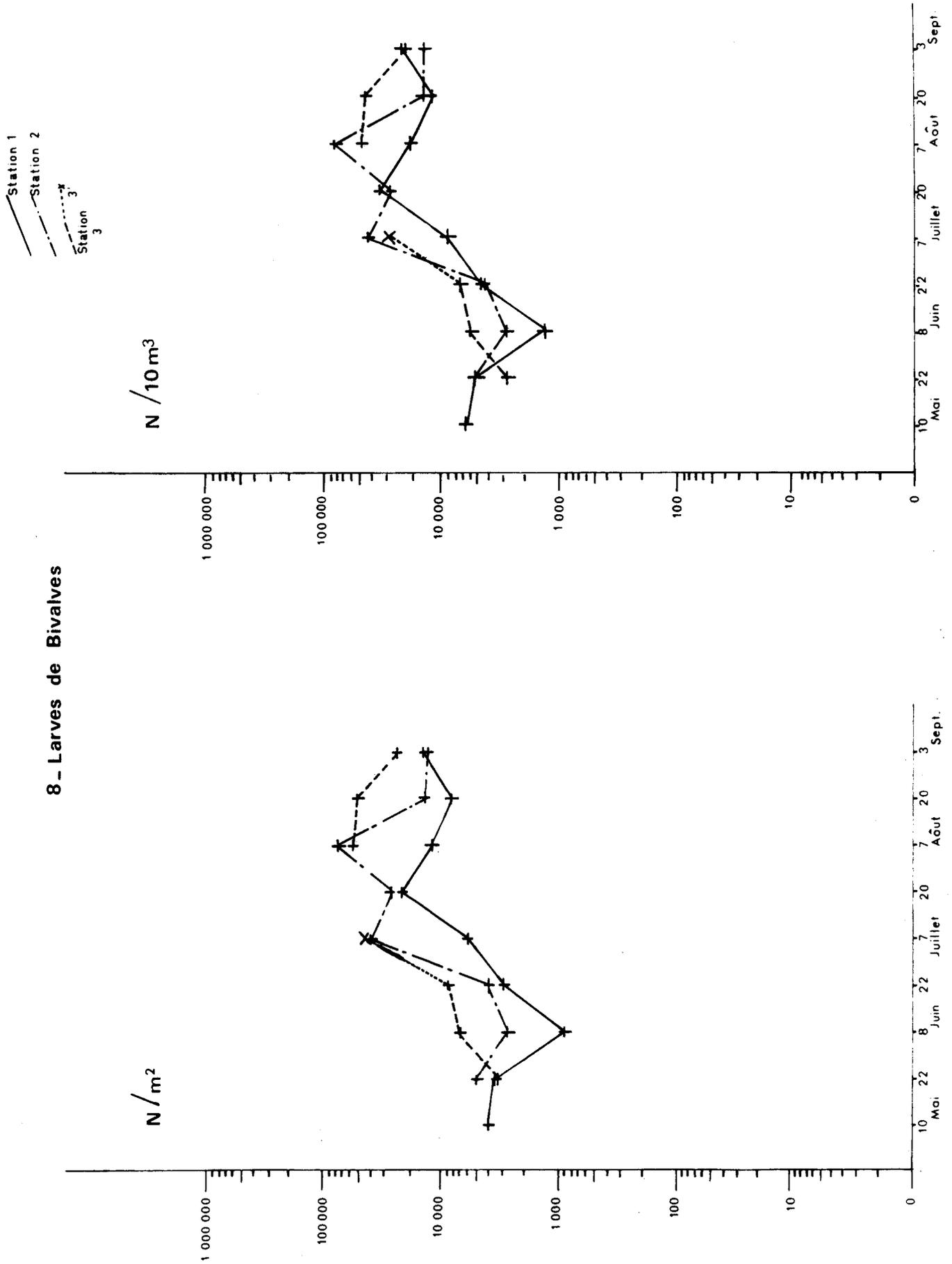
6 - Chaetognathes (Total)



7- Larves de Gastéropodes



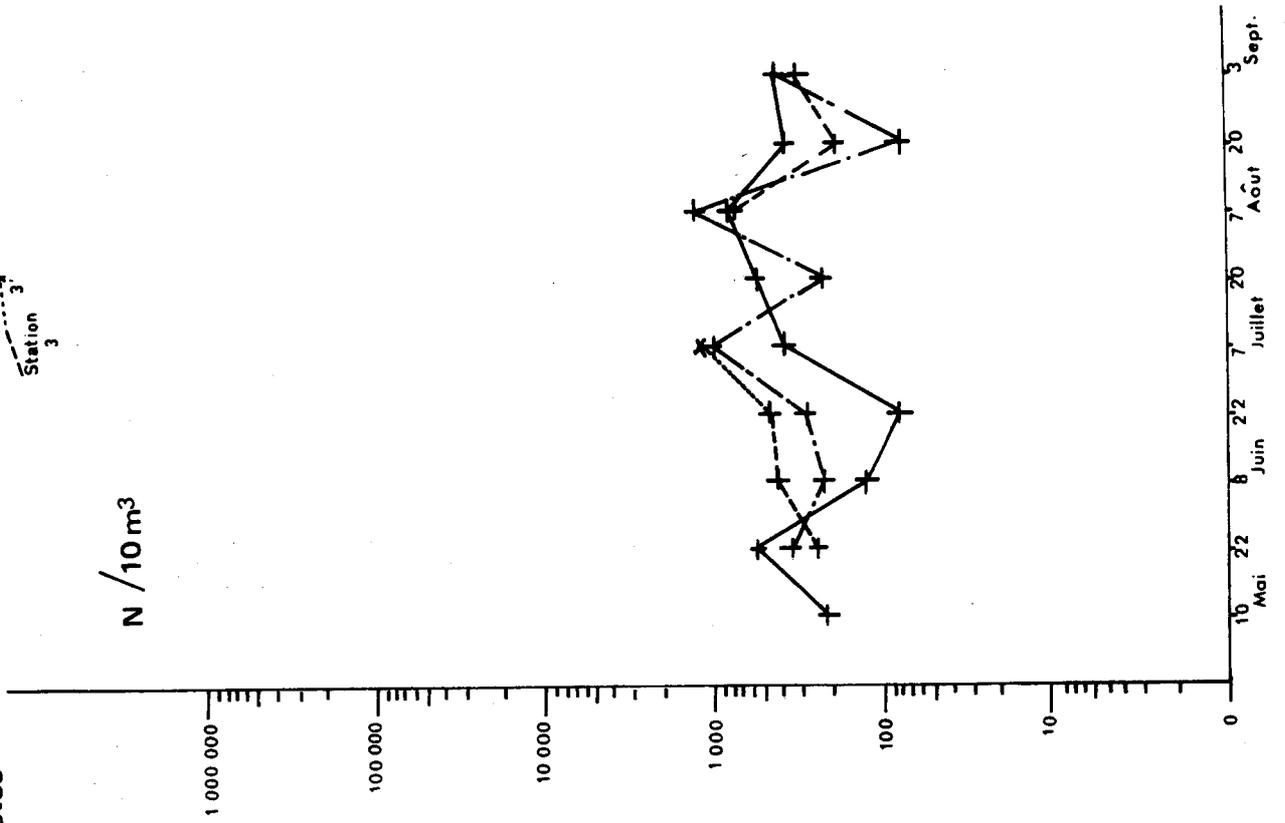
8 - Larves de Bivalves



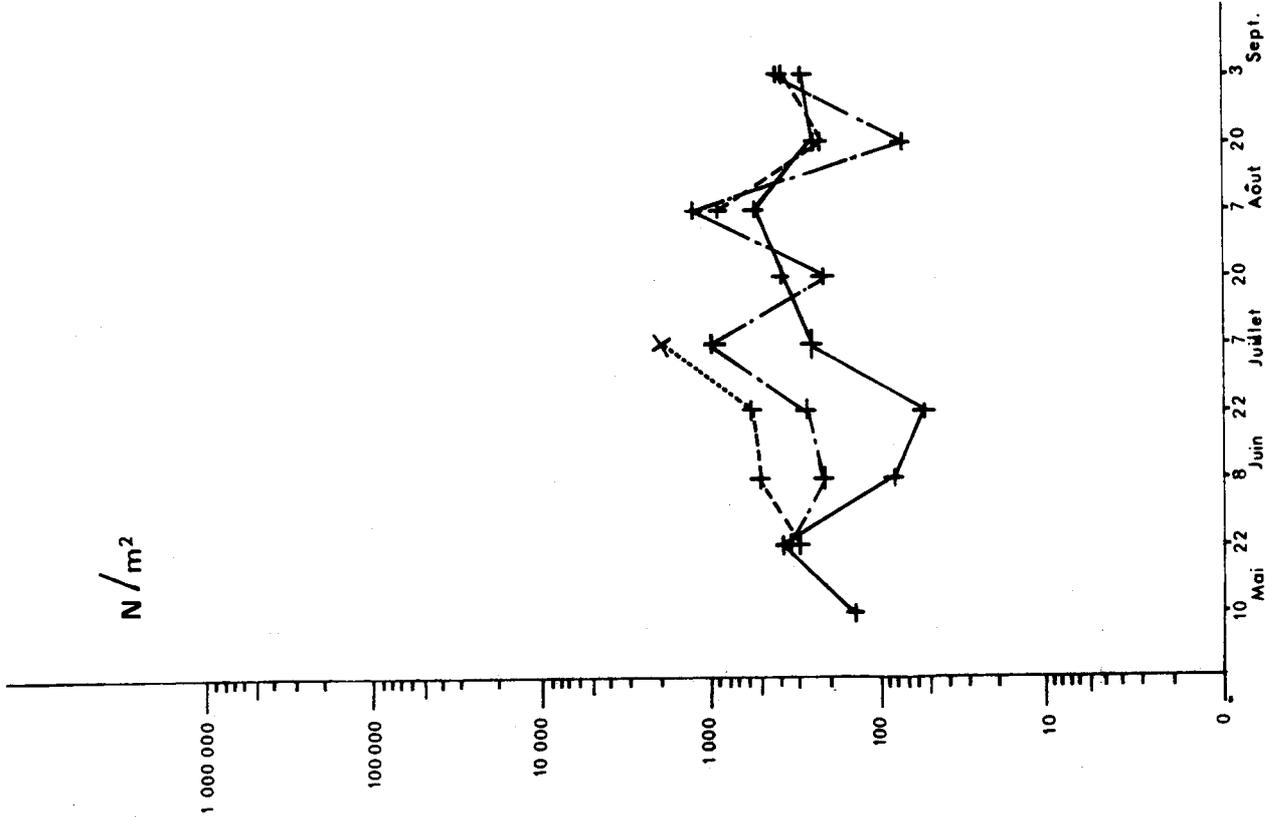
9 - Larves de Polychètes

Station 1
Station 2
Station 3

N / 10 m³

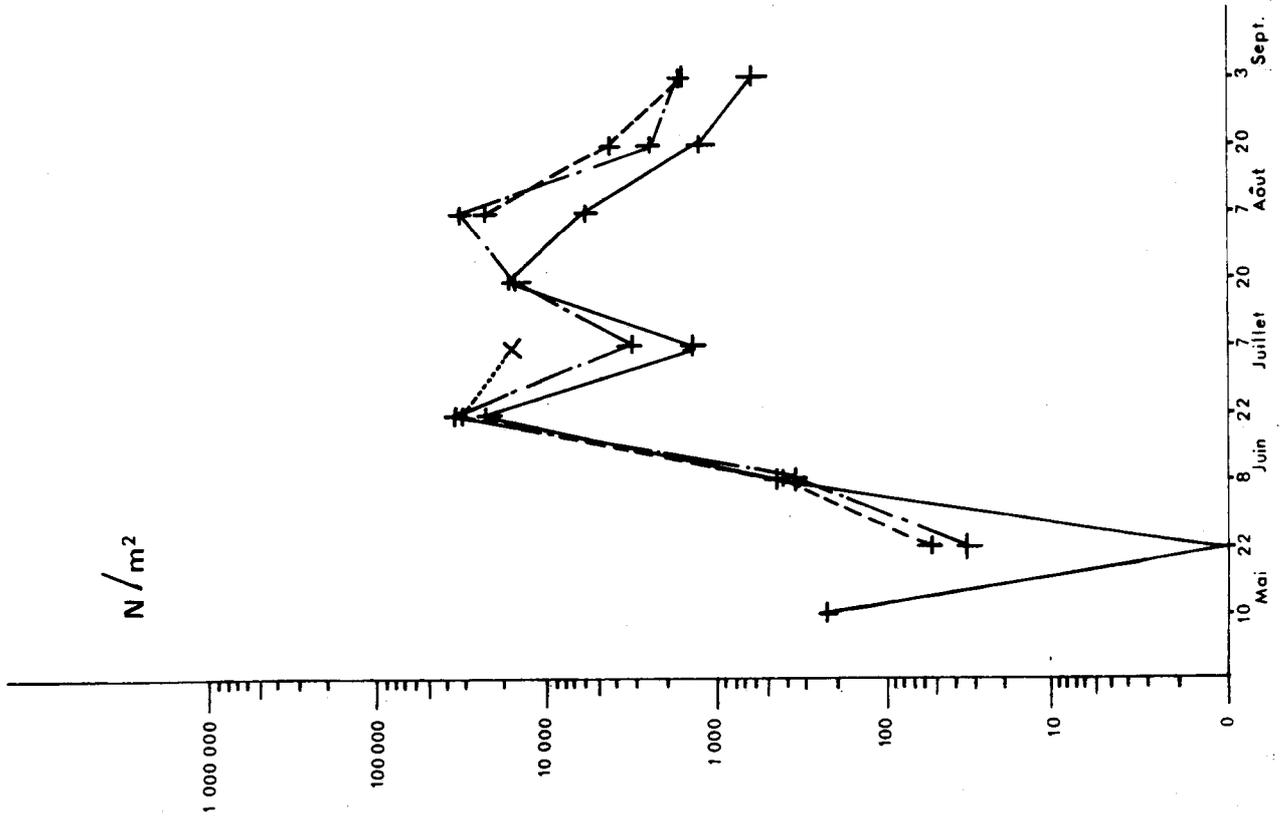
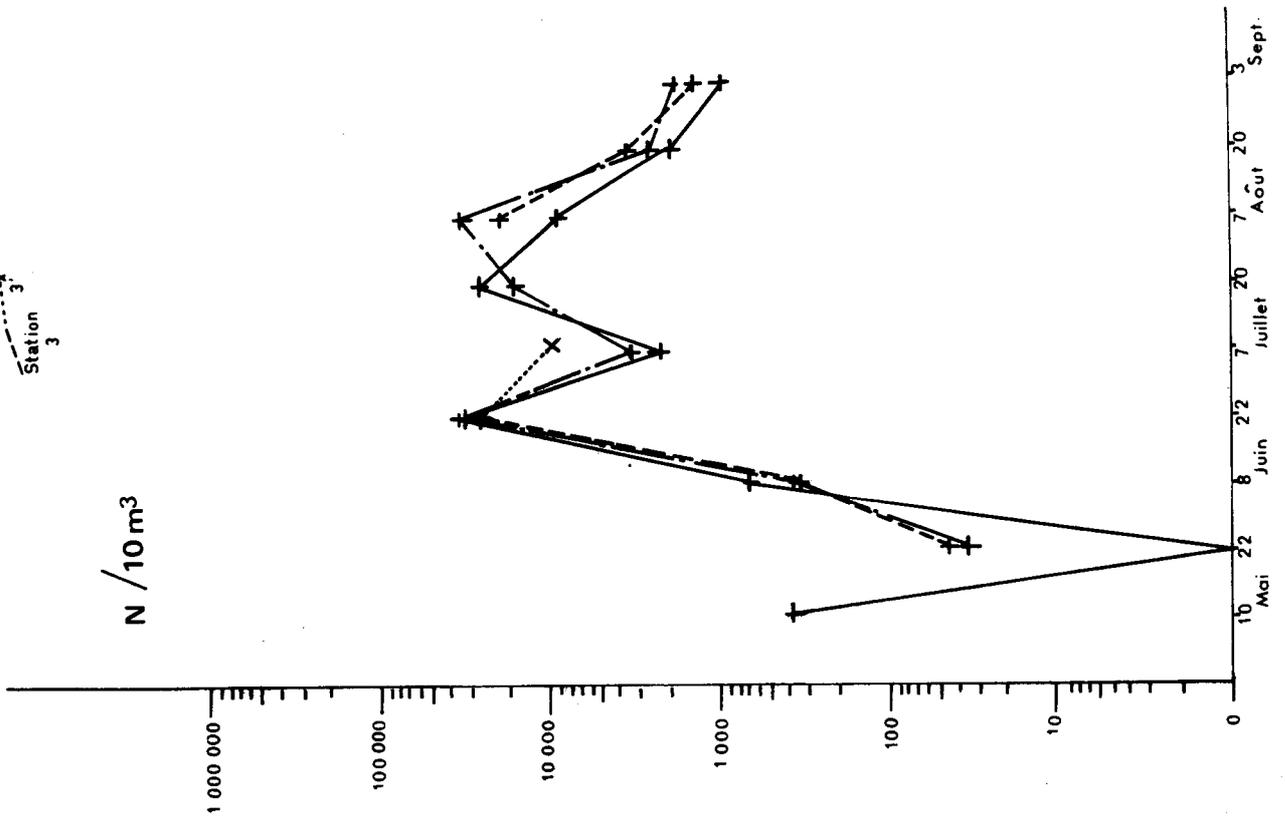


N / m²



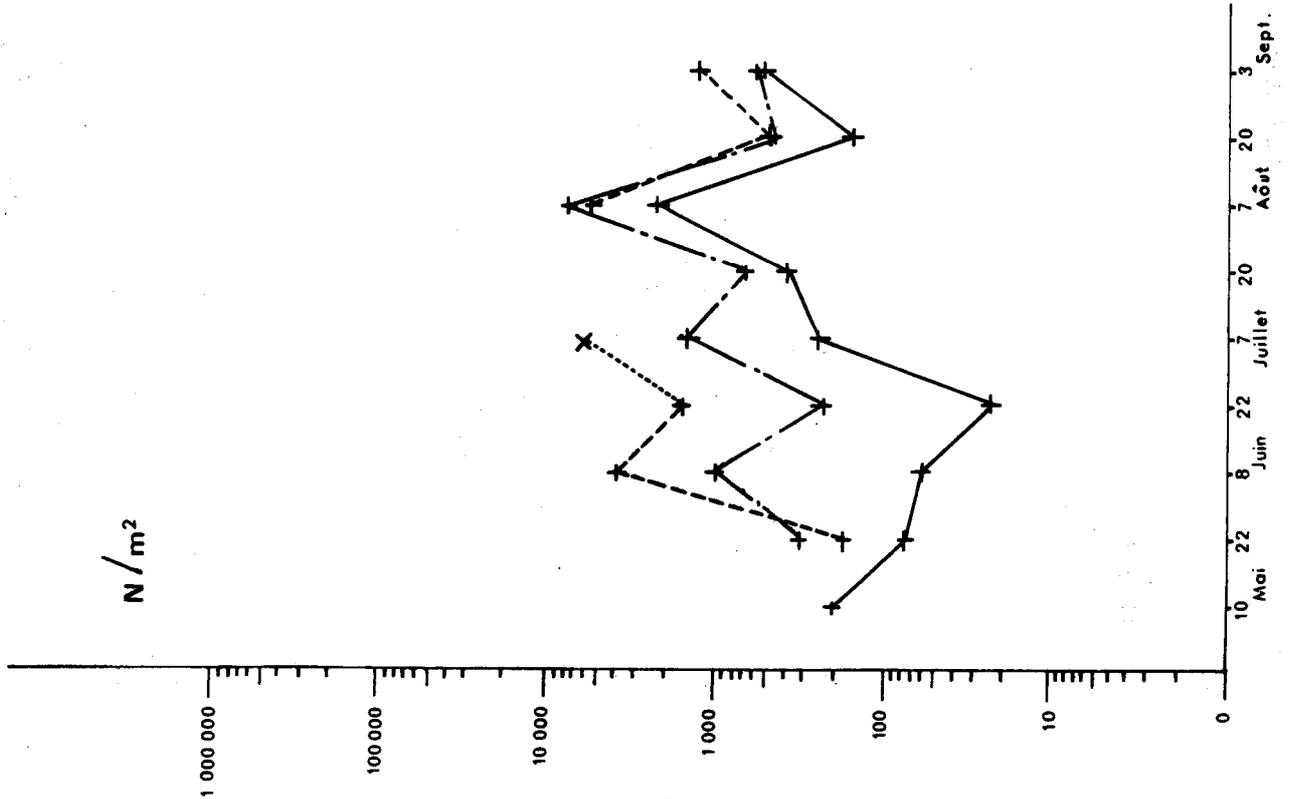
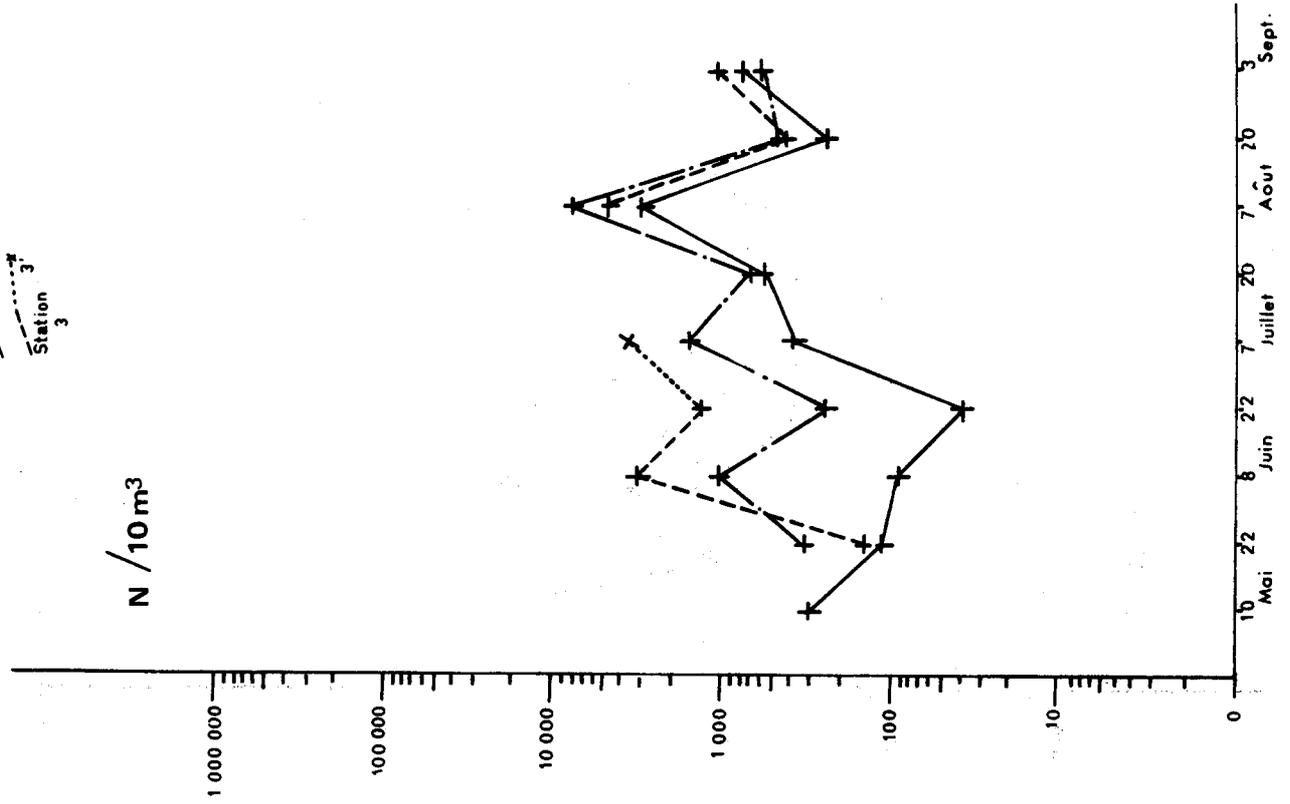
Station 1
Station 2
Station 3

10 - *Evadne* sp.



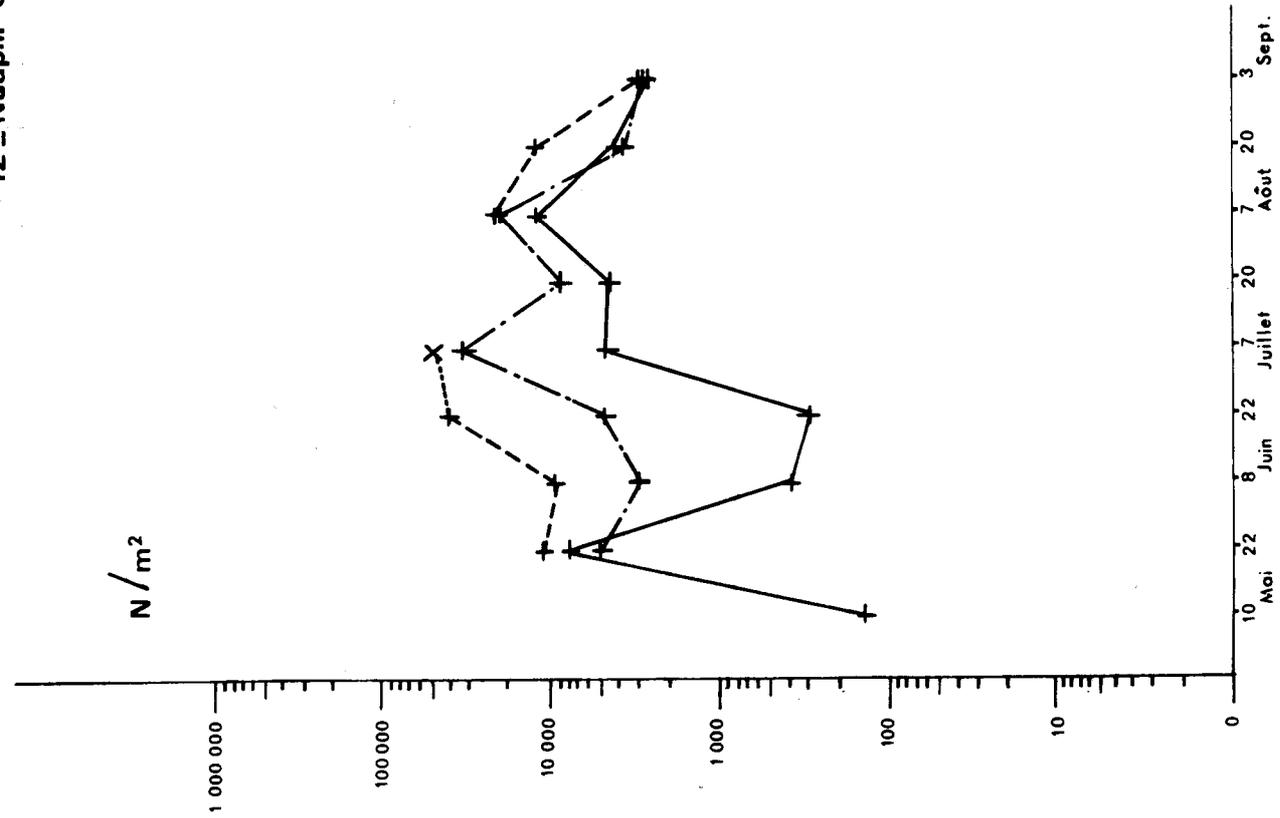
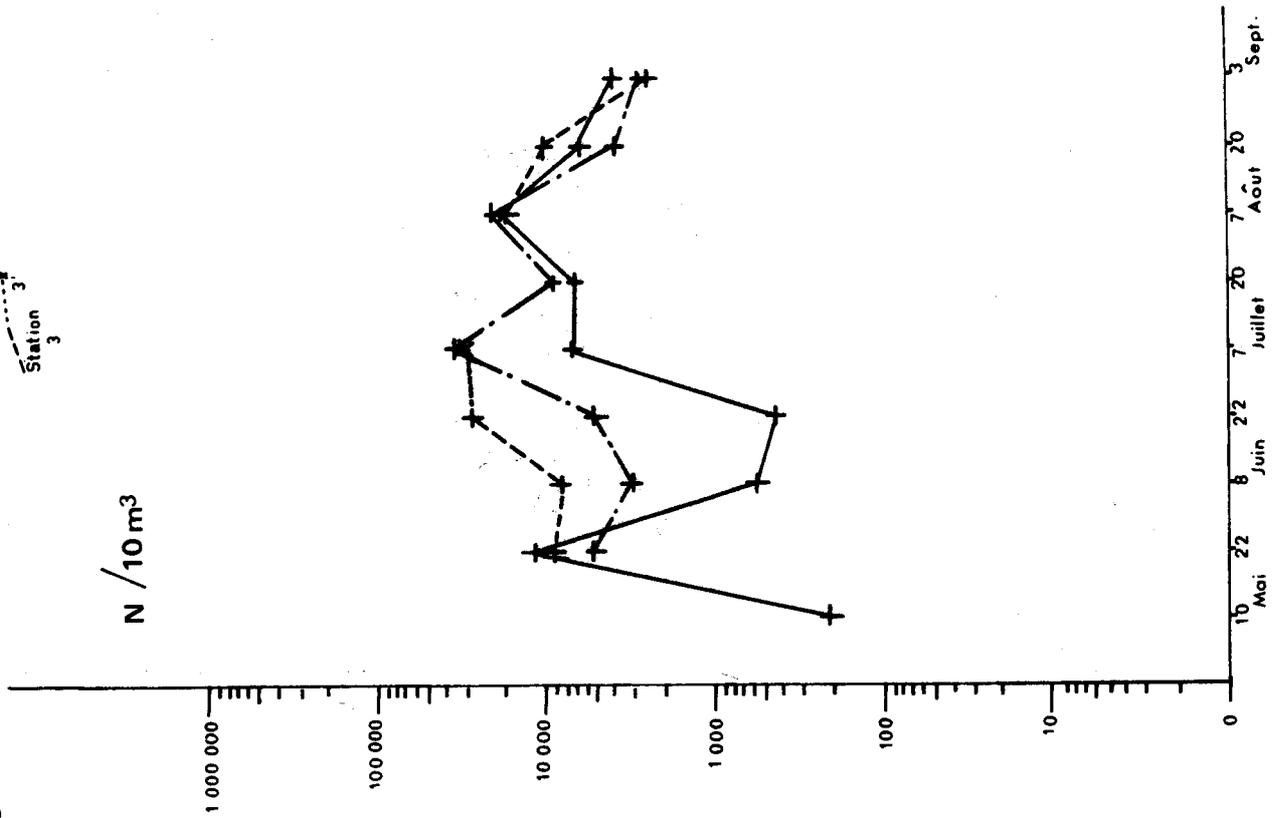
11 - Podon sp.

Station 1
Station 2
Station 3

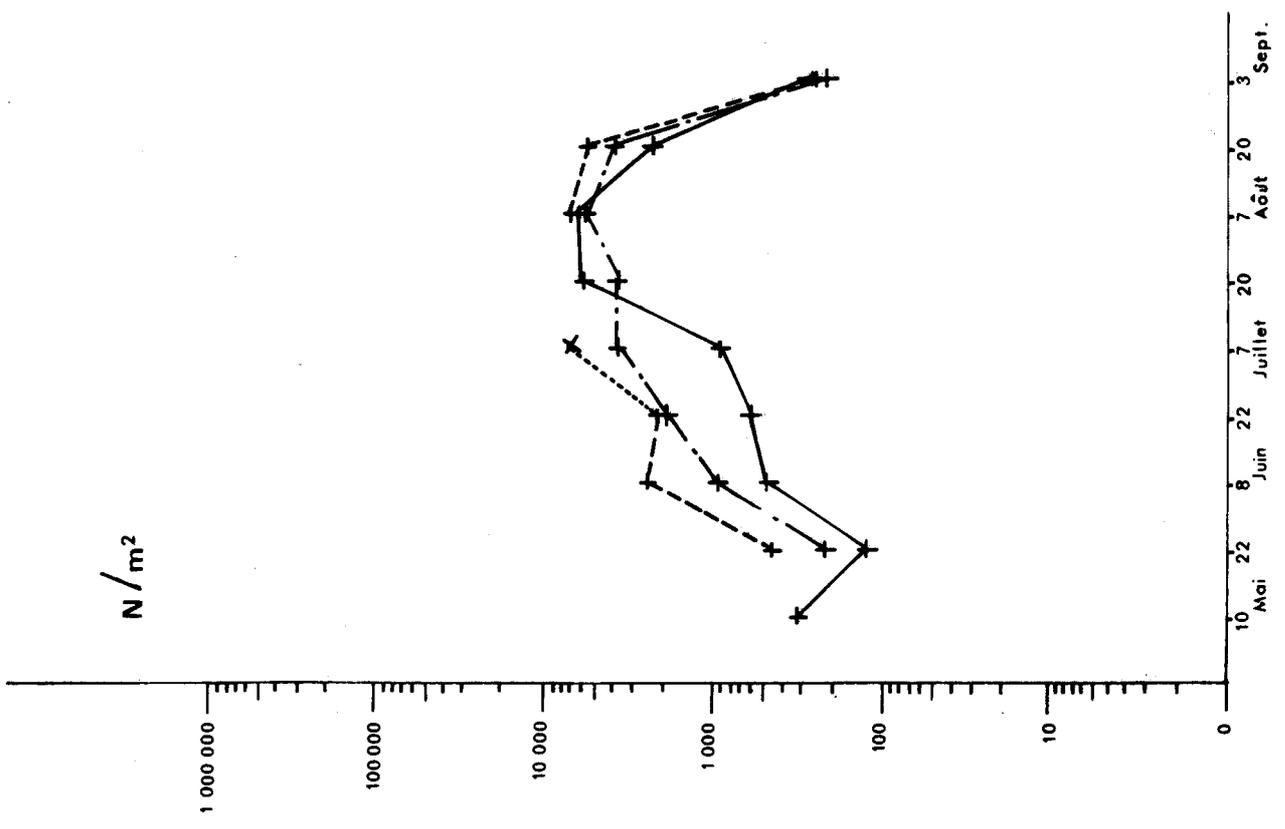
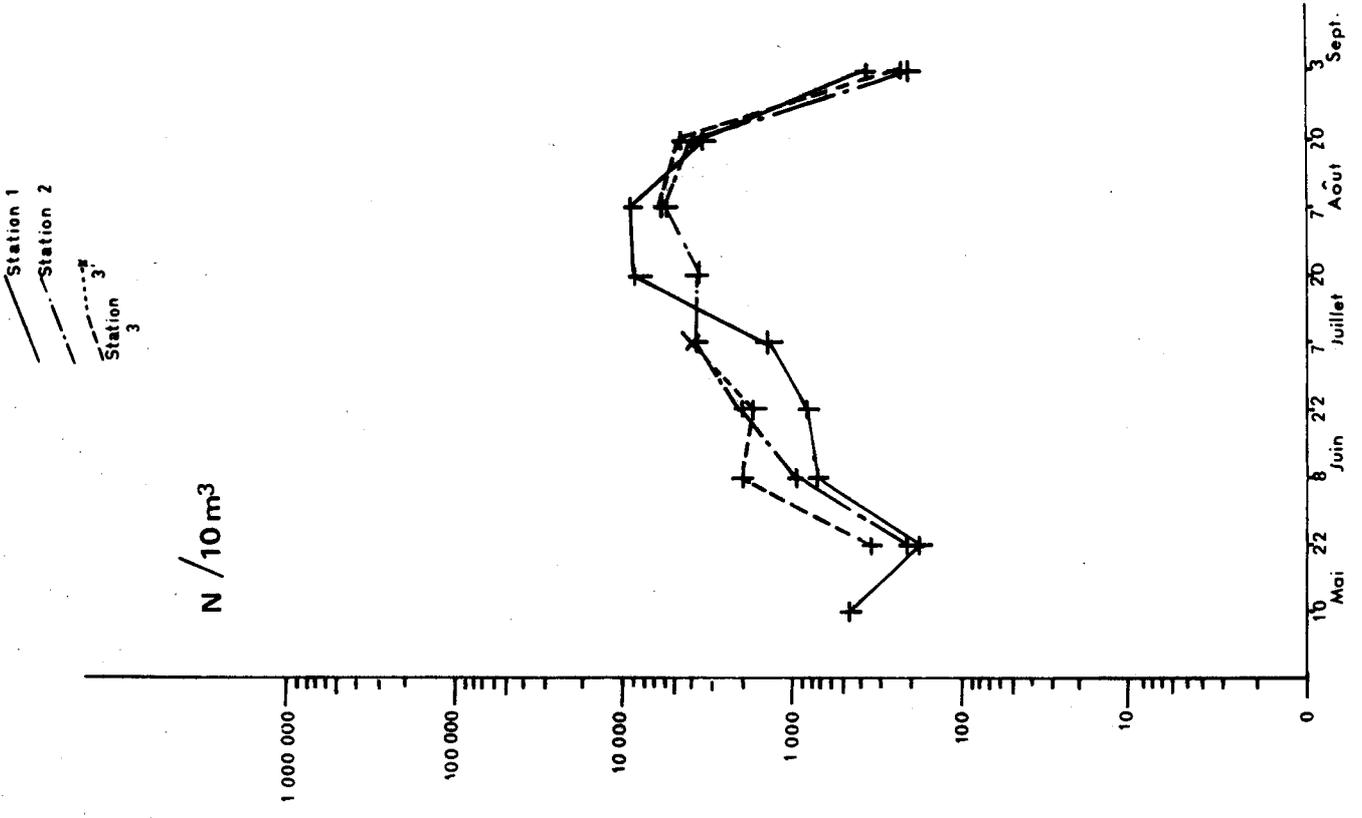


12 - Nauplii de Cirripèdes

Station 1
Station 2
Station 3

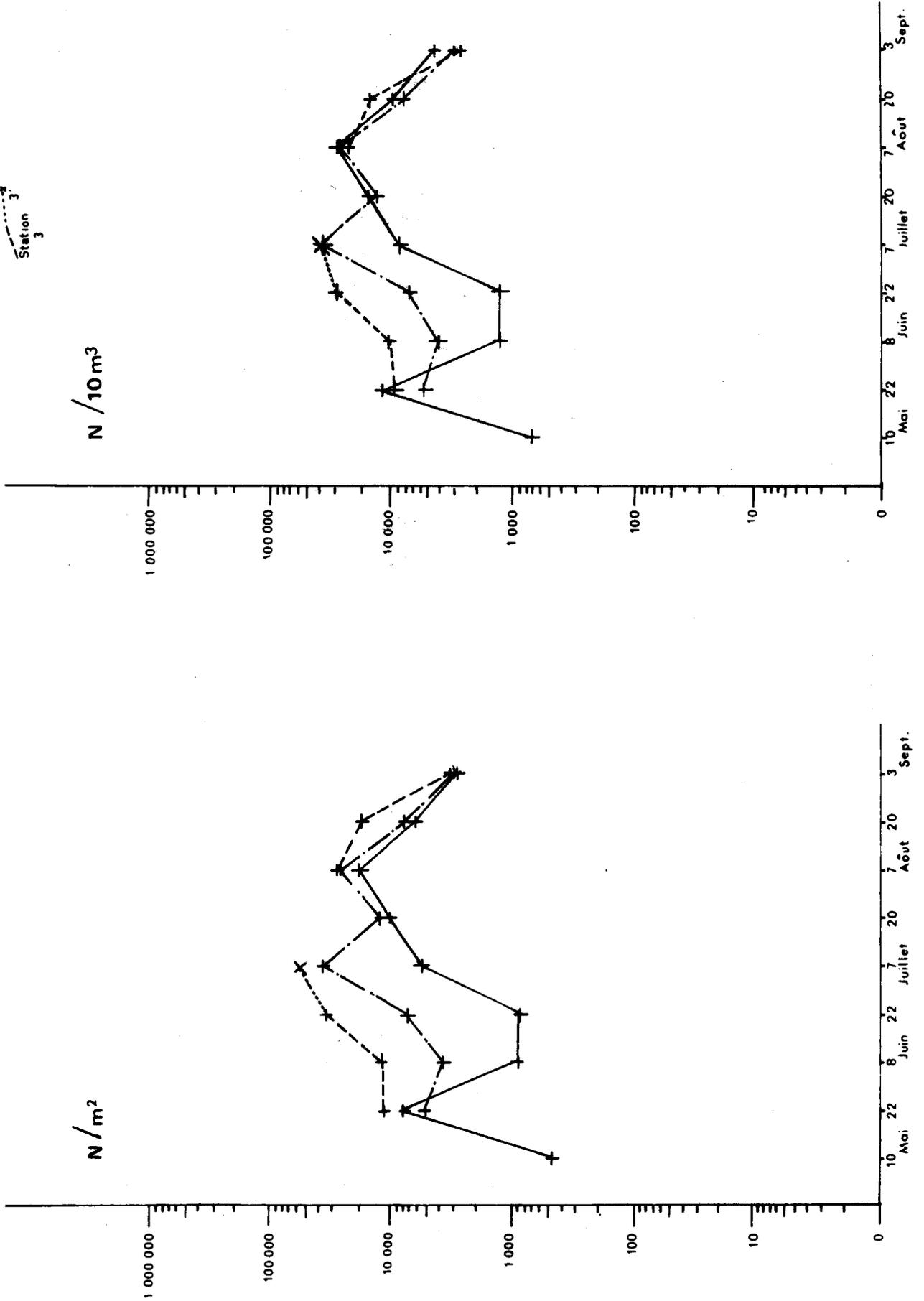


13 - Cypris de Cirripèdes

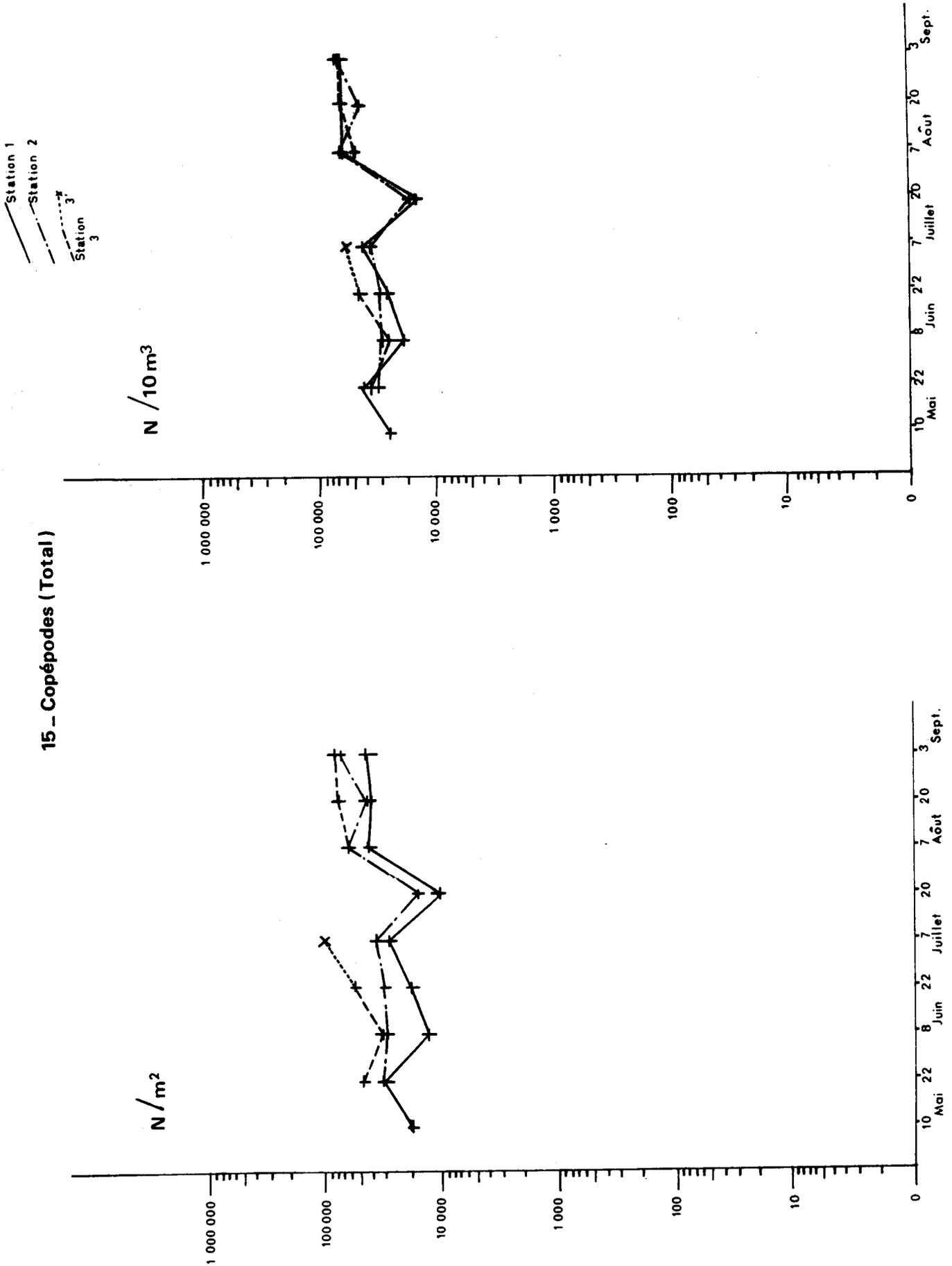


14_Larves de Cirripèdes(Total)

Station 1
Station 2
Station 3

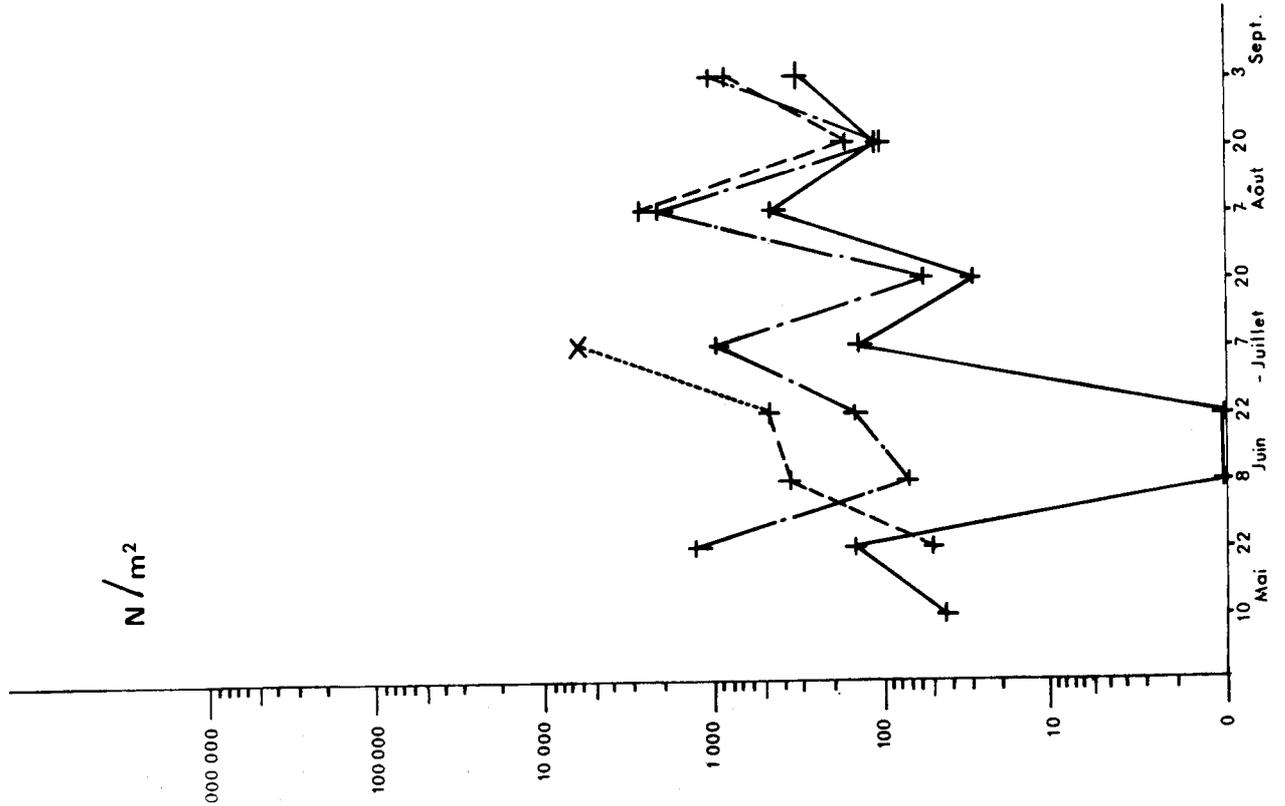
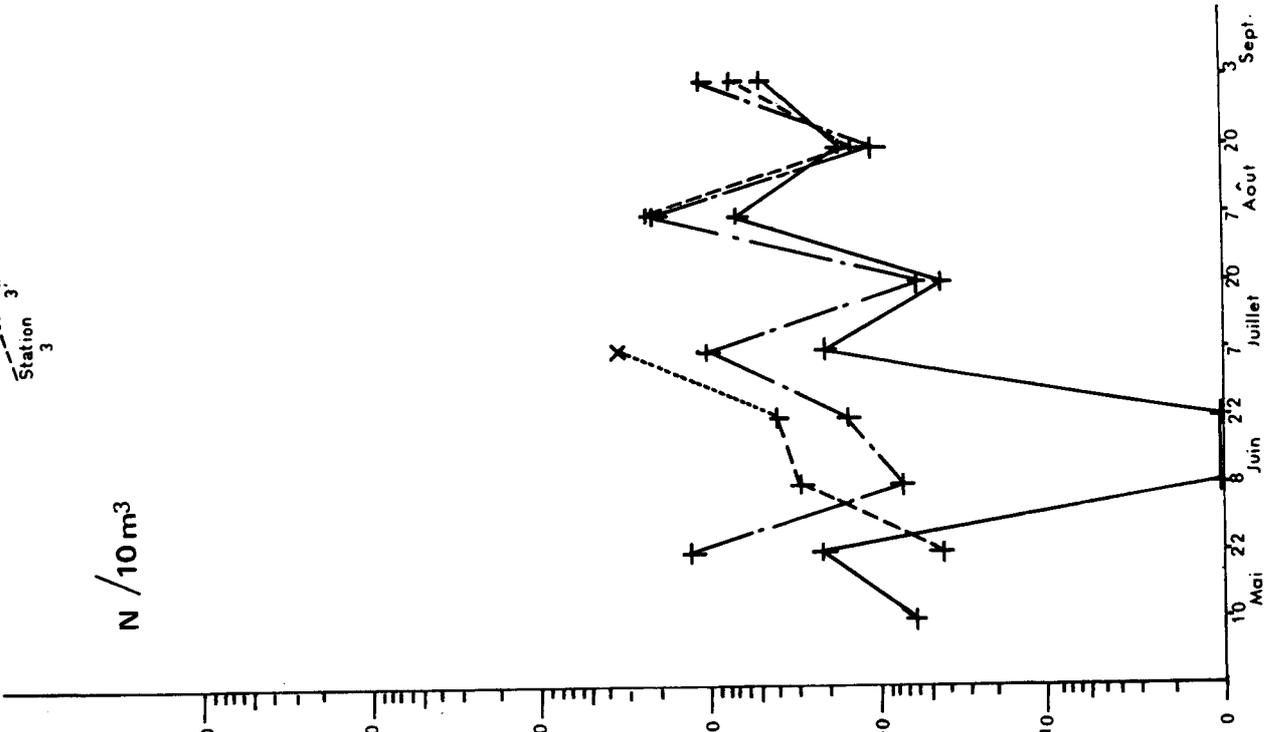


15 - Copépodes (Total)



16 - Nauplii divers

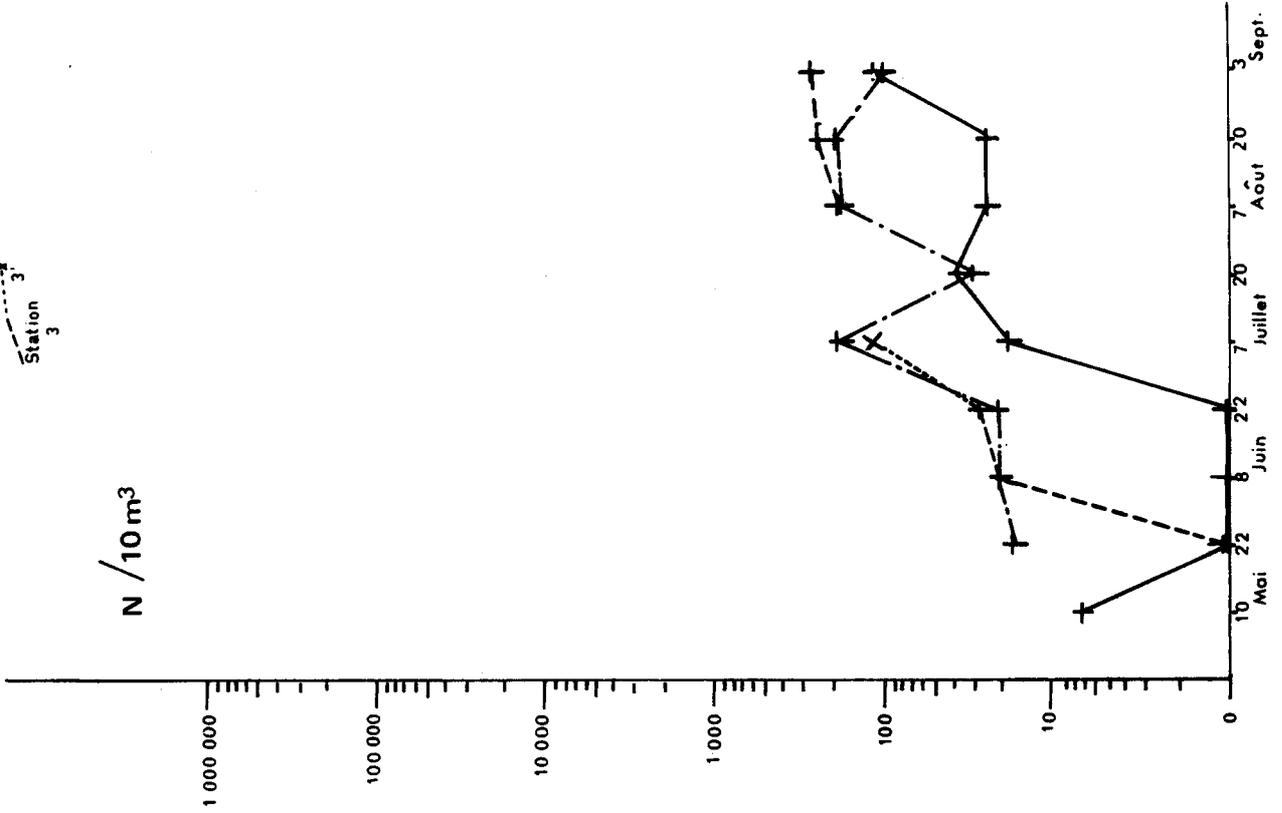
Station 1
Station 2
Station 3



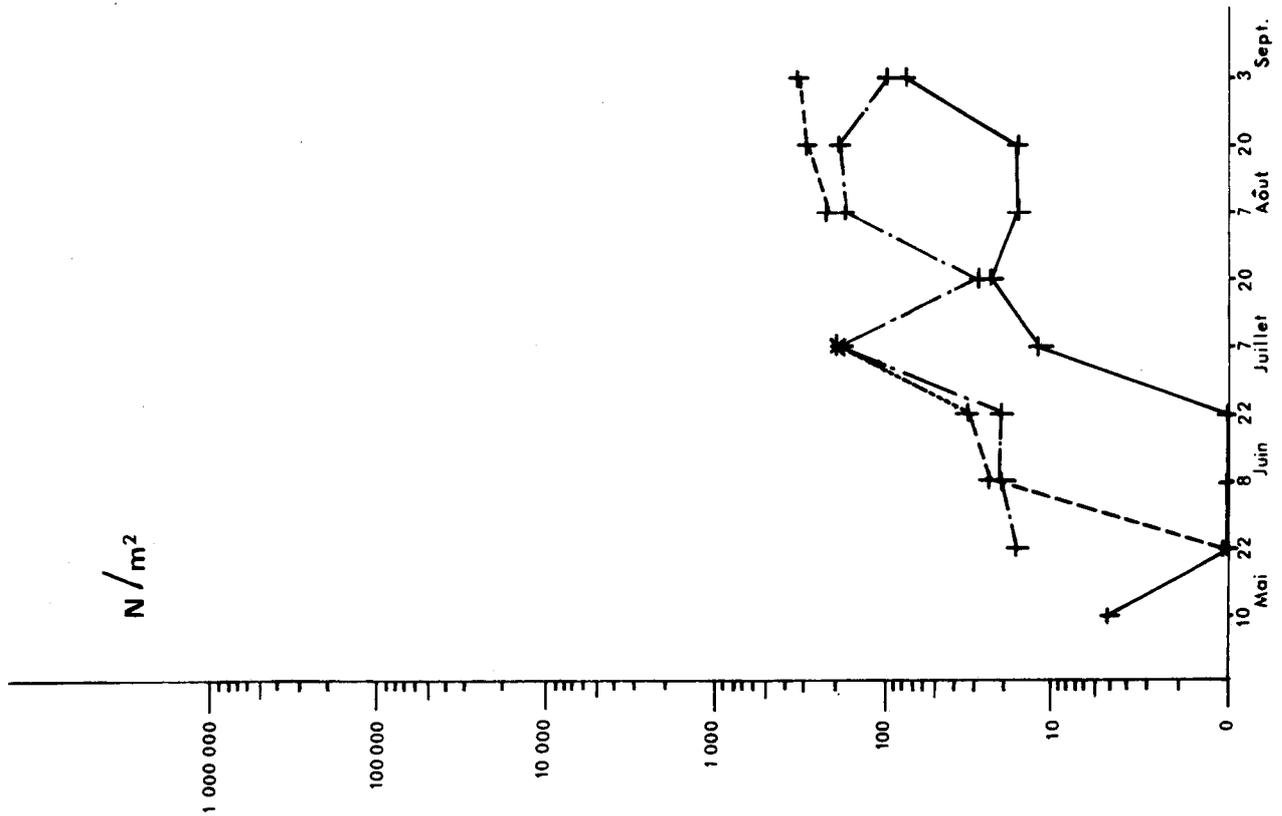
17 - Larves de Crevettes

Station 1
Station 2
Station 3

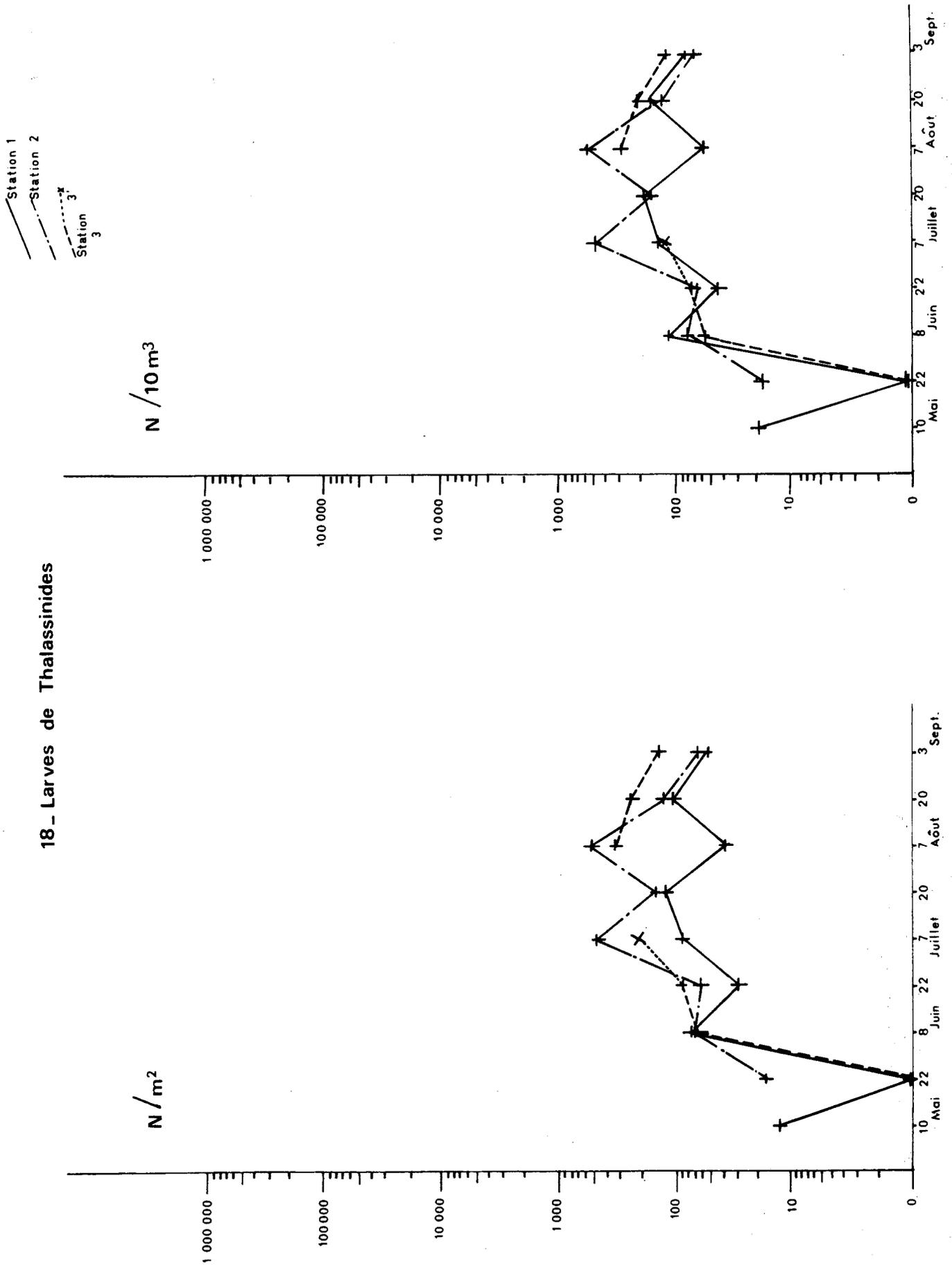
N / 10 m³



N / m²

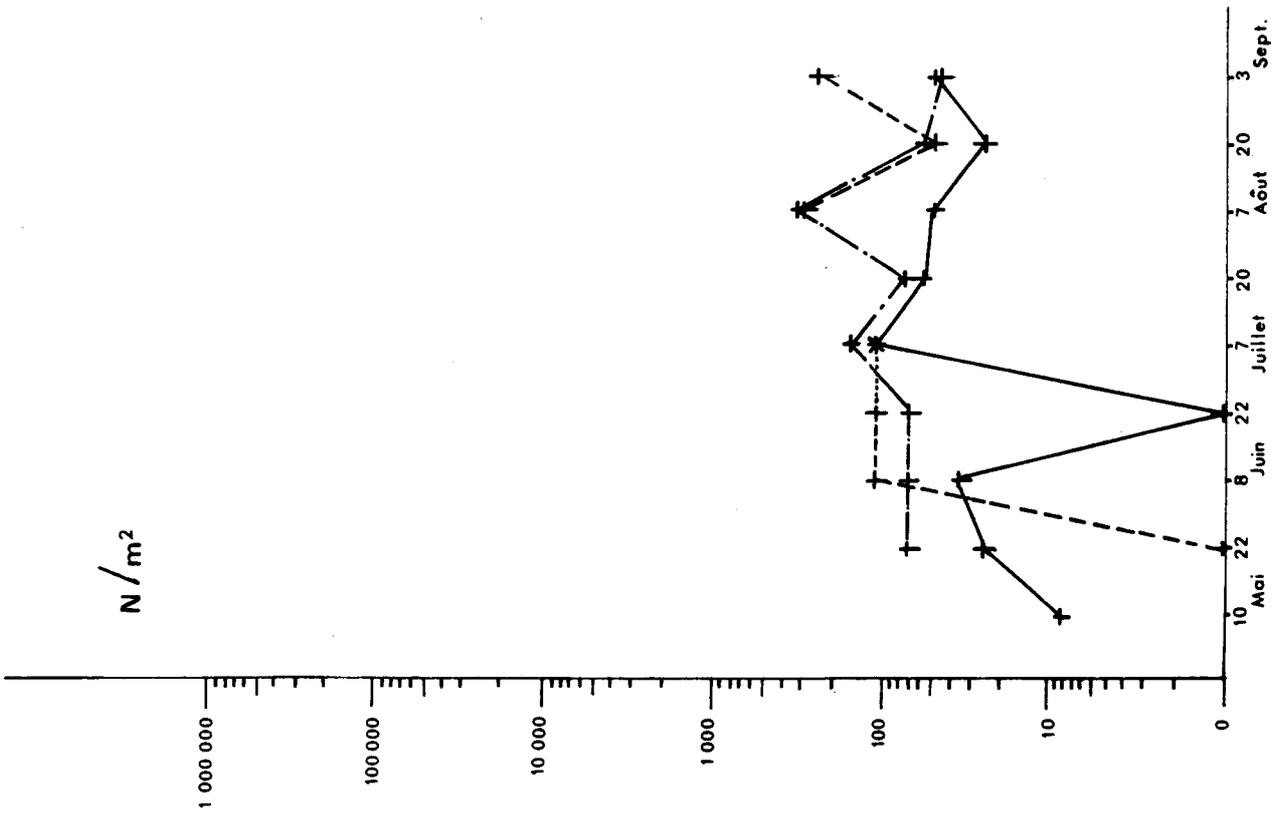
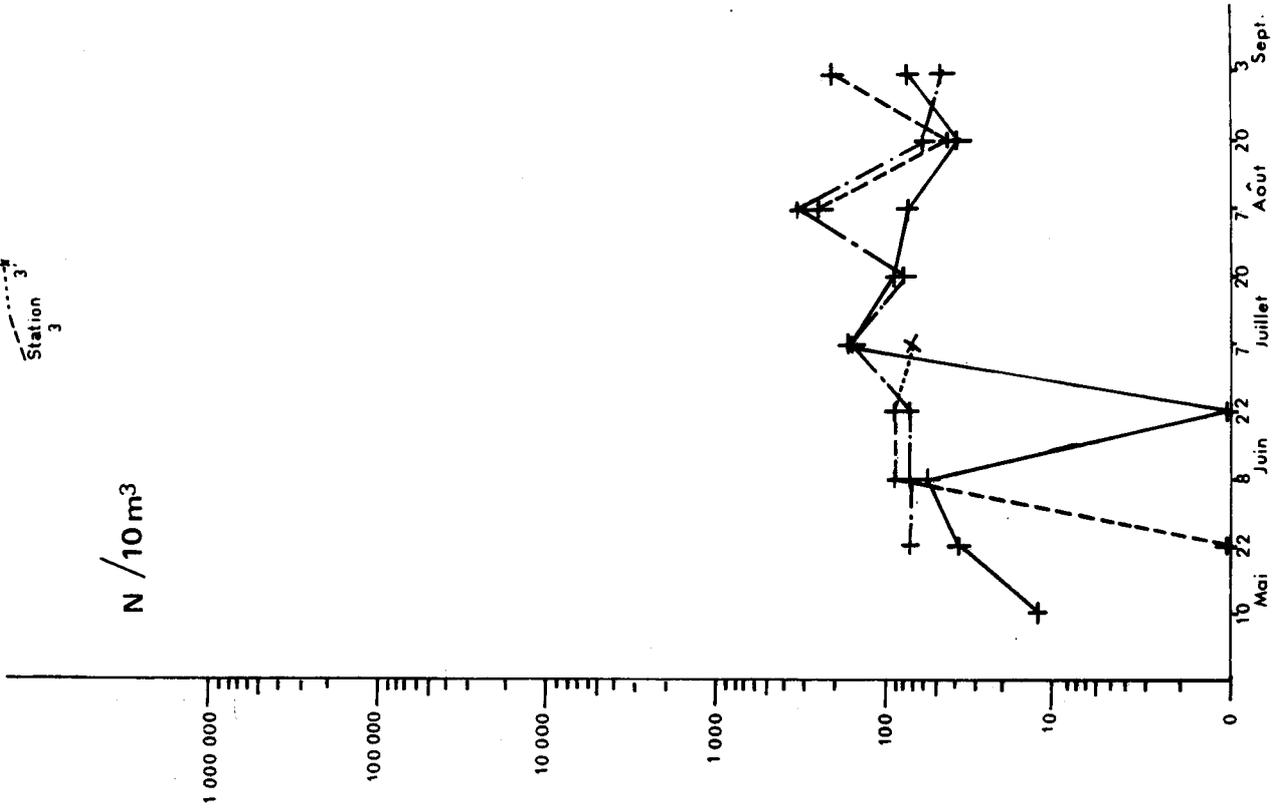


18. Larves de Thalassinides



19_Larves de Crabes

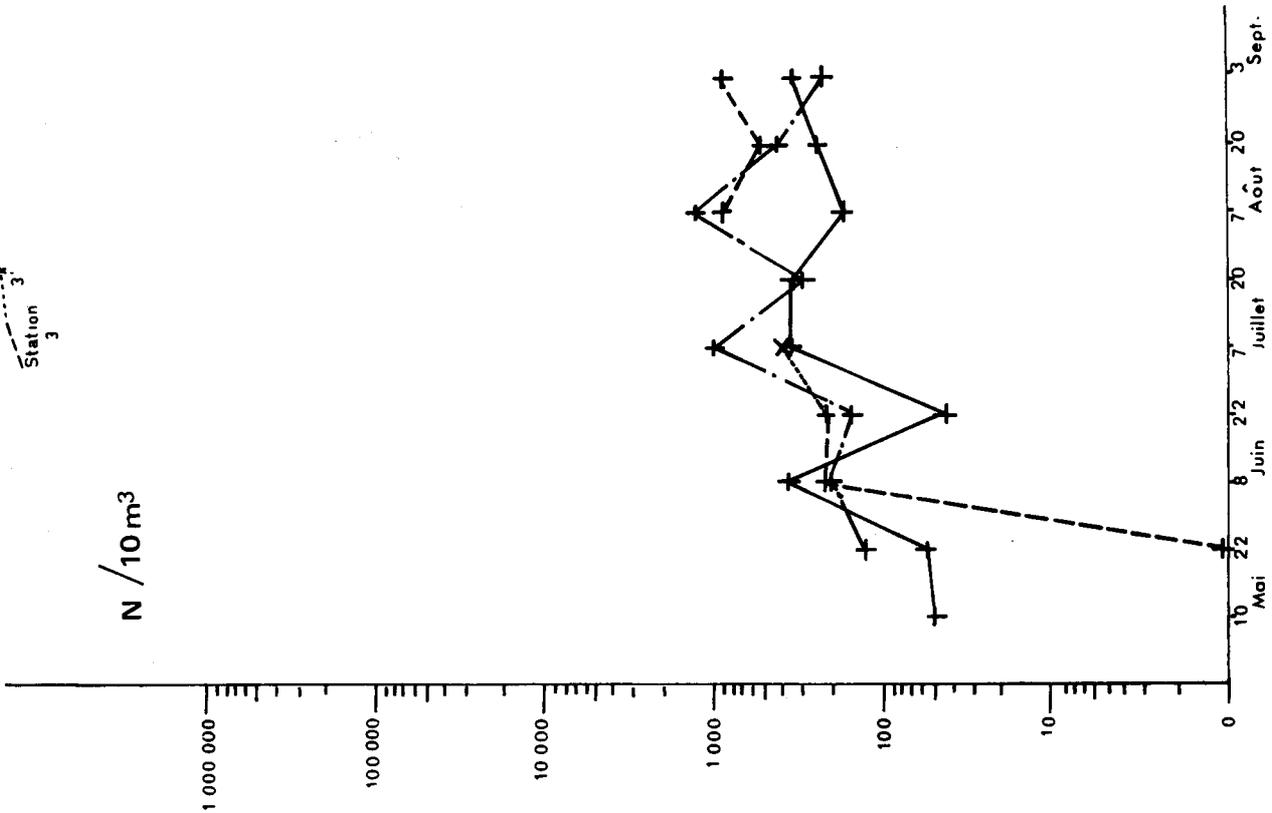
Station 1
Station 2
Station 3



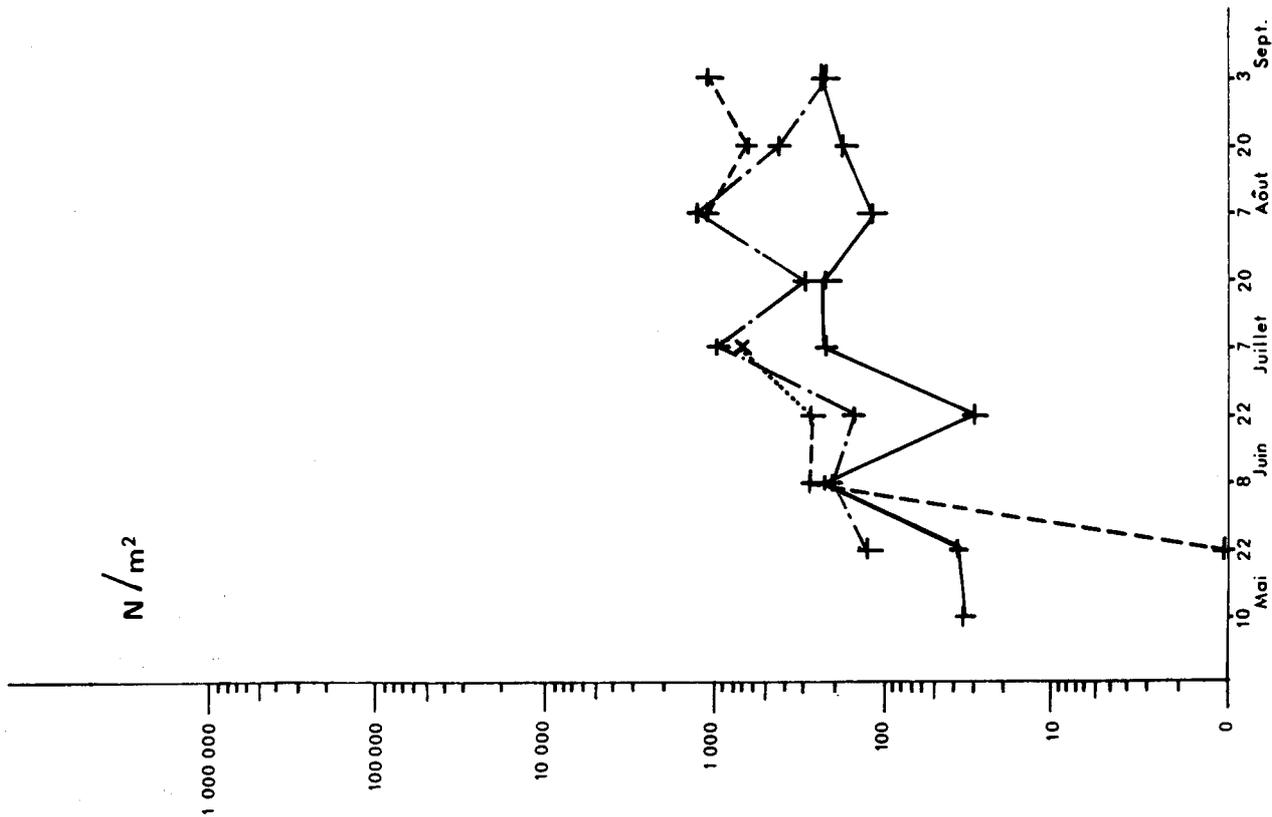
20 - L. Décapodes (Total)

Station 1
Station 2
Station 3

N / 10 m³

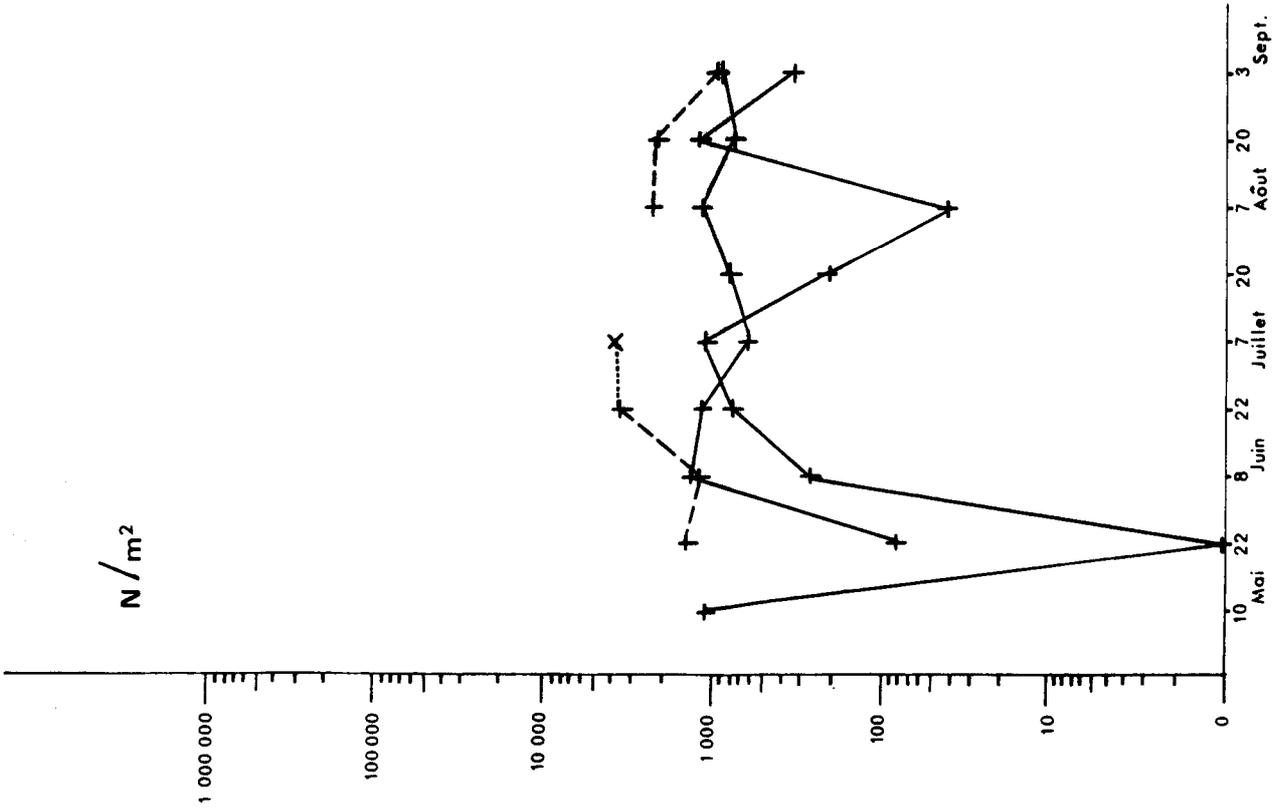
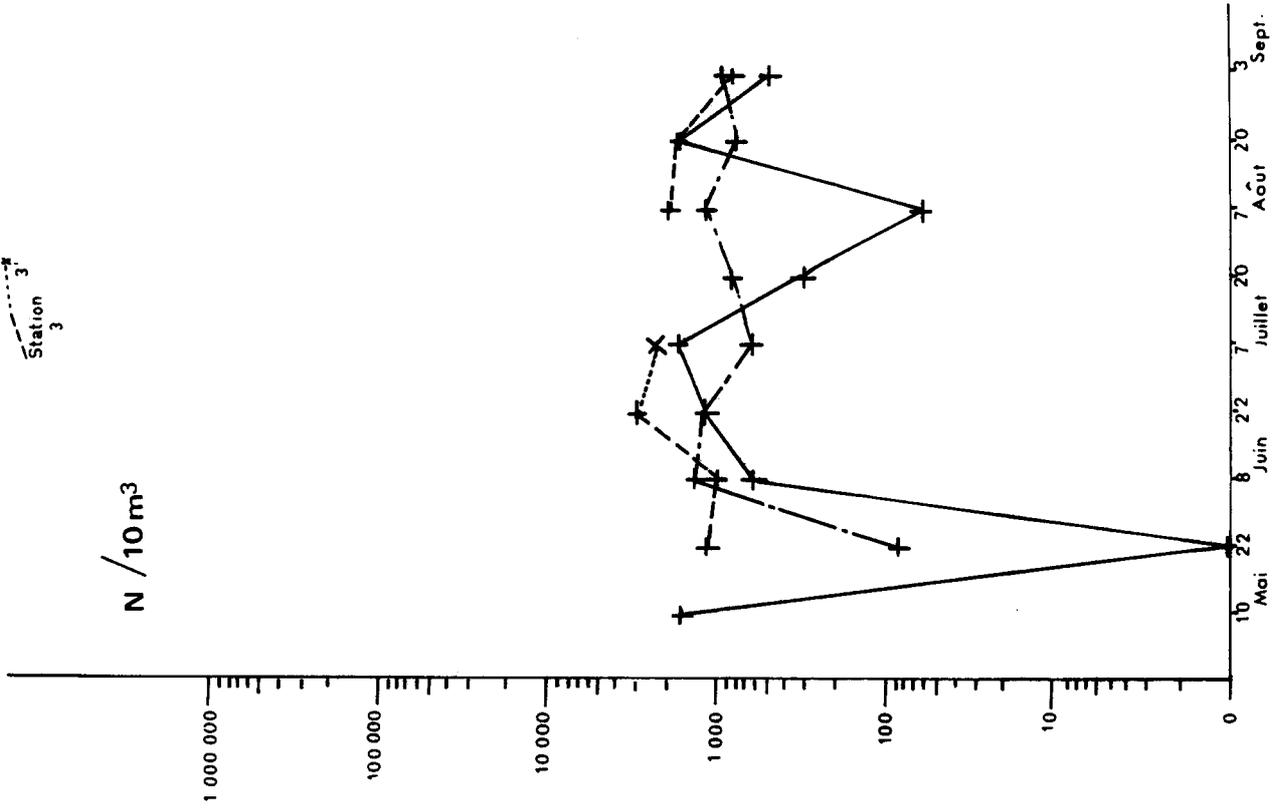


N / m²

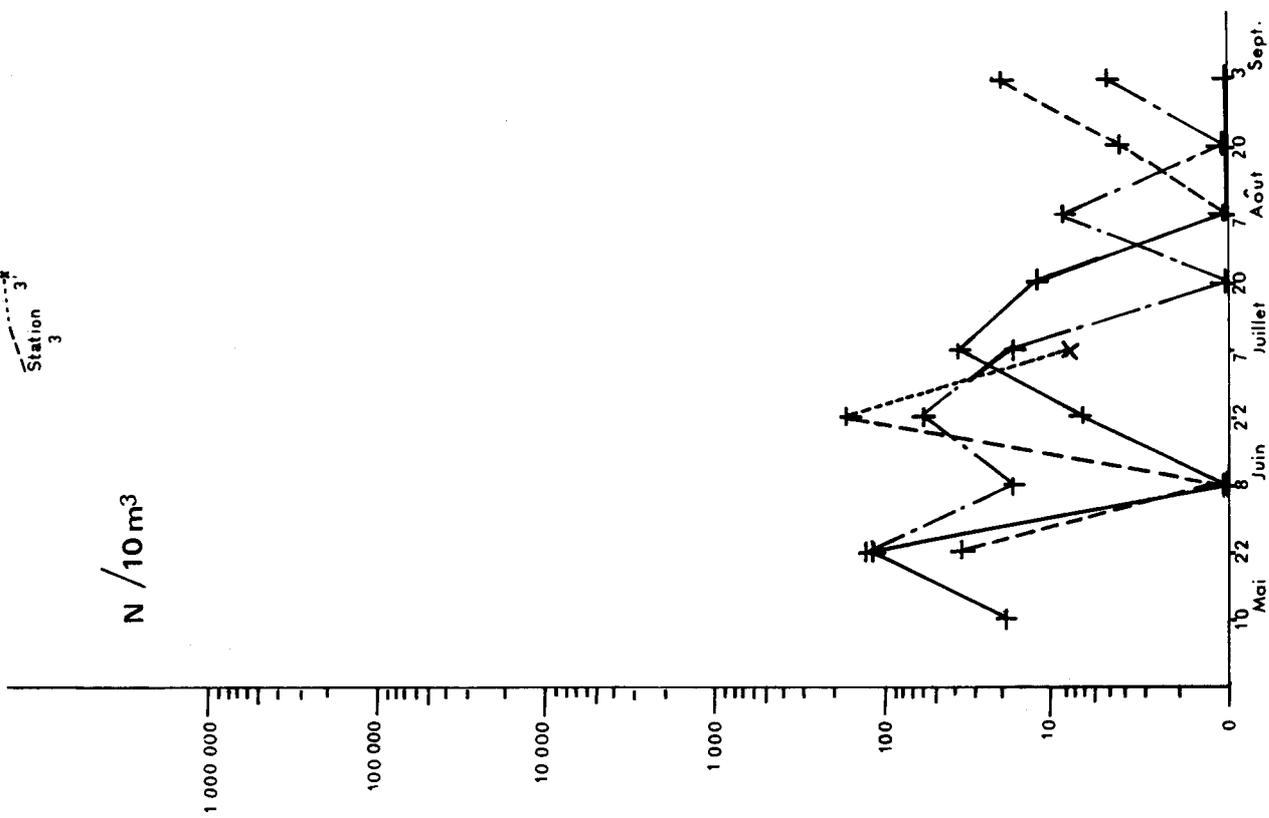
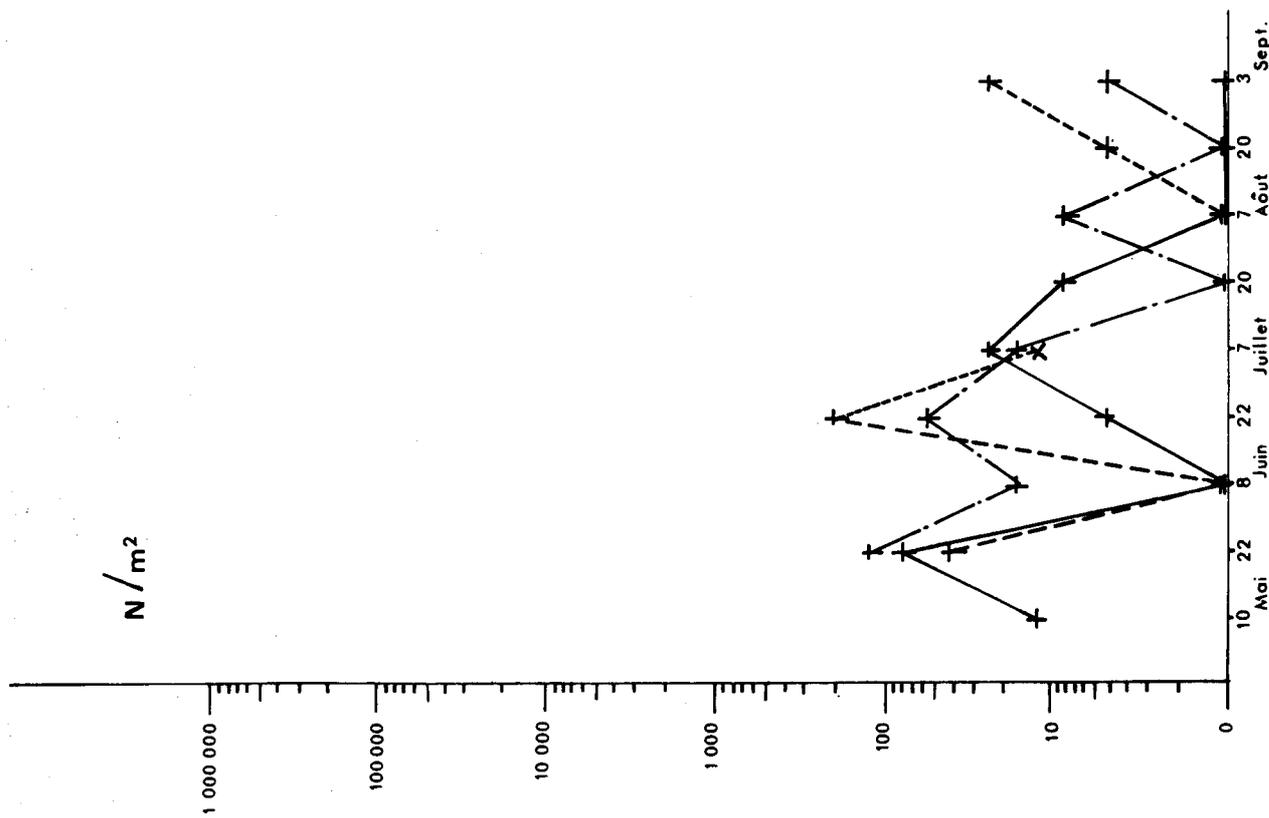


21 - Cyphonautes

Station 1
Station 2
Station 3



22 - Actinotroques

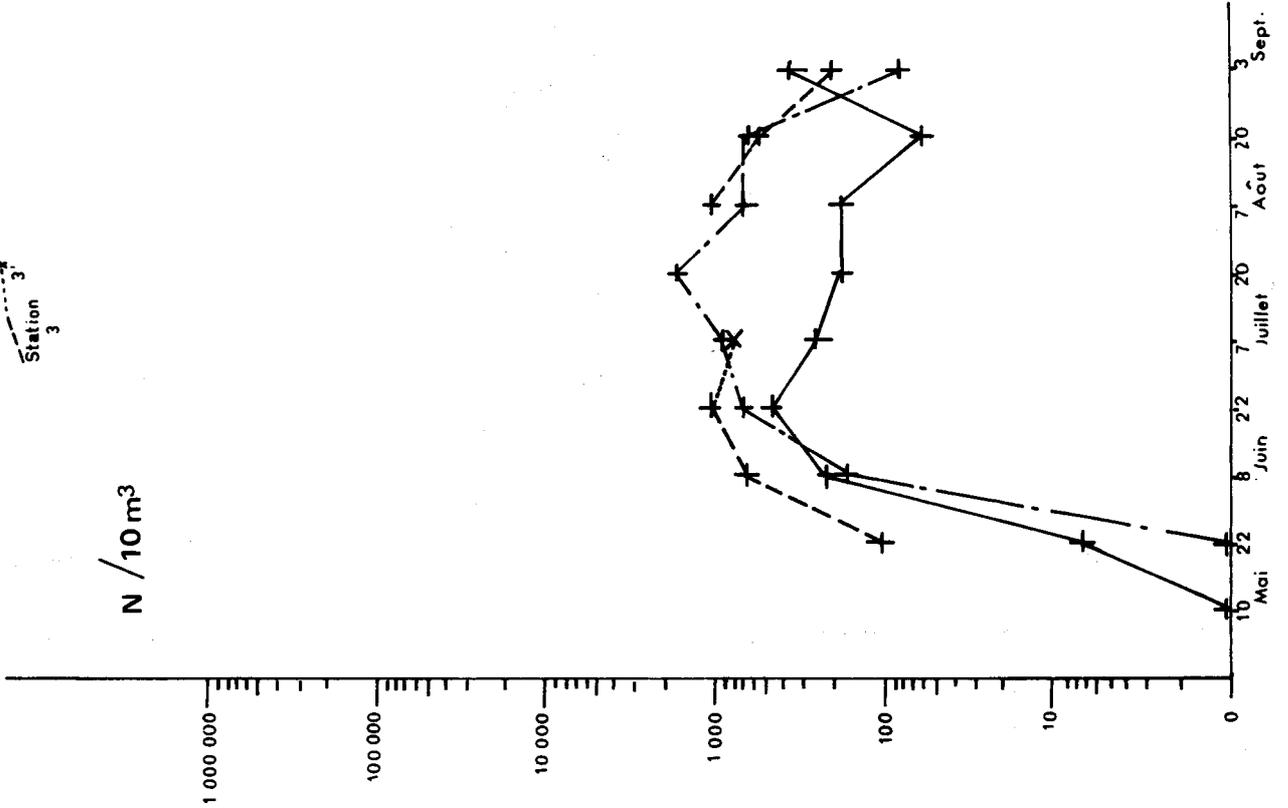


Station 1
Station 2
Station 3

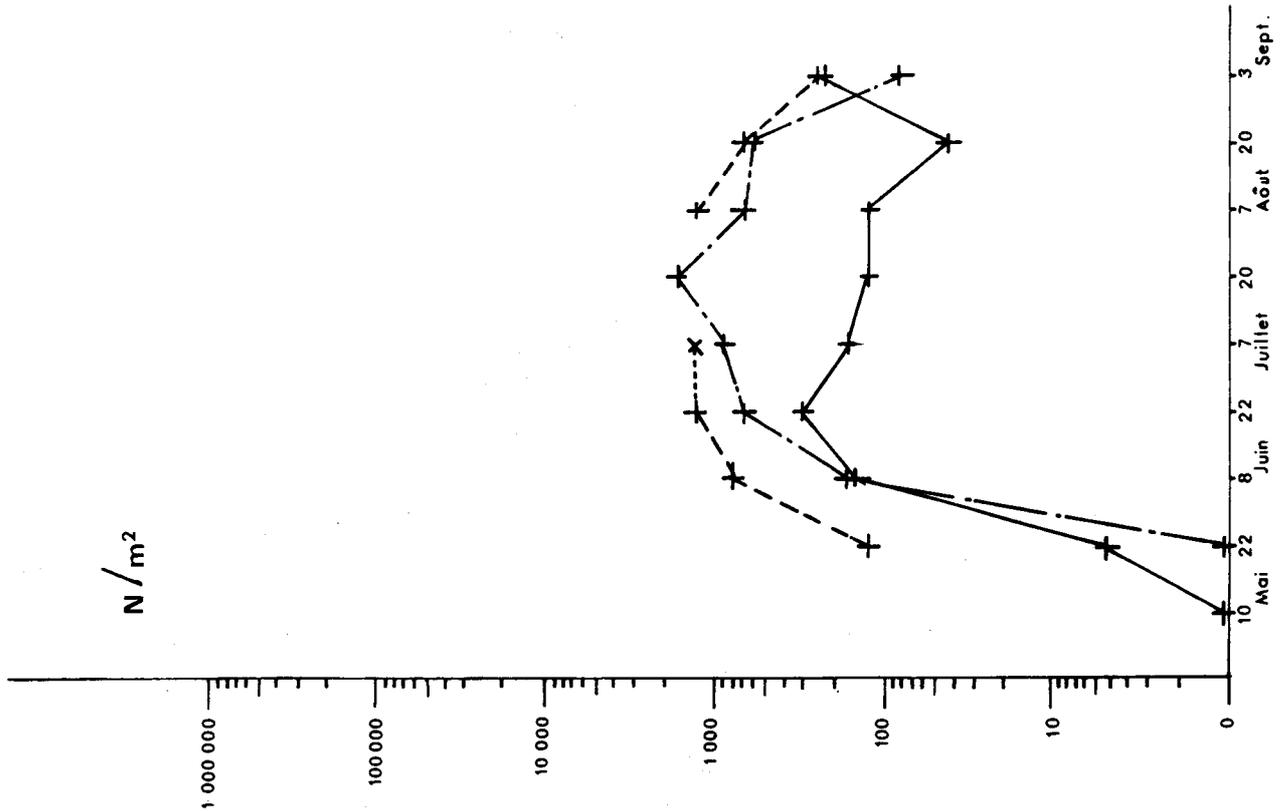
23 - Larves d'Oursins

Station 1
Station 2
Station 3

$N / 10 m^3$

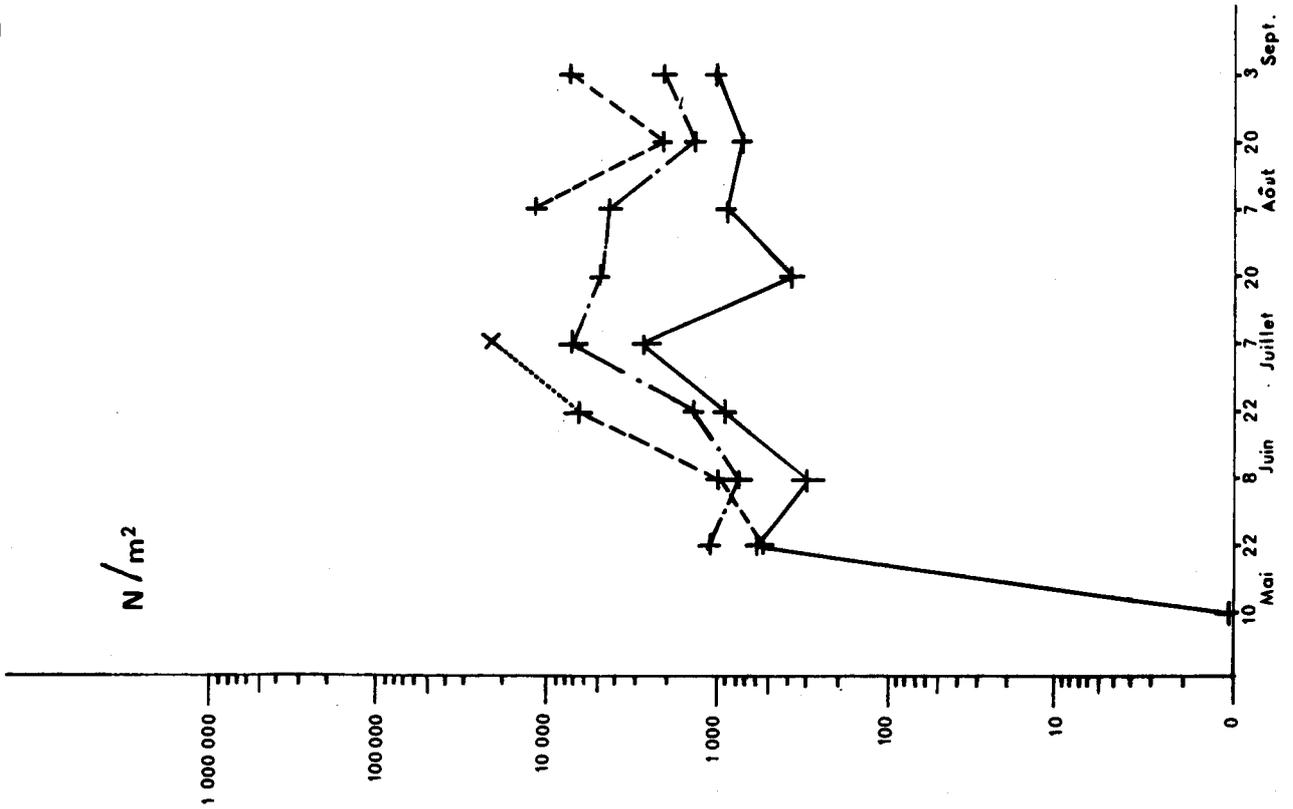
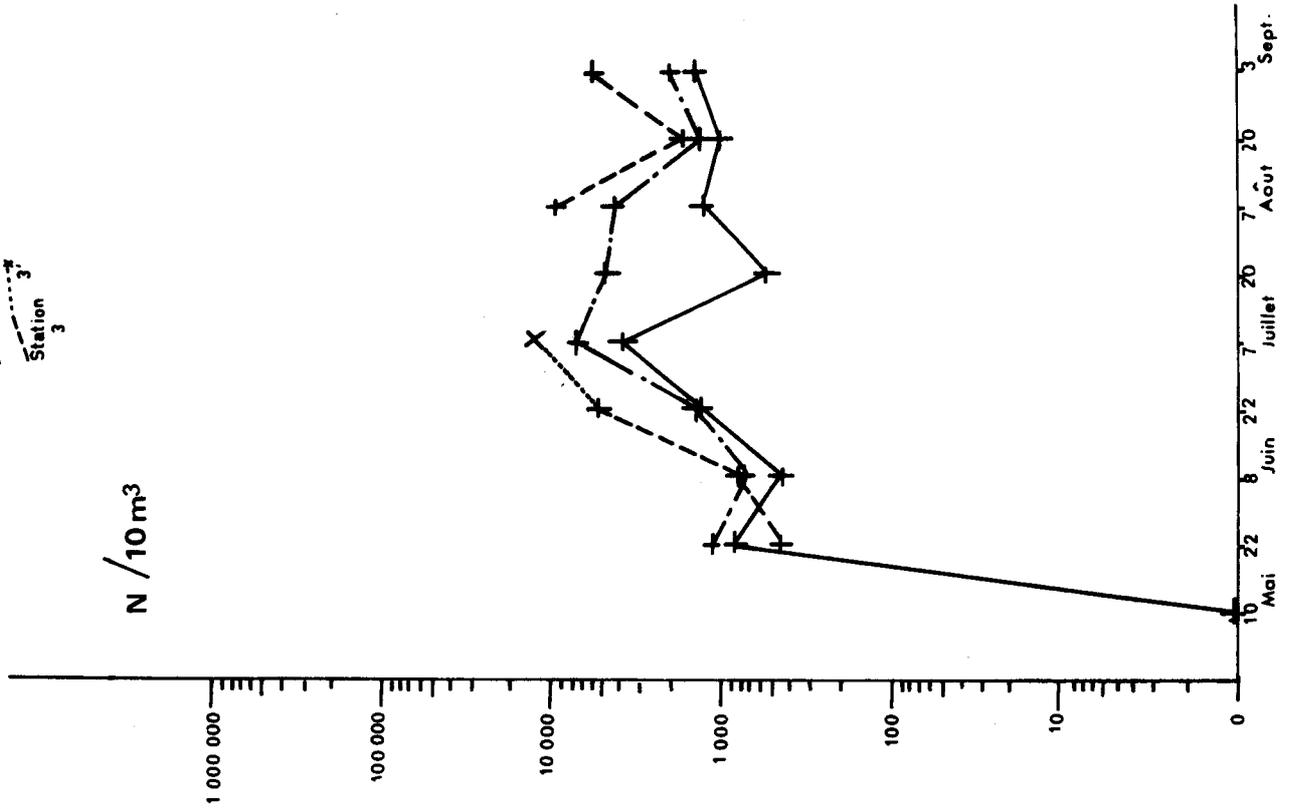


N / m^2

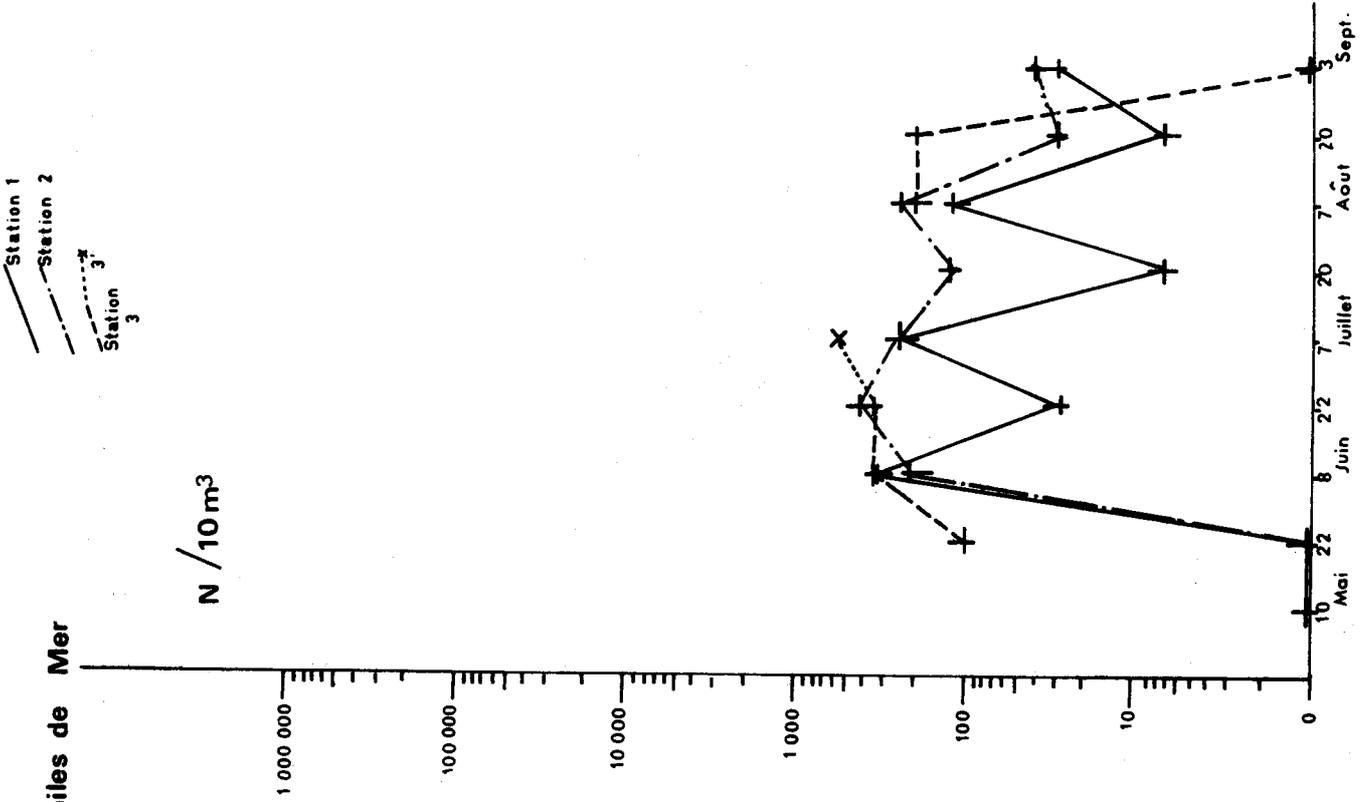


Station 1
Station 2
Station 3

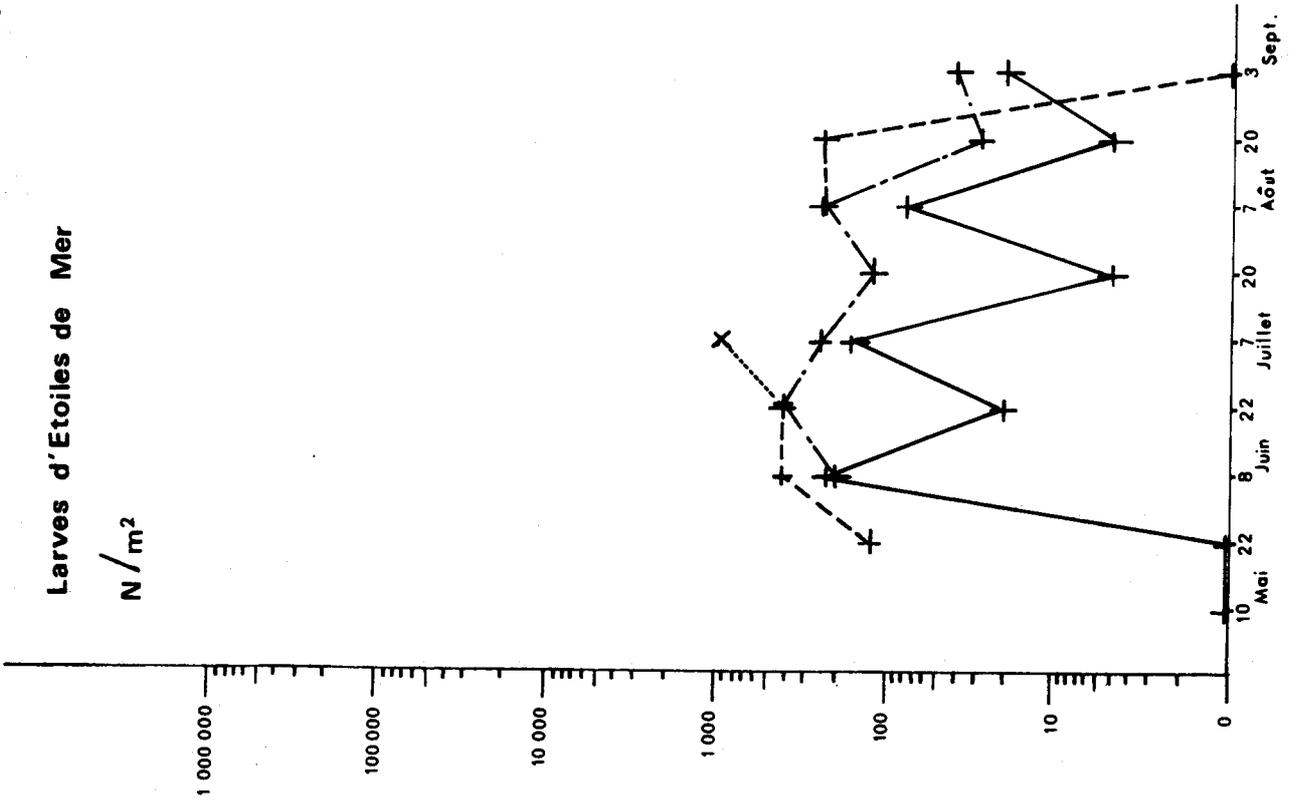
24 - Larves d'Ophiures



25 - Larves d'Etoiles de Mer



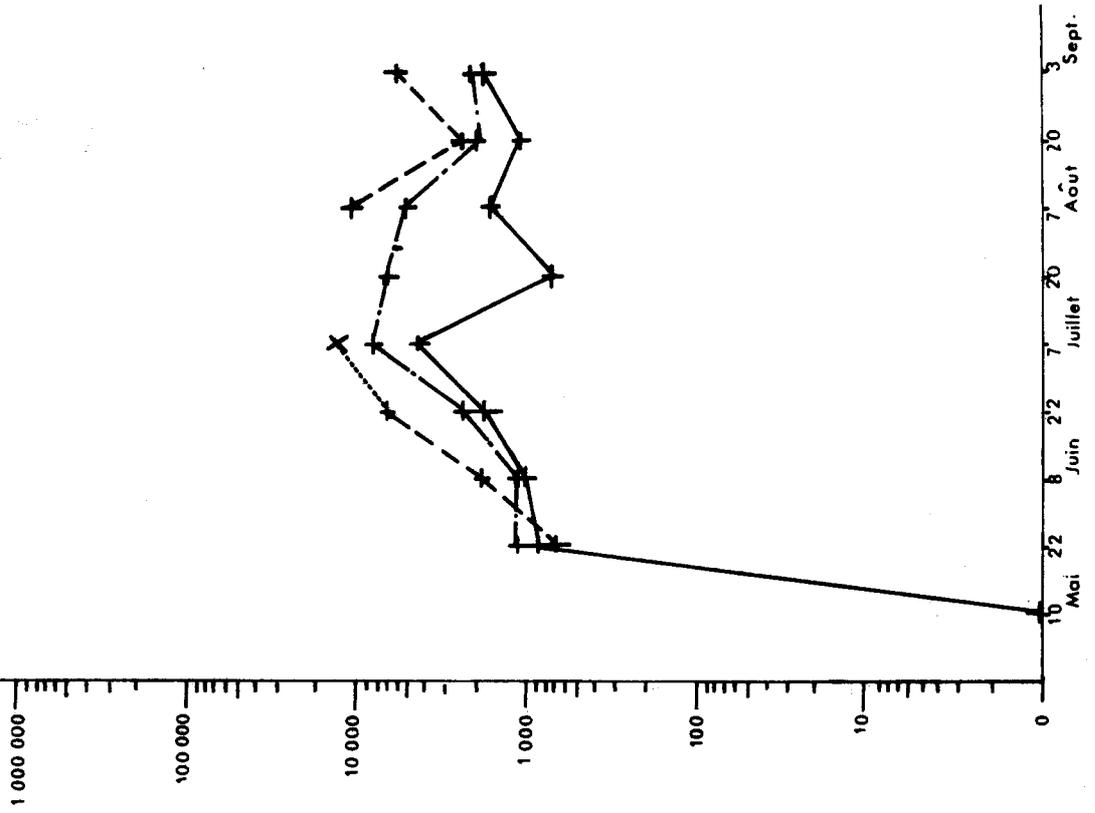
Larves d'Etoiles de Mer



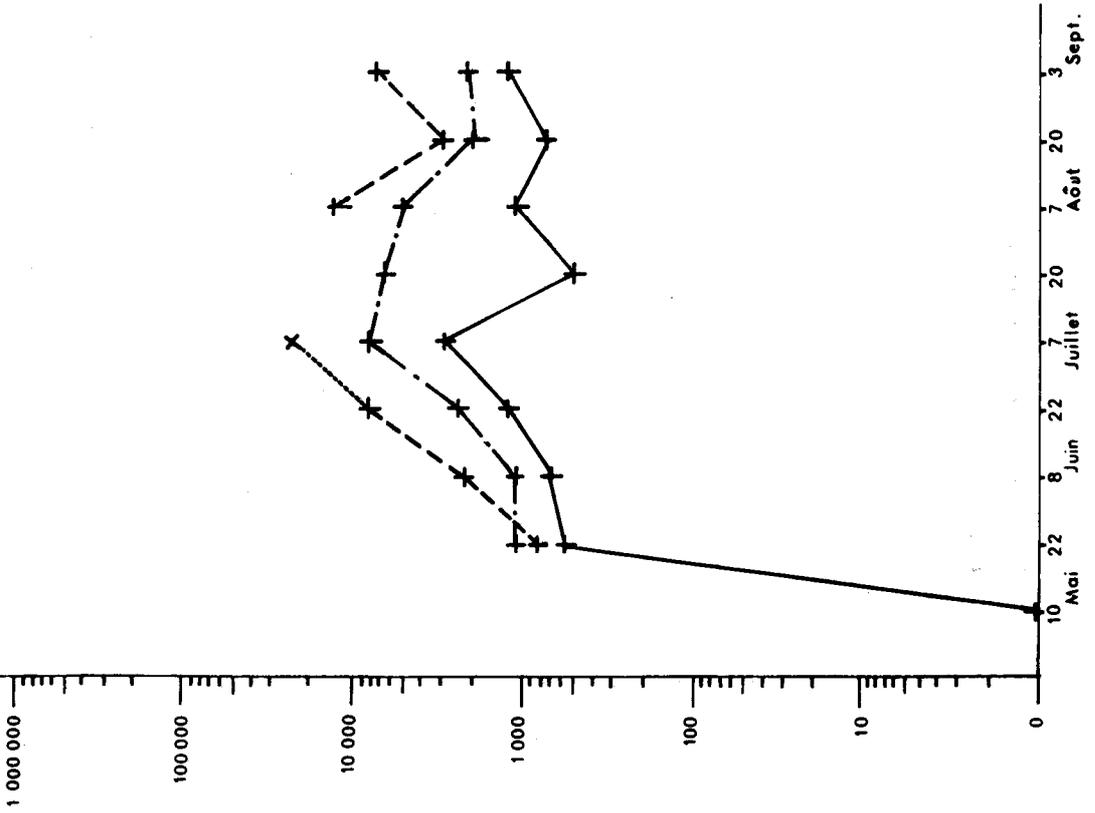
Station 1
Station 2
Station 3

26 - Larves d'Echinodermes (Total)

N / 10 m³



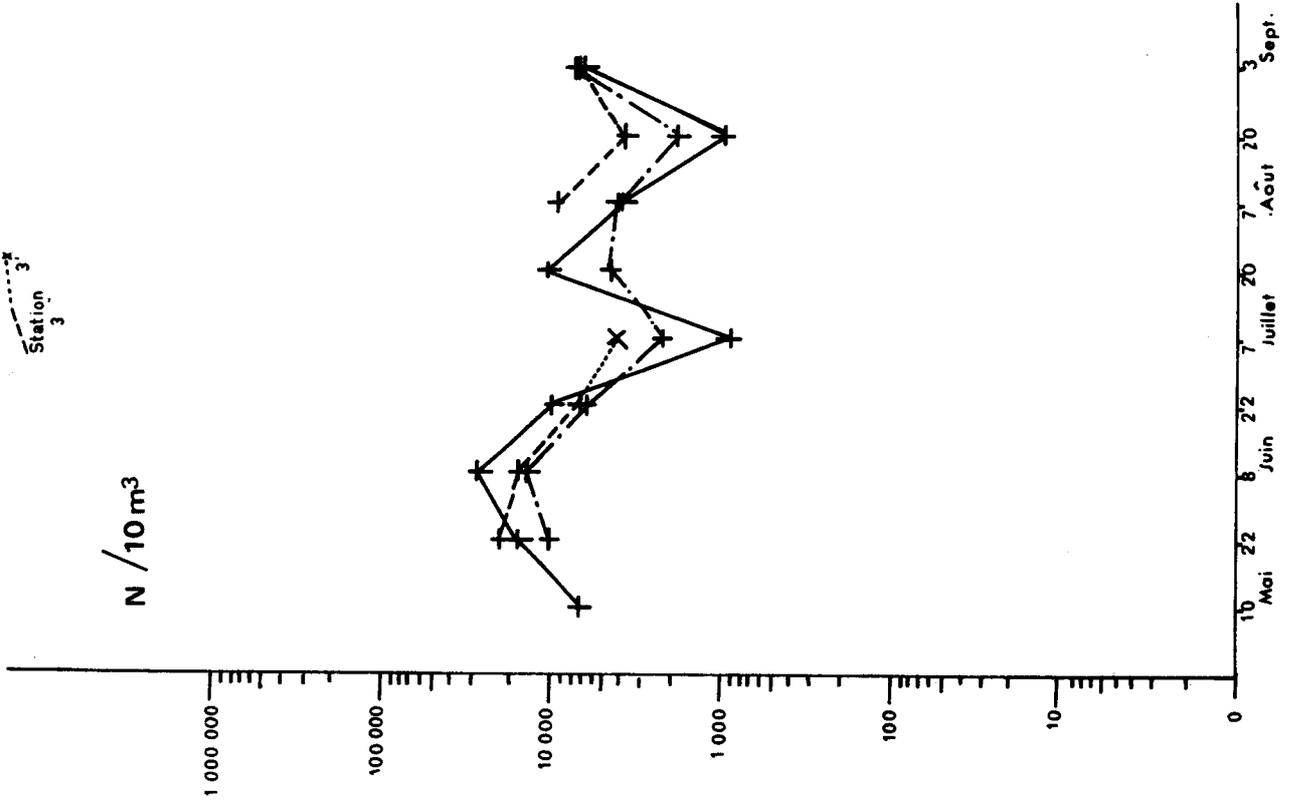
N / m²



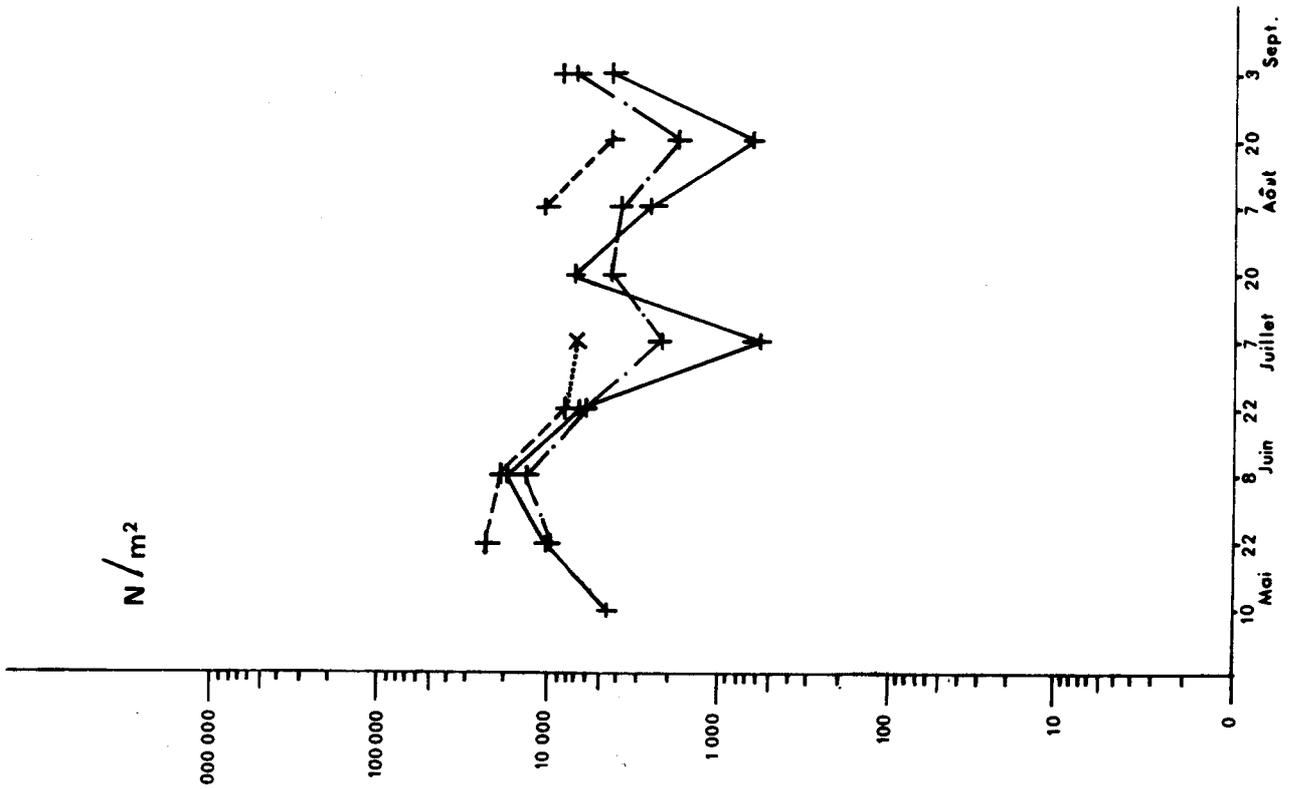
27 - Appendiculaires

Station 1
Station 2
Station 3

$N / 10 m^3$



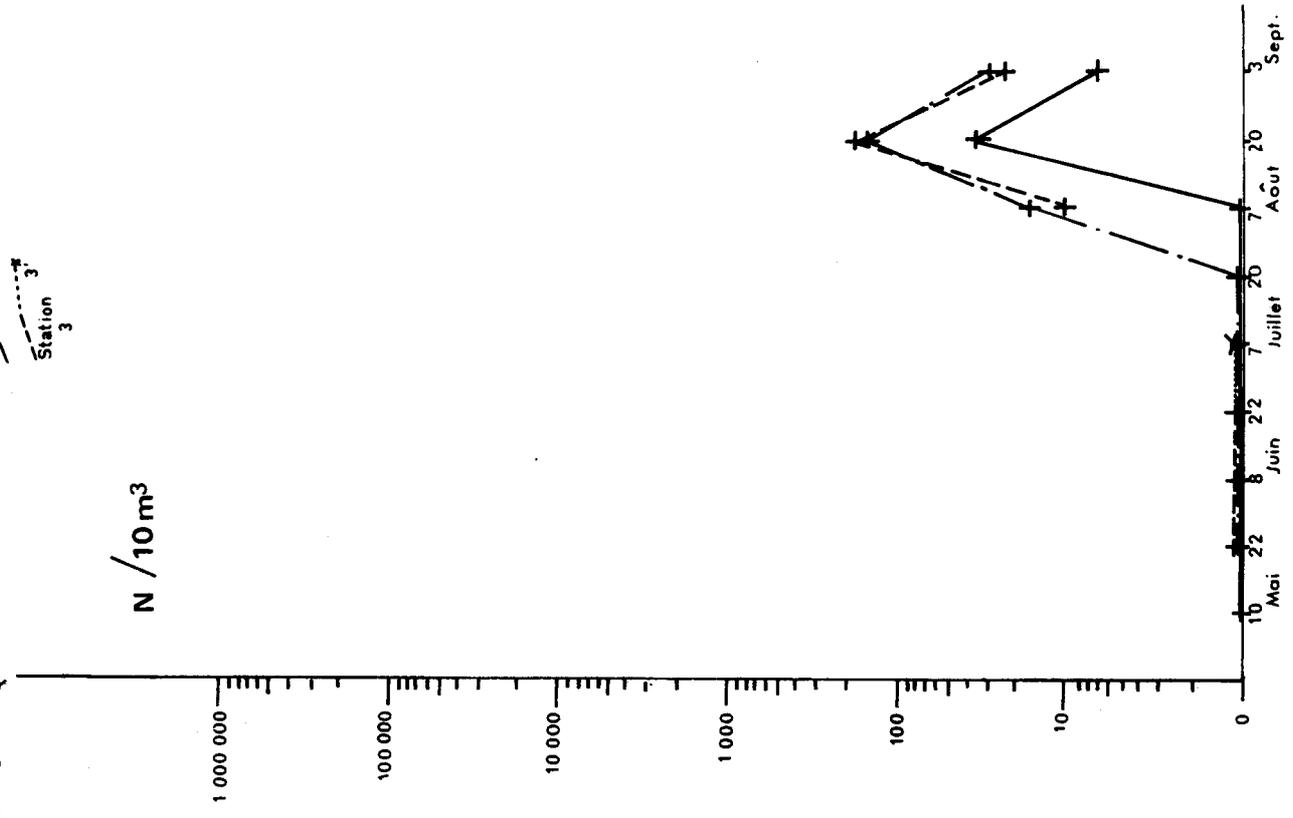
N / m^2



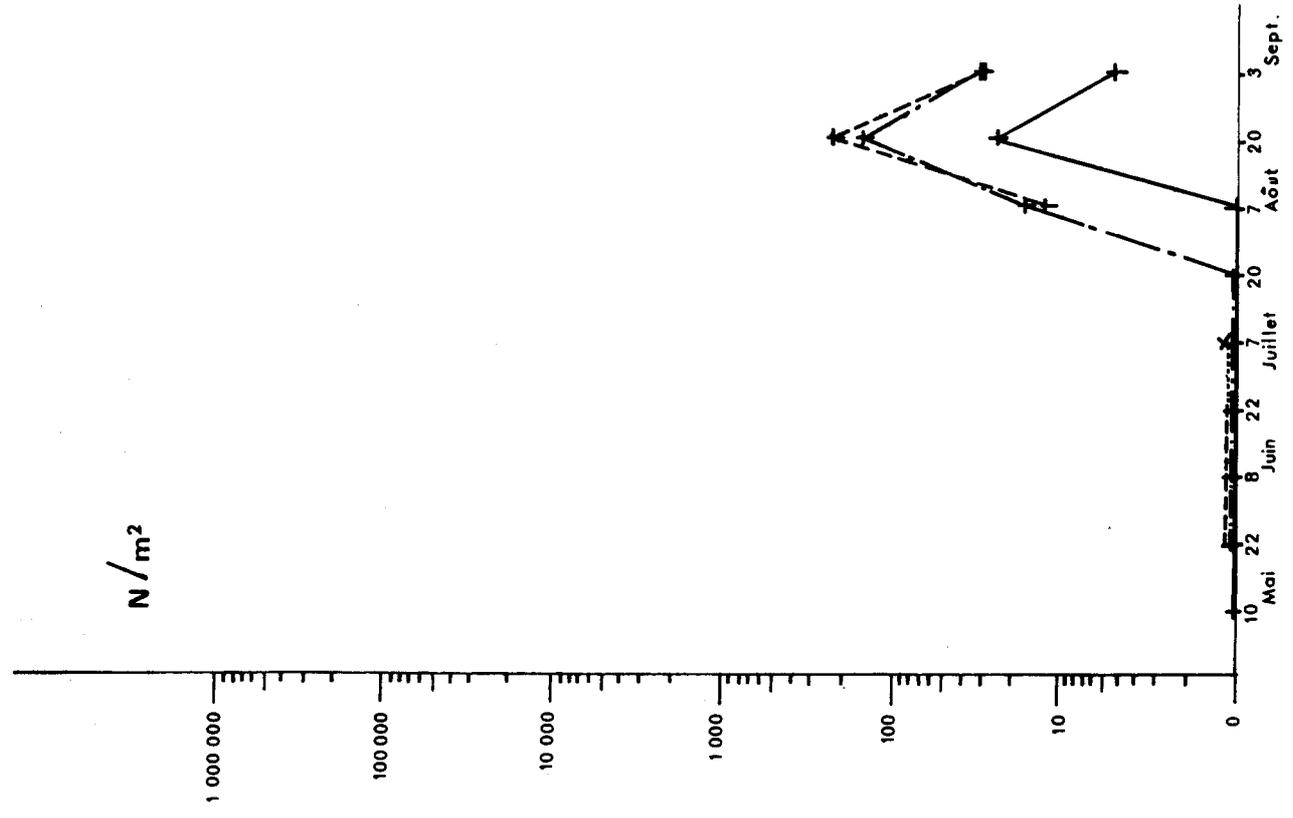
Station 1
Station 2
Station 3

28 - Dolioles

$N / 10 m^3$



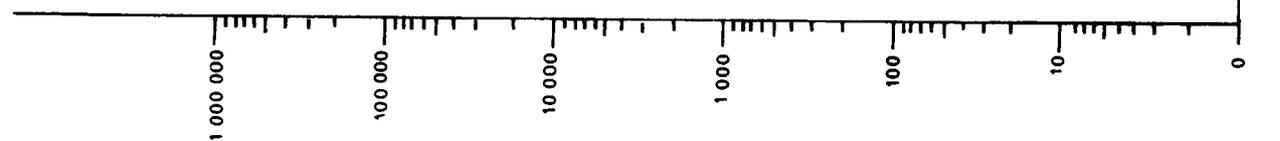
N / m^2



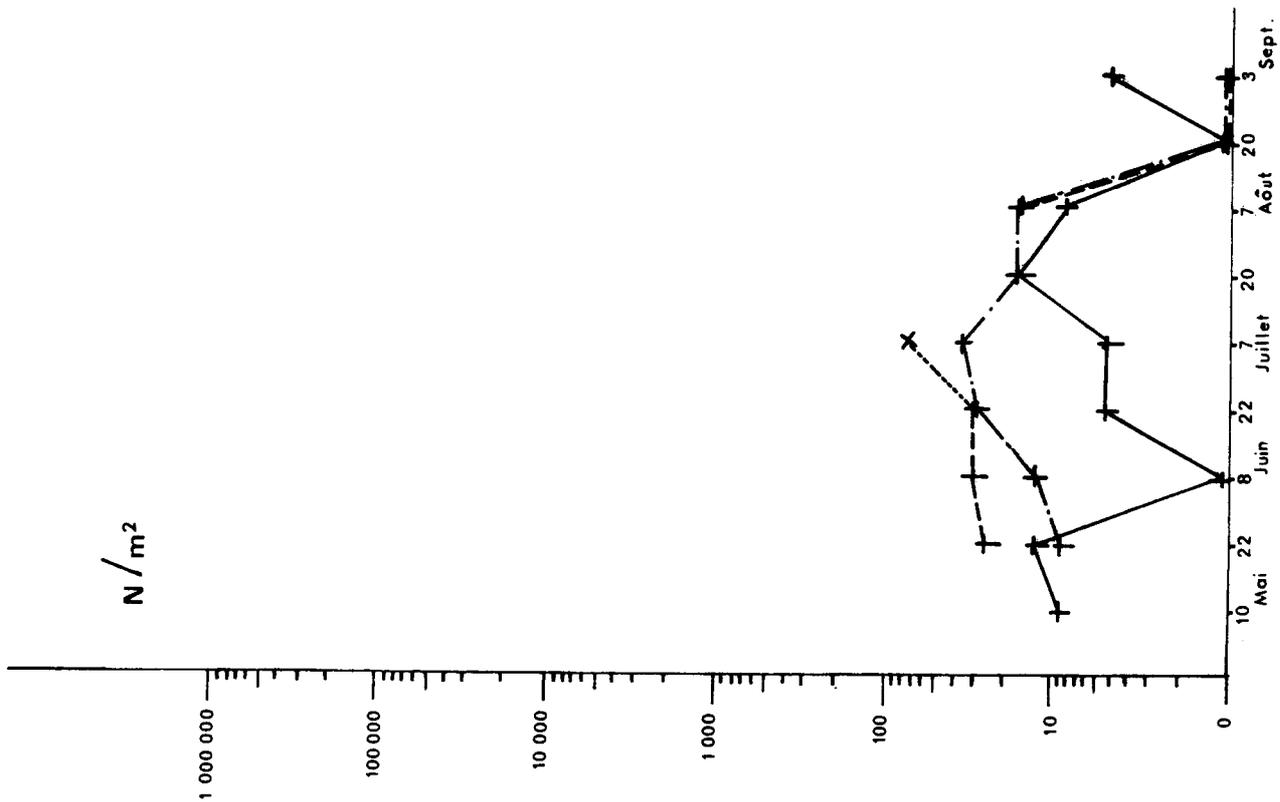
29 - Larves de Poissons

Station 1
Station 2
Station 3

$N / 10 m^3$



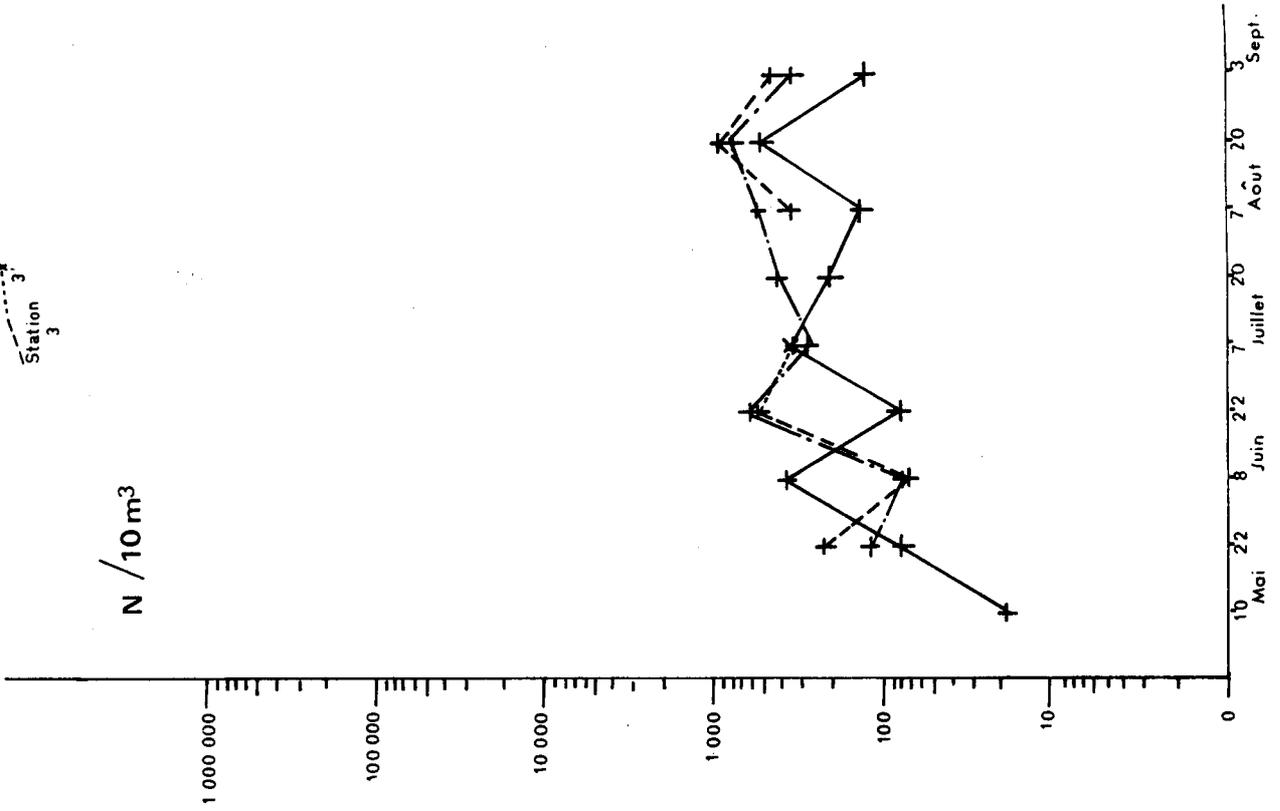
N / m^2



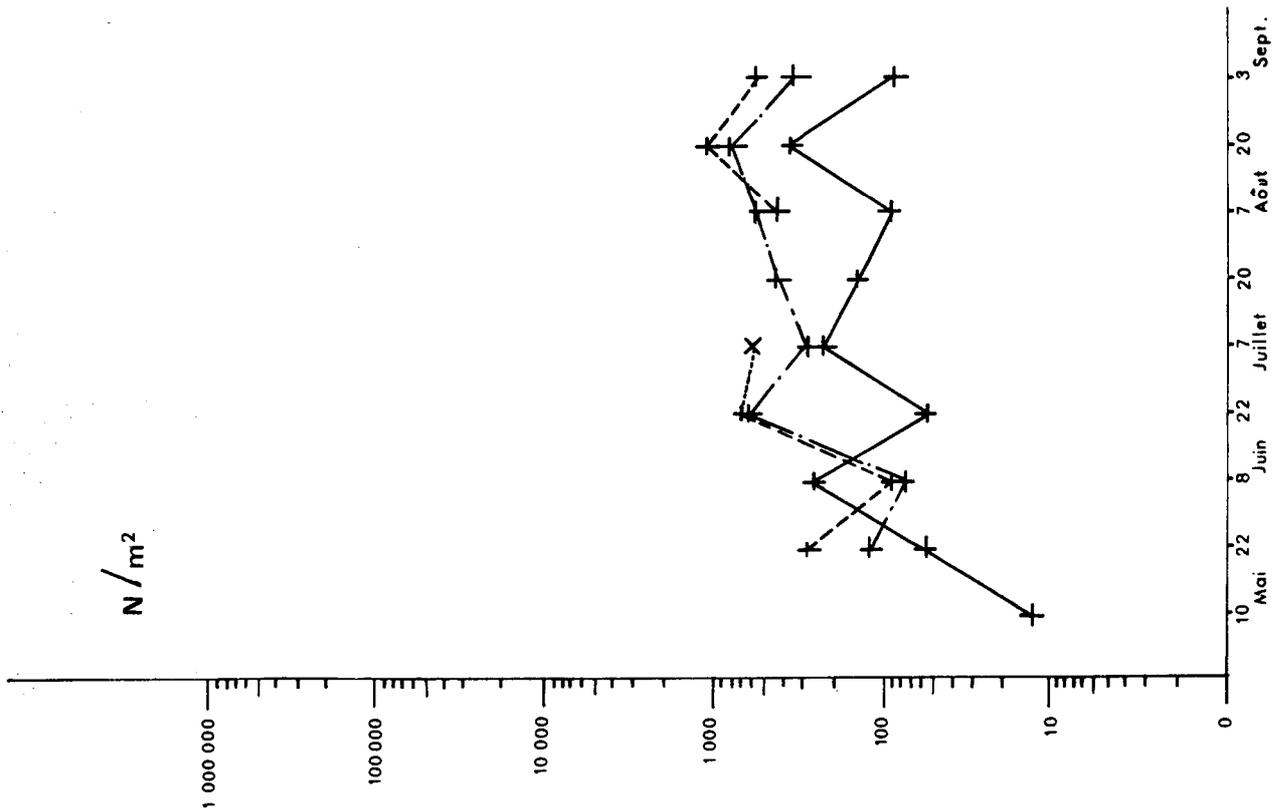
31 - *Calanus helgolandicus*

Station 1
Station 2
Station 3

N / 10 m³



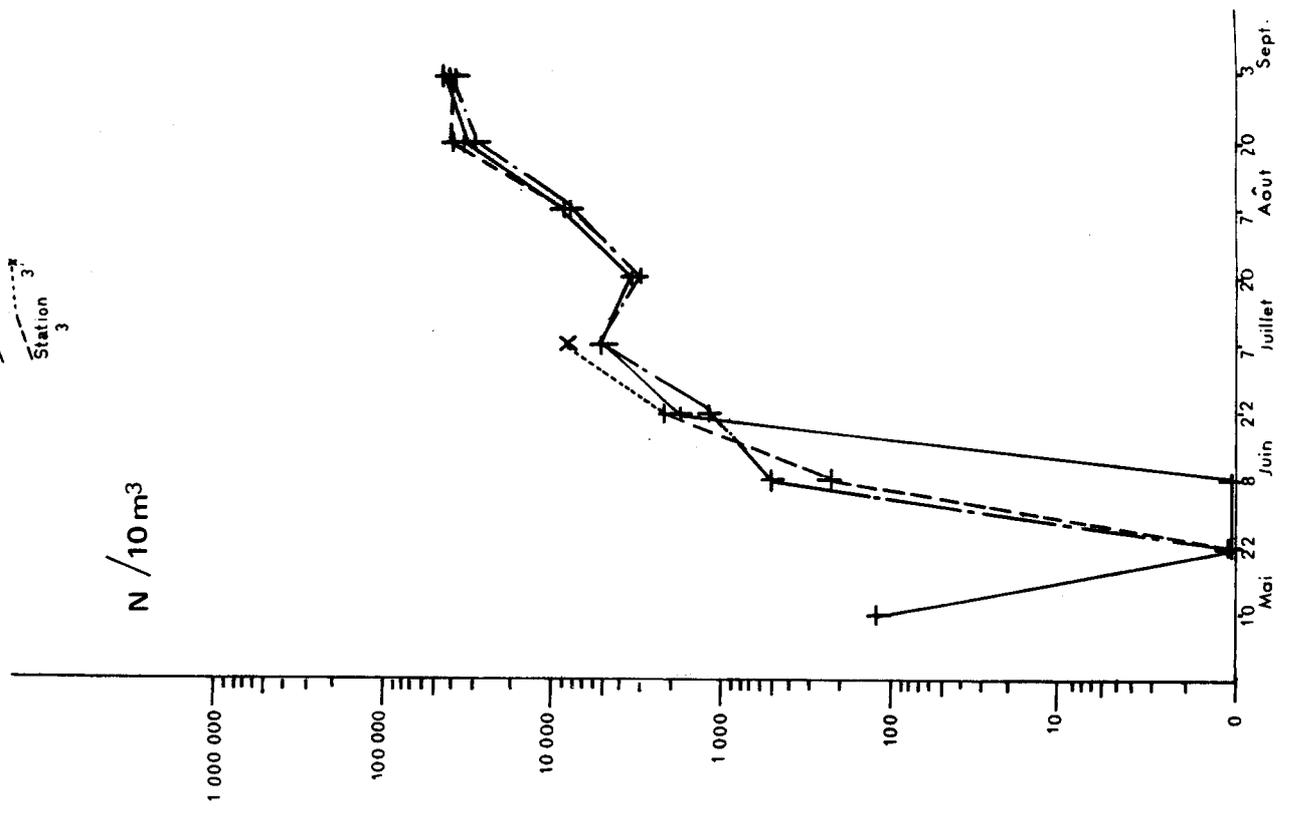
N / m²



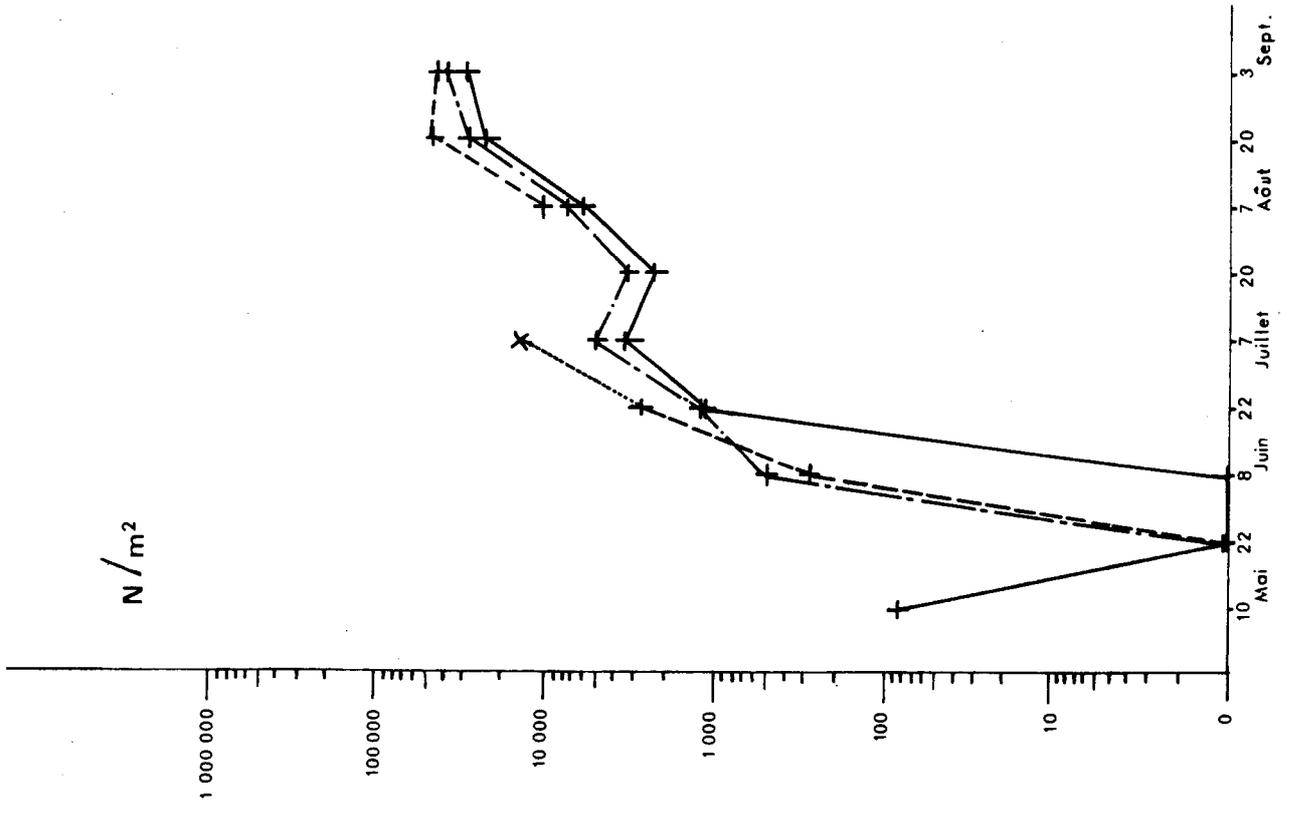
32 - *Paracalanus parvus*

Station 1
Station 2
Station 3

$N / 10m^3$



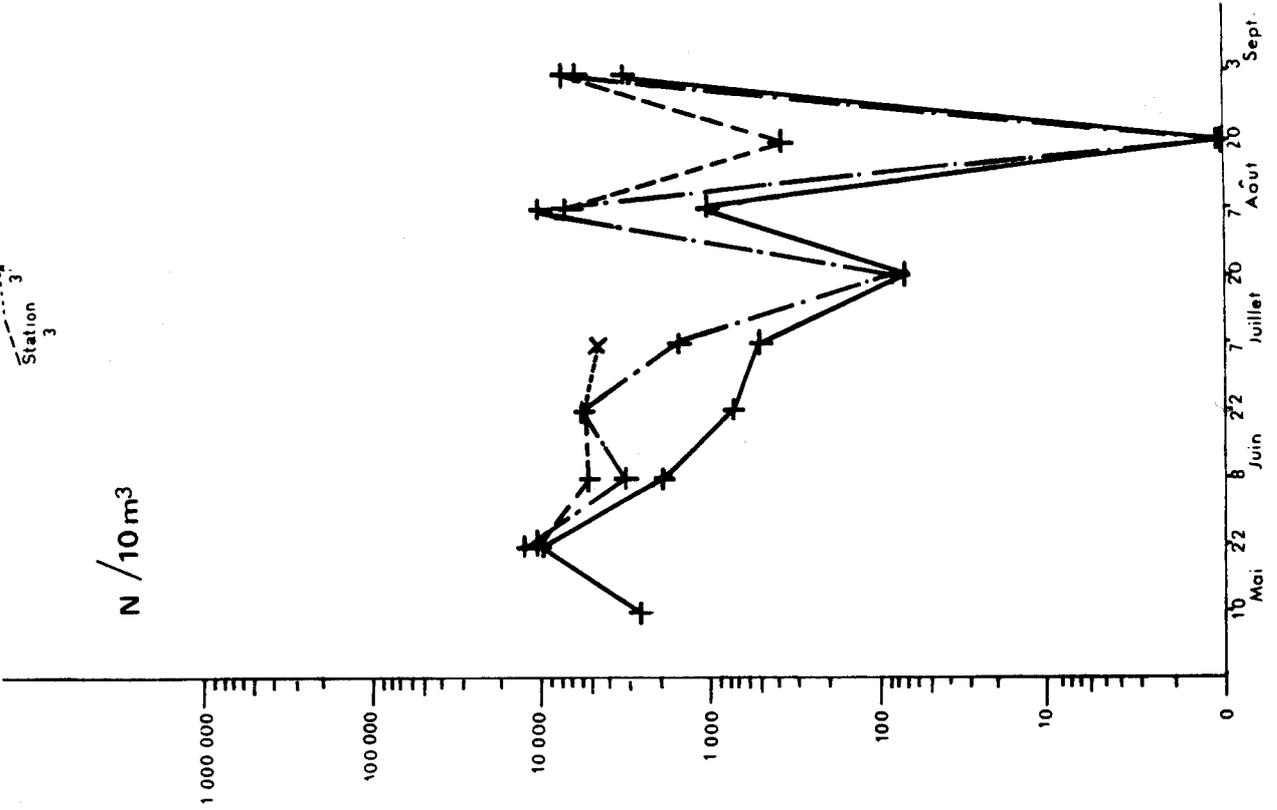
N / m^2



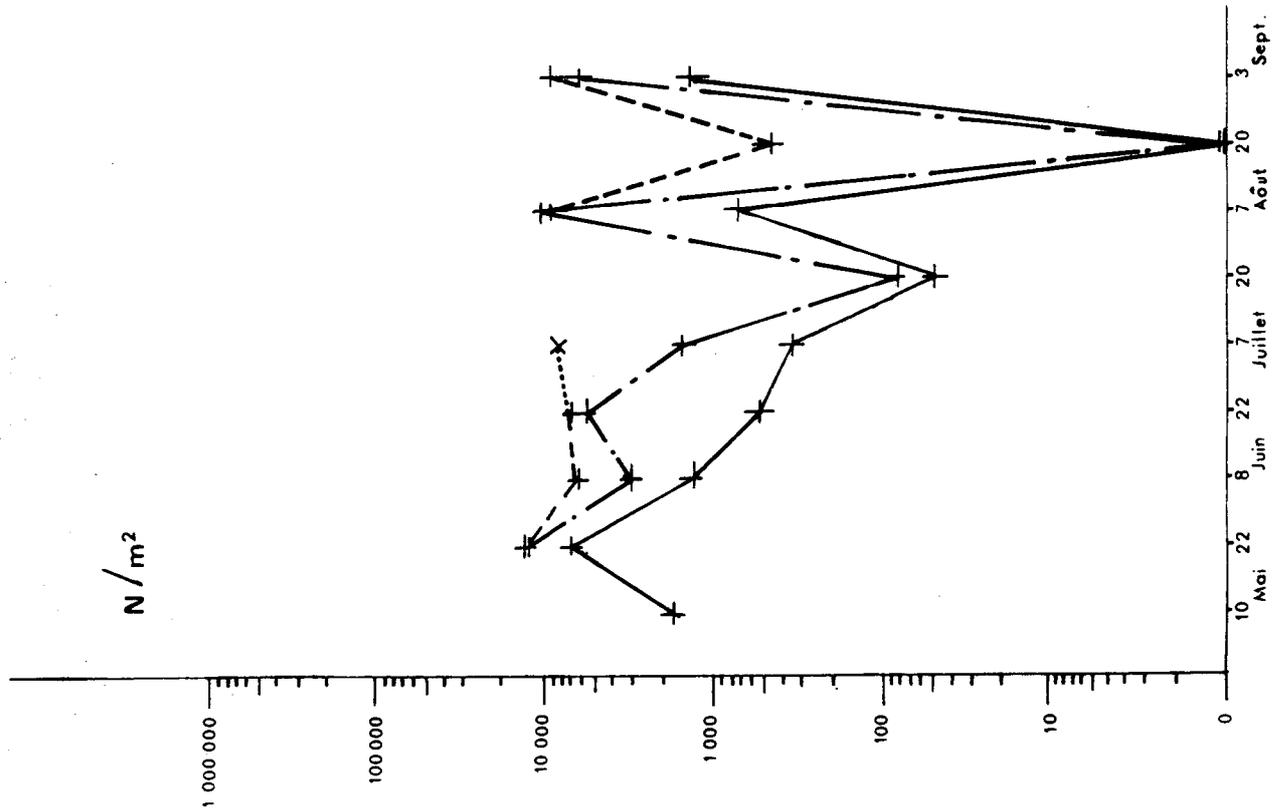
33 - *Pseudocalanus minutus*

Station 1
Station 2
Station 3

N / 10 m³



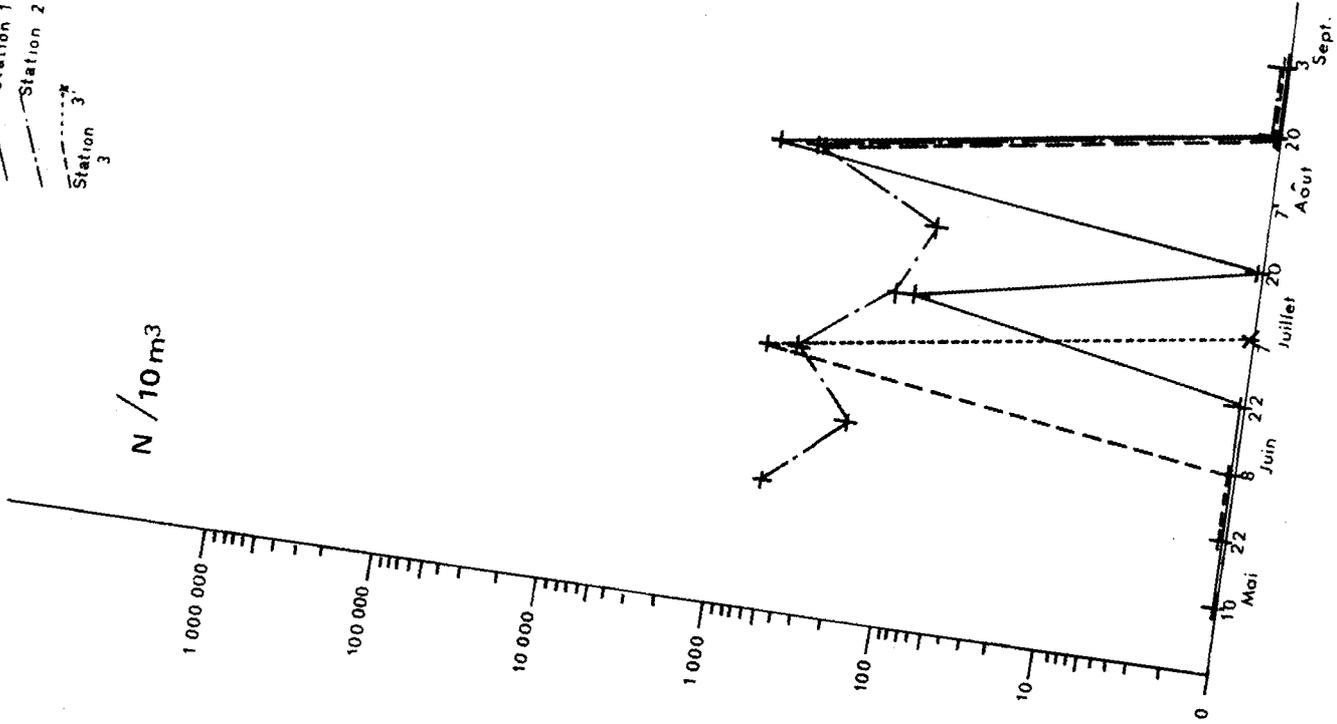
N / m²



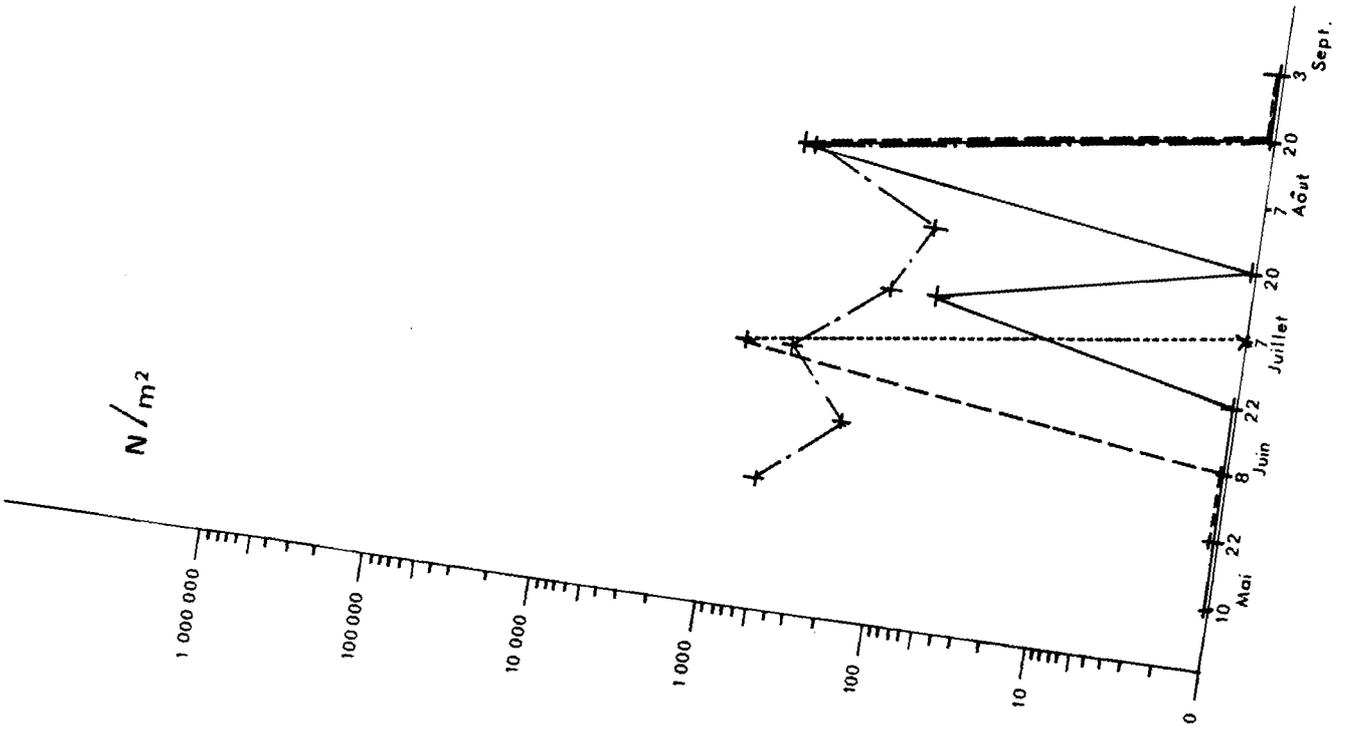
34 - *Ctenocalanus vanus*

Station 1
Station 2
Station 3*

$N / 10 m^3$

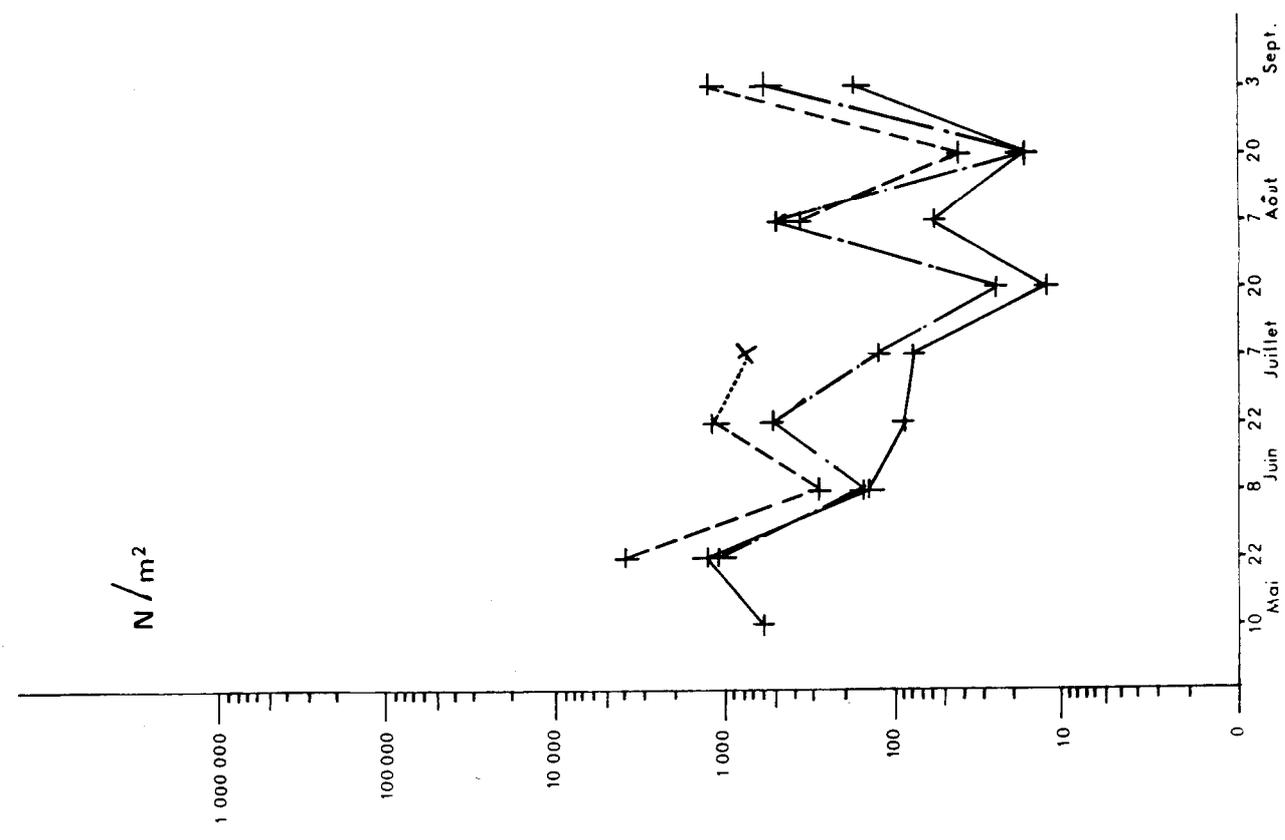
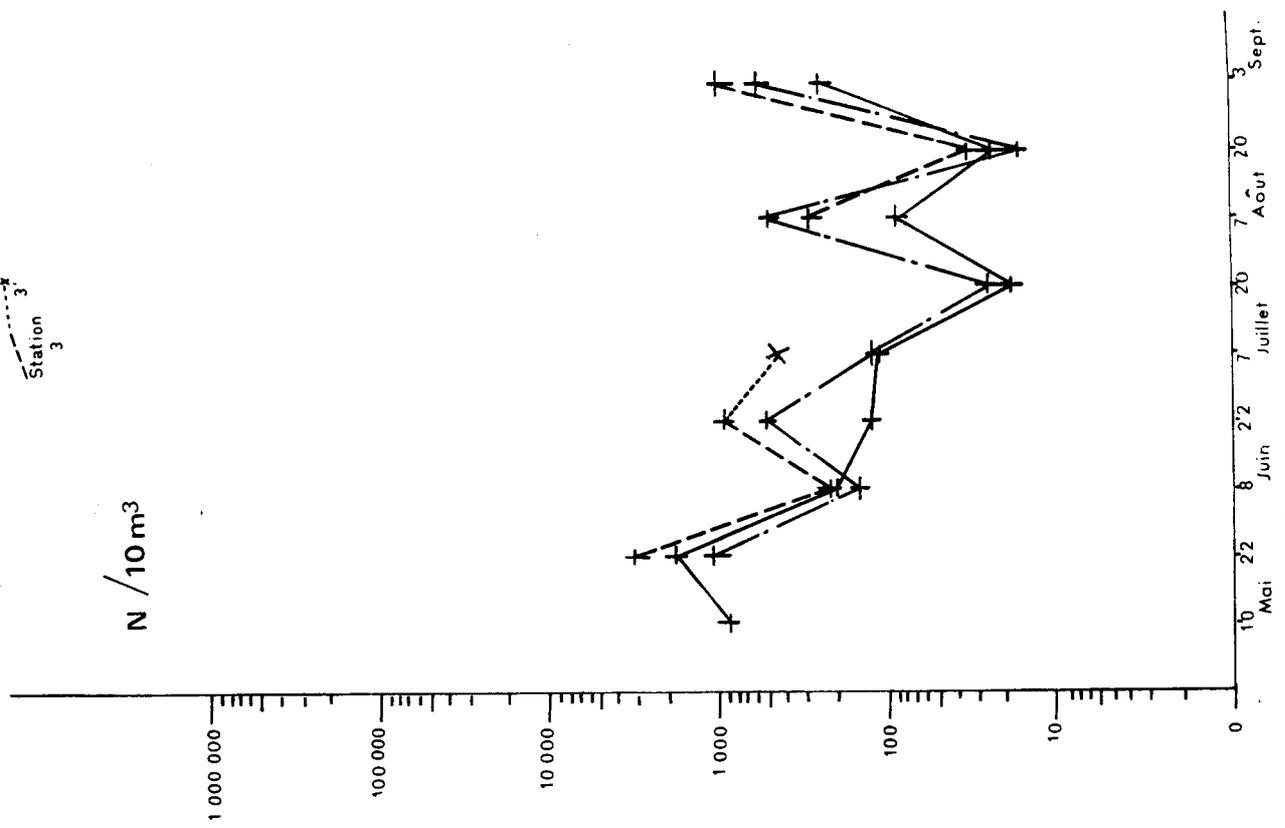


N / m^2



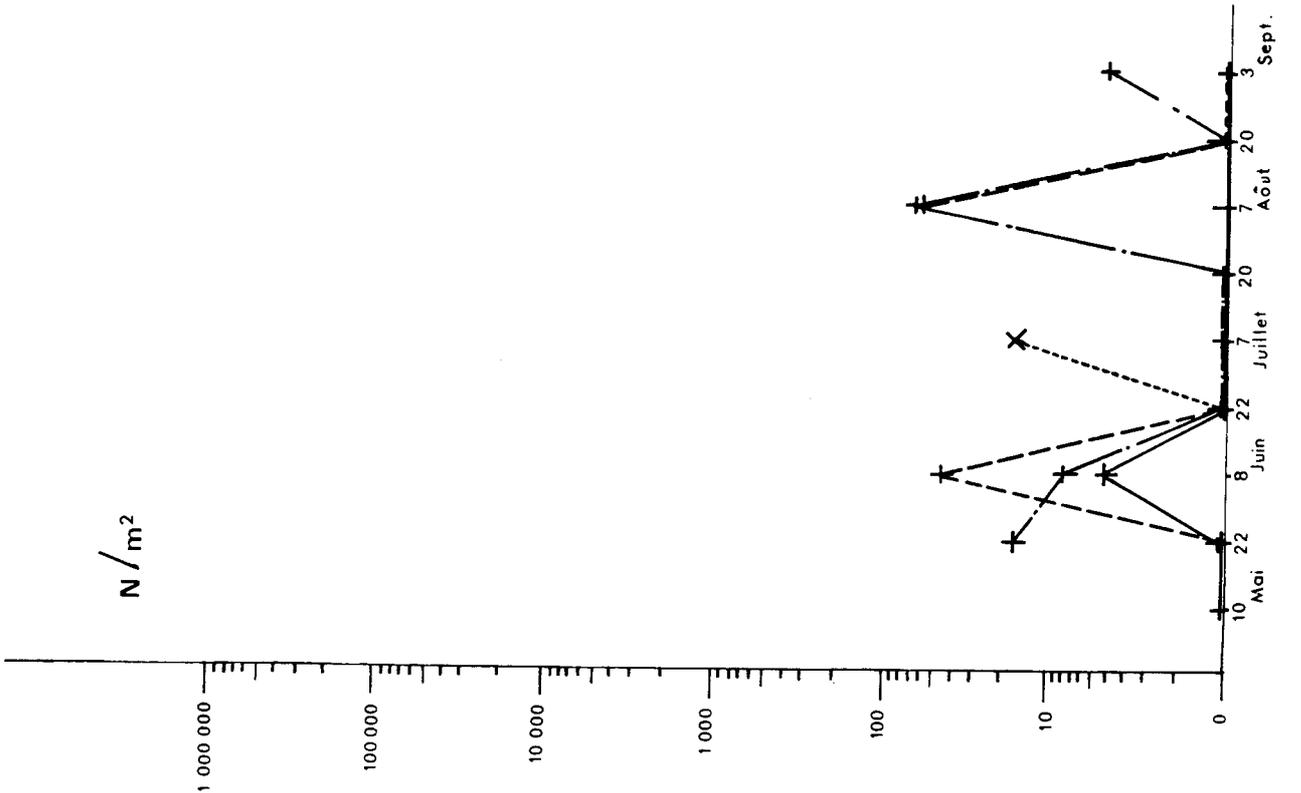
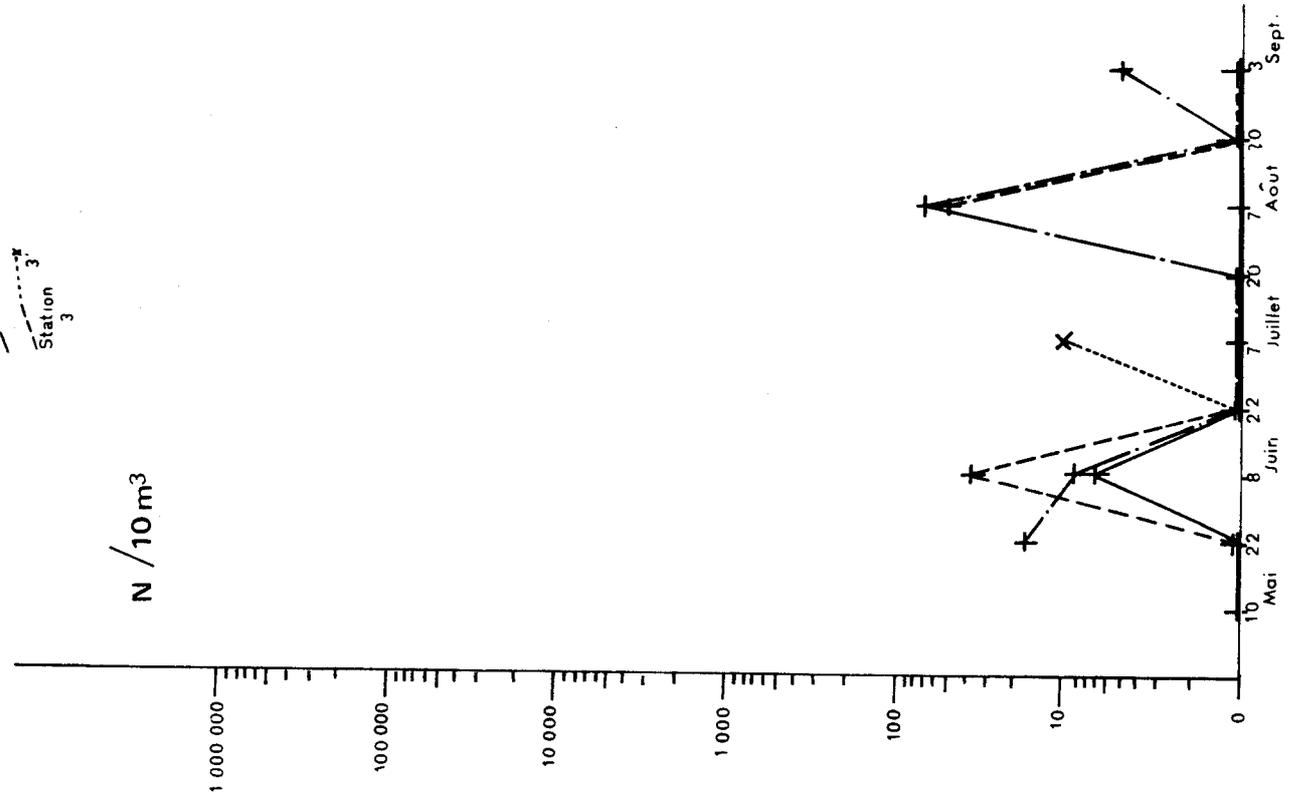
35 - *Temora longicornis*

Station 1
Station 2
Station 3



36 - *Metridia lucens*

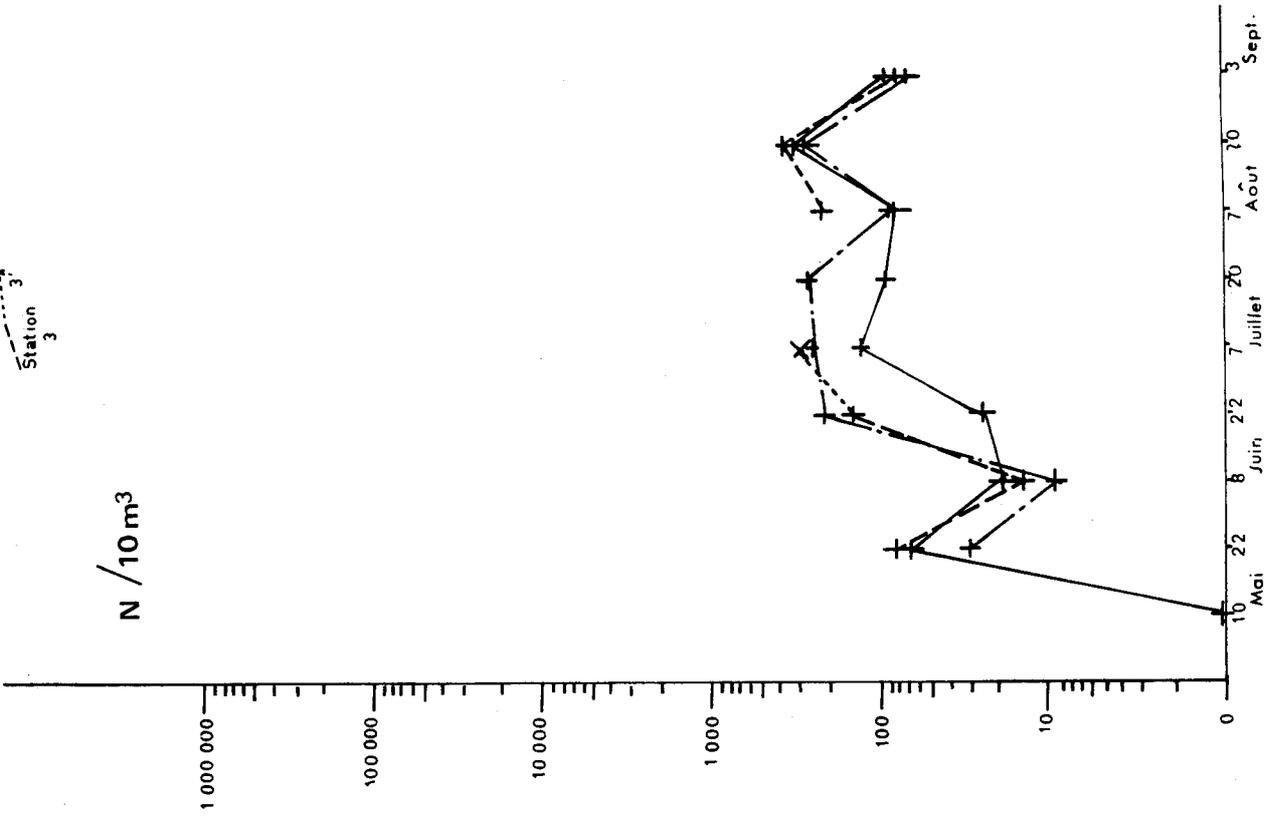
Station 1
Station 2
Station 3



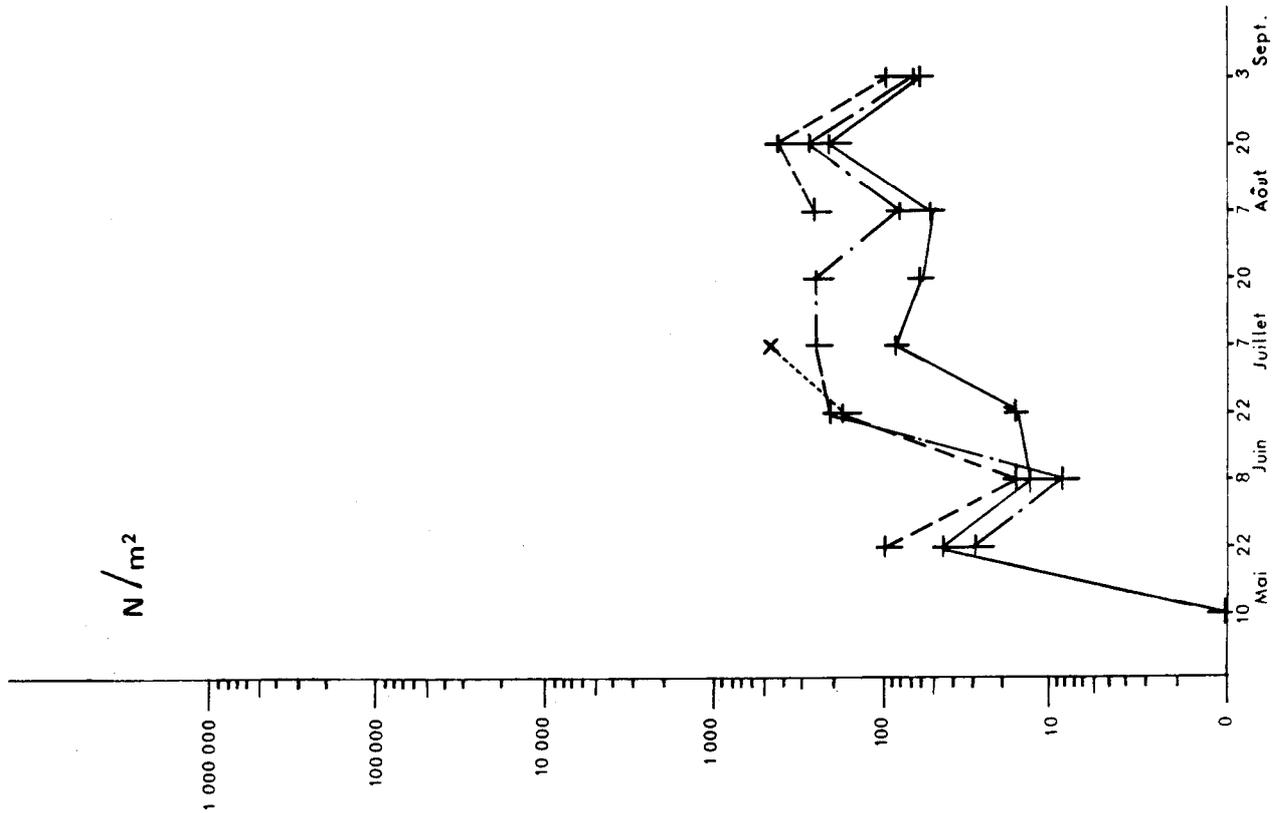
37 - *Centropages typicus*

Station 1
Station 2
Station 3

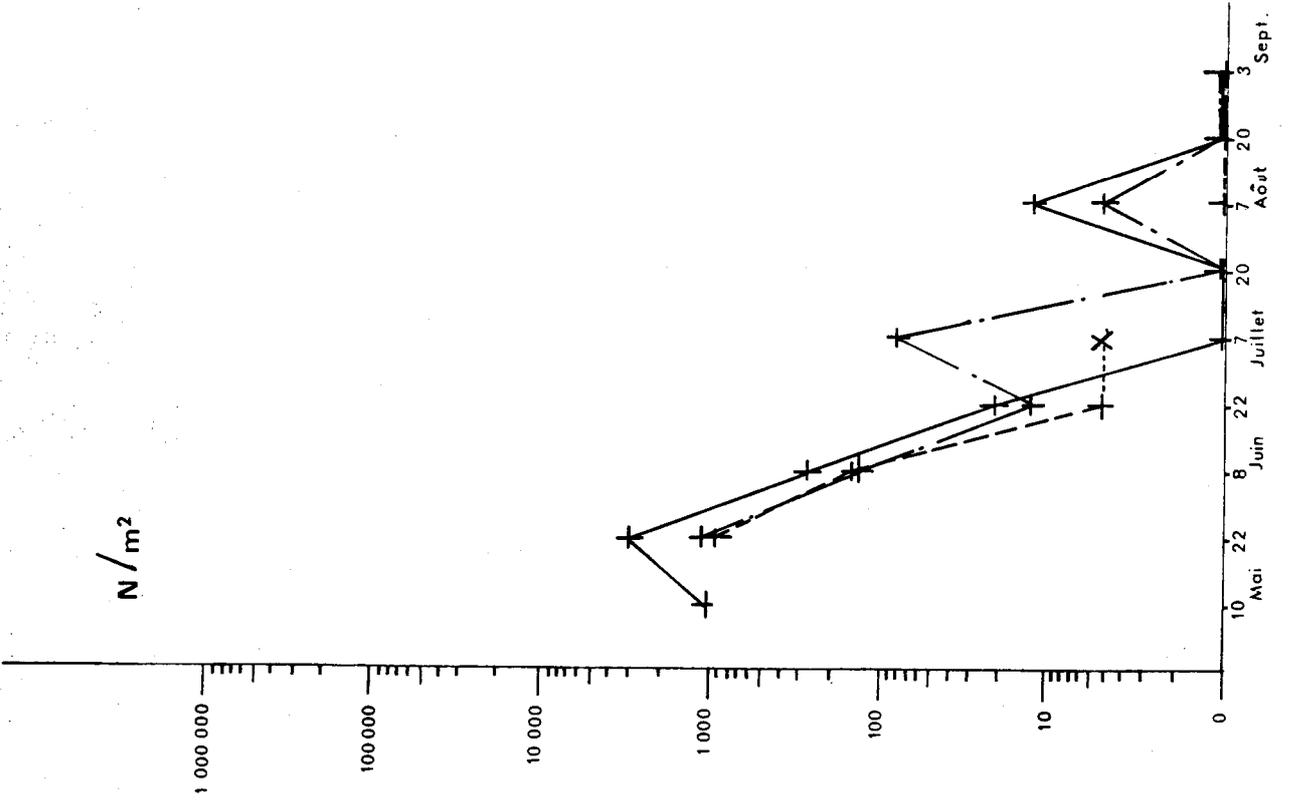
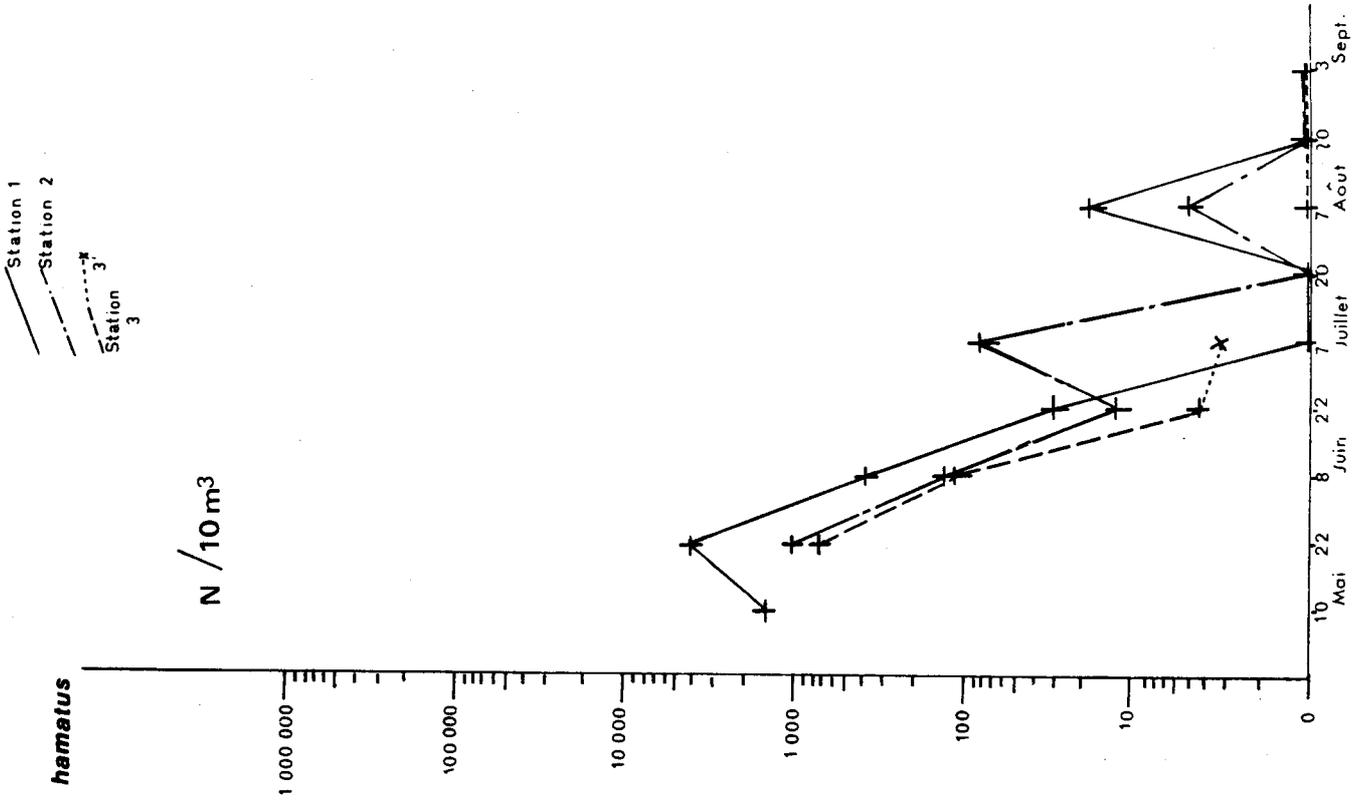
N / 10 m³



N / m²



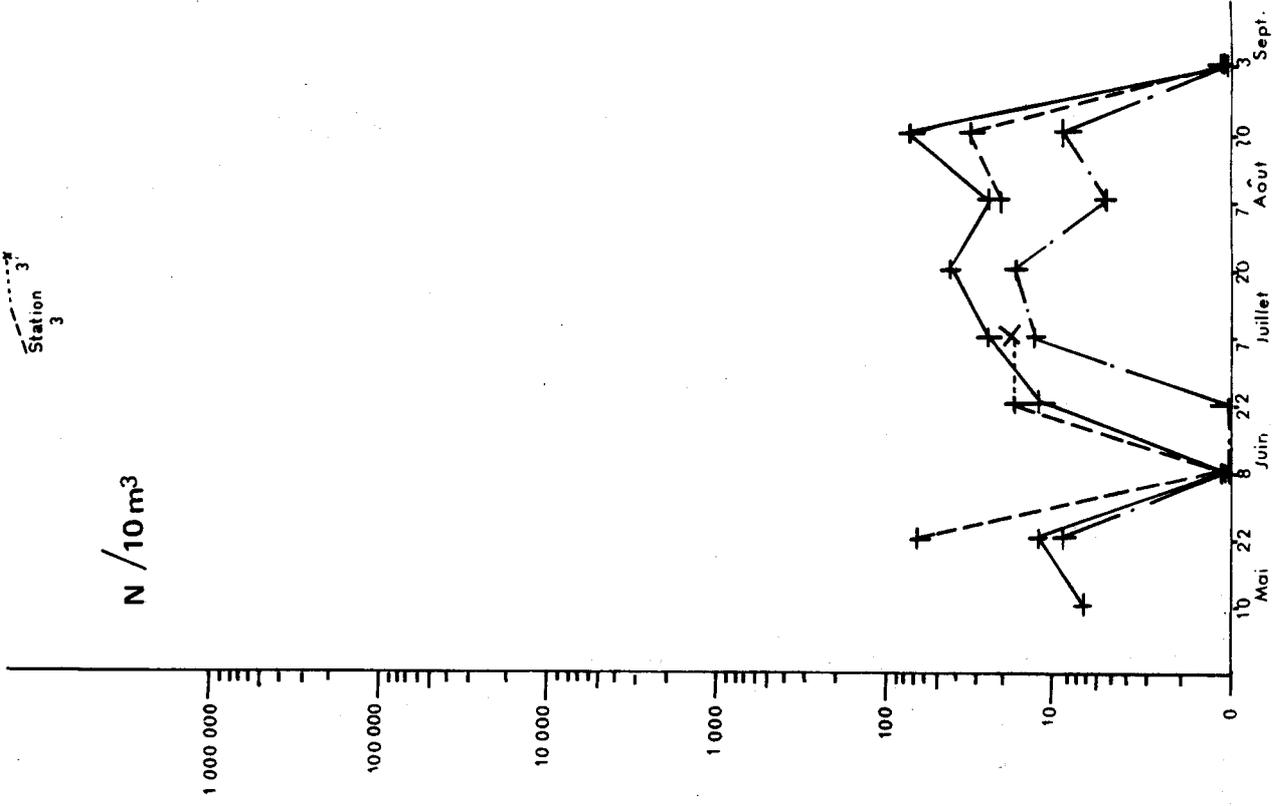
38 - *Centropages hamatus*



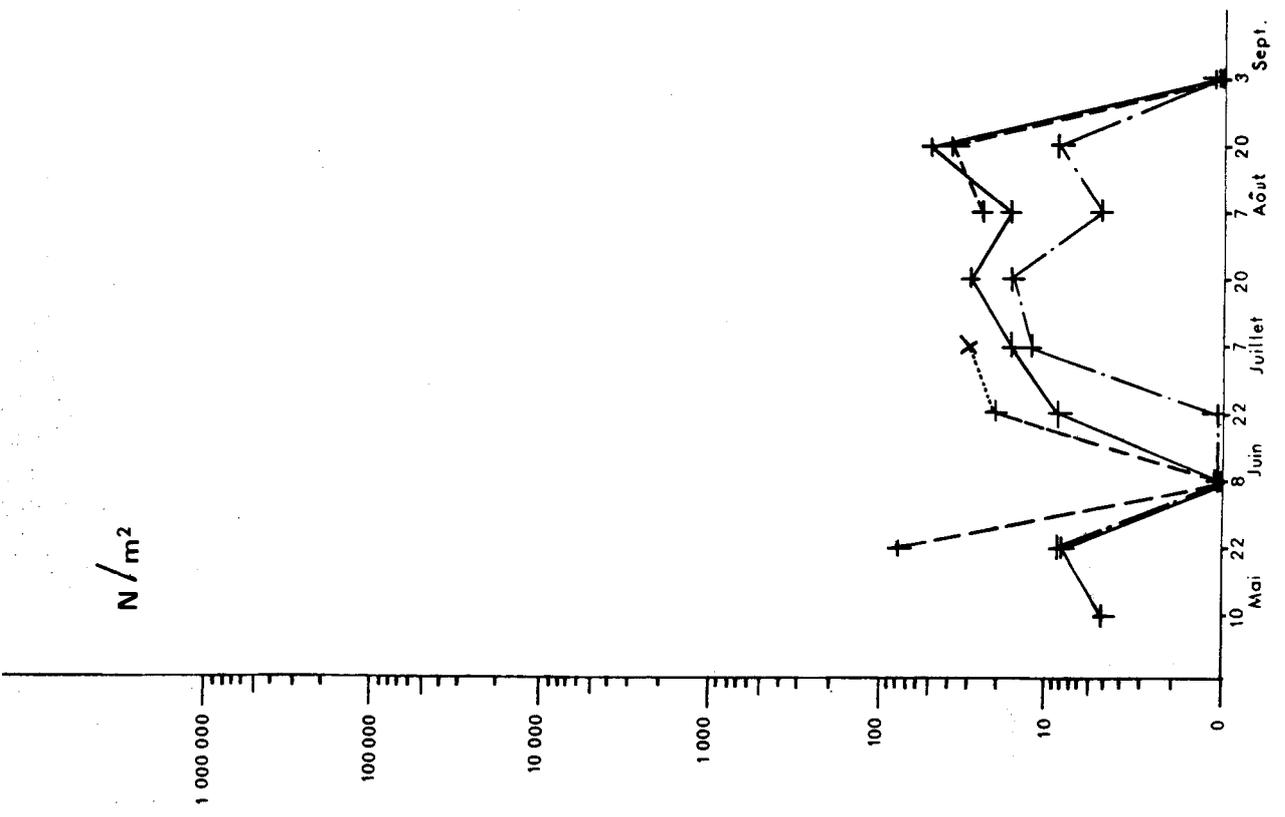
39 - *Isias clavipes*

Station 1
Station 2
Station 3

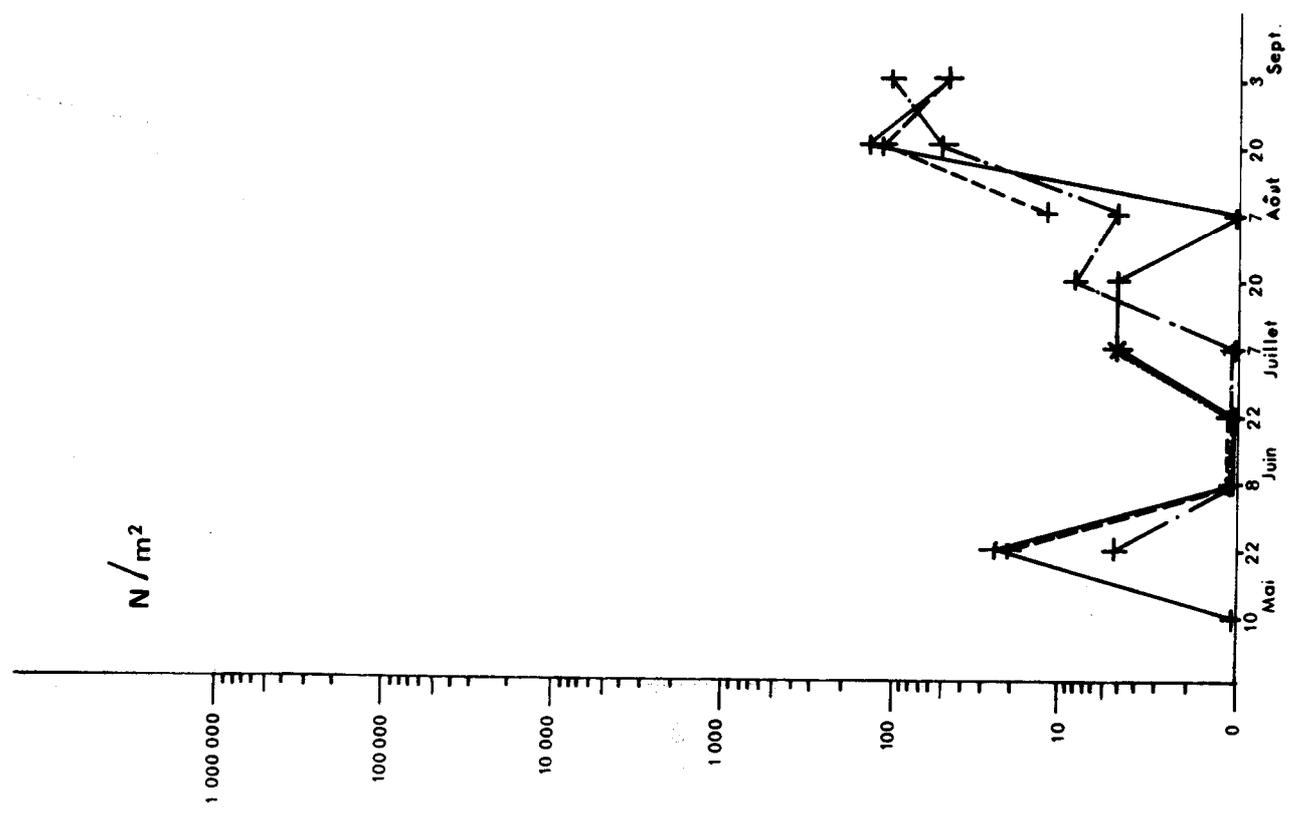
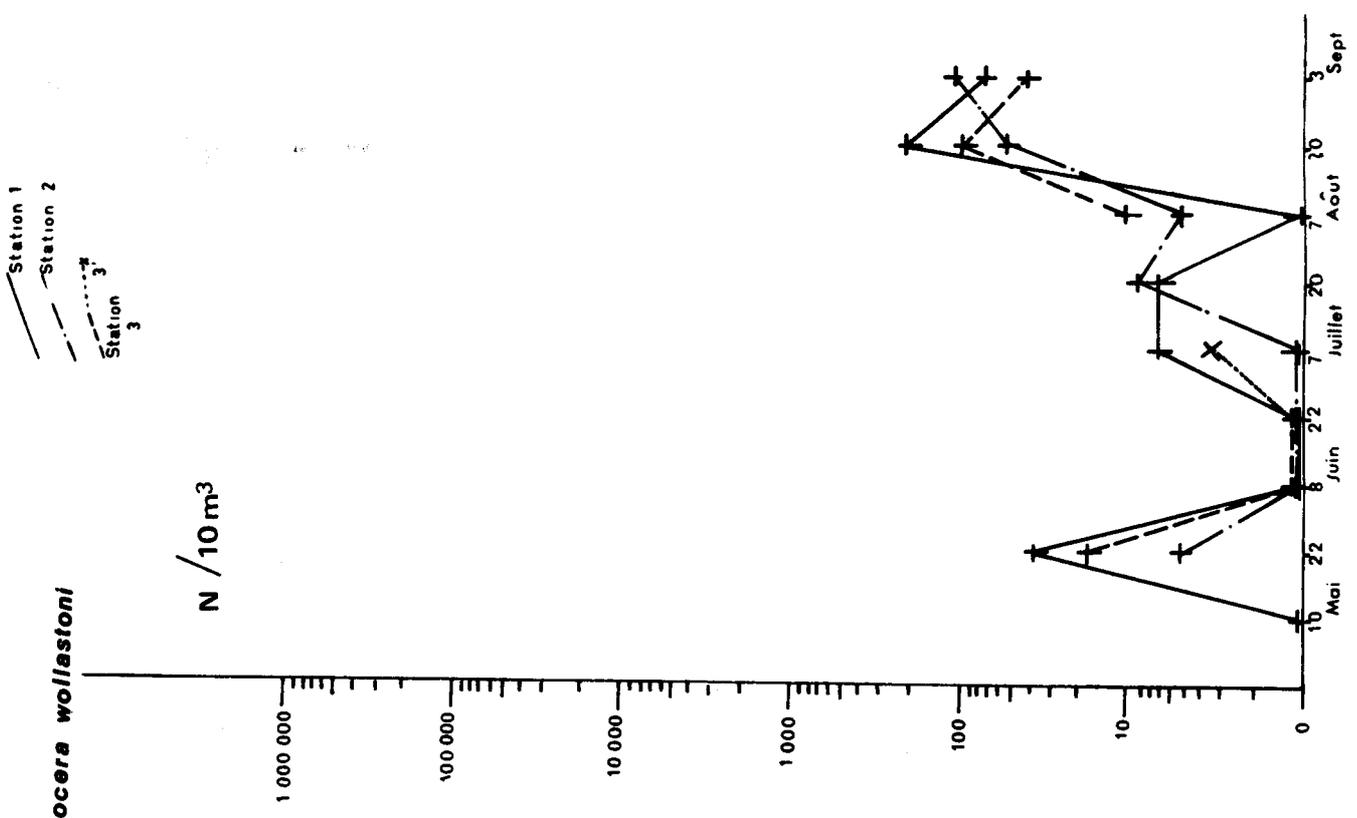
N / 10 m³



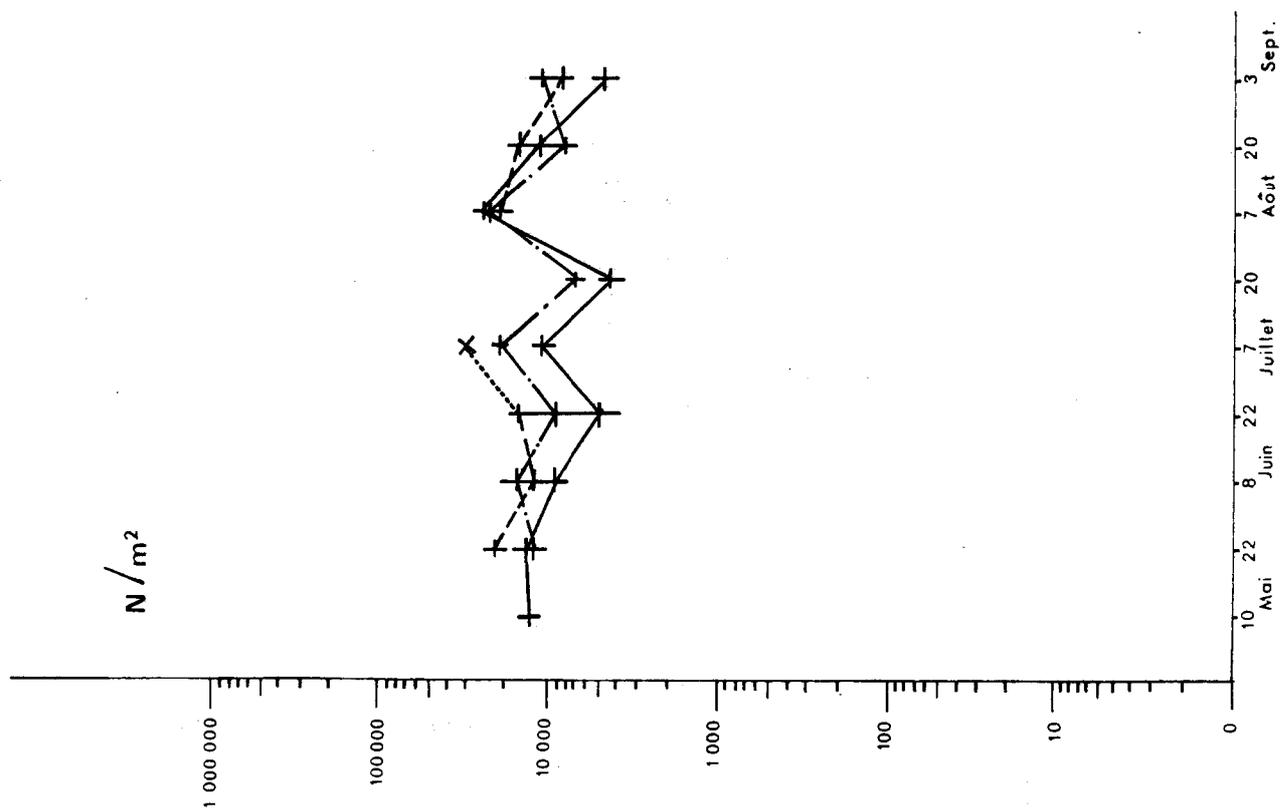
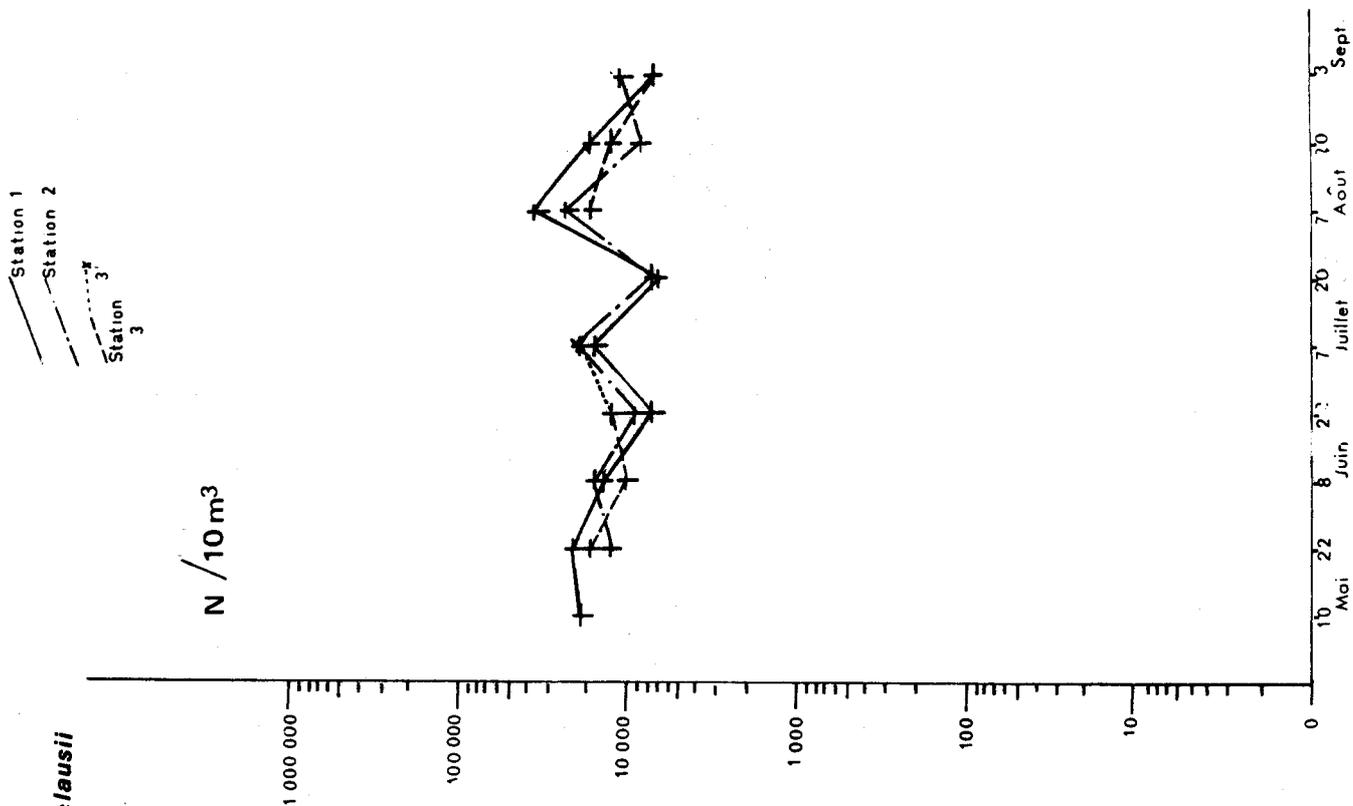
N / m²



40 - *Labidocera wollastoni*



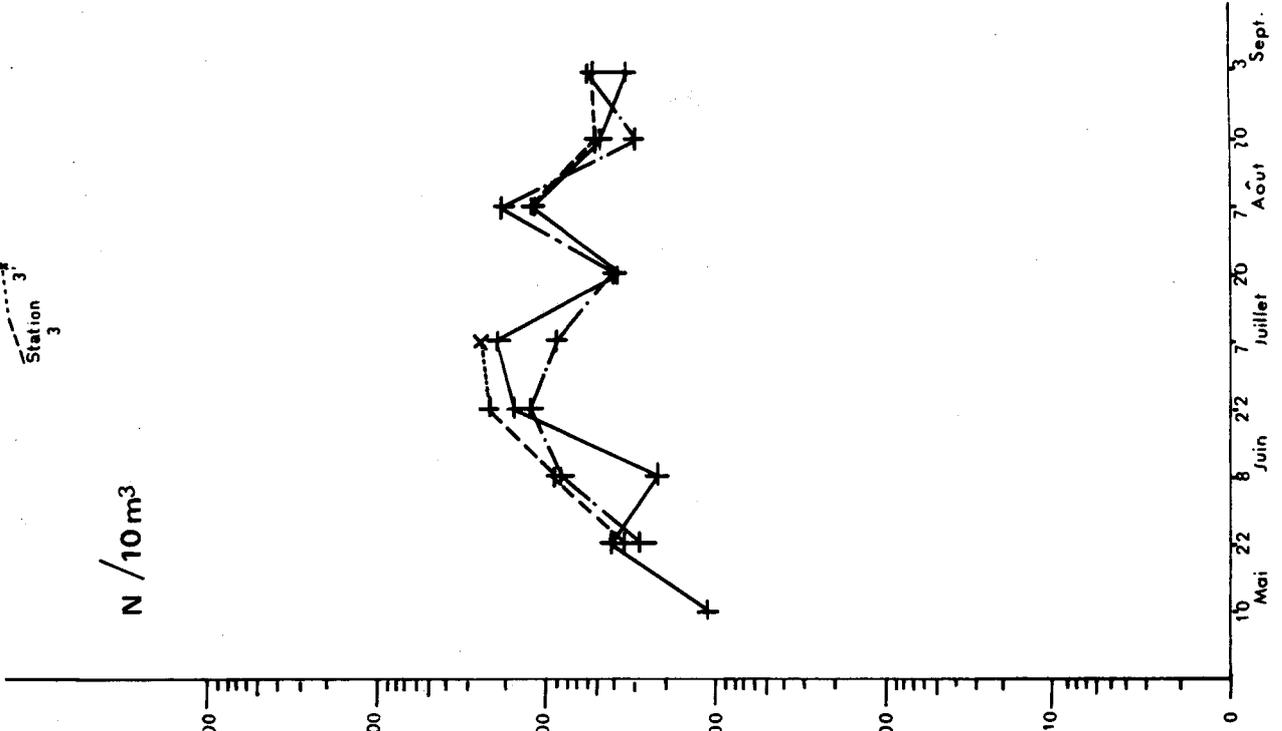
41 - *Acartia clausii*



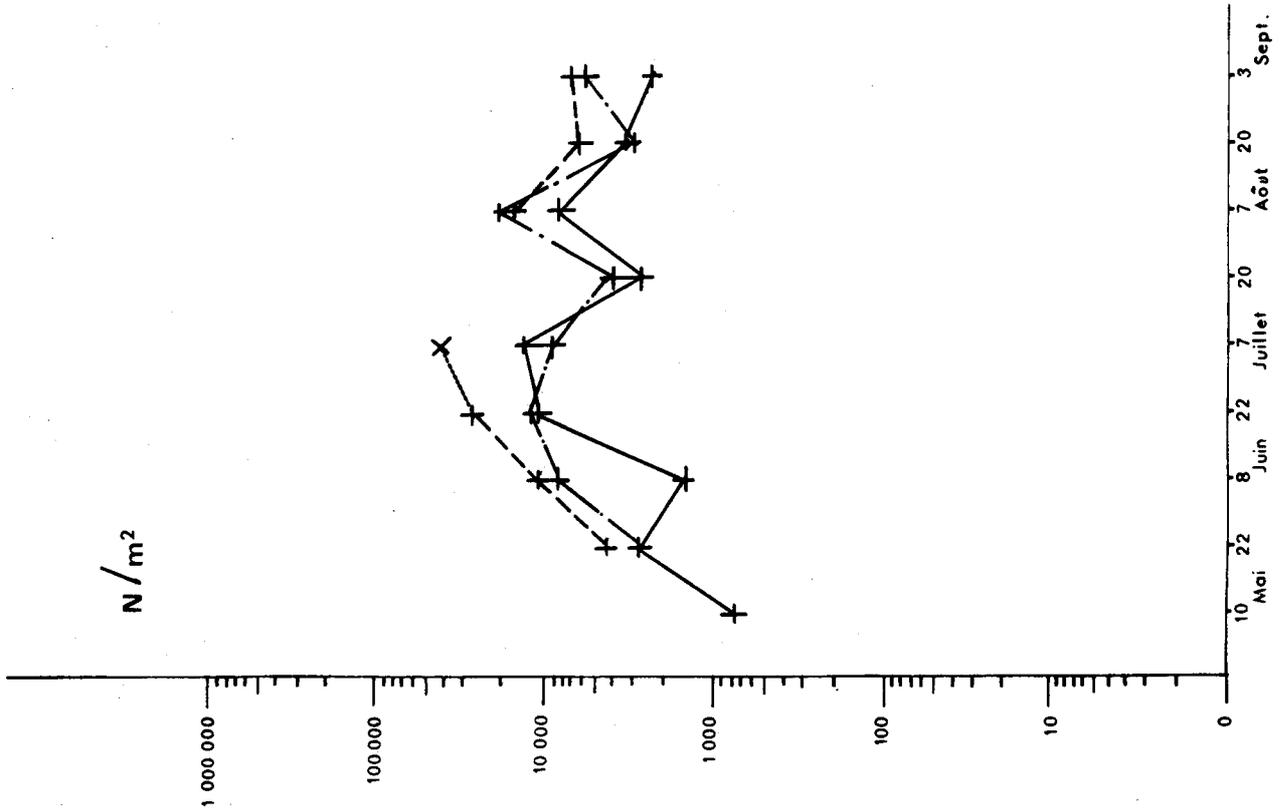
42 - *Oithona* sp.

Station 1
Station 2
Station 3

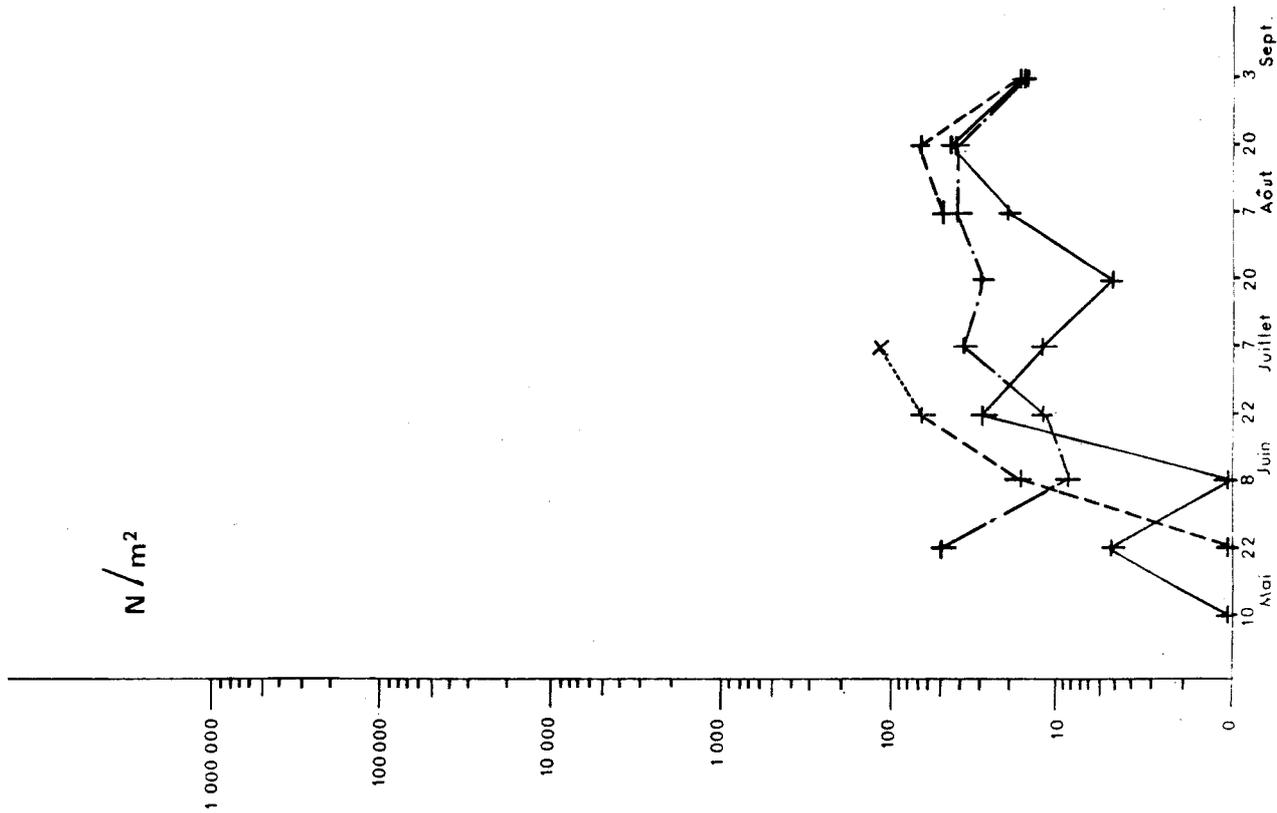
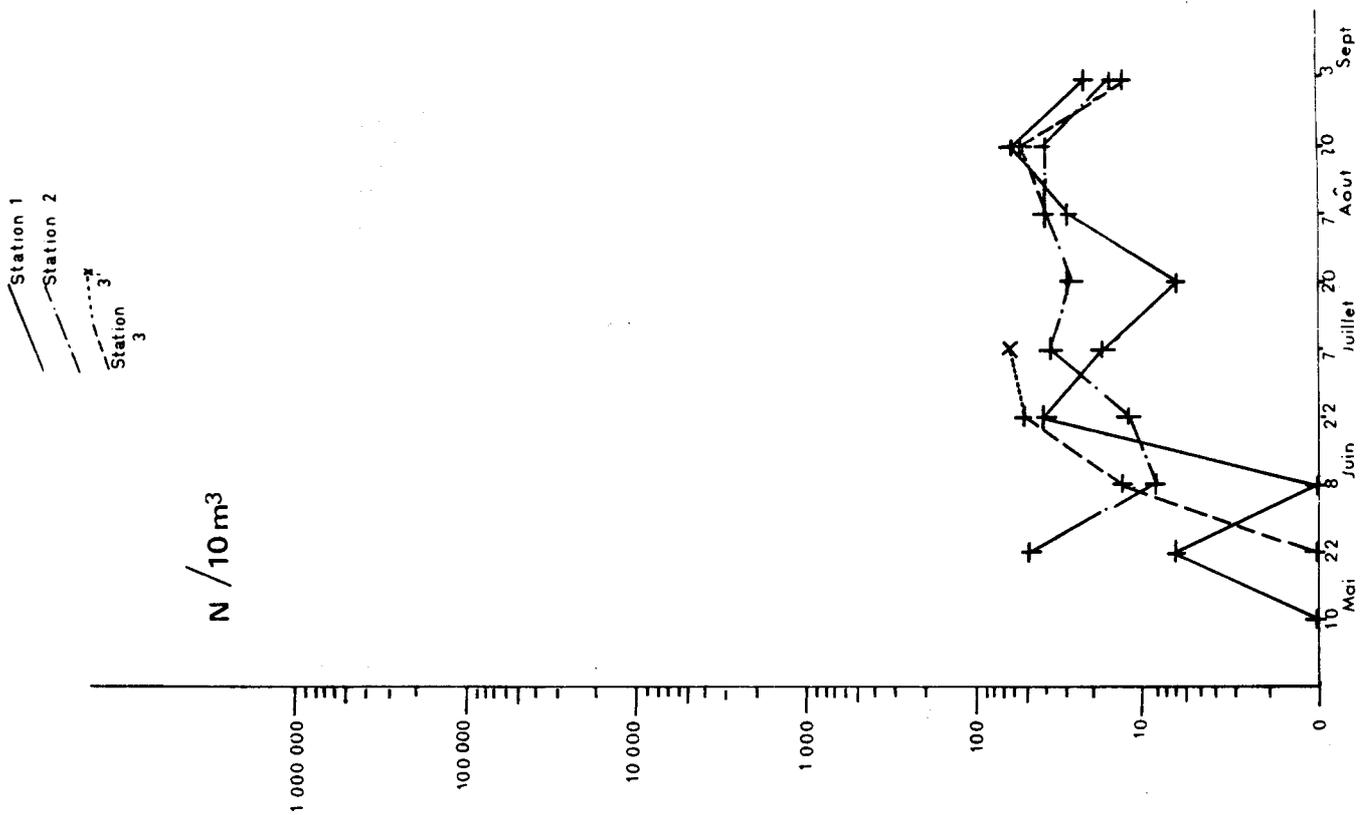
N / 10 m³



N / m²



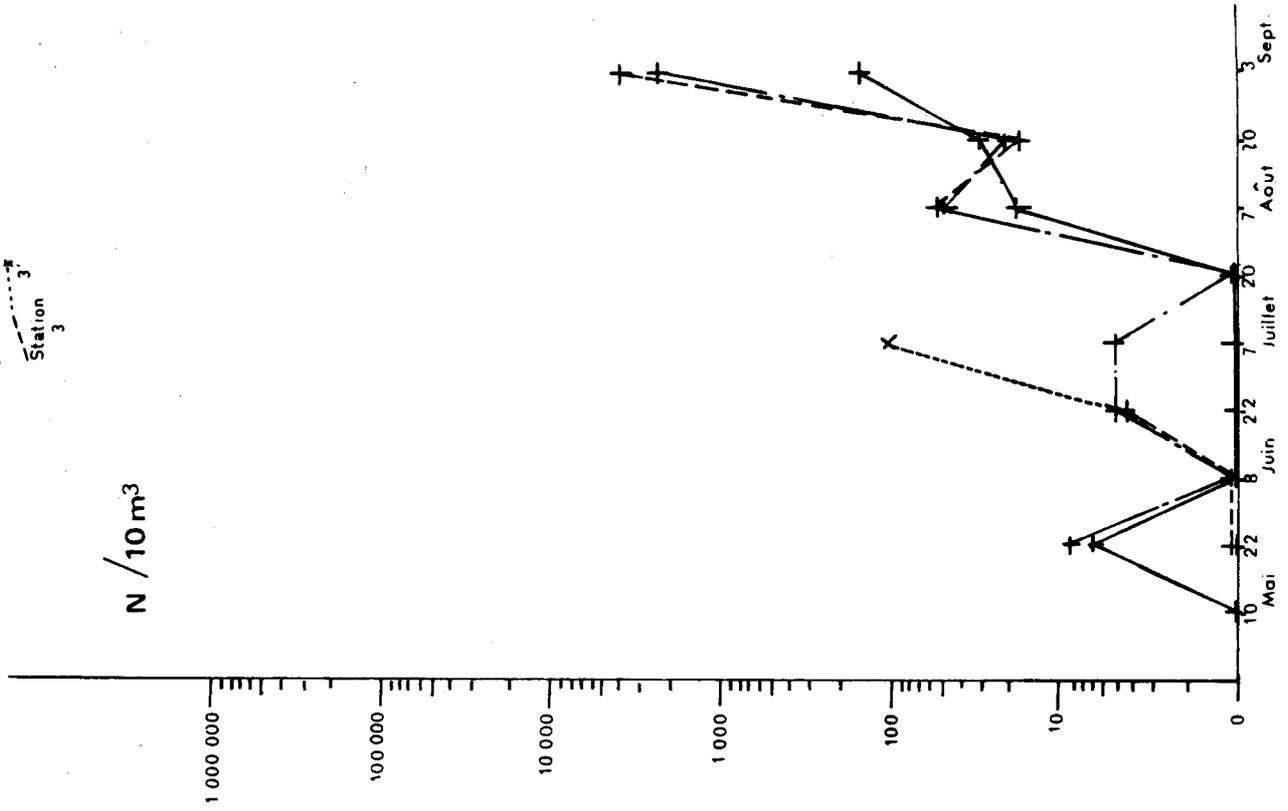
43 - *Corycaeus* sp.



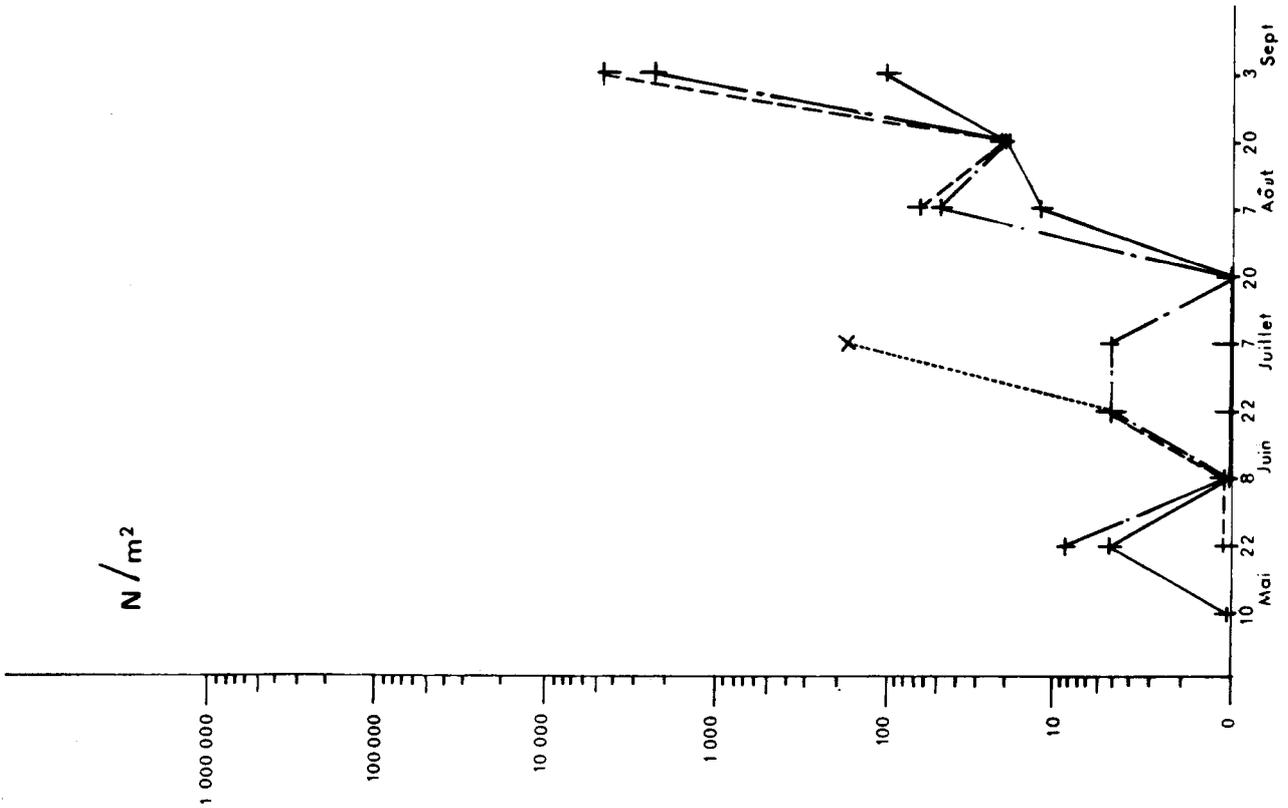
44 - *Oncaea* sp

Station 1
Station 2
Station 3

N / 10 m³



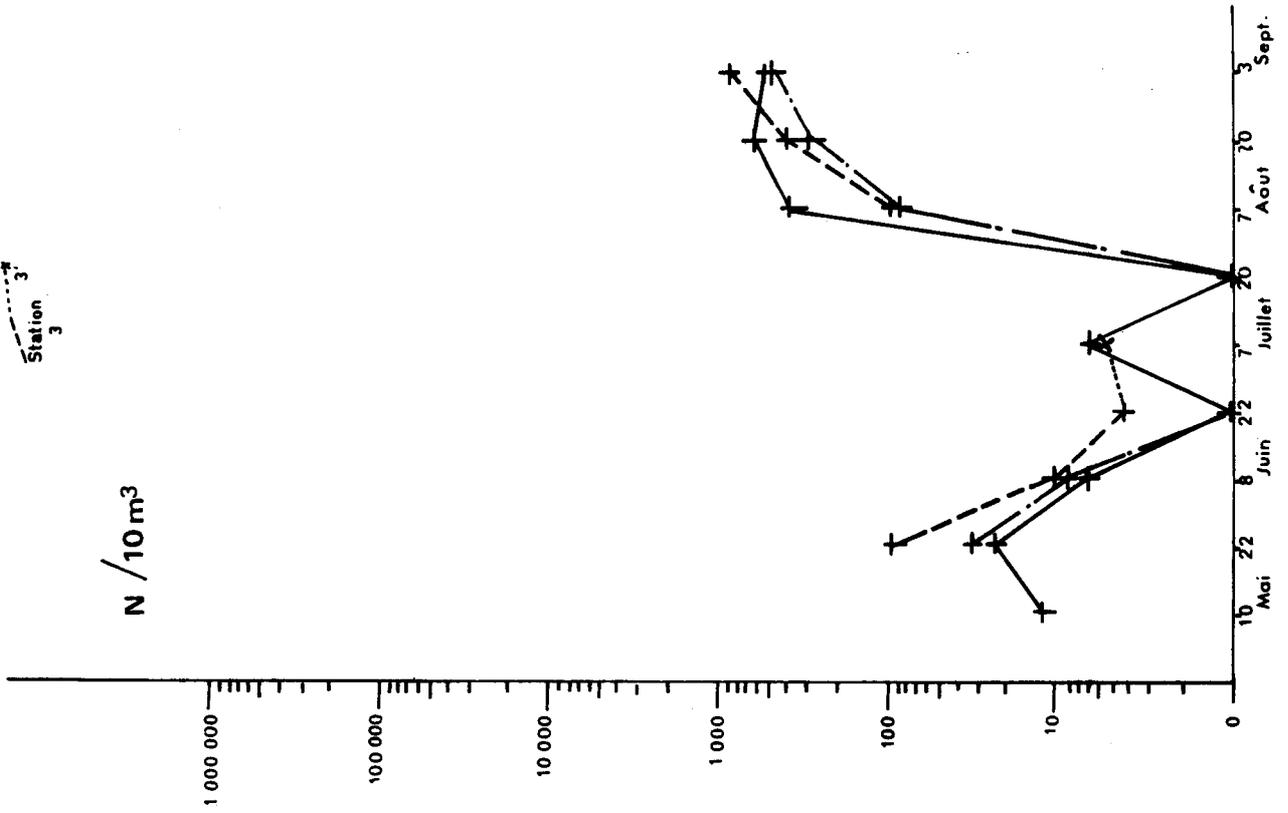
N / m²



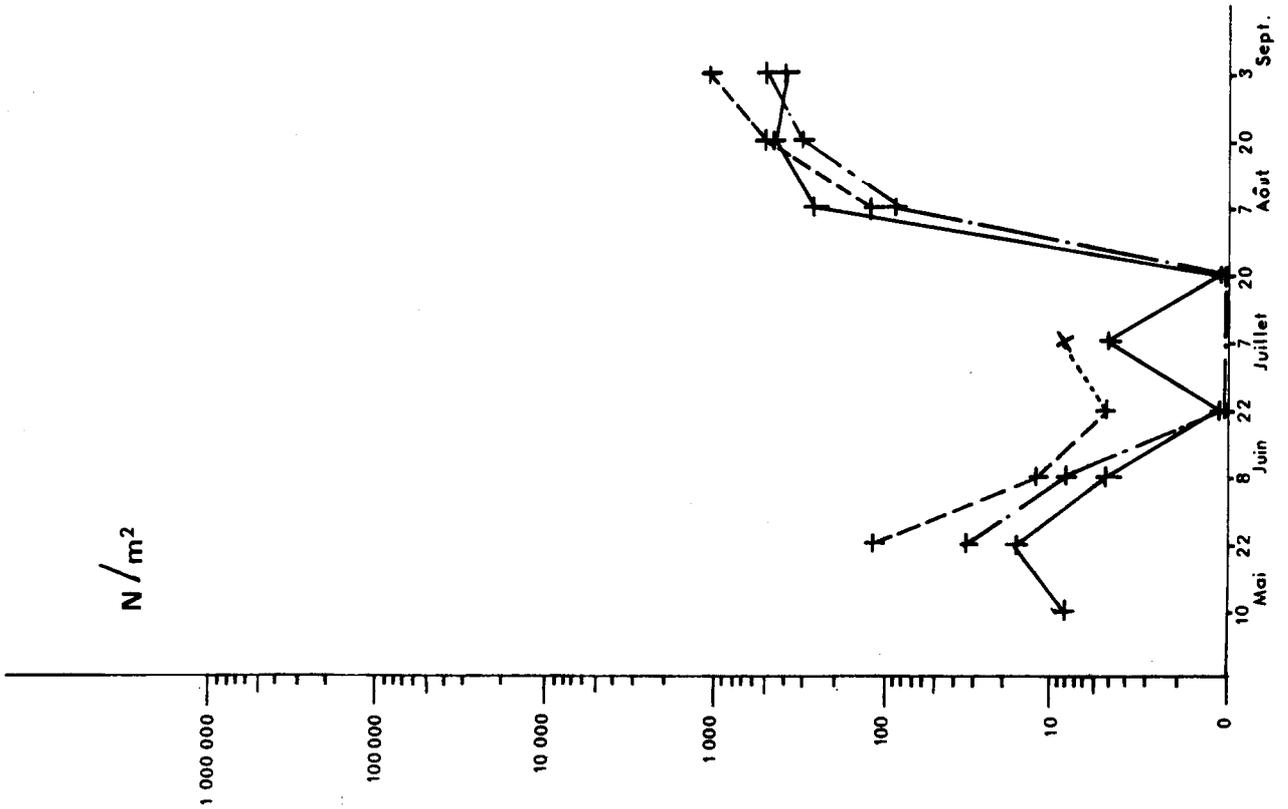
Station 1
Station 2
Station 3

45 - *Euterpina scutifrons*

N / 10 m³



N / m²



CONCLUSION GENERALE

*par Claude CHASSÉ, Michel GLÉMAREC,
Jean-René GRALL, Monique GUILLOU,
Jacques GUILLOU et Jacques LE FÈVRE*

La mise en service de la centrale nucléaire d'Erdeven se traduirait pour les écosystèmes marins par des effets assez complexes reflétant bien les caractéristiques particulières du site.

Quantitativement, les fonds meubles dominant dans le secteur et sont pour l'essentiel constitués de sables fins. Ceux-ci sont en partie instables et abritent des peuplements de biomasse réduite, mais dont la productivité n'est pas négligeable. L'effet direct du rejet thermique serait vraisemblablement peu important sur le benthos de substrat meuble, voire très faible en regard de la manière dont seraient affectés les peuplements de substrat rocheux, qui assurent ici l'essentiel de la production benthique en dépit de leur assez faible surface. Les effets de ce point de vue seraient multiples : remplacement au niveau du champ de Laminaires, d'espèces d'affinités boréales de grand intérêt économique par des espèces méridionales ; conséquences sur les animaux exploités par la pêche (Crustacés en particulier) ; surproduction printanière et estivale d'algues à cycle court (Ulves et Entéromorphes notamment), aboutissant à une accumulation, sur les fonds situés à l'abri des barrières rocheuses, de débris organiques entraînant une surconsommation d'oxygène et une prolifération bactérienne. C'est le phénomène connu sous le nom de "mals aigues" dans les lagunes méditerranéennes ou de "marées vertes" dans nos régions. Le phénomène risque d'être accentué en cas de circulation de densité (cf. *infra*) limitant les échanges gazeux entre l'eau proche du fond et l'atmosphère, menaçant ainsi tout l'équilibre du milieu.

Une circonstance aggravante est le fait qu'une grande partie des lieux de pêches exploités par les ports voisins (Etel et Portivy surtout) sont inclus dans la zone appelée à subir un échauffement d'au moins 3°C, et une proportion plus grande encore dans la zone subissant un échauffement d'au moins 1°C, dans laquelle certains des effets décrits ci-dessus seraient encore sensibles. C'est au minimum l'activité de 55 pêcheurs (en équivalent temps plein annuel) qui serait ainsi

menacée. Il convient d'y ajouter ce qui constitue peut-être l'essentiel, à savoir la conchyliculture dans la Rivière d'Etel, toute entière située dans la zone du réchauffement de 3°C. Cette activité fait vivre directement au moins 200 personnes (en équivalent temps plein) sans compter les emplois dérivés. L'effet principal serait ici double : l'élévation de température provoquerait une anoxie plus ou moins prononcée menaçant la survie estivale des coquillages ; elle affecterait directement en outre la reproduction des Huîtres, qui seraient pour la plupart "maigres", donc invendables, au moment des fêtes de fin d'année. Une réorientation de l'activité vers le captage, susceptible de pallier ce dernier inconvénient reste très aléatoire quant à ses chances de succès. Des effets indésirables supplémentaires en matière de conchyliculture sont susceptibles d'être produits par la modification des écosystèmes pélagiques.

En ce qui concerne ceux-ci, les considérations essentielles tiennent beaucoup moins à l'évaluation de la production affectable qu'à des effets structurels résultant du régime de circulation des eaux. En période calme, dans les conditions actuelles, il tend déjà à se développer un régime de circulation de densité, du fait de l'échauffement par insolation des eaux séjournant en Rivière d'Etel. Il en résulte l'établissement d'un front thermique dans un rayon d'un à deux milles devant l'embouchure, cette situation pouvant à la limite déboucher sur un phénomène d'eau rouge. Ce front est trop éloigné du point de rejet éventuel pour que le jet thermique assure un brassage vertical des eaux dans un rayon suffisant pour le supprimer. Au contraire, en alimentant la Rivière d'Etel en eau chaude, qui ressortirait ensuite au jusant avec l'actuel hydrodynamisme de la marée, on renforcerait le système de circulation de densité, avec pour résultats des conditions de dispersion thermique plus défavorables

que celles prévues par le rapport déjà peu optimiste du Laboratoire National d'Hydraulique et une probabilité accrue d'eau rouge, localisée sur un front thermique reporté vraisemblablement quelque peu vers le large. Plusieurs espèces susceptibles de provoquer des eaux rouges, principalement des Dinoflagellés, sont communes dans le phytoplancton local, dont certaines toxiques. Dans des conditions extrêmes, on pourrait aboutir à des mortalités massives d'organismes marins; mais sans aller jusque là, les coquillages et en particulier les Moules peuvent devenir toxiques et impropres à la consommation. Cet effet peut se produire même en l'absence d'une eau rouge observable à l'oeil nu, la stratification des eaux favorisant toujours les Dinoflagellés, même lorsqu'il ne se produit pas une accumulation suffisante pour affecter la couleur de la mer. Une augmentation de la concentration de ces organismes en Rivière d'Etel, en partie par multiplication sur place, en partie par des apports dûs au flot à partir de la zone stratifiée devant l'embouchure, est donc très vraisemblable. Si ce phénomène concerne des espèces toxiques, dont certaines paraissent plus thermophiles que les espèces inoffensives, les coquillages seraient affectés et l'on aboutirait en ce qui concerne les produits de la Rivière d'Etel à la situation qui était celle des Moules importées d'Espagne à l'automne 1976. Celles-ci ont été frappées d'interdiction à la vente parce que responsables de nombreux cas d'intoxication, très vraisemblablement en raison d'eaux rouges dans les rias de Galice où elles sont élevées, et où le phénomène se produit à l'occasion.

En dehors de ces effets directs sur les écosystèmes marins et les activités économiques qui les exploitent, il faut signaler que l'implantation de la centrale d'Erdeven pourrait affecter l'équilibre relativement précaire entre les activités de la région. Elle serait contradictoire avec le maintien, sous sa forme actuelle, du polygone de tir de Gâvres et pourrait impliquer la levée de servitudes qu'il fait peser sur la côte, risquant ainsi d'ouvrir divers secteurs d'un littoral dunaire fragile et précieux à l'urbanisation touristique.

Parmi les activités permanentes, la pêche est certes gênée par les tirs de Gâvres, mais elle présente un antagonisme plus marqué avec le tourisme là où celui-ci exerce une forte pression. Elle risquerait donc, au bout du compte, d'être défavorisée plus encore que ne le laisseraient penser les effets probables de la centrale sur le milieu marin. Le tourisme lui-même, cependant, pourrait ne pas profiter pleinement de ce changement d'équilibre, les eaux rouges, quand elles sont toxiques, et les marées vertes dans tous les cas (odeur putride) étant susceptibles de décourager la fréquentation des plages dans leur voisinage.

Certaines de ces conclusions mériteraient sans doute d'être nuancées, dans la mesure où le délai relativement long qui s'écoule entre les études préliminaires et la mise en service effective d'une centrale laisse place pour des changements non négligeables dans les conditions économiques. Demeurent cependant les conséquences prévisibles sur les écosystèmes, et l'on doit constater que de ce point de vue, le site d'Erdeven cumule un ensemble de risques d'effets indésirables qui mérite sans doute d'être pris en considération.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT, M., J. AUBERT & S. DANIEL, 1968 - *Côtes de France : Inventaire national de la pollution bactérienne des eaux littorales*. Tome III : Atlantique. CERBOM, Nice, 103 pp.
- AUBERT, M., J. AUBERT, J.P. GAMBAROTTA, B. DONNIER, M. BARELLI & S. DANIEL, 1970 - *Côtes de France : Etude générale des pollutions chimiques rejetées en mer ; inventaire et études de toxicité*. Tome III : Atlantique. *Rev. Intern. Océanogr. Méd. Suppl.*, 225 pp.
- ANNÉZO, J.P., 1975 - *Littoral Gâvres - Plouhinec*. SEPNB, Brest, Rapport pour le Ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement, 24 pp.
- BARNES, H., 1952 - The use of transformations in marine biological statistics. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 18 : 61-71.
- B. C. E. O. M., 1973 - *Le littoral français : Dommages côtiers, ouvrages de défense*. Ouvrage réalisé pour le compte du Ministère de l'Aménagement du Territoire. Fiche 48 : *De Ploemeur à Plouhinec et Ile de Groix*. Fiche 49 : *D'Erdeven à Crach (Morhiban)*.
- BEAUDOUIN, J., 1975 - Copépodes du Plateau Continental du Golfe de Gascogne en 1971 et 1972. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 39(2) : 121-169.
- BOZEC, R., 1969 - Oiseaux des dunes de Plouhinec - Erdeven - Plouharnel. *Penn-ar Bed*, 7(57) : 114-120.
- BRADFORD, J.M., 1976 - Partial revision of the *Acartia* subgenus *Acartiura* (Copepoda : Calanoida : Acartiidae) *N.Z. Journal of Marine and Freshwater Research*, 10(1) : 159-202.
- BRAUD, J.P. 1974 - *Etude de quelques paramètres écologiques, biologiques et biochimiques chez une Phéophycée des côtes bretonnes, Laminaria ochroleuca*. Thèse Doc. 3e cycle Univ. Aix-Marseille II, 187 pp.
- CAZENAVE, M., 1976 - *Centrale d'Erdeven : Etude préliminaire des possibilités du site, mise à jour du rapport 75.12*. E. D. F., Direction des Etudes et Recherches, Laboratoire National d'Hydraulique, Rapport HE/042/76.12.
- CHASSÉ, C., 1972 - *Economie sédimentaire et biologique des estrans meubles des côtes de Bretagne*. Thèse Doc. Sci. Univ. Paris VI, 289 pp.
- CHASSÉ, C., & M. GLÉMAREC, 1973 - *Peuplements marins du plateau continental ouest et sud armoricain. Notice explicative des cartes*. Université de Bretagne Occidentale, Brest, ouvrage réalisé pour le compte du CNEXO (Contrat 72/602).

- CHERFAOUI, D., 1973 - *Observations sur le cycle saisonnier des populations de Crustacés Copépodes planctoniques en Baie de Bourgneuf*. Thèse Doc. 3e cycle, Univ. Nantes, 130 pp.
- CNEXO, 1974 - *Le tourisme dans la région Lorient-Quiberon*. Rapport préparé par l'Unité Littoral, Brest, Publ. CNEXO, Paris, 27 pp.
- COGNÉ, J., 1975 - Notice explicative, feuille de Quiberon - Belle-Ile. *Carte géologique de la France en 1/80 000*.
- COSSON, J., 1967 - Etude d'une population de *Laminaria digitata* (L.) LAMOUREUX. Biométrie, croissance, régénération. *Bull. Soc. Lin. Normandie*, 10(8) : 246-281.
- DARCHEN, J., 1967 - *Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaines*. Météorologie Nationale, Paris, Monographie n° 59, 139 pp.
- FLEURY, D., 1976 - *Le littoral de Plouharnel - Erdeven, rapport scientifique de synthèse*. SEPNB, Brest, Rapport pour le Ministère des Affaires Culturelles, 80 pp.
- FRONTIER, S., 1972 - Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 8 : 121-132.
- FRONTIER, S., 1973 - Etude statistique sur la dispersion du zooplancton. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 12 : 229-262.
- GÉHU, J.M., 1969 - Essai synthétique sur la végétation des dunes armoricaines. *Penn ar Bed*, 7 (57) : 81-104.
- GILBERT, J., 1976 - *Monographie conchylicole, centre Auray - Etel*. Affaires Maritimes, quartier d'Auray, 50 pp.
- GLÉMAREC, M., 1969 - *Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne*. Thèse Doc. Sci., Univ. Paris VI, 167 pp.
- GRALL, J.R., 1972 - *Recherches quantitatives sur la production primaire du phytoplancton dans les parages de Roscoff*. Thèse Doc. Sci., Univ. Paris VI, 258 pp.
- GRALL, J.R. & J. LE FÈVRE, 1967 - Une eau rouge à Noctiluques au large des côtes de Bretagne. *Penn ar Bed*, 6 (51) : 153 - 163.
- GRALL, J.R., G. LE FÈVRE - LEHOËRFF & J. LE FÈVRE, 1971 - Observations sur la distribution du plancton à proximité d'Ouessant en juin 1969 et ses relations avec le milieu physique. *Cahiers Océanogr.*, 23 (2) : 145 - 170.
- GROVEL, A.P. & R. BROSSE, 1968 - Evolution actuelle du littoral de la région de Lorient. *Cahiers Océanogr.*, 20 (5) : 395 - 402.
- GUÉRIFF, F., 1969 - Historique des dunes d'Escoublac. *Penn ar Bed*, 7 (57) : 75 - 80.

- GUILLOU, J. & M. GUILLOU, 1976 - *Etude écologique du site de St Vio*. Université de Bretagne Occidentale, Brest, rapport réalisé pour le compte du CNEXO (Contrat 75/5184), 29 pp.
- GUILLOU, J. & M. GUILLOU, 1976 - *Etude écologique des sites de Brétignolles et St Martin de Brem*. Université de Bretagne Occidentale, Brest, rapport réalisé pour le compte du CNEXO (contrat 75/5184), 33 pp.
- GUILLOU, M. - Activités de pêche côtière en Bretagne sud, *in: Ecologie côtière de la façade atlantique*. Université de Bretagne Occidentale, Brest, travail réalisé pour le compte du CNEXO (contrat 76/5264), *sous presse*.
- HÉNAFF, G., 1973 - *Contribution à l'étude de l'océanographie physique du secteur Nord-Gascogne*. Thèse Doc. 3è cycle, Univ. Bretagne Occidentale, 99 pp.
- HILY, C., 1975 - *Fertilité relative des fonds meubles des Pertuis charentais*. Université de Bretagne Occidentale, Brest, travail réalisé pour le compte du CNEXO (contrat 75/1192), 10 pp.
- KAIN, J.M., 1963 - Aspects of the biology of *Laminaria hyperborea*. II - Age, weight and length. *J. mar. Biol. Ass. U.K.*, 42 : 377-385.
- LARIVIÈRE, G. & J.P. VERDOU, 1969 - *Contribution à l'étude du climat de la Bretagne*. Météorologie Nationale, Paris, Monographie n° 73, 72 pp.
- LE FÈVRE, J., 1971 - *Evaluation des caractéristiques d'emploi d'un échantillonneur de plancton haute vitesse, suivie d'exemples d'application à l'étude du zooplancton de la pointe de Bretagne*. Thèse Doc. 3e cycle, Univ. Paris VI, 179 pp.
- LE FÈVRE, J. - Mesoplancton, *in: Caractéristiques chimiques et planctoniques dans le Golfe de Gascogne*. Publ. CNEXO, Paris, Sér. Résultats des campagnes à la mer, ouvrage mis au point par P. TREGUER & P. LE CORRE, *sous presse* *.
- LE FÈVRE, J. & J.R. GRALL, 1970 - On the relationships of *Noctiluca* swarming off the western coast of Brittany with hydrological features and plankton characteristics of the environment. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 4 : 287-306.
- LE FÈVRE - LEHOËRFF, G., 1972 - *Populations planctoniques d'un estuaire à marée, la rivière de Morlaix ; leurs relations avec les conditions hydrologiques*. Thèse Doc. 3e cycle, Univ. Paris VI, 212 pp.
- MOIGN, Y., 1969 - Les dunes du Massif Armoricaïn. *Penn ar Bed*, 7(57) : 57-67.
- MORZADEC, M.T., 1972-73 - Tertiaire et Quaternaire, *in: Notice explicative, feuille de Lorient. Carte Géologique de la France au 1/50 000*.
- PAULMIER, G., 1971 - Cycle des matières organiques dissoutes, du plancton et du micro-phytobenthos dans l'estuaire du Belon. Leur importance dans l'alimentation des Huîtres. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 35(2) : 157-200.

* Voir remarque p. 334.

- PAULMIER, G., 1972 - *Seston, phytoplancton et microphytobenthos en Rivière d'Auray. Leur rôle dans le cycle biologique des Huîtres (Ostrea edulis L.)*. Thèse Doc. Univ. Provence, 142 pp.
- PÉREZ, R., 1969 - Etude biométrique d'une population de *Laminaria digitata* de l'étage infralittoral profond. I. - Résultats relatifs aux dimensions des thalles. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 33(1) : 117-135.
- PÉREZ, R., 1969 - Croissance de *Laminaria digitata* (L.) LAMOUREUX étudiée sur trois années consécutives. *Proc. Intl. Seaweed Symp.*, 6 : 329-344.
- PINGREE, R.D., P.R. PUGH, P.M. HOLLIGAN & G.R. FORSTER, 1975 - Summer phytoplankton blooms and red tides along tidal fronts in the approaches to the English Channel. *Nature, London*, 258(5537) : 672-677.
- VANNEY, J.R., 1969 - *Le précontinent du centre du Golfe de Gascogne, recherches géomorphologiques*. Thèse Doc. Let., Paris (Mém. n° 16 Lab. géomorphologie E. P. H. E., Dinard), 365 pp.
- VINCENT, A., 1973 - Les variations de la situation thermique dans le Golfe de Gascogne en 1969 et 1970. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 37(1) : 5-18.
- VINCENT, A. & G. KURC, 1969 - Hydrologie. Variations saisonnières de la structure thermique du Golfe de Gascogne en 1967. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, 33(1) : 79-96.
- YENTSCH, C.S. & B.W. MENZEL, 1963 - A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. *Deep Sea Res.*, 10 : 221-231.

REMARQUE : L'ouvrage sur les caractéristiques chimiques et planctoniques du Golfe de Gascogne mentionné à la page précédente est paru entre la préparation et le tirage du présent rapport. Il est daté de 1976 et porte dans sa série le n° 9 - 1976. L'article cité en référence (Mésoplancton) figure pp. 139 - 179 (texte) et 273 - 287 (tableaux de données).
