
Impact des ACTIVITES HUMAINES
sur les peuplements macrobenthiques
des fonds meubles de la rade de BREST

par Monique GUILLOU
et Christian HILY

INSTITUT D'ETUDES MARINES

Laboratoire d'Océanographie Biologique

29283 - BREST

Contrats CNEXO/UBO/COB 78/5608-78/5686

4-79

INTRODUCTION

I - PRESENTATION DU MILIEU

1. CONDITIONS PHYSICOCHEMISTIQUES
2. GRANULOMETRIE

II - MATERIEL ET METHODES

1. JUILLET 1977
2. SEPTEMBRE 1977
3. MAI 1978
4. JANVIER 1979
5. FEVRIER 1979

III - EXPLOITATION DES RESULTATS

1. MISE EN EVIDENCE DES GRADIENTS DE POLLUTION DANS LA RADE
2. ETABLISSEMENT DE LA CARTE DES ZONES POLLUEES DE LA RADE DE BREST

IV - ANALYSE DES STATIONS ETUDIEES

1. LE PORT INTERIEUR
2. L'ANSE DE CAMFROUT
3. LA PLATEFORME DU PORT
4. LE PORT EXTERIEUR
5. L'ANSE DE MOULIN BLANC
6. L'ANSE DE L'ARMORIQUE

V - EVOLUTION DU CONTINUUM BIOLOGIQUE ET DE LA STRUCTURE TROPHIQUE DU PEUPELEMENT LE LONG DU GRADIENT D'ENRICHISSEMENT EN MATIERE ORGANIQUE

CONCLUSION

INTRODUCTION

La précédente étude a permis de cerner l'ampleur et le type de dégradation provoqués par les contraintes anthropiques en Rade de Brest. Le présent travail a permis de définir l'impact de la pollution sur le peuplement installé sur ces zones précédemment reconnues. Les phénomènes étudiés sont provoqués par l'enrichissement en matière organique, des sédiments et de l'interface eau-sédiment. Cet excès de matière organique bénéfique à faible concentration est néfaste ensuite. Nous avons défini les différents stades de la dégradation du milieu et établi le parallèle entre la Rade de Brest et d'autres milieux benthiques pollués dans le monde. Nous avons pu montrer les réactions spécifiques à ces stress, mais aussi les modifications des structures même d'un peuplement, modulées selon l'intensité de la pollution. La complexité des phénomènes abordés nous a conduit à attendre les résultats d'un suivi complet de sept stations précises sur un an (commencé en mai 78) pour pouvoir définir la dynamique de cet ensemble de zones stressées. Il était indispensable d'avoir les données de ce présent travail avant d'évaluer les variations saisonnières naturelles et l'évolution à plus long terme de la région étudiée.

I - PRESENTATION DU MILIEU

Sur la base de la synthèse des différents travaux réalisés dans la Rade de Brest (★), nous pouvons situer nos stations quant à la pollution et aux paramètres physicochimiques. Ces différents travaux ont porté sur les masses d'eaux et non sur les sédiments et ces données ne peuvent donc être que des tendances, il est nécessaire d'obtenir des résultats plus précis sur les points que nous suivons, notamment dans les sédiments.

1. CONDITIONS PHYSICOCHIMIQUES

a) - *Sources de pollution et hydrologie*

La pollution, limitant l'installation ou la survie des espèces dans la Rade de Brest, est due à l'excès de la matière organique en certaines zones limitées, proches des sources.

La zone portuaire même a été l'objet de très peu d'analyses ou d'études hydrologiques. Le port de commerce entre l'épi des phares et balises et la station de dégazage est une zone de pollution intense. Les sources de pollution sont nombreuses : sorties d'égouts dans le fond des bassins, vidange de la cale de Radoub, déchets des différents bateaux et notamment accumulation de charbon dans le fond du bassin n° 5 et apport d'engrais et de différentes céréales au cours des déchargements de cargos.

(★) GERARD André, 1976 - Pollution de la rade de Brest. Bureau d'Etude de la SEPNE. 187 p.

D.D.E. Finistère, 1977 - Rade de Brest. Schéma d'aptitude et d'utilisation de la mer. Etude analytique et méthodologique. 169 p.

D.D.E. Finistère, 19 - SAUM de la Rade de Brest. Rapport préliminaire à la sous-commission environnement et cadre de vie. CNEOXO COB. 28 p.

Les courants de marée qui se font sentir entre les passes Ouest et Est du port de commerce affectent peu ou pas les bassins en retrait, d'où un faible renouvellement des eaux et une sédimentation sur place importante des déchets de toutes sortes. Nous verrons le rôle de ces courants de marée dans le port sur l'installation des espèces. Dans toute cette zone, les sédiments sont totalement réduits et chargés de méthane et d' H_2S . Ces conditions d'anaérobiose sont directement créées par la surcharge en matière organique.

Les anses de Moulin Blanc et de Camfrout sont aussi des zones directement atteintes par la pollution, en effet, elles reçoivent encore des eaux d'égouts malgré le raccordement de nombreux effluents au réseau d'assainissement. C'est ainsi qu'au débouché de l'égout de Moulin Blanc, le sédiment est totalement azoïque sur environ $500 m^2$ (prélèvements réalisés en février 79 donc dans des conditions hydrologiques les plus défavorables à l'anaérobiose). C'est la seule zone véritablement azoïque actuellement mise en évidence dans la rade. Ces deux anses sont peu affectées par les courants de marée (surtout entre la pleine mer et la mi-jusant où les courants y sont quasi nuls). Elles sont donc favorables à une sédimentation sur place des apports organiques, ce qui autoentretient la dégradation du milieu.

b) Salinité

Nos stations se situent dans les eaux moyennes de la rade. Elles sont peu en amont des rivières et très peu soumises aux eaux salées de l'océan (35,5 ‰). Leur salinité varie entre 26 et 33 ‰. Les eaux étant verticalement homogènes en rade de Brest, les échanges verticaux sont facilités, favorisant de ce fait, la dilution et la dispersion des effluents dans toute la rade. Par contre, l'évacuation finale de la rade sera très lente.

On peut donc voir la pollution à deux niveaux : d'une part une pollution ponctuelle importante sur les plateformes, dans les anses et les rias où débouchent les effluents (presque toujours au plus profond de l'anse),

d'autre part une pollution secondaire au niveau de l'ensemble des masses d'eaux de la rade. Actuellement, du point de vue bactérien et organique, cette pollution est très faible, mais elle augmente régulièrement malgré les travaux d'assainissement. Si notre étude ne la prend pas en considération, il est nécessaire de garder à l'esprit ce fait essentiel dû à la particularité qu'a la rade de Brest, d'être une mer presque fermée. Il suffit pour souligner ce problème, de se rappeler que A. GERARD (1976) a montré que les concentrations en détergents anioniques sont en rade, celles de la Loire en 1971.

2. GRANULOMETRIE

A chaque station suivie, l'analyse granulométrique des sédiments a été réalisée au laboratoire, à sec sur une série de tamis Afnor, sans décalcification.

L'analyse des courbes granulométriques (Fig. 1) montrent que toutes les stations ont une médiane variant entre 63 et 80 μ . Le percentile 25 % est toujours inférieur à 63 μ . Le percentile 75 % est compris entre 80 et 140 μ , sauf dans l'anse de Moulin Blanc, où le sédiment est plus grossier, (ce percentile 75 % se trouvant à 300 μ). Le taux de pélites varie de 30 à 70 %. Le port intérieur est le plus envasés : 85 %. Biologiquement, de telles courbes granulométriques correspondent avec les peuplements de vases sableuses. Dans l'analyse fine des peuplements, il faudra cependant surveiller les indicateurs de l'envasement dans l'intérieur du port et de la faune sabulicole dans l'anse de Moulin Blanc.

Dans l'ensemble, nous verrons cependant que les stations les plus éloignées granulométriquement (celles du port et de Moulin Blanc) montrent plus d'hétérogénéité du point de vue granulométrique que faunistique (en faisant abstraction des effets de la pollution), car la différence essentielle entre ces courbes granulométriques se joue sur la fraction grossière supérieure à 300 μ qui est essentiellement calcaire (débris de coquilles et de maërl) et il est connu que les espèces réagissent peu au taux de calcaire.

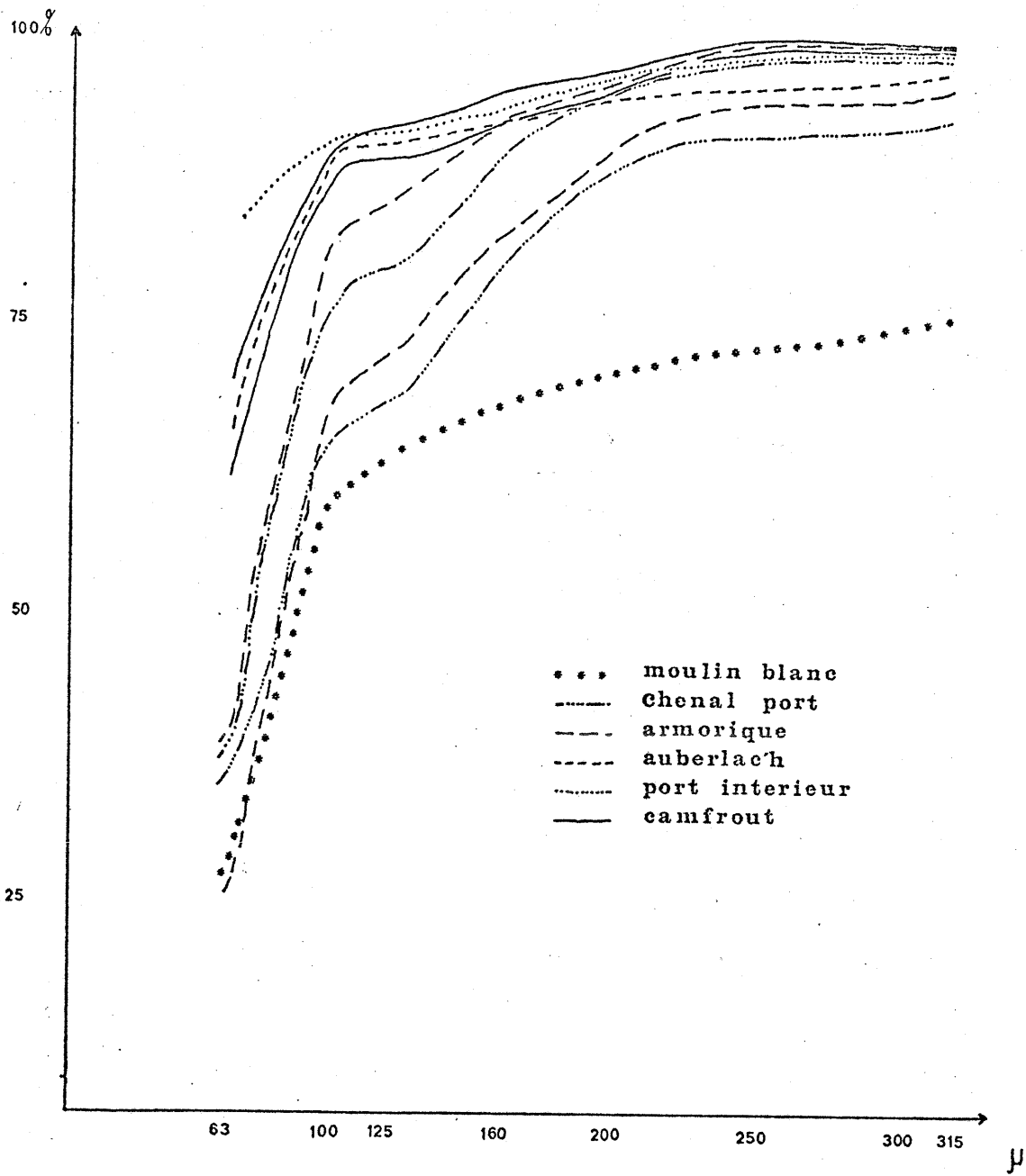


FIG. 1 - COURBES GRANULOMETRIQUES

A partir de ces courbes granulométriques, de l'observation sur le terrain des refus de tamis (évaluation des débris coquilliers et maërl mort), ainsi que de l'analyse faunistique, nous avons établi la carte biosédimentaire fine (Carte 1) des zones retenues. Cette carte montre que malgré quelques différences dues à l'hétérogénéité plus ou moins importante, les plateformes de 0 à 13 m occupant les anses affectées par les perturbations ont des fonds bien homogènes. Ceci est un atout important pour mener à bien cette étude de la pollution du domaine benthique. On peut penser en effet, que les conditions physicochimiques et granulométriques dans un milieu non perturbé seraient assez homogènes dans les différentes zones pour créer un peuplement unique de vases sableuses littorales avec simplement quelques faciès particuliers. Nous pouvons donc considérer les variations qualitatives et quantitatives des espèces dans les différentes stations comme des indices de perturbation du milieu naturel.

II - MATERIEL ET METHODES

Le présent rapport prend en compte 5 missions entre juillet 77 et février 79. Les stratégies d'échantillonnage étant différentes selon les missions, nous en exposons dans ce paragraphe les modalités.

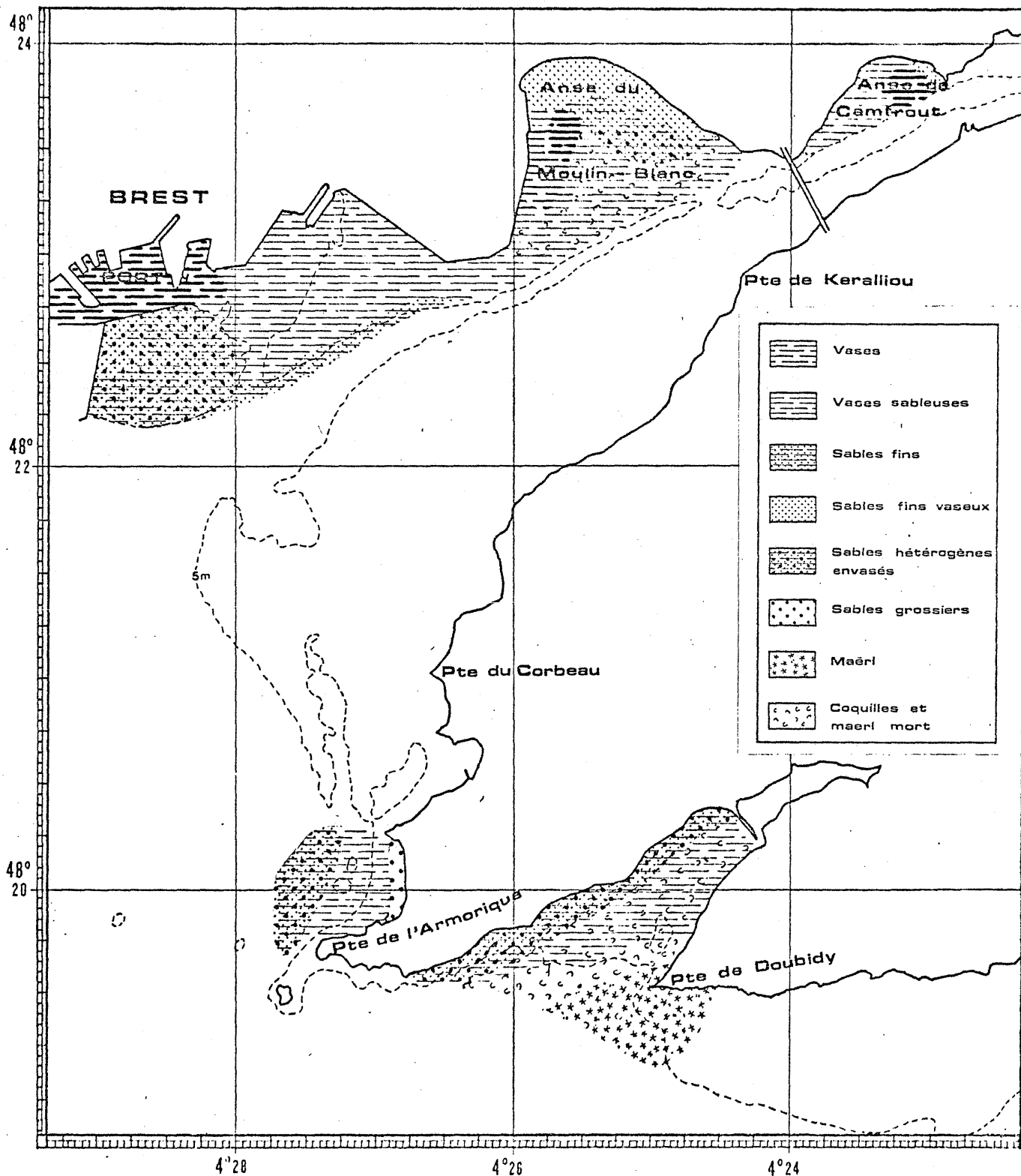
1. JUILLET 1977

Des prélèvements ont été effectués dans toutes les stations échantillonnées en avril 77 (cf. rapport CNEOX. GUILLOU M., Février 77), à raison de 2 bennes par station, et dans l'anse de Lanvéoc (Carte 2). Les densités (au 1/10 de m²)* des principales espèces déterminées sont relevées dans le tableau 1 qui a fait l'objet d'un rapport adressé au COB en janvier 79.

2. SEPTEMBRE 1977

Plusieurs prélèvements ont permis de quadriller la surface soumise à la pollution et de dresser la carte biosédimentaire (Carte 1) en inté-

* Les données des tableaux suivants sont également des données brutes au 1/10 m².



CARTE 1 - Carte biosédimentaire des secteurs étudiés

grant les données de juillet 77. Pour l'analyse de la pollution, nous n'avons conservé que les stations homogènes granulométriquement (Carte 3) dont les résultats figurent dans le tableau 2. Cette mission a permis de fixer la position des 7 stations pour le suivi, à partir du mois de mai 78 (Carte 4).

3. MAI 1978

C'est la première mission du suivi avec 8 bennes pour chaque station, 5 bennes pour l'analyse faunistique et 3 bennes pour l'étude des biomasses. L'emplacement des stations est matérialisé par une bouée muillée. Dans la zone portuaire où ce mouillage n'est pas possible, les stations sont localisées par des amers très précis. Les 8 bennes sont faites par le navire au mouillage dans une zone inférieure à 100 m². Les résultats donnés dans le tableau 3 sont des moyennes établies sur 5 bennes dans toutes les stations, sauf le port intérieur (3 bennes).

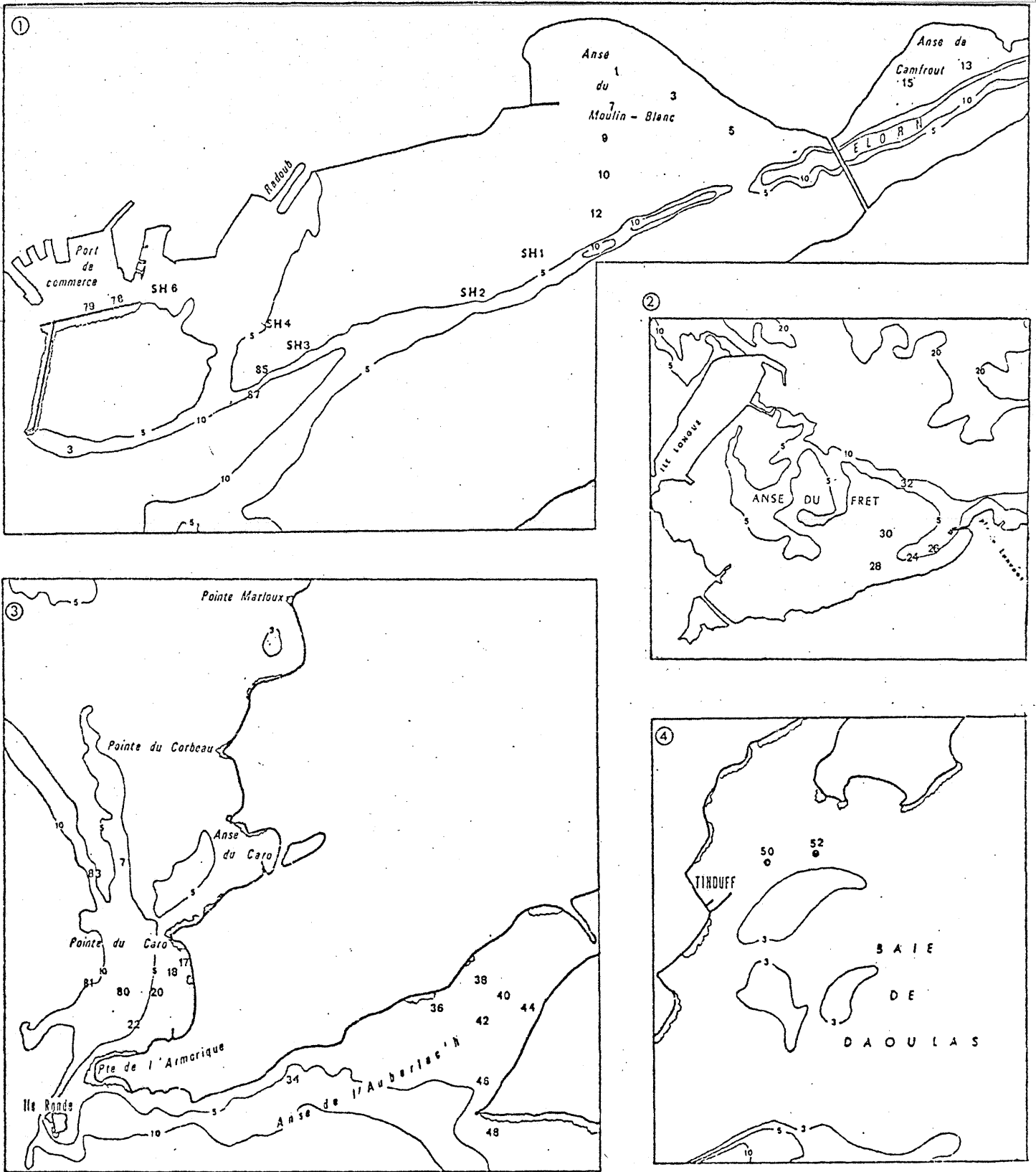
4. JANVIER 1979

En dehors des points réalisés aux stations du suivi, nous avons fait un certain nombre de points supplémentaires (Carte 5), pour affiner le gradient de pollution dans la zone portuaire et l'anse de Camfrout. Ces points supplémentaires dont l'analyse faunistique est représentée dans les tableaux 4 et 5, sont étudiés dans ce rapport.

5. FEVRIER 1979

Au vu de l'analyse des points supplémentaires, nous avons fait des prélèvements sur l'estran à basse mer, à la sortie même des égouts, dans le bassin des pêcheurs du port de commerce et sur la plage de Moulin Blanc (Carte 6). Ces résultats permettent une approche comparative des milieux pollués exondables et non exondables (Tableau 6).

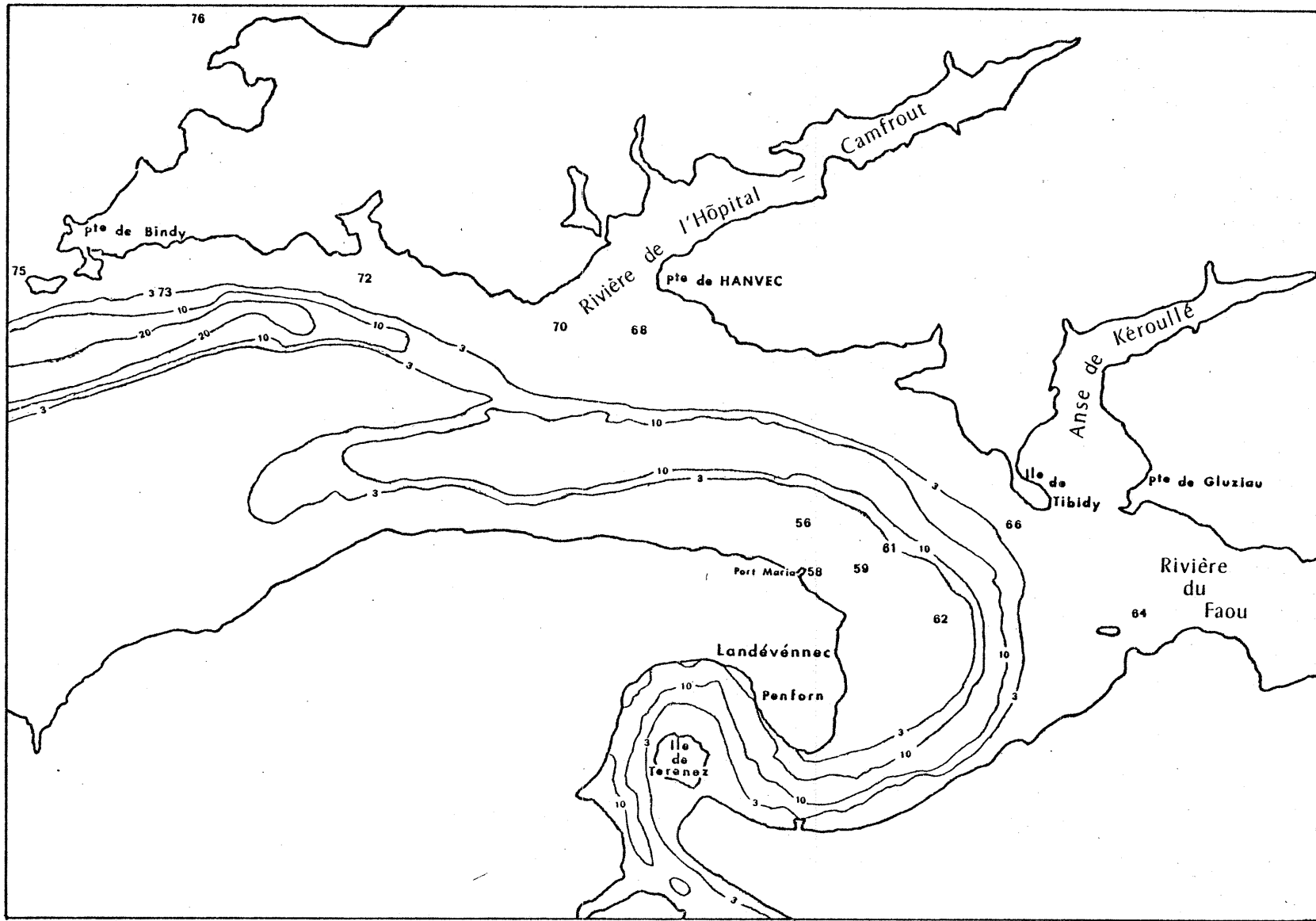
Dans ce rapport nous ne présentons donc pas d'analyse du cycle des peuplements dans les zones polluées. Ceci nécessiterait un cycle annuel au minimum et le suivi n'ayant commencé qu'en mai 1979, il est donc trop tôt pour parler de succession temporelle. Il était de toute façon indispensable de bien connaître les zones polluées, les différents gradients de pollution et tout le contexte dans lequel nous pouvons comprendre l'évolution. C'est ce qui est présenté ici.

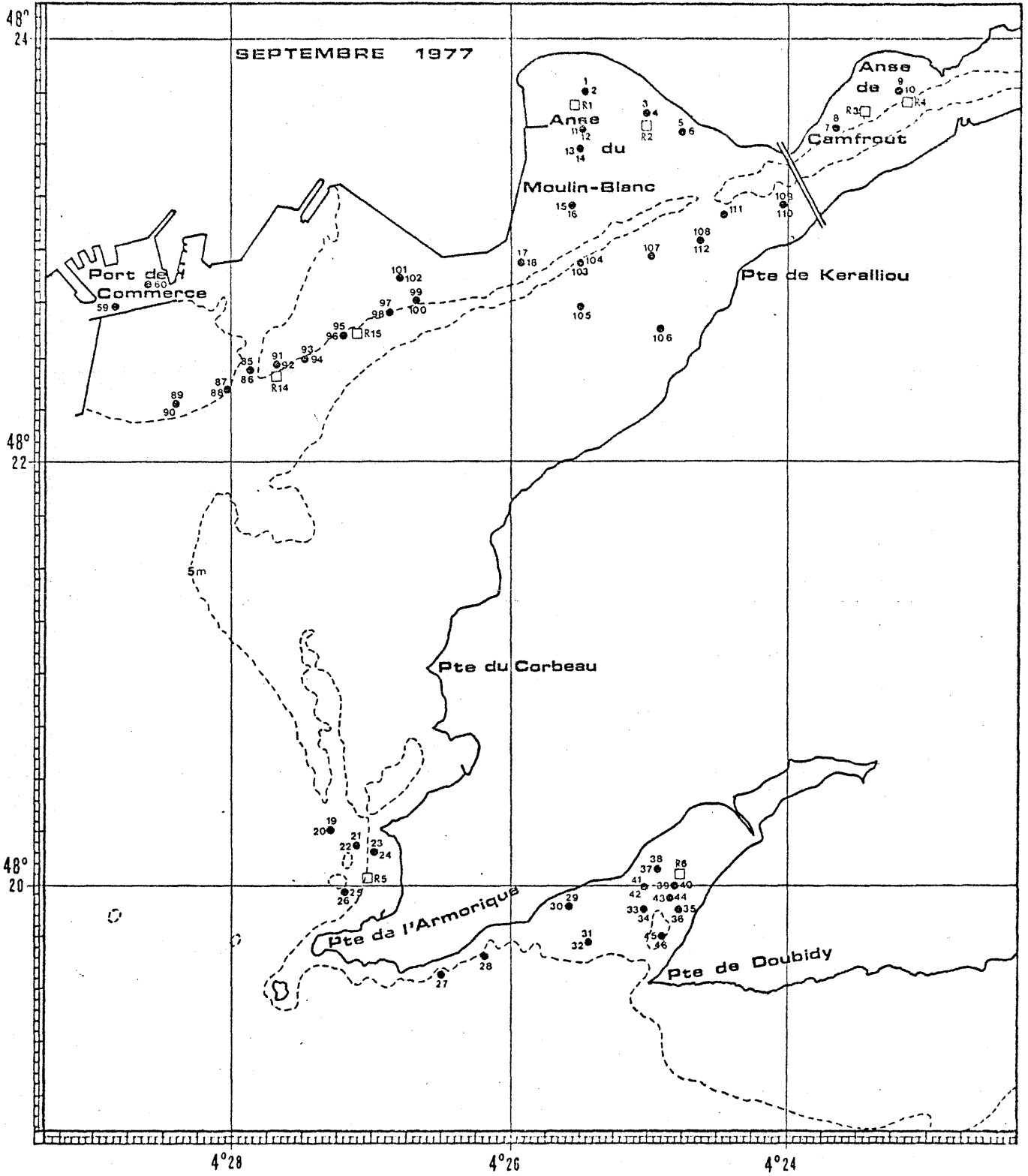


CARTE 2 - LOCALISATION DES POINTS EFFECTUES A CHAQUE STATION EN JUILLET 1977

- 1 - Port - Anse du Moulin Blanc - Anse de Camfrout
- 2 - Lanvéoc
- 3 - Anse de l'Armorique
- 4 - Tinduff

CARTE 2bis - LANDEVENNEC





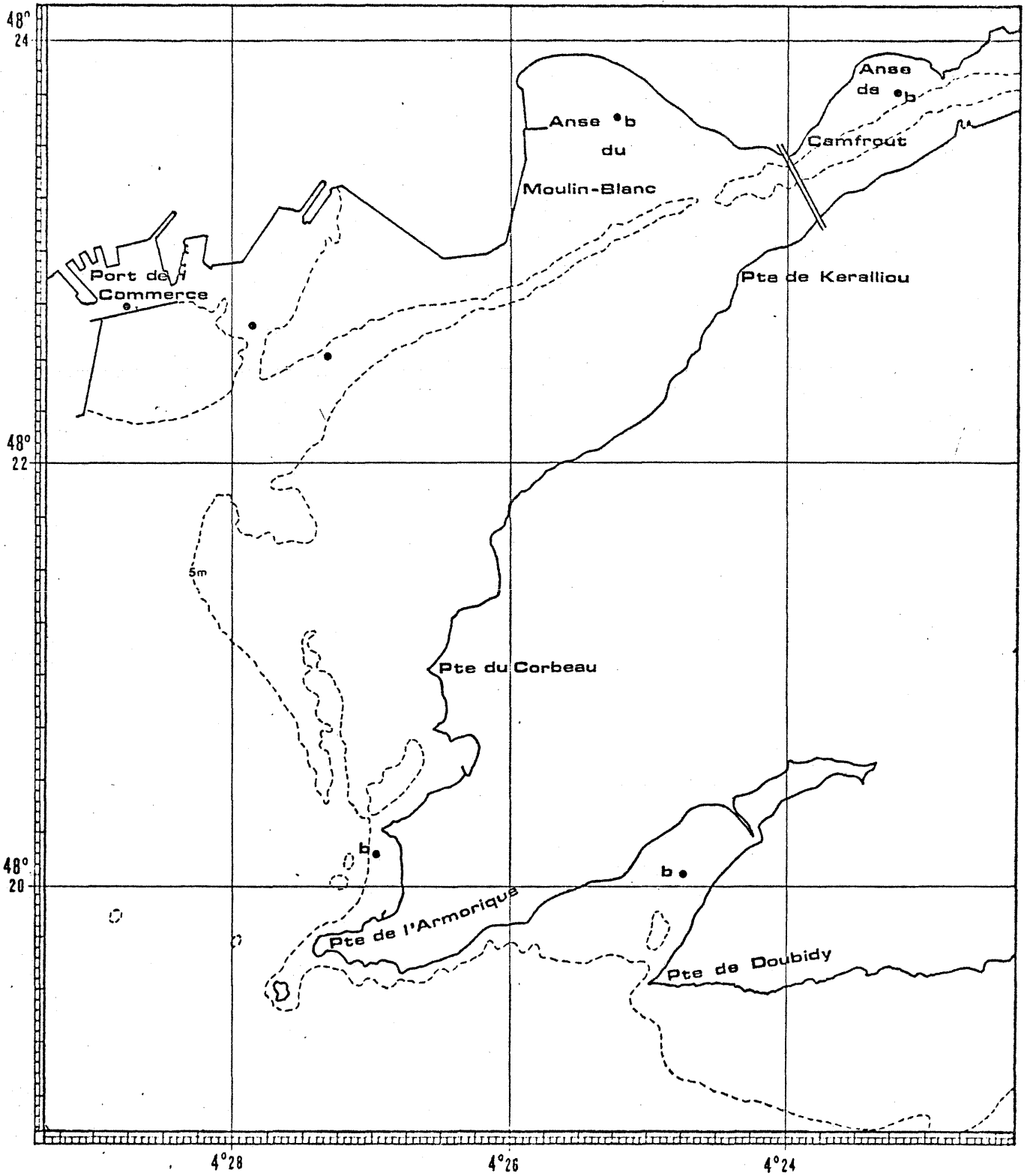
CARTE 3 - Localisation des points de Septembre 1977

	CAIRO			AUBERLAC'H			MOULIN BLANC			PORT EXT.			CAMFROUT		PORT INT.		
	21	23	25	35	37	38	3	11	13	87	88	89	7	9	59	60	
	22	24	26	40	41	38	4	12	14	94	88	89	8	10	59	60	
SCALIBREGMA INFLATUM	5					2	4				3	25		1			
PISTA CRISTATA	10							2	5			2			1		
EUNICE VITTATA	1			2		1			1		9	4					
TEREBELLIDES STROEMI	2				3	1	1						3	1			
SABELLA PAVONINA	2	1				1	1	3	1	1	1	1		1			
OWENTA FUSIFORMIS		1	1							1	3	2					
STENELAIS BOA	2					1					1	2		2			
LEUCOTHOE INCISA				1			1	2									
AMPELISCA BREVICORNIS		12		1													
AMPELISCA TENUICORNIS	1	11	1			1											
AMPELISCA SPINIMANA			1	2	1	3						1					
ENSIS SILIQUA										4							
GLYCERA CONVOLUTA		1					4	1	2			1					
VENUS GALLINA							1				1	1					
CULTELLUS PELLUCIDUS		1		1		1					1	2			1		
LUMBRINEREIS GRACILIS				1						1	1	1			1		
LUTRARIA LUTRARIA		2								1			1			3	
PECTINARIA KORENI		1				1						2		1	1		
POECILOCHATUS SERPENS	1	5	1			7					2						
CIRRIFORMIA TENTACULATA							15	1	32							1	
HETEROCIRRUS BIUCULATUS	11			1	1		18	1	1		4	30		1			
POLYDORA FLAVA	1	1		1			10		1								
PHYLLODOCE MACULATA	1	3	2	1		3	9	1	1					1	5	2	
EUMIDA sp.		3	1			2	4		2						2	1	
LUMBRINEREIS LATREILLI	2		1	1		2			2		1	3			11	5	
POLYDORA ANTENNATA	7	21	7	3	1	5	12	5	15		5	5	1	8	13	18	
APSEUDES LATREILLI	1	23	9	26	26	47	5	3	1			1			60		
CHAETOZONE SETOSA	63	19	4	39	4	20	85	4	105	3	47	136	1	3	512	830	
THYASIRA FLEXUOSA	2	9	7	2	2	5	1	3		1	2	1		4	15	5	
NEPHTYS HOMBERGII	4	6	4	3	2	11	2	2	2	5	7	10	11	19	3		
NOTOMASTUS LATERICEUS	8	9	5	30	22	35	24	88	6	16	10	12	1	2	17	6	
MARPHYSA BELLII	1	2	3			1	1	11				1			18	6	
MELINNA PALMATA	2	85	61	28	37	86	114	175	95	97	30	2	57	181	22	7	
AMPHARETE GRUBEI	4	29	17	4		9	23	4	16	5	5	1		11	5	3	
ABRA ALBA	1	5	9	5	1	15	3		1	8	1	4	1	2	6	4	
CLYMENE OERSTEDII	11	15	17	17	10	24	10	3	1		12		1	6	4		
GLYCERA UNICORNIS		2		2		1				1	1				2		
CLYMENE MODESTA	4	8	12			1				4		6		2			
MAGELONA ALLENI	2	3	1	6	2	4	1						2				
NEMATONEREIS UNICORNIS	15	5	5			20	1	1	3	1	1	3					
LANICE CONCHILEGA	1	2	1				1	2	1		1	1					
LEIOCHONE CLYPEATA		1	4	1		5	15										
MICRODEUTOPUS DAMMONTIENSIS				8	4	11	3							1			
GAMMARUS LOCUSTA							3	2									
SCOLELEPIS FULGINOSA							4									2	
HARPINTIA sp.	6	12	10				1										
ABRA NITIDA				3	7									1			
LEANIRA VHLINT														2	1		
AMPELISCA SPINIPES														2	2		
	S	56	51	40	42	17	47	45	29	26	15	37	47	13	30	34	18
	A	192	322	187	192	128	345	403	224	218	155	155	293	78	292	894	906
	H	3,70	4,03	3,13	3,48	4,16	2,72	2,28	2,75		3,91		1,28	2,15			
		4,22	4,19	3,87	3,46	4,18	3,88	0,86	2,26	2,15	3,42		1,68	2,20	2,3	0,71	

TABLEAU 2 -

SEPTEMBRE 77

POINTS FIXES SUIVIS DEPUIS AVRIL 78 - (b : bouée)



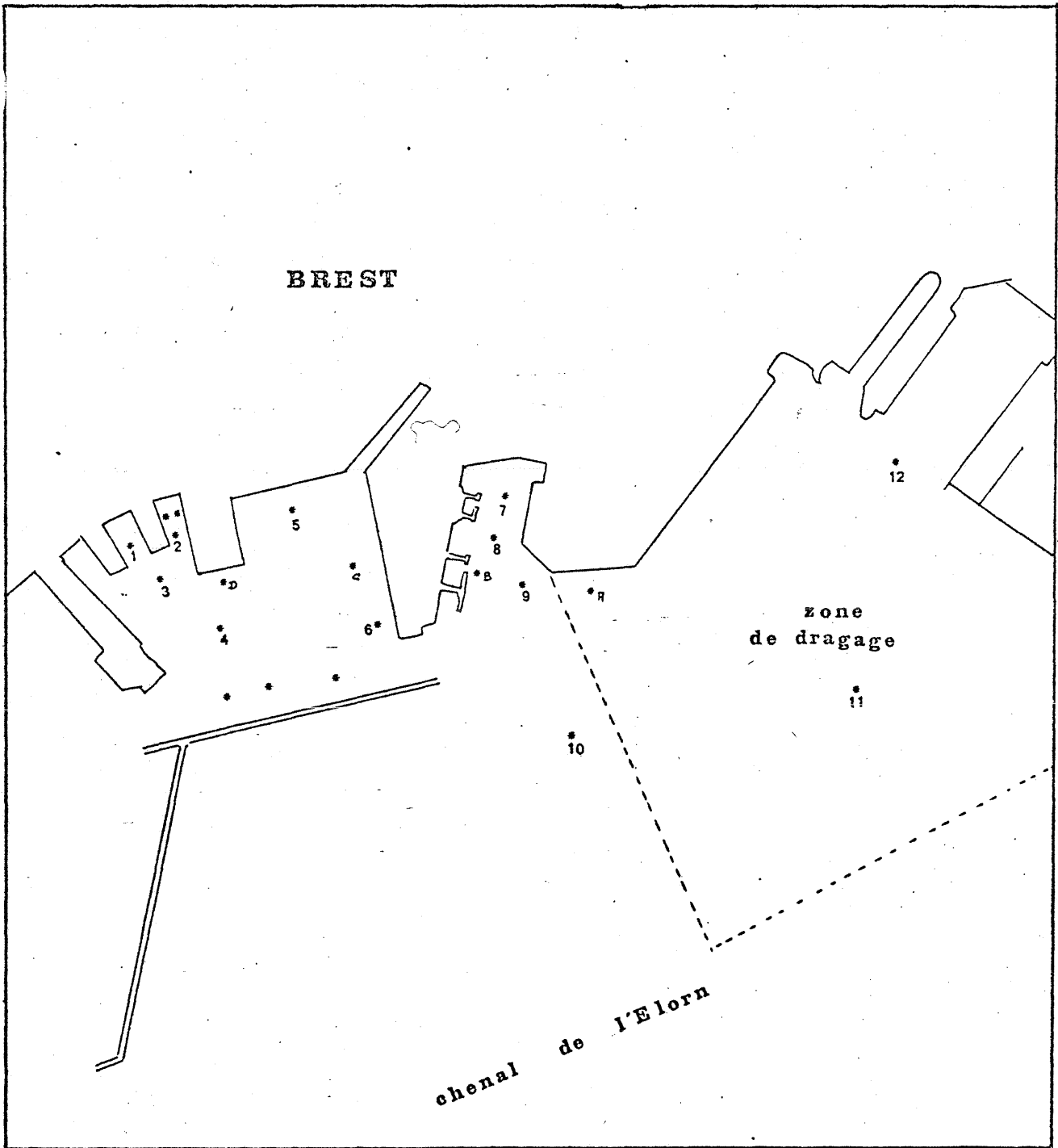
CARTE 4

	CARO	M-B	P.EXT.	CAMF	P.PL.F.*	P.INT.
SCALIBREGMA INFLATUM	1	1	1			
PISTA CRISTATA		5				
EUNICE VITTATA		+				
TEREBELLIDES STROEMI	+					
SABELLA PAVONINA	+	1				
GONIADA EMERITA		5				
LUCINOMA BOREALIS		9				
AMPELISCA BREVICORNIS	+					
AMPELISCA TENUICORNIS	+					
OWENIA FUSIFORMIS			4		+	
VENUS GALLINA	1					3
LUMBRINEREIS GRACILIS		+				2
CULTELLUS PELLUCIDUS		+	1	+	+	
LUTRARIA LUTRARIA	1		1		+	
PHORONIS sp.	3	2	2	+		
PECTINARIA KORENI	+	+				+
POECILOCHATUS SERPENS	5	1	2			
POLYDORA ANTENNATA	+	+	1	+	+	1
AONIDES OXYCEPHALA		1	1		+	
SPIO FILICORNIS		1	+			1
APSEUDES LATREILLI	11	25				
CIRRIFORMIA TENTACULATA	+	31				
PRIONOSPIO MALMGRENI	1	38	7			5
HETEROMASTUS FILIFORMIS		4				+
POLYDORA QUADRILOBATA		6				
CIRRATULIDAE sp.		4				4
CAPITELLA CAPITATA						4
POLYDORA FLAVA	1	4	1			69
CHAETIZONE SETOSA	1	215	47	7	1	1035
THYASIRA FLEXUOSA	14	9	15	1	+	10
MARPHYSA BELLII		+				12
NEPHTYS HOMBERGII	4	11	7	26	2	7
NOTOMASTUS LATERICEUS	6	28	12		+	10
PHYLLODOCE MACULATA	1	1	1			3
MELINNA PALMATA	150	258	61	35	1	31
AMPHARETE GRUBEI	18	38	8	1	1	15
ABRA ALBA	1	1	21		1	3
CLYMENE OERSTEDII	16	25	31	1		
CLYMENE MODESTA	8	2	7			+
NEMATONEREIS UNICORNIS	3	3	2			+
AMPELISCA SPINIPES				3		
CUCUMARIA ELONGATA				6		+
ABRA NITIDA		+		1		
CERIANTHUS sp.						2
NOMBRE DE BENNES	5	5	4	5	7	3
S	63	60	38	29	20	45
A	255	739	247	87	11	1235
H	2,25 à 3,0	2,63 à 3,19	3,16 à 3,75	1,81 à 2,60	0 à 2,93	0,96 à 1,58
H	2,65	2,93	3,42	2,25	1,79	1,20

TABEAU 3 -

MAI 78

* (P. PLF. :Port plate-forme)



PRELEVEMENTS JANVIER 78

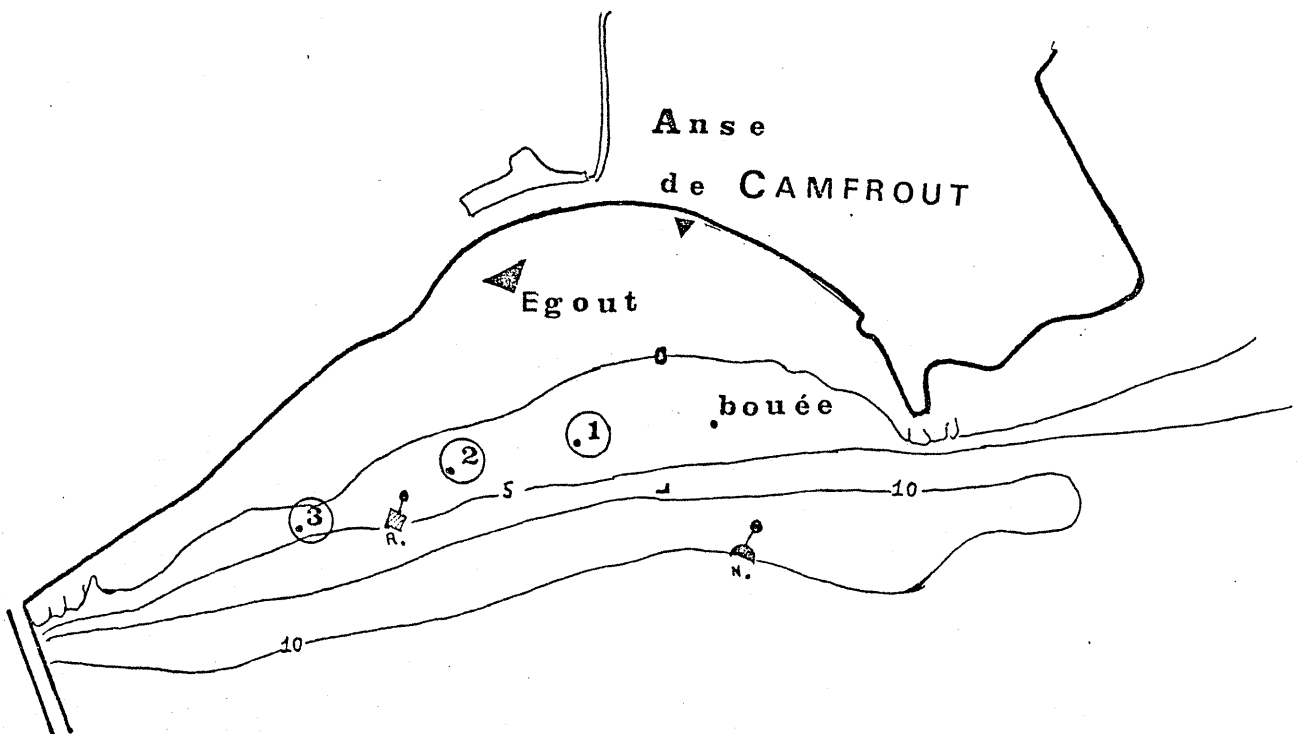
CARTE 5 - Points supplémentaires effectués à l'intérieur des bassins du Port

	8	2	7	1	3	5	D	9	12	C	4	10	11
NEPHTYS HOMBERGII	3	2		39	18	27	52	28	11	40	9	24	14
THYASIRA FLEXUOSA	1			1	16	1	4	7			5	5	1
CHAETOZONE SETOSA	2	3	34	7	16	71	80	103	15	99	892	51	19
CAPITELLA CAPITATA		1	7								4		
CIRRIFORMIA TENTACULATA		1									1		
POLYDORA FLAVA			1	1		1					228	1	
CAPITOMASTUS MINIMUS				1							1		
PHOLOE MINUTA		1	1								9		
CERIANTHUS sp.	1				2		2			1		1	
MELINNA PALMATA		1		1	2	1	3	19	1	4	39	13	1
AMPHARETE GRUBEI			2			1					10		
STENELAIS BOA						1							
LEUCOTHOE INCISA						1							
HETEROCIRRUS BIOCULATUS							1						
EUDORELLA TRUNCULATA							1						
COROPHIUM RUDICORNIS								12			7		1
PHILINE APERTA								1				2	1
OPHIODROMUS FLEXUOSUS									1		1		
LAPIDOPLAX DIGITATA									1				
HALCAMPÀ sp.									1	1	5		
STYLARIOIDES PLUMOSA									1			1	
HARMOTHOE LUNULATA									1				
NOTOMASTUS LATERICEUS									1	1	11	3	
LUMBRINEREIS IMPATIENS									1		4		
ABRA ALBA					1					1		5	11
SPIO FILICORNIS										1			
PYGOSPIO ELEGANS										1			
PHORONIS sp.										1			
PLATHELMINTHES										1			
UPOGEBIA DELTAURA											1		
MARPHYSA BELLII											11		
HETEROMASTUS FILIFORMIS											3		
LUMBRINEREIS LATREILLI											2		
CIRRATULIDAE sp.											1		
GONIADA MACULATA											1		
POLYCIRRUS sp.											2		
PHYLLODOCE sp.											2		
METAPHOXUS PECTINATUS											1		
NEMATONEREIS UNICORNIS											1		
CARDIUM PAPILLICORNIS											1		
APSEUDES LATREILLI												8	
ABRA NITIDA												1	
AMPELISCA SPINIPES												2	
PECTINARIA KORENI												4	
LUMBRINEREIS FRAGILIS												1	
CULTELLUS PELLUCIDUS											1		1
OPHIURA TEXTURATA													1
AMPELISCA BREVICORNIS													1
S	4	6	5	6	6	8	7	6	10	11	27	15	10
A	7	9	45	50	55	104	143	170	34	151	1253	122	51
H	1,84	2,41	1,16	1,12	2,01	1,26	1,44	1,72	2,24	1,42	1,53	2,73	2,29

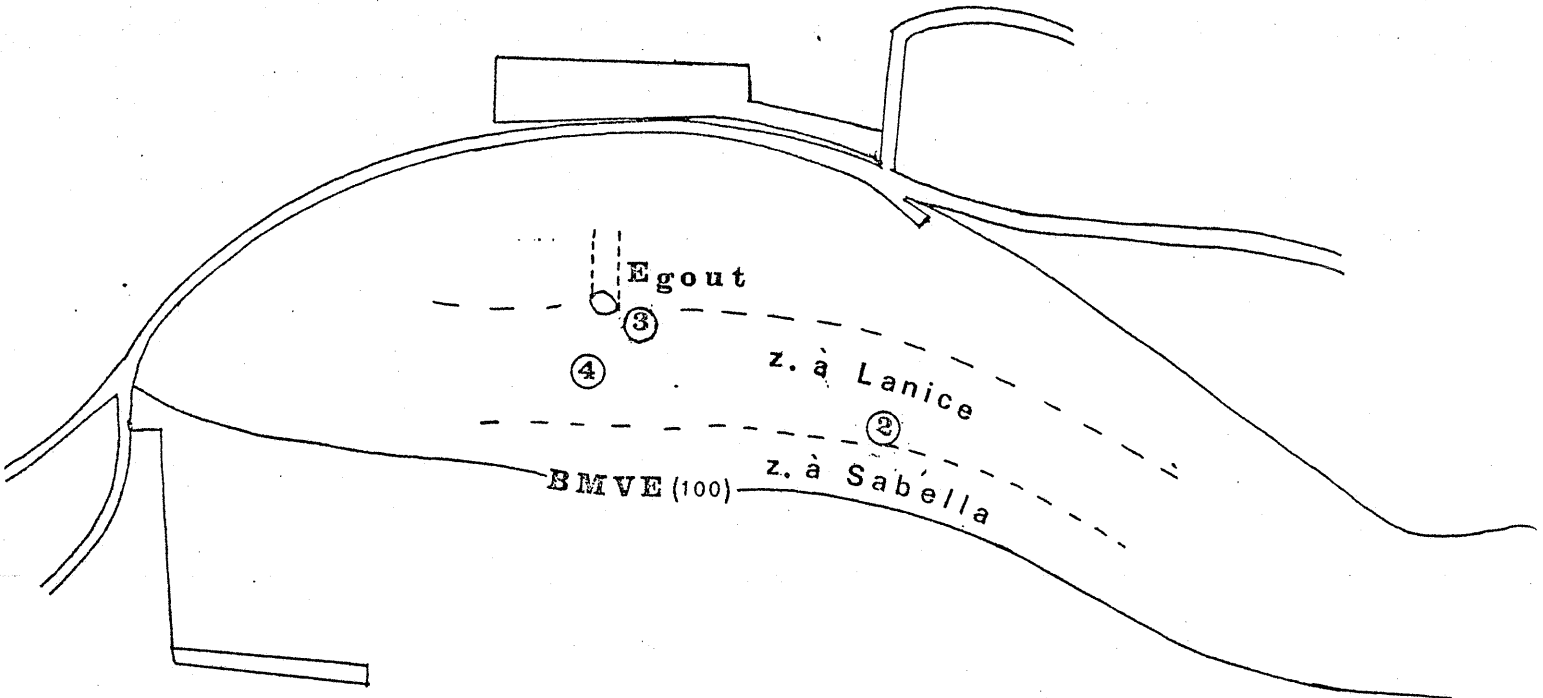
TABLEAU 4 - Prélèvements effectués à l'intérieur du Port en Janvier 1979

TABLEAU 5 - Prélèvements effectués dans l'Anse de Camfrout en Janvier 1979

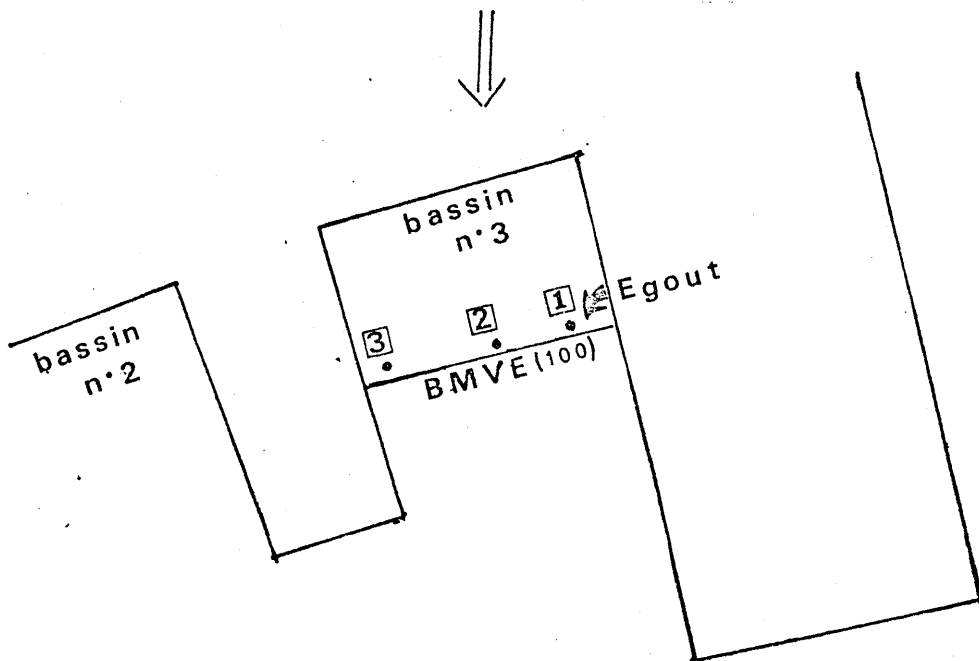
CAMFROUT	2	1	3
<i>NEPHTYS HOMBERGII</i>	30	34	34
<i>CHAETOZONE SETOSA</i>	7	6	6
<i>CIRRIFORMIA TENTACULATA</i>		28	5
<i>HETEROCIRRUS BIOCULATUS</i>	4		
<i>THYASIRA FLEXUOSA</i>	1	1	1
<i>MELINNA PALMATA</i>	17	10	3
<i>NOTOMASTUS LATERICEUS</i>		1	
<i>CLYMENE OERSTEDII</i>	1	2	
<i>AMPELISCA SPINIPES</i>	18	2	2
<i>DENTALIUM NOVEMCOSTATUM</i>		1	
<i>PHORONIS sp.</i>		1	
<i>CHEIROCRATUS SUNDEVALLI</i>		1	1
<i>TAPES DECUSSATUS</i>		5	
<i>LANICE CONCHYLEGA</i>			1
<i>HARMOTHOE LUNULATA</i>			2
<i>POLYCIRRUS sp.</i>			1
<i>AORA TYPICA</i>			1
S	7	12	11
A	78	92	57
H	2,14	2,48	2,17



MOULIN - BLANC



Port des pêcheurs



Prelevements d'estran (Fevrier)

TABLEAU 6 - Prélèvements effectués en zone intertidale en Février 1979

MOULIN - BLANC

(26 février 1979)

	3	4	2	1	
LANICE CONCHILEGA	a z o i q u e	2	16		
NEPHTYS HOMBERGII		6	6		
OPHIODROMUS FLEXUOSUS		1	-		
CARCINUS MOENAS		1	2		
CIRRIFORMIA TENTACULATA				25	
NOTOMASTUS LATËRICEUS				19	
CHAETIZONE SETOSA				19	
MELINNA PALMATA				15	
AMPHARETE GRUBEI				3	
POLYCIRRUS sp.				4	
HETEROMASTUS FILIFORMIS				2	
CIRRATULIDAE sp.				2	
PRIONOSPIO MALMGRENI				2	
PARAONIS LYRA				2	
EULALIA SANGUINEA				2	
PHYLLODOCE MUCOSA				2	
GLYCERA UNICORNIS				2	
GONIADA MACULATA				1	
NEMATONEREIS UNICORNIS				1	
MARPHYSA BELLII				1	
HALCAMPÀ sp.				1	
PHORONIS sp.				1	
AMPELISCA BREVICORNIS				2	
SPIOPHANES BOMBYX				1	
		S	4	23	
		A	10	131	
	H	2,13	3,63		

PORT DES PECHEURS

	1 (égout)	2	3	
OLIGOCHETES	156	100	67	
CAPITELLA CAPITATA	75	6	1	
CIRRIFORMIA TENTACULATA	13	16		
SYLLIS sp.	1			
APSEUDES LATREILLI	1			
GLYCERA ALBA	1			
NEREIS CAUDATA	-	1	1	
	S	6	4	3
	A	247	123	69
	H	1,26	0,89	0,22

III - EXPLOITATION DES RESULTATS

1. MISE EN EVIDENCE DES GRADIENTS DE POLLUTION DANS LA RADE

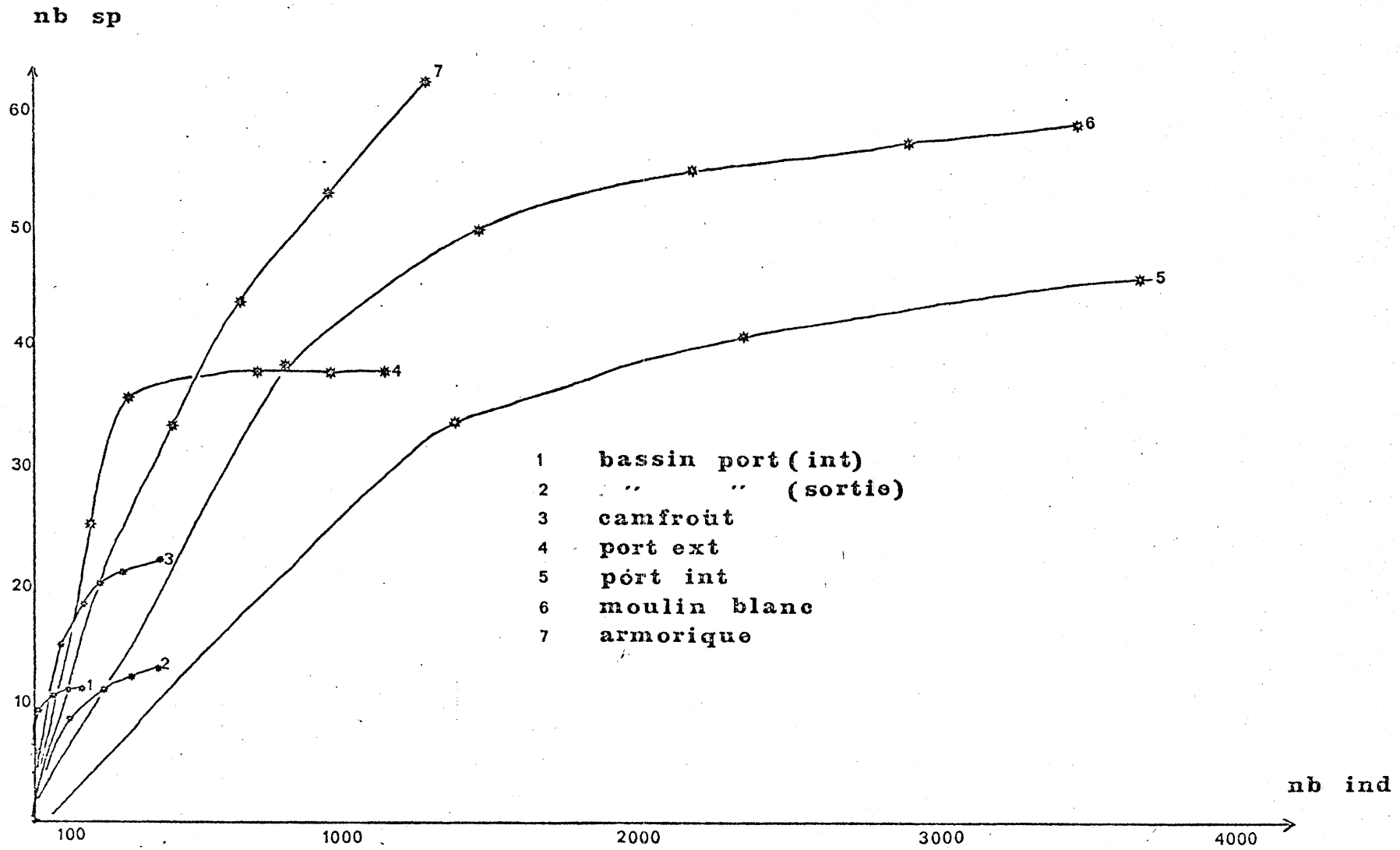
Les peuplements benthiques en milieu pollué ont déjà fait l'objet de nombreuses études. Si les milieux et les efforts sont différents, les résultats montrent une frappante homogénéité, en effet, l'impact de la pollution sur les peuplements se manifeste essentiellement par l'enrichissement en matière organique. Les phénomènes biologiques sur un gradient d'enrichissement en matière organique vont se retrouver d'une région à l'autre et d'un peuplement à l'autre. PEARSON & ROSENBERG (1978) l'ont tout récemment démontré en faisant la synthèse des différents articles déjà parus sur le sujet. Il était intéressant de reprendre leur démarche pour situer nos résultats dans ce cadre général et en tirer les originalités de la rade de Brest.

- Méthode de raréfaction de SANDERS

Cette méthode détaillée par SANDERS (1968) permet de mesurer la diversité en se basant sur le nombre d'espèces présentes dans un échantillon ou un ensemble d'échantillons homogènes. Elle possède l'avantage de visualiser sous forme de courbes, la diversité spécifique et donc de traduire indirectement la stabilité du milieu étudié. Elle a été fréquemment utilisée pour étudier les effets de la pollution organique sur les communautés benthiques (PEARSON, 1973 ; ROSENBERG, 1973, 1975, 1976a etc...

Dans le cas présent, sur la figure 2, les courbes, (1) intérieur des bassins du port, (2) sortie des bassins du port, (3) anse de Camfrout, font apparaître un faible nombre d'espèces (< 25). L'existence d'une asymptote montre que la plupart des espèces présentes sont échantillonnées dans les 5 benne et la majeure partie d'entre elles très rapidement (75 % en 2 benne à la sortie des bassins, 90 % en 2 benne dans les bassins, 90 % en 3 benne à Camfrout). Par ailleurs, le nombre d'individus présents est faible (450 pour 5 benne).

FIG. 2 - Courbes de rarefaction



Les courbes 6 et 7 présentent le plus grand nombre d'espèces (58 dans l'anse de Moulin Blanc ; 66 dans celle de l'Armorique). Dans l'anse de Moulin Blanc, l'asymptote traduit un échantillonnage quasi complet de la population, ce n'est pas le cas dans l'anse de l'Armorique, où la courbe non stabilisée laisse prévoir l'existence d'espèces supplémentaires. Par contre, le nombre d'individus est bien supérieur dans la première anse (3 500 individus en 5 bennes) que dans la seconde (1 300 pour un nombre identique de prélèvements).

Les courbes 5 et 7 faites sur des prélèvements réalisés respectivement du côté intérieur des jetées du port et dans le chenal atteignent un nombre d'espèces intermédiaire (38 et 46). La totalité de la population est rapidement échantillonnée dans le chenal (95 % des espèces en 1 benne) où le nombre d'individus est considérablement inférieur à celui du port intérieur (1 200 individus en 5 bennes contre 3 700 en 3 bennes seulement).

De ceci on peut déduire que la station de l'anse de l'Armorique possède le plus grand nombre d'espèces par rapport au nombre d'individus et appartient donc au peuplement le plus stable. Dans les stations de Moulin Blanc, du port extérieur et du port intérieur, la diminution du nombre des espèces présentes dans l'anse de l'Armorique, témoigne d'un déséquilibre du peuplement par rapport à cette première station. Ce déséquilibre est d'autant plus important que le nombre d'individus est fort, ceci est souvent lié à la forte dominance d'une ou deux espèces opportunistes dans un milieu dégradé. Le nombre très important d'individus présents dans les stations du port intérieur laisserait supposer un tel état de fait, mais ce genre de courbes ne permet pas de le confirmer. Par contre, le faible nombre d'espèces présentes à Camfrout, à l'intérieur et à l'extérieur des bassins du port, témoignent d'un profond déséquilibre. Le petit nombre d'individus indiquerait que même les espèces opportunistes ne peuvent se développer en quantité très abondantes, ce qui confirmerait donc une dégradation continue du milieu.

Si cette technique est une méthode directe de comparaison de la richesse spécifique des différentes stations et donne une idée générale de la stabilité du milieu, elle ne prend cependant en compte que les nombres d'espèces présentes dans un échantillon. Ne tenant pas compte de la dominance des espèces dans un prélèvement, elle ne traduit pas entièrement les caractères du milieu. Aussi, avons nous jugé utile de compléter cette technique par l'utilisation de l'indice de diversité de Shannon.

- Indice de diversité de SHANNON

L'indice de diversité de SHANNON (H) a été appliqué aux prélèvements de mai 1978 et janvier 1979. En juillet et septembre 1977, seules les stations qui se rapprochent le plus des points actuellement suivis sont considérées. Les résultats consignés au bas des différents tableaux ont été visualisés sur la figure 2 qui reprend une des démarches utilisées par PEARSON & ROSENBERG (1978).

Cette figure montre les variations de H en fonction du gradient de pollution représenté par une radiale fictive, depuis le point considéré comme le plus pollué dans le port, jusqu'au point le plus propre dans l'anse de l'Armorique (et éventuellement de l'Auberlac'h). La courbe traduit une brusque augmentation de la diversité qui décline ensuite avant de croître à nouveau jusqu'à une phase de stabilisation. Septembre 1977 illustre le mieux ces différents stades que l'on retrouve cependant plus ou moins parfaitement en juillet et mai.

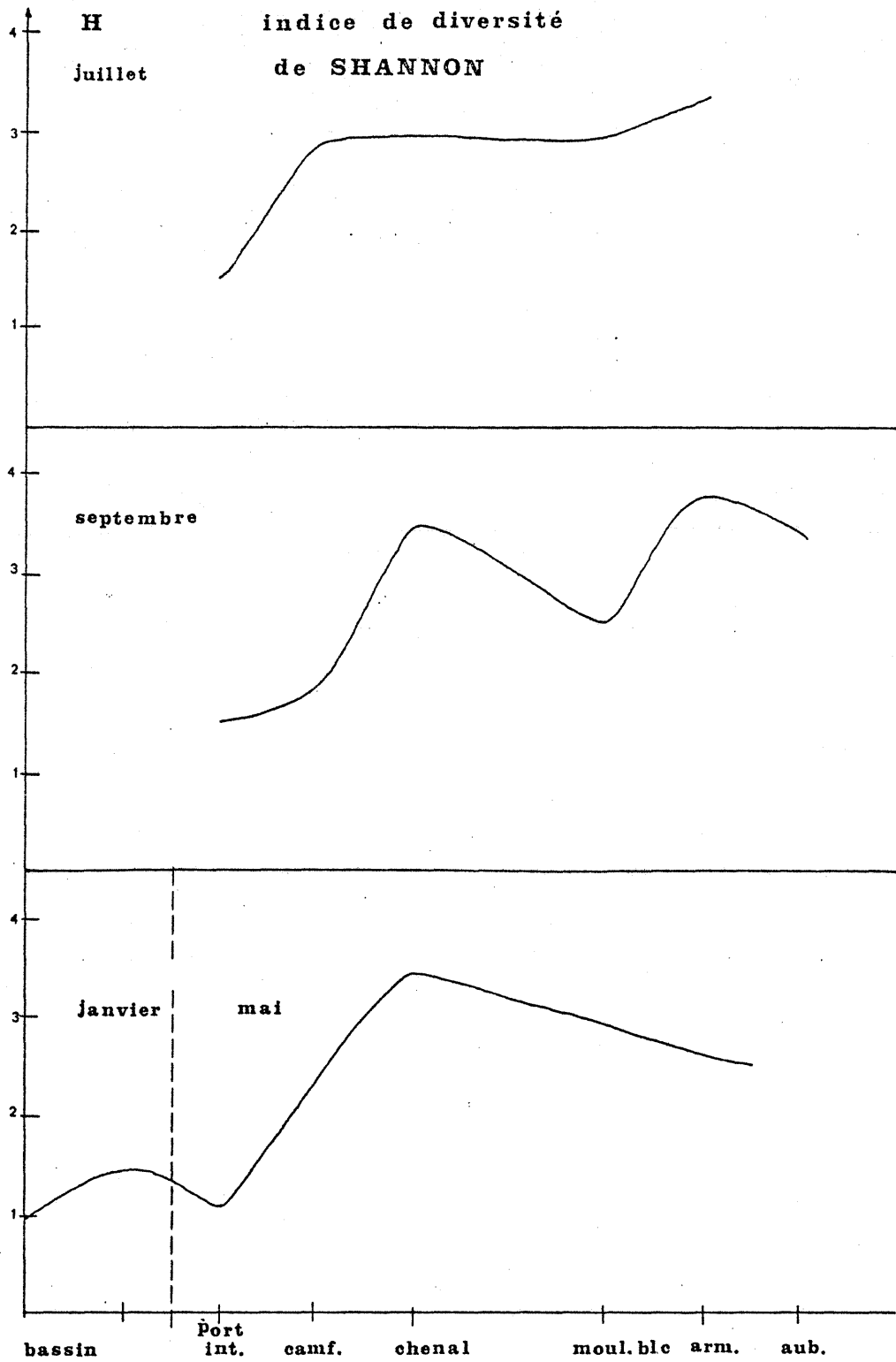


FIG. 3 - Représentation de la diversité en fonction de l'enrichissement en matière organique

Pour comprendre ces résultats et les comparer à ceux obtenus par la méthode de raréfaction de SANDERS, il est nécessaire de continuer à suivre la démarche des deux auteurs cités.

- Les courbes S.A.B. *

PEARSON & ROSENBERG ont repris le nombre d'espèces présentes à chaque station et l'ont représenté sur un graphe en fonction du gradient de pollution et non plus du nombre total d'individus ou abondance, laquelle est figurée en parallèle. Un troisième paramètre, la biomasse, pourrait être pris en compte. Ses variations seront envisagées ultérieurement. Les résultats déduits des données de mai 1978, sont mis en évidence sur la figure 3.

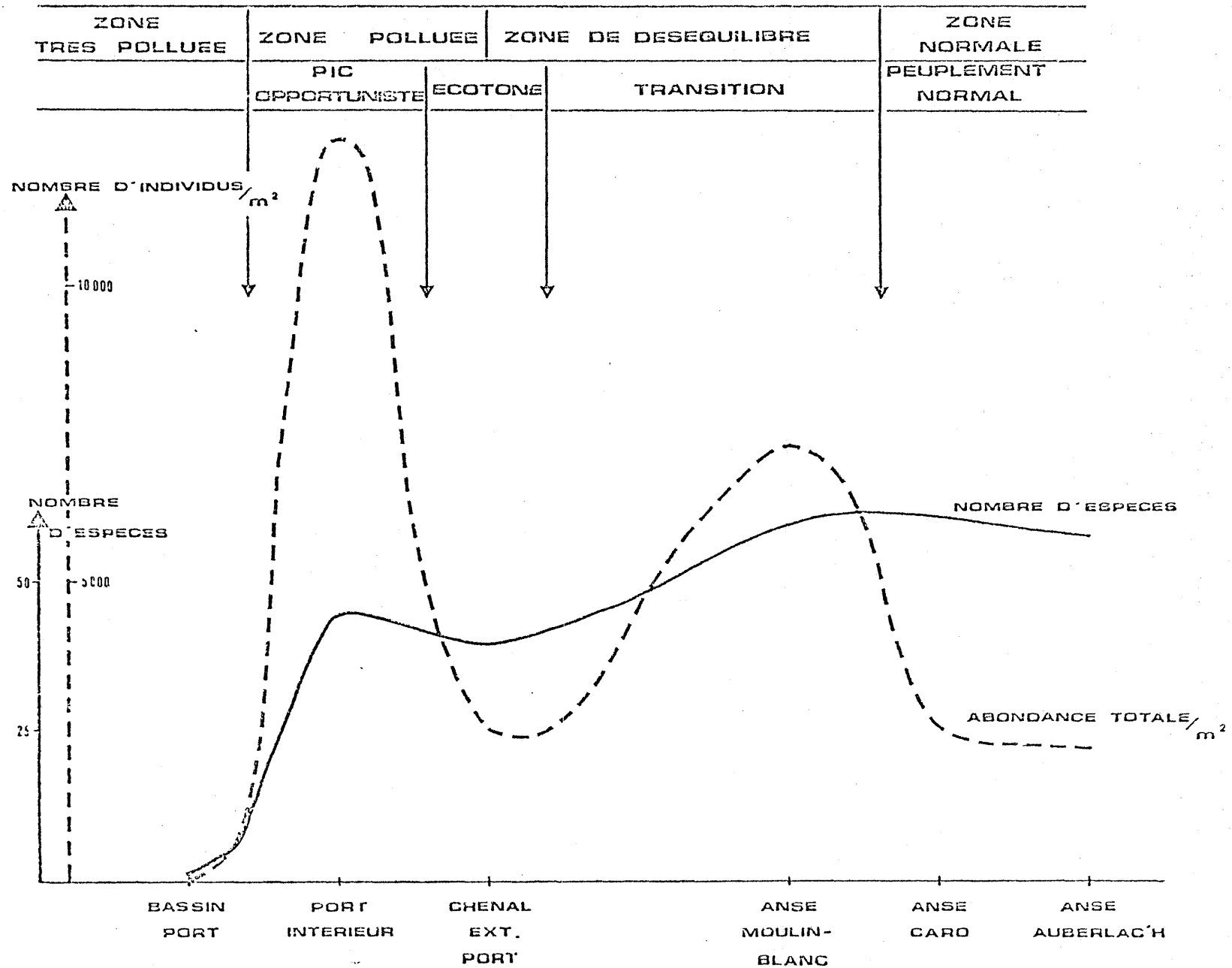
Le peuplement normal a un nombre d'espèces élevé (>50) et une abondance moyenne (entre 2 000 et 2 500 individus/m²).

Les signes de déséquilibre sont marqués par une augmentation sensible de l'abondance (près de 8 000 ind./m²) pour un nombre d'espèces stable. C'est la zone de transition où le peuplement varie peu qualitativement mais où l'importance quantitative des espèces varie énormément par rapport au peuplement normal. On assiste à des dominances anormales de l'espèce "leader" dans certains points ainsi qu'à de petites explosions démographiques de certaines espèces accidentelles du peuplement normal.

Au niveau de la transition, il y a un maximum de biomasse correspondant au grand nombre d'espèces en fortes densités, ce maximum est du probablement à ce que l'enrichissement en matière organique du sédiment est suffisant pour apporter une riche source de nourriture, mais pas trop forte pour causer un déficit d'oxygène. C'est la "biostimulation" de CHEN & ORLOB (1972). C'est aussi la zone "Hypertrophie" de KITAMORI (1971), cette zone de déséquilibre occupe presque toute l'anse de Moulin Blanc.

* S = Nombre d'espèces A = Nombre total d'individus (Abondance)
B = Biomasse

FIG. 4 - Représentation du nombre d'espèces et de l'abondance en fonction de l'enrichissement en matière organique



Les deux courbes chutent ensuite très nettement à un certain seuil que l'on appellera "écotone" selon PEARSON & ROSENBERG. L'écotone correspond à la zone limite de nombreuses espèces des zones normales et de transition. A ce niveau, le sédiment est réduit et chargé d' H_2S . Les espèces qui se maintiennent montrent aussi une chute importante de leur densité. Ce seuil est une zone très instable localisée du chenal d'accès au port, à la limite de la plateforme draguée pour l'accès aux formes de Radoub.

Au niveau du port de commerce à l'extérieur des bassins, se trouve la zone polluée avec un sédiment légèrement plus vaseux qu'à l'extérieur. Alors que la courbe des espèces se stabilise, l'abondance marque un pic très important appelé pic des espèces opportunistes. En effet, seules deux espèces sont responsables de cette augmentation du nombre d'individus. Ceci est un aspect typique des zones polluées où l'espace laissé libre par les espèces qui ne peuvent s'y maintenir, est totalement occupé par seulement deux ou trois espèces adaptées qui ont à cet endroit, une énorme explosion démographique.

Dans les bassins du port seules subsistent quelques individus (environ $70/m^2$) pour un faible nombre d'espèces (4 ou 5). En effet, le déversement direct des effluents et l'hydrodynamisme très faible entraînent une pollution maximum. Ceci caractérise la zone très polluée où l'abondance et le nombre d'espèces chutent de façon brutale. A ce niveau, même le film superficiel du sédiment est noir et nauséabond.

Les variations de l'indice de diversité H s'intègrent parfaitement à ce schéma. Le plus faible indice observé correspond à la zone polluée. Il s'explique moins par le nombre d'espèces qui est relativement abondant (Fig. 1) que par la dominance très forte d'une ou deux espèces d'opportunistes. Quant aux plus forts indices, ils correspondent, d'une part à l'écotone, d'autre part à la zone normale. Au niveau de ces zones, en effet, le nombre d'espèces l'emporte sur le nombre d'individus. Ce sont, à l'écotone, une coexistence d'espèces appartenant à la fois au peuplement normal et au peuplement pollué, et dans la zone normale un fort développement de toutes les espèces du peuplement type.

Aucune explosion démographique d'espèces, signe de déséquilibre, ne fait chuter l'indice, mis à part un petit développement de *Melinna* dans l'anse de l'Armorique en mai, où l'on ne retrouve pas le profil exact de la courbe de septembre (cette anomalie n'a pas été mise en évidence les mois précédents).

En comparant les courbes de raréfaction à ces figures, on voit que les premières ne sont pas suffisantes pour expliquer le déséquilibre, car elles sont basées sur le nombre d'espèces présentes et ne tiennent pas compte de la dominance de certaines espèces, si ce n'est par le biais du nombre d'individus. Or, ce facteur est très important comme signe de déséquilibre.

Mais l'indice de SHANNON doit lui aussi être utilisé avec précaution. En janvier 1979 en effet, nous voyons que cet indice est plus fort dans les bassins du port qu'à la station "port intérieur". Ceci n'est pas à considérer comme une plus grande stabilité des zones intérieures des bassins, et là, seul le nombre d'espèces l'explique : il est en effet très faible. Il en est de même du nombre d'individus car les conditions de dégradation du milieu empêchent même les opportunistes de se développer. Seules, subsistent quelques espèces indifférentes à la pollution.

Il ressort de cette étude que les courbes de raréfaction de SANDERS mettent en évidence deux zones très polluées où le nombre d'espèces est significativement beaucoup plus faible que dans les autres zones ; ce sont l'intérieur et l'extérieur des bassins du port.

L'abondance et le nombre d'espèces synthétisés par l'indice de diversité de SHANNON permettent de définir la zone polluée (où H est le plus faible et A le plus fort) à la station du "port intérieur", l'écotone (où H est généralement le plus fort) dans le chenal d'accès au port, la zone normale (où S est le plus fort et H proche de la valeur de l'écotone) dans l'anse de l'Armorique. Entre ces deux zones, le peuplement en déséquilibre, dont la diversité faunistique augmente tandis que l'abondance régresse par rapport à la zone polluée, est illustré par l'anse de Moulin Blanc. La radiale

fictive choisie au départ reflète donc bien le gradient de pollution. Des données qualitatives confirmeront ultérieurement ces conclusions essentiellement basées sur des données quantitatives.

2. ETABLISSEMENT DE LA CARTE DES ZONES POLLUEES DE LA RADE DE BREST

L'ensemble des données précédentes nous a permis de dresser la carte des zones polluées de la rade de Brest (Carte 7). Les zones définies par les différents auteurs se retrouvent assez bien d'une région à l'autre, cependant, aucune terminologie n'a été clairement adoptée. En effet, dans chaque cas, il existe des faciès particuliers et on ne retrouve vraiment de divisions communes que pour trois grands ensembles : zone de pollution maximum qui est une zone azoïque, zone polluée et une zone, appelée suivant les auteurs, sub-normale, semi-healthy, de transition ou de déséquilibre.

Sur la base de ces données, et pour le cas de la rade de Brest, nous avons adopté un gradient de pollution assez large pour pouvoir y définir aussi bien les grands ensembles que les faciès.

Il s'agit en fait, d'une échelle de pollution intégrant les entités de peuplement sur le gradient de pollution. Cette échelle établie en rade de Brest a déjà été appliquée en baie de Concarneau (GLEMAREC-GUILLOU, 1979) Elle permettra donc de comparer les réponses des populations benthiques dans différentes régions sur des bases communes.

Si la plupart des études de surveillance des excès de matière organique ont un échantillonnage trop dispersé pour donner une vision complète des variations des peuplements benthiques sur le gradient d'enrichissement en matière organique, elles permettent cependant d'en dégager certains points importants. Les études réalisées sur ce sujet portent

- sur les effets des usines de pâte à papier (Salt Kallefjord en Suède) LEPPAKOSKI (1968-1975) ; BAGGE (1969) ; ROSENBERG (1972-1975) ;
- sur les effets des usines de traitement d'algues (Loch Creran en Ecosse) PEARSON-STANLEY, en préparation ;
- sur les rejets d'égouts urbains (Marseille) BELLAN & BELLAN-SANTINI (1972) ; (Colombie Britannique Fraser River Estuary) OTTE & LEVINES (1975) ; (Baie de Kiel) ANGER (1975) ;
- sur les zones portuaires regroupant en général, les pollutions industrielles et urbaines (Los Angeles) REISH (1959) ; (Japon) KITAMORI (1969) ; (Marseille) BELLAN (1967) ; (Gênes) COGNETTI (1974).

Pour la légende des cartes et l'échelle de pollution (Tableau 7), nous avons repris essentiellement la nomenclature de PEARSON & ROSENBERG qui ont les données les plus complètes actuellement sur la pollution benthique et les méthodes de travail les plus proches des nôtres. Nous avons cependant intégré la zone "subnormale" de BELLAN qui la considère comme le faciès d'appauvrissement de la zone normale. Nous n'avons pas retrouvé cette forme de peuplement dans la rade, mais GLEMAREC la note dans la région de Concarneau.

La zone azoïque qui n'est pas figurée sur la carte se trouve en zone exondable dans l'anse de Moulin Blanc à la sortie de l'égout.

La situation des entités de peuplement dans le cadre de ces travaux permet donc d'intéressantes comparaisons avec les autres régions polluées. C'est en ayant à l'esprit ces données, que nous avons interprété les résultats obtenus dans la rade de Brest.

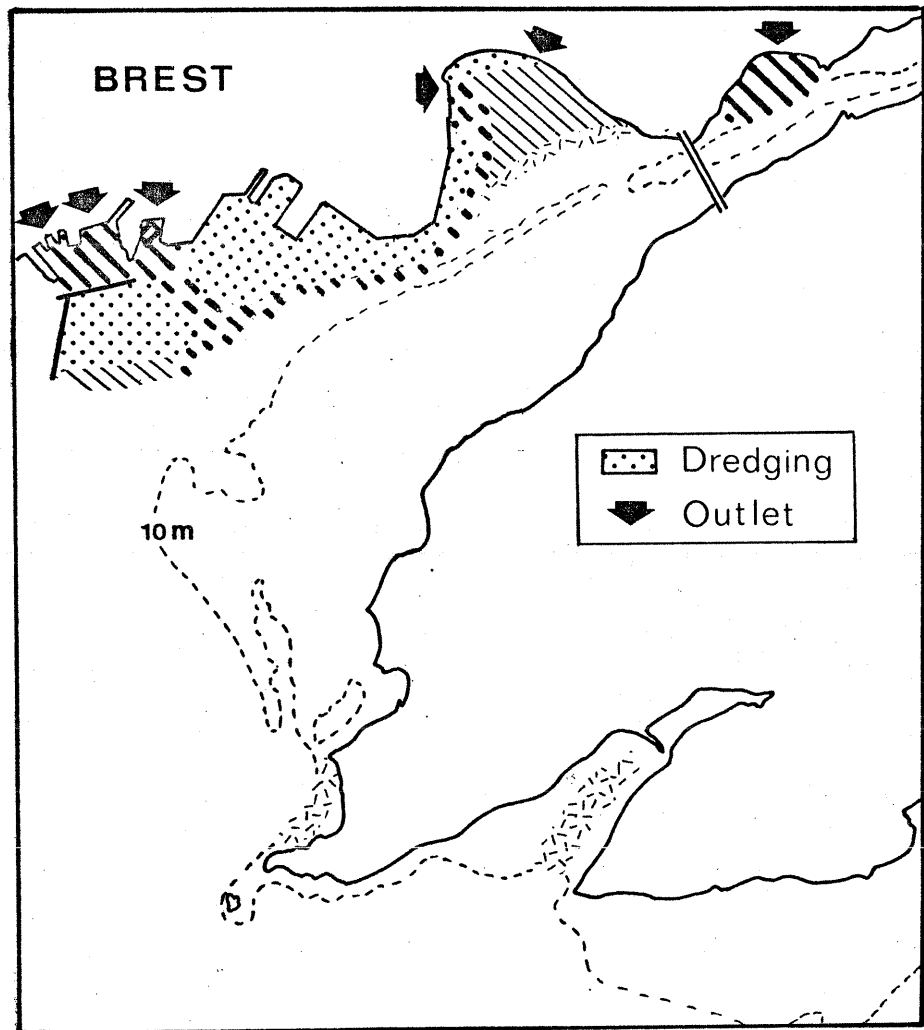
Ce sont essentiellement des données quantitatives (abondance, diversité, biomasse...) qui nous ont permis de caractériser les zones stressées étudiées et d'établir un gradient de pollution dans la rade. A l'aide de ces résultats et des données qualitatives fournies par les tableaux 1 à 6 (p.9 à 20), nous pouvons maintenant aborder individuellement les différents sites étudiés en mettant en évidence leurs particularités.







6 X
20

KITANORI	REISH	BELLAN	PERSON-ROSENBERG	Légende de Cartes	GUILLOU-HILY
JAPANESE	LOS ANGELES CALIFORNIA	MARSEILLE	SALT KALLEFJORD SWEDEN	RADE DE BREST	RADE DE BREST
ABIOTIC	VERY POLLUTED	POLLUTION MAXIMALE	GROSSLY POLLUTED	NOIR	AZOIQUE POLLUTION MAXIMALE
POLLUTED	POLLUTED BOLLUM	POLLUEE POLLUEE ENRICHIE	POLLUTED (PEAK OF OPPORTUNIST)	MARRON VIOLET	TRES POLLUE POLLUE (PIC D'OPPORTUNISTES)
HYPERTROPHIC	SEMI HEALTHY I SEMI HEALTHY II	SUB NORMALE	ECOTONE POINT TRANSITORY	ROUGE ORANGE JAUNE PAILLE	ECOTONE TRANSITION DESEQUILIBRE SUBNORMAL
NORMAL	HEALTHY		NORMAL	JAUNE CITRON	NORMAL

TABLEAU 7 - Légende de la Carte des Zones polluées de la Rade de BREST
comparée à celle des autres Auteurs.

ECOLOGICAL SUCCESSION IN POLLUTED ENVIRONMENT



-  Normal
 -  Ecotone I
 -  Transition
 -  Ecotone II
 -  Polluted
 -  Maximum of pollution
- } Unbalanced

Carte 7 : CARTE DES ZONES POLLUEES DE LA RADE DE BREST.

IV - ANALYSE DES STATIONS ETUDIEES

1. LE PORT INTERIEUR

La carte 5 met en évidence les points supplémentaires faits à l'intérieur des jetées du port de commerce en janvier 1979. On y distingue d'une part, des points faits à l'intérieur même des bassins, d'autre part des points faits dans le milieu du port, entre ces bassins et les jetées.

- Les bassins

Ce sont les zones les plus touchées car semi-fermées et recevant des égouts de plus ou moins grande importance. Leurs fonds sont très peu affectés par les courants de marée et la sédimentation des particules libérées par l'égout s'opère rapidement sur leurs fonds. Dans ces bassins, le sédiment comporte jusqu'à 80 % de pélites et il est réduit même en surface. Seules quelques espèces y subsistent très peu représentées. La caractéristique majeure est la présence de *Nephtys hombergii*. Cette espèce de Polychète errante, carnivore et nécrophage est connue pour son indifférence à la pollution. Sa densité varie de 100 à 200 individus au m², et sa dominance est forte. Les Polychètes sédentaires qui se maintiennent sont très peu nombreuses et caractéristiques de la pollution : *Capitella capitata*, *Capitomastus filiformis*, *Chaetozone setosa* et *Polydora flava*. Aucune d'elles ne dépasse une dizaine d'individus au m². Accidentellement, de très jeunes individus de *Melinna* peuvent tenter de s'installer mais ne survivent manifestement pas. Nous sommes donc en présence d'une zone très polluée, mais non azoïque. Le fond du bassin des cabliers semble être le plus pauvre et le plus pollué, les *Nephtys hombergii* y disparaissent à leur tour presque totalement.

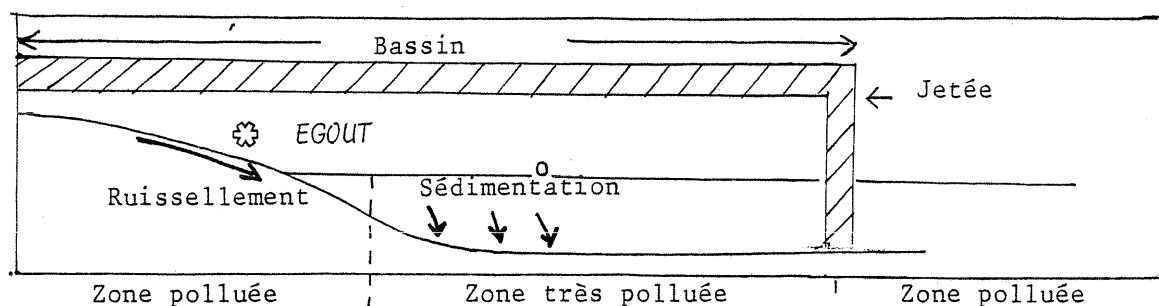
Nous avons étudié l'estran dans le bassin des pêcheurs. C'est un sédiment très hétérogène que les déchargements des sabliers rendent par endroit plus sableux. Ce sédiment présente à la sortie de l'égout un peuplement intéressant. En effet, il correspond à un pic d'opportunistes : de

Cirriformia tentaculata d'une part, d'Oligochètes (non déterminés) qui se développent dans le sable sous l'égout d'autre part. Cette association est typique des estrans pollués. Le sédiment est par ailleurs grossier et très empierré par endroit et de gros individus de *Marphysa sanguinea* y prospèrent.

Il est intéressant de remarquer que l'estran est nettement plus colonisé que l'infralittoral non exondable qui se trouve quelques mètres plus bas. Il existe plusieurs raisons bien simples à ce fait :

- d'une part l'oxygénation des sédiments à basse mer ;
- d'autre part, une plus faible sédimentation qu'en milieu non exondable.

La figure suivante illustre les différentes zones de pollution dans le port intérieur.



Opportunistes : Oligochètes
Cirriformia

Chaetozone
Polydora

- Le milieu du port

Dès que l'on se trouve en dehors des bassins, les courants de marée passant entre les sorties Ouest et Est du port se font sentir nettement, assurant une diffusion plus rapide des polluants et une sédimentation moins active. La conséquence de cet hydrodynamisme est la colonisation importante des espèces opportunistes et le maintien de quelques individus de nombreuses espèces vasicoles. Cette zone polluée est qualitativement bien plus riche que la zone polluée de l'estran. Les premiers Bivalves filtreurs apparaissent avec *Thyasira flexuosa* et *Abra alba*. Les Polychètes prédateurs (*Marphysa belli*) mettent en évidence l'envasement du substrat en remplaçant les *Marphysa sanguinea*

de l'estran du bassin .Les *Polydora* sont les premiers Polychètes à avoir une explosion démographique après la zone très polluée ; ensuite, les *Chaetozone setosa* dominent complètement le peuplement, atteignant de très fortes densités (10 000 ind./m²).

2. L'ANSE DE CAMFROUT

Cette anse est soumise à des pollutions d'origines diverses (domestique, agricole, industrielle...) par l'intermédiaire d'une part de l'Elorn, d'autre part, d'un émissaire débouchant sur l'estran.

Le tableau 2 (Septembre 77) montre qu'il existe des variations faunistiques selon que l'on se situe à l'Ouest ou à l'Est de l'anse. Mais dans l'ensemble, cette station se caractérise par le faible nombre d'espèces et d'individus présents. Le tableau suivant, ainsi que ceux rappelés ci-après, traduisent les variations des densités au m² des espèces caractéristiques durant les mois étudiés, au point fixe choisi dans chaque zone.

	Juil.	Sept.	Mai.
<i>ABRA ALBA</i>	10	15	
<i>THYASIRA FLEXUOSA</i>		17	10
<i>CUCUMARIA ELONGATA</i>		10	64
<i>MELINNA PALMATA</i>	510	1187	348
<i>CHAETOZONE SETOSA</i>	445	17	66
<i>CIRRIFORMIA TENTACULATA</i>	320	150	
<i>CLYMENE OERSTEDII</i>	10	32	12
<i>POLYDORA ANTENNATA</i>	30	45	2
<i>NEPHTYS HOMBERGII</i>	115	148	258

Les *Melinna* dominent ce peuplement dont les quelques espèces types sont représentées par peu d'individus (*Abra*, *Thyasira*, *Clymene*...). Le nombre de *Chaetozone* reste faible sauf en été, mais est parfois compensé par le développement d'un autre Cirratulidae lié à la présence de matière organique, *Cirriformia tentaculata*. Une quatrième espèce, *Nephtys hombergii*, domine ce peuplement et tend à le rapprocher de ceux des bassins du port.

3. LA PLATEFORME DU PORT

Située entre les jetées du port intérieur et le chenal, c'est une zone complètement transformée par les dragages. Il n'existe aucune association d'espèces ni de peuplement établi. Des individus isolés et des espèces de la zone polluée ou du chenal extérieur du port s'y rencontrent. Certains points sont azoïques d'autres présentent certains aspects de l'ancien peuplement avec notamment, des *Abra alba*, qui, plus résistantes aux chocs que les Polychètes, ont pu se maintenir. Il est en effet significatif que vers le chenal d'accès au port, le nombre d'espèces augmente avec la profondeur. Le chenal, au départ plus profond, a été moins dragué et moins perturbé.

Ces travaux de dragage ayant cessé à la fin de l'été 78, il sera intéressant de suivre le recrutement au printemps 79 et la recolonisation.

4. LE PORT EXTERIEUR

Il correspond à la limite de la zone vraiment polluée. C'est un seuil pour de nombreuses espèces du peuplement normal : *Scalibregma inflatum*, *Pista cristata*, *Goniada emerita*, *Lucinoma borealis*, *Clymene modesta*. Les autres espèces y voient une diminution importante de densités.

	Mai	Sept.	Juil.
<i>MELINNA PALMATA</i>	610	400	320
<i>CHAETozONE SETOSA</i>	470	620	760
<i>ABRA ALBA</i>	210	50	80
<i>CLYMENE OERSTEDII</i>	310	40	70
<i>THYASIRA FLEXUOSA</i>	150	10	110
<i>NOTOMASTUS LATERICEUS</i>	120	120	90

Chaetozone setosa reste encore légèrement dominante.

L'instabilité de cette région est mise en évidence dans le Tableau 2. De part et d'autre du point que l'on a choisi de suivre dans cette étude (87/88),

il existe de grosses variations faunistiques dont les principales sont les variations de densité des deux espèces dominantes : *Chaetozone* et *Melinna*. *Melinna* disparaît totalement à l'Ouest de ce point (89) au profit de *Chaetozone* qui explose. Cette chute des densités de *Melinna* pourrait être favorisée par une plus forte hétérogénéité du substrat. A l'Est par contre (94), le nombre de *Melinna* est très important. Cette forte dominance alliée au faible nombre d'espèces témoignent du déséquilibre de cette zone. Les densités de ces deux espèces au point choisi, attestent d'un équilibre qui reste cependant précaire. La présence d'espèces de milieux pollués présentes en grand nombre à l'intérieur du port en est la preuve.

Cette zone est donc un point de transition entre le port pollué et les zones de déséquilibre décrites ci-après. On note d'une part, une forte chute de l'abondance totale par rapport au port, due à la disparition des pics d'opportunistes malgré une dominance anormale des *Chaetozone* ou des *Melinna* (ou un précaire équilibre des deux), d'autre part, une baisse du nombre d'espèces, provenant de la disparition de certaines espèces des milieux très pollués et de facteurs encore perturbants qui empêchent l'installation de toutes les espèces du peuplement type.

5. L'ANSE DE MOULIN BLANC

Soumise à un égout principal, dont les rejets ne sont pas en permanence traités et aux déversements des habitations environnantes, l'anse de Moulin Blanc est également un milieu en déséquilibre.

Les points effectués en septembre 77 (Tableau 2) montrent qu'il existe des variations faunistiques au sein même de l'anse liées essentiellement aux variations édaphiques. En effet, les espèces présentes mettent en évidence un substrat plus sableux aux points les moins profonds (3 et 4) et plus hétérogènes aux points 13 et 14, ceci étant dû à l'apport d'un fort pourcentage de débris coquilliers et de maërl. Mais dans l'ensemble, les espèces typiques du peuplement normal de vase sableuse défini au départ sont majoritaires, ce qui indique un assainissement du substrat par rapport aux

zones précédemment décrites (on note le développement de *Magelona*, *Glycera unicornis*, *Leiochone clypeata*, etc...) Cependant, des variations quantitatives par rapport au peuplement type témoignent du déséquilibre encore existant.

	Juil.	Sept.	Mai.
<i>MELINNA PALMATA</i>	705	1247	2580
<i>CHAETOZONE SETOSA</i>	750	812	2150
<i>CIRRIFORMIA TENTACULATA</i>	75	142	314
<i>CLYMENE OERSTEDII</i>	70	67	246
<i>AMPHARETE GRUBEI</i>	70	200	380
<i>POLYDORA ANTENNATA</i>	10	160	2
<i>PRIONOSPIS MALMGRENI</i>	30	7	378
<i>APSEUDES LATREILLI</i>		35	248
<i>CIRRATULIDAE sp.</i>	75	7	42

Melinna et *Chaetozone* restent les deux espèces dominantes, la prépondérance de l'une ou l'autre est, semble-t-il, liée à la saison (*Chaetozone* domine en juillet). Cependant, aucune ne se détache vraiment. Mis à part *Abra alba*, la faune associée est bien représentée notamment par les *Clymene oerstedii* dont les variations suivent celles des *Melinna*. Par contre, certaines espèces déjà présentes dans les stations précédentes, continuent à se développer tandis que d'autres apparaissent. Ce sont en général des Spionidae et des Cirratulidae qui témoignent d'un enrichissement en matière organique. L'espèce la plus caractéristique en ce sens est *Cirriformia tentaculata*, mais la présence d'*Heterocirrus bioculatus*, des *Polydora flava* et *antennata*, de *Prionospio malmgreni* n'est pas négligeable. On note également en juillet, un fort développement de l'Isopode *Apseudes latreilli* dont l'affinité pour les milieux pollués est indiscutable.

Cet important développement des espèces du peuplement type auprès d'espèces indéniablement liées à l'enrichissement en matière organique, entraîne une augmentation de la diversité spécifique. Les espèces types étant bien représentées en nombre et en individus et les principales

(*Melinna chaetozone*) en densité à peu près égale, le nombre total d'individus reste fort sans qu'il ne se dégage de pics d'opportunistes. Ces différents traits caractérisent la zone de transition.

Par contre, des points effectués en février 1979 sur l'estran, de l'émissaire jusqu'à la mer, montrent que d'indiscutables rejets effectués aux périodes de vives eaux (des auréoles irisées et des débris végétaux "domestiques" dans le sédiment le témoignent) entraînent un profond déséquilibre de la faune benthique. Ceci se traduit par une zone totalement azoïque dans les 500 m² environ, qui entourent l'émissaire où l'on ne rencontre même pas les Oligochètes du bassin des pêcheurs. Ce caractère associé à la présence de sédiments totalement réduits atteste plus d'une pollution organique que d'une dessalure ou d'un apport de métaux lourds. Cette source de perturbation que ce genre d'étude ne peut confirmer n'est cependant pas à négliger (cf. : usine en arrière plan). Les différents points effectués montrent que de la mer à l'émissaire, il existe une diminution du nombre d'espèces et d'individus. A 50 m de la zone azoïque, seules s'installent quelques *Nephtys*.

Au point 2 de la carte 6, malgré une prolifération du nombre d'espèces parmi lesquelles apparaissent certaines du peuplement type, l'espèce dominante (*Cirriformia tentaculata*) est toujours caractéristique de l'abondance en matière organique.

6. L'ANSE DE L'ARMORIQUE

A priori, éloignée de sources de pollutions humaines directes et de grosse concentration urbaine, l'anse de l'Armorique a été choisie comme anse de référence dans cette étude.

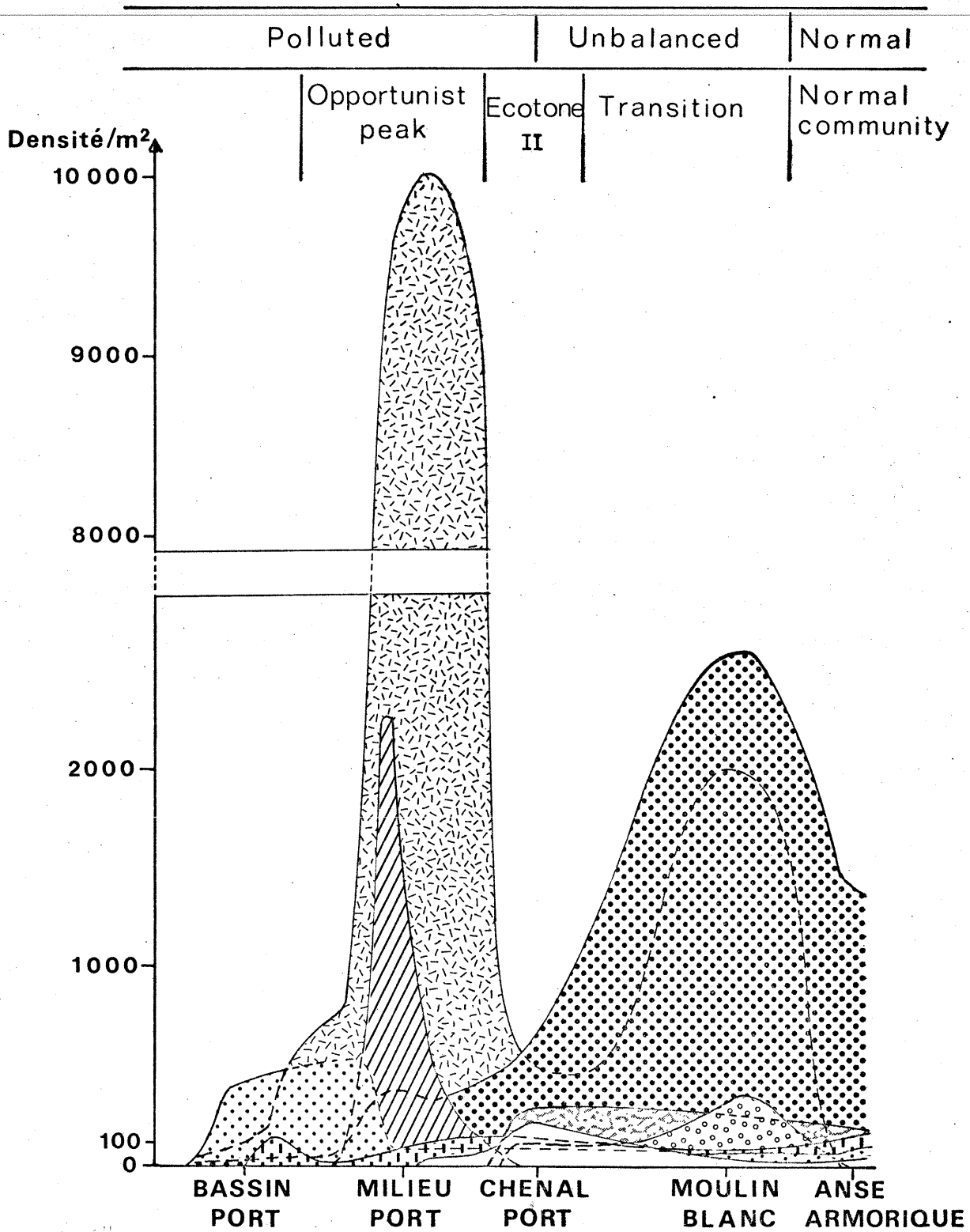
Les différents points faits en septembre 77 montrent également des variations faunistiques liées à des variations granulométriques notamment en profondeur, l'apparition de Polychètes appartenant aux sables hétérogènes envasés (*Pista*, *Tarebellides*...) et la diminution des *Melinna* dont *Chaetozone* prend le relai.

	Juil.	Sept.	Mai
<i>MELINNA PALMATA</i>	1050	588	1054
<i>CHAETOZONE SETOSA</i>	320	342	12
<i>CLYMENE OERSTEDII</i>	160	172	156
<i>POLYDORA ANTENNATA</i>		136	4
<i>THYASIRA FLEXUOSA</i>	135	60	142
<i>ABRA ALBA</i>	30	66	12
<i>APSEUDES LATREILLI</i>	5	130	108

Les espèces caractéristiques des vases sableuses sont bien représentées (*Melinna*, *Abra*, *Thyasira*, *Clymene*, *Nematonereis*...). *Melinna* domine et la densité de *Chaetozone* est faible.

Quelques signes traduisent cependant un léger déséquilibre qui tendrait à prouver qu'aucune zone de la Rade n'est parfaitement stable : la forte dominance des *Melinna* en juillet et mai et la présence irrégulière d'espèces de milieux perturbés : *Polydora antennata*, *Scololepis fulginosa* et *Apsuedes latreilli*. Cependant, le nombre total d'espèces dont l'essentiel appartient au peuplement des vases sableuses est important, notamment par rapport au nombre d'individus, bien plus faible que dans la zone de transition. Ces caractères de milieu stable, ont permis de définir cette anse comme "la zone normale".

Au cours de cette analyse individuelle des différentes stations étudiées, nous venons de voir les espèces du peuplement normal varier quantitativement puis être remplacées le long du gradient de matière organique. Les figures 5 et 6 sont l'illustration qualitative de ces variations qui se surimposent au continuum biologique naturel dont nous exposons maintenant brièvement les modalités.



	Neptys Hombergii		Melina Palmata
	Thyasira Flexuosa		Clymene CErstedi
	Polydora Flava		Abra Alba
	Chaetozone Setosa		Prionospio Malmgreni

Polluted | Unbalanced | Normal

Dominance

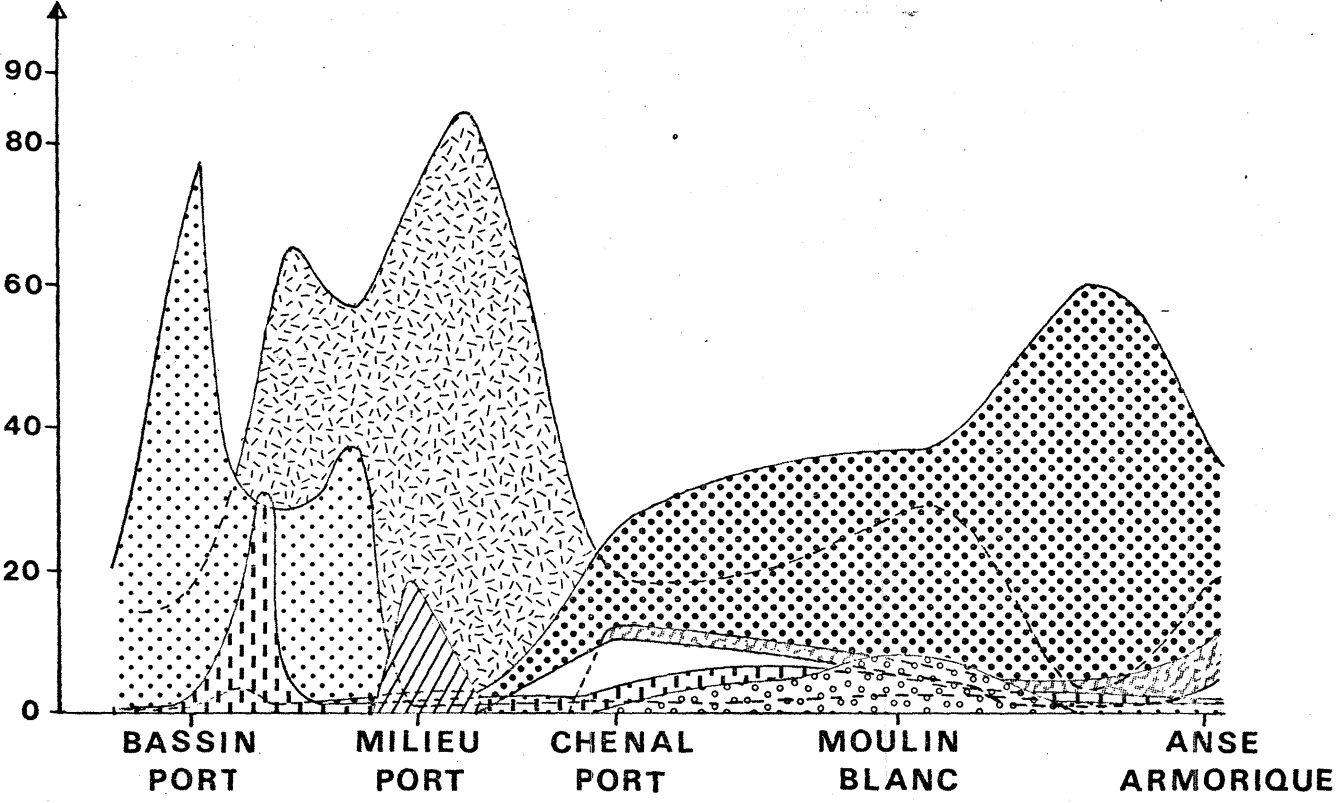


Fig. 6 : EVOLUTION DE LA DOMINANCE DES ESPECES CARACTERISTIQUES
EN FONCTION DU TAUX DE MATIERE ORGANIQUE.

V - EVOLUTION DU CONTINUUM BIOLOGIQUE ET DE LA STRUCTURE TROPHIQUE
DU PEUPEMENT LE LONG DU GRADIENT D'ENRICHISSEMENT EN MATIERE
ORGANIQUE

Un peuplement benthique s'établit sur un fond lorsque les facteurs externes (physicochimiques et granulométriques) sont suffisamment constants (à une échelle supérieure aux cycles saisonniers). Les espèces ayant des aires de distribution communes ou voisines se retrouvent et les relations interspécifiques se créent mettant en place de ce fait, un véritable peuplement. Les peuplements ne sont pas strictement délimités dans l'espace, il existe au contraire, un véritable continuum biologique établi sur le gradient résultant des variations d'intensité des facteurs externes (édaphiques, hydrodynamiques...). Dans le secteur de la rade de Brest que nous avons étudié, ce continuum naturel est fortement perturbé par l'enrichissement en matière organique.

Il s'est établi un autre continuum régi par le gradient "enrichissement en matière organique". L'aire de distribution des espèces en dépend alors directement. Nous avons visualisé ce continuum en traçant les courbes des densités et des dominances des espèces principales depuis les points pollués du port jusqu'aux milieux propres (Fig. 5 et 6). La distribution de chaque espèce montre bien la réalité des entités du peuplement déjà signalées, les distributions sont très localisées sur le gradient, les espèces se relayant de façon plus tranchée que dans des conditions normales, le seuil formé par l'écotone se retrouve encore ici de façon très nette.

Il est intéressant d'étudier les particularités de la répartition des différents groupes trophiques le long de ce continuum. En effet, dans un peuplement normal, existe un équilibre entre les dépositores, suspensivores, carnivores, limnivores ; cet équilibre sera profondément modifié par l'enrichissement en matière organique. Peu de travaux ont considéré cet aspect des structures trophiques des peuplements, sans doute à cause des difficultés de définition de ces groupes et de la connaissance limitée des habitudes de nombreuses espèces. Les données les plus récentes sur ce sujet sont les travaux de PEARSON (1971) qui redéfinit les différents groupes

d'après des travaux plus anciens, et ceux de WOLFF (1973) sur les structures trophiques du benthos estuarien. LINDEMAN (1942) a montré que plus les conditions d'oxygénation d'un milieu étaient difficiles et plus les relations trophiques dans le peuplement étaient simplifiées. La dominance relative des différents groupes évolue sur ce gradient avec une disparition progressive des suspensivores (Bivalves essentiellement) quand la charge organique augmente au niveau de l'interface eau-sédiment. Ce phénomène est provoqué par l'obturation des systèmes ciliaires et des siphons par les particules en suspension. Par contre, cet accroissement de matière organique va favoriser les "deposit feeders" de surface et subsurface. Nous retrouvons parfaitement ce schéma en rade de Brest ou dans les bassins du port intérieur se trouvent uniquement des "deposit feeders" et un seul carnivore nécrophage (*Nephtys hombergii*).

Dans la zone des opportunistes, malgré le nombre d'espèces, seule *Thyasira flexuosa* est suspensivore, ensuite vient *Abra alba*. Par contre, le nombre de carnivores augmente sensiblement avec *Marphysa belli*, *Eunida parva*, *Phyllodoce murosae*, *Lumbrinereis*, *Stenelais*... Il y a donc déjà une plus grande complexité du système dans le port intérieur.

L'anse du Moulin Blanc montre un maximum de filtreurs Bivalves (*Venerupis*, *Cardium*, *Solenidae*...) Polychètes (*Sabellidae*...).

Cet aspect de l'évolution relative des divers groupes trophiques est une des voies à poursuivre pour connaître la dynamique de ces peuplements soumis à l'enrichissement en matière organique.

CONCLUSION

Si l'étendue des zones affectées par les rejets en rade de Brest est relativement faible, il est nécessaire d'en surveiller attentivement l'évolution. Pour cela, il faut dans un premier temps, définir les zones polluées, les décrire, et comprendre les différents stades. C'est ce que nous avons tenté de faire dans ce rapport.

Dans un deuxième temps, il faut suivre le cycle annuel de la dynamique des peuplements dans ces différentes zones pour dégager enfin une évolution à plus long terme. En effet, il est inquiétant de voir la pollution chronique de l'ensemble des eaux de la rade de Brest augmenter régulièrement, malgré les efforts d'assainissement, et, si l'ensemble de la rade est encore salubre, les zones les plus abritées et les estuaires sont déjà défavorables aux baignades et à l'ostréiculture, parce que trop riches en matières nutritives, comme le témoignent les mortalités massives de Bivalves dans le banc de Daoulas, et les phénomènes d'eaux rouges pendant l'été 1978.

L'intérêt de l'étude des peuplements benthiques dans ces problèmes est de mettre en évidence les pollutions chroniques et non accidentelles, l'installation des espèces et leur développement demandant un temps de latence de plusieurs mois. Le suivi des zones soumises aux perturbations devraient contribuer à la prise des décisions nécessaires dès l'apparition des signes de déséquilibre, car s'il semble relativement simple de passer d'un peuplement ou d'un faciès de transition à un peuplement normal, il sera bien plus long de repasser d'un fond colonisé par les opportunistes à un peuplement normal. En effet, les conditions physicochimiques du sédiment sont telles à ce niveau, que les processus de retour à la normale auront bien du mal à s'amorcer une fois passé un certain seuil correspondant biologiquement à l'écotone. Cette restitution du milieu reste un scénario à décrire.

- BIBLIOGRAPHIE -

- ANGER, K., 1975a - *Meerentut kimuslait. julk.*, SKr., N° 239, 116-122.
- ANGER, K., 1975b - *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 27, 708-738.
- BAGGE, P., 1969 - *Meerentut kimuslait. julk.*, SKr., N° 228, 3-130.
- BELLAN, G., 1967a - *Rev. int. Oceanogr. med.*, 6-7, 53-87.
- 1967b - *Rev. int. Oceanogr. med.*, 8, 51-95.
- BELLAN, G. & BELLAN-SANTINI, D., 1972 - *Marine Pollution and Sea Life*,
édité par M. Ruivo, F.A.O., Fishing News (Books), Ltd,
London, 396-401.
- BELLAN, G., KAIM-MALKA, R.A. & PICARD, J., 1975 - *Bull. Ecol.*, 6, 57-66.
- CHEN, C.W. & ORLOUB, G.T., 1972 - *J. Wat. Pollut. Control Fed.*, 44,
1362-1371.
- COGNETTI, G., 1974 - *Proceedings of the International Round Table on
the Theme : Marine Biology for the defence and productivity
of the sea, Livorno, 20-21, Maggio, 1974* edited by G. Cognetti
& P. Tongiorgi, pp. 153-162.
- GERARD, A., 1976 - *Bureau d'Etude de la S.E.P.N.B.*, 187 p.
- GLEMAREC, M. & GUILLOU, M., 1979 - *Colloque de l'Union des Océanographes
de France - Nantes.*
- GUILLOU, M., 1977 - *Contrat C.N.E.X.O.*, 77-5416.
- GUILLOU, M. & HILY, C., 1979 - *Colloque de l'Union des Océanographes
de France - Nantes.*
- KITAMORI, R. & FUNAE, K., 1959 - *Bull. Inland Sea Res. Biol. Str.*, 12,
215-221.
- LEPPAKOSKI, E., 1975a - *Acta Acad. abo., Ser. B.*, 35, 1-90.
- LINDEMAN, R.L., 1942 - *Ecology*, 23, 399-418.
- OLSSON, I., ROSENBERG, R. & OLUNDH, E., 1973 - *Ambio*, 2, 158-163.
- OTTE, G. & LEVINGS, C.D., 1975 - *Fish. Mar. Serv. Res. Dev. Tech. Rep.*,
N° 476, 88 pp.
- PEARSON, T.H., 1970 - *J. Exp. mar. Biol. Ecol.*, 5, 1-34.
- PEARSON, T.H. & ROSENBERG, R., 1978 - *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*,
16, 229-311.
- PEARSON, T.H. & STANLEY, S.O., 1977 - *Biology of Benthic Organisms, 11th
European Symposium on Marine Biology, Galway, Oct. 1976*,
edited by B.H. Keegan, P.O' Ceidigh & P.S.S. Boaden., Pergamon
Press, Oxford, 503-512.
- REISH, D.J., 1959a - *Oce Pap. Allan Hancock Fdn*, 22, 1-119.
- REISH, D.J., 1971 - *Mar. Pollut. Bull.*, 2, 71-74.

- ROSENBERG, R., 1973 - *Oikos*, 23, 92-108.
- ROSENBERG, R., 1975 - *Ophelia*, 14, 93-112.
- ROSENBERG, R., 1976a - *Oikos*, 27, 414-427.
- SANDERS, H.L., 1968 - *Am. Nat.*, 102, 243-282.
- SHANNON, C.E. & WEAVER, W., 1963 - *The Mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 pp.
- WOLFF, W.J. - 1973 - *Zool., Verh., Leiden*, 126, 1-242.