

CONTRAINTES ANTHROPIQUES
sur les peuplements benthiques
de la rade de BREST

par **Monique GUILLOU**

INSTITUT D'ETUDES MARINES
· Laboratoire d'Océanographie Biologique
29283 - BREST

Contrat CNEXO 77 - 5416

12/77

Time for management and administrative decisions is short.

Time required to obtain adequate data on ecological systems is long.

Joel W. HEDGPETH

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I - MATERIEL ET METHODES UTILISEES POUR LA RECOLTE DES DONNEES.

1. CHOIX DES ZONES
2. METHODES ET MATERIEL UTILISES

II - METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES

1. IDENTIFICATION DES PEUPEMENTS
2. CARACTERISATION DES PEUPEMENTS

III - RESULTATS OBTENUS EN AVRIL 1977

IV - DISCUSSION

1. REPARTITION DES STATIONS SELON UN GRADIENT EDAPHIQUE
2. ANALYSE DES PARAMETRES BIOLOGIQUES INTERNES
3. ANALOGIE ENTRE CES PEUPEMENTS ET CEUX DU GOLFE DU MORBIHAN

V - CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION.

De part la proximité d'un grand centre urbain, l'extension du port de commerce, et l'existence en amont d'une région agricole que drainent l'Elorn, l'Aulne et leurs affluents, la rade de Brest est soumise à de nombreux stress chimiques et organiques. Des travaux sont actuellement menés pour définir la nature et la répartition de la matière organique en rade, et il serait intéressant de tenter de chiffrer, parallèlement, l'incidence de ces pollutions organiques ou chimiques sur l'écosystème benthique. C'est ce qui nous a été demandé d'établir dans le cadre d'un contrat passé avec le CNEEXO-COB-UNITE LITTORAL 1977/ 5476.

En limitant nécessairement l'analyse aux peuplements macrobenthiques habitant le même faciès sédimentaire, il est possible de chiffrer l'impact de ces stress au moyen de paramètres biologiques qu'il nous appartient de déterminer. L'examen d'un point de référence en une zone de même nature édaphique mais peu soumise à ces contraintes doit permettre d'évaluer le degré de pollution des secteurs stressés. Ceci est complété par la comparaison de peuplements homologues situés hors de la rade de Brest.

I - MATERIEL ET METHODES UTILISEES POUR LA RECOLTE DES DONNEES.

Les prélèvements sont effectués à la benne et à la drague, au cours de quatre sorties annuelles, dans des zones de substrat identique où s'exerce un stress de nature chimique ou organique.

1. CHOIX DES ZONES :

L'origine des pollutions, en grande partie terrestres, et la recherche d'un faciès sédimentaire comparable, restreignent le choix des zones à des secteurs côtiers dont la profondeur n'excède généralement pas 10 m, à l'abri des courants des chenaux principaux. Nous avons été guidé dans le choix des stations

par la carte "Nature et répartition des peuplements benthiques de la rade de Brest" établie en 1974 par CHASSE' et GLEMAREC d'après des données diverses et non publiées, notamment celles de A. TOULEMONT. Cette carte est reprise dans l'Atlas des Cartes Biosédimentaires, publié par ces mêmes auteurs en 1976, et dont est extraite la figure 1.

Le faciès choisi est commun dans la rade en bordure littorale ; il est formé d'un mélange de vase sableuse qui se dépose dans ces zones de courants affaiblis, de graviers plus ou moins ensablés et de maërl présents plus profondément. Les peuplements qui les composent appartiennent aux vases sableuses et à la partie la plus envasée des sables hétérogènes envasés (SHV) dont le pourcentage de pélites varie autour de 15 à 20 % selon le secteur envisagé. Dans la rade, ce faciès sédimentaire de l'étage infralittoral étant bien distribué, il ne nous reste donc qu'à définir plus précisément les zones à analyser en fonction des stress que subit le milieu.

Selon la nature de la pollution, elles sont classées en plusieurs catégories (figure 2) :

- Les zones à pollutions diffuses, en l'occurrence l'embouchure des rivières où le stress est à la fois chimique (engrais) et biologique (industries agricoles, porcheries, laiteries, etc...)

A cet effet quatre stations ont été envisagées :

- . La station de Landevennec au confluent des rivières du Faou et de l'Aulne ;
- . La station de la baie de Daoulas ;
- . La station de l'anse de Camfroust à l'embouchure de l'Elorn ;
- . La station de l'Auberlac'h où, aux pollutions agricoles, peuvent s'ajouter éventuellement l'influence des rejets organo-chimiques d'un élevage de Salmonidés.

- Les zones à pollution organique ponctuelle représentées ici par le secteur du Moulin Blanc face aux rejets de l'abattoir.

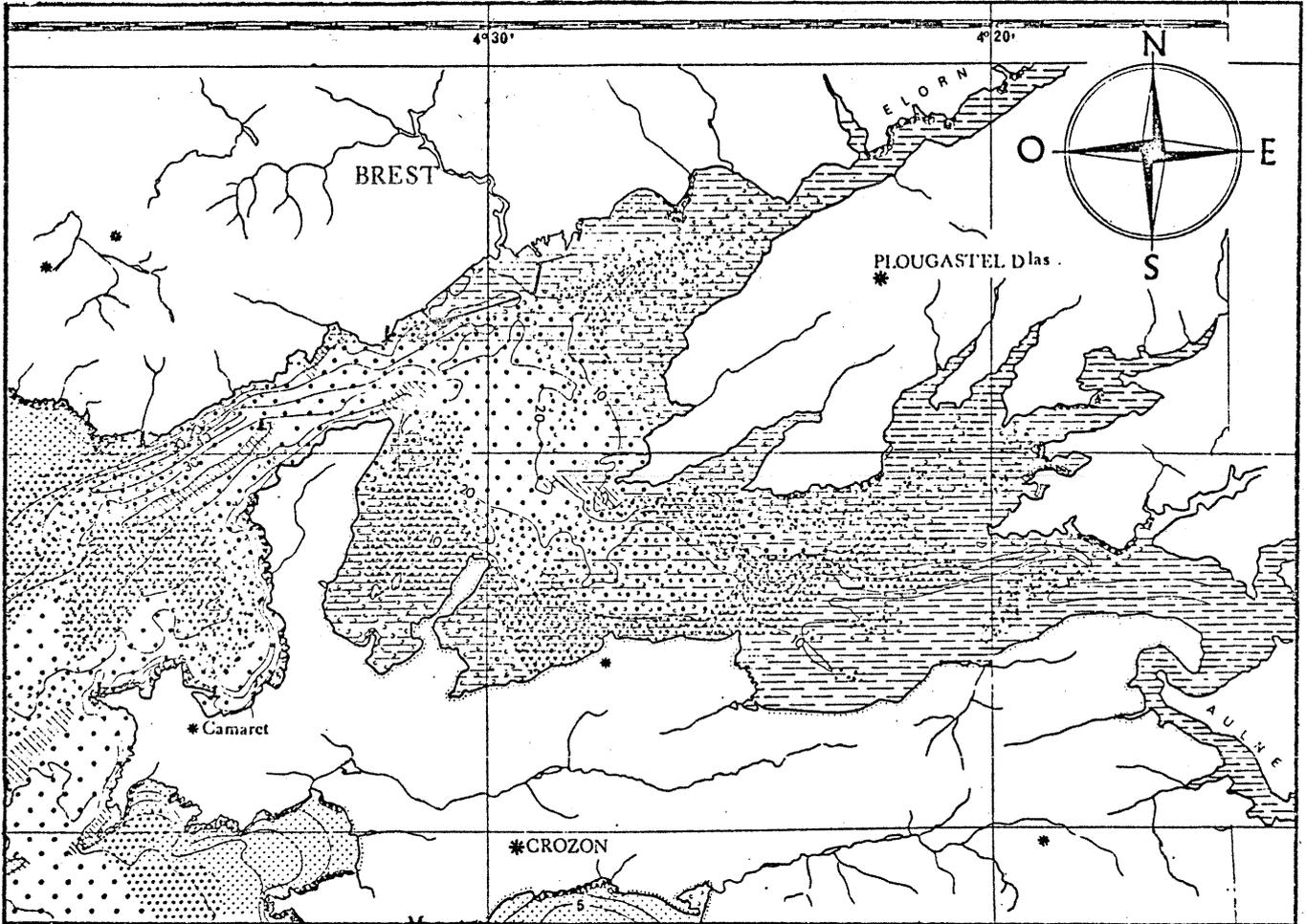


Fig. 1 - CARTE BIOSÉDIMENTAIRE DE LA RADE DE BREST.

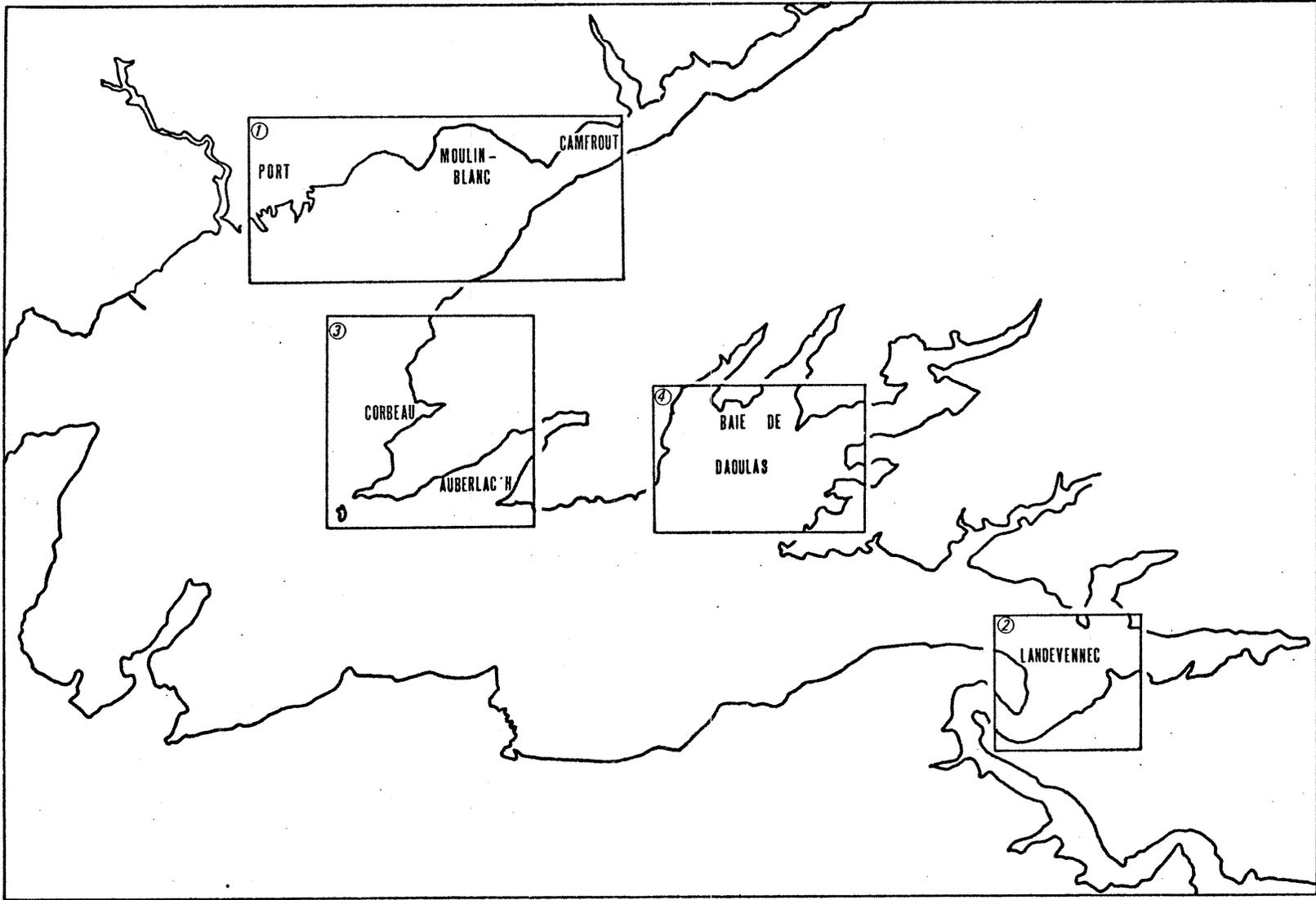


Fig. 2 : LOCALISATION DES STATIONS ETUDIEES.

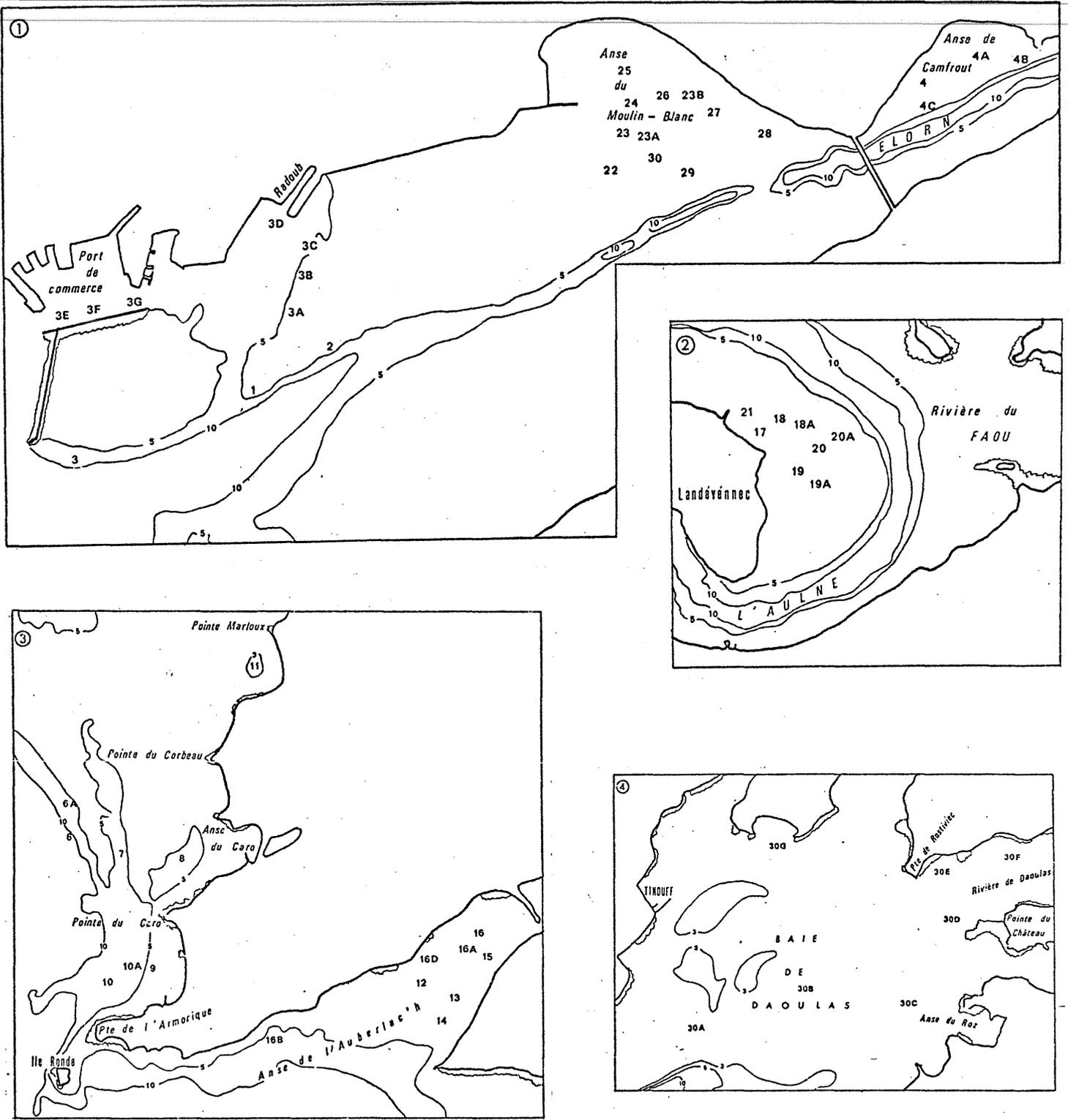


Fig. 2bis : DETAIL DES POINTS EFFECTUES A CHAQUE STATION.

- Les zones à pollution de nature strictement chimique, dont l'intérieur du port et les abords des formes de radoub nous ont paru les meilleurs exemples par la coexistence de pollutions d'origine navale et industrielle.

Dans ce but nous avons tenté de montrer l'existence d'un gradient biologique du chenal de l'Elorn au port lui-même. Les remaniements sédimentaires subis actuellement par ces milieux (dragages, comblements) nous ont obligé cependant à restreindre par la suite l'étude de ce secteur à la limite même du chenal.

- La zone sans contrainte définie est apparue comme étant la bordure côtière située, au sud de la pointe du Corbeau, dans l'anse de l'Armorique, où l'on retrouve les conditions édaphiques les plus proches de celles des secteurs antérieurement prospectés. L'absence de pollutions diffuses ou ponctuelles, la faible densité des habitations, permettent de choisir cette zone comme point de référence des sables hétérogènes envasés et des vases sableuses stressés de la rade de Brest.

2. METHODES ET MATERIEL UTILISES :

Le programme d'étude envisagé comprend quatre sorties en mer, échelonnées sur l'année, ce qui permet de suivre l'évolution saisonnière des divers paramètres envisagés, ceci à raison de 5 jours de prélèvements en avril, juillet, septembre et novembre 1977.

Dans chacune des zones citées, sont effectuées plusieurs séries de bennes, généralement 2 par point, qui permettent d'analyser quantitativement les peuplements. Ces données sont complétées par un ou plusieurs prélèvements qualitatifs à la drague Rallier, pour permettre la récolte d'individus en nombre plus important.

La benne utilisée est généralement la benne "Aberdeen" qui prélève une surface de $0,1 \text{ m}^2$ sur une profondeur d'environ 10 cm. Elle travaille fiablement dans des sédiments divers peu grossiers. L'impossibilité d'utiliser cet engin en avril 1977 nous a conduit à travailler à la benne Shipek, plus couramment utilisée

par les géologues. L'efficacité de cet engin est souvent freinée par l'hétérogénéité du substrat; et la faible surface prélevée (environ 4.10^{-2} m^2) nécessite la multiplication des prélèvements. Les prélèvements, tamisés puis formolés, sont ensuite triés au laboratoire où sont déterminées et pesées les espèces, afin de permettre l'évaluation des paramètres biologiques.

II - METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES.

1. IDENTIFICATION DES PEUPELEMENTS :

Dans chaque station étudiée, les espèces sont déterminées, le nombre d'individus de chacune d'elles évalué. L'inventaire des espèces récoltées dans un prélèvement est en effet indispensable tant pour définir le peuplement que pour y déceler d'éventuelles espèces indicatrices de pollution.

Nous avons tenté ensuite de regrouper les espèces selon un gradient écologique. Toutes les espèces déterminées sont classées et portées en ordonnée d'un tableau à double entrée où les prélèvements sont en abscisse (Tableau I). A chaque espèce correspond sa densité dans les stations étudiées. Selon la nature des espèces présentes et leur densité, les stations sont ensuite regroupées de façon à obtenir une diagonalisation maximale. Un classement des stations selon la granulométrie de leur substrat est ainsi grossièrement établi. Une approche complémentaire consiste à utiliser la méthode de l'analyse factorielle. Celle-ci a été appliquée aux prélèvements qualitatifs d'avril 1977 (P. CHARDY). Cette analyse permet de regrouper entre elles :

- d'une part les espèces de mêmes exigences écologiques ;
- d'autre part les stations dont la composition qualitative des espèces définit leur similitude.

Chaque analyse permet l'extraction des axes principaux qui régissent

la répartition des espèces ou des stations sur le graphe. La nature écologique de ces axes est souvent difficile à identifier avec exactitude bien que dans le cas de l'étude des peuplements benthiques le facteur granulométrie soit souvent prépondérant.

Sur le diagramme obtenu, les espèces font apparaître des regroupements, ceux-ci peuvent être expliqués par des facteurs écologiques de type édaphique ou climatique (euryhalin par exemple). Lorsque l'explication n'est pas de ce type, on pourra évoquer secondairement les facteurs de type polluant.

Le calcul de paramètres caractérisant de manière générale ou analytique l'association d'espèces peut permettre de préciser la nature de ces facteurs.

2. CARACTERISATION DES PEUPEMENTS.

a) *Caractéristiques générales :*

= Densité et biomasse de l'ensemble des espèces d'un prélèvement :

Les prélèvements quantitatifs réalisés à la benne permettent le calcul de tels paramètres. Biomasse et densité sont deux indices de la richesse du substrat. Ils sont parfois contradictoires en fonction de la taille des individus récoltés.

La biomasse ou poids de matière organique par unité de surface est ici calculée en poids sec décalcifié.

= Indices de diversité :

Le calcul de cet indice qui relie le nombre d'individus d'un prélèvement et le nombre d'espèces, permet d'évaluer l'homogénéité ou non de ce prélèvement, et donc la stabilité des conditions écologiques du milieu où il a été effectué. Tandis qu'un fort indice de diversité correspond à un peuplement où de nombreuses espèces représentent un petit nombre d'individus et indique des conditions équilibrées, un faible indice de diversité révèle des conditions dé-

favorables, qui, dans le cadre de cette étude, peuvent être par exemple la prépondérance d'un facteur polluant sur les autres facteurs écologiques. L'indice de Shannon a été utilisé dans cette étude :

$$\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \log_2 \frac{n_i}{N}$$

S = nombre d'espèces

N = nombre total d'individus

n_i = nombre d'individus de l'espèce

b) *Caractéristiques analytiques :*

Ces caractéristiques définissent l'importance de chaque espèce dans le prélèvement.

= Densité de l'espèce :

Cet indice a été utilisé lors de la mise en évidence des peuplements.

= Dominance :

La place qu'occupe une espèce dans un peuplement peut évoluer dans un secteur de faciès identique sous l'influence de facteurs physiques, hydrologiques ou polluants qu'il peut être possible de préciser.

Il est donc intéressant de situer l'importance d'une espèce dans un prélèvement et de comparer cette place à celle qu'elle occupe dans les divers autres prélèvements. Pour ceci, nous avons choisi l'index de CURTIS et Mac INTOSH (1951) : "l'Importance-value" qui possède l'avantage de synthétiser les paramètres habituels caractérisant les peuplements : nombre total d'individus, nombre total de prélèvements dans le peuplement, nombre total d'espèces, fréquence, dominance et densité de chaque espèce.

L'Importance-value est définie comme la somme de :

- la densité relative :

$$A = \frac{\sum_1^P Na}{\sum_1^P (Na + \dots Nn)} \times 100$$

Na : nombre d'individus d'une espèce a

P : nombre d'espèces

- la fréquence relative :

$$\text{F. rel. } A = \frac{Pa}{Pa + Pb + \dots Pn} \times 100$$

Pa : nombre de prélèvements dans lesquels on trouve l'espèce a

- la dominance relative :

$$\text{D. rel. } A = \frac{\sum_1^n Da_p}{N \times 100}$$

ou Da_p représente la dominance partielle

$$Da_p = \frac{Na}{Na + Nb + \dots Nn}$$

= Structure démographique des espèces d'un peuplement :

La comparaison des tailles et des poids d'espèces de même âge, vivant dans de mêmes conditions édaphiques, peut mettre en évidence un taux de croissance plus rapide des animaux dans des milieux plus riches en matière organique.

De telles structures peuvent être établies sur les principales espèces existantes. Elles servent de plus au calcul de la production du peuplement considéré, à partir de la production des espèces représentatives du peuplement qui y sont présentes en quantité abondante.

La production, ou "somme de matière organique produite dans un volume donné pendant un temps donné" (THORSON, 1957), est comme la biomasse un indice

de la richesse du milieu. Mais contrairement à cette dernière, qui ne renseigne que sur la quantité de matière organique disponible à un instant donné, la production est un indice qui tient compte du mode de vie des espèces étudiées (croissance, longévité, mortalité, migration...) et prend en compte le devenir de cette biomasse. Cet aspect ne sera pas développé ici.

III - RESULTATS OBTENUS EN AVRIL 1977.

Les résultats obtenus sont mis en évidence dans les tableaux suivants :

Tableau I :

Inventaire des espèces récoltées à chaque station dans une benne Shipek. Ces espèces sont classées selon le gradient édaphique des vases sableuses (VS) aux sables hétérogènes envasés (SHV). La nomenclature des stations est la suivante :

- Camfrout : 4A - 4B - 4C

- Port : selon une radiale allant du chenal aux formes de radoub, les stations sont ainsi réparties : 3A - 3B - 3C - 3D

3E représente une station faite à l'intérieur même du port, au niveau de la jetée sud.

- Anse de l'Armorique : 10A

- Landévennec : 18A - 18B - 18C

- Auberlac'h : 16A - 16C - 16D

- Moulin Blanc : 23A - 23B

- Baie de Daoulas : 30A - 30B - 30C - 30D - 30E - 30F

Figures 3 et 4 :

Graphes issus de l'analyse en composantes principales.

- figure 3 : corrélation entre les 97 espèces inventoriées ;

- figure 4 : affinité faunistique entre les 29 prélèvements effectués

	4B	4C	4A	3A	3B	3C	3D	3E	10A	18B	18C	18A	16A	16D	16C	23A	23B	30F	30C	30B	30A	30D	30E
ABRA NITIDA	2																						
MYSELLA BIDENTATA	6																						
HARMOTHOE LUNULATA	1																						
LEPTOSYNAPTA GALLIENNEI	5																						
CUCUMARIA ELONGATA	2	4	2																				
AMPELISCA SPINIPES			2																				
HALCAMP A SP.	1				1		3								1								
NEPHTYS HOMBERGII	10	13	11	1	2	2	2	1	3	2	6	4	1		2			2					
MELINNA PALMATA	30	28	31	51	87	1	6	9	41	16	6	8	14	13	10	17	6	1	5				
CHAETOZONE SETOSA	23	7	1		6	18	114	68	2		4	3			2	14	7		2		2		
NOTOMASTUS LATERICEUS		1	1	2	13	5		2	7	3	3	1	8	8	7	10			1		1		
MAGELONA ALLENI		1							1				2										
CLYMENE OERSTEDII			1	1	2				16	12	5	2	9		1								
THYASIRA FLEXUOSA				3	7	1		5	8														
ABRA ALBA				1	1			1	1				1		1				1				
AMPHARETE GRUBEI				3		1			2	1	3			2			1						
DENTALIUM NOVENCOSTATUM				1	1																		
CYLICHNA CYLINDRACEA					1																		
VENUS GALLINA				1																			
NUCULA NUCLEUS						1						1						1					
PHYLLODOCE GROENLENDICA								1															
MARPHYSA BELLII								1															
LUMBRINEREIS IMPATIENS					4	3							1				1	1	1	1			
DIPLOCIRRUS GLAUCUS									2														
SCALIBREGMA INFLATUM									1			1											
NEMATONEREIS UNICORNIS									4	1			1	2		1		1			1		
AMPELISCA TENUICORNIS									1		1						1						
APSEUDES LATREILLI									1		27												
NICOMACHINAE										1													
LANICE CONCHILEGA										4			1										
PRIONOSPPIO MALMGRENI											1												
LUMBRINEREIS GRACILIS														1			2						
TEREBELLIDES STROEMI													1										
LETOCHONE CLYPEATA													1										
GLYCERA UNICORNIS													1	2	1						1		
EUNICE VITTATA													1		2						1		
STENELAIS BOA	1																				1		
PISTA CRISTATA																4	1		1	1			
LEUCOTHOE INCISA																	1						
AUDOUINIA TENTACULATA																		1	5		2	2	4
ARICIA CUVIERI																			1	2			
SABELLA PAVONINA																			1				
TRIVIA MONACHA																			1				
TAPES DECUSSATA																			1				
PHASCOLOSOMA ELONGATA																			1				
LEPTOSYNAPTA INHAERENS																						1	
LUMBRINEREIS LATREILLI																						1	

TABLEAU I - INVENTAIRE DES ESPECES RECOLTEES A LA BENNE

	17	21	9	10	8	12	16	4	5	7	1-2	3A	3B	3C	3E	3D*	3	24, 26,29	22-23	25	30A à 30C	30D à 30F	11
<i>ABRA NITIDA</i>	7																						
<i>CLYMENE LUMBRICOIDES</i>	9																						
<i>AMPELISCA BREVICORNIS</i>	9																						
<i>LANICE CONCHILEGA</i>	14																						
<i>MAGELONA ALLENI</i>	11		12																				
<i>CLYMENE MODESTA</i>	11	11	18	14	16																		
<i>SPIO FILICORNIS</i>			10																				
<i>TREBELLIDES STROEMI</i>						15	18	6															
<i>NEMATONEREIS UNICORNIS</i>	11	12	32	24	19			21				18	31				23						
<i>CLYMENE OERSTEDII</i>	31	18	37	22	17			22	21			15											
<i>EUNICE VITTATA</i>				18	15	20			15	13							19						
<i>THIASIRA FLEXUOSA</i>			18	25			15	13	16	24		23	19				14						
<i>MARPHISA BELLII</i>								9										17					
<i>CHAETOCONE SETOSA</i>	7			19	21			11	14			21	125				166	207	13	10			46
<i>ABRA ALBA</i>	6	11			16	16	16	7	17	18		13					15						13
<i>MELINNA PALMATA</i>	99	126	100	86	91	148	60	82	171	151	19	33			35	81	153	94	116			35	21
<i>NOTOMASTUS LATERICEUS</i>	32	17	34	33	39	15	34	18	21	32	44	17					17	20	25			30	27
<i>NEPHTYS HOMBERGI</i>	13	15		21		45	15		18	15	25					28		16					30
<i>NEREIS SP.</i>																				101			
<i>AMPHARETE GRUBEI</i>			14			23	14	33	24			19					23	20					
<i>GLICERA UNICORNIS</i>	15																	14	16			14	
<i>LUMBRINERIS IMPATIENS</i>											11							20					21
<i>LUMBRINERIS GRACILIS</i>			10			10		13														27	
<i>OWENIA FUSIFORMIS</i>								11	25														
<i>HASSARIUS RETICULATUS</i>																	13	4					27
<i>VENUS GALLINA</i>																	13	8					
<i>LORIPES LUCINALIS</i>																			16				
<i>POLYMNIA NEBULOSA</i>											11												
<i>PISTA CRISTATA</i>								16											50			27	
<i>NUCULA NUCLEUS</i>													19										21
<i>SABELLA PAVONINA</i>			11															12	15	52	13		
<i>AUDOUINIA TENTACULATA</i>					17													15	26		35	147	185
<i>STENELAIS BOA</i>																			14		14		24
<i>TAPES DECUSSATA</i>																			12				
<i>LUMBRINERIS LATREILLI</i>																						16	
<i>ARICIA OUVIERI</i>																							39
DENSITE AU m ²	976		2 146		878	1 496			1 584	3 049	780	2 170	3 049				463	1170			252	130	
BIOMASSE AU m ² (g P.S)	5,4		27,6		8,8	12,2			12,4	14,1	2,7	4,3	9,8				10,7	11,7			8	7,6	
INDICE DE BENVENES DIVERSITE DE SHANNON, H. RALLIER	3,3		2,8	3,2	3,3	1,8	3,6	3,4	1,3	1,7	2,1	1,3	0,3			3,6	1,9	1,9	1,6		3,6	2,6	1,3

TABLEAU III - CARACTERISTIQUES INTERNES DES PEUPELEMENTS.

à la drague Rallier dans les 6 secteurs principaux de la Rade.

- . à la sortie du port, au niveau du chenal : stations 1, 2, 3
- . dans l'anse de Camfroul : station 4
- . à proximité de la pointe du Corbeau : stations 5 à 11
- . à l'Auberlac'h : stations 12 à 16
- . à Landévenec : stations 17 à 21
- . au Moulin Blanc : stations 22 à 29

La faiblesse des superficies prélevées à la benne Shipek nous a entraîné à accroître le nombre de prélèvements effectués à la drague.

Tableau II :

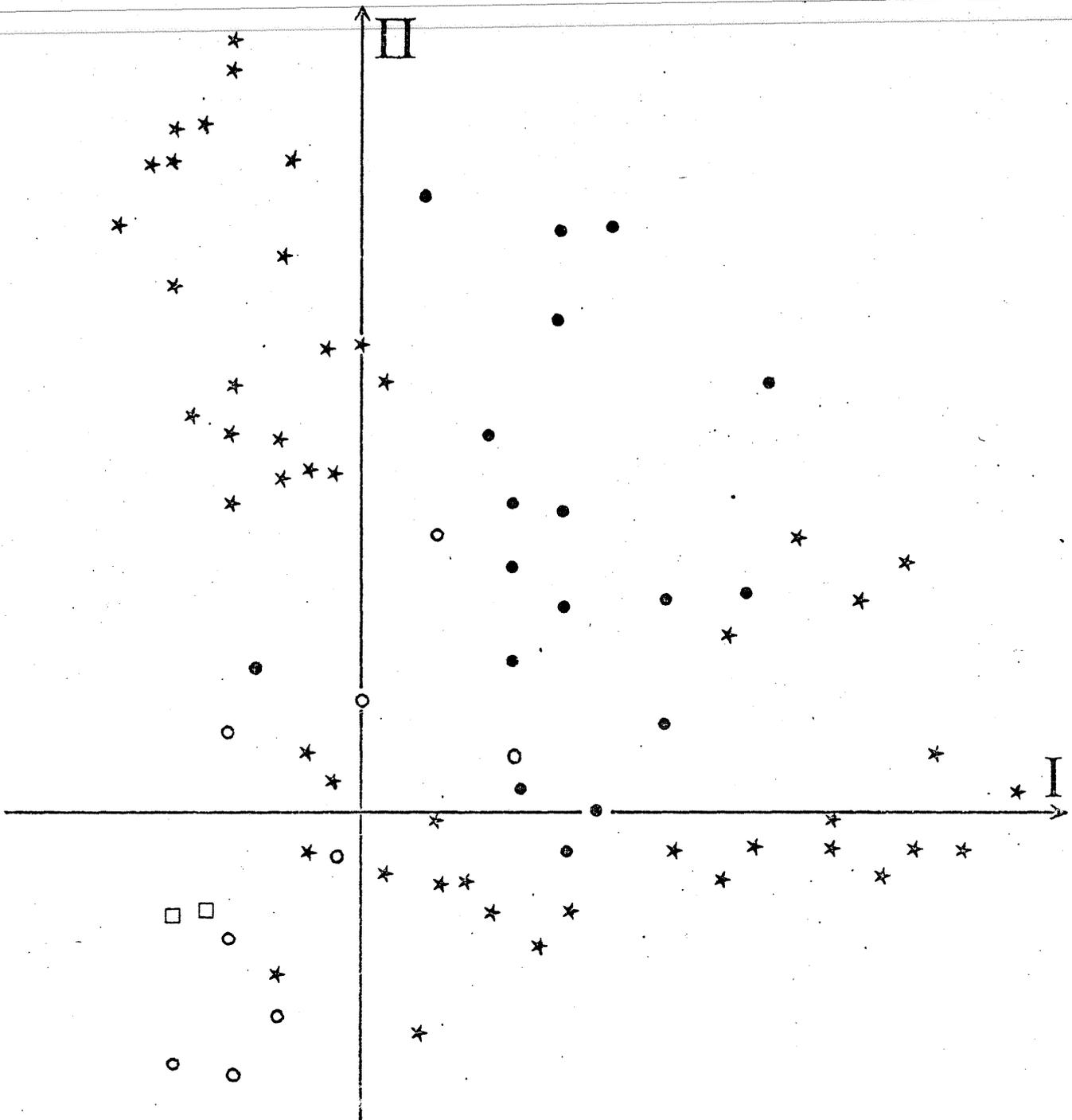
Inventaire des espèces récoltées à la drague Rallier, classées d'après l'analyse en composantes principales.

Tableau III :

Caractéristiques des peuplements : Importance-value, densité, biomasse et indice de diversité de Shannon. Les espèces y sont classées selon un gradient édaphique.

IV - DISCUSSION.

Bien que l'on se soit efforcé de comparer des secteurs de nature édaphique semblable, pour étudier les peuplements indépendamment du substrat, il est évident qu'une telle homogénéité est soumise à des fluctuations inhérentes à l'emplacement différent de chaque station. Des différences apparaissent d'un secteur à l'autre, ou au sein même d'un secteur, tant dans l'inventaire des espèces rencontrées que dans leur densité ou leur dominance. Il convient donc, avant de leur imputer une cause extérieure au milieu, de définir les affinités granulométriques des espèces et de regrouper entre elles les stations présentant



- ★ Espèces peu fréquentes et peu abondantes.
- Espèces plus fréquentes ou plus abondantes, caractéristiques des sédiments mixtes.
- Espèces plus abondantes, caractéristiques des sables fins.
- Espèces fréquentes et abondantes, caractéristiques des vases sableuses.

Fig. 3 - CORRELATION ENTRE LES ESPECES RECOLTEES A LA DRAGUE RALLIER.

des similitudes édaphiques. Si des différences notables apparaissent dans la nature des espèces, la densité, la biomasse ou la diversité spécifique d'un prélèvement, et qu'elles ne semblent pas imputables à un facteur physique externe - dans le cas présent, les courants ou la salinité - il est alors possible d'envisager l'action d'un facteur de type polluant.

1. REPARTITION DES STATIONS SELON UN GRADIENT EDAPHIQUE.

La répartition des espèces dans les tableaux I et II permet de classer les stations selon la granulométrie du sédiment. L'analyse en composante principale regroupe les stations ayant des affinités faunistiques propres, mais pas toujours strictement liées à un facteur édaphique.

Résultats de l'analyse en composantes principales :

La figure 3 visualise les 29 prélèvements dans le plan défini par les 2 premiers axes qui nous semblent représenter les sources de variations les moins difficiles à interpréter.

Les 2 premières composantes extraites de l'analyse expriment respectivement 16,2 et 13 % de la variance totale.

Deux faits ressortent immédiatement de ce tableau :

- La grande homogénéité des secteurs étudiés qui se regroupent à l'origine des axes. Seuls trois secteurs ressortent du fait de la divergence faunistique d'une ou deux de leurs stations ;

- A l'intérieur du "pool" central, chaque secteur est cependant bien individualisé. Les stations de l'Auberlac'h, Camfroust et une partie de celles du Corbeau, sont intimement mêlées, ce qui traduit donc une grande parenté faunistique de ces peuplements.

Ce pool est encadré :

. dans les valeurs négatives de l'axe I par les stations de Moulin Blanc regroupées dans un ensemble très compact qui prouve la grande homogénéité des espèces récoltées ;

. dans les valeurs positives de l'axe II, les stations de Landévennec avec, d'une part les stations 17, 21 et 18 qui se rapprochent faunistiquement du pool central, et, d'autre part, la station 20 bien discriminée par l'axe II vers son pôle positif.

. dans les valeurs positives de l'axe I, par les stations du Port très bien individualisées. L'homogénéité de ce secteur est cependant réduite du fait de la dispersion des points. Quant aux stations du Corbeau, discriminées à la fois par les axes I et II, elles sont très dispersées, plus ou moins proches des stations du Port ou de Landévennec, selon la plus ou moins grande similitude faunistique avec ces secteurs.

A première vue, la représentation bifactorielle suivant les deux premiers axes ne fait point ressortir de véritable opposition faunistique entre les prélèvements (Fig. 3). Une grande similitude qualitative et quantitative apparaît entre tous les prélèvements regroupés autour de l'origine du système d'axes référentiels. Des divergences sont à noter entre les prélèvements les plus éloignés de ce pool :

. le prélèvement 20 à Landévennec, isolé sur la figure 3, se détache de l'ensemble des stations du fait de la présence (cf. Tableau II) d'espèces qui lui sont propres : *Pandora albida*, *Cardium quadratum*, *Cheirocratus undevalli* ou qui sont particulièrement abondantes, c'est le cas de *Lanice conchilega*. Cette espèce témoigne de l'existence de forts courants, porteurs d'un important matériel en suspension, ce qui s'explique par la position de cette station à la limite du chenal de l'Aulne ;

. le prélèvement 9, situé au Corbeau s'individualise également, notamment par la présence abondante de *Spio filicornis* ;

. à l'opposé, les 3 prélèvements du port de Brest sont corrélés négativement dans l'axe II et très positivement dans l'axe I. Ils sont caractérisés par un certain nombre d'espèces sabulicoles sur lesquelles nous reviendrons plus loin. La station 3 est à la limite du pool commun.

S'il est difficile de donner aux axes une signification précise au vu de cette première analyse, la diagonalisation réalisée dans la mise en forme du Tableau II se retrouve aisément sur la figure 3. Il apparaît également que toutes les stations du pool central présentent les plus faibles valeurs de l'indice de diversité (1,3 pour une station du Corbeau, 1,6 - 1,9 au Moulin Blanc, 1,8 à Camfrout). Déjà à l'Auberlac cet indice augmente. Il atteint ces valeurs maximales aux extrémités des axes I et II dans les valeurs positives. Il n'en reste pas moins vrai que le fait essentiel reste le regroupement de la majorité des prélèvements autour de l'origine, ce qui souligne la quasi similitude de tous les prélèvements situés au niveau des vases sableuses de la Rade de Brest dans des stations différentes et parfois éloignées.

La figure 4 représente dans l'axe bifactoriel I-II, l'ensemble des espèces recensées dans les mêmes stations (cf. Tableau II). C'est une analyse en mode R dont l'interprétation est délicate.

Se placent dans les valeurs très positives de l'axe II et non déterminées par le facteur I, les espèces mal représentées en fréquence, ce sont notamment les espèces vasicoles qui définissent les stations de Landévennec : *Ampelisca brevicornis*, *Dentalium novemcostatum*, *Magelona alleni*, *Clymene modesta*, *Abra nitida*, *Nucula turgida*...

Sont localisées dans les valeurs très positives de l'axe I et légèrement négatives de l'axe II, des espèces également mal représentées en fréquence et abondance, essentiellement sabulicoles qui caractérisent les stations du Port : *Diogenes pugilator*, *Divaricella divaricata*, *Eurydice pulchra*, *Gari fervensis*, *Hyalinaecia grubii*, *Ophiura albida*, *Cultellus pellucidus*, *Sthenelais limicola* et *minor*.

Se définit donc ainsi un pôle aux extrémités duquel se localisent les espèces mal représentées en fréquence. Tout autour du centre de ce pôle se placent les espèces trouvées en fréquence et en abondance, ce sont toutes celles qui définissent le "fond commun" de ce type de substrat de la Rade de Brest. *Melinna palmata*, *Notomastus latericeus*, *Clymene oerstedii*, *Chaetozone setosa*, *Nematonereis unicornis*, *Ampharete grubei*, *Abra alba*, *Thyasira flexuosa*,... en sont les meilleurs exemples.

Perpendiculairement à ce premier axe A, apparait un deuxième axe B qui sépare ces espèces abondantes et fréquentes en deux lots :

. le premier constitué des espèces citées ci-dessus caractéristiques des vases sableuses, localisé dans les valeurs positives des axes I et II ;

. le deuxième est constitué d'espèces caractéristiques des sédiments mixtes (SHV par exemple) : *Tapes decussata*, *Solen marginatus*, *Venus verrucosa*, *Pista cristata*, *Audouinia tentaculata*... dans les valeurs légèrement négatives des axes I et II. Ces espèces sont cependant relativement moins fréquentes et parfois moins abondantes que celles du premier lot.

L'ensemble des stations étudiées (mis à part le cas de Landévennec et du Port) définit donc un peuplement riche en espèces et en individus. C'est un peuplement intermédiaire entre les réelles vases sableuses et les SHV, comme le suggère cette analyse en mode R puisqu'elle met parfaitement en évidence un lot d'espèces vasicoles sabulicoles et un lot d'espèces mixticoles, séparés sur un axe B qui se localise sur la bissectrice des axes I et II.

Pour permettre une comparaison des stations entre elles, un classement selon leur degré d'envasement a été proposé sous la forme du Tableau II.

Analyse du Tableau II :

En essayant de classer les espèces récoltées à la drague "Rallier" selon un gradient d'envasement, des vases sableuses (VS) aux sables fins propres (SF) en passant par les sables hétérogènes envasés (SHV), nous retrouvons l'allure générale du classement des espèces proposée par l'analyse en composante principale (cf. : Fig. 4).

La présence exclusive des espèces : *Abra nitida*, *Nucula turgida*, *Mysella bidentata*, *Dentalium novemcostatum* définit les stations 17, 21 et 18 de Landévennec, 9 du Corbeau comme étant les plus envasées. A celles-ci font suite, sur cette écocline, les stations de l'Auberlac'h et une partie de celles du Corbeau où sont encore représentées quelques espèces vasicoles. L'apparition d'espèces telles *Nucula nucleus*, *Terebellides stroemi* met en évidence l'hétérogénéité sédimentaire marquée par la présence d'éléments plus grossiers.

A l'opposé, les espèces sabulicoles fines isolent les stations du Port les moins envasées, -proches du Chenal de l'Elorn - dans la partie droite du Tableau. Les courants forts expliquent que le sédiment y est moins envasé. Ces stations sont précédées de celles de Moulin Blanc où coexistent ces espèces sabulicoles propres et des espèces de sédiments envasés plus grossiers.

Entre les vases sableuses de Landévennec et les sables vaseux plus ou moins hétérogènes de Moulin Blanc et du Port, se répartissent de part et d'autre du lot d'espèces vasicoles-sabulicoles à la fois fréquentes et abondantes (*Melinna*, *Notomastes*, *Clymene oerstedii*), une série d'espèces ubiquistes moins abondantes mais qui confirment la relative homogénéité des secteurs isolés dans le pool central (Fig. 3).

Il nous est donc possible de conclure qu'il existe un gradient d'envasement du Port aux stations de Landévennec en passant par Moulin Blanc, le Corbeau et l'Auberlac'h. Une dissociation des stations au niveau d'une même zone est cependant possible (cf. Tableau II), c'est ainsi que les stations du Corbeau où s'observent les plus grandes divergences faunistiques se rapprochent tantôt de Landévennec, tantôt du Moulin Blanc, selon la plus ou moins grande affinité vasicole ou gravellicole des espèces présentes, exprimant par là, les différences édaphiques entre les stations de ce même secteur.

Analyse du Tableau I :

Ce tableau est l'inventaire des espèces récoltées à la benne. Stations et espèces y sont classées d'une façon identique à celle du Tableau II. Il met en évidence un gradient qui apparaît édaphique, des vases vers les sables hétérogènes envasés. La faiblesse de l'échantillonnage effectué par cet engin et la localisation des points parfois différente de ceux faits à la drague explique les divergences qui peuvent apparaître entre les Tableaux I et II. Leur complémentarité en fait cependant un élément indispensable à la compréhension du problème posé.

Les stations les plus envasées semblent représentées ici par l'Anse de Camfrout et le Port, suivies de celles de Landévennec, de l'Auberlac'h et du Corbeau, conformément au Tableau II. La station de la baie de Daoulas non prospectée à la drague apparaît comme étant la moins envasée.

Une étude plus détaillée montre que les espèces récoltées à la benne à l'Anse de Camfrout : *Abra nitida*, *Mysella bidentata* commensale de *Leptosynapta gallieneri* et *Cucumaria elongata* se rapprochent étroitement de celles récoltées à la drague dans les vases sableuses de Landévennec.

Quant aux stations du Port, leur localisation, non plus à l'accore même du chenal comme précédemment, mais de plus en plus proche des formes de Radoub, explique leur plus fort taux d'envasement.

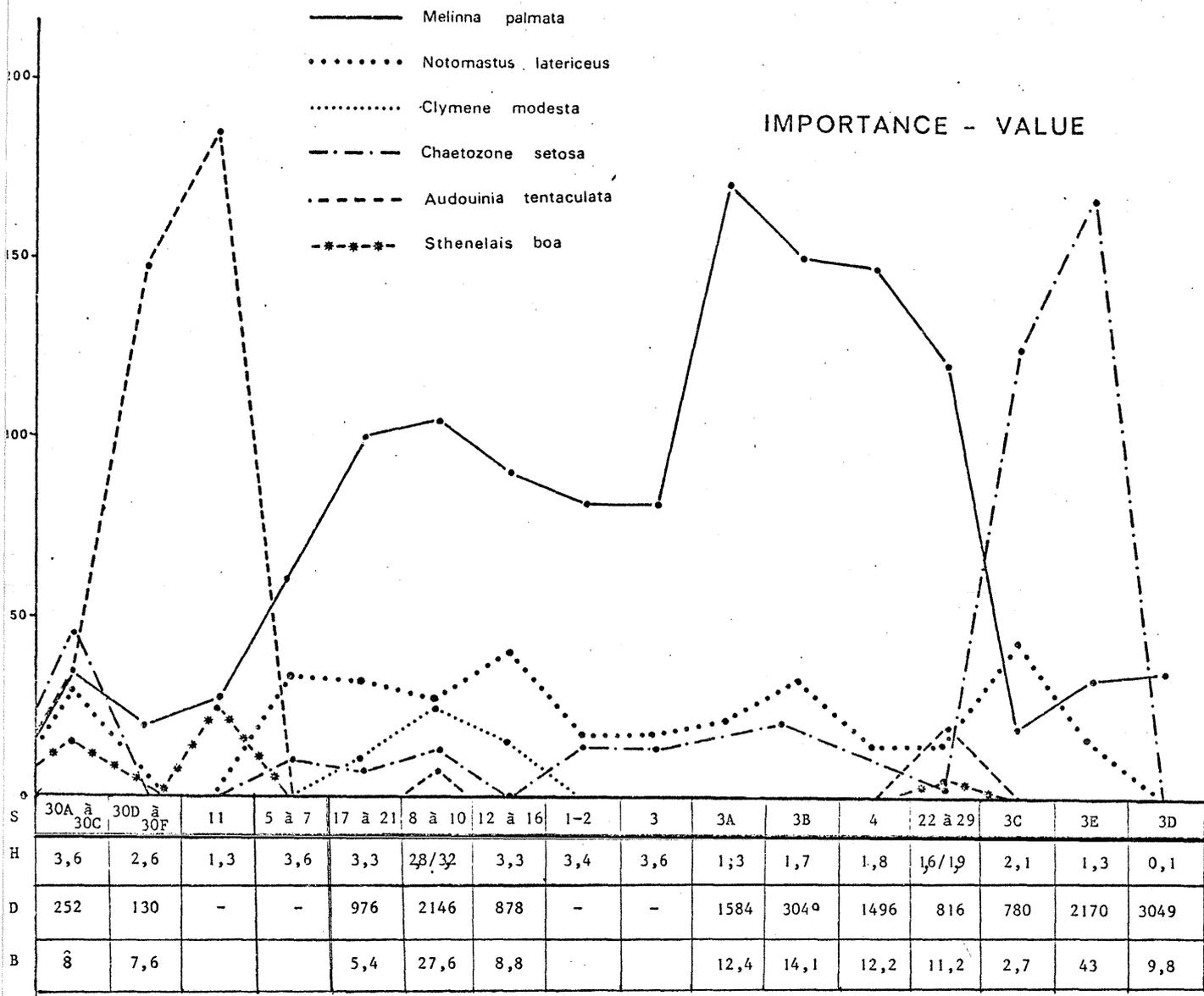
En résumé, le gradient édaphique mis en évidence au Tableau II reste valable. Seule la station de Camfrout est à relier étroitement à celle de Landévennec ; quant aux différences signalées dans les stations du Port elles prouvent simplement qu'au sein d'un même secteur existent des divergences dans le taux de sédimentation fine, selon que l'on s'éloigne plus ou moins des courants des chenaux.

2. ANALYSE DES PARAMETRES BIOLOGIQUES INTERNES

Le Tableau III regroupe les caractéristiques internes des peuplements calculées ici - Importance value des espèces principales - densité et biomasse pour chaque prélèvement effectué à la benne - indice de diversité de Shannon. Les prélèvements ont été regroupés selon leur localisation géographique, sauf lorsque des divergences apparaissent au sein d'un même secteur, notamment dans le Port.

Importance value :

Cet indice permet de situer l'importance d'une espèce dans un peuplement et particulièrement de définir le "pilote" de l'échantillon.



S : Stations
 H : Indice de diversité de Shannon
 D : Densité (gs/m²)
 B : Biomasse (au m²)

Fig. 5 : Schématisation des variations de l'Importance-Value des principales espèces du peuplement des vases sableuses dans la Rade de Brest, parallèlement à celles de la diversité, la densité et la biomasse.

La figure 5 met en évidence le peuplement des vases sableuses de la Rade de Brest avec à l'intérieur du même cadre édaphique les particularités suivantes :

. en Baie de Daoulas, la prédominance d'*Audouinia tentaculata* sur *Melinna palmata* peut s'expliquer par une certaine hétérogénéité du substrat ou par la présence, comme à la station 11 du Corbeau d'un apport important d'algues détritiques ;

. les autres stations du Corbeau, celles de Landévennec, de l'Auberlac'h, du Chenal du Port (stations 1, 2 et 3) définissent ce peuplement des vases sableuses. Il est très homogène. L'I.V. des *Melinna* y est comprise entre 50 et 100. Cette espèce domine d'autres espèces bien représentées comme *Clymene oerstedii* (IV entre 15 et 37), *Clymene modesta* (IV entre 10 et 20), *Nematonereis unicornis*, *Eunice vittata*... ;

. dans les stations du Port 3A et 3B, de Camfrout et de Moulin Blanc, ce peuplement à *Melinna palmata* se déséquilibre quelque peu. L'IV des *Melinna* est toujours supérieure à 100 (de 100 à 170). Les espèces caractéristiques du peuplement type décrit ci-dessus sont en régression très marquée, et non remplacées par d'autres espèces. On note à Moulin Blanc, des espèces indicatrices d'une certaine hétérogénéité sédimentaire ainsi que la présence de *Loripes lucinalis*, témoin de l'existence éventuelle d'herbiers de Zostères dans ce secteur ;

. les *Melinna* disparaissent brutalement dans les stations 3C, 3E, 3D du Port. Elles sont remplacées par *Chaetozone setosa* dont l'IV, toujours supérieure à 100, peut atteindre 200 au niveau des formes de Radoub. La compétition entre les deux espèces *Melinna palmata* et *Chaetozone setosa* a déjà été notée dans des secteurs similaires comme le Golfe du Morbihan.

Indice de diversité :

L'indice de diversité de Shannon, H, noté au bas de la figure 5, confirme les modifications signalées ci-dessus au sein du peuplement des vases sableuses.

L'indice de diversité est élevé dans le peuplement type (Chenal du Port, Landévennec, Auberlac'h, Corbeau). Il est compris entre 3,2 et 3,3.

Ceci s'explique par le nombre important d'espèces inventoriées (44 entre les stations 1 et 2) qui affaiblissent l'importance-value de l'espèce "pilote" *Melinna palmata*. Cet indice de diversité chute brusquement lorsque s'accroît l'IV des *Melinna* dans les secteurs peu profonds de la partie nord de la Rade (stations 3A, 3B du Port, Moulin-Blanc et Anse de Camfrout). H est compris entre 1,3 et 1,9. Ceci s'explique par le faible nombre d'espèces, la plupart de celles existant dans le peuplement type ne s'étant pas adaptées aux conditions présentes, ce qui accentue la particularité de ce faciès par rapport au peuplement classique.

Dans les peuplements les plus proches des formes de Radoub, la diversité spécifique s'effondre ($H = 0,3$ en 3D). Seules 4 espèces ont été inventoriées à cette station où l'on dénombre 5 200 *Chaetozone* au m^2 . Ce faible indice de diversité témoigne d'un stress important.

Un déséquilibre identique apparaît également à la station 11 du Corbeau, où un nombre d'espèces cependant plus important réduit l'IV de l'espèce "pilote" *Audouinia tentaculata* et par conséquent, accroît la valeur de H, ($H = 1,3$). Dans les stations de la Baie de Daoulas, H est relativement élevé, malgré un déséquilibre du peuplement type des vases sableuses confirmé par l'hétérogénéité du faciès et la prédominance d'*Audouinia tentaculata*. L'IV de cette espèce est proche de 150 dans l'ensemble des prélèvements 30D - 30E - 30F, auxquels la présence de plusieurs espèces vasicoles et mixticoles confère cependant un indice H de 2,6. Cet indice croît aux stations 30A - 30B - 30C, au sein desquelles aucune espèce ne se détache vraiment ; des espèces également vasicoles (*Chaetozone setosa*, *Melinna palmata*, *Notomastus latericeus*, *Lumbrinereis gracilis*) et mixticoles (*Aricia cuvieri*, *Audouinia tentaculata*, *Pista cristata*) ont des IV comprises entre 27 et 46. Cette coexistence d'espèces à affinités différentes explique le fort indice calculé ($H = 3,6$).

Biomasse et densité :

L'étude des densités et des biomasses permet de retrouver le schéma précédent malgré quelques déséquilibres qui peuvent cependant s'expliquer.

Si nous exceptons la Baie de Daoulas où l'hétérogénéité du substrat (la présence du maerl) explique la faible densité des individus (de 130 à

250 au m^2), compensée par une relative importance pondérale (environ 8g de POS/ m^2), les prélèvements étudiés se séparent en 3 lots :

- le peuplement type des vases sableuses de Landévennec et de l'Auberlac'h où la densité moyenne est proche de 900 individus au m^2 et la biomasse comprise entre 5 et 9 g/m^2 ;

- à Camfrout, Moulin Blanc, dans le Port, ces valeurs augmentent. Plus faibles à Moulin Blanc, où l'hétérogénéité est la plus forte (815 individus/ m^2 en moyenne, 11,2 g de POS), elles atteignent un maximum dans le Port où l'on dénombre 3 050 individus au m^2 . La biomasse reste cependant comprise entre 10,7 et 14 g/m^2 .

Le peuplement des stations 9 et 10 du Corbeau apparaît intermédiaire avec une biomasse de 27,9 g/m^2 . Ces valeurs sont compatibles avec celles des vases sableuses de l'infralittoral calculées par C. CHASSE et M. GLEMAREC sur l'ensemble du plateau continental armoricain.

- dans les stations reconnues comme stressées selon l'analyse des peuplements, les biomasses passent par un maximum qui correspond à une colonisation massive du substrat par un seul individu, en l'occurrence *Chaetozone setosa* dans le port, (43 g/m^2 de POS à la station 3F dans le bassin du port), puis elles chutent brusquement par manque d'oxygénation (2,7 g dans une station proche des formes de Radoub). Ceci correspond donc à un enrichissement en biomasse avec prolifération éventuelle de l'espèce pilote, ceci jusqu'à une limite compatible avec une oxygénation minimale. Cette remarque est également incluse dans le schéma proposé par CHASSE et GLEMAREC (1970).

3. ANALOGIES ENTRE CES PEUPELEMENTS ET CEUX DU GOLFE DU MORBIHAN.

L'étude des dominances moyennes des espèces composant le peuplement des vases sableuses à *Melinna palmata* confirme les résultats précédents. L'évolution spatiale de ces espèces au sein des stations de l'Auberlac'h, Landevennec, le Port, Moulin Blanc et Camfrout est similaire à l'évolution temporelle observée par M. GLEMAREC dans le Golfe du Morbihan de 1961 à 1975 (1976).

En 1960-62, les platiers vaseux du Golfe du Morbihan sont occupés par un peuplement d'Ampharetidae. Les forces hydrodynamiques, accentuées du fait de la disparition d'herbiers de Zostères, en favorisent le développement en agissant sur le substrat.

La forte dominance moyenne des *Melinna* (76,3 %) et par conséquent le faible indice de diversité observé (environ 1,1) en font un peuplement bien défini qualitativement et quantitativement, proche de celui de Camfrout et de Moulin Blanc où la dominance moyenne des *Melinna* est respectivement de 61,6 et 68,4 % pour une diversité spécifique comprise entre 1,6 et 1,9.

Entre 1962 et 1975 s'opère dans le Golfe une recolonisation progressive des platiers par les herbiers. Les forces hydrodynamiques sont affaiblies, les unités de peuplement, bien séparées, sont moins nettes et des espèces à affinités édaphiques moins strictes apparaissent. Les dominances sont donc moins marquées et par conséquent l'indice de diversité augmente. Entre 1961 et 1970, la dominance moyenne des *Melinna* passe de 76,3 à 23,4 % de l'indice H de 1,3 à 3,1 (3,3 en 1975). Nous retrouvons en Rade de Brest, au niveau de l'Auberlac'h, du chenal du Port et de Landevennec, des caractéristiques intermédiaires entre celles des peuplements observés dans le Golfe en 1967 et 1970. La dominance moyenne des *Melinna* est respectivement de 38, 39,5 et 47,7 %, la diversité comprise entre 3,3 et 3,6. Parallèlement, de même que décroît la densité des *Melinna palmata* et de certaines espèces accompagnatrices *Ampharete grubei*, *Terebellides stroemi*..., des espèces compétitrices de *Melinna* augmentent en nombre (*Clymene oerstedii*, *Chaetozone*, *Notomastus* ...) ainsi que des espèces prédatrices (*Marphysa bellii*) et localement des espèces plus vasicoles (*Magelona alleni*, *Nucula turgida*, *Abra nitida*...).

A l'Auberlac'h, Landevennec, nous sommes en présence du peuplement type des vases sableuses. Dans l'anse de Camfrout, de Moulin Blanc et le Golfe du Morbihan en 1967, la forte valeur de l'IV de *Melinna palmata* alliée à la très faible valeur de H, signifie que les peuplements sont en déséquilibre, déséquilibre créé par la disparition des herbiers dans le Golfe du Morbihan, par un facteur de pollution en Rade de Brest.

La recolonisation des herbiers dans le Golfe, en limitant le facteur hydrodynamique, permet un retour vers un peuplement plus diversifié, aux dominances moins marquées, peuplement certainement plus équilibré.

V - CONCLUSION

Comme le mettent en évidence les diverses techniques employées, notamment l'analyse en composantes principales, les stations étudiées dans le cadre de cette étude présentent entre elles de grandes affinités faunistiques. Nous sommes ici en présence de vases sableuses à *Melinna palmata*, *Clymene oerstedii*, *Abra alba*, *Thyasira flexuosa*, *Notomastus latericeus*... *Melinna* tolère des différences importantes d'envasement, de même que la présence plus ou moins grande de sédiments hétérogènes, ce qui explique sa présence dans tous les secteurs étudiés.

La faune associée permet de mettre en évidence des différences édaphiques : une tendance plus nettement vasicole à Landevennec et Camfrout, sabulicole aux abords du chenal du Port et gravellicole à Moulin Blanc. L'étude de la diversité spécifique et des "importance-values" des principales espèces permet cependant d'observer des variations locales au sein de ce peuplement type. Une IV entre 60 et 100, une dominance entre 38 et 48 pour les *Melinna*, un indice de diversité avoisinant 3 définissent l'ensemble des espèces de Landevennec, de l'Auberlac'h, du chenal du Port et du Corbeau comme le peuplement type des vases sableuses de la Rade de Brest. Ce peuplement se déséquilibre dans les stations nord de la Rade (bordure côtière du Port, Moulin Blanc, et Anse de Camfrout) comme en témoignent la baisse de l'indice de diversité et la forte IV de l'espèce "pilote" *Melinna*. La disparition de cette espèce et son remplacement en tant que "pilote" par un Cirratulidae faisant chuter brutalement la diversité, témoignent en 2 secteurs d'un stress important. Dans l'un, l'apport d'algues détritiques (station 11 du Corbeau) permet le développement massif d'*Audouinia tentaculata* ; dans le second, la pollution portuaire, favorise la colonisation du milieu par *Chaetozone setosa*.

En conclusion, cette étude a permis de mettre en évidence la grande uniformité des peuplements littoraux de vases sableuses de la Rade de Brest au sein desquels apparaissent cependant des divergences qualitatives et quantitatives. Malgré la difficulté d'imputer les déséquilibres observés à des facteurs polluants sans une étude détaillée des caractéristiques externes du milieu, notamment de la nature granulométrique du substrat et des conditions de salinité en profondeur, on observe cependant que ceux-ci correspondent géographiquement à des secteurs industriels et urbains de grande activité.

Ce travail qui est une première approche de l'étude des peuplements benthiques des milieux stressés de la Rade de Brest, nous a surtout permis, outre de localiser géographiquement les stations à étudier, de mettre au point une méthode de travail qui facilitera l'analyse des 3 séries de prélèvements à venir, où seront de plus abordés de nouveaux paramètres dont la dynamique des principales espèces et la production des peuplements.

Si la théorie de la stabilité des peuplements liée à leur diversité est aujourd'hui en disgrâce, il n'en reste pas moins que l'indice de diversité lié à d'autres paramètres permet de mettre en évidence des peuplements en déséquilibre, stressés par un facteur quelconque.

L'ensemble du peuplement des vases sableuses de l'infralittoral de la Rade de Brest est riche, composé d'espèces variées et bien adaptées à ce milieu fluctuant. Il est certainement très apte à supporter des stress. Si en Rade de Brest, ceux-ci semblent très limités géographiquement, ils n'en sont pas moins importants, car ils agissent non pas sur des peuplements fragiles mais sur ce peuplement de forte stabilité dynamique.

M. GLEMAREC,

BIBLIOGRAPHIE

- CHARDY P., & M. GLEMAREC, 1974 - Contribution au problème de l'étagement des communautés benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 278, D, 313-316.
- CHARDY P., M. GLEMAREC, & A. LAUREC, 1976 - Application of inertia methods to benthic marine ecology. Practical implications of the basic options. *Estuar. and coast. Mar. Sc.*, 4, 179-205.
- CHASSÉ C., & M. GLEMAREC, 1976 - Atlas des fonds meubles du plateau continental du Golfe de Gascogne. *Cartes biosédimentaires. I.C.A., Brest.*
- CURTIS J.T., & R.P. McINTOSH, 1951 - An upland forest continuum in the prairies-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32 (3) : 476-495.
- GLEMAREC M., 1964 - Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. *Thèse sc. Paris, Brest, Fac. sc.*, 165 p.
- GLEMAREC M., 1976 - Le Golfe du Morbihan. Les peuplements et leur dynamique. *Rapp. contrat CNEXO 75-5201.*
- HILY Ch., 1976 - Ecologie benthique des Pertuis Charentais. *Thèse 3e cycle. UBO. Brest.* 1-236.
- THORSON G., 1957 - Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Treatise on marine ecology and paleo-ecology. *Geol. Soc. America, Memoir 67*, 461-534.