

PREMIERES DONNEES SUR LA DYNAMIQUE DU PEUPEMENT MACROBENTHIQUE DES SABLES FINS ENVASÉS A *ABRA ALBA* DE LA BAIE DE SEINE ORIENTALE.

GENTIL F. *, IRLINGER J.P. **, ELKAIM B. **, PRONIEWSKI F. ***

INTRODUCTION

Le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* de la partie orientale de la baie de Seine a été décrit et délimité au cours du programme d'exploration biocénotique de la Manche (RCP 378 et GRECO 19 : Cabioc et Gentil, 1975; Gentil, 1976 et 1980). Il présente plusieurs particularités :

- c'est la surface la plus importante pour ce type de peuplement en considérant les côtes françaises de la Manche. Son confinement dans les fonds de baie est dû aux distributions sédimentaires étroitement dépendantes des intensités des courants de marée (Larsonneur, 1971; Larsonneur et coll., 1979).

- Ces fonds meubles envasés constituent en Baie de Seine à la fois une zone importante pour une grande partie du cycle biologique de nombreux poissons et un lieu privilégié pour leur pêche (notamment celle des poissons plats (Crézé, 1980). La macrofaune benthique de peuplements analogues qui représente une source potentielle de nourriture pour les poissons (Blegvad, 1914; Cushing, 1975;..) a été très étudiée dans la plupart des mers nord-européennes et montre généralement une forte richesse en espèces et en individus associée à une productivité importante. En Baie de Seine, aucune donnée quantitative sur la dynamique de ce peuplement n'était jusqu'à présent disponible alors que sa diversité spécifique a été reconnue comme élevée par rapport à l'aspect très appauvri du peuplement estuarien de la Seine (Gentil, 1976; Proniewski & Elkaïm, 1980).

- Situé au débouché de la Seine, quatrième fleuve français (avec un bassin versant qui héberge 40% de l'activité économique, 30% de la population et 20% de l'agriculture françaises), ce peuplement est donc soumis à des apports fluviaux polluants transitant par l'estuaire (Allen et coll., 1977; ce colloque). En mer du Nord et en Baltique, de telles situations ont suscité, en parallèle avec le développement industriel et urbain, des modifications dramatiques des peuplements benthiques liées aux périodes d'anoxie sédimentaire provoquées par les forts apports organiques (Pearson & Rosenberg, 1978).

Nous avons entrepris une étude de la cinétique du peuplement des sables fins envasés, proche de l'estuaire de la Seine, à la fois pour acquérir des bases quantitatives pour la compréhension de son fonctionnement et pour obtenir une première appréciation de sa sensibilité et de sa réactivité aux fluctuations et aux perturbations de l'environnement à proximité immédiate de l'embouchure de la Seine, dans les conditions particulières du régime macrotidal (Avoine, 1981; ce colloque).

* Université P. & M. Curie et L.P. 4601-CNRS - Station Biologique, 29211 Roscoff.

** Université P & M. Curie, Laboratoire d'Hydrobiologie, 12, rue Cuvier,
75230 Paris Cédex 05.

*** Laboratoire Municipal, 5, rue R. Guénot, 76600 Le Havre.

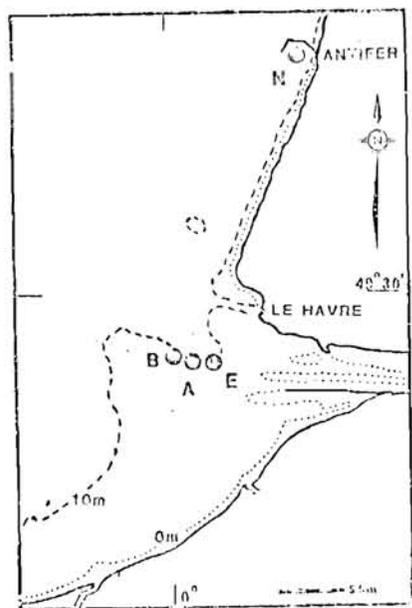
Stations	A	B	E	N
Coordonnées géographiques	49°27,2'N 0° 1,5'E	49°27,3'N 0° 0,2'E	49°27,1'N 0° 2,9'E	49°39,6'N 0° 7,9'E
Profondeur (m)	10	9	11	26
Données eaux (au fond) (RNO, Monbet, Avoine, Crevel, personnelles) . Salinité ‰ . Température °C	Gamme moyenne annuelle de 27,0 à 33,4 pour cette zone, pouvant être dépassée; au cours d'un cycle de marée, variation du même ordre (surtout en crue et vive-eau). 5,2 à 19,5 pour cette zone			30,0 à 34,5 variation plus faible 6,5 à 18,5
Sédiments (coll. Avoine) . Type sédimentaire . % fraction <200µm . % fraction < 50µm	Sables vaseux 51 12	Sables peu envasés 40 4	Vases sableuses 97 65	Vases sableuses 90 59
Echantillonnage : . Engin utilisé . Surface . Rythme . Période de suivi . Maille du tamis	Benne Smith-Mac Intyre 1m ² = 10x0,1 au moins bimestriel 05/81-09/83 maille ronde 1mm	Benne Smith-Mac Intyre 1m ² = 10x0,1 bimestriel 05/81-09/83 maille ronde 1mm	Suceuse en plongée 1m ² = 6x0,16 mensuel 02/82-02/84 maille carrée 1mm	Suceuse en plongée 1m ² = 6x0,16 mensuel 02/82-02/84 maille carrée 1mm

Tableau 1.- Caractéristiques générales du milieu étudié, des stations d'étude et de l'échantillonnage.

Stations	A		E		N	
Nombre total d'espèces récoltées	163		60		60	
Nombre total d'espèces rares (récoltées 1 fois avec 1 ind.)	34		16		9	
Nombre d'espèces constantes :						
. 100% des prélèvements	25		2		4	
. >50% des prélèvements	70		14		18	
Nombre moyen d'espèces par m ²	77		17		21	
Nombre moyen d'individus pour 0,1 m ²	2700 (Tharyx = 1200)		140		220	
Répartition par groupes zoologiques et trophiques	a	b	a	b	a	b
. Annélides	41	63	27	39	31	32
. Mollusques	18	30	39	53	35	45
. Crustacés	32	2	18	2	20	3
. Echinodermes	4	4	9	5	8	19
. Divers	5	1	7	1	6	1
. Suspensivores et déposivores de surface	44	86	54	63	49	75
. Déposivores de subsurface	12	4	6	14	13	9
. Carnivores et nécrophages	44	10	40	23	38	16

Tableau 2.- Richesse spécifique, densité et répartition selon les groupes zoologiques et trophiques dans les stations A, E, N (a = % espèces non-rares, b = % individus).

1. CARACTERES GENERAUX DES STATIONS D'ETUDE



Quatre stations d'échantillonnage ont été réparties en deux zones :

- une radiale depuis la limite de l'estuaire en direction O-N-O, avec trois stations (E, A, B), équidistantes de moins d'1 mille et représentant trois faciès distincts du peuplement (tabl.1).
- Un point de comparaison en régime côtier, à l'écart de l'estuaire: la station N dans le port d'Antifer, construit en 1974, au pied de la falaise du pays de Caux, et abritant un fond d'envasement récent, conséquence de cet aménagement (Monbet & Crézé, 1975; Monbet, 1980).

Les caractéristiques des eaux et des sédiments dans cette partie orientale de la baie de Seine ont déjà fait l'objet de nombreux travaux (notamment: Allen et coll., 1977; Avoine, 1981, Crevel, 1984; ce colloque) et sont résumées dans le tableau 1.

Figure 1.- Carte des stations de prélèvements pour le suivi de la dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés à *Abra alba* de la baie de Seine orientale.

2. MATERIEL ET METHODES

La méthodologie utilisée est décrite brièvement dans le tableau 1; la fixation du refus de tamis a été pratiquée à bord avec du formol salé neutre à 10% et le tri au laboratoire a été effectué après coloration au rose Bengale.

Les prélèvements ont été réalisés à partir de différents navires et selon deux modalités distinctes, benne ou suceuse manipulée en plongée (Proniewski et coll., 1978), qui n'entraînent pas de conséquences notables vis-à-vis de la comparaison des résultats.

3. RESULTATS

Les résultats exposés ici constituent une mise au point préliminaire à partir des données numériques (richesse spécifique, densité) obtenues pour les stations A et B (Gentil, 1984) et E et N (Irlinger, 1985). Les résultats de la station B (en cours de dépouillement et représentant un faciès sableux de composition spécifique comparable à A mais moins riche en individus) ne seront pas exploités ici en totalité.

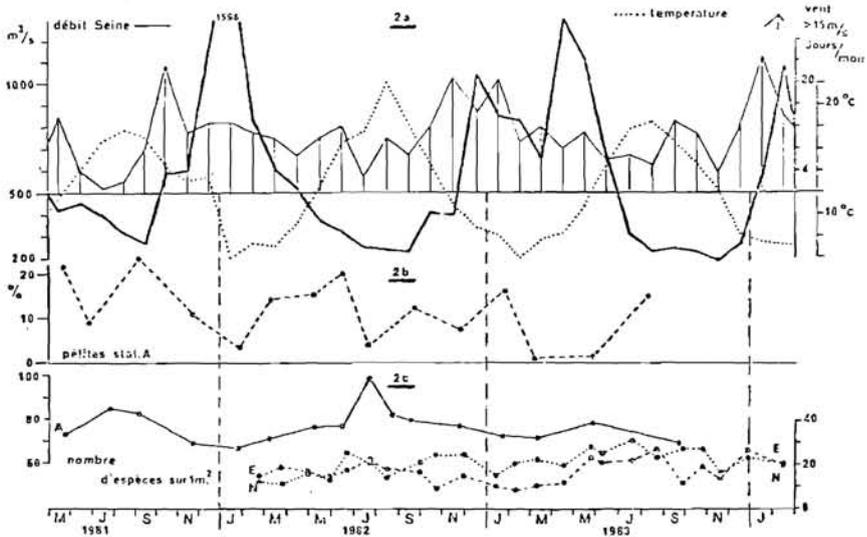


Figure 2a.- Débit de la Seine (moyennes mensuelles: données Port Autonome de Rouen), force des vents (nombre de jours de vent supérieur à 16 m/s : données Météorologie Nationale), température de l'eau au fond (données R.N.O.- point 2 : 49° 26' N/0° 2''E), de mai 1981 à février 1984.

Figure 2b.- Taux de pérites (< 50 µm) dans le sédiment pour la station A, au cours de l'étude : données personnelles en collaboration avec J. Avoine).

Figure 2c.- Richesse spécifique totale pour les stations A, E, N, au cours de l'étude. (échelles 60 à 100 espèces : station A; 0 à 40 espèces: stations E et N).

3.1. Richesse et composition spécifique

Le tableau 2 résume les caractéristiques des stations A, E et N vis-à-vis des espèces recueillies durant l'étude.

La richesse spécifique et la répartition en groupes zoologiques et trophiques différencient clairement la station A de E et N. Toutefois, si l'on considère les espèces les plus constantes (présentes au moins dans la moitié des prélèvements) 12 sont communes aux trois stations; ainsi la quasi-totalité des espèces constantes dans E et N sont constantes également à la station A. Ce sont : *Pectinaria koreni*, *Nephtys hombergii*, *Owenia fusiformis*, *Abra alba*, *Cultellus pellucidus*, *Tellina fabula*, *Mysella bidentata*, *Nucula turgida*, *Nassarius reticulatus*, *Diastylis bradyi*, *Acrocnida brachiata*, *Ophiura texturata*.

Les variations saisonnières du nombre d'espèces pour 1 m² (fig. 2c) montrent un maximum estival-automnal et un minimum hivernal; le maximum s'explique en grande partie par l'augmentation de la densité de nombreuses espèces après leur recrutement larvaire sur le fond en printemps-été, phénomène habituel en climat tempéré, ce qui renforce statistiquement, à surface d'échantillonnage égale, la capture de espèces peu abondantes en hiver.

Les Annélides et les Mollusques forment la majorité des espèces récoltées, avec le groupe des Crustacés lequel présente de fortes variations saisonnières.

3.2. Densité numérique

Le tableau 2 expose les répartitions des individus par groupes zoologiques et trophiques ainsi que les valeurs moyennes des densités, au cours de l'étude.

Les stations E et N apparaissent encore dominées par les Mollusques tandis que les Annélides sont les plus abondantes en A, où *Tharyx marioni* représente près de 50% de la densité totale. D'une façon générale, les suspensivores et dépositivores de surface dominent largement le peuplement et l'importance numérique des dépositivores de subsurface semble s'accroître avec le taux de pélites dans les sédiments.

Les variations saisonnières des densités (fig. 3a) s'observent parallèlement à celles de la richesse en espèces; un petit nombre d'espèces, soit constamment dominantes (comme *Tharyx marioni*, *Mysella bidentata* dont l'importance numérique est précisée pour A sur la fig. 3a), soit présentant des pics de fortes abondances limités dans le temps (*Pectinaria koreni*, *Cultellus pellucidus*, fig. 3b et c) contribuent largement aux fluctuations de la densité totale (exemple de juillet 1982).

3.3. Diversité et structure numérique

3.3.1. Indice de diversité :

Les résultats obtenus en considérant l'indice de diversité H' de Shannon-Weaver couramment utilisé en écologie (Daget, 1976) n'apparaissent pas significatifs en raison de la dominance de certaines espèces. Pour les stations E et N, malgré quelques irrégularités imputables aux recrutements importants d'une ou deux espèces, la saisonnalité de la diversité est conservée. Minimales en hiver et maximales en été-automne, les valeurs varient de 1,5 à 3,2.

Pour la station A, H' ne traduit pas de phénomène saisonnier particulièrement net du fait de la dominance constante de *Tharyx marioni* et *Mysella bidentata* (fig. 3a). En ne considérant pas ces deux espèces, la diversité présente alors une certaine saisonnalité avec des valeurs minimales au printemps (3,2) et maximales en été-automne (4,3).

3.3.2. Structure numérique :

a) diagrammes rang-fréquence: la représentation graphique par les diagrammes rang-fréquence (DRF) permet de visualiser la hiérarchie numérique entre les espèces d'un peuplement (Frontier, 1976). Seules les 10 premières espèces (représentant au moins 90% des individus) ont été retenues dans les courbes choisies comme illustrations des situations rencontrées (fig. 4).

Les DRF obtenus pour la station E (allure plus ou moins rectiligne) traduisent un peuplement avec peu d'espèces et d'individus, dont la structure est fortement influencée par les recrutements de quelques espèces.

La stabilité relative de la station N est marquée par une tendance des DRF à la formation d'un plateau qui s'explique par un groupe de 5 espèces dominantes, caractéristiques du peuplement.

L'allure des courbes à la station A permet de discerner deux cas extrêmes:

- une situation hivernale (03/82) avec une ou deux espèces très dominantes (*Tharyx marioni* et *Mysella bidentata*) correspondant au stade 1 (début de succession) de Frontier (1976);
- une situation de fin de printemps et d'été (07/82) avec quatre à cinq espèces dont les forts recrutements (fig. 3b et c) les rapprochent des valeurs des deux espèces dominantes. Cette allure similaire du stade 2 (maturité du système) de Frontier (1976) est constituée essentiellement par l'abondance de formes juvéniles et jeunes de quelques espèces; elle persistera jusqu'à l'automne pour revenir ensuite à un stade 1, en même temps que les populations de ces espèces sub-dominantes déclineront en vieillissant (fig. 3b et c).

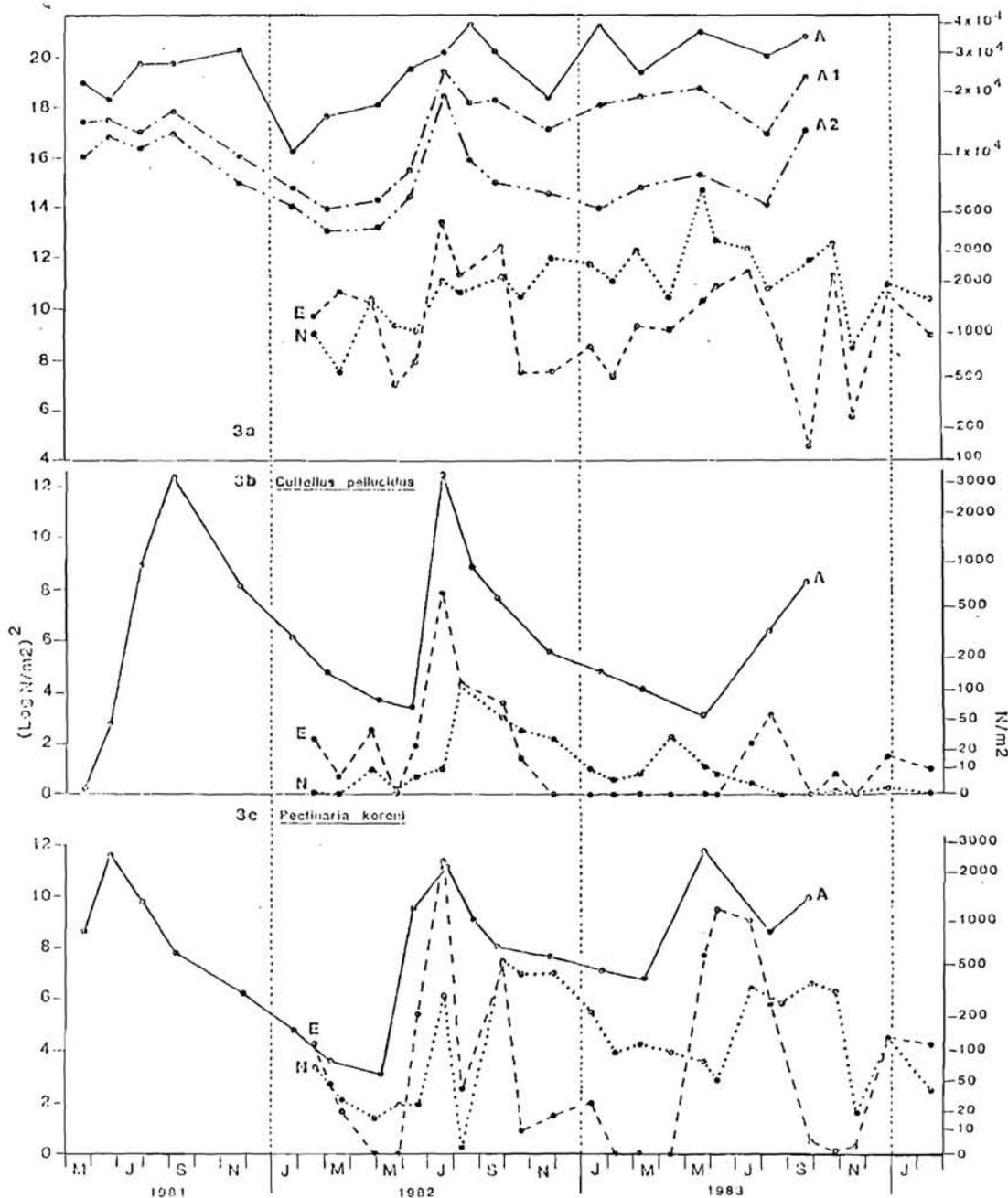


Figure 3.- Evolution au cours de l'étude des densités (nombre d'individus pour 1 m²) exprimées en logarithme décimal au carré.

Figure 3a.- Densités totales: A, E, N pour les stations A, E et N; A1 et A2 correspondent à la densité totale pour la station A diminuée respectivement de la densité de *Tharyx marioni*, et des densités de *Tharyx marioni* et *Myrella bidentata*.

Figure 3b.- Densités de *Cultellus pellucidus* pour les stations A, E et N.

Figure 3c.- Densités de *Pectinaria koreni* pour les stations A, E et N.

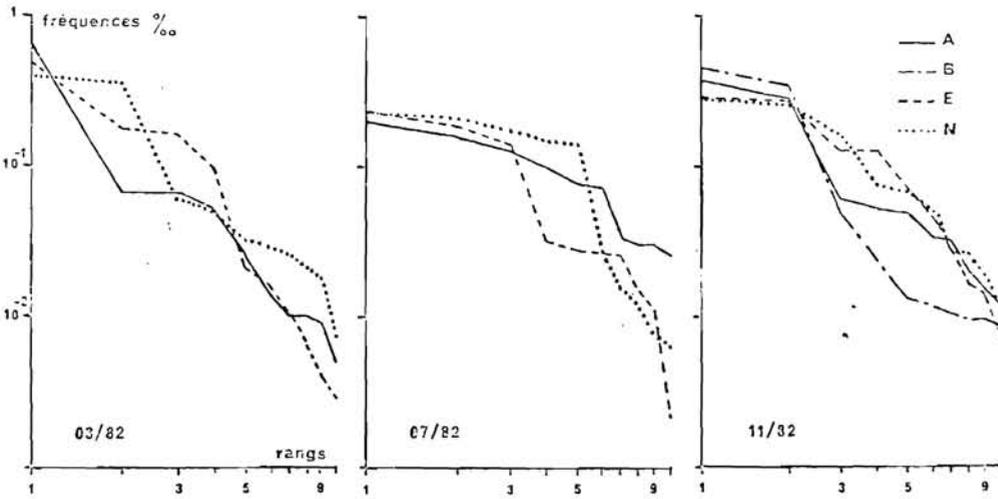


Figure 4.- Diagrammes rang-fréquence des 10 premières espèces pour les stations A, B, E, N, en mars, juillet, novembre 1982 (fréquences en ‰ de l'effectif total).

b) Coefficient de rang de Spearman: afin d'analyser les modifications dans l'ordre hiérarchique des principales espèces au cours de l'étude, les prélèvements ont été comparés entre eux pour chacune des stations, à l'aide du coefficient de rang de Spearman (Daget, 1976). Les résultats de cette analyse sont représentés (fig. 5) par la méthode des polygones inscrits appliquée à la station A.

Les fortes affinités (supérieures à 0,75) sont plus nombreuses en A (48% des relations possibles) qu'en N (8%) et E (4%), démontrant une plus grande constance des rapports hiérarchiques pour A. Dans cette station, on note entre les périodes mars-mai et juin-juillet 1981, 1982 et 1983 (fig. 5), un changement net, observé également entre mai et juin 1982 et entre avril et mai 1983 pour les stations E et N. Ces remaniements hiérarchiques correspondent aux forts recrutements (sur tamis 1 mm) des espèces principales durant le printemps (fig. 4).

Une individualisation plus nette des situations hivernales par rapport à l'été s'établit pour E traduisant certainement des états minimaux particulièrement accusés pour le peuplement en relation avec les conditions du milieu les plus sévères à proximité immédiate de l'estuaire, amplifiant les mortalités habituelles d'automne et d'hiver.

La station N présente une dissymétrie des affinités entre 1982 et 1983 qui illustre la tendance à l'établissement d'un peuplement plus structuré à partir de la situation de l'hiver 1982-1983 et des recrutements printaniers suivants.

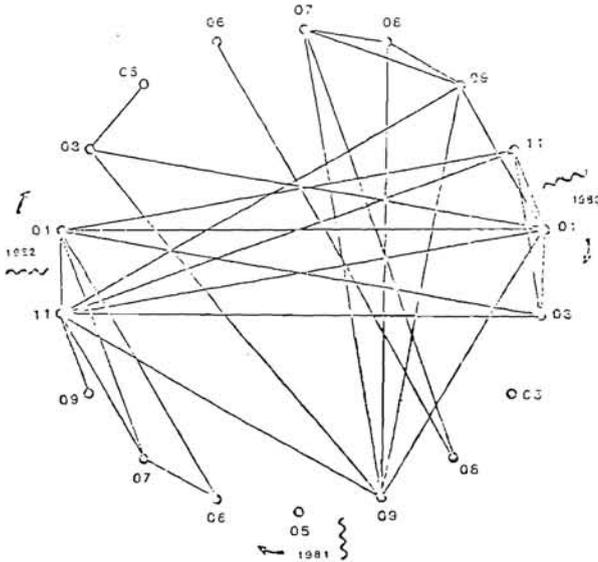


Fig. 5.- Représentation par la méthode des polygones inscrits des corrélations de rang de Spearman (supérieures à 0,80) entre les relevés de la station A, de mai 1981 (05) à septembre 1983 (09) (calculs avec 38 espèces principales dont la densité a dépassé au moins une fois 50 individus pour 1 m²).

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Il apparaît d'abord que le peuplement des sables fins envasés à *Abra alba* de la baie de Seine orientale est comparable à ceux de même type connus en Manche ou dans les mers européennes; il se rattache de par ses caractéristiques qualitatives (composition et richesse spécifique) à la "*Syndosmya (Abra)alba* community" de Petersen (Thorson, 1957), et présente un cycle annuel selon les aspects saisonniers habituels en région tempérée avec des valeurs de richesse en espèces et en individus minimales en hiver et maximales en été-automne.

Si l'on compare les résultats de densité obtenus avec l'estimation d'une moyenne annuelle de 400 individus récoltés sur 0,1 m², admise pour ce type de peuplement (Gerlach, 1978; Dauvin, 1984), on note que la densité observée à la station A (2700 individus pour 0,1 m²) est particulièrement élevée se rapprochant sensiblement de celles trouvées aux débouchés de l'Hudson (New-York) avec 4640 individus pour 0,1 m² (Sanders, 1956), ou du Pô avec 10.000 individus pour 0,1 m² (Ambrogi et coll., 1983). Par contre, les stations N et E présentent des effectifs réduits d'un facteur 2 et 3, par rapport à la moyenne pour ce type de peuplement, traduisant un état d'appauvrissement.

Au total, l'étude sur deux ans de ces 3 stations permet de dégager les grands traits de la cinétique du peuplement.

La station A représente un faciès enrichi du peuplement avec des caractéristiques qualitatives typiques mais avec des particularités numériques (densité totale et dominance de quelques espèces) traduisant vraisemblablement un apport organique important.

Sa structure hiérarchique caractérisée par la forte dominance d'une ou deux espèces, reste assez constante au cours de l'année, excepté durant le remaniement printanier provoqué par les importants recrutements de quelques espèces. Ces arrivées larvaires en coïncidence avec le changement saisonnier d'action des principaux paramètres du milieu, correspondent aux conditions optimales pour leur installation et leur développement: dépôt de particules fines sous dominance d'influence marine, température, étiage, taux relativement faible de métaux lourds dans les eaux et les sédiments, ... (Avoine et coll., 1984 et 1985).

La majorité des espèces concernées par ce processus peuvent être qualifiées, au point de vue de leur stratégie démographique, de "stratèges-r" (Barbault, 1976) avec notamment une durée de vie benthique courte, une forte croissance estivale, une reproduction précoce et unique, et une phase larvaire planctonique de longue durée (au moins un mois); ce sont ces espèces qui influent le plus sur la dynamique quantitative du peuplement. On constate en effet que, sur les 14 espèces principales du point E, 11 ont une phase larvaire planctonique longue (les 3 autres possédant des facultés de déplacement à l'état adulte). De par la durée de leur phase larvaire planctonique, elles sont soumises dans leur dissémination à la dispersion turbulente et à la dynamique à mésoéchelle intenses dans l'ensemble de la région marine. Ainsi le peuplement, et notamment les différents termes du gradient baie-estuaire fonctionnent vraisemblablement en systèmes ouverts, le repeuplement estival des zones les plus sujettes à perturbation faisant appel à un potentiel d'adultes reproducteurs bien plus largement réparti. Ce caractère paraît plus accentué à la station E, à proximité immédiate de l'estuaire, qu'à la station A où l'on rencontre parmi les dominantes deux espèces à phase larvaire planctonique réduite (*Tharyx marioni* et *Chaetozone setosa*) absentes en E malgré un substrat favorable.

Enfin, il faut remarquer que, même en E, malgré d'importantes fluctuations de courtes durées en relation probable avec les perturbations naturelles ou anthropogéniques, la limite extrême de pollution avant la disparition de la macrofaune (dominance de *Capitella capitata* avec un nombre très réduit d'espèces: Pearson et Rosenberg, 1978) n'est pas atteinte.

La station N constitue un faciès en dynamique d'envasement qui présente, comparativement à la station E, un nombre d'espèces et d'individus plus important, ainsi que des fluctuations temporelles moindres. L'arrêt des dragages à l'intérieur du port d'Antifer depuis 1981 (Guyader, comm. pers.) semble pouvoir être mis en relation avec la tendance générale à l'accroissement du nombre d'espèces et d'individus observé à cette station.

La cinétique du peuplement des sables fins envasés à *Abra alba*, à proximité de l'estuaire de la Seine peut être appréhendée selon les deux aspects complémentaires du fonctionnement de cet environnement: influence des apports fluviaux contrebalancée par l'intense régime macrotidal qui permet la dispersion des particules et des polluants potentiels et donc l'existence d'un milieu hypertrophique sans phénomène d'anoxie du sédiment.

Ce peuplement subissant des perturbations cycliques et qui néanmoins paraît se reconstituer rapidement peut être qualifié de peuplement de caractère robuste, pionnier ou juvénile selon Frontier (1976, 1977), avec notamment prédominance des actions de "contrôle physique" par les paramètres du milieu sur les interactions biotiques (ou "contrôle biologique"). De ceci pourrait découler le caractère de persistance du peuplement, comparable à ce qui existe en général dans les milieux perturbés en permanence (Frontier, 1977).

Enfin, quoique présentant des cycles biologiques non altérés au moins pour le faciès envasé, les espèces principales qui parviennent à se développer dans ce milieu à fortes instabilités et perturbations, peuvent présenter des caractéristiques physiologiques amoindries en comparaison avec celles d'individus vivant dans un milieu moins perturbé (Sylvestre et coll., 1985).

Allen G.P., Guillaud J.F. & Avoine J. (1977).- SAUM estuaire de la Seine. Bilan des connaissances sur le milieu marin. Dossier n° 1, MEBS/MABN/CNEXO Ed., 173 p.

Ambrogi R., Bedulli D., Matricardi G., Parisi V. & Rellini G. (1983).- Le macrobenthos de la lagune "Sacca del Canarin" (Delta du Pô). Rapp. Comm. int. Mer Médit., 28, 6, 297-301.

- Avoine J. (1981).- L'estuaire de la Seine: sédiments et dynamique sédimentaire. Thèse 3ème cycle en Géologie, Univ. Caen, 236 p.
- Avoine, J., Boust D., Crevel L., Dubrulle L. & Guéguéniat P. (1984).- Sédiments et dynamique sédimentaire en Baie de Seine. XVIIIe journ. Hydraulique, Marseille, 11-13 sept. 1984, (résumé).
- Avoine J. & Crevel L. (1985).- Influence des apports fluviaux en Baie de Seine. Ce volume, N° 10.
- Barbault R. (1976).- La notion de stratégie démographique en écologie. Bull. Ecol., t 7, 4, 373-390.
- Blegvad H. (1914).- Food and conditions of nourishment among the communities of invertebrate animals found on or in the sea bottom in Danish waters. Rep. Danish biol. Stat., 24, 17-22.
- Cabioch L. & Gentil F. (1975).- Distribution des peuplements benthiques dans la partie orientale de la baie de Seine. C.R. Ac. Sci., Paris, t.280D, 571-574.
- Crevel L. (1983).- Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire dans la partie nord-orientale de la baie de Seine. Thèse 3ème cycle en Géologie, Univ. Caen, 173 p.
- Crézé J.Y. (1980).- La pêche: étude géographique des pêches dans l'estuaire de la Seine et ses parages immédiats. SAUM estuaire de la Seine. CNEXO/COB, Ed., Brest, 183 p.
- Cushing D.H. (1975).- Marine ecology and fisheries. Cambridge University Press, 278 p.
- Daget J. (1976).- Les modèles mathématiques en écologie. Masson Ed., Paris, 172p.
- Dauvin J.C. (1984).- Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse doct. d'Etat, Univ. P. & M. Curie, Paris 6, 469 p.
- Frontier S. (1976).- Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des systèmes. J. Rech. océanogr., 1, 3, 35-48.
- Gentil F. (1976).- Distribution des peuplements benthiques en Baie de Seine. Thèse 3ème cycle en Océanographie biologique, Univ. Paris 6, 70 p.
- Gentil F. (1980).- Les peuplements benthiques de la baie de Seine: caractères généraux et liaisons biogéographiques. C.R. 105è congrès nat. Soc. Sav., Caen, Sci. III, 125-138.
- Gentil F. (1984).- Etude de la dynamique du peuplement benthique à *Abra alba-Pectinaria koreni* de la baie de Seine. Rapport de contrats CNEXO 81/6534 et 82/6915. 55 p.
- Gerlach S.A. (1978).- Food chain relationships in subtidal silty sand marine sediments and the role of meiofauna in stimulating bacterial productivity. Oecologia, 33, 55-69.
- Irlinger J.P. (1985).- Dynamique du peuplement macrobenthique des sables fins envasés de la baie de Seine orientale. Thèse 3ème cycle en Ecologie, Univ. Paris 6, 286 p.
- Larsonneur C. (1971).- Manche centrale et Baie de Seine: géologie du substratum et des dépôts meubles. Thèse Doct. Etat, Univ. Caen, 394 p.
- Larsonneur C., Auffret J.P. & Vaslet D. (1979).- Carte des sédiments superficiels de la Manche (1: 500.000). B.R.G.M. Ed., Orléans.

- Monbet Y. & Creze J.Y. (1975).- Incidences écologiques de la construction du port terminal d'Antifer. CNEXO/COB Ed., Brest, 124 p.
- Monbet Y. (1980).- Evolution des peuplements benthiques dans le port terminal d'Antifer. CNEXO/COB Ed., Brest, 111 p.
- Pearson T.H. & Rosenberg R. (1978).- Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. mar. Biol., ann. Rev., 16, 229-311.
- Proniewski F., Delalande P. & Elkaim B. (1978).- Utilisation d'un nouveau modèle de suceuse à macrobenthos sur des fonds estuariens. J. Rech. océanogr., 3, 4, 3-7.
- Proniewski F. & Elkaïm B. (1980).- Benthos subtidal de l'estuaire de la Seine. Résultats préliminaires. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 291 D, 545-547.
- Sanders H.L. (1956).- Oceanography of Long Island Sound, 1952-1954. X. Biology of marine bottom communities. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., 15, 345-414.
- Sylvestre C., Batrel Y. & Le Gal Y. (1985).- La détection des effets sublétaux des pollutions. Utilisation *in situ* d'un indice biochimique, la charge énergétique. Ce volume, N° 32.
- Thorson G. (1957).- Bottom communities (sublittoral and shallow shelf): 461-534. In : Treatise on marine ecology and paleoecology, Hedgpeth J.W. Ed., Geological Soc. Amer. Mem., 67, 1.