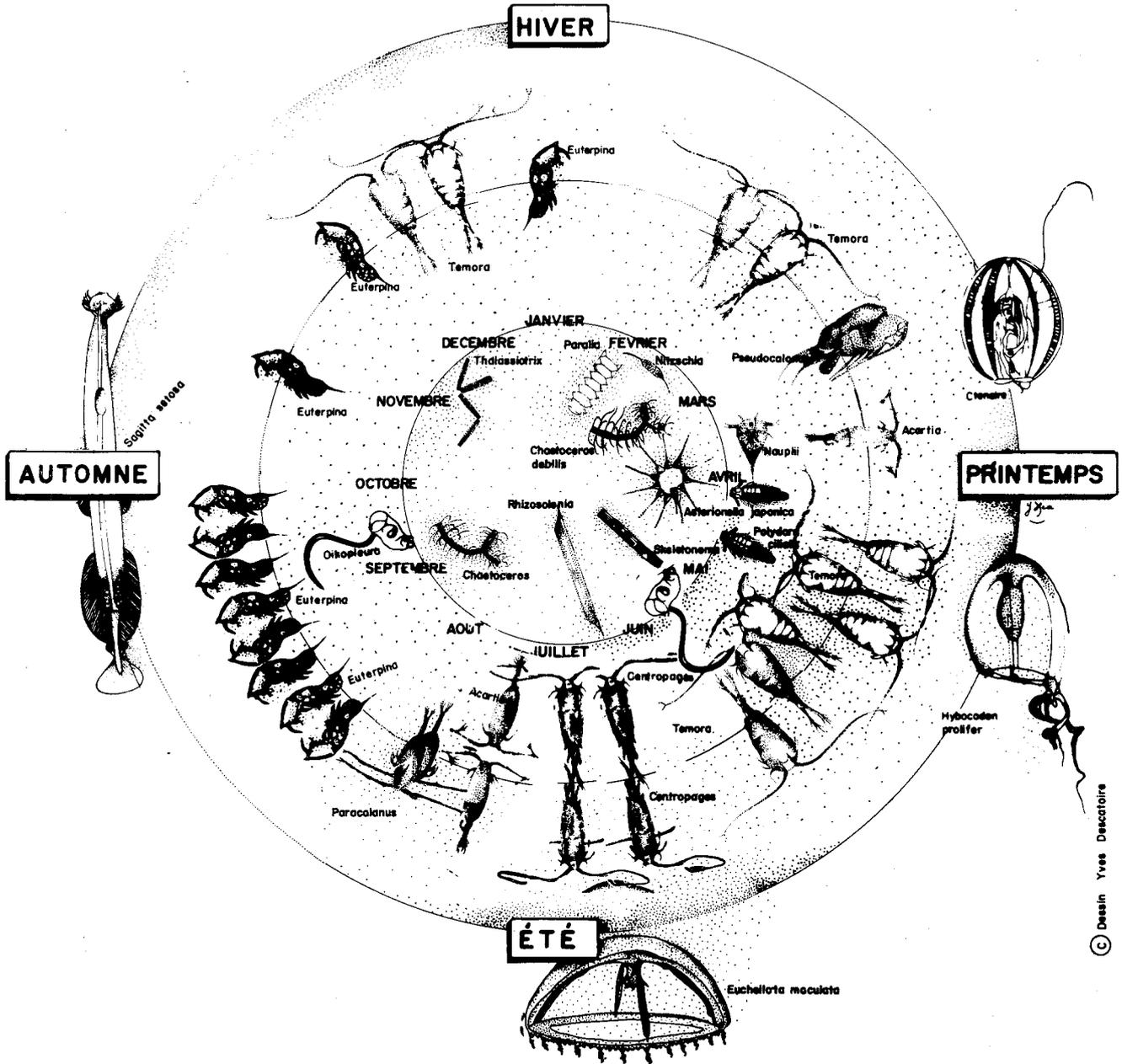


Surveillance écologique et halieutique Site de GRAVELINES

RAPPORT ANNUEL
Novembre 1987 – Octobre 1988



© Dessin Yves Descaire

IFREMER - BOULOGNE - BREST - NANTES - OUISTREHAM -
INSTITUT PASTEUR DE GRAVELINES
STATION MARINE DE WIMEREUX

IFREMER
 Centre de BREST
 S.D.P.
 B.P. 70
 29280 PLOUZANE
 Tél. : 98.22.40.40
 Télex 940 627

DIRECTION ENVIRONNEMENT
 ET RECHERCHES OCEANIQUES

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

<u>AUTEUR(S)</u> : Climatologie Hydrologie et Microbiologie : E. et R. DELESMONT, J.M. DELATTRE. Phytoplancton : H. GROSSEL. Noctiluques et Zooplancton : G. LE FEVRE- LEHOERFF. Halieutique : D. WOEHLING, J. MARTIN et A. TETARD. Benthos : J.M. DEWARUMEZ et D. MENU.		CODE : N° DERO-89.08-EL
<u>TITRE</u> SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE DU SITE DE GRAVELINES (Nov. 1987 - Oct. 1988).		Date : Avril 1989 Tirage nb : 60 Nb pages : 153 Nb figures : Nb photos :
CONTRAT (intitulé) N°	Avenant n° 1 au contrat 8C.70356	DIFFUSION Libre <input checked="" type="checkbox"/> Restreinte <input type="checkbox"/> Confidentielle <input type="checkbox"/>

RESUME Pendant la période Novembre 1987 - Octobre 1988, l'échauffement de l'eau dans le canal de rejet est équivalent à la période précédente (+ 8°C à + 8.5°C): Le taux de recyclage de l'eau calculé par rapport au bromoforme est de 4.3 %. Le bromoforme présente une valeur moyenne de 14 µg/l. La concentration moyenne annuelle de vibrions est 100 fois plus élevée au rejet qu'à la prise d'eau. La destruction de la biomasse chlorophyllienne due au transit est voisine de 50 % et celle de la biomasse zooplanctonique exprimée en carbone est d'environ 40 %. En 1988, les conditions météorologiques ont été favorables à la prolifération des Phaeocystis puis des noctiluques dans un milieu très eutrophisé. L'évolution des niveaux supérieurs de l'estran se confirme cette année avec homogénéisation des caractéristiques granulométriques. Le déficit en biomasse benthique du à l'impact thermique représente $2.6 \cdot 10^4$ ind./m² à la station côtière soumise à l'impact.

Mots-clés : Gravelines - Centrale nucléaire - Ecologie - Milieu marin.

Key words : Gravelines - Nuclear power plant - Ecology - Marine environment.



Ifremer Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

LISTE DES AUTEURS REDACTEURS

Climatologie - Fonctionnement de la centrale - Hydrobiologie

Physico-chimie

Edith et Régis DELESMONT (1) et Jean-Marie DELATTRE (2)

Microbiologie

Edith et Régis DELESMONT (1) et Jean-Marie DELATTRE (2)

Phytoplancton et production primaire

Hubert GROSSEL (3)

Noctiluques et zooplancton

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF (4)

Halieutique

Daniel WOEHRLING (5) Jocelyne MARTIN (5) et Alain TETARD (6)

Benthos intertidal

Jean-Marie DEWARUMEZ (7) et Dominique MENU (7)

Benthos subtidal

Jean-Marie DEWARUMEZ (7)

Avenant n° 1 au contrat 8 C 70356

-
- (1) Institut Pasteur de Gravelines
 - (2) Institut Pasteur de Lille
 - (3) IFREMER Boulogne
 - (4) IFREMER Brest
 - (5) IFREMER Nantes
 - (6) IFREMER Ouistreham
 - (7) Station Marine de Wimereux

S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : CLIMATOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE.	
1. Rappels concernant le site.....	3
2. Hydrographie.....	3
3. Climatologie.....	5
4. Fonctionnement de la centrale de Gravelines.....	6
CHAPITRE II : HYDROBIOLOGIE - PHYSICO-CHIMIE.	
1. Présentation des campagnes et stratégie de prélèvement dans le domaine pélagique.....	9
1.1. Stations de prélèvements.....	9
1.2. Fréquence des prélèvements.....	9
1.3. Calendrier des campagnes.....	9
2. Fonctionnement de la centrale lors des campagnes pélagiques.....	10
3. Hydrologie.....	11
3.1. Température.....	11
3.2. Salinité.....	13
3.3. Oxygène dissous.....	13
3.4. Sels nutritifs.....	14
CHAPITRE III : MICROBIOLOGIE.	
1. Introduction.....	17
2. Matériel et méthodes.....	17
3. Résultats.....	18
3.1. Points prise d'eau et rejet.....	18
3.1.1. Température.....	18
3.1.2. Chloration.....	19
3.1.3. Germes totaux en épifluorescence.....	21
3.1.4. Germes viables.....	22
3.1.5. Vibrions halophiles.....	23
3.1.6. Activité bactérienne.....	26
3.1.7. Relations entre paramètres.....	27
3.2. Points contrôle et référence.....	29
3.2.1. Température et chloration.....	29
3.2.2. Microflore totale et viable.....	30
3.2.3. Vibrions halophiles.....	32
3.2.4. Activité bactérienne.....	32
4. Conclusion.....	33
Annexe.....	35
CHAPITRE IV : PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE.	
1. Biomasse chlorophyllienne.....	45
2. Populations phytoplanctoniques.....	45
3. Impact du transit sur la biomasse chlorophyllienne.....	47
4. Impact du transit sur la production et la productivité.....	48
5. Conclusion.....	49

CHAPITRE V : DINOFLAGELLES NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON.

Introduction.....	51
Résultats.....	51
1. Les noctiluques.....	51
2. Le zooplancton.....	54
2.1. Biomasse zooplanctonique, carbone et azote.....	54
2.2. Les espèces zooplanctoniques.....	56
Conclusion.....	70
Bibliographie.....	71

CHAPITRE VI : HALIEUTIQUE.

Introduction.....	73
Méthodologie.....	74
1. Etude planctonique.....	74
1.1. Localisation des points de mesure.....	75
1.2. Mesure des paramètres hydrologiques.....	75
1.3. Chronologie des campagnes.....	75
1.4. Echantillonnage du plancton.....	75
1.5. Saisie, stockage et traitement des données.....	76
2. Etude de la macrofaune halieutique.....	77
2.1. Echantillonnage.....	77
2.2. Chronologie.....	77
2.3. Expression des résultats.....	77
Résultats.....	82
1. Poissons plats.....	82
1.1. La sole <u>Solea vulgaris</u>	82
1.2. La plie <u>Pleuronectes platessa</u>	89
2. Autres espèces de poissons.....	91
2.1. Le merlan <u>Merlangus merlangus</u>	91
2.2. Le tacaud <u>Trisopterus luscus</u>	92
2.3. Le sprat <u>Sprattus sprattus</u>	92
2.4. Le hareng <u>Clupea harengus</u> L.....	92
2.5. Le bar <u>Dicentrarchus labrax</u> L.....	92
2.6. Autres espèces.....	92
3. Les crustacés : la crevette grise <u>Crangon crangon</u> L.....	94
3.1. Larves et post-larves.....	94
3.2. Juvéniles et adultes.....	94
Conclusion.....	94
Bibliographie.....	97
Annexe.....	99

CHAPITRE VII : LE BENTHOS INTERTIDAL.

Introduction.....	105
Méthodologie.....	106
Résultats.....	106
1. Composition bionomique.....	106
2. Résultats globaux.....	106
2.1. Radiale 1.....	106
2.2. Radiale 2.....	117
3. Evolution de l'estran.....	119
3.1. Evolution de la structure granulométrique des stations supérieures.....	119
3.2. Cas de la partie ouest.....	121
3.3. Cas des spionidiens.....	122

3.4. Evolution de la biomasse.....	122
3.5. Cas de <u>Temora longicornis</u>	123
Conclusion.....	123

CHAPITRE VIII : BENTHOS SUBTIDAL.

Introduction.....	129
Méthodologie.....	131
Résultats.....	131
1. Analyse granulométrique.....	131
2. Analyse bionomique.....	131
2.1. Station A.....	135
2.2. Station B.....	138
2.3. Station C.....	139
2.4. Station D.....	140
3. Etude des populations d' <u>Abra alba</u> et de <u>Tellina fabula</u>	142
3.1. <u>Abra alba</u>	142
3.2. <u>Tellina fabula</u>	147
Conclusion.....	149

I N T R O D U C T I O N

Ce rapport de travail présente les résultats obtenus pour la période de novembre 1987 à octobre 1988 devant la centrale de Gravelines et correspond au 10ème rapport de surveillance.

La surveillance écologique du site consiste à observer, en liaison avec les variations naturelles et celles dues au fonctionnement de la centrale, le milieu physique et biologique. Nous nous sommes attachés à déceler les changements qui peuvent intervenir dans la qualité et la biomasse des écosystèmes.

Une nouvelle stratégie d'échantillonnage a débuté en septembre 1986. Elle consiste pour trois situations annuelles, printanière, estivale et automnale, à comparer les quatre stations, entrée de centrale, rejet, la zone impactée à $\Delta T = + 3^{\circ} \pm 1^{\circ}$ et la zone hors impact de référence.

Nous avons réuni les résultats concernant les différentes études biologiques : planctonique, halieutique et benthique. L'ensemble des travaux traite des domaines suivants :

- Climatologie et fonctionnement de la centrale.
- Hydrobiologie et paramètres physico-chimiques.
- Microbiologie.
- Phytoplancton et production primaire.
- Zooplancton.
- Halieutique.
- Benthos intertidal et subtidal.

Les différents laboratoires ayant contribué à ce travail sont les laboratoires IFREMER de Brest, Nantes, Ouistreham, Boulogne, la Station Marine de Wimereux et l'Institut Pasteur de Lille (laboratoire de Gravelines).

Les données concernant le fonctionnement de la centrale ont été communiquées par la Sous-unité Technique de Gravelines.

La responsabilité de mise en forme du rapport et la coordination a été assurée par Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF.

CHAPITRE I

CLIMATOLOGIE ET FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

E. et R. DELESMONT

J.M. DELATTRE

1 - 1 RAPPELS CONCERNANT LE SITE

Le site de gravelines est situé à l'Ouest de la mer du Nord, à proximité du Détroit du Pas de Calais. Cette situation alliée à la faible profondeur des eaux a pour conséquence un hydrodynamisme important.

L'onde de marée est du type semi-diurne avec une amplitude moyenne voisine de 4.5 m . Les courants de marées sont alternatifs et parallèles à la côte.

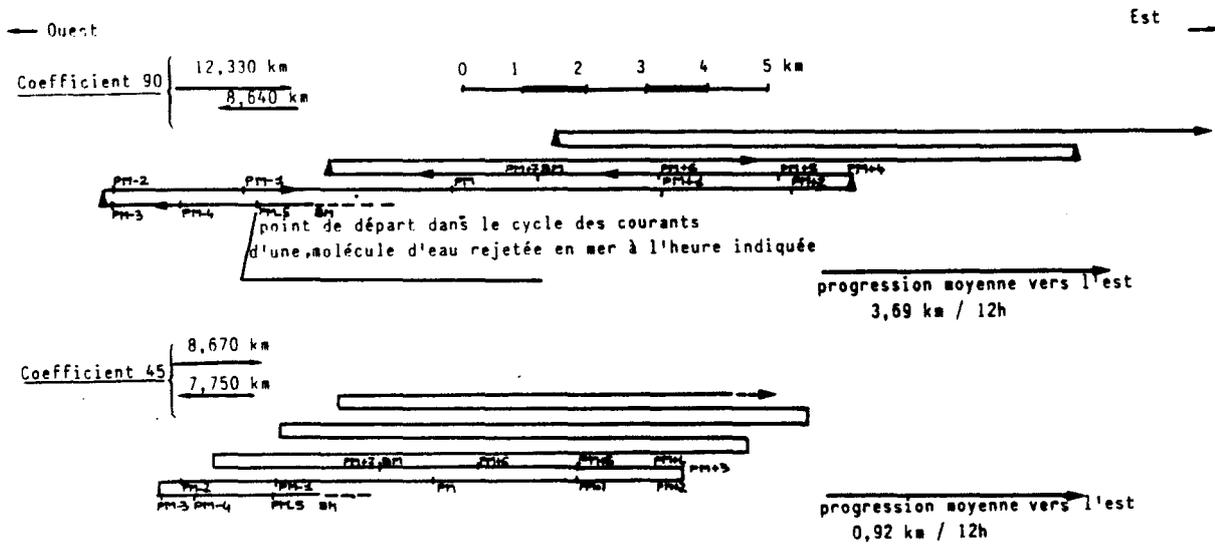


Fig. I . 1 Schéma des courants devant Dunkerque

1 - 2 HYDROGRAPHIE

L'apport continental le plus proche est le petit fleuve côtier Aa qui draine l'arrière pays (région St Omer) et une partie de la plaine maritime. Les faibles amplitudes de cette plaine font que les écoulements sont contrôlés par des écluses. Il en est de même pour les deux autres exutoires des eaux de la région: Dunkerque (Canal exutoire) et Calais.

Débits moyens estimés:	Canal exutoire de Dunkerque	: 4.6 m ³ /s
	Rivière Aa	: 7.5 m ³ /s
	Canaux de Calais	: 3.0 m ³ /s

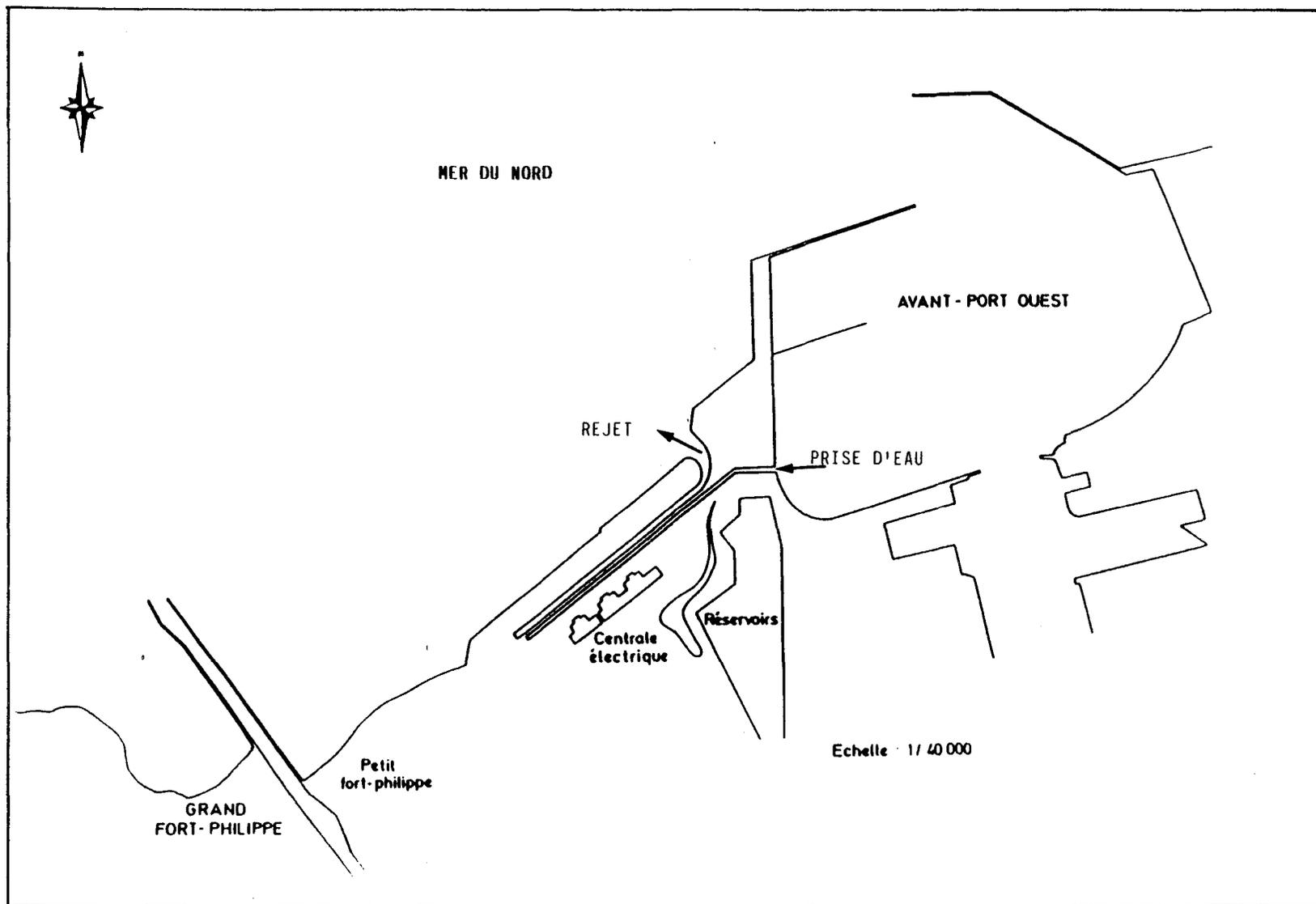


Fig. 1 . 2 Carte du site

1 - 3 CLIMATOLOGIE

La période étudiée (novembre 1987 à octobre 1988) est principalement marquée par la douceur de l'hiver; elle peut être rapidement résumée par les points suivants:

- hiver doux avec des pluies abondantes
- printemps relativement sec
- été marqué par des pluies fréquentes, d'abondance légèrement supérieure à la normale.

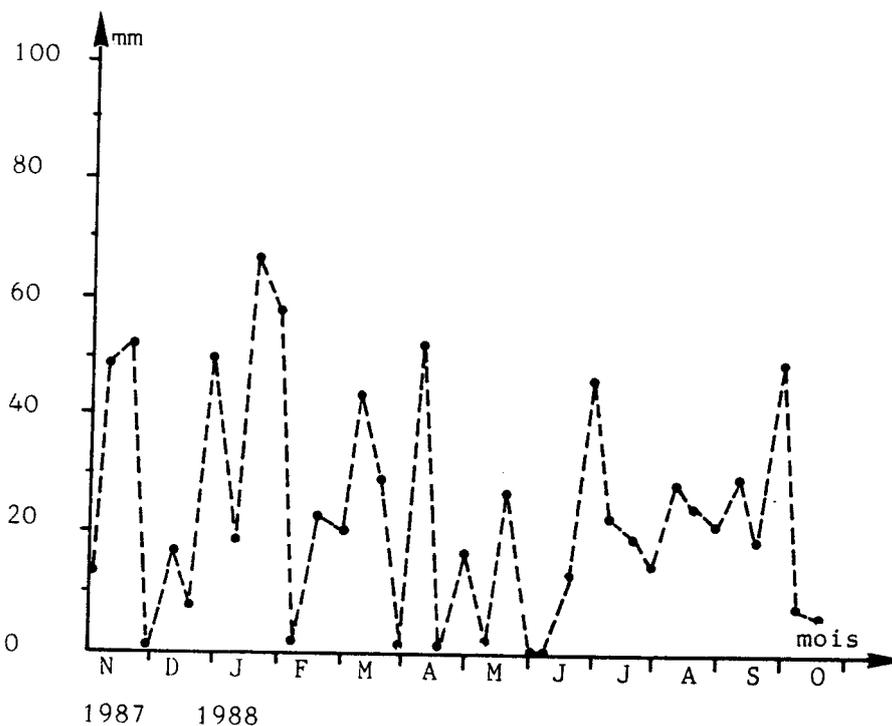


Fig. I . 3 Précipitations à Dunkerque (moyennes par décade)

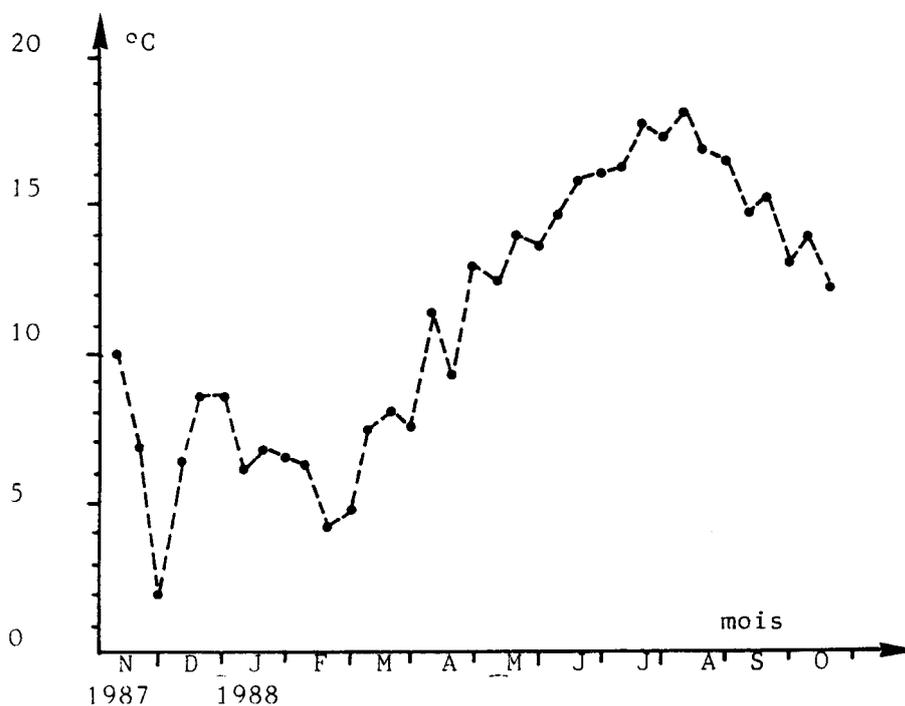


Fig. I . 4 Température de l'air à Dunkerque (moyennes par décade)

1 - 4 FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE DE GRAVELINES

D'après les données fournies par EDF à Gravelines, on constate que la centrale, avec ses six tranches de 900 MW électrique, a eu durant ce cycle d'étude un fonctionnement très voisin de celui de la période précédente.

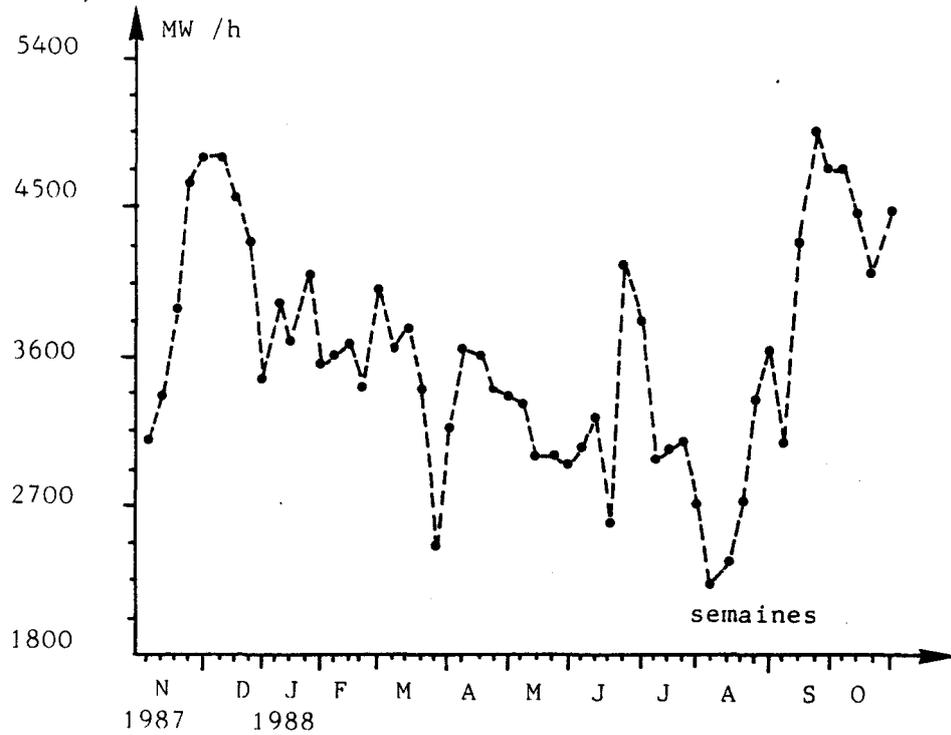


Fig. I . 5 Production électrique de la centrale

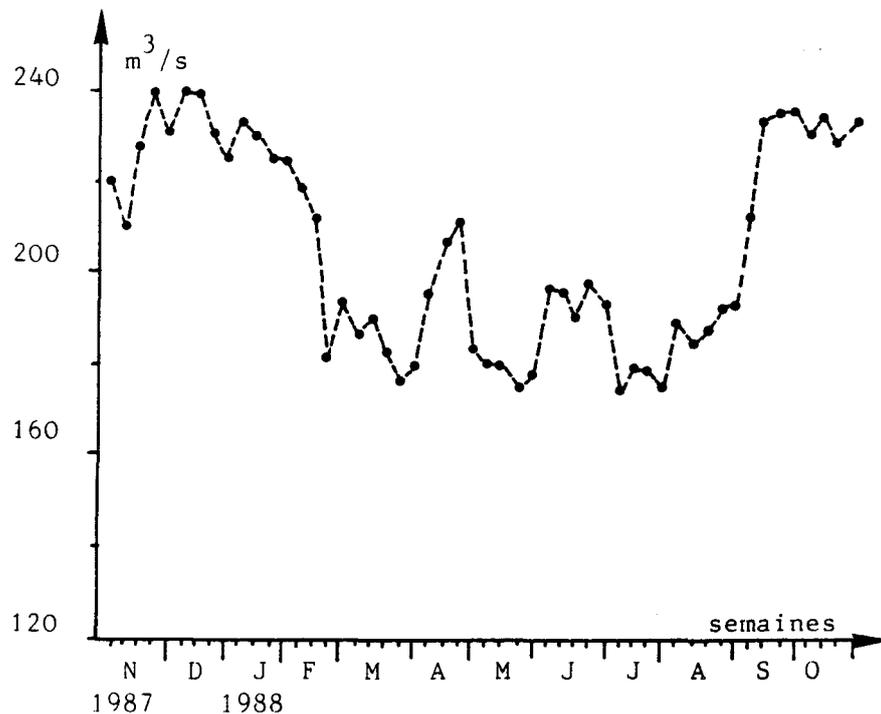


Fig. I . 6 Débit au canal de rejet

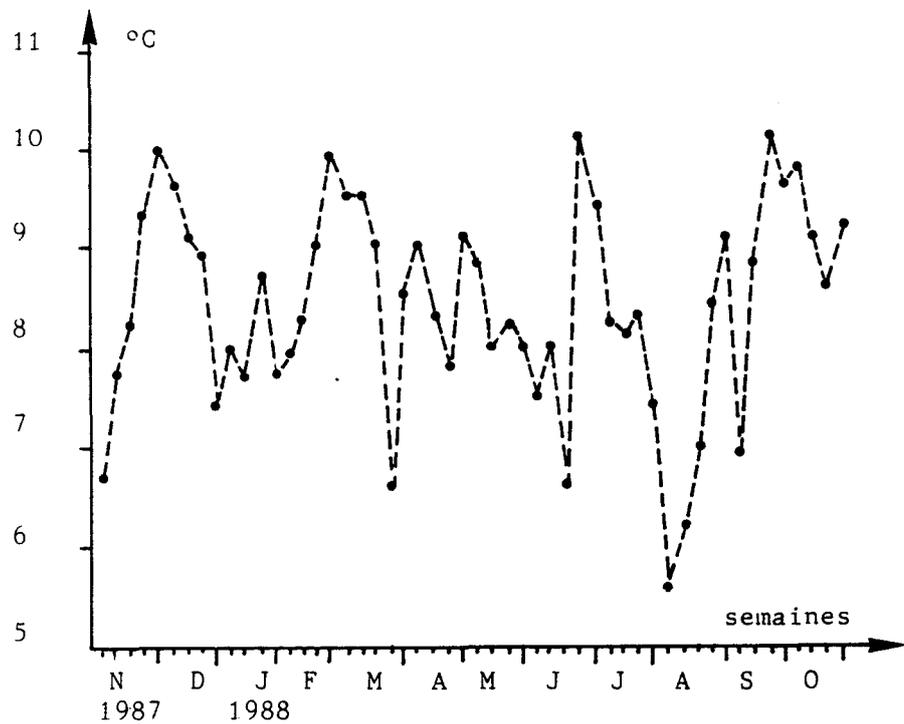


Fig. I . 7 Echauffement calculé au rejet

- puissance électrique moyenne: 3599 MW
soit l'équivalent de quatre tranches.
- débit moyen du rejet: 205 m³/s
ce qui correspond au débit de cinq tranches.
- chloration à la dose de 0.8 mg/l quand la température de l'eau à la prise atteint et dépasse 10°C.

On peut considérer en première approximation que pour un MW électrique produit par la centrale, deux MW sont dissipés dans l'eau de mer de refroidissement ce qui se traduit cette année par un échauffement moyen du canal de rejet de 8.4°C, identique à celui calculé lors de la période précédente (8.3°C).

CHAPITRE II

HYDROBIOLOGIE - PHYSICO - CHIMIE

E. et R. DELESMONT

J.M. DELATTRE

2 - 1 PRESENTATION DES CAMPAGNES ET STRATEGIE DE PRELEVEMENT DANS LE
DOMAINE PELAGIQUE

En 1987-88, la stratégie de prélèvement appliquée pour la seconde année consécutive est celle décrite dans l'arrêté préfectoral d'autorisation de rejet mis en place pour l'extension à six tranches de la centrale de Gravelines. Le rapport de l'année 1987-88 correspond à la 10^{ème} étude de surveillance du site de Gravelines.

2 - 1 - 1 Stations de prélèvements

- stations fixes:
 - . Canal d'amenée
 - . Canal de rejet
- stations mobiles en mer
 - . Point contrôle ($\Delta t = +3$ à 4°C)
 - . Point référence ($\Delta t = + 0^{\circ}\text{C}$)

2 - 1 - 2 Fréquence des prélèvements

Les prélèvements sont hebdomadaires aux deux stations fixes pour la microbiologie et le suivi de la chloration. Les trois campagnes en mer aux quatre stations, prévues par l'arrêté, ont été réalisées, cette année, par l'Institut Pasteur de Lille (antenne de Gravelines) à bord du chalutier St Eloi.

2 - 1 - 3 calendrier des campagnes

Date	coefficient marée	heure de la PM heure légale	heures de prélèvement			
			Prise	Rejet	Contrôle	Référence
06/05/88	75	4H08	11H30	12H45	12H00-12H40	13H00-13H25
06/07/88	74	6H33	9H55	9H25	9H40-10H21	8H45-9H15
21/09/88	35	9H05	9H30	9H40	8H45-9H20	9H30-10H00

2 - 2 FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE LORS DES CAMPAGNES PELAGIQUES

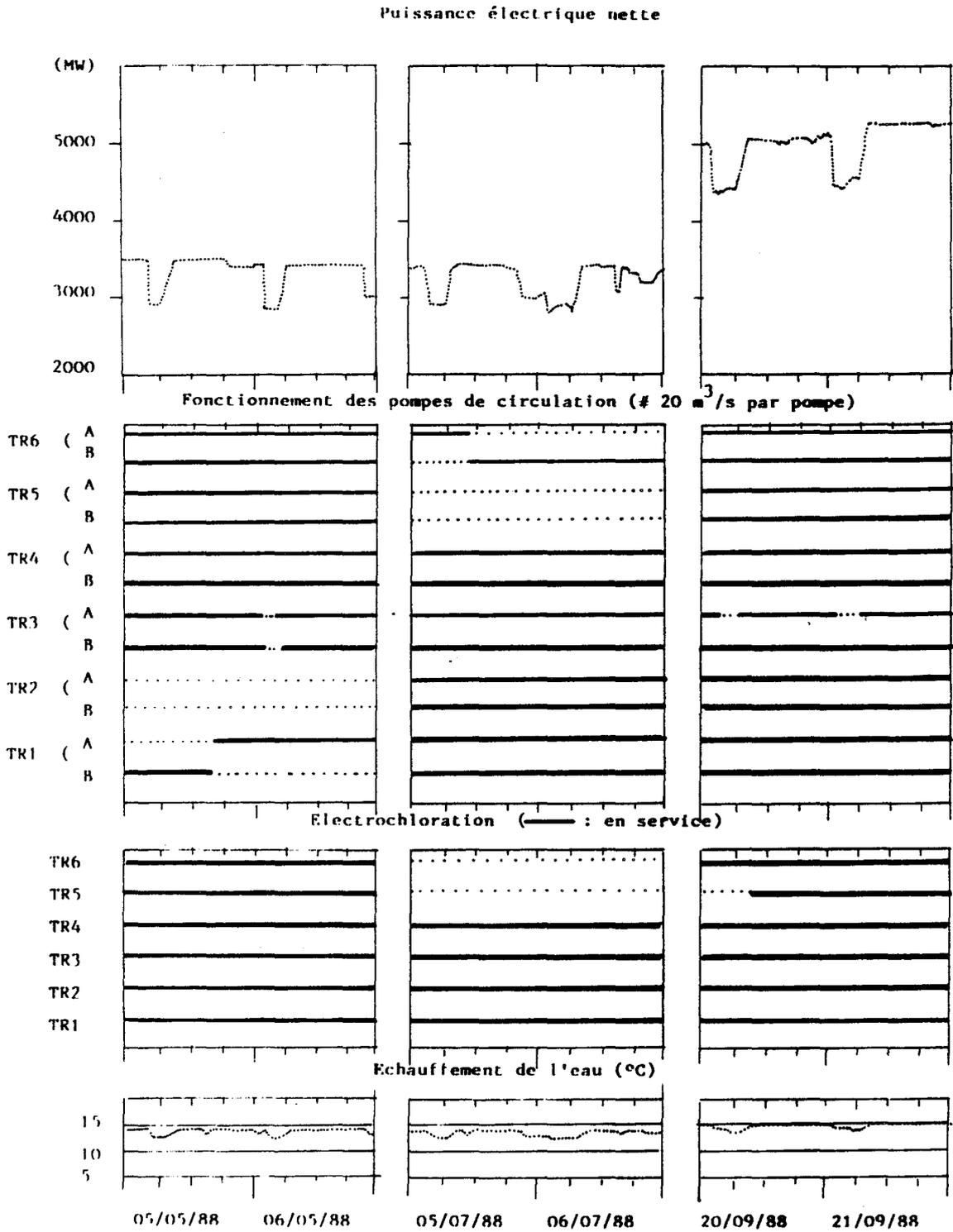


Fig. II . 1 Fonctionnement de la centrale

2 - 3 HYDROLOGIE

2 - 3 - 1 Température

Lors des trois campagnes de mesures une stratification thermique est observée au point contrôle. Les eaux du fond ne sont pas touchées par l'échauffement à condition que la profondeur soit suffisante, ce qui n'était pas le cas lors de la campagne de septembre.

Au point référence, la température est uniforme sur toute la colonne d'eau. En mai et en juillet, les températures relevées y sont naturellement plus faibles qu'à la prise d'eau en raison de la plus grande inertie thermique des eaux du large.

. Campagne du 06 mai 1988

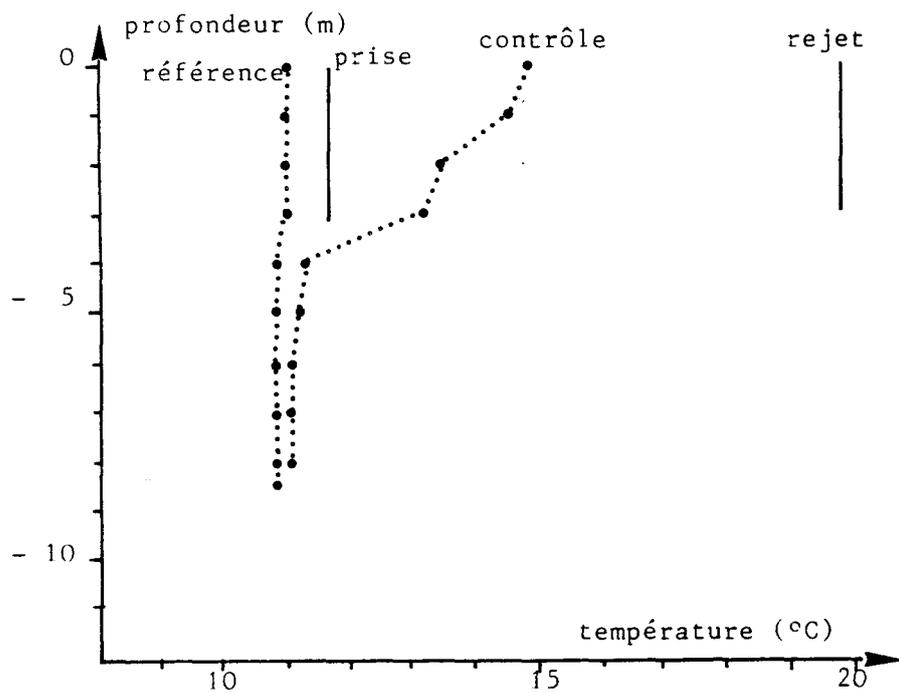


Fig. II . 2 Profils thermiques

. Campagne du 06 juillet 1988

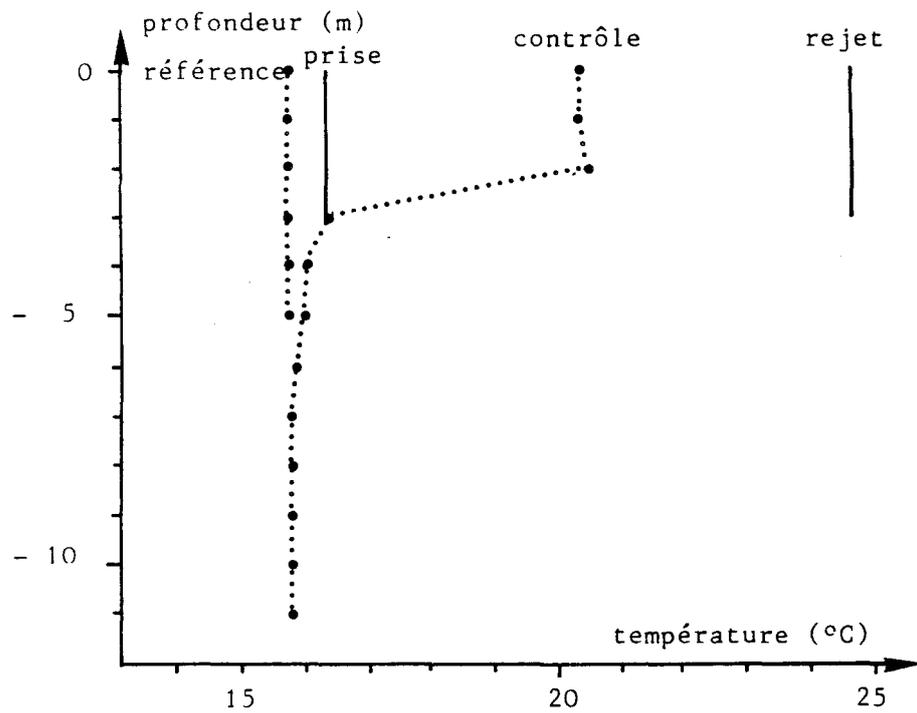


Fig. II . 3 Profils thermiques

. Campagne du 21 septembre 1988

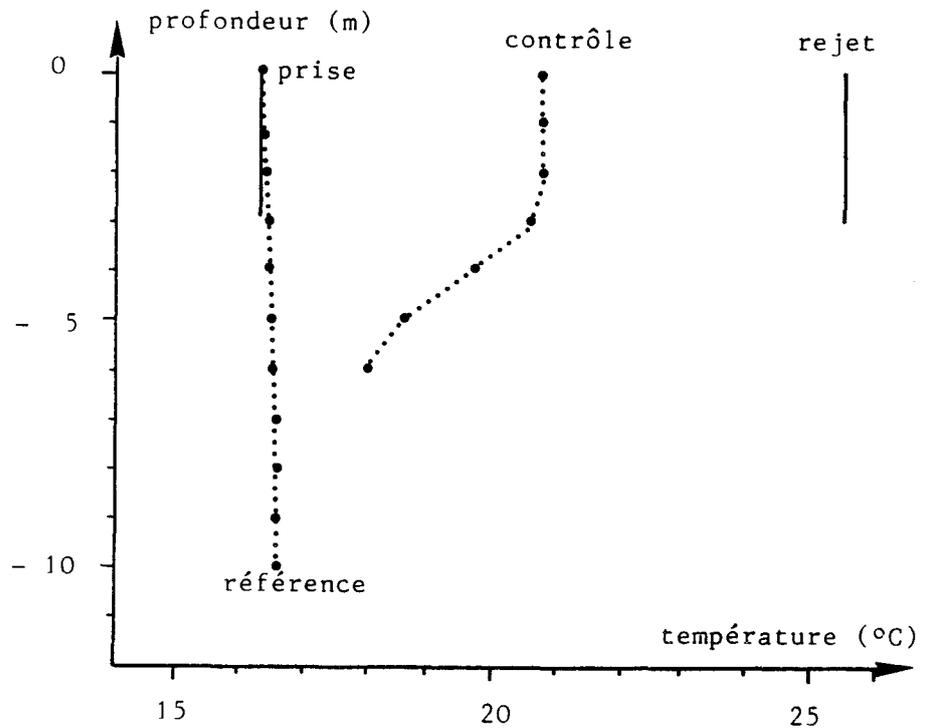


Fig. II . 4 Profils thermiques

2 - 3 - 2 Salinité

L'ensemble des valeurs de salinité mesurées reste dans la gamme observée les années précédentes. On observe un double gradient de salinité croissante, de mai à septembre et de la côte vers le large.

Dates	Contrôle		Référence
	Surface	Fond	Surface
06.05.88	33.41 33.43	33.53 33.53	33.64
06.07.88	33.91 33.92	34.18 34.17	34.21
21.09.88	34.24 34.24	34.32 34.34	34.35

Salinité aux points contrôle et référence (‰)

2 - 3 - 3 Oxygène dissous

Cette mesure n'est réalisée qu'au point contrôle en profondeur, c'est à dire dans une eau qui n'est pas directement impactée par le rejet de la centrale.

On note en mai, une sursaturation en oxygène dissous sur le prélèvement réalisé à la mi-journée, en raison d'une grande activité phytoplanctonique (turbidité au disque de Secchi: 0.70 m au point contrôle).

Date	O ₂ dissous (mg/l)	Température (°C)	Salinité (‰)	Solubilité (mg/l)	% Saturation
06.05.88	10.45	11.1	33.53	8.90	117.4
06.07.88	6.65	15.8	34.18	8.04	82.7
21.09.88	7.20	18.3	34.33	7.65	94.1

2 - 3 - 4 Sels nutritifs

Les déterminations de sels nutritifs portent sur l'ion ammonium d'une part, et la somme d'ions nitrite plus nitrate d'autre part. Après les valeurs très faibles enregistrées en mai, conséquence de la poussée phytoplanctonique, on observe un début de reconstitution des stocks en juillet. Les concentrations sont en baisse lors de la campagne de septembre en relation avec une reprise de l'activité photosynthétique.

De façon générale, pour les trois campagnes réalisées, on observe des teneurs en sels nutritifs plus fortes à la côte qu'au large.

Ces observations, bien que très partielles, sont tout à fait comparables à celles enregistrées lors de périodes précédentes.

Stations	Niveaux	06/05/88				06/07/88				21/09/88			
		NH ₄ ⁺ µatg/l		(NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻) µatg/l		NH ₄ ⁺ µatg/l		(NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻) µatg/l		NH ₄ ⁺ µatg/l		(NO ₂ ⁻ + NO ₃ ⁻) µatg/l	
		Dosages	Moyennes	Dosages	Moyennes	Dosages	Moyennes	Dosages	Moyennes	Dosages	Moyennes	Dosages	Moyennes
Prise	Sub-surface	0.6		0.2		18.6		2.5		4.1		1.6	
		1.9		0.3		10.5		2.2		4.2		1.6	
		< 0.1		0.1		11.7		2.1		3.9		1.6	
		0.4	0.7	0.1	0.2	12.7	13.4	1.9	2.2	3.8	4.0	1.6	1.6
Rejet	Sub-surface	2.5		0.8		6.9		2.2		1.8		1.7	
		2.5		0.9		6.7		2.2		1.8		1.7	
		2.3		0.8		7.5		2.1		1.3		1.7	
		1.4	2.2	0.7	0.8	7.9	7.3	1.9	2.1	1.5	1.6	1.7	1.7
Contrôle	Surface	1.9		0.9		5.7		2.5		2.8		1.6	
		0.2		0.5		5.8		2.5		6.4		2.0	
		0.6		0.5		5.6		2.6		3.1		1.9	
		0.6	0.8	0.5	0.6	6.7	6.0	2.6	2.6	2.0	3.6	1.7	1.8
	Fond	0.6		0.3		6.2		1.2		1.8		0.8	
		1.1		< 0.1		13.0		1.3		2.2		0.9	
		1.1		< 0.1		10.9		1.3		2.2		0.9	
		0.5	0.8	< 0.1	0.1	-	10.0	-	1.3	2.0	2.1	0.9	0.9
	Surface	0.4		< 0.1		9.3		0.9		1.1		0.8	
		< 0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	6.9	8.1	1.0	1.0	1.1	1.1	0.9	0.9
Référence	Milieu	< 0.1		< 0.1		4.7		1.7		1.0		0.7	
		< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	4.8	4.8	1.6	1.7	1.1	1.1	0.7	0.7
	Fond	< 0.1		0.3		2.1		1.2		0.9		0.7	
		< 0.1	< 0.1	0.3	0.3	3.2	2.7	1.4	1.3	1.0	1.0	0.7	0.7

CHAPITRE III

MICROBIOLOGIE

E. et R. DELESMONT

J.M. DELATTRE

3 - 1 INTRODUCTION

Depuis 1986, la stratégie d'échantillonnage du compartiment bactériologie a été modifiée:

- abandon de la surveillance au point "Digue" servant de référence depuis les études d'avant-projet.

- prélèvement hebdomadaires à la prise d'eau de la centrale et au rejet.

- participation aux trois campagnes pélagiques (points "Contrôle" et "Référence").

Ce rapport reprend les résultats de la surveillance de novembre 1987 à octobre 1988.

3 - 2 MATERIEL ET METHODES

Aucune modification n'est intervenue dans le matériel et les méthodes d'analyses utilisés.

Prélèvements

- Le point "prise d'eau" est échantillonné à la bouteille Van Dorn à partir du pont routier enjambant le canal de prise d'eau, derrière les masques écrémeurs protégeant la centrale de l'intrusion d'une nappe d'hydrocarbures. Les fortes turbulences régnant dans cette zone assurent une bonne représentativité du prélèvement.

- Le point "canal de rejet" est échantillonné en subsurface au seau à partir de la rive Est du canal, à la limite de l'enceinte EDF. Le ralentissement de la veine d'eau au voisinage des parois du canal ainsi que, parfois, une écume abondante peuvent limiter la représentativité du prélèvement.

- Les points "contrôle" et "référence" sont prélevés en même temps que les échantillons pour l'hydrologie et le phytoplancton lors des campagnes pélagiques (en subsurface à la bouteille Van Dorn)

Les prélèvements aux points "prise" et "rejet" ont été réalisés à mi-marée (PM \pm 3h) ce qui correspond à un compromis quant à l'impact de la centrale sur le milieu marin:

. A basse mer, la dose de chlore résiduel est maximale, ce qui permet de bien observer l'effet biocide du chlore. Par contre les temps de séjour faibles dans le canal de rejet limitent les effets de prolifération bactérienne provoqués par l'élévation de température.

. A marée haute, le temps de séjour dans le canal de rejet est plus grand, ce qui minimise la dose d'oxydant résiduel et favorise les phénomènes de multiplication bactérienne.

Pour chaque prélèvement, les paramètres étudiés sont les suivants:

- Température
- Dénombrement des germes totaux, en épifluorescence
- Dénombrement des germes aérobies viables, sur gélose 2216E de ZoBell
- Dénombrement à 37°C des vibrions halophiles et identifications
- Estimation de la production bactérienne par mesure du potentiel hétérotrophe en utilisant le glucose comme substrat
- Dosage du " chlore résiduel total " par la méthode à la DPD
- Dosage des haloformes volatils

3 - 3 RESULTATS

3 - 3 - 1 Points prise d'eau et rejet

3 - 3 - 1 - 1 Température

Les températures extrêmes relevées sont:

Pour la prise d'eau

minimum : 4.8 °C le 02/03/88

maximum : 19.0 °C le 17/08/88

Pour le rejet

minimum : 12.9 °C le 02/03/88

maximum : 27.4 °C le 17/08/88

Le minimum thermique observé à la prise d'eau est supérieur de trois degrés à celui observé en 1986-87 (1.8 °C).

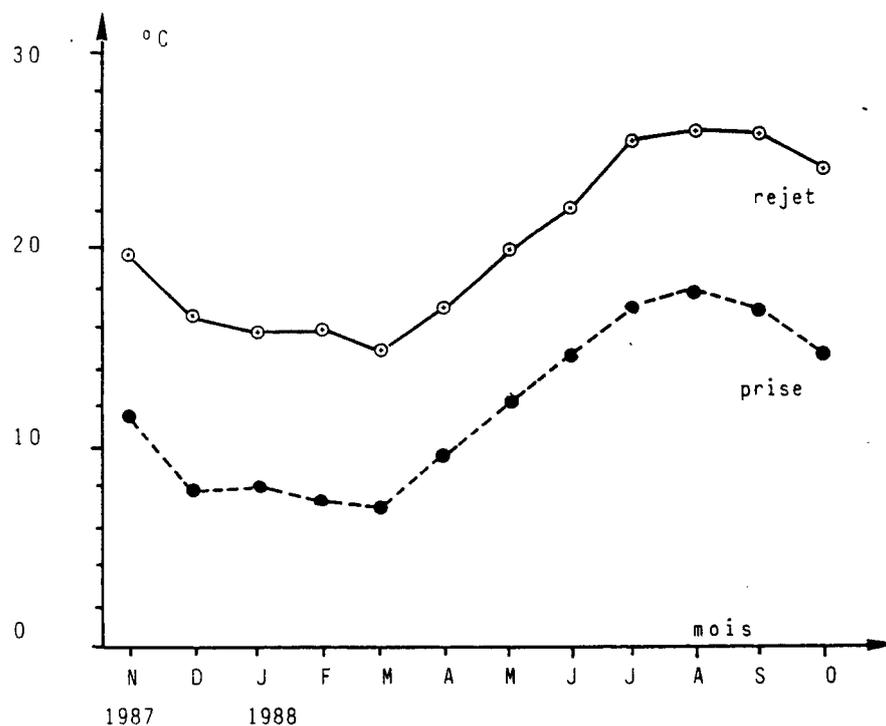


Fig. III . 1 Température de l'eau de mer

Pour l'ensemble de la période l'échauffement moyen de l'eau par transit dans la centrale est de 8.2 °C . Cette valeur est pratiquement identique à celle observée lors de la période précédente (8.3 °C). Cette valeur est proche de celle calculée à partir des moyennes hebdomadaires fournies par la centrale (8.4 °C), ce qui traduit l'absence de refroidissement au cours du transit dans le canal de rejet.

3 - 3 - 1 - 2 Chloration

La chloration du circuit de refroidissement de la centrale est réalisée par injection d'une solution d'hypochlorite de sodium fabriqué par électrolyse de l'eau de mer.

A la suite d'études d'optimisation conduites par EDF, la dose initiale de chlore injectée a été réduite de 1 mg/l à 0.8 mg/l.

La chloration est mise en service quand la température de l'eau admise dans les circuits atteint 10°C, pour lutter contre les salissures biologiques des circuits (essentiellement moules et balanes).

Le chlore injecté réagit très rapidement avec les bromures de l'eau de mer pour former du brome qui réagit plus lentement avec les matières organiques.

La consommation de l'oxydant conduit, pour partie, à la formation de composés organiques stables: les haloformes. Le plus abondant de ces composés est le bromoforme (CHBr_3), il représente cette année 96% en masse des haloformes formés. Sa présence sur le site témoigne de la mise en oeuvre de la chloration.

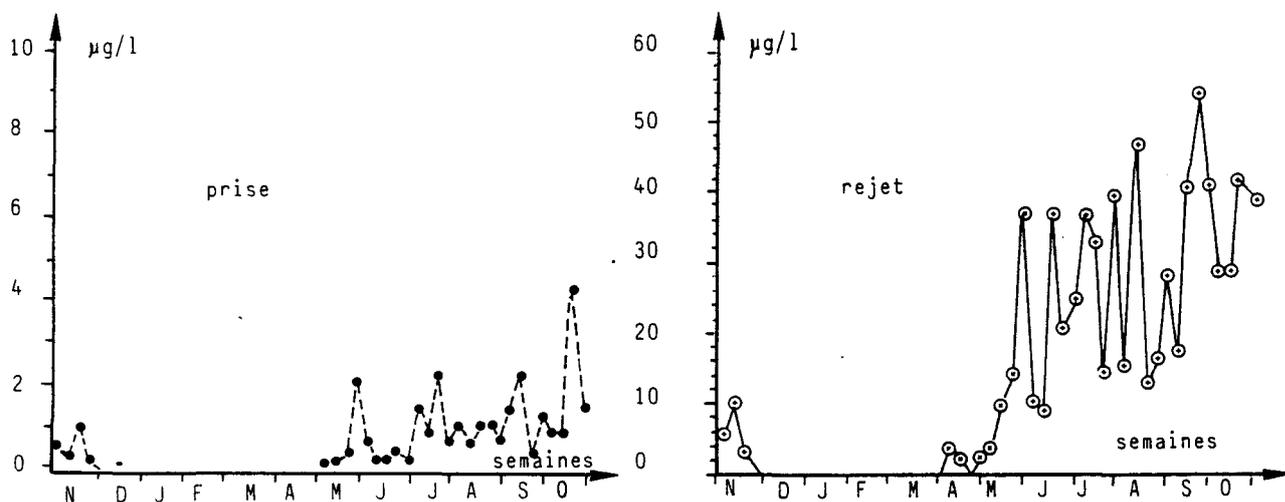


Fig. III . 2 Dosage du bromoforme (mesures hebdomadaires)

L'arrêt de la chloration est observé durant quatre mois, de décembre 1987 à mars 1988, soit un décalage d'un mois par rapport à la période précédente (janvier 1987 à avril 1987).

- Au rejet la quantité moyenne de bromoforme est de 14 µg/l pour la période de chloration, comparable à la moyenne de la période précédente (13 µg/l) . On note cependant des valeurs exceptionnellement élevées dépassant 40 µg/l à cinq reprises (maximum 54.2 µg/l le 21/09/88).

Deux autres composés sont détectés en présence de bromoforme, en quantité plus faible :

- . dichlorobromométhane (maximum: 0.29 $\mu\text{g/l}$ le 25/05/88)
- . chlorodibromométhane (maximum: 1.22 $\mu\text{g/l}$ le 21/09/88)

- A la prise d'eau le bromoforme est le plus souvent le seul haloforme détecté la dilution du rejet étant trop importante pour mettre les autres composés en évidence. Le taux de recyclage de l'eau dans la centrale calculé par rapport au bromoforme sur l'ensemble de la période de chloration est de 4.3 % .

Les doses d'oxydant résiduel mesurées au rejet sont particulièrement faibles cette année et très souvent voisines du seuil de détection de 0.03 mg/l . Des valeurs atteignant 0.1 mg/l dosées les années précédentes en quelques occasions n'ont pas été retrouvées cette année.

3 - 3 - 1 - 3 Germes totaux en épifluorescence

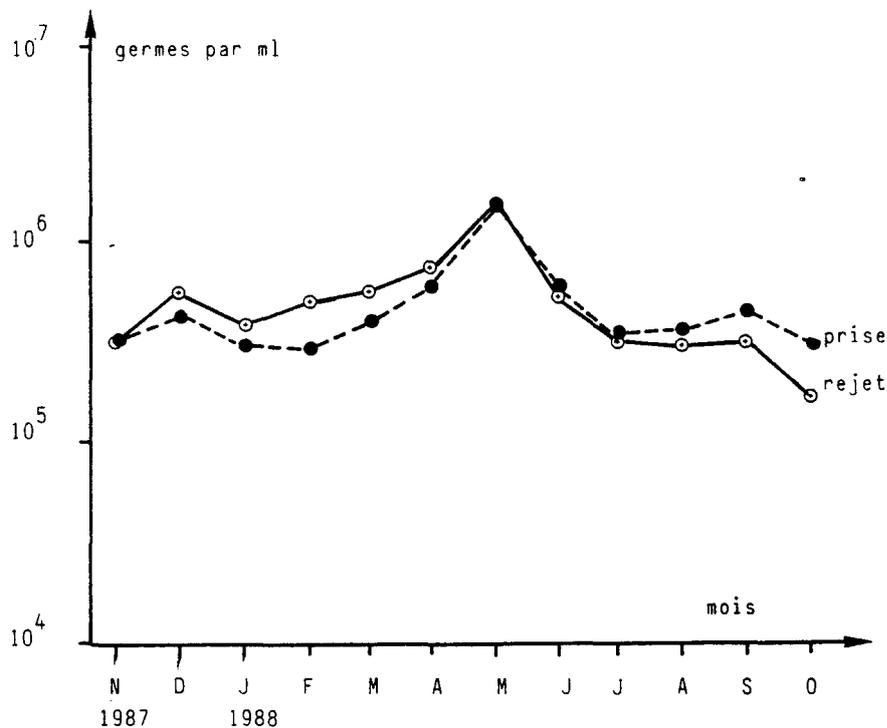


Fig. III . 3 Dénombrement des germes totaux en épifluorescence

Les germes totaux sont comptés par microscopie en épifluorescence. Il s'agit de la totalité des cellules bactériennes présentes sans préjuger de leur viabilité.

Valeurs moyennes: prise $4.4 \cdot 10^5$ bactéries par ml
 rejet $4.5 \cdot 10^5$ bactéries par ml

Les quantités de germes totaux sont très voisines aux deux points, ce qui traduit l'absence de prolifération de l'ensemble de la microflore. Malgré de très faibles fluctuations on note une très bonne corrélation entre les abondances de germes totaux aux points prise et rejet.

$$\log (N \text{ fluo. rejet /ml }) = 0.919 \log (N \text{ fluo. prise /ml }) + 0.470$$

$$(r = 0.764 ; n = 52)$$

Comme à l'accoutumée, on note la plus grande abondance en mai-juin en relation avec le bloom phytoplanctonique printanier.

3 - 3 - 1 - 4 Germes viables

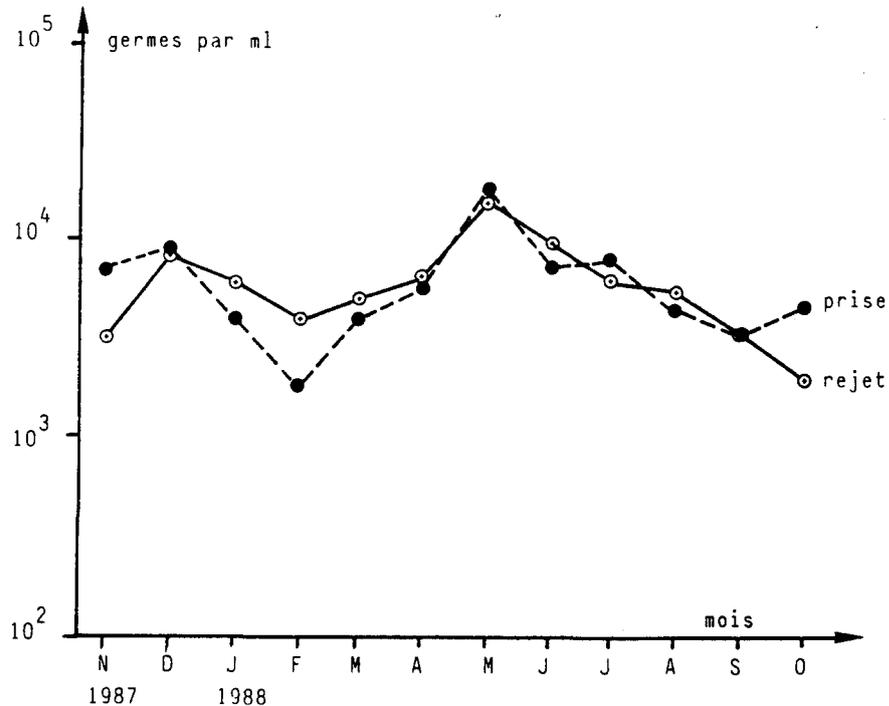


Fig. III . 4 Dénombrement des germes aérobies viables
 (sur gélose 2216 E de ZoBell)

moyennes : prise d'eau $5.4 \cdot 10^3$ / ml
 rejet $5.3 \cdot 10^3$ / ml

Les germes viables sont dénombrés par culture sur un milieu non sélectif (gélose 2216 E de ZoBell) . Ils ne représentent cependant qu'un faible pourcentage de la microflore totale (1.24 % pour cette période d'étude).

Les variations saisonnières sont de faible amplitude. Le maximum d'abondance est noté en mai-juin, à la même période que les germes totaux. La viabilité des bactéries semble peu affectée par la mise en service de la chloration, ce qui se traduit par des moyennes très proches entre la prise et le rejet, même si l'on considère uniquement la période de chloration :

moyenne (période de chloration) : prise d'eau $5.7 \cdot 10^3$ /ml
 rejet $5.3 \cdot 10^3$ /ml

3 - 3 - 1 - 5 Vibrions halophiles

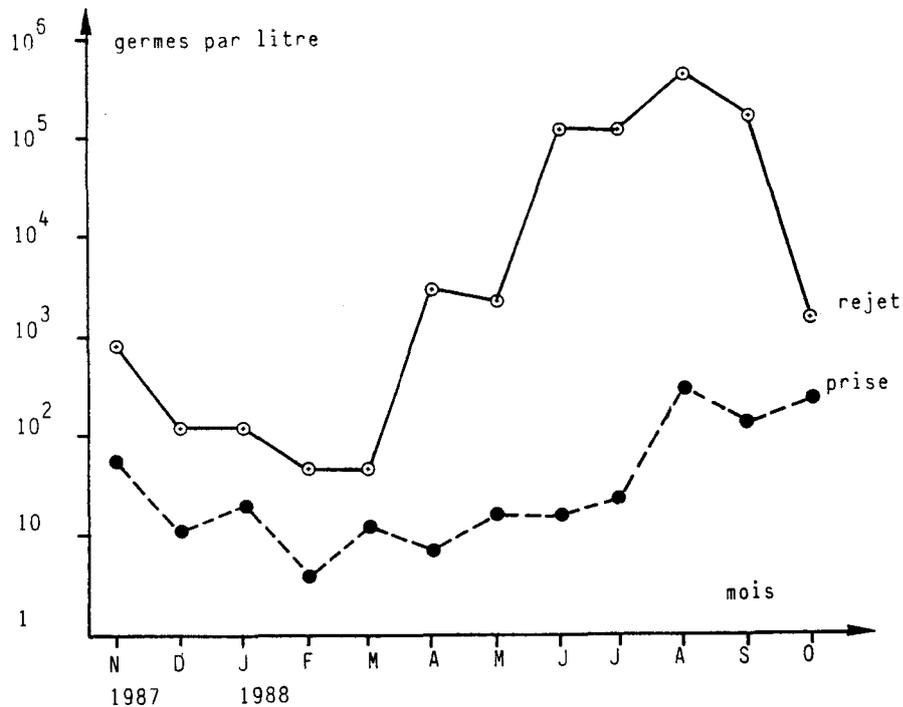


Fig. III . 5 Dénombrement des vibrions halophiles

Depuis la mise en service de la centrale EDF, des phénomènes de multiplication de ce groupe de bactéries marines ont été enregistrés en toutes saisons au point "Digue", situé à 1200 m du rejet, lors des études précédentes.

A titre de comparaison, les concentrations moyennes suivantes ont été mesurées au point "Digue":

- Période de référence avant mise en service de la centrale (1976-79) : 5 vibrions par litre
- Cycle d'étude (1984-85) : 300 vibrions par litre

Pour le cycle annuel 1987-88 les concentrations moyennes s'établissent à:

- prise d'eau : 30 vibrions par litre
- rejet : 3000 vibrions par litre

La prolifération des vibrions au rejet est particulièrement importante en été, de juin à septembre, (X 1000) malgré le fonctionnement de la chloration.

L'influence de la chloration ne semble se manifester qu'en fin de période (octobre et novembre), car la décroissance des concentrations en vibrions au rejet est alors beaucoup plus rapide que la baisse de température ne le laisserait supposer. Ce phénomène avait déjà été observé à pareille époque lors du cycle d'étude précédent.

La relation entre température de l'eau et les concentrations en vibrions reste cependant très forte au rejet:

$$\log (\text{vibrions/l}) = 0.315 t (^\circ\text{C}) - 2.903 \quad (r = 0.765 ; 52 \text{ valeurs})$$

A la prise d'eau cette relation est moins forte, à la fois en coefficient de corrélation et en pente de la droite obtenue.

$$\log (\text{vibrions/l}) = 0.103 t (^\circ\text{C}) + 0.233 \quad (r = 0.534 ; 52 \text{ valeurs})$$

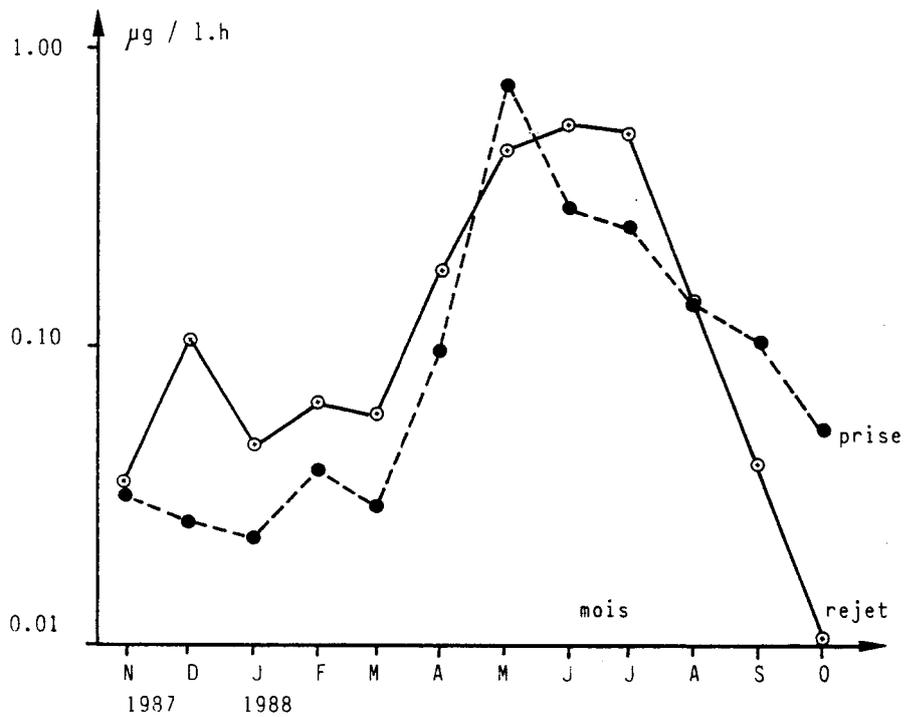
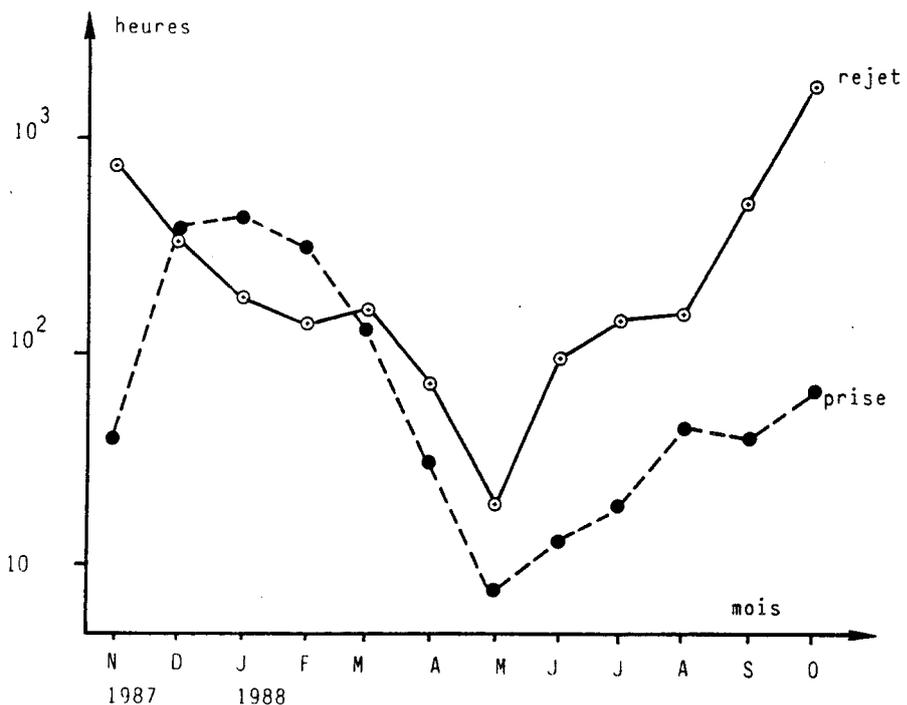
Les concentrations à la prise d'eau sont également plus élevées que celles notées sur le site avant la mise en service de la centrale lors de la période de référence et la disparition hivernale des vibrions alors observée ne se produit plus. Tous ces éléments peuvent être expliqués en évoquant l'influence du recyclage de l'eau. Sous l'aspect qualitatif, de grandes différences sont également notées, le milieu est actuellement en train d'évoluer, et une situation stable n'est pas atteinte. En effet depuis les études d'avant projet jusqu'en 1984, seul **Vibrio alginolyticus** était isolé sur le site, **Vibrio parahaemolyticus** ayant été mis en évidence de façon exceptionnelle. Depuis fin 1984 des souches de **Vibrio parahaemolyticus** ont été mises en évidence de façon répétée en concentrations parfois élevées (10^4 / l le 07/09/87).

En 1987-88, l'importance numérique prise par ce groupe a également conduit à isoler des souches d'autres espèces de vibrions comme **Vibrio cholerae** et **Vibrio harveyi** signalés dans le rapport précédent. Depuis, d'autres types de souches ont été isolées comme **Vibrio vulnificus** et **Vibrio fluvialis**.

Cette diversité croissante du milieu, ainsi que les évolutions taxonomiques intervenues depuis quelques années rend nécessaire une étude plus approfondie de ce groupe bactérien.

3 - 3 - 1 - 6 Activité bactérienne

Le potentiel hétérotrophe (V_m) représente la vitesse maximale d'absorption du glucose présent dans l'eau de mer (B_0 étant le temps nécessaire à la biomasse bactérienne pour minéraliser le glucose).

Fig. III . 6 Activité hétérotrophe (V_m)Fig. III . 7 Temps de turn over (B_0)

Valeurs moyennes:

prise	$V_m = 0.077 \mu\text{g} / \text{l.h}$
	$B_o = 60 \text{ heures}$
rejet	$V_m = 0.091 \mu\text{g} / \text{l.h}$
	$B_o = 177 \text{ heures}$

A la prise d'eau l'activité bactérienne est, bien sûr, plus forte en été qu'en hiver. Le maximum d'activité est rencontré en mai quand la microflore est la plus abondante.

Au rejet, en l'absence de chloration, l'activité est plus importante qu'à la prise d'eau (décembre à mars). La mise en service de la chloration se traduit par un ralentissement de l'activité d'avril à août. Des blocages de la production bactérienne sont observés en fin de saison de chloration (septembre, octobre et novembre) de la même façon que lors de la période précédente.

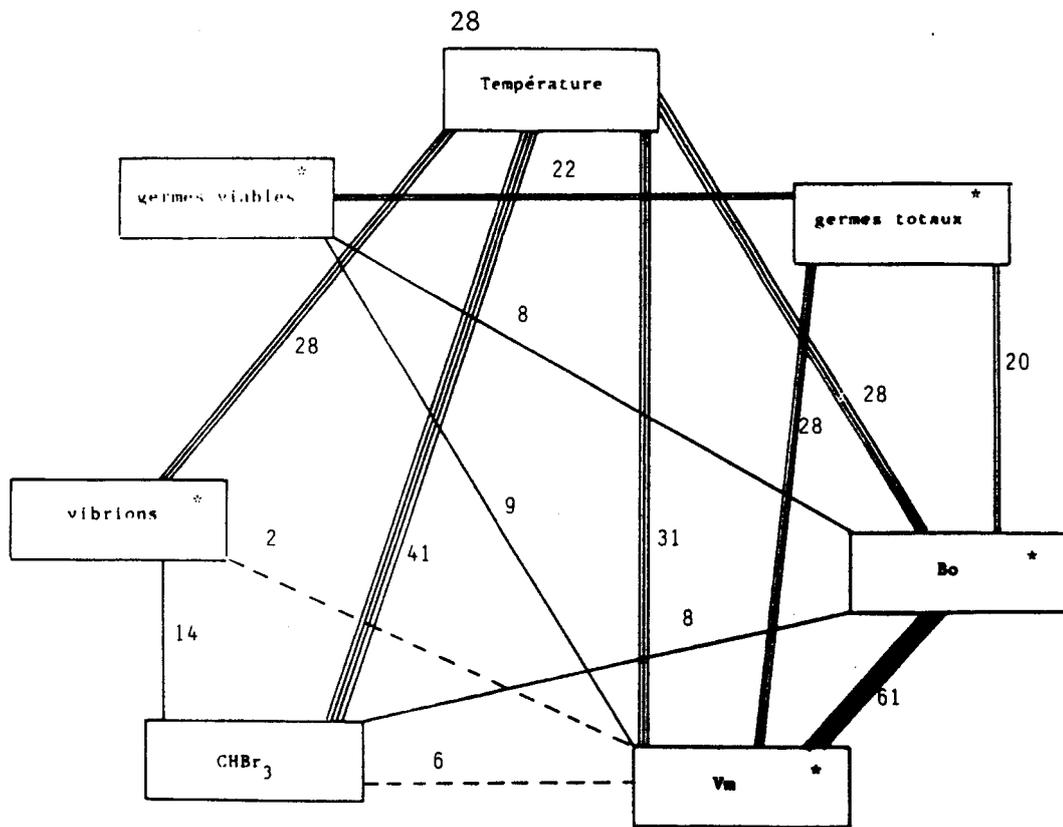
3 - 4 - 1 - 7 Relations entre paramètres

Les relations entre les divers paramètres de cette étude sont schématisées dans les figures représentant les pourcentages de variations liées.

A la prise d'eau, la température apparait comme le principal déterminant du système, bien qu'elle ne soit pas liée aux nombres de germes totaux et viables.

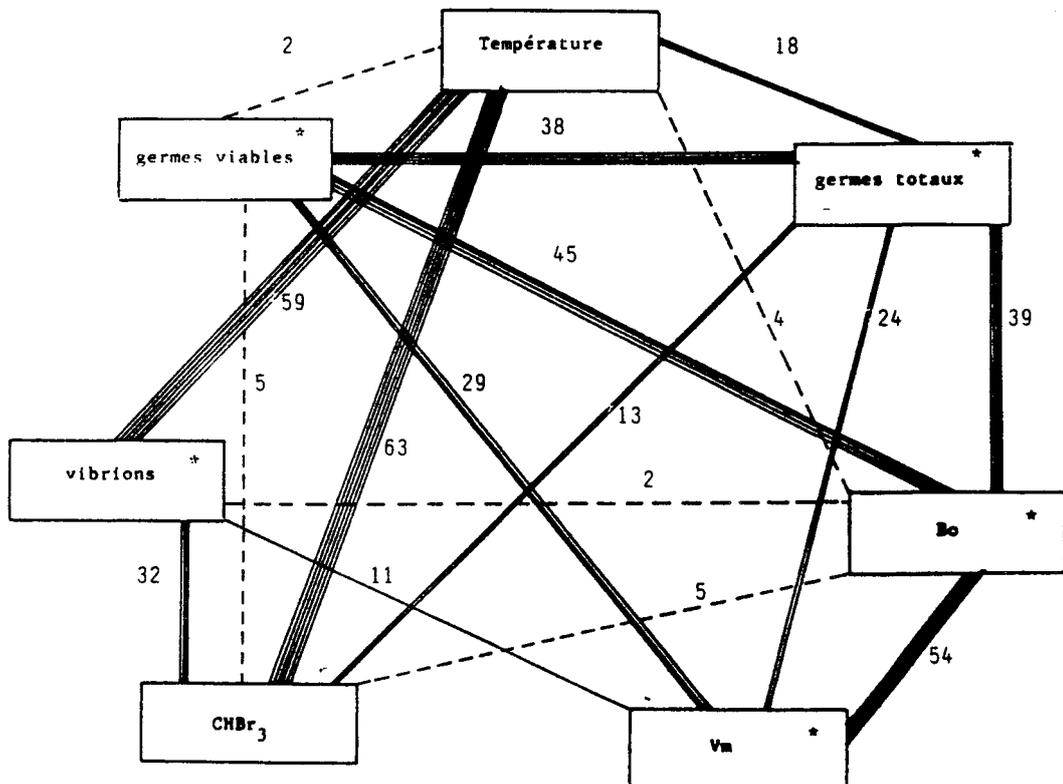
Des relations qui, à la prise d'eau, unissent la température et l'activité bactérienne disparaissent au rejet. L'activité bactérienne est principalement liée aux nombres de germes viables.

Au rejet et à la prise d'eau, les fortes relations qui unissent V_m et B_o sont normales car il s'agit de deux indices obtenus à partir de la même mesure.



(* : log)

Fig: III . 8 Prise d'eau : Relations entre paramètres
(pourcentages des variations liées)



(* : log)

Fig. III . 9 Rejet : Relations entre paramètres
(pourcentages des variations liées)

3 - 3 - 2 Points contrôle et référence

Ces deux points sont échantillonnés lors des campagnes en mer communes avec les compartiments hydrologie, phyto et zooplancton. Au même moment, les points prise et rejet sont prélevés de façon à avoir une vision de l'ensemble du circuit de l'eau de refroidissement.

Les figures représentent, campagne par campagne, chaque paramètre aux quatre points mesurés.

3 - 3 - 2 - 1 Température et chloration

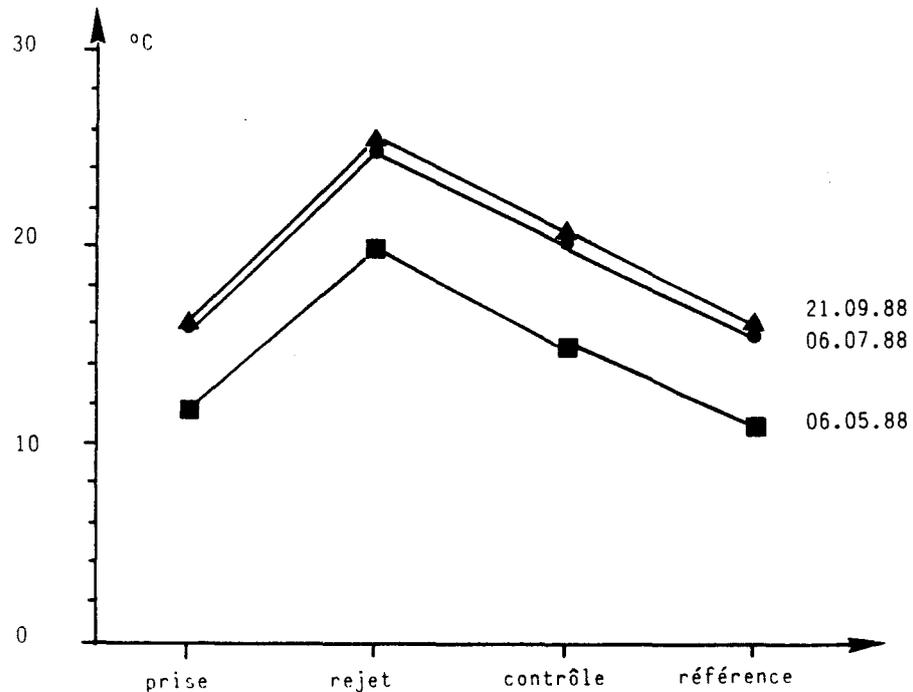


Fig. III . 10 Température de l'eau de mer

La chloration étant en service lors des trois campagnes réalisées, le bromoforme et sa dilution ont pu être suivis pour ces trois campagnes. La dilution du bromoforme est identique à la dilution thermique au point contrôle.

Au point référence, considéré comme non impacté, on note cependant la présence de faibles quantités de bromoforme (0.2 $\mu\text{g}/\text{l}$) en mai et en septembre.

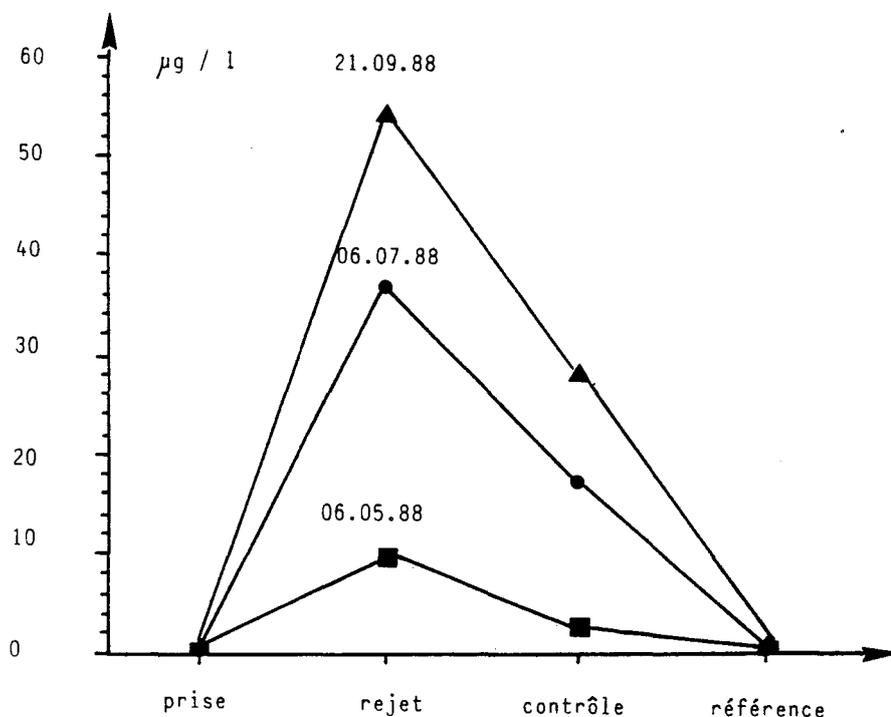


Fig. III . 11 Dosage du bromoforme

3 - 3 - 2 - 2 Microflore totale et viable

Comme il a été constaté lors des mesures hebdomadaires, on relève peu de variations dues au transit dans la centrale pour les nombres de germes totaux et viables.

Au point contrôle des variations des nombres de germes viables sont observées, elles proviennent pour une grande part du mélange avec une eau côtière différente des eaux de l'Avant Port.

Le gradient côte-large est principalement observé en nombre de germes viables à l'occasion des trois campagnes réalisées.

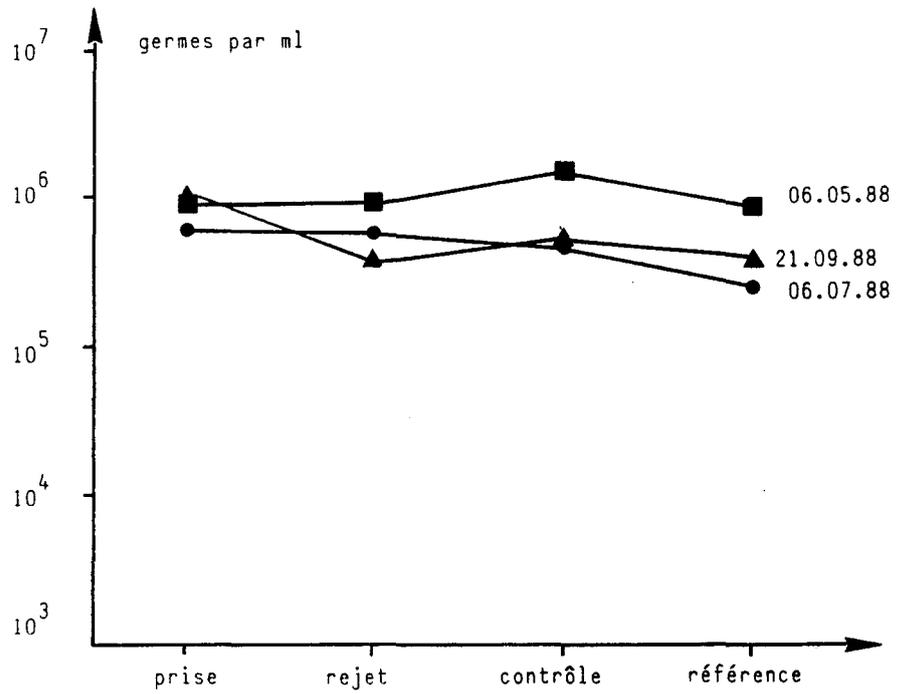


Fig. III . 12 Dénombrement des germes totaux en épifluorescence

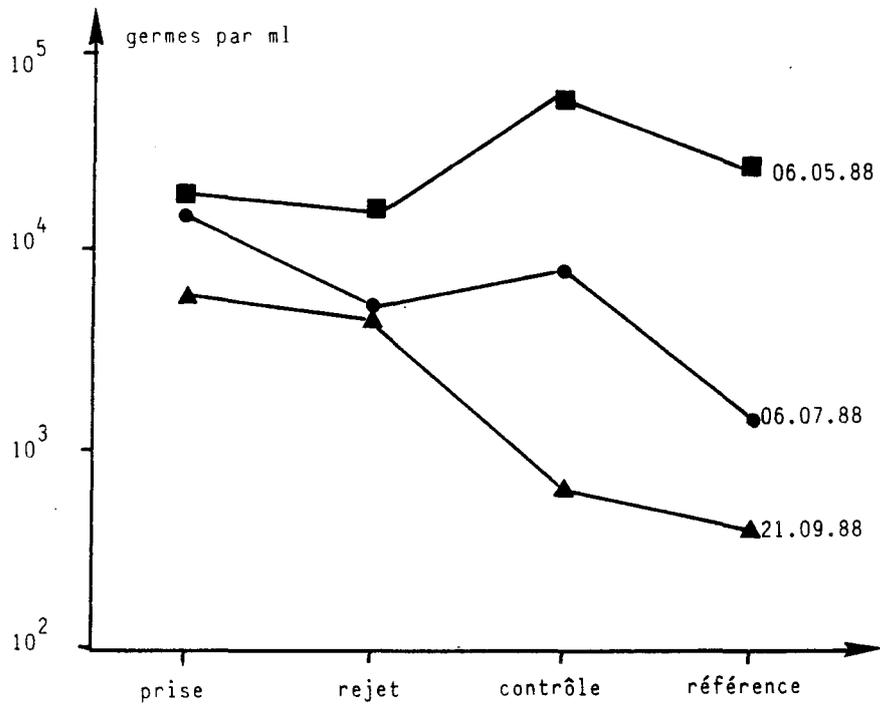


Fig. III . 13 Dénombrement des germes aérobies viables

3 - 3 - 2 - 3 Vibrions halophiles

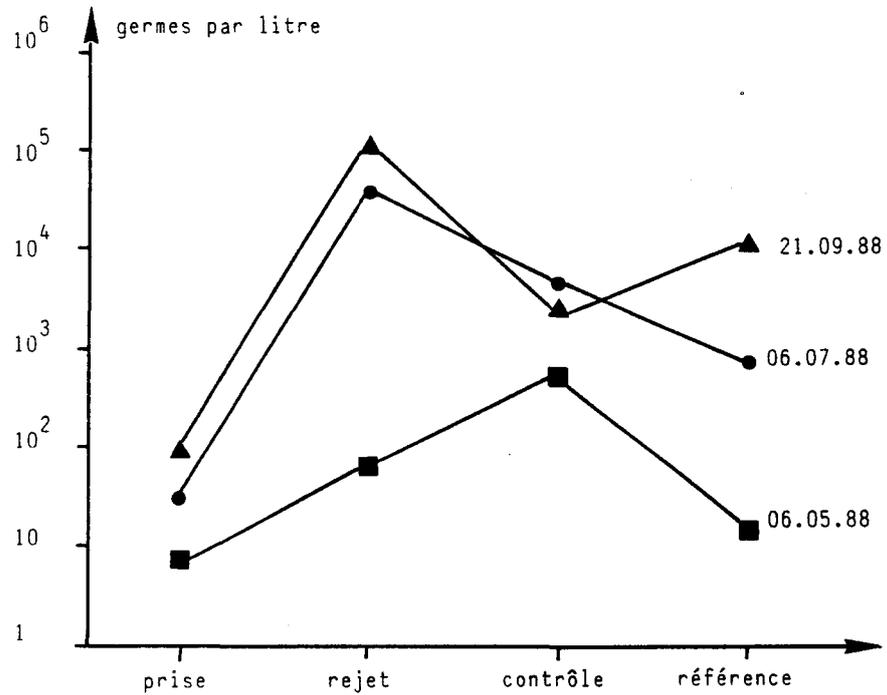


Fig. III . 14 Dénombrement des vibrions halophiles

Les mesures réalisées cette année permettent de confirmer les observations de la période précédente:

- au printemps, la multiplication des vibrions se poursuit au point contrôle et l'emporte sur l'effet de dilution.

- en juillet et en septembre, les concentrations maximales se trouvent au rejet, puis diminuent par dilution.

3 - 3 - 2 - 4 Activité bactérienne

Comme la chloration était en service pour les trois campagnes de prélèvement, la production bactérienne est fortement ralentie au point rejet. La dilution du panache ramène cette activité à des valeurs normales dès le point contrôle. En septembre cependant, une valeur voisine de celle mesurée à la prise d'eau n'est retrouvée qu'au point référence.

Le groupe des vibrions halophiles profite des modifications du milieu: la concentration moyenne annuelle est 100 fois plus élevée au rejet qu'à la prise d'eau (des concentrations supérieures à $10^6/l$ sont notées à plusieurs reprises dans le rejet).

De nombreuses espèces de vibrions ont été mises en évidence:

(**V. alginolyticus, parahaemolyticus, cholerae, harveyi, vulnificus** et **fluvialis**) depuis 1987. Les études antérieures n'avaient mis en évidence que **V. alginolyticus** et **parahaemolyticus** (depuis 1984 principalement). Le groupe des vibrions devra donc être suivi avec attention dans les études de surveillance à venir.

La centrale de Gravelines semble actuellement, avec ses six tranches de 900 MW en service, être arrivée à son fonctionnement normal. L'élévation de son impact sur le milieu marin dépendra principalement des modifications de celui-ci. Parmi les évolutions prévisibles à court terme, on peut citer l'industrialisation en cours du Port Ouest de Dunkerque et le développement des activités aquacoles dont le rejet est commun avec celui de la centrale EDF.

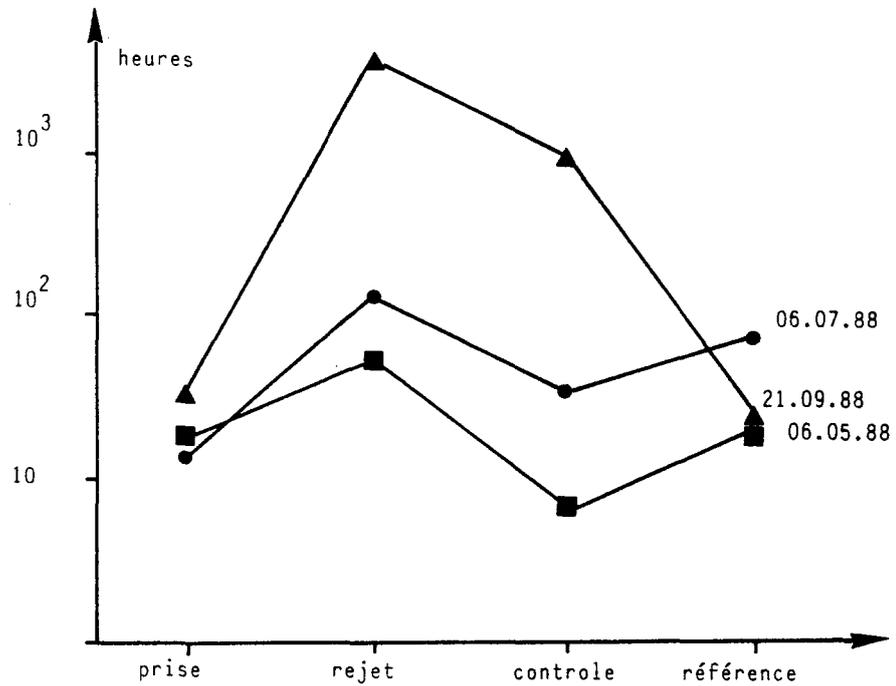


Fig. III . 15 Temps de turn over (Bo)

3 - 4 CONCLUSION

Cette seconde étude réalisée en comparant l'eau de mer avant et après son passage dans la centrale à permis de s'affranchir des variations annuelles dont étaient tributaires les études antérieures s'appuyant sur un point unique d'observation (point Digue).

La consommation du chlore est rapide, des doses inférieures à 0.1 mg/l sont retrouvées cette année au rejet. Des concentrations en bromoforme supérieures à celles de la période précédente ont été observées.

ANNEXE

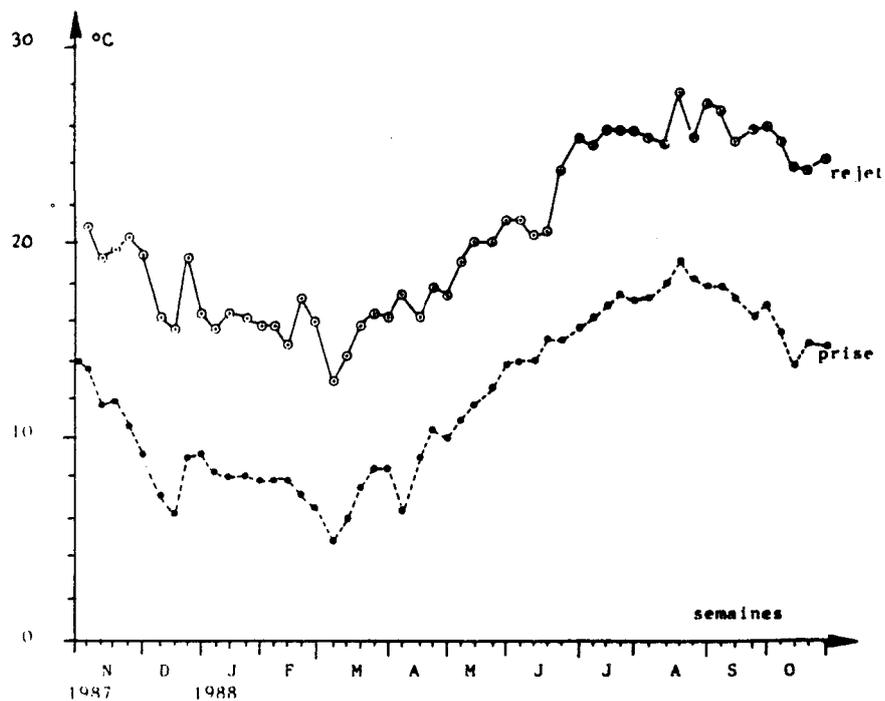


Fig. III . 16 Température de l'eau de mer
(prélèvements hebdomadaires)

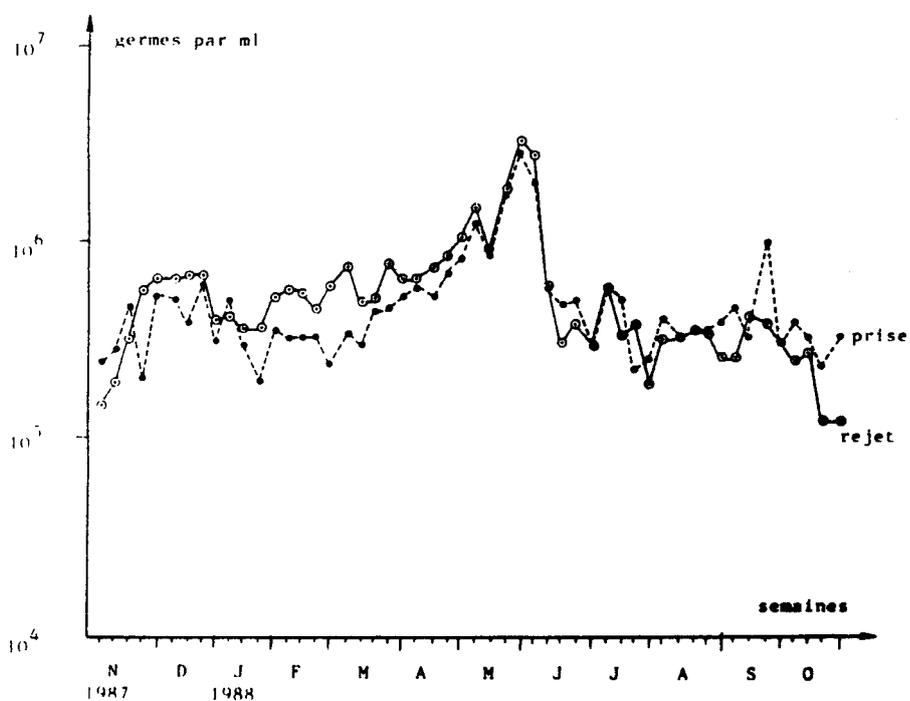


Fig. III . 17 Dénombrement des germes totaux en épifluorescence
(prélèvements hebdomadaires)

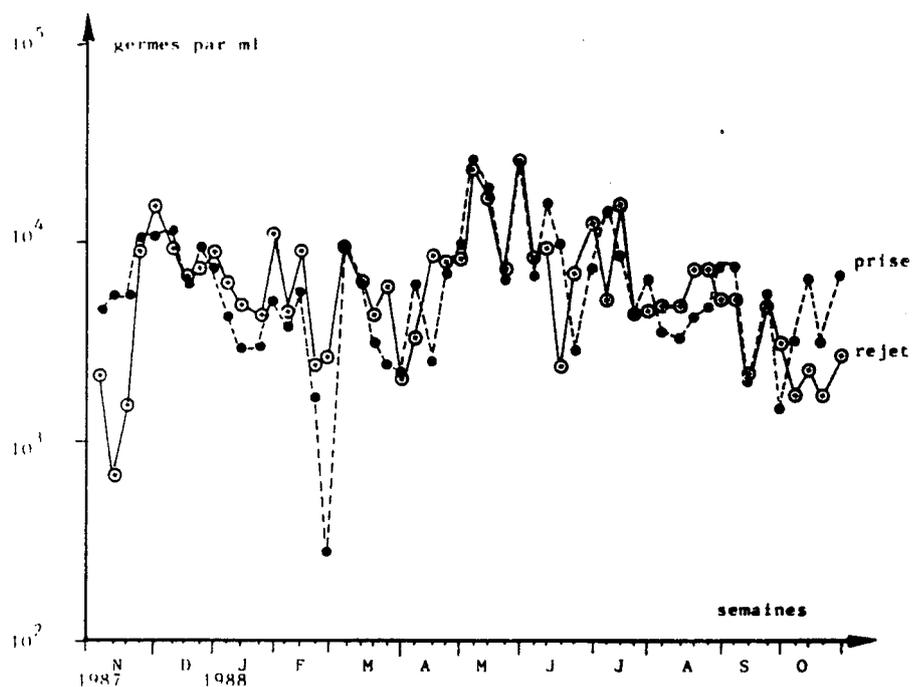


Fig. III . 18 Dénombrement des germes aérobies viables
(prélèvements hebdomadaires)

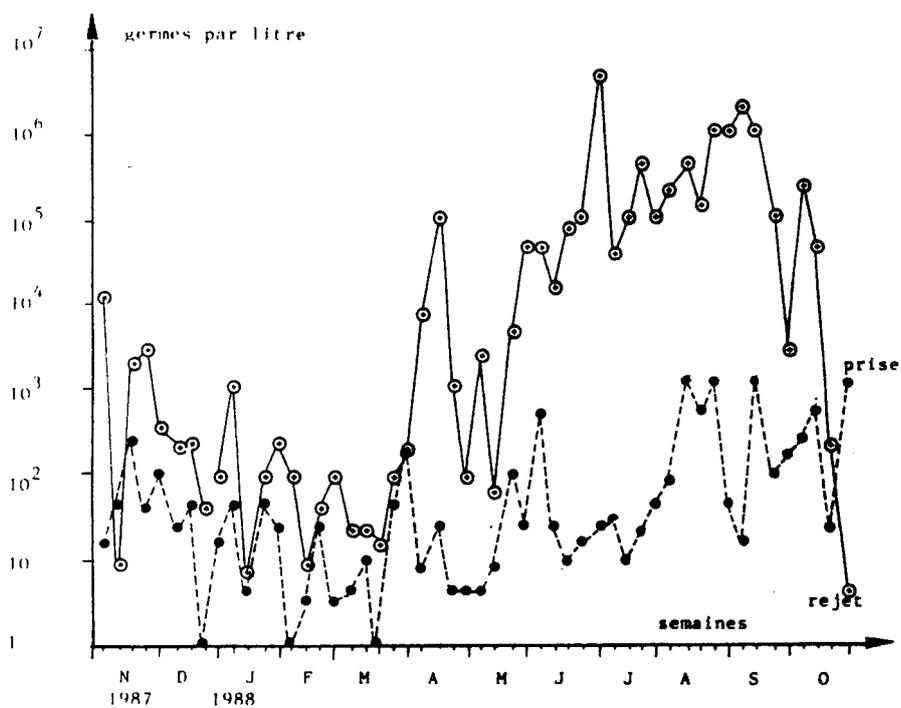


Fig. III . 19 Dénombrement des vibrions halophiles
(prélèvements hebdomadaires)

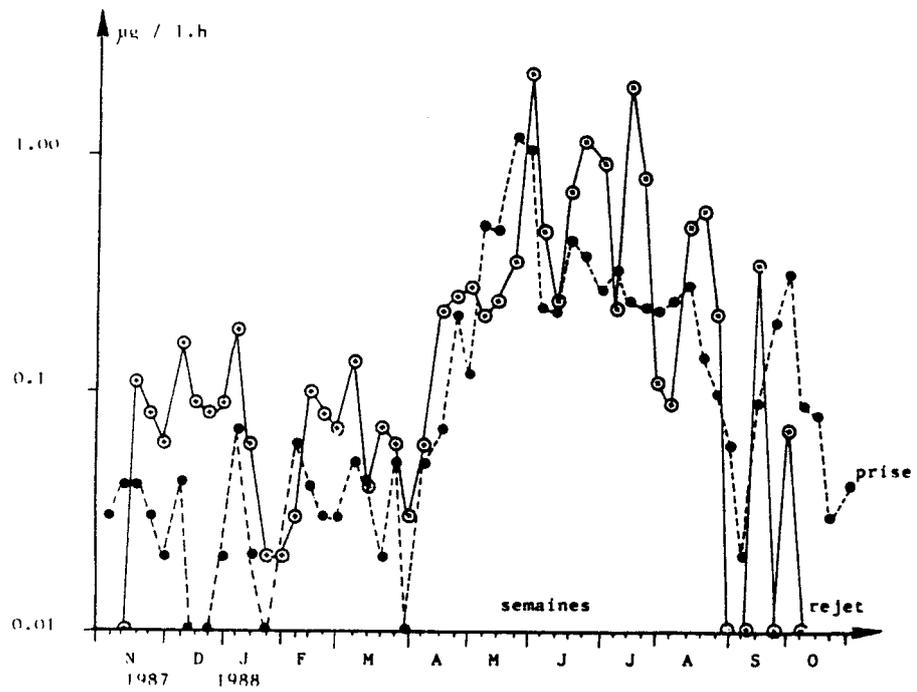


fig. III . 20 Activité hétérotrophe (Vm)
(prélèvements hebdomadaires)

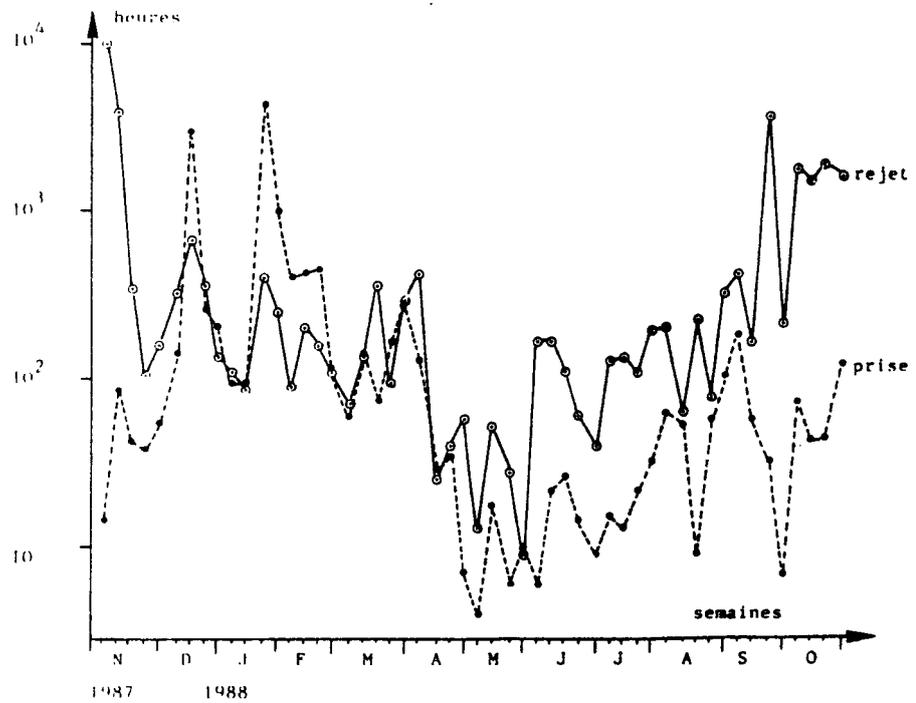


Fig. III . 21 Temps de turn over (Bo)
(prélèvements hebdomadaires)

N°	Date	Temp. (°C)	Fluo. (g/ml)	Zobell (g/ml)	CHCl ₂ Br	CHClBr ₂	CHBr ₃	Vibrions (g/l)	Pot. hétérotrophe	
					(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)		Vm (µg/lh)	Bo (heure)
70	03.11.87	13°5	2.4 10 ⁵	4.8 10 ³	< 0.01	< 0.02	0.5	15	0.03	14
71	09.11.87	11°7	2.8 10 ⁵	5.7 10 ³	"	"	0.3	43	0.04	87
72	17.11.87	11°9	4.5 10 ⁵	5.6 10 ³	"	"	1.0	240	0.04	42
73	24.11.87	10°6	2.0 10 ⁵	1.1 10 ⁴	"	"	0.2	36	0.03	38
74	30.11.87	09°2	5.3 10 ⁵	1.1 10 ⁴	"	"	< 0.2	93	0.02	54
75	07.12.87	07°2	5.1 10 ⁵	1.2 10 ⁴	"	"	"	23	0.04	142
76	15.12.87	06°1	3.9 10 ⁵	6.4 10 ³	"	"	"	43	< 0.01	2992
77	21.12.87	09°1	5.9 10 ⁵	9.6 10 ³	"	"	"	1	0.01	273
78	30.12.87	09°2	3.1 10 ⁵	7.8 10 ³	"	"	"	15	0.02	207
79	06.01.88	08°3	4.9 10 ⁵	4.4 10 ³	"	"	"	43	0.07	96
80	12.01.88	08°1	2.9 10 ⁵	2.9 10 ³	"	"	"	4	0.02	96
81	18.01.88	08°1	1.9 10 ⁵	3.1 10 ³	"	"	"	43	0.01	4276
82	26.01.88	07°9	3.5 10 ⁵	5.3 10 ³	"	"	"	23	(0.02)	(1000)
83	01.02.88	07°9	3.3 10 ⁵	3.8 10 ³	"	"	"	1	0.06	409
84	11.02.88	07°8	3.2 10 ⁵	5.9 10 ³	"	"	"	3	(0.04)	(434)
85	16.02.88	07°2	3.3 10 ⁵	1.7 10 ²	"	"	"	23	0.03	459
86	23.02.88	06°5	2.4 10 ⁵	2.8 10 ²	"	"	"	3	0.03	120
87	02.03.88	04°8	3.4 10 ⁵	9.7 10 ³	"	"	"	4	0.05	60
88	07.03.88	06°0	2.9 10 ⁵	6.5 10 ³	"	"	"	9	0.04	145
89	16.03.88	07°5	4.3 10 ⁵	3.2 10 ³	"	"	"	< 1	0.02	76
90	23.03.88	08°4	4.6 10 ⁵	2.5 10 ³	"	"	"	43	0.05	173
91	30.03.88	08°4	5.2 10 ⁵	2.3 10 ³	"	"	"	200	0.01	295
92	06.04.88	08°5	5.6 10 ⁵	6.5 10 ³	"	"	"	7	0.05	130
93	12.04.88	09°1	5.3 10 ⁵	2.6 10 ³	"	"	"	23	0.07	30
94	20.04.88	10°4	6.7 10 ⁵	7.3 10 ³	"	"	"	4	0.21	34
95	26.04.88	10°0	8.2 10 ⁵	1.0 10 ⁴	"	"	"	4	0.12	7
96	03.05.88	10°9	1.2 10 ⁶	2.7 10 ⁴	"	"	0.2	4	0.51	4
	06.05.88	11°7	8.3 10 ⁵	1.9 10 ⁴	"	"	0.2	7	0.49	18
97	18.05.88	12°6	1.7 10 ⁶	6.8 10 ³	"	"	0.5	93	1.19	6
98	25.05.88	13°8	2.8 10 ⁶	2.6 10 ⁴	"	0.07	2.1	23	1.04	10
99	01.06.88	14°0	1.9 10 ⁶	7.0 10 ³	"	"	0.7	460	0.23	6
100	07.06.88	13°9	5.7 10 ⁵	1.6 10 ⁴	"	"	0.3	23	0.22	22
101	14.06.88	15°1	4.7 10 ⁵	1.0 10 ⁴	"	"	0.2	9	0.43	27
102	21.06.88	15°1	5.0 10 ⁵	2.9 10 ³	"	"	0.5	15	0.37	14
103	28.06.88	15°7	3.0 10 ⁵	7.7 10 ³	"	"	0.3	23	0.27	9
104	06.07.88	16°3	5.7 10 ⁵	1.5 10 ⁴	"	0.07	1.5	28	0.32	15
105	12.07.88	16°8	5.0 10 ⁵	8.7 10 ³	"	0.04	1.0	9	0.24	13
106	19.07.88	17°4	2.2 10 ⁵	4.5 10 ³	"	0.07	2.3	20	0.23	22
107	27.07.88	16°9	2.5 10 ⁵	6.9 10 ³	"	"	0.7	43	0.22	33
108	02.08.88	17°2	4.1 10 ⁵	3.7 10 ³	"	"	1.1	75	0.24	65
109	09.08.88	18°0	3.3 10 ⁵	3.4 10 ³	"	"	0.7	1100	0.28	55
110	17.08.88	19°0	3.5 10 ⁵	4.4 10 ³	"	"	1.1	460	0.14	9
111	22.08.88	18°1	3.5 10 ⁵	4.8 10 ³	"	"	1.1	1100	0.10	56
112	31.08.88	17°8	3.9 10 ⁵	7.9 10 ³	"	"	0.8	43	0.06	105
113	06.09.88	17°8	4.6 10 ⁵	7.6 10 ³	"	0.04	1.5	15	0.02	183
114	13.09.88	17°1	3.2 10 ⁵	2.0 10 ³	"	0.07	2.4	1100	0.09	58
115	21.09.88	16°3	9.6 10 ⁵	5.7 10 ³	"	"	0.5	93	(0.20)	(33)
116	27.09.88	16°8	3.0 10 ⁵	1.5 10 ³	"	0.04	1.3	150	0.31	7
117	04.10.88	15°4	3.9 10 ⁵	3.3 10 ³	"	"	1.0	240	0.09	73
118	11.10.88	13°8	3.3 10 ⁵	6.8 10 ³	"	"	1.0	460	0.08	45
119	18.10.88	15°0	2.3 10 ⁵	3.3 10 ³	"	0.16	4.4	20	0.03	45
120	25.10.88	14°8	3.3 10 ⁵	7.0 10 ³	"	0.04	1.6	1100	0.04	124

Tab. III . 1 Prise d'eau : prélèvements hebdomadaires.

N°	Date	Temp. (°C)	Fluo. (g/ml)	ZoBell (g/ml)	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHClBr ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)	Vibrions (g/l)	Pot. hétérotrophe	
									Vm (µg/lh)	Bo (heure)
70	03.11.87	20°6	1.4 10 ⁵	2.1 10 ³	< 0.01	0.08	5.5	11 000	< 0.01	> 10000
71	09.11.87	19°1	1.8 10 ⁵	6.3 10 ²	0.02	0.23	9.5	9	< 0.01	3844
72	17.11.87	19°4	3.1 10 ⁵	1.5 10 ³	< 0.01	0.06	2.8	2 100	0.11	349
73	24.11.87	20°1	5.5 10 ⁵	8.7 10 ³	"	< 0.02	0.3	2 900	0.08	108
74	30.11.87	19°3	6.1 10 ⁵	1.5 10 ⁴	"	"	< 0.2	350	0.06	157
75	07.12.87	16°1	6.3 10 ⁵	9.3 10 ³	"	"	"	210	0.16	323
76	15.12.87	15°4	6.6 10 ⁵	6.5 10 ³	"	"	"	240	0.09	677
77	21.12.87	19°0	6.5 10 ⁵	7.5 10 ³	"	"	"	43	0.08	365
78	30.12.87	16°2	3.9 10 ⁵	8.8 10 ³	"	"	"	93	0.09	140
79	06.01.88	15°5	4.1 10 ⁵	6.2 10 ³	"	"	"	1 100	0.18	114
80	12.01.88	16°2	3.6 10 ⁵	4.8 10 ³	"	"	"	7	0.06	86
81	18.01.88	16°1	3.6 10 ⁵	4.2 10 ³	"	"	"	93	0.02	405
82	26.01.88	15°7	4.9 10 ⁵	1.1 10 ⁴	"	"	"	240	(0.02)	(250)
83	01.02.88	15°6	5.5 10 ⁵	4.3 10 ³	"	"	"	93	0.03	92
84	11.02.88	14°8	5.3 10 ⁵	8.8 10 ³	"	"	"	9	0.10	207
85	16.02.88	16°9	4.4 10 ⁵	2.4 10 ³	"	"	"	43	(0.08)	(160)
86	23.02.88	15°8	5.6 10 ⁵	2.6 10 ³	"	"	"	93	0.07	114
87	02.03.88	12°9	7.0 10 ⁵	9.6 10 ³	"	"	"	23	0.13	71
88	07.03.88	14°1	4.8 10 ⁵	6.0 10 ³	"	"	"	23	0.04	138
89	16.03.88	15°6	4.9 10 ⁵	4.2 10 ³	"	"	"	15	0.07	362
90	23.03.88	16°3	7.4 10 ⁵	6.0 10 ³	"	"	"	93	0.06	95
91	30.03.88	16°0	6.1 10 ⁵	2.0 10 ³	"	"	"	200	0.03	291
92	06.04.88	17°2	6.2 10 ⁵	3.2 10 ³	"	"	3.6	7 500	0.06	425
93	12.04.88	16°1	7.0 10 ⁵	8.5 10 ³	"	"	2.1	110 000	0.22	25
94	20.04.88	17°5	8.2 10 ⁵	7.8 10 ³	"	"	< 0.2	1 100	(0.25)	(40)
95	26.04.88	17°1	9.9 10 ⁵	8.1 10 ³	"	0.09	2.4	93	0.28	57
96	03.05.88	18°9	1.4 10 ⁶	2.3 10 ⁴	"	0.18	3.6	2 400	0.21	13
	06.05.88	19°8	8.8 10 ⁶	1.6 10 ⁴	"	0.4	9.8	64	0.24	52
97	18.05.88	19°9	1.8 10 ⁶	7.1 10 ⁴	0.08	0.64	14.0	4 600	0.36	28
98	25.05.88	21°0	3.1 10 ⁶	2.4 10 ⁴	0.29	0.89	37.2	46 000	2.23	9
99	01.06.88	20°9	2.6 10 ⁶	8.0 10 ³	0.06	0.44	10.1	46 000	0.49	166
100	07.06.88	20°2	5.7 10 ⁵	9.3 10 ³	0.15	0.27	8.7	15 000	0.24	168
101	14.06.88	20°5	2.9 10 ⁵	2.3 10 ³	0.05	0.89	37.1	75 000	(0.69)	(114)
102	21.06.88	23°5	3.7 10 ⁵	6.8 10 ³	0.23	0.80	20.7	110 000	1.14	61
103	28.06.88	25°1	2.8 10 ⁵	1.2 10 ⁴	0.19	1.09	24.7	4 600 000	0.94	40
104	06.07.88	24°7	5.7 10 ⁵	4.9 10 ³	0.16	1.18	37.1	39 000	0.23	131
105	12.07.88	25°6	3.3 10 ⁵	1.5 10 ⁴	0.25	0.93	33.0	110 000	1.90	139
106	19.07.88	25°5	3.7 10 ⁵	4.6 10 ³	0.09	0.42	14.7	460 000	0.81	111
107	27.07.88	25°6	1.8 10 ⁵	4.4 10 ³	0.08	0.84	40.0	110 000	0.11	201
108	02.08.88	25°1	3.1 10 ⁵	4.6 10 ³	0.12	0.80	15.2	210 000	0.09	205
109	09.08.88	24°8	3.1 10 ⁵	4.6 10 ³	0.23	1.04	46.4	460 000	0.51	63
110	17.08.88	27°4	3.5 10 ⁵	7.0 10 ³	0.10	0.40	13.1	150 000	0.59	229
111	22.08.88	25°1	3.2 10 ⁵	7.1 10 ³	0.15	0.44	16.5	1 100 000	0.21	80
112	31.08.88	26°9	2.5 10 ⁵	5.0 10 ³	0.12	0.73	28.4	1 100 000	< 0.01	333
113	06.09.88	26°4	2.5 10 ⁵	5.1 10 ³	0.15	0.49	17.6	2 100 000	< 0.01	416
114	13.09.88	25°0	4.1 10 ⁵	2.1 10 ³	0.20	1.09	40.8	1 100 000	0.35	173
115	21.09.88	25°5	3.7 10 ⁵	4.5 10 ³	0.09	1.22	54.2	110 000	0.01	3674
116	27.09.88	25°8	2.8 10 ⁵	2.9 10 ³	0.13	1.07	41.1	2 800	0.07	217
117	04.10.88	24°9	2.4 10 ⁵	1.6 10 ³	0.09	0.76	29.2	240 000	0.01	1785
118	11.10.88	23°6	2.6 10 ⁵	2.2 10 ³	0.05	0.82	29.2	46 000	0.01	1514
119	18.10.88	23°5	1.2 10 ⁵	1.6 10 ³	0.06	1.09	41.5	210	< 0.01	1888
120	25.10.88	24°1	1.2 10 ⁵	2.6 10 ³	0.06	0.89	39.8	4	< 0.01	1643

Tab. III . 2 Canal de rejet : prélèvements hebdomadaires.

Tab. III . 3

REJET : Relations entre paramètres ($y = ax + b$; $r = \text{coef. corrélation}$)

Y \ X	Temp.	Fluo. (log)	ZoBell (log)	CHBr ₃	Bo (log)	Vm (log)	Vibrions (log)
Temp.	1						
Fluo. (log)	a = -0.029 b = 6.243 r = 0.420	1					
ZoBell (log)	a = -0.010 b = 3.926 r = 0.134	a = 0.684 b = -0.149 r = 0.617	1				
CHBr ₃	a = 3.111 b = -49.01 r = 0.794	a = -20.75 b = 131.4 r = 0.365	a = -10.81 b = 54.25 r = 0.211	1			
Bo (log)	a = 0.025 b = 1.737 r = 0.191	a = -1.233 b = 9.237 r = 6.625	a = -1.171 b = 6.613 r = 0.668	a = 0.008 b = 2.139 r = 0.226	1		
Vm (log)	a = 0.015 b = 1.305 r = 0.095	a = 1.102 b = -7.242 r = 0.491	a = 1.089 b = -5.056 r = 0.538	a = 0.003 b = -1.042 r = 0.065	a = -0.842 b = 0.904 r = 0.734	1	
Vibrions (log)	a = 0.315 b = -2.903 r = 0.765	a = 0.712 b = 7.505 r = 0.119	a = 0.349 b = 2.178 r = 0.065	a = 0.059 b = 2.647 r = 0.563	a = -0.432 b = 4.437 r = 0.139	a = 0.872 b = 4.355 r = 0.328	1

Tab. III . 4

PRISE D'EAU : Relations entre paramètres ($y = ax + b$; $r = \text{coef. corrélation}$)

Y \ X	Temp.	Fluo. (log)	ZoBell (log)	CHBr ₃	Bo (log)	Vm (log)	Vibrions (log)
Temp.	1						
Fluo. (log)	a = 0.002 b = 5.618 r = 0.033	1					
ZoBell (log)	a = 0.008 b = 3.641 r = 0.095	a = 0.659 b = 0.019 r = 0.472	1				
CHBr ₃	a = 0.132 b = -0.999 r = 0.646	a = -0.203 b = 1.741 r = 0.058	a = -0.013 b = 0.663 r = 0.005	1			
Bo (log)	a = -0.085 b = 2.792 r = 0.530	a = -1.230 b = 8.707 r = 0.446	a = -0.535 b = 3.789 r = 0.273	a = -0.228 b = 1.902 r = 0.290	1		
Vm (log)	a = 0.073 b = 1.989 r = 0.559	a = 1.183 b = -7.779 r = 0.525	a = 0.480 b = -2.915 r = 0.299	a = 0.157 b = 1.199 r = 0.245	a = -0.636 b = 0.019 r = 0.779	1	
Vibrions (log)	a = 0.103 b = 0.233 r = 0.534	a = -0.075 b = 1.905 r = 0.022	a = -0.246 b = 2.426 r = 0.104	a = 0.359 b = 1.266 r = 0.380	a = -0.137 b = 1.722 r = 0.114	a = 0.212 b = 1.714 r = 0.144	1

Tab. III.5 PRISE D'EAU ET REJET : Relations entre paramètres ($y = ax + b$; $r = \text{coef. corrélation}$)

Prise Rejet	Temp.	Fluo. (log)	ZoBell (log)	CHBr ₃	Bo (log)	Vm (log)	Vibrions (log)
Temp.	a = 0.974 b = 8.433 r = 0.966						
Fluo. (log)		a = 0.919 b = 0.470 r = 0.764					
ZoBell (log)			a = 0.543 b = 1.695 r = 0.569				
CHBr ₃				a = 12.69 b = 6.466 r = 0.653			
Bo (log)					a = 0.339 b = 1.645 r = 0.402		
Vm (log)						a = 0.747 b = -0.182 r = 0.622	
Vibrions (log)							a = 0.932 b = 2.098 r = 0.431

Date Point	Temp. (°C)	Fluo. (g/ml)	ZoBell (g/ml)	Vibrions (g/l)	Pot. hétérotrophe Vm (µg/lh)	Bo (heure)	Chlore (mg/l)	CHCl ₂ Br (µg/l)	CHCl Br ₂ (µg/l)	CHBr ₃ (µg/l)
06.05.88										
Prise	11°7	8.3 10 ⁵	1.9 10 ⁴	7	0.490	17.6	< 0.02	< 0.01	< 0.02	0.2
Rejet	19°8	8.8 10 ⁵	1.6 10 ⁴	64	0.237	52.4	< 0.02	"	0.4	9.8
Contrôle	14°9	1.4 10 ⁶	5.5 10 ⁴	460	1.149	6.6	< 0.02	"	0.13	2.6
Référence	11°0	8.6 10 ⁵	2.6 10 ⁴	< 30	1.54	18.9	-	"	< 0.02	0.2
06.07.88										
Prise	16°3	5.7 10 ⁵	1.5 10 ⁴	28	0.320	14.7	< 0.02	< 0.01	0.07	1.5
Rejet	24°7	5.7 10 ⁵	4.9 10 ³	39 000	0.230	131.1	0.04	0.16	1.18	37.1
Contrôle	20°4	4.3 10 ⁵	7.9 10 ³	4 600	0.240	34.9	< 0.02	0.11	0.62	17.3
référence	15°7	2.4 10 ⁵	1.4 10 ³	750	0.110	67.2	-	< 0.01	< 0.02	< 0.2
21.09.88										
Prise	16°3	9.6 10 ⁵	5.7 10 ³	93	(0.20)	(33)	< 0.02	< 0.01	0.02	0.5
Rejet	25°5	3.7 10 ⁵	4.5 10 ³	110 000	0.012	3 674	-	0.09	1.22	54.2
Contrôle	20°7	5.0 10 ⁵	6.5 10 ²	2 400	0.008	973	< 0.02	< 0.01	0.56	27.9
référence	16°3	3.8 10 ⁵	4.0 10 ²	11 000	0.298	23.4	-	"	0.04	0.2

Tab. III . 6 Campagnes pélagiques

CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

Hubert GROSSEL

PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE

Les résultats sont rassemblés dans le tableau IV-1.

IV-1. BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Les caractéristiques climatiques du début de l'année 1988 (douceur de l'hiver et pluviométrie record) ont certainement favorisé le développement de la biomasse chlorophyllienne observée en mai à Gravelines. En effet nous avons mesuré des teneurs en chlorophylle a encore jamais observées sur ce site : jusqu'à 80 mg/m³ sur un échantillon au point "contrôle". De tels résultats sont tout à fait comparables à ce que l'on peut observer dans certaines rivières eutrophisées. Excepté cet échantillon record, la moyenne des teneurs de référence (contrôle-fond, référence 0 m et fond) avoisine 60 mg/m³.

Ces observations constituent l'élément marquant de cette année 1988. On verra (paragraphe IV-2) que les espèces microplanctoniques révèlent elles aussi une situation exceptionnelle.

Le 6 juillet, les teneurs observées ont diminué dans un rapport de 5 à 10 pour les échantillons de référence, et dans un rapport proche de 3 pour les échantillons des canaux d'amenée et de rejet, ainsi qu'au point de contrôle impacté. Ces teneurs demeurent néanmoins importantes, comprises entre 6 et 14 mg de chlorophylle/m³.

Le 21 septembre montre le maintien de teneurs importantes aux stations de référence (comprises entre 8 et 12 mg/m³).

On peut remarquer que les observations de mai semblent avoir coïncidé avec la réalité du pic printanier. En effet, dans le cadre d'un programme européen d'étude de Phaeocystis, un échantillonnage hebdomadaire dans la région de Boulogne montre un pic printanier de courte durée et parfaitement superposé dans le temps à ce qui est observé à Gravelines.

IV-2. POPULATIONS PHYTOPLANCTONIQUES

L'étude des populations révèle le caractère exceptionnel du début de l'année. Dès le mois de mars, les échantillons prélevés devant Boulogne-sur-Mer dans le cadre du programme C.E.E. montrent que ce sont des espèces typiquement estivales (Rhizosolenia stolterfothii, Rh. shrubsolei) qui sont présentes au moment du bloom printanier dans les eaux du large de Gravelines en 1988. Cette situation trouve son prolongement dans les observations du 06 mai devant Gravelines. Les très fortes teneurs en chlorophylle résultent

Gravelines 1988		Canal d'aménée	Canal de rejet	Contrôle 0 m	Contrôle fond	Reference 0 m	Reference fond
06/5/88	t°C	11.7	19.8	14.9	11.0	11.0	10.9
	Chl.a mg/m ³	35.2	18.8	31.4	67.8	46.4	56.3
	P. primaire mg C/m ³ /h	303	83	178	121	306	253
	P/B	9	4	6	2	7	4
	Microplancton Cell./cm ³	882	400	650	1630	975	1130
Espèces dominantes ou remarquables	Rhiz. del. Rhiz. sto. Rhiz. shr. Phaeocystis 30 000 c/l	Rhiz. del. Rhiz. sto. Rhiz. shr. Phaeocystis 10 000 c/l	Rhiz. del. Rhiz. sto. Rhiz. shr. Phaeocystis 20 000 c/l	Rhiz. del. Rhiz. sto. Rhiz. shr. Phaeocystis 85 000 c/l	Rhiz. del. Rhiz. sto. Rhiz. shr. Phaeocystis 24 500 c/l	Rhiz. del. Rhiz. sto. Rhiz. shr. Phaeocystis 45 000 c/l	
6/07/88	t°C	16.3	24.7	20.4	15.7	15.7	15.7
	Chl.a mg/m ³	13.8	6.2	9.8	6.9	6.9	12.6
	P. primaire mg C/m ³ /h	202	29	82	79	81	95
	P/B	15	5	8	11	12	8
	Microplancton Cell./cm ³	805	289	528	400	397	677
Espèces dominantes ou remarquables	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Aste. jap. Lept. dan. Phaeocystis traces	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Lept. dan. Aste. jap.	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Lept. dan. Navi. Aste. jap.	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Lept. dan. Navi. Aste. jap.	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Lept. dan. Para. sul. Phaeocystis traces	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Lept. dan. Aste. jap. Phaeocystis traces	Rhiz. shr. Rhiz. sto. Para. sul. Lept. dan Phaeocystis traces
21/9/88	t°C	16.3	25.5	20.7	17.9	16.3	16.6
	Chl.a mg/m ³	3.3	1.7	4.4	8.4	8.7	12.2
	P. primaire mg C/m ³ /h	37	23	41	54	78	68
	P/B	11	13	9	6	10	6
	Microplancton Cell./cm ³	140	92	187	552	574	623
Espèces dominantes ou remarquables	Chae. soc. Edd. sin. Euca. zod. Nitz. ser. Thaa nit. Para. sul.	Chae. soc. Euca. zod. Nitz. ser. Thaa nit. Thal. spp.	Euca. zod. Chae. soc. Nitz. ser. Thaa nit.	Euca. zod. Chae. soc. Nitz. ser. Thaa nit.	Euca. zod. Nitz. ser. Chae. soc. Edd. sin. Para. sul.	Euca. zod. Chae. soc. Para. sul. Edd. sin. Nitz. ser.	Euca. zod. Chae. soc. Para. sul. Edd. sin. Nitz. ser.

Tableau IV.1.

pour une petite part de la présence précoce de ces deux espèces, l'essentiel de la biomasse étant constitué de Phaeocystis et de Rhizosolenia delicatula, typiquement printanière ou post-printanière. Le genre Rhizosolenia forme environ 80 % du microplancton présent ; le nanoflagellé Phaeocystis présente des densités importantes allant de 30 à 85 10^3 cellules par litre. L'essentiel de ces cellules est observé sous forme de spores libres ; les colonies, dégradées, sont tout à fait minoritaires.

Le 7 juillet, sont observées des populations moins abondantes mais mieux équilibrées en terme de diversité. S'y retrouve le groupe des Rhizosolenia spp, mais il ne domine plus le reste des autres espèces. Celles-ci sont représentées principalement par Leptocylindrus danicus et Asterionella japonica, Navicula spp et Thalassiosira levanderi. Cette population est donc nettement moins caractérisable que celle observée en mai.

La situation observée le 21 septembre évolue encore avec des populations riches en nombre d'espèces où Eucampia zodiacus, Chaetoceros sociale, Biddulphia sinensis et Nitzschia seriata affirment l'installation de l'automne, accompagnées de Paralia sulcata.

IV-3. IMPACT DU TRANSIT SUR LA BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

La chlorophylle détruite lors du transit (comparaison des teneurs à l'entrée et au rejet de la centrale) est évaluée à 16,4 mg/m³ en mai, à 7,6 mg/m³ en juillet et à 1,6 mg/m³ en septembre.

Le déficit sur le milieu récepteur (estimé par comparaison du point Contrôle-surface et de la moyenne des points non échauffés du milieu récepteur) est évalué à 25,4 mg/m³ en mai, à 5,4 mg/m³ en septembre. Il peut être considéré comme nul selon les résultats de la campagne du 6 juillet.

Les résultats exprimés dans le tableau IV-2, ci-dessous, montrent que la destruction due au transit, exprimée en pourcentage, avoisine 50 % de la biomasse lors des trois campagnes. Toujours exprimés en pourcentage, les déficits par rapport au milieu récepteur, nuls en juillet, sont de 32 % le 6 mai et de 45 % le 21 septembre.

Tableau IV-2 :

	Déficit en biomasse (mg/m ³) et en pourcentage			
	au rejet/entrée		au contrôle/référence	
	mg/m ³	%	mg/m ³	%
6 mai	16,4	47 %	25,4	32 %
6 juillet	7,6	55 %	nul	nul
21 septembre	1,6	48 %	5,4	45 %

IV-4. IMPACT DU TRANSIT SUR LA PRODUCTION ET LA PRODUCTIVITE

Le critère de production associe la biomasse chlorophyllienne à sa propre capacité productive. Cette capacité, ou productivité, est donc le rapport P/B de la production sur la biomasse chlorophyllienne.

Mesurée par incubation en lumière artificielle en présence de bicarbonate de sodium marqué, la production exprimée en mg C/m³.h, présente un déficit comme ci-dessous :

Tableau IV-3 :

	Déficit en production (mg C/m ³ .h) et en pourcentage			
	au rejet/entrée		au contrôle/référence	
	mg C/m ³ .h	%	mg C/m ³ .h	%
6 mai	220	73 %	101	42 %
6 juillet	173	86 %	3	nul
21 septembre	14	38 %	26	47 %

La capacité productive (rapport P/B) est affectée de la façon suivante :

Tableau IV-4 :

	Déficit en productivité (P/B)	
	au rejet/entrée	au contrôle/référence
6 mai	56 %	faible
6 juillet	67 %	33 %
21 septembre	nul	négligeable

IV-5. CONCLUSION

Comme les années précédentes, il se confirme que l'impact de la centrale sur la production primaire et sur la productivité, sensible lorsque l'on compare l'entrée et le rejet de la centrale, prend un caractère plus aléatoire si l'on compare le site impacté (Contrôle,om) et le site de référence.

Il se confirme aussi que le résultat le plus constant dans ces observations d'impact est la destruction de la chlorophylle, appréciée entre le canal de rejet et le canal d'amenée. Selon nos résultats, elle a avoisiné 50 % de la biomasse.

Le fait majeur de cette surveillance 1988 demeure l'évolution du milieu marin. Les observations de cette année, avec des teneurs en chlorophylle significatives de 60 mg/m³, témoignent de l'eutrophisation de cette zone littorale. Des conditions climatiques particulières sont sans doute intervenues en synergie avec la capacité nutritive du milieu.

Ce qui était considéré jusqu'à présent comme un milieu enrichi a montré en 1988 des critères d'eutrophisation par le développement spectaculaire de la biomasse phytoplanctonique. On remarquera au chapitre V que les Noctiluques, eux aussi, ont provoqué des eaux colorées en juin et en juillet, sur l'ensemble du littoral nord de la France.

Etant donné l'évolution préoccupante des phénomènes d'eaux "colorées" à caractère toxique en d'autres endroits du littoral français, il conviendra à l'avenir d'adopter une autre stratégie de surveillance du milieu marin aux abords de la centrale, joignant à l'étude actuellement réalisée sur le milieu récepteur un suivi hebdomadaire de la biomasse chlorophyllienne et de détecter l'apparition éventuelle d'espèces phytoplanctoniques toxiques.

CHAPITRE V

DINOFLAGELLES NOCTILUQUES
ET
ZOOPLANCTON

Geneviève LE FEVRE-LEHOËRFF

INTRODUCTION.

La période novembre 1987 - octobre 1988 correspond à la 10e étude de surveillance de Gravelines, les prélèvements de zooplancton et des noctiluques et le dépouillement des échantillons ont été décrits dans un rapport méthodologique publié séparément (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1985).

Depuis septembre 1986 la nouvelle stratégie prévoit un nombre limité de missions, trois ont été effectuées en 1988, le 06 mai, 06 juillet et 21 septembre. Les points de prélèvements prévus sont au nombre de quatre :

- un point de référence hors tache thermique à $\Delta T = 0^\circ$ au large
- un point contrôle à $\Delta T = + 3^\circ C \pm 1^\circ C$
- un point dans le canal de rejet
- un point dans le canal d'amenée.

RESULTATS.

Deux types d'organismes sont étudiés : les noctiluques dinoflagellés hétérotrophes et le zooplancton (mesoplancton).

1. Les noctiluques. (fig. V.1 et V.2)

Les dinoflagellés noctiluques sont observés avec attention car la prolifération de l'espèce Noctiluca provoque une eau rouge quand l'abondance atteint environ 10^8 à 10^9 cellules/m³. Certaines conditions hydrodynamiques et météorologiques sont favorables à son développement ou à sa concentration, ce fut le cas en été 1985 où une eau rouge très spectaculaire se développa surtout en juillet par temps calme, vent de N.E. En 1986 et 1987 les abondances ont été moins élevées mais en 1988 plusieurs périodes d'eaux rouges se sont succédées pendant l'été. On remarque que l'avant-port où s'effectue le pompage d'eau pour le canal d'amenée de la centrale est une zone où les abondances sont très élevées. L'évolution de l'avant-port tant du point de vue hydrologique que biologique sera particulièrement surveillée. Un suivi de la concentration des noctiluques au point entrée de la centrale se fera à partir de 1989 pour mieux cerner l'apparition des eaux rouges en relation avec l'évolution de l'avant-port.

L'espèce est non toxique même à forte densité selon les données bibliographiques connues. Cependant, la demande d'oxygène peut être élevée au moment de la décomposition d'une eau rouge si l'espèce n'est pas consommée rapidement.

Observations pendant l'année 1988 :

Dinoflagellés Noctiluques

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Points	N/m ³	N/m ³	N/m ³
Prise	11 466	(1) 250 526 (2) 357 989	-
Rejet	54	(1) 16 933 (2) 9 144	-
Contrôle	29 161	545 899	-
Référence	4 657	905 581	-

L'année 1988 est marquée non seulement par plusieurs périodes d'eau rouge à noctiluques pendant la période estivale mais également par un développement plus précoce au printemps, sans doute en relation avec un hiver doux ; dès le 06 mai on peut mesurer 10^4 cellules/m³ dans l'avant-port.

La comparaison des points montre :

- la richesse en augmentation dans l'avant-port.
- l'effet destructeur du transit dans le circuit de refroidissement.
- l'abondance à nouveau en augmentation après le rejet et dans la tache thermique, le phénomène de multiplication des cellules ne peut être distingué du phénomène de concentration physique.

NOCTILUCA sp.

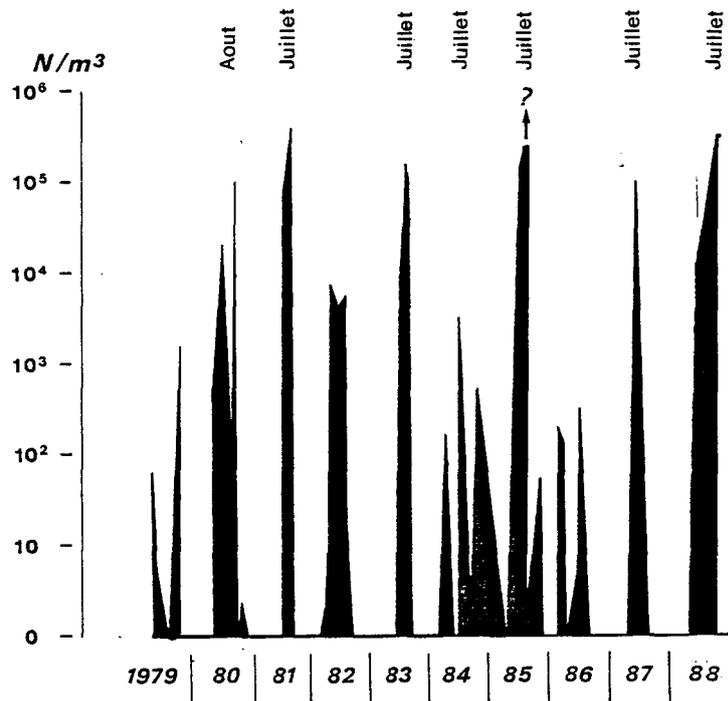


Fig. V.1 : Variations saisonnières des noctiluques (moyenne, tous points confondus).

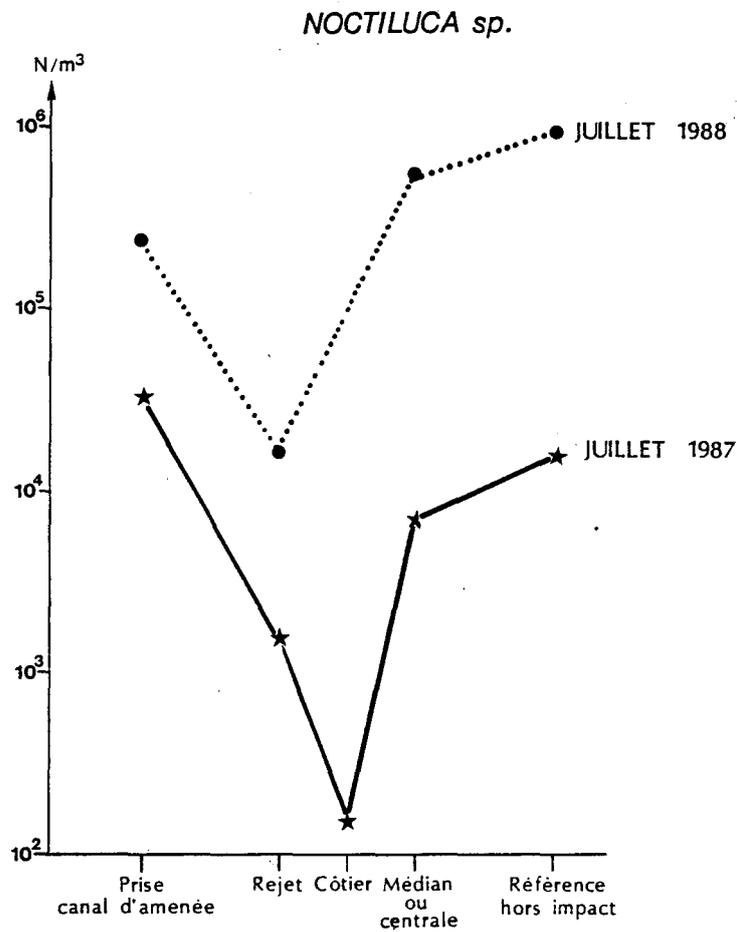


Fig. V.2 : Comparaison de l'abondance des noctiluques aux différents points de prélèvements en juillet 1987 et juillet 1988.

La tache thermique est bien délimitée en surface de mer, la stratification au point contrôle est régulièrement observée. Cette stratification est certainement un phénomène favorable à l'augmentation des noctiluques et à leur développement.

Le pourcentage d'oxygène dissous est déficitaire dans la couche d'eau du fond au point contrôle au mois de juillet. Si on compare les résultats avec les périodes de forte production de noctiluques, été 1985 par exemple (G. LE FEVRE-LEHOËRFF, 1986), cette faible concentration en oxygène dissous est certainement en relation avec l'abondance des noctiluques. Le 06 mai où la stratification est également bien établie le pourcentage de saturation est élevé : 117 %, la production d'oxygène étant en relation avec la forte poussée phytoplanctonique (chapitre IV).

2. Le zooplancton.

2.1. Biomasse zooplanctonique, carbone et azote.

a) Biomasse en poids sec (mg/m^3). (tableau V.1)

Les biomasses n'ont pu être correctement mesurées ni en mai ni en juillet. Le colmatage des filets s'étant produit pour les deux premières missions, en mai par les Phaeocystis, en juillet par les noctiluques. Seule la mission de septembre a permis la mesure correcte des biomasses et les six replicats ont pu être réalisés à chaque point (cf. tableau). Dans tous les cas la biomasse du zooplancton au rejet est nettement plus faible qu'au canal d'entrée, déficit de 75 % en mai et juillet mais ce chiffre élevé est dû aux organismes qui provoquent le colmatage, 44 % en septembre.

On peut dire que dans la mesure où des replicats ont pu être effectués, les valeurs sont relativement bien groupées autour de la moyenne. La très forte charge en plancton végétal et animal, organique et inorganique dans les eaux turbides de Gravelines ne permet pas d'envisager une meilleure estimation de la biomasse actuellement.

Dans les années futures : les deux missions envisagées en dehors des périodes de blooms de Phaeocystis et de noctiluques peuvent permettre de faire une comparaison des points en comparant les moyennes de 6 replicats. Pour ces missions une estimation du pourcentage de déficit prise-rejet est possible.

Tableau V.1 : Biomasses de zooplancton.

Point	Nombre échantillon	Poids échantillon (mg)	Volume filtré m ³	Poids _g mg/m ³	Poids moyen par point	Ecart -type
06 Mai 1988						
Amenée	1	67.24	0.95	70.8	70.8	-
Rejet	3	82.24	5.13	16.0	17.4	3.0
		92.50	4.45	20.8		
		70.18	4.57	15.4		
Contrôle	1	68.24	1.28	53.3	53.3	-
Référence	1	55.41	1.72	32.2	32.2	-
06 Juillet 1988						
Amenée	1	72.14	3.79	19.0	19.0	-
Rejet	2	33.81	9.46	3.6	4.7	1.6
		44.05	7.60	5.8		
Contrôle	1	29.83	2.30	13.0	13.0	-
Référence	1	73.19	4.05	18.1	18.1	-
21 Septembre 1988						
Amenée	6	63.56	2.86	22.2	14.5	5.3
		48.53	2.48	19.6		
		35.54	2.67	13.3		
		29.76	2.93	10.2		
		29.10	2.40	12.1		
		31.90	3.42	9.3		
Rejet	6	28.79	4.57	6.3	8.1	2.1
		43.01	3.51	12.3		
		31.82	4.49	7.1		
		42.44	5.64	7.5		
		47.79	6.47	7.4		
		47.50	5.70	8.3		
Contrôle	6	23.11	2.54	9.1	6.6	2.1
		28.00	4.17	6.7		
		36.89	4.16	8.9		
		95.67	23.78	4.0		
		78.60	16.99	4.6		
		113.70	17.77	6.4		
Référence	6	53.79	3.75	14.3	19.0	5.2
		52.33	2.96	17.7		
		44.34	3.16	14.0		
		58.64	3.37	17.4		
		64.53	2.78	23.2		
		64.66	2.38	27.2		

b) Carbone et azote.

Du point de vue de la variation saisonnière on remarque les fortes valeurs des pourcentages de carbone et d'azote en mai et leur diminution au cours de l'année. Les valeurs des pourcentages de carbone en mai varient entre 23 et 37 %, en juillet entre 12 et 25 %, en septembre entre 9 et 17 %.

Les comparaisons entre points montrent que les différences, entre les valeurs à la prise et au rejet, notées précédemment pour les biomasses, sont également très importantes en pourcentage et en poids pour l'azote et le carbone (tableau V.2) :

- en carbone : 40 % en mai
- 35 % en juillet
- 53 % en septembre.

2.2. Les espèces zooplanctoniques.

Pour l'année 1988 les trois missions de mai, juillet et septembre permettent en situation printanière, estivale et automnale de comparer les points de prise et de rejet et les points impactés et non impactés.

a) Variations saisonnières.

* Mai 1988 :

C'est la période du bloom de Phaeocystis. Le colmatage des filets à plancton par les Phaeocystis conduit à une estimation moins précise des résultats quantitatifs des biomasses et des abondances spécifiques.

La composition faunistique fait apparaître la dominance de Temora longicornis qui forme 80 % du zooplancton présent. Les autres espèces en quantité non négligeable sont Acartia clausi et Oikopleura dioica. Les espèces intéressantes à signaler à cette époque sont :

Tableau V.2 : Carbone et azote.

Missions et Points	% N	Poids Azote mg/m ³	% C	Poids Carbone mg/m ³	C/N	
06 Mai 1988						
Amenée	4.5	318.6	22.6	1600.0	5.0	
Rejet	1	8.0	128.0	34.3	548.8	4.3
	2	7.1	147.7	30.9	642.7	4.3
	3	8.8	135.5	36.9	568.3	4.9
Contrôle	5.4	287.8	23.9	1273.9	4.5	
Référence	5.7	183.5	26.9	866.2	4.7	
06 Juillet 1988						
Amenée	1.4	26.6	11.8	224.2	8.2	
Rejet	1	3.2	11.5	19.1	68.8	5.8
		3.5	12.6	19.6	70.6	5.7
	2	3.1	18.0	16.6	96.3	5.4
Contrôle	5.1	66.3	24.7	321.1	4.9	
Référence	3.0	54.3	17.7	320.4	6.0	
21 Septembre 1988						
Amenée	1	1.6	35.5	10.8	239.8	6.7
	2	1.7	33.3	10.5	205.8	6.3
	3	1.7	22.6	10.5	139.7	6.3
	4	2.6	26.5	14.8	151.0	5.6
	5	2.2	26.7	12.2	148.0	5.6
	6	2.3	21.5	12.5	116.6	5.5
Rejet	1	1.3	8.2	9.7	61.1	7.4
	2	1.7	20.8	11.9	145.8	7.1
	3	1.5	10.6	11.1	78.7	7.6
	4	1.6	12.0	11.7	88.1	7.4
	5	1.5	11.1	10.6	78.3	7.2
	6	1.3	10.8	9.2	76.6	7.1
Contrôle	1	2.2	20.0	14.5	132.0	6.6
	2	2.7	18.1	16.2	110.2	5.9
	3	2.9	25.7	16.4	145.5	5.7
	4	1.8	7.2	10.1	40.6	5.7
	5	1.9	8.8	10.6	49.1	5.5
	6	1.8	11.5	10.8	69.1	6.1
Référence	1	2.8	40.2	16.7	239.5	6.0
	2	2.4	42.4	13.4	236.9	5.5
	3	3.1	43.5	17.1	239.9	5.6
	4	2.6	45.2	14.4	250.6	5.6
	5	2.1	48.7	12.1	280.8	5.7
	6	2.2	59.8	12.3	334.2	5.6

1. Les Pleurobrachia qui sont peu nombreux par rapport aux quantités de Copépodes mais de taille beaucoup plus importante, suffisamment pour colmater les grilles d'entrée du circuit de refroidissement. Ce sont des organismes riches en mucopolysaccharides qui forment un film gluant sur les mailles des grilles. Nous avons déjà noté le rôle de ces mucopolysaccharides dans la formation des mousses dans le rejet et la tache thermique à la sortie de la centrale ("foaming sea").
2. Les oeufs de Téléostéens.
3. Les larves de Lanice particulièrement abondantes dans la station contrôle.
4. Une quantité non négligeable de larves d'Ophiures à la station contrôle.

* Juillet 1988 :

A cette époque, ce ne sont plus les Phaeocystis qui colmatent les filets à plancton mais les noctiluques, dinoflagellés étudiées précédemment. Le zooplancton total est deux à trois fois moins abondant qu'au mois de mai. Temora longicornis ne représente plus que 20 à 30 % du zooplancton mais Centropages hamatus atteint 15 à 20 % et Acartia clausi de 12 à 20 %.

Les autres groupes intéressants à signaler à cette époque sont les larves d'annélides spionidés et Lanice, les larves cypris de cirripèdes et les cyphonantes. Le principal appendiculaire est Oikopleura dioica mais comme les années précédentes une petite quantité de Fritillaria pelucida est notée.

Euterpina acutifrons et Oncaea sont abondants. Autres groupes bien représentés en juillet, les amphipodes gammariens et cumacés plus abondants à la prise, les larves de lamellibranches (rejet) et les gastéropodes.

* Septembre 1988 :

Les échantillons de zooplancton sont très verts, cette couleur est due à la présence d'une grande quantité de phytoplancton dans les échantillons, essentiellement des Coscinodiscus mais aussi Thalassiosira et Biddulphia.

Le zooplancton de septembre est caractérisé par une nette diminution de l'importance des copépodes qui ne représentent que 10 à 12 % du zooplancton total. Cette période est caractérisée par l'abondance des chaetognathes Sagitta, les autres carnivores de cette période sont les cnidaires, en particulier Eucheilota maculata. Les amphipodes sont également présents, aux gammariens s'ajoutent les caprelliens. Quelques groupes benthiques émettent de nombreuses larves à cette époque : les bryozoaires, les ophiures et les ascidies. Les ophiures sont particulièrement abondantes. Tous les stades de développement depuis les jeunes ophioplutei jusqu'à la transformation en jeunes ophiures prêtes à tomber sur le fond sont récoltés.

L'annelide Magelona papillicornis est très abondante surtout dans l'avant-port.

L'appendiculaire Oikopleura dioica représente 30 % du zooplancton total, la forte abondance en diatomées est certainement un élément favorable pour cette espèce à la fois thermophile et herbivore.

c) Variations saisonnières - Conclusion.

L'étude des variations saisonnières a montré que globalement la composition faunistique du site et les dominances se maintiennent assez proches de celles observées les années précédentes. Pour certaines espèces cependant une plus grande précocité est apparue au cours du cycle annuel. C'est le cas pour le copépode Euterpina acutifrons dont le maximum est en juillet alors que classiquement son maximum d'abondance était observé en septembre.

Total zooplancton (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	47 935	16 033	10 326
Rejet	58 421	13 883	4 539
Contrôle	120 643	14 156	25 551
Référence	84 566	64 791	41 405

Points	06.05.88 (N/10 m ³)		06.07.88 (N/10 m ³)		21.09.88 (N/10 m ³)	
	Ctenaires Pleurobrachia beroe	Chaetognathes Sagitta	Ctenaires Pleurobrachia beroe	Chaetognathes Sagitta	Ctenaires Pleurobrachia beroe	Chaetognathes Sagitta
Prise	177	14	53	53	11	839
Rejet	28	8	-	5	-	15
Contrôle	225	16	-	77	15	687
Référence	179	-	-	233	-	1 487

Annelides (N/10 m³)

	06.05.88				06.07.88				21.09.88			
	S	L	M	A	S	L	M	A	S	L	M	A
Prise	631	406	-	1 105	505	926	-	1 431	495	452	280	1 346
Rejet	401	468	-	1 003	51	-	-	51	130	241	65	436
Contrôle	2 452	4 129	-	6 581	115	58	-	132	925	716	89	1 730
Référence	2 779	589	84	3 452	372	465	-	837	1 196	646	32	1 971

Légendes : S = total Spionidae
M = Magelona

L = Lanice conchilega
A = total Annelides

Total copépodes (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	44 237	13 137	1 097
Rejet	56 066	11 604	1 488
Contrôle	100 515	12 487	3 135
Référence	68 463	59 349	2 521

Temora longicornis (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	39 076	5 474	430
Rejet	49 292	3 118	326
Contrôle	92 516	2 935	388
Référence	59 453	22 233	1 228

Centropages hamatus (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	834	3 368	32
Rejet	1 159	1 968	90
Contrôle	1 806	3 165	60
Référence	1 347	10 419	-

Acartia clausi (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	1 915	1 853	118
Rejet	3 298	3 272	541
Contrôle	4 129	3 568	239
Référence	5 895	12 000	679

Euterpina acutifrons (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	23	674	237
Rejet	-	588	110
Contrôle	-	460	298
Référence	-	1 023	291

Oncaea (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	-	505	22
Rejet	-	1 738	15
Contrôle	129	2 014	30
Référence	-	9 674	129

Oikopleura dioica (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	1 713	758	3 398
Rejet	267	102	441
Contrôle	10 581	460	8 119
Référence	11 284	3 907	11 669

Cyphonautes (larves de Bryozoaires) (N/10 m³)

	06.05.88	06.07.88	21.09.88
Prise	45	337	1 344
Rejet	67	230	842
Contrôle	-	115	1 910
Référence	-	-	2 424

Larves d'ophiures

	06.05.88	06.07.88	21.09.88	
			Ophiopluteus	Jeunes ophiures
Prise	23	-	495	-
Rejet	-	-	75	10
Contrôle	258	-	5 373	2 597
Référence	-	-	7 919	11 733

On peut dire qu'une plus grande abondance se manifeste sur le site pour Magelona papillicornis depuis 1987, pour les larves d'ophiures et pour les larves de bryozoaires, les cyphonautes, une élévation générale moyenne de la température est sans nul doute favorable à leur extension.

b) Variations spatiales - Comparaison entre les points. (fig. V.3 à fig. V.11)

Les observations de 1988 confirment les remarques déjà formulées les années précédentes. De plus la comparaison de la prise et du rejet montre un effet destructeur de la centrale différent selon les groupes zooplanctoniques considérés. Les résultats sont plus nettement perceptibles en 1988 qu'en 1987.

En résumé :

1. Les organismes qui subissent une mortalité importante par transit sont surtout des organismes mous :

- les cténaires (Pleurobrachia pileus, Beroe)
- les chaetognathes (Sagitta spp.)
- les appendiculaires (Oikopleura dioica)
- les autres groupes sont les larves d'ophiures, les larves d'annélides.

2. Les copépodes les plus représentatifs du site ne présentent pas de différence d'abondance significative entre la prise et le rejet. Les variations saisonnières présentent une importance plus grande que les variations spatiales dans la zone étudiée.

3. Les cas particuliers :

- copépodes parasites : en septembre au rejet et au point contrôle une grande quantité de juvéniles de copépodes parasites est notée.
- amphipodes caprelliens : en grande quantité et uniquement à la prise d'eau en septembre, certaines espèces communes vivent dans les herbiers.

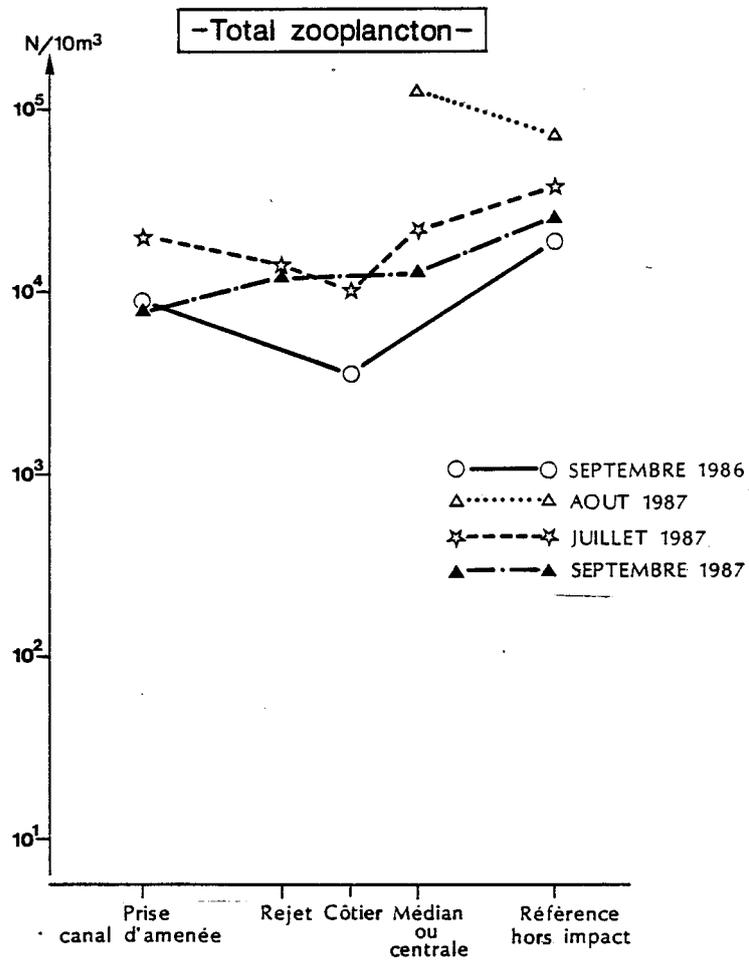


Fig. V.3 : Comparaison du zooplancton total aux différents points en 1987.

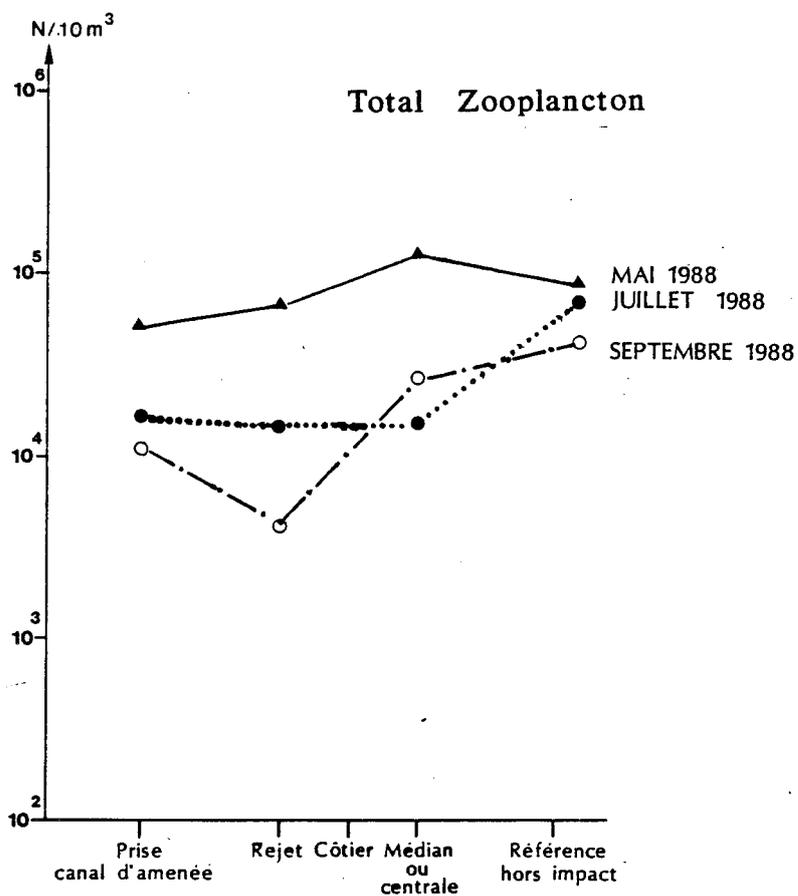


Fig. V.4 : Comparaison du zooplancton total aux différents points en 1988.

- annélide Magelona sp. : plus abondante à la prise d'eau, la population venant de l'avant-port.
- larves d'ophiures et jeunes ophiures : en septembre elles atteignent leur maximum aux points contrôle et référence.
- cypris de cirripèdes : les larves ou stade cypris se concentrent dans les zones frontales, elles sont plus abondantes à la station contrôle.

4. Cas particulier de l'avant-port : certaines espèces sont en voie de prolifération dans l'avant-port. Au moment de sa construction, le plancton récolté était très pauvre dans cette structure. Les récoltes plus abondantes les deux dernières années semblent liées à plusieurs causes.

La première est liée à l'établissement d'une structure hydrologique particulière dans certaines conditions météorologiques, par exemple le développement des populations de noctiluques par temps calme et vent d'est. Dans le canal de prise d'eau pour les circuits de refroidissement une aspiration se produit de l'avant-port vers la centrale. Aussi, les espèces susceptibles de flotter et se concentrer sont entraînées, l'abondance à la station canal d'amenée est plus élevée par un phénomène de concentration.

Un deuxième phénomène se produit dans l'avant-port, la modification des fonds au cours des années. Il peut également y avoir évolution des populations benthiques et colonisation d'espèces benthiques sur les nouvelles structures. On peut penser que ce phénomène est à l'origine de la production de larves d'ascidies.

Dans l'avant-port nous avons déjà signalé la quantité de l'annélide Magelona papillicornis (280/10 m³). Les nephtys sont abondants (100/10 m³) à la fois à la station canal d'amenée et à la station référence. Les observations en benthos devraient pouvoir indiquer l'évolution des populations benthiques correspondantes. Magelona papillicornis a été considéré comme espèce indicatrice de l'apport en fer par BOILLY et RICHARD (1978). Dans la même étude les auteurs montrent également que le gisement de Magelona correspond à la zone où les nephtys accumulent la quantité de fer la plus forte. Le suivi des populations de Magelona et de Nephtys est intéressant en fonction de la teneur des apports en fer dans la zone littorale.

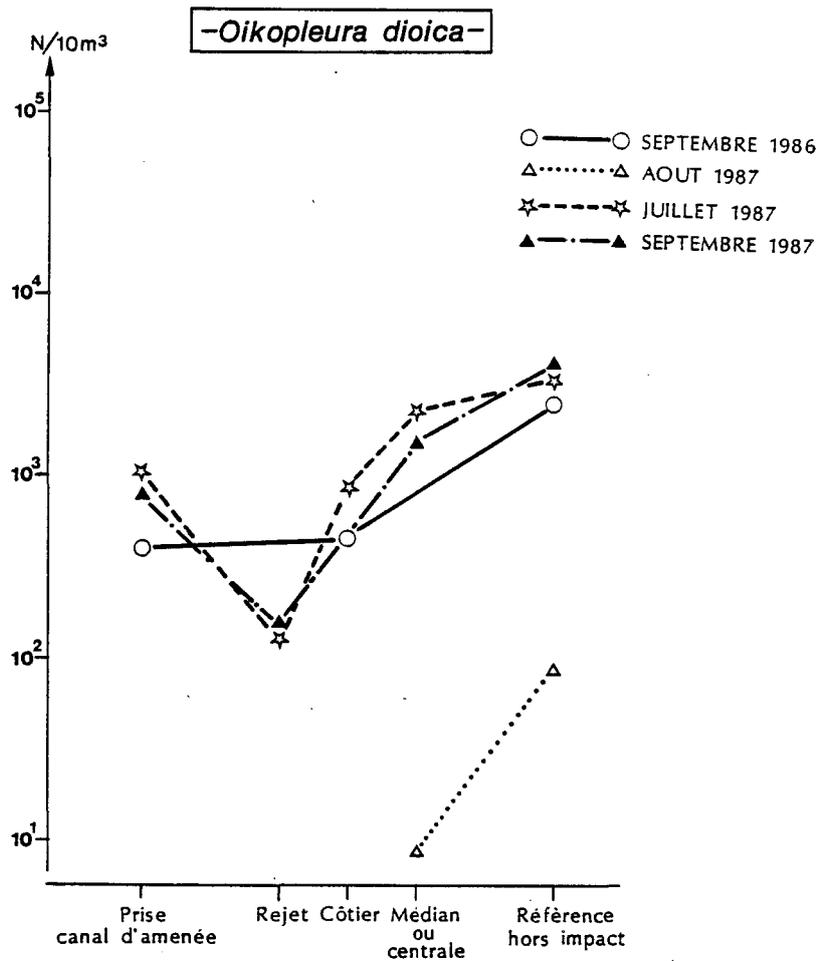


Fig. V.5 : Comparaison de l'abondance d'Oikopleura dioica aux différents points en 1987.

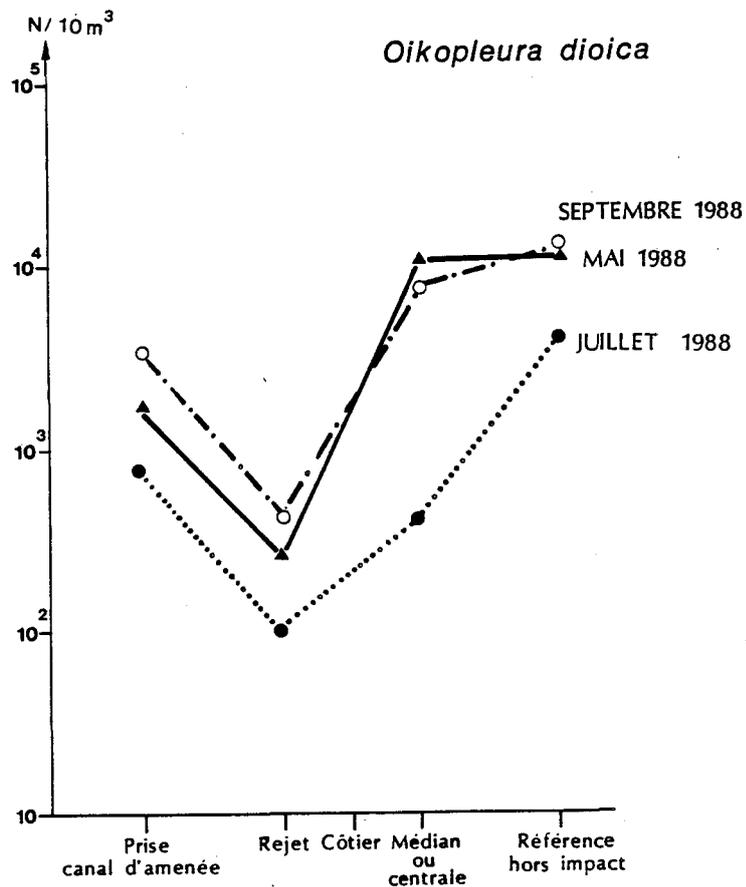


Fig. V.6 : Comparaison de l'abondance d'Oikopleura dioica aux différents points en 1988.

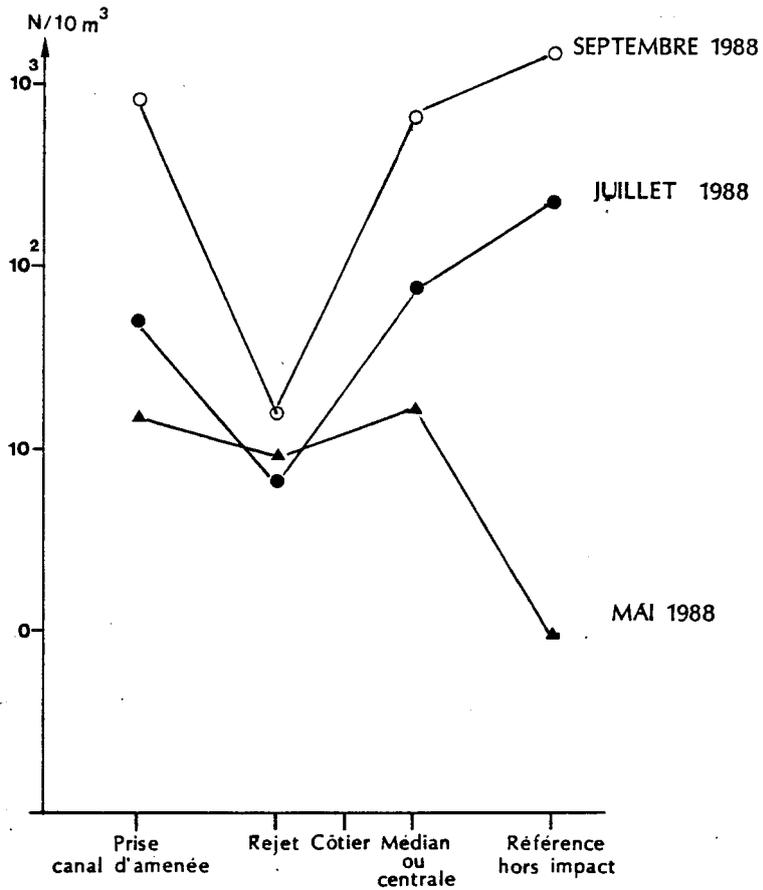
Sagitta sp.

Fig. V.7 : Comparaison de l'abondance de *Sagitta sp.* aux différents points en 1988.

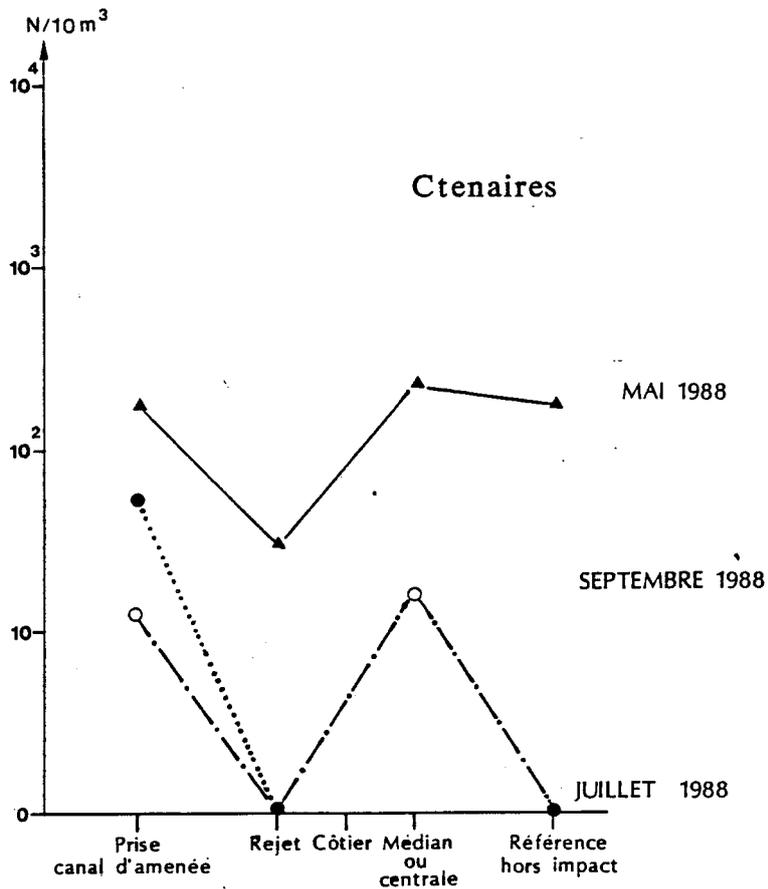


Fig. V.8 : Comparaison de l'abondance des cténaires aux différents points en 1988.

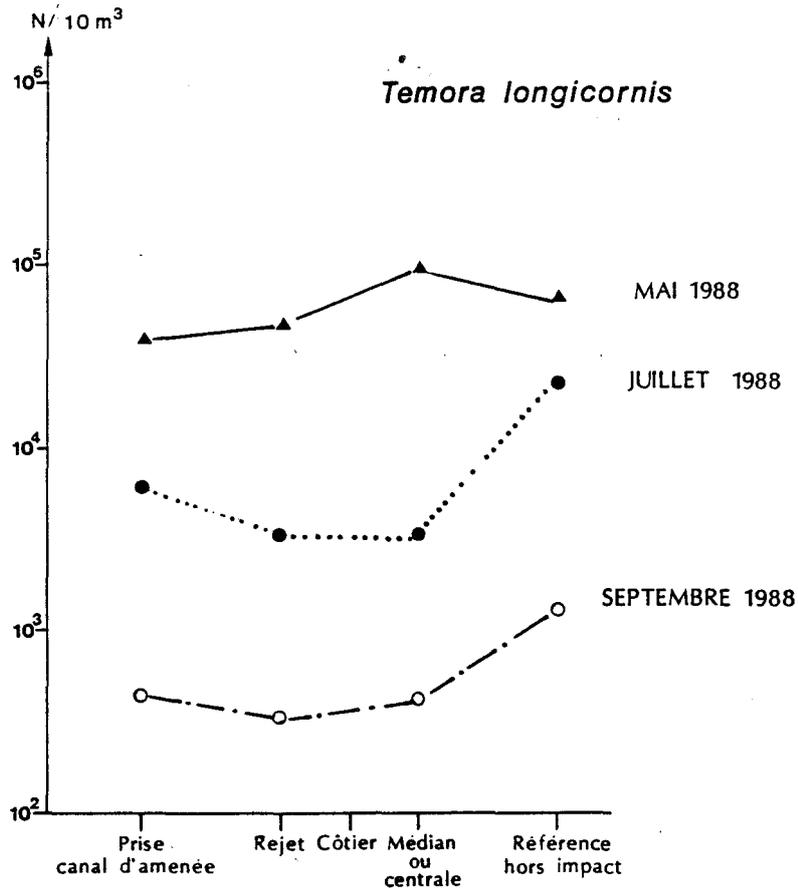


Fig. V.9 : Comparaison de l'abondance de *Temora longicornis* aux différents points en 1988.

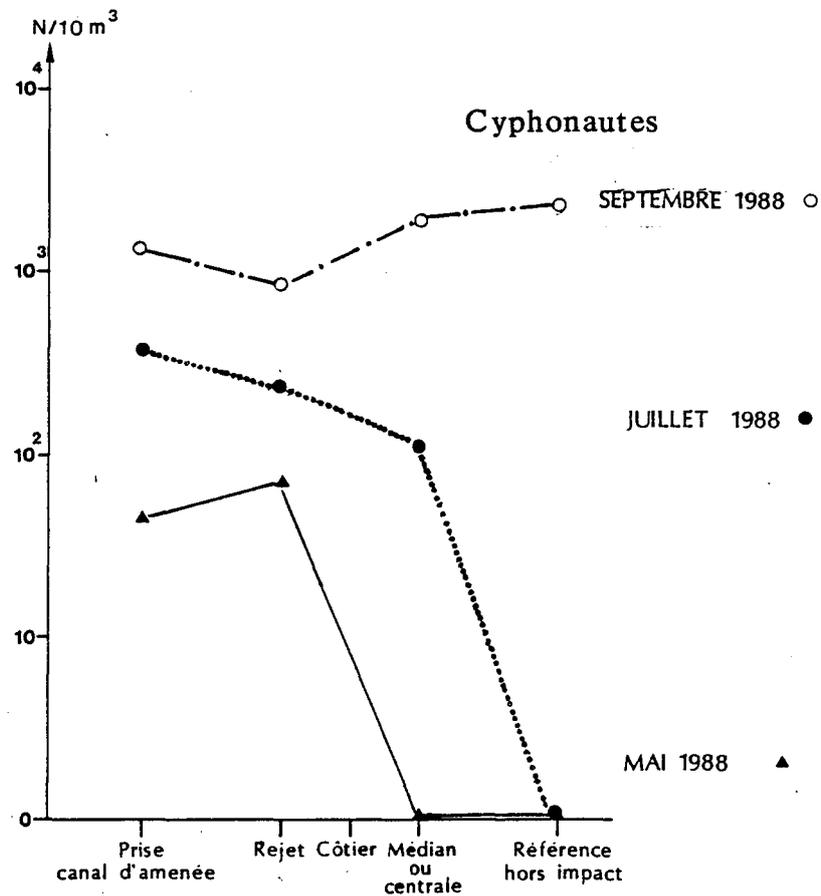


Fig. V.10 : Comparaison de l'abondance des cyphonautes aux différents points en 1988.

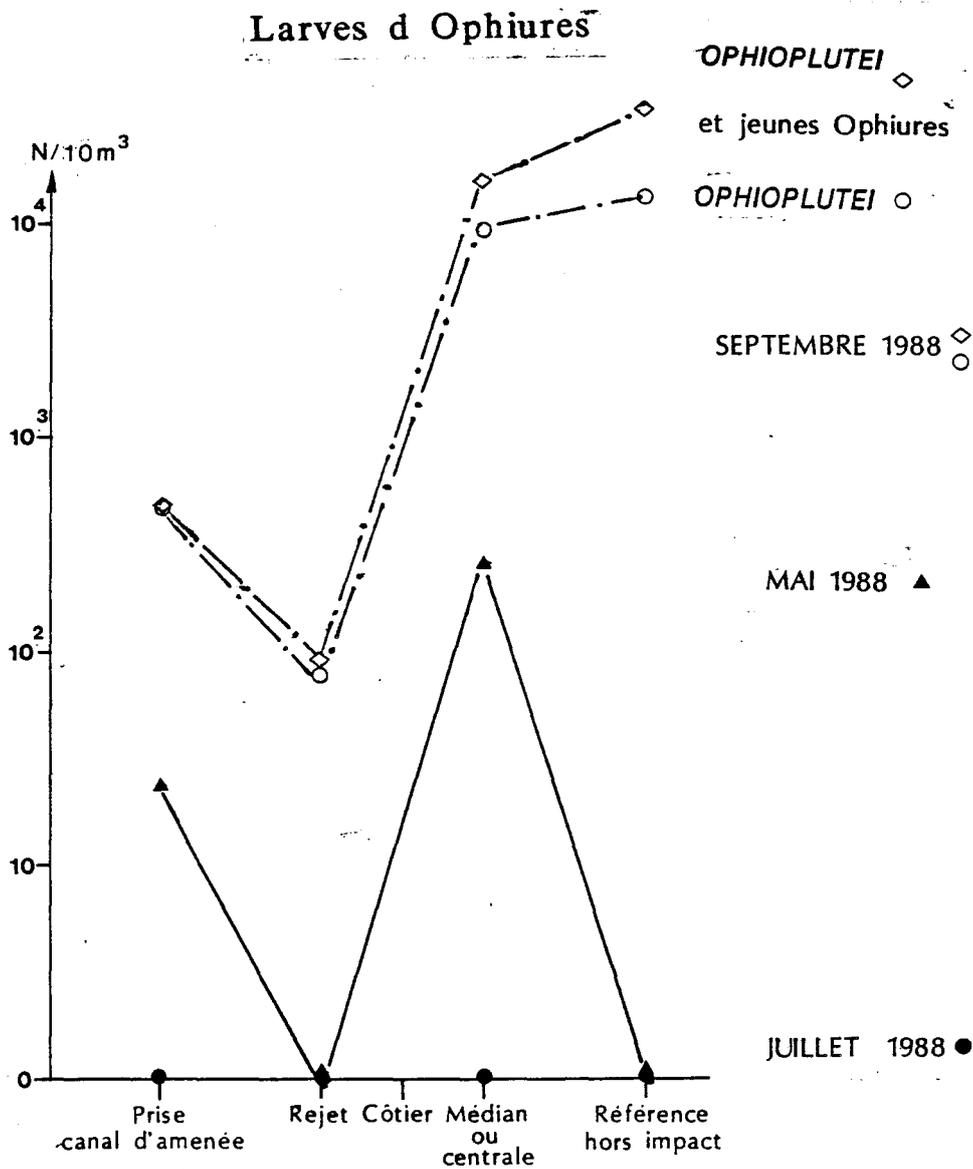


Fig. V.11 : Comparaison de l'abondance des ophioplutei aux différents points en mai et juillet 1988. Comparaison des ophioplutei et jeunes ophiures en septembre 1988.

En résumé :

L'impact destructeur de la centrale se fait sentir sur les organismes mous et est estimé pour certaines espèces. 84 % des Pleurobrachia ayant transité en mai, 98 % des chaetognathes et des annélides, 87 % des Oikopleura dioica en septembre. Par contre l'impact est très difficile à estimer sur les organismes à carapace comme les copépodes où le déficit quantitatif n'est pas le plus spectaculaire. On remarque plutôt comme l'an dernier, des animaux parfois abimés où même parasités, et la présence de copépodes parasites d'organismes plus gros (poissons). L'effet est également d'ordre qualitatif et difficilement quantifiable en ce qui concerne la présence plus fréquente de larves d'ascidies, dans le canal d'entrée des amphipodes caprelliens et l'évolution de la distribution des larves d'ophiures en liaison avec les modifications progressives des populations benthiques.

CONCLUSION GENERALE.

La stratégie mise en place avec diminution du nombre de missions permet de mieux cerner l'impact à certaines périodes privilégiées de l'année. Cette année 1988 a été marquée par :

- une plus grande précocité de développement de certaines espèces.
- une durée plus importante des blooms successifs de noctiluques.

L'impact du transit s'est fait sentir essentiellement sur les organismes mous chaetognathes, Pleurobrachia, annélides et peut représenter entre 40 et 70 % de la biomasse.

L'impact par mortalité différée, modification de la composition faunistique, augmentation du parasitisme, est plus délicat à quantifier. Les observations attentives des récoltes ont pu cependant apporter quelques informations sur les modifications liées au benthos et à l'hydrologie.

BIBLIOGRAPHIE.

BOILLY B. et A. RICHARD, 1978.

Accumulation du fer chez une annélide polychète Magelona papillicornis F. Müller. C. R. Acad. Sc. Paris, 1286, 1005-1008.

LE FEVRE-LEHOËRFF G., 1985.

Techniques utilisées pour l'étude du zooplancton sur les sites des centrales nucléaires des côtes françaises de Manche et Atlantique. IFREMER-Centre de Brest, 24 p. (version en français, version en anglais).

LE FEVRE-LEHOËRFF G., 1986.

Noctiluques et zooplancton. Etude de surveillance n° 7 du site de Gravelines (novembre 1984 - octobre 1985). pp. 74-105. Rapport DERO/EL IFREMER pour EDF.

CHAPITRE VI

HALIEUTIQUE

Daniel WOEHLING
Jocelyne MARTIN
Alain TETARD

INTRODUCTION

Le site de Gravelines, par ses caractères physiques, hydrobiologiques et halieutiques, se rattache principalement à une famille de secteurs côtiers relevant du contexte biogéographique plus général du bassin du sud de la Mer du Nord et dans une moindre mesure, du couloir de la Manche.

Le biotope est en continuité avec le littoral belge avec lequel il partage ses traits essentiels : dominance des substrats sablo-vaseux, faible pente des fonds, abondance des hauts-fonds proches de la côte, faible profondeur générale, hydrodynamisme important.

Les principales caractéristiques physico-chimiques des masses d'eau au droit du site, du fait de l'importance des courants, découlent en grande partie d'événements hydrobiologiques affectant un secteur plus vaste, notamment une large frange côtière rassemblant des biotopes voisins qui présentent une faible inertie devant les facteurs climatiques et les apports d'origine tellurique importants et irréguliers en provenance notamment et surtout au printemps, des grands estuaires des côtes belges et hollandaises.

Par l'ensemble de ses caractéristiques écologiques le site s'inscrit dans une famille d'aires de nutrition, frayères et nurseries côtières.

Les études précédentes ont permis de mettre en évidence puis de confirmer la part importante que représentent poissons plats, gadidés et crevette grise, à la fois dans les peuplements planctoniques (oeufs et/ou larves) et dans l'inventaire des ressources halieutiques.

Ainsi, progressivement, l'accent a été mis sur quelques espèces principales ; s'agissant de la macrofaune halieutique, une estimation quantitative des juvéniles de poissons est réalisée, et ceci pour deux raisons :

- biologique : les juvéniles de poissons, en particulier ceux de poissons plats, devant passer les deux ou trois premières années de leur vie dans les eaux côtières, seront probablement plus sensibles à l'influence de la tache thermique que les adultes doués d'une plus grande mobilité.
- halieutique : cette nourricerie est à la base du recrutement sur des zones de pêche situées plus au large ; l'influence positive, nulle ou négative que pourra avoir l'échauffement des eaux sur les juvéniles se répercutera donc au niveau de la pêche.

Associée à ces observations sur les poissons, une étude quantitative de la crevette grise est également assurée.

Au niveau des peuplements planctoniques, une " espèce -cible " a été retenue : la sole, en raison à la fois de son importance halieutique et de l'abondance relative de ses oeufs et larves au sein du plancton sur le site.

Parallèlement, on réalise un suivi des oeufs et larves de sprat ainsi que des larves de crevette grise.

METHODOLOGIE

1. Etude planctonique

Le matériel et les méthodes utilisés sur le terrain et au laboratoire sont identiques à ceux employés au cours des phases précédentes de l'étude du site de Gravelines ainsi que sur les autres sites d'implantation de centrales nucléaires. On en trouvera une description détaillée dans les rapports d'étude afférents, notamment dans le rapport de projet du site de Gravelines (ISTPM, 1981). Nous n'en rappellerons ici que les points essentiels ou particuliers concernant l'année 1988.

L'échantillonnage des stades planctoniques dans le canal d'aménée, introduit en 1985, a été reconduit cette année. Bien que biaisé par une mauvaise estimation des volumes filtrés (instabilité du filet dans la veine d'eau, variabilité des courants), il permet de disposer d'une meilleure couverture temporelle et de conforter les gradients côte-large observés.

Des études antérieures ont montré que la chronologie des phénomènes biologiques dans le canal était identique à celle du milieu extérieur, les particularités dans les paramètres physiques dans l'avant-port et le canal, par exemple légère augmentation de température (1° au printemps) et le taux relativement rapide du renouvellement des eaux de l'avant-port n'étant pas de nature à induire des perturbations notables dans les cycles biologiques des espèces zooplanctoniques (notamment, on n'observe pas d'avance dans le cycle de reproduction de la sole). Par ailleurs, les densités reflètent celles du milieu extérieur; cela a été observé pour les oeufs de sole et c'est également le cas pour les espèces dont les stades planctoniques sont produits dans l'ensemble du secteur.

Il demeure cependant que l'estimation des densités d'organismes dans le canal de prise est entachée d'erreurs (voir plus haut); ainsi les données du canal, utilisables du point de vue chronologique, demeurent délicates pour les densités.

L'échantillonnage des points sur le site par la méthode des repliquats, introduite en 1984, a été reconduit en 1988 étant donné qu'il était intéressant de corroborer les résultats précédents et que la diminution des volumes filtrés corrélative de l'abandon des prélèvements par "paliers" ne semble pas avoir une grande incidence sur l'estimation des effectifs.

1.1. Localisation des points de mesure

L'échantillonnage du zooplancton a été réalisé en trois points en mer : un point 1 côtier situé dans le panache de rejet, le point 2 médian réintroduit en 1986 et un point 3 au large hors influence, ainsi qu'en deux points situés à l'entrée du canal d'amenée, au niveau du pont enjambant le canal : point 6 auprès de la rive gauche, point 7 au centre (voir Fig. VI.1 du rapport de l'année 1987).

1.2. Mesure des paramètres hydrologiques

A chaque station (correspondant à un trait de zooplancton), deux paramètres sont mesurés : température de l'eau et salinité. Les relevés sont faits à deux niveaux pour la température (sub-surface et voisinage du fond), un seul niveau (sub-surface) pour la salinité. Le relevé est fait à l'aide d'une sonde EIL modèle 5004 (Kent Industrial Measurements).

1.3. Chronologie des campagnes

Sept campagnes avaient été programmées et ont eu lieu effectivement entre avril et juillet, afin de recouvrir entièrement la période de reproduction de la sole.

On dénombre ainsi 3 campagnes comportant les 3 points en mer et 4 campagnes " canal ".

Date	N° Campagne	Points échantillonnés
5 avril	137	6-7
14 avril	138	1-2-3
3 mai	139	6-7
20 mai	140	1-2-3
26 mai	141	6-7
7 juin	142	1-2-3
22 juin	143	6-7

Tableau VI. 1.

1.4. Echantillonnage du plancton

1.4.1. Méthode d'échantillonnage

Les pêches de zooplancton sont effectuées à l'échantillonneur Bongo grand modèle. Pour les points 1, 2 et 3, il est composé de deux filets cylindro-coniques de 3 m de long, 61 cm de diamètre d'ouverture et 500 μ m de maille. Chaque point fait l'objet de deux repliquats successifs.

La pêche se fait en trait oblique sans palier depuis le fond jusqu'en surface à la vitesse de 2 noeuds environ (1.m.s-1). La durée est ainsi fonction de la sonde.

Pour les points 6 et 7, on utilise l'échantillonneur Bongo simplifié ne comportant qu'une seule ouverture, qui a été utilisé lors des études expérimentales in situ (WOEHLING, 1983).

L'absence de dépresseur pour l'échantillonneur simplifié occasionne une fréquente remontée du filet qui filtre ainsi, par moment, sur les 2/3 ou la moitié de son diamètre d'ouverture. Cela, joint aux irrégularités dans l'intensité des courants (selon la position du filet dans le canal) et au taux de colmatage différent, surtout lors de la période de présence de noctiluques, rend délicate l'estimation des volumes filtrés et, par voie de conséquence, celle des densités d'organismes dans le canal.

Après chaque trait, les filets sont rincés à l'eau de mer afin de rassembler les planctontes dans les collecteurs; le contenu de chaque collecteur est recueilli dans des bocaux de 2 litres.

1.4.2. Conservation des échantillons

Les échantillons sont fixés à bord à l'aide de la solution décrite par MASTAIL et BATTAGLIA (1978) légèrement modifiée (ces modifications sont indiquées par BIGOT (1979). Ce liquide conservateur est réalisé à base de formol (solution saturée de formaldéhyde à 36 % environ en masse) neutralisé et dilué à 3 % en volume dans de l'eau de mer additionnée d'agents anti-oxydants et complexants.

1.4.3. Dépouillement des échantillons

L'échantillon est fractionné à la cuve Motoda (MOTODA, 1959) qui permet d'en réaliser des bipartitions successives. Pour un taxon donné, le dénombrement, réalisé sur cuve de Dollfuss est jugé satisfaisant si la fraction examinée contient environ une centaine d'individus (FRONTIER, 1972).

Pour les oeufs de poissons, nous avons distingué deux stades principaux dans l'embryogénèse en regroupant les stades décrits par MANSUETTY et HARDY et cités dans JOSSI et al., 1975 : axe embryonnaire non visible (stade 1) et embryon visible (stade 2).

1.5. Saisie, stockage et traitement des données

Les données brutes sont saisies sur micro-ordinateur : les effectifs de zooplancton sont ramenés à l'unité de volume filtré (10 m³). Les résultats sont destinés à être archivés sur la base de données " I. G. A. " du centre IFREMER de Brest.

2. Etude de la macrofaune halieutique

2.1. Echantillonnage

Depuis 1986, l'échantillonnage de la macrofaune halieutique a été considérablement allégé. En 1988, une seule campagne a été réalisée au mois de septembre et seule la zone subtidale a été prospectée selon la méthodologie antérieure.

L'abandon provisoire de la campagne de printemps se justifie par le fait qu'à cette période de l'année, les juvéniles de poissons plats (groupe O), qui nous intéressent tout particulièrement dans cette étude, n'apparaissent encore que très peu dans les captures au chalut à perche, le pré-recrutement n'étant pas encore achevé.

Pour ce qui est des pêches à pied, elles n'ont pas été maintenues en raison de la très grosse variabilité des résultats.

Les traits de chalut, d'une durée de 15 minutes (vitesse de traîne : 3 à 4 noeuds), sont réalisés parallèlement à la côte et répartis sur un secteur limité à l'est par le nouvel avant-port de Dunkerque, à l'ouest par Calais, et vers le large par le chenal d'accès au port de Dunkerque. L'engin est un chalut à perche de 3 mètres d'envergure et dont le maillage est de 20 mm de maille étirée (CP3).

2.2. Chronologie

Le 20 septembre, 18 traits de chalut ont été réalisés sur le secteur (Fig. VI.a).

2.3. Expression des résultats

Pour chaque trait de chalut, toutes les espèces de poissons, céphalopodes et crustacés, ont été identifiées et ont donné lieu aux opérations suivantes :

- dénombrement des individus, soit sur l'ensemble des captures (poissons), soit à partir d'un sous-échantillon (crevette grise).

- mensurations pour les espèces principales, soit sur l'ensemble des captures, soit sur un sous-échantillon.

- pesées globales pour chaque espèce. Dans le cas des poissons plats, les poids sont calculés à l'aide des relations taille-poids, établies à partir des résultats des années précédentes.

- des prélèvements d'otolithes ont été effectués pour la détermination de l'âge des poissons plats (plie, sole, limande).

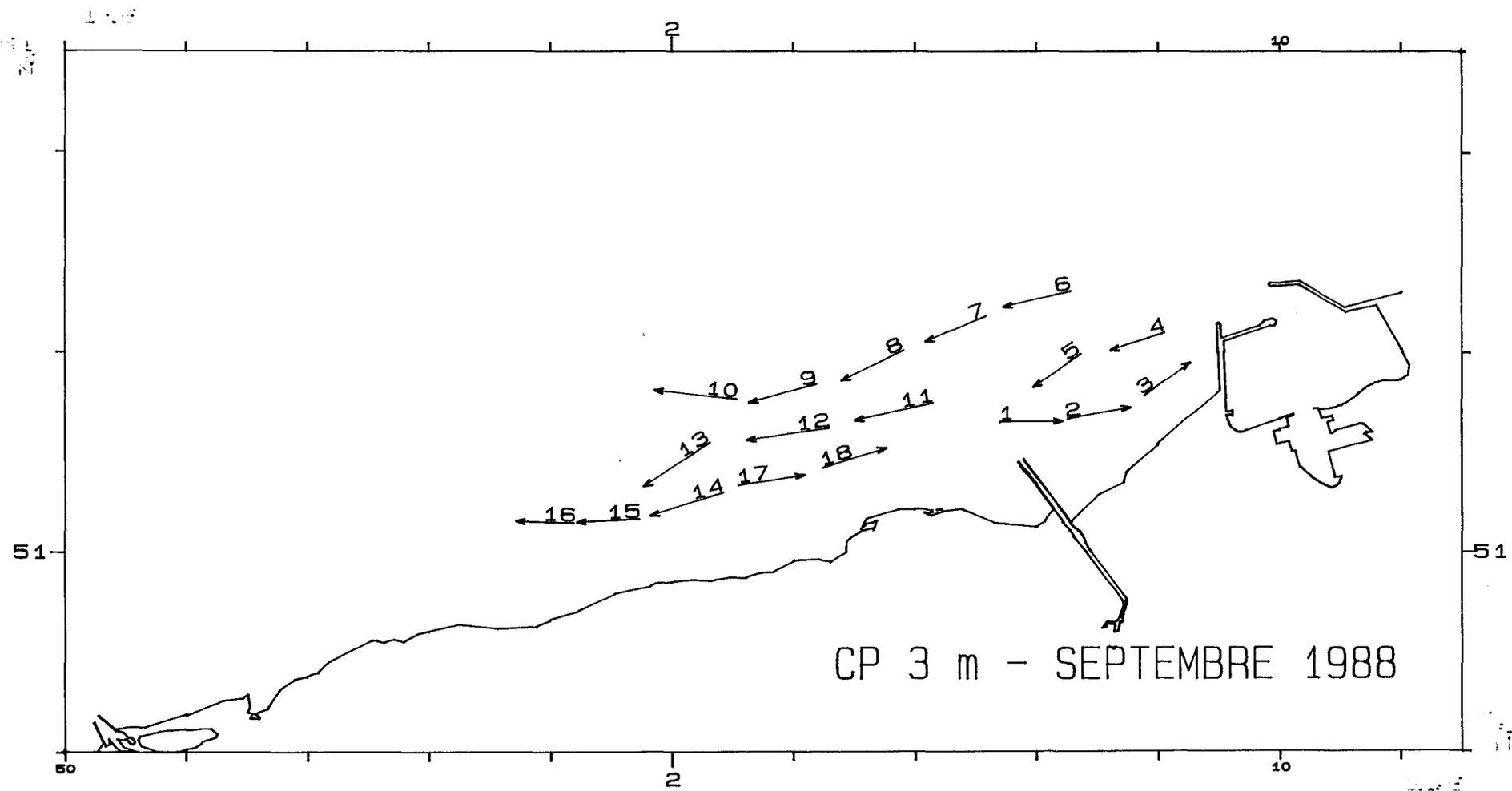


Fig. VI.a : Traits de chalut de la mission du 20 septembre 1988.

Un bref rappel de la structure de ces pièces osseuses et de la terminologie que nous utiliserons dans les résultats pour la notion d'âge paraît souhaitable.

Les otolithes sont des pièces calcaires faisant partie de l'oreille interne des téléostéens. Elles participent au maintien du tonus musculaire et à la réception des stimuli externes.

Le centre de l'otolithe est opaque, des dépôts se forment autour de ce noyau dès les premiers mois de la vie du poisson et jusqu'à la fin de l'automne ou le début de l'hiver. Des matériaux hyalins se déposent alors pendant toute la période hivernale et jusqu'au début du printemps.

Les dépôts alternent suivant le rythme des saisons et la croissance du poisson. Les zones opaques correspondent aux périodes estivales à croissance rapide et les zones hyalines aux ralentissements hivernaux.

Entre la naissance et le premier ralentissement de croissance (1er janvier par convention), le poisson appartient au groupe 0. A partir de la reprise de la croissance, le poisson entre dans le groupe 1. A l'occasion de chaque nouvelle saison hivernale, il passe dans le groupe supérieur.

Pour l'exploitation des données, deux types d'analyses ont été retenus :

2.3.1. Calcul des densités par trait :

Ce type de traitement des données permet une visualisation de la répartition et de l'abondance des différentes espèces sur le secteur d'étude.

Pour chaque espèce rencontrée dans un chalutage et pour chacun des groupes d'âge, lorsque ceux-ci ont pu être déterminés, une densité en nombre d'individus pour 1 000 m² est calculée.

2.3.2. Calcul des densités moyenne par zone :

Les densités par trait, en raison de la variabilité des valeurs, ne fournissent pas d'indices d'abondance permettant de comparer sur le plan quantitatif les différentes campagnes ou les différentes années entre elles.

Pour résoudre ce problème de comparaison, mais également pour différencier les secteurs soumis à l'influence de la tache thermique due au rejet de la centrale, nous avons eu recours au découpage de l'aire de prospection en plusieurs zones. Ces zones ont été retenues en tenant compte à la fois de la tache thermique et de l'écologie des juvéniles de poissons plats et de la crevette grise dont les répartitions spatiales sont en relation avec la bathymétrie (Fig. VI.b).

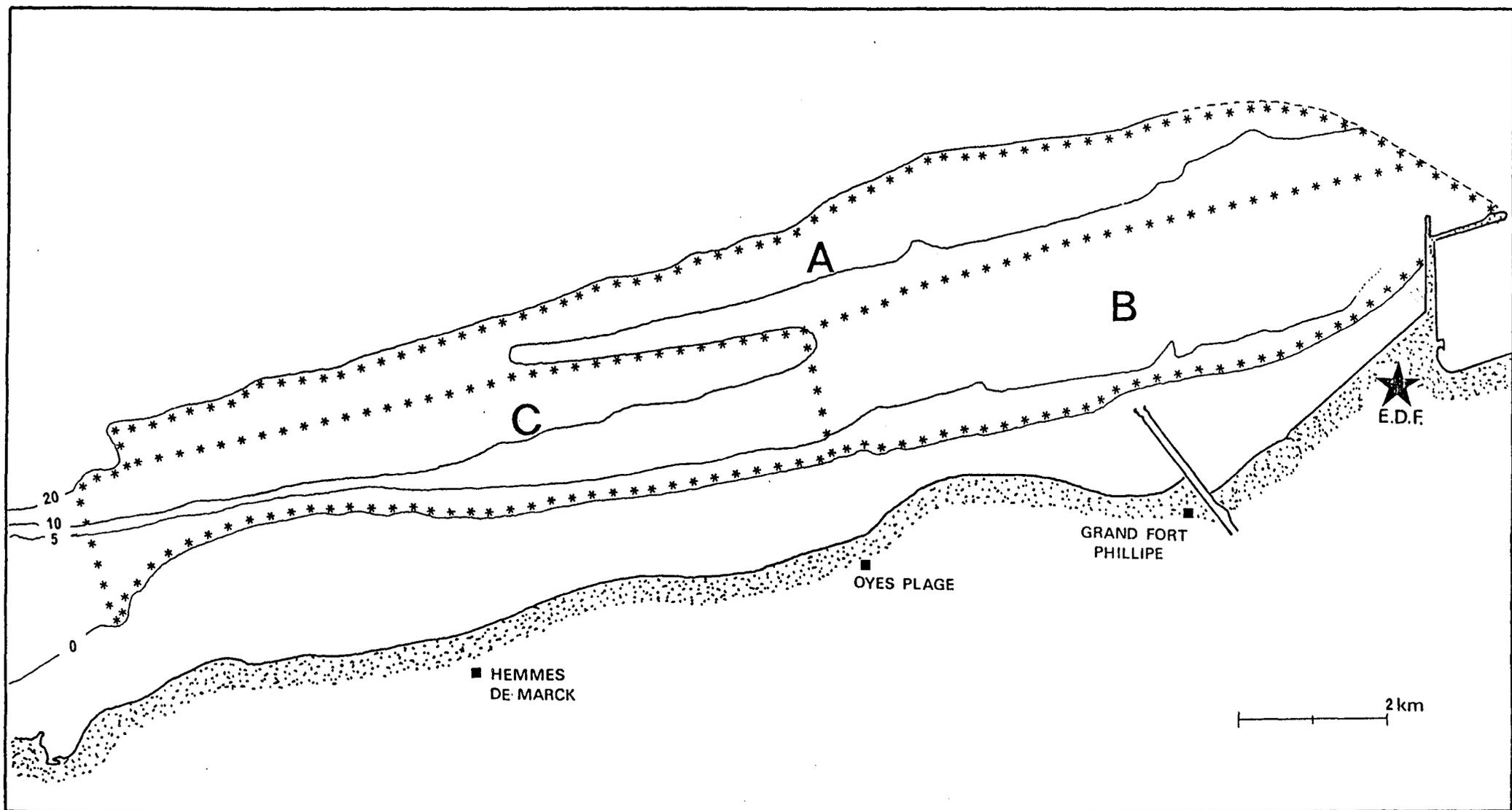


Fig. VI.b : Zones définies pour les estimations d'abondance (secteur subtidal).

La méthode de calcul à laquelle nous avons recouru est employée en échantillonnage stratifié et consiste en particulier à estimer les paramètres suivants pour chaque zone :

- densité moyenne par 1000 m² :

$$d_j = \Sigma P_i \times 1000 / \Sigma S_i$$

P_i = nombre d'individus observés dans chaque trait de la zone j.
 S_i = surface balayée par chaque trait de la zone j (m²).

- nombre d'individus présents sur la zone :

$$n_j = S_j \times \Sigma P_i / \Sigma S_i$$

S_j = surface de la zone j en m² (estimation par planimétrie).

- variance de l'estimation du nombre d'individus :

$$V(n)_j = S_j^2 \times X_j \times V(P)_j / (\Sigma S_i)^2$$

X_j = nombre de traits effectués sur la zone j.
 $V(P)_j$ = variance de la prise par trait.

- indice de précision :

$$i = \sqrt{V(n)_j} / n_j$$
 exprimé en pourcentage

2. 3. 3. Calcul des densités moyennes et production sur l'ensemble du secteur d'étude

Comme indice de la production d'ensemble des différentes zones nous avons utilisé les formules suivantes :

- densité moyenne par 1000 m² : $d = \Sigma n_j \times 1000 / \Sigma S_j$

n_j = nombre d'individus estimés pour la zone j.
 S_j = surface de la zone j (m²).

- nombre d'individus présents sur l'ensemble du secteur d'étude : $N = \Sigma n_j$

- variance sur l'estimation du nombre d'individus :

$$V(N) = \Sigma V(n)_j$$

$V(n)_j$ = variance sur l'estimation du nombre d'individus présents sur la zone j.

- indice de précision :

$$I = \sqrt{V(N)} / N \quad \text{exprimé en pourcentage}$$

Les densités et les estimations de production obtenues par ces méthodes de calcul ne doivent pas être considérées comme des valeurs absolues mais plutôt comme des indices d'abondance (annexe).

RESULTATS

1. Poissons plats

L'étude de surveillance est principalement orientée vers les espèces de poissons plats les mieux représentés sur le site en particulier sous leurs formes juvéniles. Ce sont la sole, la plie et la limande.

Hormis celles-ci, trois autres espèces de plats sont également présentes, mais leurs effectifs demeurent très réduits. Il s'agit de la barbue (*Scophthalmus rhombus*), du turbot (*Psetta maxima*) et du flet (*Platichthys flesus*).

1.1. La sole *Solea vulgaris* (QUENSEL)

La sole constitue la principale espèce-cible à Gravelines et fait l'objet d'une attention particulière ; notamment des observations planctoniques sont centrées sur la période de reproduction de l'espèce.

Le secteur est inclus dans la fraction méridionale de la vaste frayère-nurserie de Mer du Nord qui en occupe le tiers inférieur avec un gradient d'abondance en direction du Pas-de-Calais et vers la côte. Le site ne se trouve qu'à quelques dizaines de km en moyenne de l'épicentre de la frayère tel qu'il a été mis en évidence au cours de campagnes internationales à grande échelle. Selon la nature et l'intensité des courants une partie variable des oeufs transite au droit de la centrale ; à ces effectifs s'ajoute le produit de pontes s'effectuant au droit, principalement sur les hauts-fonds du voisinage.

Dans ce secteur, la ponte a lieu d'avril à juillet avec un pic oscillant entre mi-avril et mi-mai. Les pics de larves, plus tardifs, ont lieu surtout en juin, le début de ce mois constituant la période principale d'éclosion. Il s'en suit que la majorité des larves arrive en métamorphose au début de l'été. Les juvéniles benthiques sont rencontrés tout au long de l'été sur des fonds très côtiers. Au cours de l'automne, ils migrent vers des fonds plus importants corrélativement à la diminution de la température de l'eau.

1.1.1. Oeufs et larves

Les densités d'oeufs sont de l'ordre de grandeur habituel pour le site. Un examen grossier des effectifs rencontrés depuis 1975 (1976 si l'on veut être rigoureux, les prélèvements de 1975 ayant eu lieu après le pic) permet de distinguer deux grandes périodes (Fig. VI.1 et VI.2).

- 1975-80, caractérisée par des densités moyennement élevées (maxima inférieurs à 20 oeufs par 10 m³, hormis l'année 1977 où l'on atteignait 40/10m³).

OEUFs DE SOLE

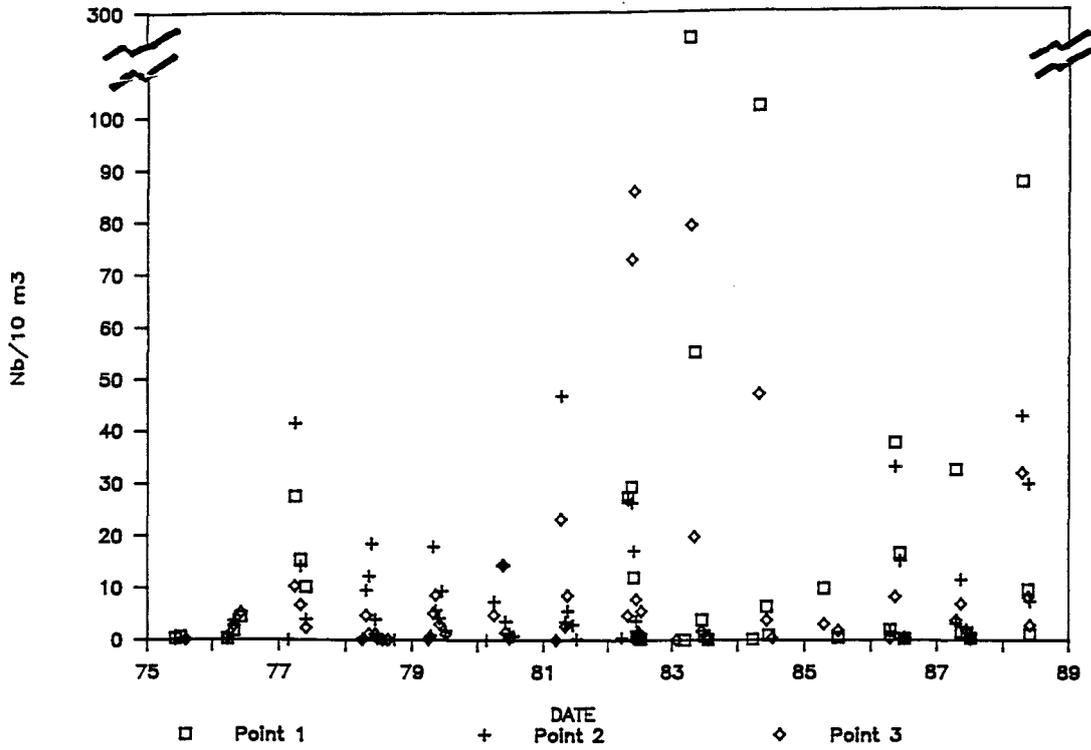


Fig.VI.1

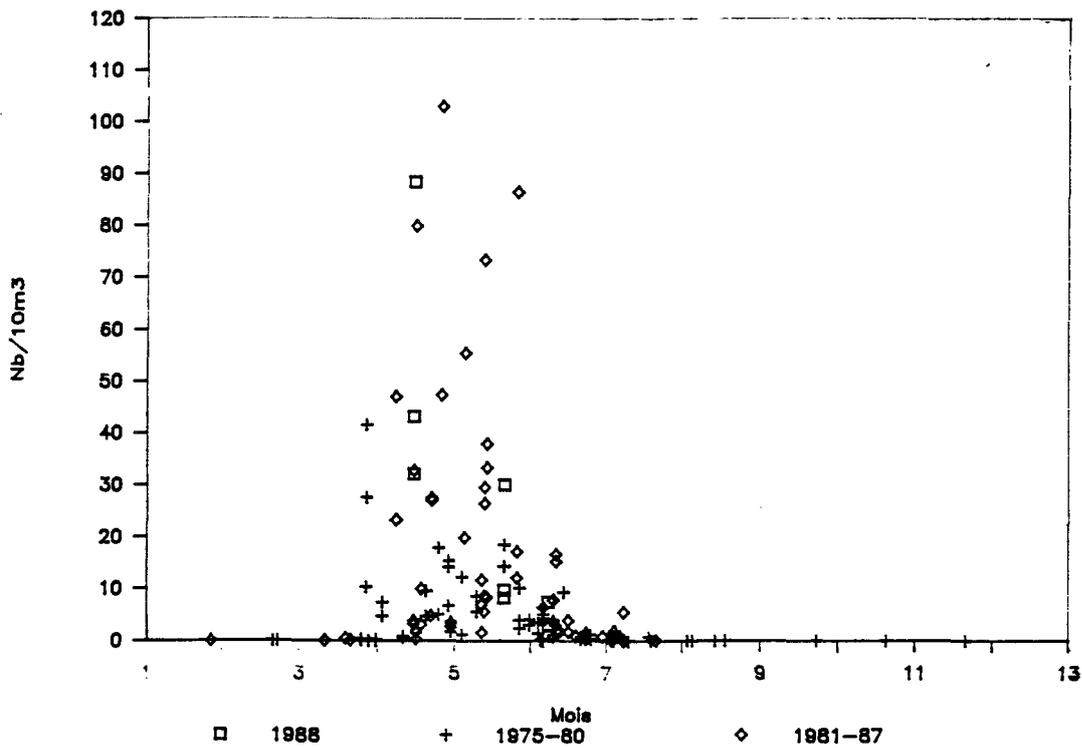


Fig. VI.2

- 1981-88 caractérisée par des effectifs importants (des maxima toujours supérieurs à 20 oeufs par 10 m³ en moyenne)

Après le fameux pic de 1983, la décrue amorcée en 1984 et qui semblait annoncer un retour aux effectifs de la première période, ne se confirme pas en 1988. A ce titre, l'année 1989 sera intéressante; l'on semble s'acheminer vers une stabilisation de la tendance.

La coïncidence entre le début de la deuxième période avec la mise en route effective de la centrale (en 1980, les premières divergences n'ont eu lieu qu'à partir de mai - vers la fin de la saison de reproduction, furent sporadiques et ne concernaient qu'un nombre restreint de tranches) aurait pu suggérer une influence de celle-ci; cependant, le caractère progressif de ces variations d'effectifs et le fait que tous les points y contribuent indiquent qu'il s'agit bien essentiellement du reflet de fluctuations pluriannuelles intéressant un secteur plus vaste (la variabilité de l'échantillonnage n'explique pas cette régularité).

Notamment, les effectifs exceptionnels de 1983 et 1984, se reflètent au point du large. Les maxima, qui se situaient jusqu'en 1980 environ à la moitié des effectifs recensés dans le coeur de la frayère du sud de la Mer du Nord lors des campagnes internationales, atteignent depuis cette date des densités comparables. Nos observations pourraient ainsi être le reflet d'un glissement du barycentre de l'aire de reproduction des géniteurs; si une influence directe du rejet sur les géniteurs du secteur peut être écartée, l'hypothèse d'un effet attractif s'étendant de proche en proche à la population n'est pas déraisonnable. Cela serait compatible avec le délai observé (1981-83) dans la mise en place des densités de la deuxième période ci-dessus mentionnée.

Ces fluctuations importantes dans les pontes ne se répercutent pas sur les effectifs de larves. Des études précédentes ont montré que les densités de larves étaient davantage déterminées par la date que par l'importance de la ponte, le recrutement se faisant principalement à partir des pontes de mai, lorsque la survie des larves est meilleure en liaison avec des températures et des conditions trophiques optimales. Si l'échauffement dû à la centrale avait pour effet d'avancer une partie des pontes ou d'induire des pontes plus importantes, il est probable que ces dernières seraient vouées à un mauvais recrutement. En tous cas, on n'observe pas d'augmentation notable de la proportion des stades âgés et l'augmentation globale des effectifs depuis 1981 concerne autant les stades 2 que les stades 1 (Fig. VI.3 et VI.4).

D'une manière générale, on n'enregistre pas à Gravelines de grandes variations dans les densités de larves, les fluctuations de la ponte étant largement amorties, au niveau des larves, par les mécanismes du recrutement. Ainsi, malgré des effectifs d'oeufs plus importants depuis 1981, les densités de

Solea vulgaris Oeufs Stade 1, 500 μ

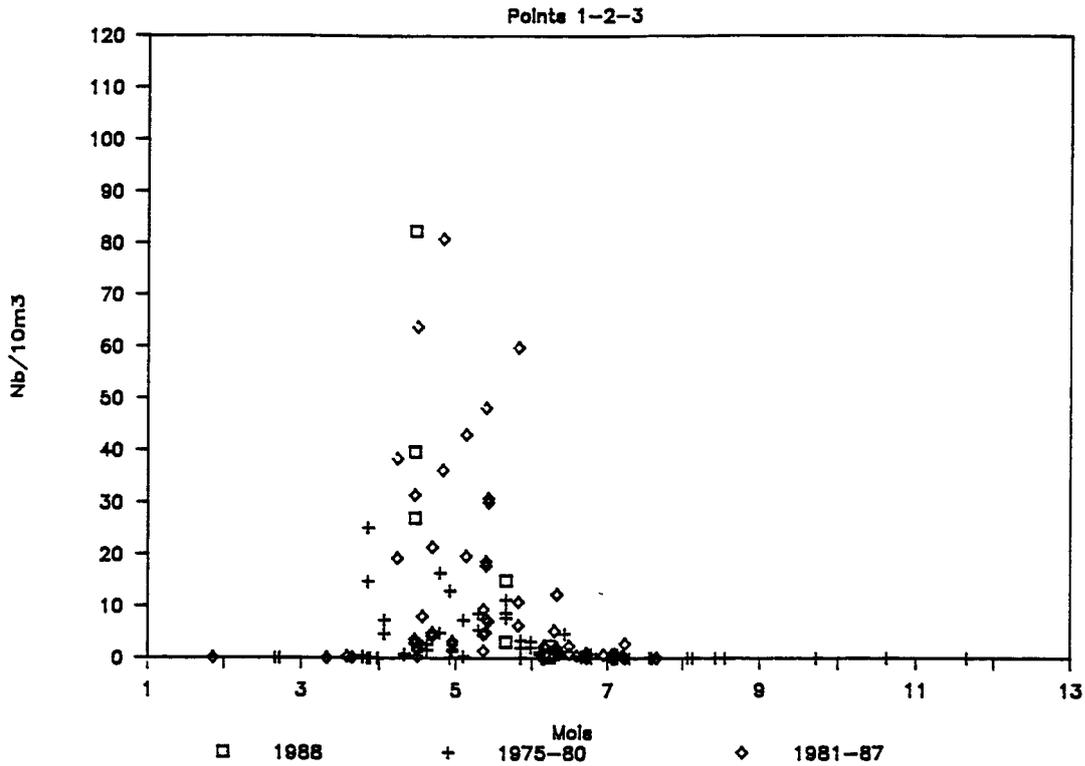


Fig. VI.3

Solea vulgaris Oeufs Stade 2, 500 μ

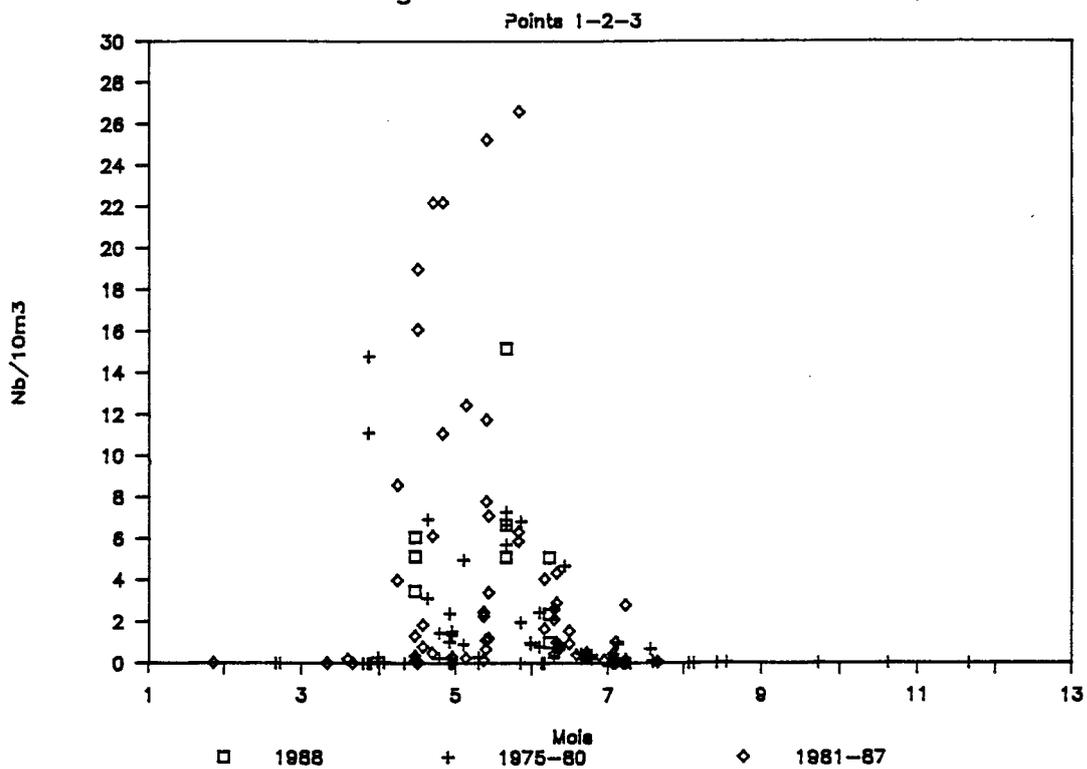


Fig. VI.4

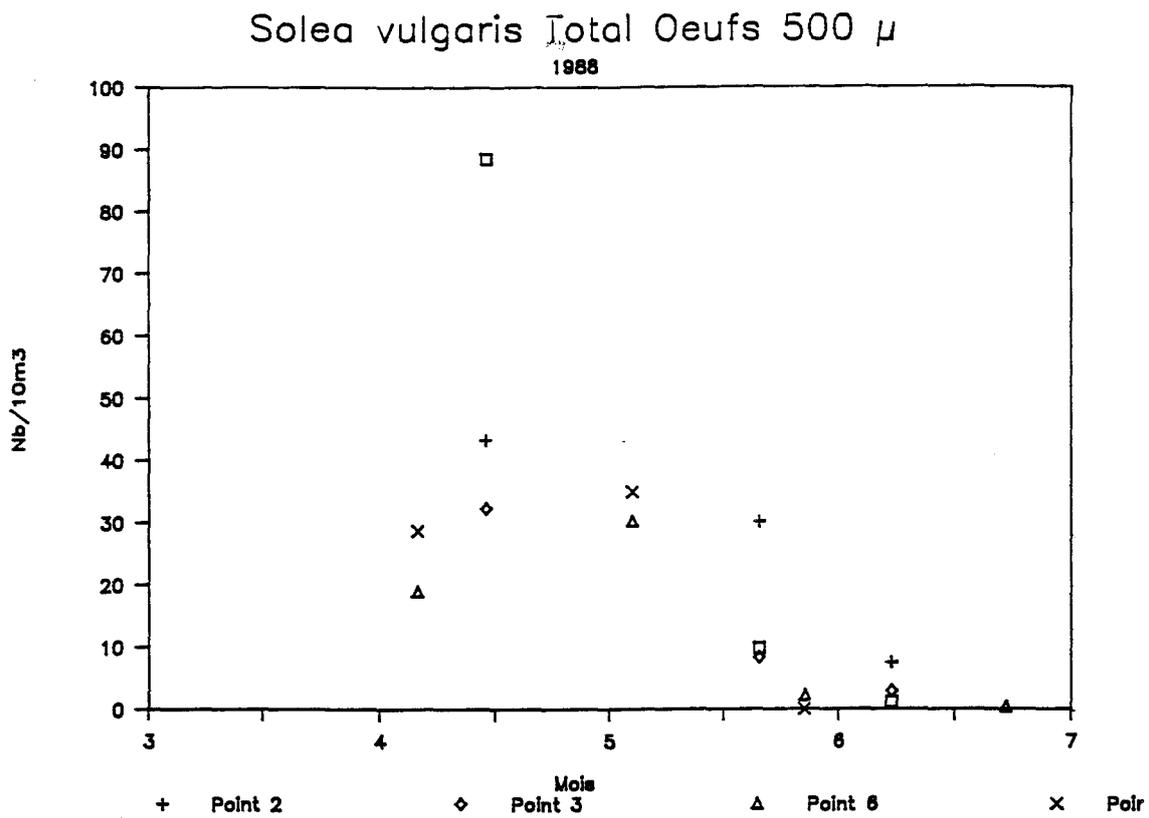


Fig. VI.7

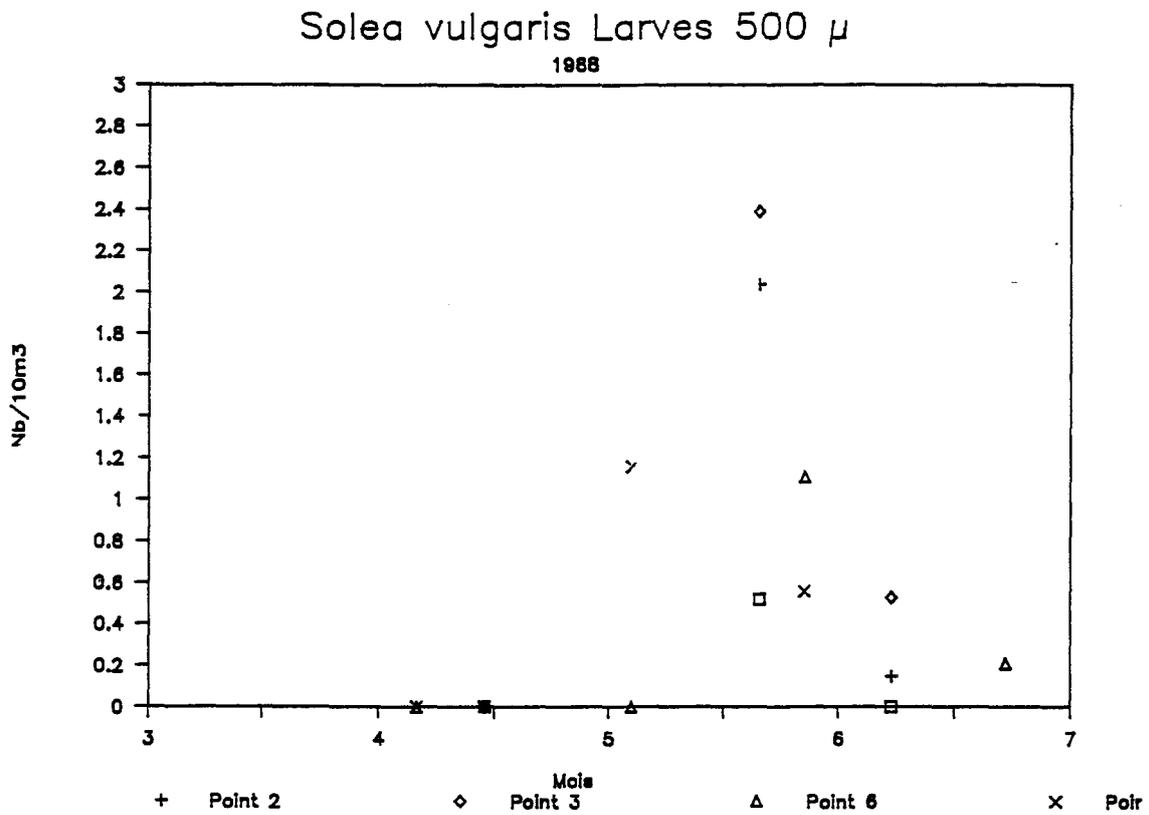


Fig. VI.8

larves restent comparables à ceux de la première période d'étude (Fig. VI.5 et VI.6). Si la centrale avait une part dans le glissement de l'épicentre de la frayère, son incidence sur le recrutement n'est pas mise en évidence, davantage certainement du fait de la dilution des larves sur l'ensemble du secteur.

Les gradients côte-large (Fig. VI.7 et VI.8) sont ceux que l'on observe habituellement à Gravelines : vers la côte pour les oeufs, surtout les stades 1 et en début de saison de ponte, vers le large pour les larves.

N° Mis	N° Pt	N° Rep	Oe Tot	Oe. St1	Oe. St2	Larves
137	6	1	19.01	15.56	3.46	0.00
	7	1	28.70	27.59	1.11	0.00
138	1	1	114.56	107.93	6.63	0.00
		2	62.33	56.79	5.54	0.00
	2	1	43.26	39.79	3.48	0.00
	3	1	36.18	32.37	3.81	0.00
		2	28.33	21.82	6.50	0.00
139	6	1	30.30	22.73	7.58	0.00
	7	1	34.94	17.47	17.47	1.16
140	1	1	9.23	2.08	7.15	0.00
		2	10.34	4.13	6.20	1.03
	2	1	26.07	9.54	16.53	3.18
		2	34.22	20.39	13.83	0.91
	3	1	9.26	3.43	5.83	2.23
		2	7.28	2.91	4.37	2.55
141	6	1	2.23	0.56	1.67	1.11
	7	1	0.00	0.00	0.00	0.56
142	1	1	0.47	0.00	0.47	0.00
		2	1.83	0.30	1.54	0.00
	2	1	7.12	2.37	4.74	0.18
		2	7.90	2.48	5.41	0.13
	3	1	3.46	0.60	2.86	0.84
		2	2.31	0.46	1.85	0.23
143	6	1	0.42	0.00	0.42	0.21

Tableau VI.2. - Densité d'oeufs et de larves de soles par 10 m³ en 1988.

1.1.2. Juvéniles

* Groupe O :

Les résultats obtenus au cours des chalutages mettent en évidence une abondance extrêmement faible de la classe 1988 avec une densité moyenne de 0.13 ind./1 000 m² (tabl. VI.3). Il est à noter que cet indice correspond à la valeur la plus petite jamais observée lors de cette étude.

* Groupe 1 :

Ce groupe d'âge est également remarquablement réduit (0.01 ind./1000 m²). Ce résultat confirme la très faible abondance déjà notée pour la classe 1987.

* Groupes 2 et supérieurs :

Aucune capture n'est à signaler.

1.2. La plie (*Pleuronectes platessa*)

Cette espèce se reproduit en période hivernale, de décembre à mars, sur des frayères situées au milieu de la Manche et de la Mer du Nord. Ce comportement explique l'absence d'oeufs et de larves dans les pêches planctoniques. A la suite d'une migration vers la côte, les juvéniles se concentrent dans les eaux peu profondes. Ces zones turbides correspondent à des nourriceries.

* Groupe 0 :

Les juvéniles de ce groupe se cantonnent dans des eaux dépassant très rarement quelques mètres. Les poissons suivent de façon synchrone le flot et le jusant en utilisant les courants de marée comme moyen de transport. Ils peuvent ainsi effectuer des déplacements pouvant atteindre plusieurs kilomètres (KUIPERS, 1973 ; HARDEN-JONES, 1980). Pendant ces migrations, les jeunes plies se nourrissent d'invertébrés benthiques vivant dans le sable (GIBSON, 1980).

En raison d'une part de la répartition bathymétrique très marquée de cette espèce (la taille des individus augmentant avec la profondeur de l'eau) et d'autre part de la période de reproduction, les plus fortes densités du groupe 0 étaient classiquement observées dans les prélèvements à pied du début de l'été.

En automne, les juvéniles se répartissent de façon plus homogène sur l'ensemble du secteur d'étude et l'on observe une légère diminution des densités de la zone intertidale au profit de la zone subtidale. Les individus de plus grande taille, arrivés précocement au cours de l'été, colonisent peu à peu les secteurs plus profonds situés au large.

L'indice d'abondance de ce groupe est de 3.15 ind./1 000 m² (tabl. VI.3). Cette valeur proche de celles enregistrées depuis plusieurs années peut-être qualifiée de moyenne importance.

* Groupe 1 :

Ce groupe avec une densité de 0.42 ind./1 000 m² se situe également à un niveau intermédiaire dans la série des observations.

	Nbre de traits	Sole		Plie		Limande		Crevette grise (mm)		
		GrO	Gr1	GrO	Gr1	GrO	Gr1	<44	45-56	>56
Juin 1977	18	0.01	2.63	1.17	2.57	0.08	0.35	19	9	5
		100	34	53	37	57	22	19	22	37
Juin 1978	13	0.01	0.14	0.53	0.92	-	0.32	84	14	3
		100	35	41	49	-	64	33	19	16
Juin 1979	19	-	0.05	0.24	1.25	0.07	1.83	31	16	3
		-	100	45	47	61	37	23	21	33
Juil 1980	18	2.34	3.89	0.34	4.16	1.09	2.45	103	23	14
		46	38	59	45	47	37	31	34	38
Juil 1981	18	0.25	0.44	2.92	0.36	0.33	1.68	245	24	6
		46	47	54	31	35	41	57	30	23
juin 1982	18	1.07	0.27	0.39	1.46	1.86	6.70	38	4	2
		92	54	85	36	65	26	72	24	32
Juin 1983	18	0.29	1.56	4.21	1.24	2.03	2.49	120	33	12
		59	24	45	20	40	31	23	27	26
Juil 1984	16	0.01	2.24	1.01	2.35	0.14	1.95	60	13	4
		100	32	62	45	68	63	28	29	22
Juil 1985	18	0.02	0.09	1.86	0.35	0.42	0.68	28	21	3
		100	39	40	25	42	38	35	37	42
Sept 1977	18	1.71	0.48	0.74	0.88	2.04	0.37	25	23	1
		22	33	47	14	16	24	15	16	21
Sept 1978	18	3.72	0.01	1.84	0.68	3.14	0.10	67	56	2
		30	100	37	34	25	34	16	11	23
Sept 1979	18	19.97	-	3.01	0.41	2.19	0.51	135	115	5
		60	-	68	39	44	29	25	19	31
Sept 1980	18	24.40	3.24	0.43	1.02	2.90	1.01	103	58	8
		19	21	53	26	33	33	13	17	26
Sept 1981	18	0.23	0.54	4.74	0.25	11.16	3.98	70	36	2
		31	41	31	62	30	81	22	24	34
Sept 1982	18	1.27	0.05	1.43	0.40	18.01	5.08	75	36	1
		29	60	36	29	43	28	33	26	26
Sept 1983	18	16.73	2.55	10.81	0.46	24.72	2.02	249	157	7
		27	12	29	27	16	24	22	16	20
Sept 1984	20	1.62	0.32	1.94	1.67	5.49	0.92	141	87	4
		22	35	32	65	23	18	30	21	31
Oct 1985	18	12.84	0.04	4.09	0.18	5.27	0.40	266	86	20
		27	100	22	69	35	38	34	22	19
Sept 1986	16	1.46	0.72	4.76	0.78	4.00	0.86	43	33	1
		22	34	33	29	36	21	23	21	29
Sept 1987	18	1.78	0.10	2.42	0.43	9.17	0.17	94	32	1
		63	34	39	38	39	68	34	37	27
Sept 1988	18	0.13	0.01	3.15	0.42	2.50	0.83	148	35	2
		54	100	47	23	50	60	45	28	36

Tabl. VI.3 .- densités moyennes (nbre / 1 000 m2) calculées sur l'ensemble du secteur subtidal de 1977 à 1988 (le deuxième nombre est l'indice de précision en %).

* Groupes 2 et supérieurs :

Du fait de l'engin utilisé, ces groupes sont faiblement représentés dans les captures avec 0.16 ind./1 000 m² (annexe).

1.3. La limande (*Limanda limanda* , L.)

Tres commune en Mer du Nord, elle fréquente les fonds sableux et coquilliers où elle côtoie la plie. Le frai a lieu dans l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce, un peu vers le large cependant. La limande se reproduit surtout de février à avril, sensiblement à la même époque que la sole.

* Groupe 0 :

Les jeunes limandes, ayant un comportement d'évitement vis-à-vis de la zone de balancement des marées, ne fréquentent que les eaux plus profondes.

La classe 1988 présente une faible abondance avec 2.50 ind./1 000 m² en moyenne (Tabl. VI.3).

* Groupe 1 :

Son importance est assez forte puisqu'il représente un indice de 0.83 ind./1 000 m². La densité importante observée en 1987 pour le groupe 0 se trouve ainsi confirmée.

* Groupe 2 et supérieurs :

La densité est très faible avec 0.02 ind./1 000 m².

2. Autres espèces de poissons

2.1. Le merlan (*Merlangus merlangus*)

Cette espèce démersale côtière marquant une préférence pour les fonds meubles à faible profondeur (25-100 m) est très commune dans le secteur de Gravelines et fait l'objet d'une exploitation commerciale importante.

Les adultes se rapprochent des côtes en hiver pour le frai qui a lieu dans toute l'aire de répartition de l'espèce, principalement les secteurs à fonds plat à l'exclusion des zones de salinité inférieure à 32 ‰. La période de ponte s'étend de mi-janvier à juillet selon la latitude.

2.1.2. Juvéniles

Le groupe 0 constitue la totalité des captures avec 0.59 ind./1 000 m² (annexe). Cet indice d'abondance est nettement plus faible que celui enregistré en 1987.

2.2. Le tacaud (*Trisopterus luscus*)

La ponte du tacaud s'échelonne en Manche de janvier à juillet avec une intensité maximale au début du printemps dans la zone côtière.

Comme pour le merlan, c'est le groupe O qui représente la totalité des captures. Son importance est de 0.63 ind./1 000 m².

2.3. Le sprat (*Sprattus sprattus*)

Le sprat ne fait pas l'objet d'une exploitation commerciale dans le secteur de Gravelines. L'abondance de cette espèce au voisinage du site, au moment de la reproduction est cependant loin d'être négligeable, compte tenu de l'importance du frai.

2.3.1. Oeufs et larves

La période de ponte est assez étendue, mais atteint son apogée toujours aux environs de la même époque, entre mi-mai et mi-juin (Fig. VI.9), légèrement après celle de la sole avec des décalages liés aux températures hivernales. Les densités maximales moyennes oscillent entre 40 et 200 oeufs par 10 m³. Les densités de larves sont de l'ordre de la dizaine par 10 m³ en moyenne; leur période de présence recouvre celle des oeufs (Fig. VI.10).

2.3.2. Juvéniles

La majorité des captures s'effectuait lors des pêches à pied. En 1988, l'indice d'abondance est de 0.15 ind./1 000 m².

2.4. Le hareng (*Clupea harengus*, L.)

La ponte du hareng, en Manche, a lieu en décembre et les juvéniles portent donc le nom de groupe 1 dès le mois de janvier. Leur présence sur le site est observée depuis juillet 1981.

Les captures ne concerne que le groupe 1 avec 1.46 ind /1 000 m².

2.5. Le bar (*Dicentrarchus labrax*, L)

Comme pour le sprat, l'abandon des pêches à pied se traduit par une quasi-absence de captures pour cette espèce (un seul individu du groupe O).

2.6. Autres espèces

Des juvéniles d'espèces autres que celles citées précédemment et retenues pour l'étude de surveillance sont présentes dans nos prélèvements (annexe). Elles sont pêchées en faibles quantités et les résultats obtenus ne permettent pas de faire une quelconque interprétation.

Sprattus sprattus Total Oeufs 500 μ

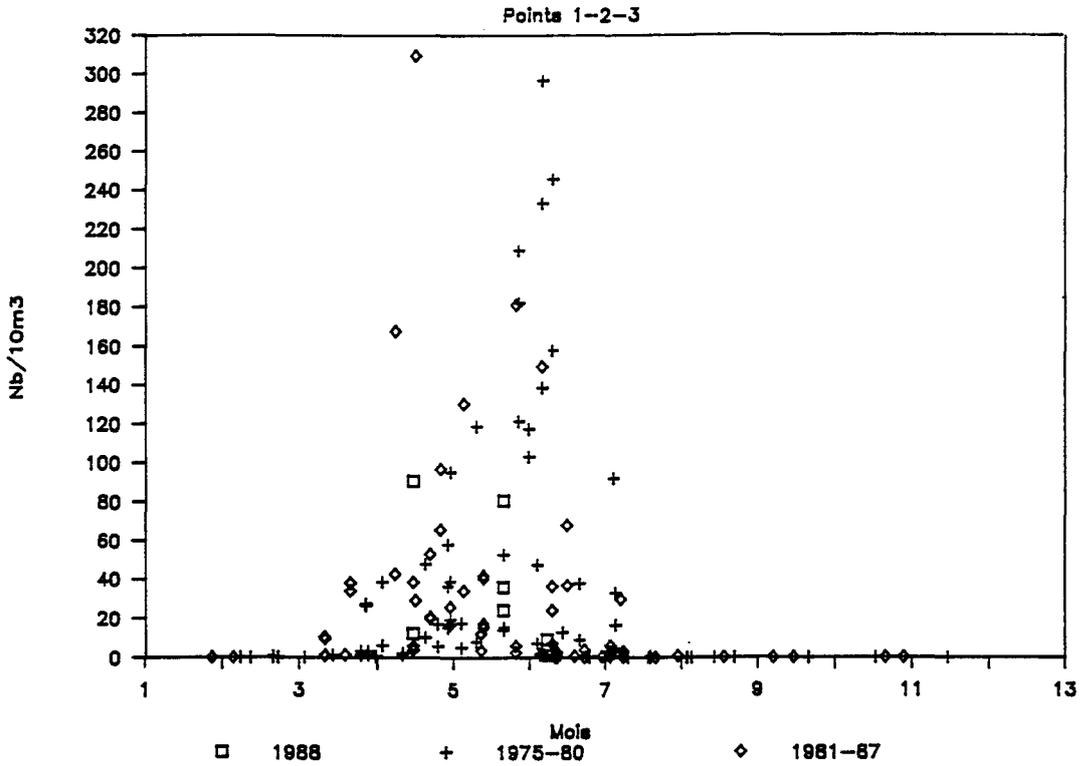


Fig. VI.9

LARVES DE SPRAT

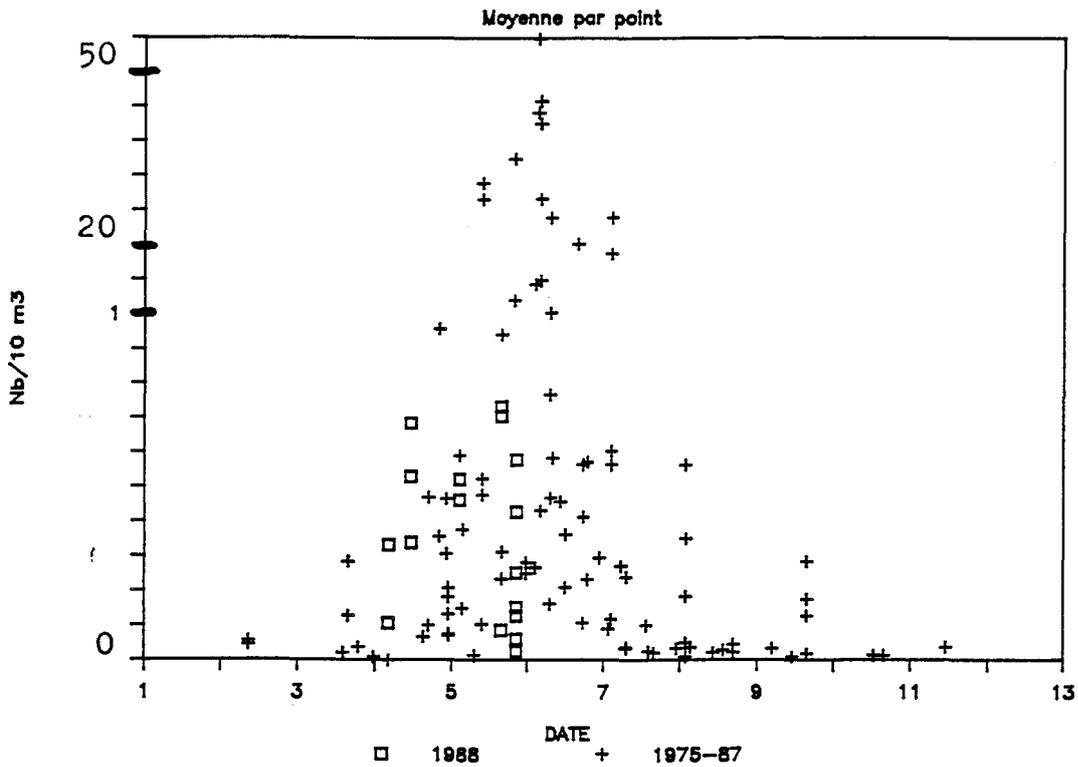


Fig. VI.10

3. Les crustacés : la crevette grise (Crangon crangon, L.)

Cette espèce présente une croissance très rapide et un turn-over important.

3.1. Larves et post-larves

La figure VI.11 montre que les densités larvaires de l'année 1988 ne se situent pas parmi les plus fortes. Depuis 1984 en effet, les densités maximales de larves de crevette grise sont inférieures à 30 par 10 m³; si l'on exclut les densités des points 6 et 7 non pris en compte les années passées, la densité maximale relevée en 1988, quasi-identique à celle de 1986, est de 17 larves par 10 m³ au point 3 (Fig. VI.12).

Cette année encore, on note un faible pourcentage de larves au stade 1 (Fig. VI.11); pour la troisième année consécutive, les densités de stades 1 sont inférieures à 1 par 10 m³. Les larves se répartissent de façon à peu près égale entre les stades 2, 3, 4 et 5 et les points 2 et 3. Les points 6 et 7, échantillonnés début mai présentent une richesse nettement supérieure en stades agés.

La préférence des postlarves pour les points plus côtiers notée précédemment n'est pas très marquée cette année puisqu'on trouve des densités assez voisines aux points 1, 2 ou 3; notons toutefois une densité de 5,7 postlarves par 10 m³ au point 6 début mai.

Il est probable que la campagne légère du 3 mai a permis de ne pas manquer le pic d'abondance des larves et postlarves.

3.2. Juvéniles et adultes

Le niveau d'abondance de cette espèce se situe à un niveau moyen avec 185 ind./1 000 m² au total. On note que depuis 1986 les densités en crevettes sont relativement faibles à l'automne. Cette situation est très certainement en rapport avec une forte pression de prédation exercée en particulier par les cabillauds dont les stocks locaux sont actuellement importants comme le montre les statistiques des débarquements en Manche et en Mer du Nord.

CONCLUSION

Aucun phénomène important ou exceptionnel n'est enregistré en 1988.

Les observations réalisées depuis 1981 concernant les oeufs de sole semblent indiquer un glissement du barycentre de la grande frayère du Sud de la Mer du Nord. La coïncidence avec la mise en service industrielle de la centrale est troublante, et l'hypothèse d'un effet attractif de proche en proche sur les géniteurs n'est pas déraisonnable. Cet impact apparemment positif reste cependant probablement localisé aux tous premiers stades sans que le recrutement en soit amélioré, en raison des facteurs

Crangon crangon Total Larves 500 μ

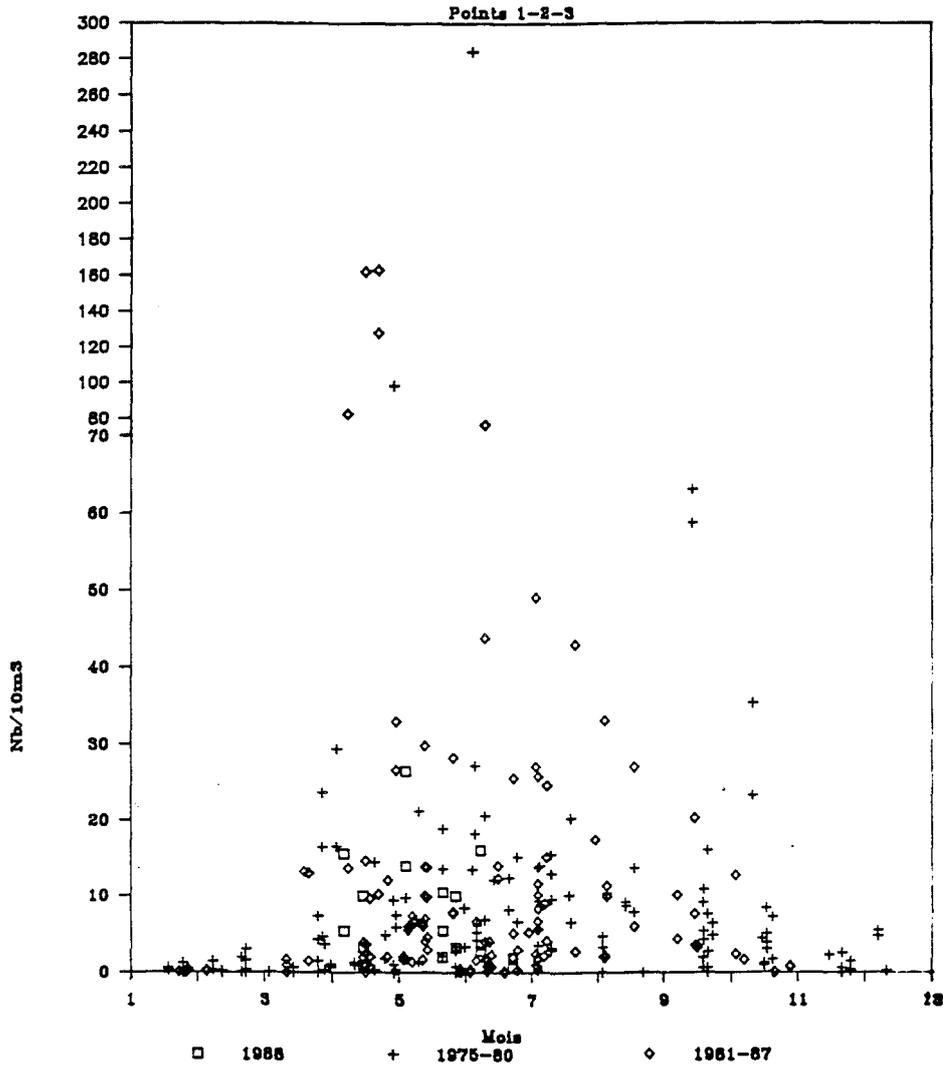
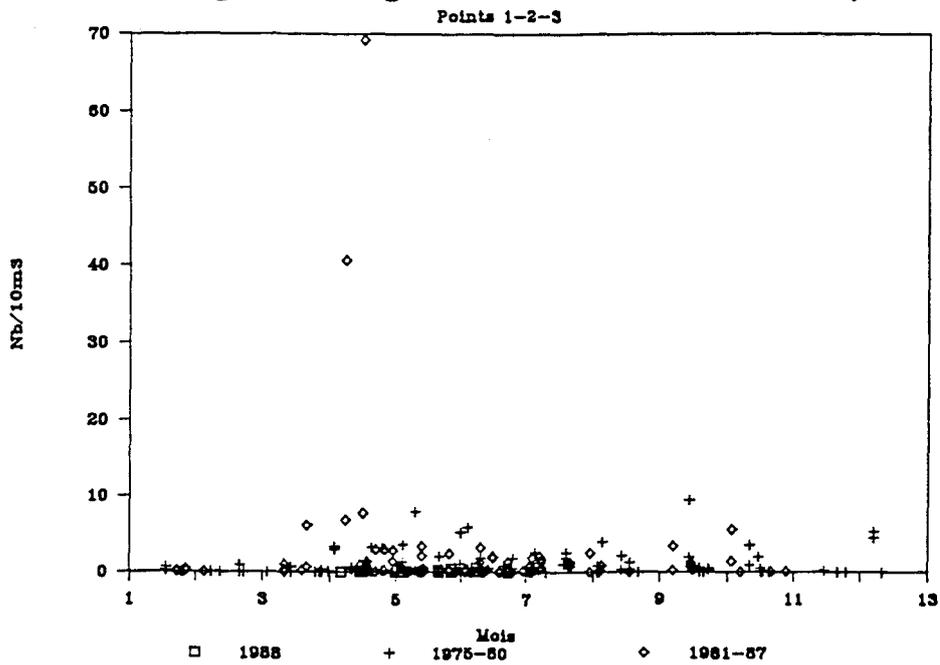
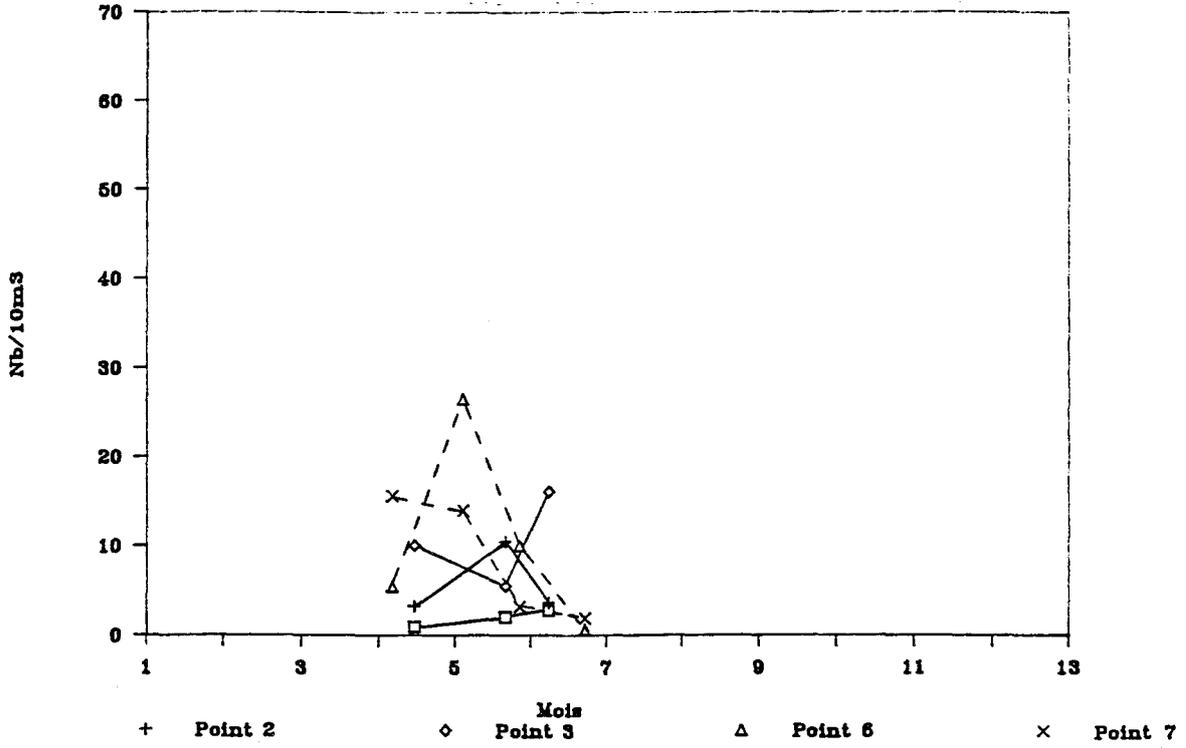


Fig. VI.11

Crangon crangon Larves Stade 1, 500 μ



Crangon crangon Total Larves



Crangon crangon Larves Stade 1

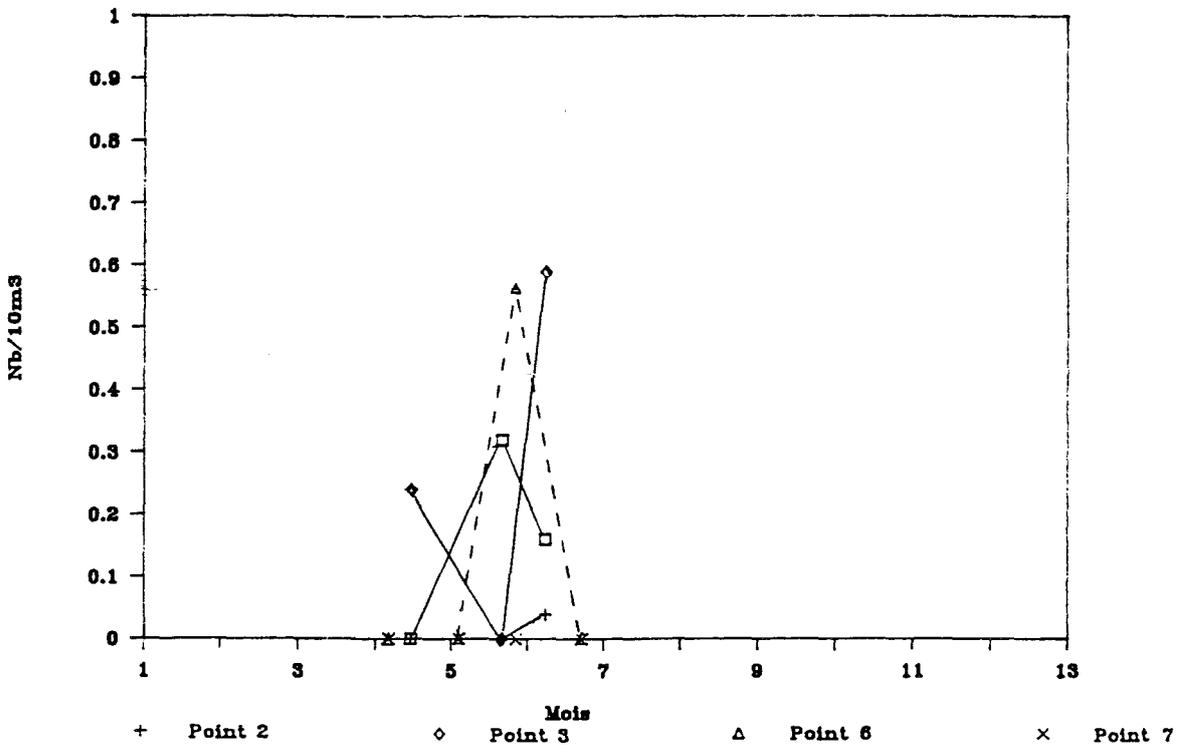


Fig. VI.12

trophiques et thermiques qui le déterminent en aval et hors de la zone d'influence du panache où ces oeufs seront transportés.

Si ces derniers reflètent l'intensité des pontes, éventuellement amplifiée sur le site, les effectifs de larves en revanche témoignent d'une relative constance du recrutement larvaire dans un secteur plus vaste.

Qualitativement, en 1988 aucune modification sensible n'a été constatée quant à la répartition spatiale des juvéniles de poissons et de la crevette au niveau subtidal. Les populations se répartissent toujours sur la frange la plus littorale avec une préférence plus ou moins marquée soit pour l'est, soit pour l'ouest du secteur d'étude selon les espèces. De même, les inversions de gradients de répartition, lorsqu'elles sont observées, doivent être considérées comme des phénomènes aléatoires.

Quantitativement, ainsi que nous avons pu le constater depuis 1977, les variations annuelles du niveau du pré-recrutement sont très importantes sur cette zone. Bien que rien ne permette, pour le moment d'exclure une influence du rejet, il est probable que les fluctuations enregistrées en 1988 soient dues à des causes naturelles, biologiques et hydroclimatiques.

En ce qui concerne les juvéniles de poissons plats et la crevette grise, l'année 1988 présente des abondances faibles dans l'ensemble et même très faibles pour la sole. Pour cette dernière espèce le niveau du pré-recrutement apparaît particulièrement bas depuis trois ans.

La répartition spatiale des individus malgré une dominance générale de la strate C, ne semble pas montrer, à priori, de particularité par rapport aux années antérieures.

BIBLIOGRAPHIE

BIGOT, J. L., 1979.

Identification des zoés de tourteau (*Cancer pagurus* L.) et d'étrille (*Macropipus puber* L.). Comparaison avec d'autres zoés de morphologie très voisine. Cons. Int. Explor. Mer, Comité de l'Océanographie biologique, L:17

FRONTIER, S., 1972.

Calcul de l'erreur sur un comptage du zooplancton. J. exp. mar. Biol. Ecol., 8 : 121-132.

GIBSON, R. N., 1980.

The intertidal movements and distribution of young fish on a sandy beach with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.). J. exp. mar. Biol. Ecol., 12 : 79-102.

ISTPM, 1981 .

Rapport de Projet de site. Site de Gravelines

HARDEN JONES, F. R. , 1980.

The migration of plaice in relation to the environment.
Iclarm conf . Proceed, Manila (Philippines), 1980, 5 :
383-396.

JOSSI, J. W. , R. R. MARAK et H. PETERSEN, 1975.

At sea data collection and laboratory procedures.
Marmap survey I manual, Marmap Programm Office National
Marine Fisheries Service  dit. , Washington.

KUIPERS, B. , 1973.

On the tidal migration of young plaice (Pleuronectes
platessa). Neth. J. of Sea Research, 6 (3) : 376-388.

KUIPERS, B. , 1975.

On the efficiency of a two-metre beam trawl for
juvenile plaice (Pleuronectes platessa). Neth. J. of
Sea Research, 9 (1) : 69-85.

MASTAIL, M. et A. BATTAGLIA, 1978.

Am lioration de la conservation des pigments du
zooplancton. Cons. int. Explor. Mer, Comité de
l'OCéanographie biologique, L : 20.

MOTODA, S. , 1959.

Devices of simple plankton apparatus. Mem. Fac. Fish.
Hokkido Univ. , 7 : 73-94.

WOEHLING, D. , 1983.

Etude expérimentale de l'impact de la centrale de
Gravelines (Nord) sur les oeufs et larves de sole (1982-
1983). Rapport ISTPM.

ANNEXE

Juvéniles

Abondances par zones

CODE DES ESPECES

ALLO SP	.....	Allotheuthis	.....	Allotheuthis
ARNO LAT	.....	Arnoglosse	.....	Arnoglossus laterna
AGON CAT	.....	Souris de mer	.....	Agonus cataphractus
AMMO TOB	*	Equille	.....	Ammodytes tobianus
BUCC UND	*	Buccin	.....	Buccinum undatum
BUGL LUT	.....		.....	Buglossidium luteum
CALM LYR	.....	Dragonnet	.....	Callionymus lyra
CLUP HAR	*	Hareng	.....	Clupea harengus h.
COTI	.....	Cotidés	.....	Cotidés sp
CRAG CRA	*	Crevette grise	.....	Crangon crangon
DICE LAB	*	Bar	.....	Dicentrarchus labrax
GOBD	.....	Gobies	.....	Gobiidae
GYMA SEM	*	Equille	.....	Gymnamodytes semisquamatus
HYPE LAN	*	Lançon	.....	Hyperoplus lanceolatus
LIMD LIM	*	Limande	.....	Limanda limanda
MCPI PUB	*	Etrille	.....	Macropipus puber
MERN MER	*	Merlan	.....	Merlangus merlangus
MULL SUR	*	Surmulet	.....	Mullus surmuletus
PHIC TRI	.....		.....	Philocheras trispinosus
PANS MON	.....	Cavalier	.....	Pandalus montagui
PALO SER	*	Bouquet	.....	Palemon serratus
PLEC PLA	*	Plie ou Carrelet	.....	Pleuronectes platessa
PSET MAX	*	Turbot	.....	Psetta maxima
PHOS GUN	.....	Gonelle	.....	Pholis gunellus
RAJA CLA	*	Raie bouclée	.....	Raja clavata
SEPI OFF	*	seiche	.....	Sepia officinalis
SCOH RHO	*	Barbue	.....	Scophtalmus rhombus
SCOM SCO	*	Maquereau	.....	Scomber scombrus
SOLE VUL	*	Sole	.....	Solea vulgaris
SPOD CAN	*	Dorade grise	.....	Spondyliosoma cantharus
SPRA SPR	*	Sprat	.....	Sprattus sprattus
SYNA	.....	serpent de mer	.....	Syngnathe sp
TRAC TRA	*	Chinchard	.....	Trachurus trachurus
TRAH VIP	.....	Petite vive	.....	Trachinus vipera
TRIG LUC	*	Grondin perlon	.....	Trigla lucerna
TRIS LUS	*	Tacaud	.....	Trisopterus luscus
TRIS MIN	.....	Minutus	.....	Trisopterus minutus
ZEUS FAB	*	St Pierre	.....	Zeus faber

(*) : espèces d'intérêt commercial

SIGNIFICATION DES CODES UTILISES DANS LES TABLEAUX

	TOT : capture totale
	COM : fraction commerciale
	GO : groupe d'âge 0
GROUPE	G1 : groupe d'âge 1
	G2 : groupe d'âge 2
	G1+ : groupes d'âge >=1
	G2+ : groupes d'âge >=2
	G3+ : groupes d'âge >=3
NB	estimation de la production de la zone (nombre d'individus).
ECTYPE	écart type sur cette estimation
IPREC	indice de précision
PCENT ...	Strates A, B et C : participation de chacune de ces strates (%) à la production globale estimée, par espèce et par catégories.
Strate TOT	: participation (%) des différents groupes à la production totale estimée de l'espèce

STRATE A

ESPECE	GROUPE	NB	ECTYPE	IPREC	NB/1000m2	PCENT
CLUP HAR	TOT	1798	1798	100.00	0.10	2.5
	GR1	1798	1798	100.00	0.10	2.5
TRIG LUC	TOT	899	899	100.00	0.05	100.0
	GR1+	899	899	100.00	0.05	100.0
CALM LYR	TOT	138426	78312	56.57	7.86	21.6
PLEC PLA	TOT	6292	2165	34.40	0.36	3.5
	COM	1798	1798	100.00	0.10	14.8
	GRO	899	899	100.00	0.05	0.6
	GR1	3595	1798	50.00	0.20	17.8
	GR2	1798	1137	63.25	0.10	38.4
LIMD LIM	TOT	24270	10854	44.72	1.38	14.9
	COM	2697	1842	68.31	0.15	11.4
	GRO	20674	9589	46.38	1.17	17.1
	GR1	3595	2274	63.25	0.20	9.0
CRAG CRA	TOT	173482	63439	36.57	9.85	1.9
	COM	159100	59043	37.11	9.03	1.9
	GRO	14382	5853	40.70	0.82	1.9
	GR1	135730	54548	40.19	7.70	2.1
	GR2	20674	8169	39.52	1.17	1.2
	GR3+	2697	1842	68.31	0.15	2.5

STRATE B

ESPECE	GROUPE	NB	ECTYPE	IPREC	NB/1000m2	PCENT
CLUP HAR	TOT	54234	18017	33.22	3.32	76.7
	GR1	54234	18017	33.22	3.32	76.7
SPRA SPR	TOT	1130	740	65.47	0.07	15.5
	COM	565	565	100.00	0.03	42.3
	GRO	565	565	100.00	0.03	9.5
	GR1+	565	565	100.00	0.03	42.3
MERN MER	TOT	7909	4249	53.72	0.48	27.5
	GRO	7909	4249	53.72	0.48	27.5
TRIS LUS	TOT	2825	1695	60.00	0.17	9.2
	GRO	2825	1695	60.00	0.17	9.2
DICE LAB	TOT	565	565	100.00	0.03	100.0
	GRO	565	565	100.00	0.03	100.0
CALM LYR	TOT	387548	255470	65.92	23.76	60.5
PLEC PLA	TOT	9604	5295	55.14	0.59	5.4
	COM	3390	2800	82.62	0.21	27.9
	GRO	5084	2481	48.80	0.31	3.3
	GR1	5084	3356	66.00	0.31	25.1
	GR2	565	565	100.00	0.03	12.1
LIMD LIM	TOT	39546	18688	47.26	2.42	24.2
	COM	6214	2951	47.49	0.38	26.4
	GRO	29377	15749	53.61	1.80	24.3
	GR1	7909	3050	38.56	0.48	19.7
	GR2	1130	1130	100.00	0.07	100.0
GR3+	1130	1130	100.00	0.07	100.0	
SOLE VUL	TOT	565	565	100.00	0.03	8.4
	GR1	565	565	100.00	0.03	100.0
CRAG CRA	TOT	1059260	281910	26.61	64.94	11.8
	COM	1044571	276048	26.43	64.03	12.6
	GRO	14688	6434	43.80	0.90	1.9
	GR1	699394	207555	29.68	42.87	10.9
	GR2	332749	69744	20.96	20.40	19.7
GR3+	12429	2667	21.46	0.76	11.4	

STRATE C						
ESPECE	GROUPE	NB	ECTYPE	IPREC	NB/1000m2	PCENT
CLUP HAR	TOT	14660	4788	32.66	1.01	20.7
	GR1	14660	4788	32.66	1.01	20.7
SPRA SPR	TOT	6173	3134	50.78	0.43	84.5
	COM	772	772	100.00	0.05	57.7
	GRO	5401	3363	62.27	0.37	90.5
	GR1+	772	772	100.00	0.05	57.7
GADU MOR	TOT	4629	3740	80.79	0.32	100.0
	GRO	4629	3740	80.79	0.32	100.0
MERN MER	TOT	20833	9178	44.06	1.44	72.5
	GRO	20833	9178	44.06	1.44	72.5
TRIS LUS	TOT	27777	16522	59.48	1.91	90.8
	GRO	27777	16522	59.48	1.91	90.8
HYPE LAN	TOT	772	772	100.00	0.05	100.0
	COM	772	772	100.00	0.05	100.0
	GR1+	772	772	100.00	0.05	100.0
CALM LYR	TOT	114194	80865	70.81	7.87	17.8
SCOH RHO	TOT	3086	2250	72.89	0.21	100.0
	GRO	3086	2250	72.89	0.21	100.0
PLAT FLE	TOT	1543	1543	100.00	0.11	100.0
	COM	1543	1543	100.00	0.11	100.0
	GR1+	1543	1543	100.00	0.11	100.0
PLEC PLA	TOT	163575	71705	43.84	11.27	91.1
	COM	6944	2835	40.82	0.48	57.2
	GRO	146600	72370	49.37	10.10	96.1
	GR1	11574	2728	23.57	0.80	57.1
	GR2	2315	1543	66.67	0.16	49.5
	GR3+	3086	2250	72.89	0.21	100.0
LIMD LIM	TOT	99534	81624	82.01	6.86	60.9
	COM	14660	11853	80.85	1.01	62.2
	GRO	70985	57851	81.50	4.89	58.6
	GR1	28548	23800	83.37	1.97	71.3
SOLE VUL	TOT	6173	3363	54.49	0.43	91.6
	GRO	6173	3363	54.49	0.43	100.0
CRAG CRA	TOT	7720435	3675013	47.60	532.12	86.2
	COM	7055332	3307687	46.88	486.28	85.4
	GRO	725286	416780	57.46	49.99	96.1
	GR1	5563096	2804280	50.41	383.43	86.9
	GR2	1337149	468989	35.07	92.16	79.1
	GR3+	94133	39165	41.61	6.49	86.2

STRATE TOT						
ESPECE	GROUPE	NB	ECTYPE	IPREC	NB/1000m2	PCENT
CLUP HAR	TOT	70692	18729	26.49	1.46	
	GR1	70692	18729	26.49	1.46	100.0
SPRA SPR	TOT	7303	3220	44.10	0.15	
	COM	1337	956	71.55	0.03	18.3
	GRO	5966	3410	57.16	0.12	81.7
	GR1+	1337	956	71.55	0.03	18.3
GADU MOR	TOT	4629	3740	80.79	0.10	
	GRO	4629	3740	80.79	0.10	100.0
MERN MER	TOT	28742	10114	35.19	0.59	
	GRO	28742	10114	35.19	0.59	100.0
TRIS LUS	TOT	30602	16608	54.27	0.63	
	GRO	30602	16608	54.27	0.63	100.0
TRIG LUC	TOT	899	899	100.00	0.02	
	GR1+	899	899	100.00	0.02	100.0
DICE LAB	TOT	565	565	100.00	0.01	
	GRO	565	565	100.00	0.01	100.0
HYPE LAN	TOT	772	772	100.00	0.02	
	COM	772	772	100.00	0.02	100.0
	GR1+	772	772	100.00	0.02	100.0
CALM LYR	TOT	640168	279172	43.61	13.22	
SCOH RHO	TOT	3086	2250	72.89	0.06	
	GRO	3086	2250	72.89	0.06	100.0
PLAT FLE	TOT	1543	1543	100.00	0.03	
	COM	1543	1543	100.00	0.03	100.0
	GR1+	1543	1543	100.00	0.03	100.0
PLEC PLA	TOT	179471	71933	40.08	3.70	
	COM	12132	4372	36.03	0.25	6.8
	GRO	152584	72418	47.46	3.15	85.0
	GR1	20254	4684	23.12	0.42	11.3
	GR2	4677	1998	42.72	0.10	2.6
	GR3+	3086	2250	72.89	0.06	1.7
LIMD LIM	TOT	163349	84436	51.69	3.37	
	COM	23571	12353	52.41	0.49	14.4
	GRO	121036	60718	50.17	2.50	74.1
	GR1	40053	24103	60.18	0.83	24.5
	GR2	1130	1130	100.00	0.02	0.7
	GR3+	1130	1130	100.00	0.02	0.7
SOLE VUL	TOT	6738	3410	50.62	0.14	
	GRO	6173	3363	54.49	0.13	91.6
	GR1	565	565	100.00	0.01	8.4
CRAG CRA	TOT	8953177	3686356	41.17	184.83	
	COM	8259004	3319711	40.20	170.50	92.2
	GRO	754356	416871	55.26	15.57	8.4
	GR1	6398219	2812480	43.96	132.08	71.5
	GR2	1690572	474217	28.05	34.90	18.9
	GR3+	109258	39299	35.97	2.26	1.2

CHAPITRE VII

LE BENTHOS INTERDIDAL

Jean-Marie DEWARUMEZ

Dominique MENU

INTRODUCTION

A la faveur des études menées depuis 1973 sur l'estran de Gravelines, il apparaît que cet estran est particulièrement sensible à certains facteurs physiques ou physicochimiques.

L'organisation de la plage de Petit-Fort-Philippe est régie par deux facteurs écologiques :

- un facteur "dessalure" dont il faut rechercher l'origine dans la présence de l'Aa et des eaux de ruissellement provenant de la nappe phréatique. Cette dessalure favorise l'implantation d'espèces euryhalines et, par voie de conséquence, l'extension des peuplements de type estuarien,

- un facteur "courantologie locale" : les axes de courant généraux sur ce site peuvent être modifiés par des phénomènes locaux. Il en résulte des altérations de la structure sédimentologique et notamment de la teneur en pélites du sédiment qui influent directement sur l'extension des peuplements de sédiments envasés.

Cependant depuis 1985, il semble qu'un autre facteur agisse sur la répartition des espèces animales. Il s'agit de la température. Il est en effet possible de mettre en évidence un impact thermique en comparant les aires de répartition d'espèces à affinités écologiques semblables mais à préférences thermiques différents comme le sont deux annélides de la famille des Spionidiés : *Spio filicornis* et *Pygospio elegans*.

Depuis 1973, de nombreux aménagements locaux ont eu une influence considérable sur la morphologie et la bionomie de la plage de Petit-Fort-Philippe.

La construction des digues de l'avant-port ouest de Dunkerque, en modifiant la circulation des masses d'eaux a provoqué une répartition différente des teneurs en pélites sur la plage qui s'est traduite par l'extension du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres.

La mise en fonctionnement de la centrale de Gravelines a peu à peu anihilé cet envasement.

Ces altérations de la structure granulométrique se sont accompagnées de modifications de la morphologie de l'estran : une grande dune hydraulique située à mi estran a éclaté en 1981 en un complexe de dunes et de bâches qui tend depuis à progresser vers l'ouest.

METHODOLOGIE

La méthodologie n'a pas évolué : 8 stations ont été prospectées sur 1/4 m² le long de deux radiales le 3 juin 1988.

RESULTATS

1. Composition bionomique

28 taxons ont été recensés. Ils se répartissent comme suit :

- 1 Nemerte
- 10 Polychètes: 3 Errantes
7 Sédentaires
- 4 Mollusques : 1 Gastéropode
3 Bivalves
- 13 Crustacés : 8 Amphipodes
2 Isopodes
3 Décapodes
- 1 Insecte

Par rapport à l'étude 1987 on constate la disparition des espèces d'eaux dessalées comme *Enoplus brevis* et les Enchytraeidae. Nous reviendrons sur cela dans les chapitres suivants.

2. Résultats globaux

(Tableaux VII.1, 2 et 3 ; figures VII.1 à 6)

2.1. Radiale 1

2.1.1. Station E

Depuis 1985, il n'est plus possible de distinguer les aspects envasés caractéristiques que l'on échantillonnait en très haut niveau (station E').

Toute la zone des hauts niveaux semble parfaitement homogène si l'on excepte toutefois la présence de quelques placages de vase habités par *Corophium arenarium*. Ces placages de vase avaient disparu après une lente évolution, ils constituaient le terme ultime du dégraissement des hauts niveaux.

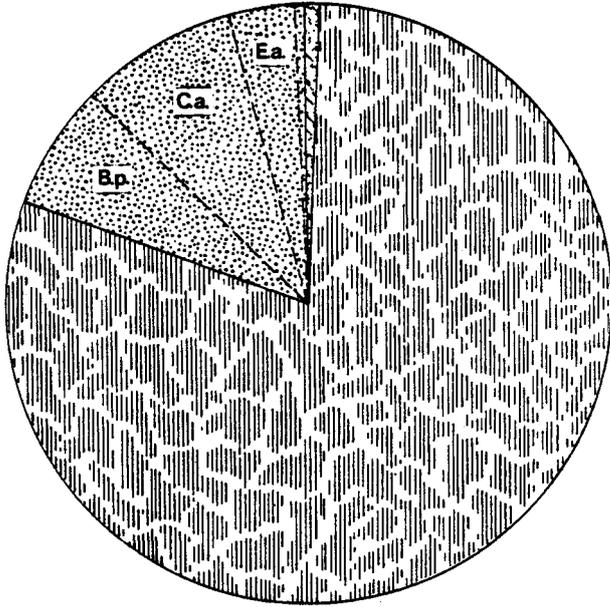
Il est probable que l'on est en présence d'un phénomène transitoire, d'autant que ces placages perpendiculaires à la côte sont fort peu nombreux et fort peu étendus. Une centaine d'entre eux dont la surface

LEGENDE DES FIGURES VII. 1 A 4

	Annélides
	Hydrobia
	Bivalves
	Crustacés
	Divers

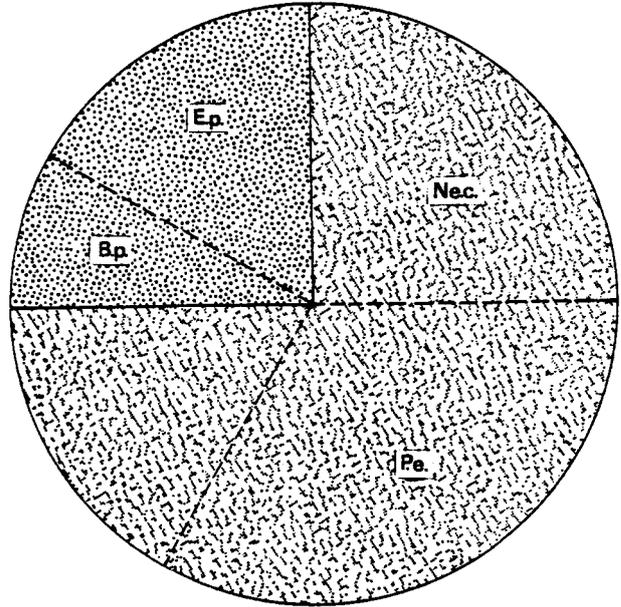
B.p.	: Bathyporeia pilosa
B.s.	: Bathyporeia sarsi
C.a.	: Corophium arenarium
E.a.	: Eurydice affinis
E.p.	: Eurydice pulchra
H.a.	: Haustorius arenarius
M.b.	: Macoma balthica
N.ci.	: Nephtys cirrosa
N.d.	: Nereis diversicolor
Ne.c.	: Nerine cirratulus
O.r.	: Ophelia rathkei
P.e.	: Pygospio elegans
P.f.	: Paraonis fulgens
P.l.	: Portumnus latipes
S.f.	: Spio filicornis
T.f.	: Tellina fabula

STATION E



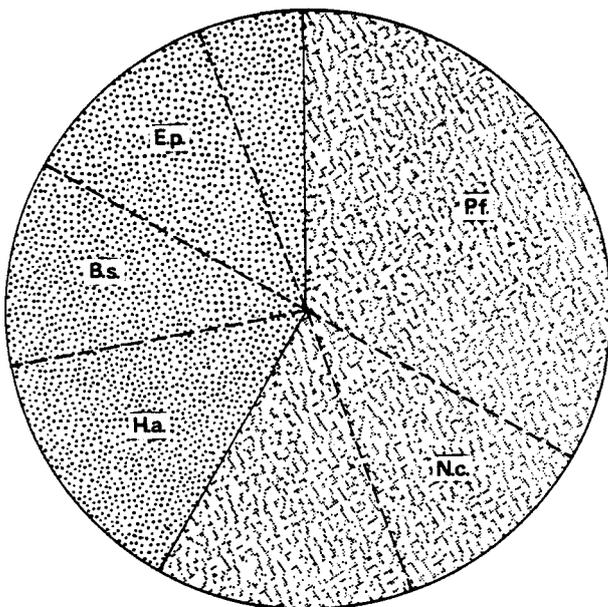
$N = 14\ 128 / m^2$

STATION F



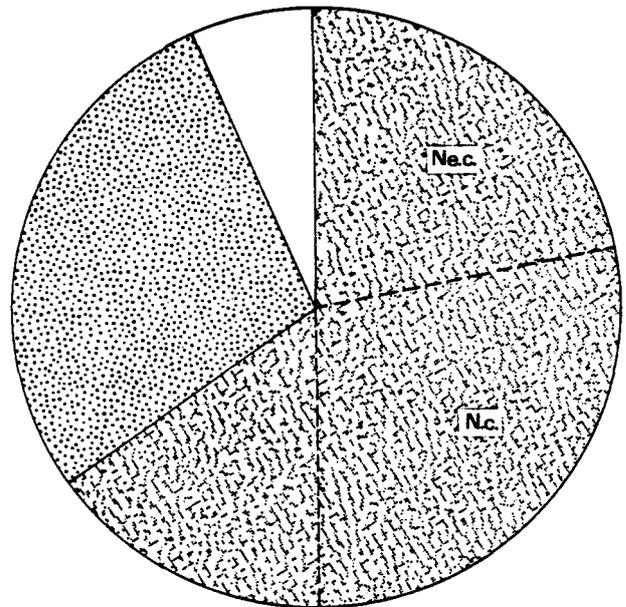
$N = 48 / m^2$

STATION G



$N = 144 / m^2$

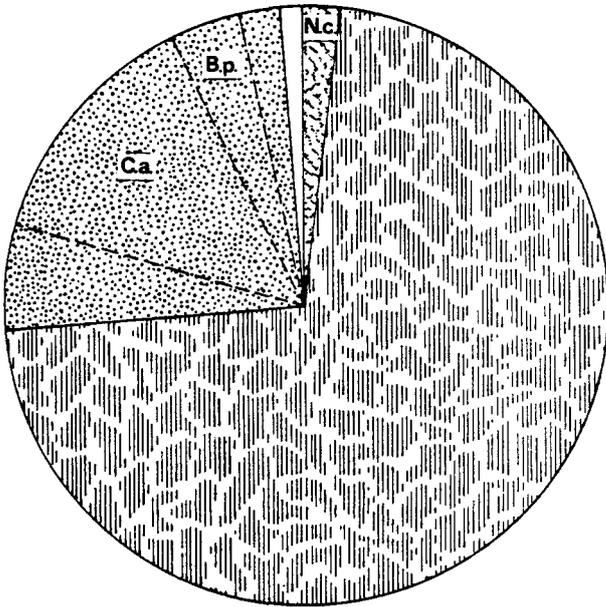
STATION H



$N = 128 / m^2$

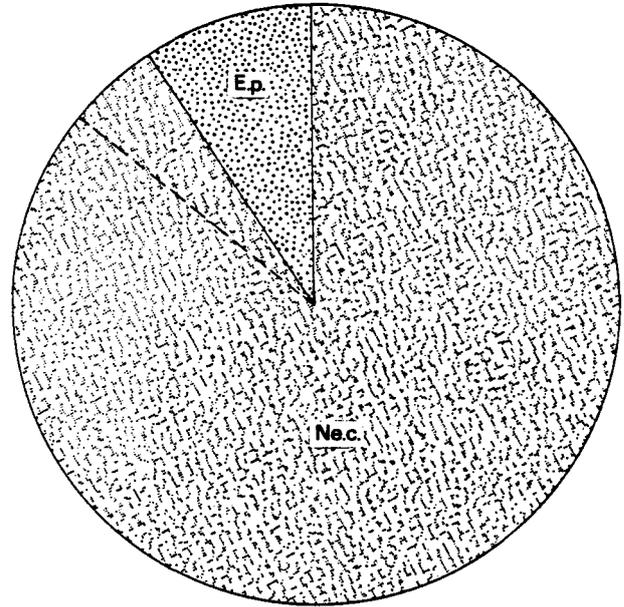
FIG. VII. 1 : RADIALE I . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES (NOMBRE D'INDIVIDUS)

STATION E



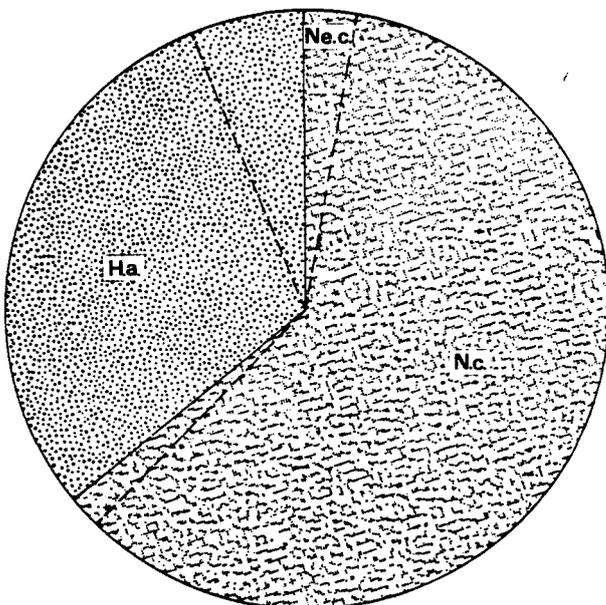
$B = 7,994 \text{ g/m}^2$

STATION F



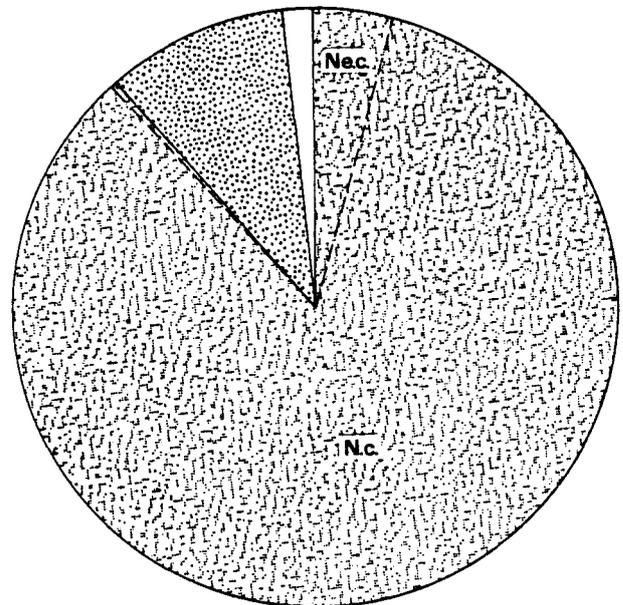
$B = 0,048 \text{ g/m}^2$

STATION G



$B = 0,394 \text{ g/m}^2$

STATION H



$B = 0,872 \text{ g/m}^2$

FIG. VII. 2 : RADIALE I . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES (BIOMASSE)

moyenne est de 1 m² (2 m x 0,5 m) ont été dénombrés entre les deux radiales sur une surface approximative de 25 ha.

Les différences par rapport aux études précédentes ne se situent pas à ce niveau.

Le sédiment est constitué en grande partie de sable moyen, la teneur en pélites continue de diminuer.

Station	1983		1984			1985		1986	1987	1988
	E'	E	E'*	E'	E	E*	E	E	E	E
Pelites	9,39	2,03	9,91	2,73	1,57	9,20	0,57	3,92	1,22	0,91
Sable fin	43,26	28,52	47,40	15,04	18,90	51,15	40,66	34,39	25,08	24,03
Sable moyen	45,45	49,04	41,35	77,12	69,57	36,23	54,97	57,35	68,93	66,46

* : aspects envasés

Ceci ne semble affecter la population de *Corophium arenarium* qui progresse d'une manière considérable par rapport à 1987 : de 76 à 1208 individus par m². Cette densité correspond à une valeur moyenne si l'on considère l'ensemble des études réalisées sur l'estran de Gravelines. Les évolutions aléatoires mises en évidence par le tableau ci-dessous montrent que les populations animales du haut de l'estran ne réussissent pas à évoluer vers un état d'équilibre.

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<i>Hydrobia ulvae</i>	2892	8740	8	216	0	300	11412	11956	7124	952	11324
<i>Spio filicornis</i>	0	0	0	0	0	8	48	12	60	0	0
<i>Pygospio elegans</i>	0	144	0	624	0	0	0	0	1460	20	48
<i>Eurydice affinis</i>	0	100	64	4	0	68	144	564	84	1280	504
<i>Corophium volutator</i>	16	208	108	0	8	8	0	0	0		0
<i>Corophium arenarium</i>	172	852	1888	0	68	220	52	1336	5716	76	1208

La population d'*Hydrobia ulvae* revient à son niveau maximum pour le

site. La population d'*Eurydice affinis* bien qu'en diminution très nette par rapport à 1987 reste à un niveau élevé.

Si les modifications granulométriques (teneur en pélites par exemple) se font d'une manière progressive, d'autres altérations du milieu comme les dessalures ou certains accidents météorologiques sont plus brutales. Les espèces principales du peuplement établies en haut niveau ont une durée de vie courte et elles réagissent très fortement aux altérations du milieu. Celles-ci sont nombreuses habituellement dans les niveaux supérieurs de l'estran mais dans le cas présent d'autres sources d'instabilité existent inhérentes à la présence du débouché du fleuve côtier l'Aa, au rejet de la centrale de Gravelines ou aux pollutions éventuelles charriées par les masses d'eaux marines comme en 1987.

Pour ce qui est des populations de spionidiens, on ne note pas d'évolution par rapport à 1987.

Si l'on considère le niveau global du peuplement, on s'aperçoit qu'il revient à un niveau analogue à celui de 1986 bien que le déficit en biomasse soit encore important : 7,993 g/m² en 1988 contre 13,402 en 1986.

2.1.2. Station F

C'est à cette station que les modifications les plus importantes ont pu être mises en évidence. Les espèces euryhalines qui caractérisait cette station lors des études précédentes : *Enoplus brevis* et les oligochètes Enchytraeidae ont totalement disparu, ainsi que *Hediste diversicolor*. *Ophelia rathkei*, elle aussi affectionnant les eaux dessalées, voit sa densité chuter considérablement.

Il en résulte une chute de 99,2% des individus récoltés et de 97,8% de la biomasse par rapport à 1987. Ceci vient confirmer l'hypothèse de fragilisation des peuplements de haut niveau vis à vis des conditions édaphiques.

Notons qu'aucun bivalve n'a été récolté. La population de coques a complètement disparu bien que dans toutes les autres zones où elle est historiquement abondante, cette espèce ait bénéficié, en 1987, d'un recrutement exceptionnellement important. L'évolution dans le sens d'une influence moins marquée de la dessalure est analogue à celle qui a été observée en 1987 à la station G.

	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Hediste diversicolor	32	80	0	0	32	432	88	116	44	16	0
Spio filicornis	0	0	0	0	0	112	80	1324	236	0	0
Pygospio elegans	0	52	0	236	0	0	0	0	1460	40	16
Ophelia rathkei	0	132	12	248	124	152	1100	68	8	100	4
Hydrobia ulvae	4324	0	8	0	0	4	0	0	216	0	0
Cerastoderma edule	0	92	48	320	144	152	36	4	16	0	0
Macoma balthica	0	40	0	32	44	472	32	200	92	40	0
Corophium arenarium	36	0	56	0	4	12	0	12	36	16	0
Oligochètes	0	0	0	0	0	324	336	820	3360	2452	0

2.1.3. Station G

L'étude 1988 vient confirmer les résultats enregistrés en 1987 : il n'est plus possible de mettre en évidence d'influence de la dessalure au niveau du cortège spécifique.

Espèces	1986	1987	1988*
* Enchytraeidae sp.	21,6 %	0 %	0 %
* Ophelia rathkei	33,2 %	0 %	0 %
* Nephtys cirrosa	0,8 %	7,7 %	16,7%
* Haustorius arenarius	0 %	19,2 %	20,8%
* Bathyporeia sarsi	5,8 %	21,2 %	16,7%

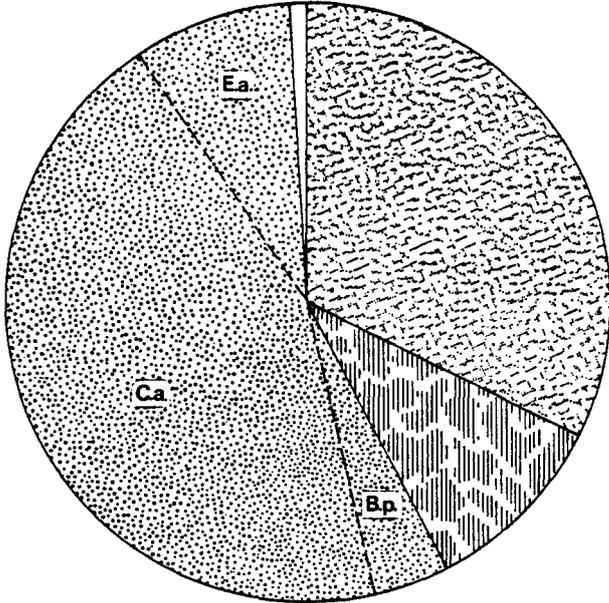
* hors *Paraonis fulgens*

Il en résulte une diminution importante de la densité des populations de 30,8% qui se traduit par une chute de biomasse de 52,3%. Notons la récolte de *Paraonis fulgens*, caractéristique des bas de plage, en densité relativement forte : 48 individus par m².

2.1.4. Station H

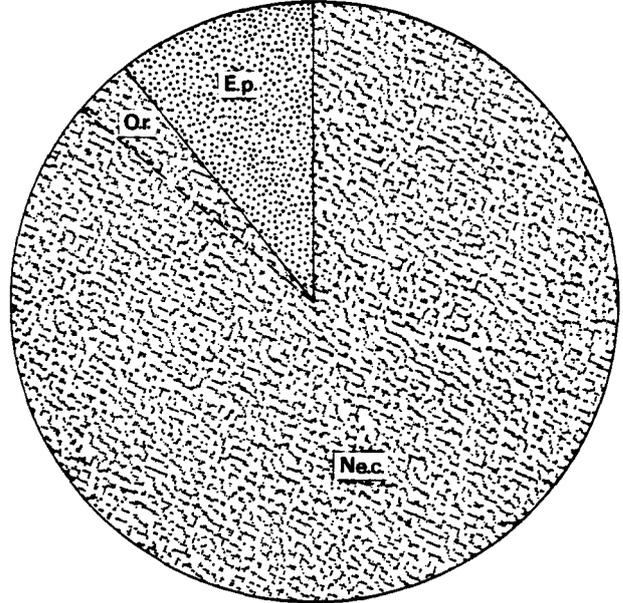
Cette station au relief tourmenté était habituellement la plus pauvre de l'estran. Cette station bénéficie de l'évolution générale des peuplements intertidaux depuis 2 ans. *Nephtys cirrosa* s'installe prouvant ainsi que la situation en bas niveau se stabilise et que le peuplement

STATION I



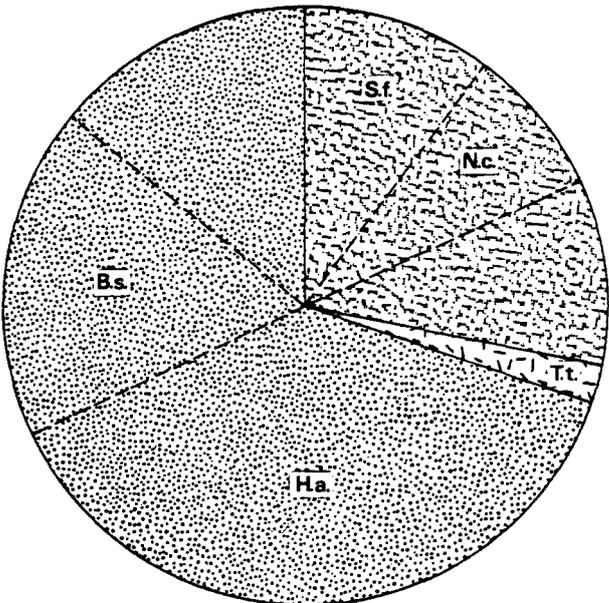
$N = 3120/m^2$

STATION J



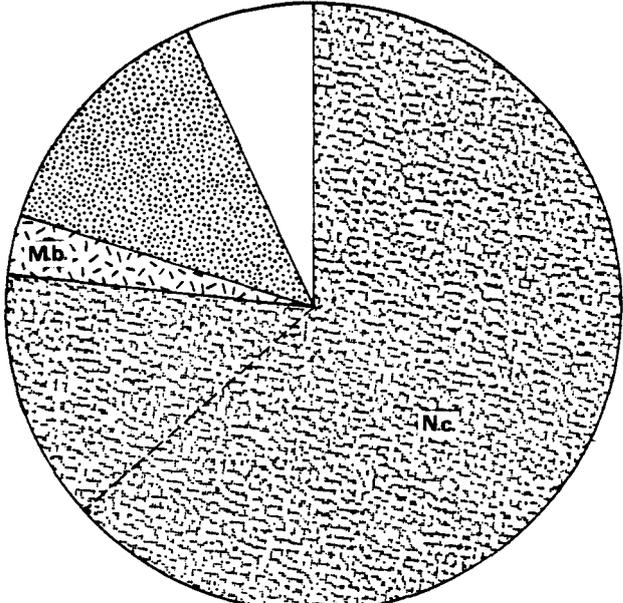
$N = 388/m^2$

STATION K



$N = 200/m^2$

STATION L

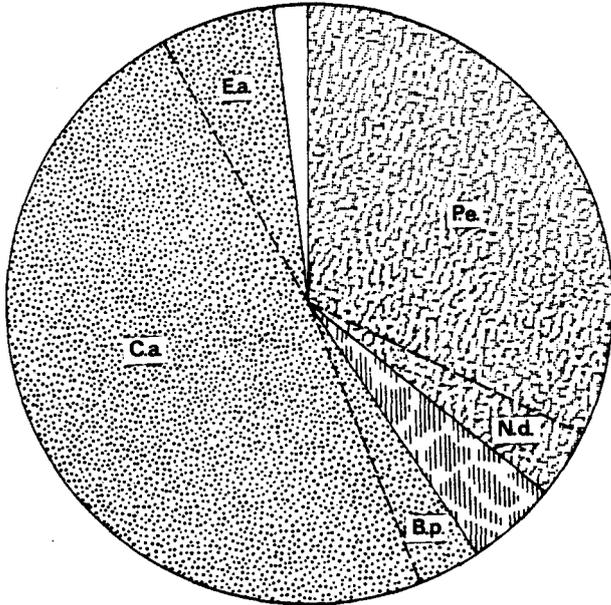


$N = 120/m^2$

FIG. VII . 3 : RADIALE II . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS

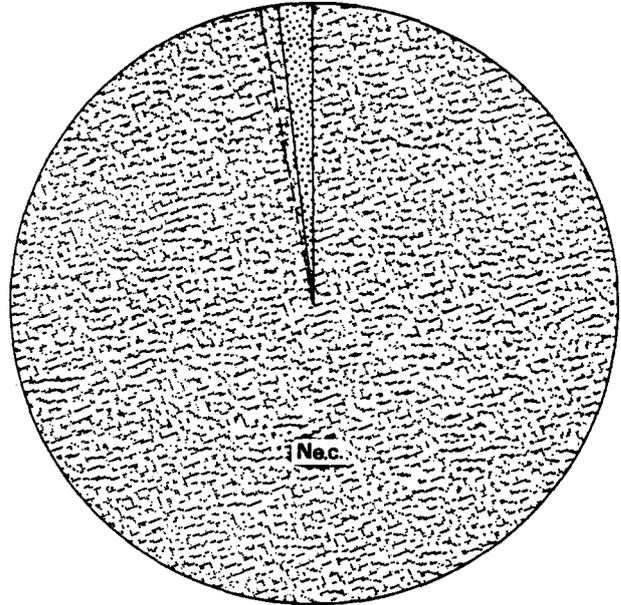
GROUPES ZOOLOGIQUES NOMBRE D'INDIVIDUS

STATION I



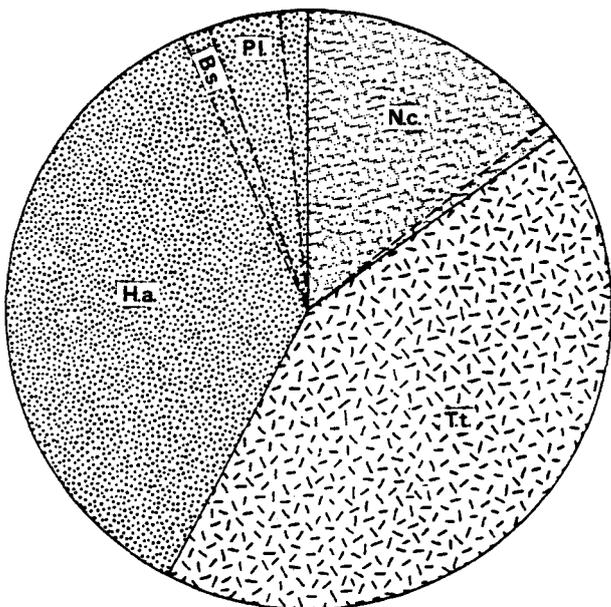
$B = 2,702 \text{ g/m}^2$

STATION J



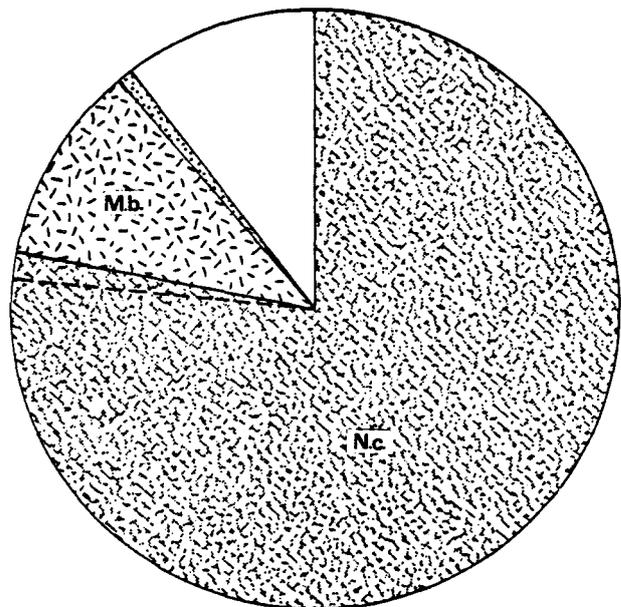
$B = 1,649 \text{ g/m}^2$

STATION K



$B = 1,480 \text{ g/m}^2$

STATION L



$B = 0,666 \text{ g/m}^2$

FIG. VII. 4 : RADIALE II . IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES

ZOOLOGIQUES (BIOMASSE)

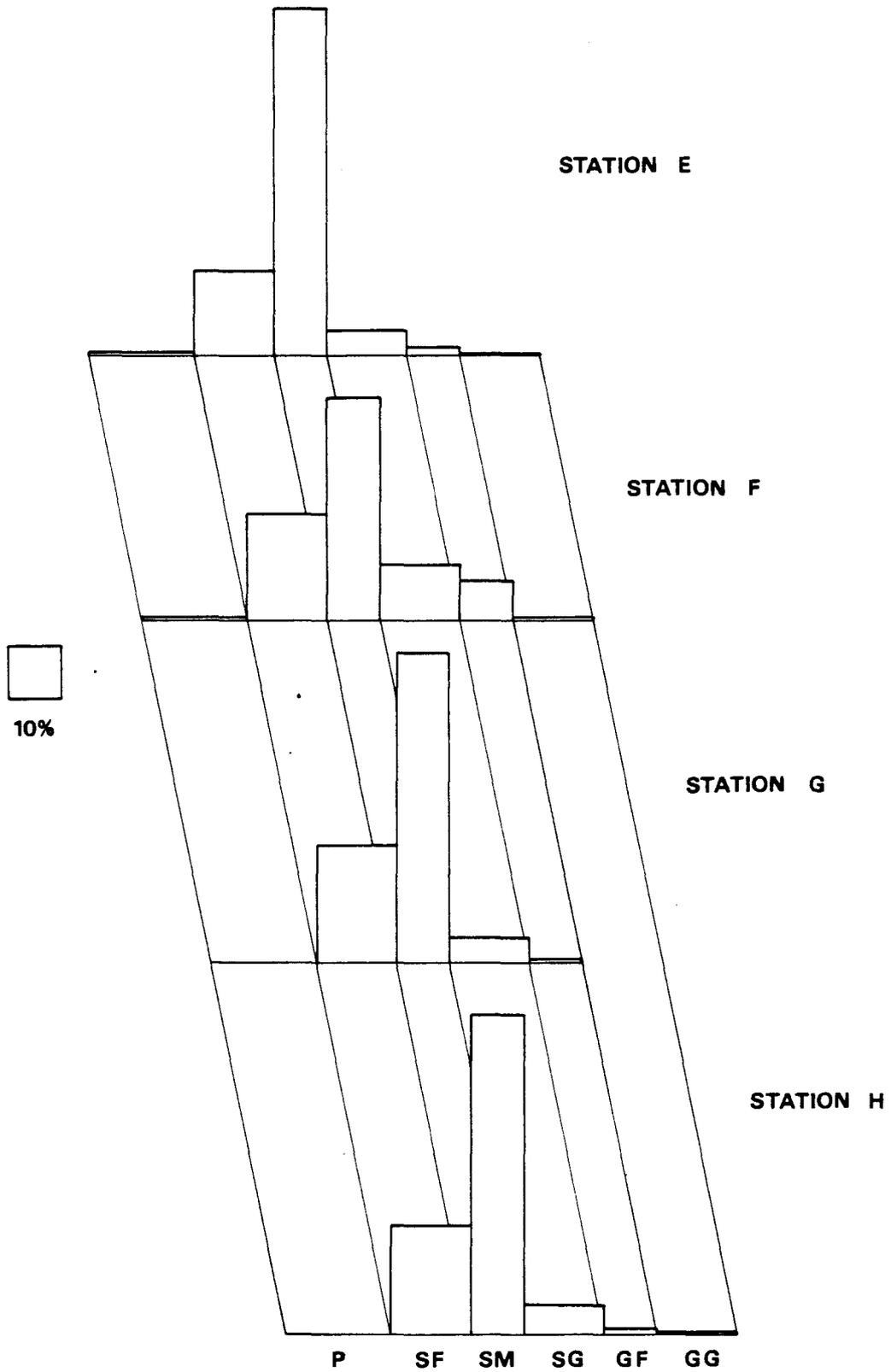


FIG. VII . 5 : RADIALE I , CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES
DES QUATRE STATIONS

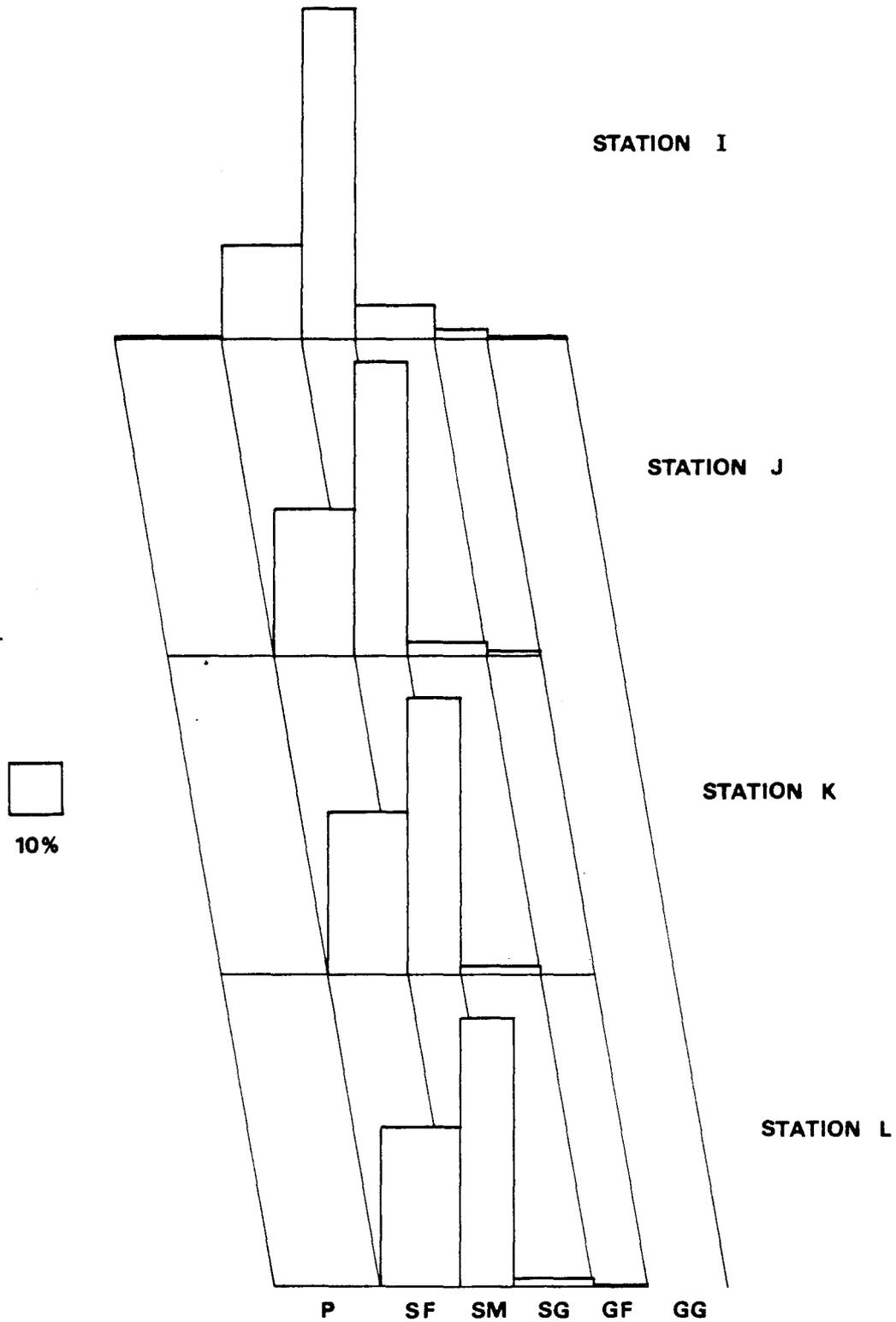


FIG. VII. 6 : RADIALE II , CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES
DES QUATRE STATIONS

tend vers un état d'équilibre.

2.2. Radiale 2

Le complexe des dunes et de bâches qui s'est installé en 1981 continue sa progression vers l'ouest tout en s'atténuant et en s'élargissant. Il atteint presque la radiale I au niveau de la station G. Les dunes (toujours au nombre de 3 sur l'estran) sont moins marquées ; les bâches, moins profondes, piègent néanmoins les vases. L'atténuation de la hauteur des dunes, difficilement estimable, peut être mise en évidence par la disparition de l'horizon de sable sec qui existait à leur sommet. Cette évolution morphologique provoque une redistribution des sédiments tant vers l'ouest que vers le haut de plage. La station J est en l'occurrence un bon témoin de l'impact de cette redistribution sédimentaire et du changement de niveau marégraphique qui en résulte.

2.2.1. Station I

En 1987, il avait été signalé que la pression du milieu (courant, salinité, granulométrie...) s'exerçait d'une manière instable sur le peuplement établi à cette station. Ce phénomène se vérifie en 1988.

Le cortège spécifique n'évolue pas mais les densités de nombreuses espèces diminuent : *Pygospio elegans*, *Hydrobia ulvae* et *Corophium arenarium*

Densités/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Oligochètes	0	0	0	0	12	4	8	84	88	40	0
<i>Pygospio elegans</i>	0	72	132	108	0	0	664	1448	2004	1472	1004
<i>Hydrobia ulvae</i>	196	0	12	9168	8596	452	1464	1684	100	800	312
<i>Corophium arenarium</i>	220	5280	6476	60	704	2068	400	380	1304	2512	1380
<i>Corophium volutator</i>	16	596	108	4	20	0	0	0	0	0	0
<i>Bathyporeia pilosa</i>	524	124	196	48	192	108	4448	40	1680	8	126
<i>Eurydice affinis</i>	204	16	4	4	24	0	284	4	272	68	268

Par contre, la densité de *Bathyporeia pilosa* et d'*Eurydice affinis* croissent. Ainsi que l'on peut l'observer depuis 1983, les variations de densité de *Bathyporeia pilosa* peuvent être reliées à la variation de la granulométrie du sédiment,

Résultats en %	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Pélites	7,39	0,13	1,10	0,88	1,22	0,99
Sables fins	36,99	17,63	40,22	36,19	25,08	26,32
Sables moyens	51,78	77,34	54,18	58,14	68,93	61,54

et notamment à la teneur des pélites :

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Pélites (% pondéraux)	7,39	0,13	1,10	0,88	1,22	0,99
<i>B. pilosa</i> (densité/m ²)	108	4448	40	1680	8	128

De faibles variations dans la teneur en pélites du sédiment peuvent en effet permettre ou interdire l'installation d'une population dense de *Bathyporeia pilosa*. La faible diminution de l'envasement provoque une faible augmentation de la densité de *B. pilosa*, faible par rapport à ce que peut être la densité de cette espèce à cette station quand elle rencontre des conditions écologiques optimales.

Il semble bien alors que la teneur en pélites enregistrée en 1988 se situe légèrement au dessus du seuil de tolérance à l'envasement de cette espèce, seuil qui doit se situer comme nous l'indiquions lors de l'étude précédente autour de 0,9%. Donc, depuis 1983, la destabilisation morphologique et sédimentologique des niveaux supérieurs de l'estran (caractérisée surtout par une forte tendance à l'affinement) due aux modifications de la circulation de l'eau peut se jumeler avec des variations transitoires et de faible amplitude de la teneur en pélites et agir dans un sens, bénéfique ou non selon le cas, sur la population de *Bathyporeia pilosa*.

Ces oscillations se font autour du seuil de tolérance de cette espèce. Ce résultat va dans le même sens que ce qui est décrit aux autres stations. Toutefois nous bénéficions dans le cas présent d'un bon indicateur des phénomènes de destabilisation des peuplements, en fonction de conditions édaphiques locales.

2.2.2. Station J

Cette station se situait, lors des études précédentes, en deça du complexe des dunes et de bâches. Cette année, du fait des modifications morphologiques citées plus haut, il apparaît que cette station est quasiment incluse au complexe. La redistribution des sédiments a donc provoqué une augmentation du niveau marégraphique de la station J. Il en résulte une diminution considérable de la diversité spécifique [l'indice de Shannon passe de 2,133 en 1987 (2,445 à 1986) à 0,673 en 1988].

Densité/m ²	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<i>Nerine cirratulus</i>	0	8	32	68	84	0	52	0	40	168	336
<i>Eurydice affinis</i>	84	44	152	4	16	20	796	60	200	452	40
<i>Eurydice pulchra</i>	8	0	32	24	36	28	60	4	8	480	0
<i>Bathyporeia pilosa</i>	180	368	84	0	12	72	296	28	272	276	0

Seules trois espèces ont été récoltées, aux deux espèces citées dans le tableau ci-dessus nous pouvons ajouter *Ophelia rathkei* (12/m²).

La population d'*Eurydice pulchra* passe de 480 à 40 individus/m². En 1987, 80% de la population était constituée de jeunes individus.

2.2.3. Stations K et L

On ne note pas d'évolution particulière à ces stations. Les peuplements sont typiques du niveau marégraphique, dominés par les Annélides (*Nephtys cirrosa*) et les Amphipodes.

3. Evolution de l'estran**3.1. Evolution de la structure granulométrique des stations supérieures**

Une analyse factorielle des correspondances (Fig. VII.7) a été réalisée sur les données granulométriques enregistrées aux quatre stations supérieures de l'estran (Stations E, F, I et J) de 1979 à 1988.

Cette analyse met en évidence plusieurs phénomènes intéressants

La station F a un comportement erratique. Cette irrégularité décale parfois les points-station F vers graviers fins et grossiers. Il faut mettre en cause ici la présence de nombreuses coquilles de coques, pour la plupart moulues (ce qui explique la proximité des points-granulométrie gravier fins et grossiers) vestiges des populations denses que la plage a

hébergées. Les stations E et I ont une tendance marquée vers l'affinement (sable fin). Le sédiment de la station J est constitué de sable moyen qui tend à s'affiner depuis 3 ans.

Mais le résultat le plus intéressant est sans doute la confirmation de l'homogénéisation de sédiments des hauts niveaux depuis 1984 (si l'on excepte la station F en raison des remarques faites plus haut). Les distances entre les points station sont plus réduites depuis 1984.

La circulation d'eau de refroidissement a donc provoqué depuis 1984, l'homogénéisation des conditions de sédimentation sur la totalité des niveaux supérieurs de l'estran respectant un léger envasement (oscillant autour de 1%) aux stations E et I. Ces oscillations permettent des modifications bionomiques importantes sans toutefois remettre en cause la structure fondamentale des peuplements.

3.2. Cas de la partie ouest

La disparition de *Corophium volutator* se confirme d'année en année. Les aspects franchement estuariens qui permettaient l'installation de populations de cet amphipode n'existent plus sur le site depuis la mise en fonctionnement de la centrale.

Les populations d'*Hydrobia ulvae* et de *Corophium arenarium* sont fragilisées, elles présentent des variations difficilement explicables.

La population de coque a totalement disparu. Le recrutement exceptionnel de 1987 sur les sites habituels de la région ne s'est pas fait sentir sur la plage de Gravelines. Les bivalves d'ailleurs ont presque totalement disparu : seules deux *Macoma balthica* ont été récoltées.

L'influence de la dessalure ne se fait pas sentir en 1988, la plupart des espèces euryhalines régressent ou disparaissent.

	Densité moyenne 1987	Densité moyenne 1988
<i>Ophelia rathkei</i>	12	2
Oligochètes	312	0
<i>Enoplus brevis</i>	305	0
<i>Nereis diversicolor</i>	3	0.5

3.3. Cas des spionidiens

Pygospio elegans et *Spio filicornis* ont des préférences thermiques différents : *Spio filicornis* espèce plus nordique a une période de reproduction plus précoce que *Pygospio elegans*. La population de *Spio* a totalement disparu des hauts niveaux de l'estran ce qui prouve que l'impact thermique continue à se faire sentir.

		1983	1984	1985	1986	1987	1988	
Spio filicornis	E	8	48	12	60	0	0	Ouest
	F	112	80	1324	236	0	0	
	I	12	12	0	0	0	0	Est
	J	20	0	0	0	0	0	
Pygospio elegans	E	0	0	0	1460	20	48	Ouest
	F	0	0	0	636	40	16	
	I	0	664	1448	2004	1472	1004	Est
	J	0	0	136	236	80	0	

Pygospio a disparu de la station J, cette disparition est à mettre en rapport avec les modifications morphologiques déjà citées.

Il ne faut pas perdre de vue toutefois que les effectifs de *Pygospio* restent très faibles sur la plage de Gravelines par rapport à ce qu'ils peuvent être sur d'autres sites. Cette espèce à comportement grégaire peut former de véritables bancs où la densité peut atteindre 100.000 individus/m².

3.4. Evolution de la biomasse

Les modifications bionomiques provoquent toujours des évolutions importantes de la biomasse. Toutes les altérations des conditions du milieu peuvent ainsi occasionner une dérive de la biomasse. Ainsi en 1987 on avait assisté à une chute considérable de la biomasse dans la partie ouest de la zone étudiée ; cette chute, due à une pollution, avait été de 80%. Ce phénomène ne s'était pas fait sentir dans la partie Est.

Année Station	1974 1975	1976 1977	1978- 1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
E' g/m ²	-	-	-	-	8,44	6,18	12,01	4,46	-	-	-	
E "	2,99	6,36	4,39	2,28	0,81	2,22	1,81	7,16	9,01	13,40	1,52	7,99
F "	1,65	3,37	11,16	6,99	10,29	9,37	52,98	6,28	5,79	6,67	2,12	0,05
G "	1,04	0,88	1,14	0,69	1,78	0,75	0,97	0,51	1,51	1,26	0,83	0,39
H "	0,37	0,29	0,16	0,28	0,37	3,22	0,86	0,27	0,18	0,24	0,16	0,87
I "	0,93	-	2,08	2,42	6,29	5,92	2,53	2,95	2,08	2,07	2,44	2,70
J "	0,66	-	1,80	0,22	0,40	0,56	0,12	0,58	0,24	0,40	1,49	1,65
K "	0,66	-	1,51	2,80	0,39	0,53	1,60	0,92	0,46	0,73	0,82	1,48
L "	0,29	-	0,12	0,21	0,58	1,03	11,89	0,26	0,45	0,43	0,61	0,67
Moyenne estran	1,13	-	2,80	1,98	3,27	3,30	9,42	2,37	2,46	3,15	1,25	1,98

En 1988, la biomasse évolue peu dans la partie est (+ 21%) en moyenne aux stations I, J, K et L) mais progresse fortement dans la partie ouest (+ 10% en moyenne aux stations E, F, G et H). La biomasse ne revient toutefois pas dans la partie ouest au niveau des études antérieures à 1987

3.5. Cas de *Temora longicornis*

L'échouage de *Temora* dont on ne savait en 1987 s'il était un phénomène anecdotique ou important c'est à nouveau produit en 1988. Seule la station H en a été affectée (12000 individus/m²). Cet échouage comprenait *Temora longicornis* (95%) accompagnée de *Pseudocalanus elongatus*, *Centropages hamatus* et quelques larves de *Polydora*, *Balanus* et de *Lanice*.

CONCLUSION

L'étude 1988 confirme la fragilisation de la structure bionomique de l'estran. Les communautés benthiques sont rendues vulnérables à des modifications du milieu qui pour l'instant n'affectent surtout que certaines populations sans remettre en cause la nature même des peuplements intertidaux.

Le facteur courantologique est devenu prépondérant, son effet s'est fait sentir à plusieurs niveaux :

- réduction de l'influence des rejets de l'Aa
- modification de la structure du complexe de dunes et de bâches.

Il apparaît que l'étirement vers l'ouest et vers les hauts de plage de cet ensemble a permis une meilleure canalisation des eaux de la

centrale vers la radiale I qui, ainsi a vu l'influence de la dessalure due à l'Aa de croître du fait d'une arrivée plus massive d'eaux marines. Ceci a provoqué la quasi disparition d'eaux dessalées.

Le nivellement relatif du complexe vers les hauts de plage au niveau de la radiale II a eu un effet immédiat sur la bionomie : seules 3 espèces ont pu se maintenir à la station J.

L'homogénéisation des caractéristiques granulométriques des niveaux supérieurs de l'estran se confirme (stations E, F, I et J). Les niveaux inférieurs (stations G, H, K et L) sont caractérisés par une grande stabilité bionomique et ne semblent pas affectés par le fonctionnement de la centrale.

On ne note pas d'évolution liée à un effet thermique au niveau des populations de spionidiens par rapport à l'étude précédente. La disparition de *Pygospio* de la station J doit être imputée aux modifications morphologiques citées plus haut.

TABLEAU VII.1 : RESULTATS BRUTS PAR 1/4 M² - RADIALE I

	STATION E		STATION F		STATION G		STATION H	
	Nb Ind.	Biom.	Nb Ind.	Biom.	Nb Ind.	Biom.	Nb Ind.	Biom.
Nemertes	1	1,8					2	21,0
Paraonis fulgens					12	0,9		
Nerine cirratulus	12	38,9	3	10,4	1	2,7	7	8,9
Spio filicornis					4	0,8	2	0,2
Pygospio elegans	12	0,5	4	0,2				
Spiophanes bombyx							3	0,3
Magelona mirabilis								
Ophelia rathkei			1	0,3				
Eteone longa			1	0,1				
Hediste diversicolor								
Nephtys cirrosa					4	58,9	9	183,9
Hydrobia ulvae	2831	1438,4						
Macoma balthica	2	10,8						
Tellina fabula								
Tellina tenuis								
Hautorius arenarius					5	29,2		
Urothoe brevicornis					1	0,4		
Bathyporeia pelagica							1	0,3
Bathyporeia pilosa	240	117,0	1	0,3				
Bathyporeia sarsi					4	0,9		
Pontocrates altamarinus							1	0,4
Atylus swammerdami							3	0,9
Corophium arenarium	302	320,6						
Eurydice affinis	126	56,7						
Eurydice pulchra	2	3,1	2	0,8	4	2,1	3	1,9
Crangon crangon							1	0,2
Liocarcinus holsatus					1	2,7		
Portumnus latipes	2	2,1						
Diptères	2	8,5						
Total	3532	1998,4	12	12,1	36	98,6	32	218,0

TABLEAU VII.2 : RESULTATS BRUTS PAR 1/4 M² - RADIALE II

	STATION I		STATION J		STATION K		STATION L	
	Nb Ind.	Biom.	Nb Ind.	Biom.	Nb Ind.	Biom.	Nb Ind.	Biom.
Nemertes							2	17,2
Paraonis fulgens								
Nerine cirratulus			84	403,7	2	1,7		
Spio filicornis					5	0,4		
Pygospio elegans	251	217,9						
Spiophanes bombyx					3	0,2	3	0,3
Magelona mirabilis							1	2,0
Ophelia rathkei			3	1,5				
Eteone longa								
Hediste diversicolor	1	24,6						
Nephtys cirrosa					4	52,7	19	127,8
Hydrobia ulvae	78	33,3						
Macoma balthica							1	18,1
Tellina fabula								
Tellina tenuis					1	158,2		
Hautorius arenarius					19	133,3		
Urothoe brevicornis								
Bathyporeia pelagica								
Bathyporeia pilosa	32	22,4						
Bathyporeia sarsi					9	4,8		
Pontocrates altamarinus							2	0,5
Atylus swammerdami								
Corophium arenarium	345	324,4						
Eurydice affinis	67	41,7						
Eurydice pulchra	2	0,7	10	7,1	3	1,2	2	0,7
Crangon crangon					3	2,8		
Liocarcinus holsatus								
Portumnus latipes					1	14,7		
Diptères	4	10,4						
Total	780	675,4	97	412,3	50	370,0	30	166,6

TABLEAU VII.3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT
DES HUIT STATIONS INTERTIDALES (% PONDERAUX)

	E	F	G	H	I	J	K	L
Gravier grossier	0,23	4,48	0	0,31	0,10	0	0	0
Gravier fin	1,36	7,17	0,54	1,04	1,84	0,09	0,10	0,18
Sable grossier	7,01	15,43	7,15	8,31	9,21	2,61	1,76	2,48
Sable moyen	66,46	42,01	58,81	59,95	61,54	56,24	52,05	51,27
Sable fin	24,03	30,22	33,50	30,36	26,32	41,01	46,05	46,00
Pérites	0,91	0,69	0,01	0,03	0,99	0,05	0,04	0,06
Poids Total (g)	422,41	379,96	440,75	317,69	622,84	397,49	362,32	533,60

CHAPITRE VIII

BENTHOS SUBTIDAL

GRAVELINES

1988

J.M. DEWARUMEZ

D. MENU

INTRODUCTION

Le suivi écologique du milieu benthique subtidal de Gravelines est assuré depuis 1973. Après une première phase qui a consisté à définir les unités bionomiques locales, les caractéristiques quantitatives sont régulièrement étudiées depuis 1976 en quatre stations situées dans 3 peuplements littoraux de la Mer du Nord.

La station A est située dans le peuplement de l'hétérogène envasé. Elle est située sur des fonds importants (25 m). Ce peuplement, éloigné de la côte, est peu soumis aux rejets telluriques et se montre d'une grande stabilité bionomique. Il est d'une grande richesse et très productif, sa biomasse moyenne est de 25 g/m².

Les stations B et C sont situées dans le peuplement à *Abra alba*. Ce peuplement est également très productif mais instable, non dans sa composition bionomique mais dans l'importance relative que peuvent prendre les 7 ou 8 espèces principales du peuplement d'une année sur l'autre. Les recrutements d'espèces telles que *Lanice conchilega*, *Abra alba*, *Tellina fabula* ou *Pectinaria Koreni* peuvent provoquer des variations de biomasse de 10 à 50 g/m². Ce peuplement est établi sur des fonds peu importants de l'ordre de 5 à 8 m de profondeur. Le peuplement à *Abra alba* est échantillonné en deux stations ceci afin de mettre en évidence l'impact de la centrale (station C) par comparaison avec une station témoin (station B). Il apparaît que la station C subit bien l'impact de la circulation d'eau sous la forme d'un dégraissage important et par conséquent par la disparition des espèces vasicoles au profit d'espèces sabulicoles.

La station D est effectuée au sein du peuplement à *Ophelia borealis*. Située au large, ce peuplement est d'une grande stabilité bionomique. Cette stabilité peut être vérifiée à l'occasion de dépôts de dragages effectués à proximité en 1985 :

- jusqu'en 1985 cette station était tout à fait typique du peuplement à *Ophelia borealis* et n'évoluait pas,

- depuis 1985 à la faveur des rejets de dragages effectués à l'ouest de la station, le sédiment a été alimenté en particules fines ce qui a permis l'installation d'espèces vasicoles qui depuis se maintiennent. La biomasse moyenne est de 2 g/m².

130

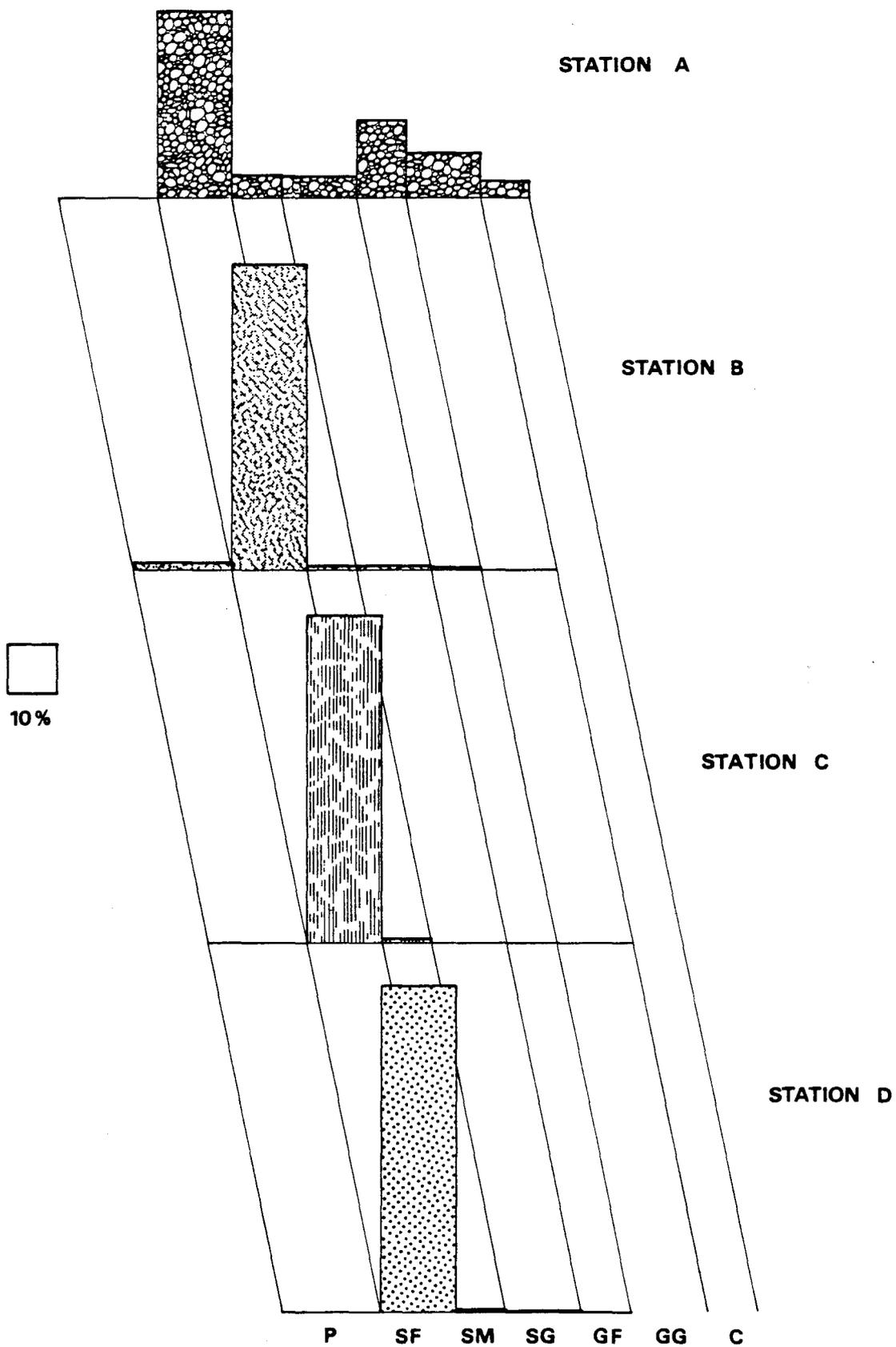


FIG. VIII. 1 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES AUX QUATRE

STATIONS SUBTIDALES

METHODOLOGIE

La campagne a été effectuée le 25 mai 1989 à bord du N/O SEPIA II, navire de la Station Marine de Wimereux. Les stations échantillonnées et la méthode employée restent inchangées.

RESULTATS**1) Analyse granulométrique**

L'ensemble des résultats est présenté sur le tableau VIII.3 et la figure VIII.1.

L'analyse fait apparaître quelques évolutions du sédiment par rapport à 1987, notamment au niveau de la teneur en pélites.

L'envasement de la station A semble diminuer d'une manière significative depuis 3 ans (2,5% en 1986 à 0,43% en 1988) sans que l'on ressente la moindre différence au niveau du cortège spécifique. Il est possible que l'on soit là en présence d'un problème d'échantillonnage. Le sédiment étant par définition hétérogène, les pélites sont réparties de manière hétérogène au sein du sédiment. Le sous-échantillonnage aux fins d'analyse granulométrique peut introduire un biais supplémentaire. Il va de soi que les espèces récoltées peuvent rendre compte de ce biais. Ainsi le cortège spécifique de la station A montre bien, en 1988, la stabilité du peuplement de l'hétérogène envasé.

La station B ne montre pas d'évolution dans la teneur en pélites.

Les teneurs en pélites des stations C et D chutent de manière considérable par rapport à 1987. L'envasement noté lors de l'étude précédente n'a donc été que transitoire. Si pour la station D il semble que l'on puisse imputer les rejets de vases portuaires pour l'envasement de 1987, l'envasement à la station C pendant la même période semble plus difficilement explicable.

2. Analyse bionomique

(Tableaux VIII.2 et 3, Fig. VIII.2 et 3)

94 taxons ont été récoltés. Ils se répartissent comme suit :

4 Cnidaires

3 Nemertes

2 Oligochètes

34 Annélides Polychètes : 19 sédentaires

15 errantes

LEGENDES DES FIGURES VIII.2 ET VIII.3

Cnidaires

Annélides

Mollusques

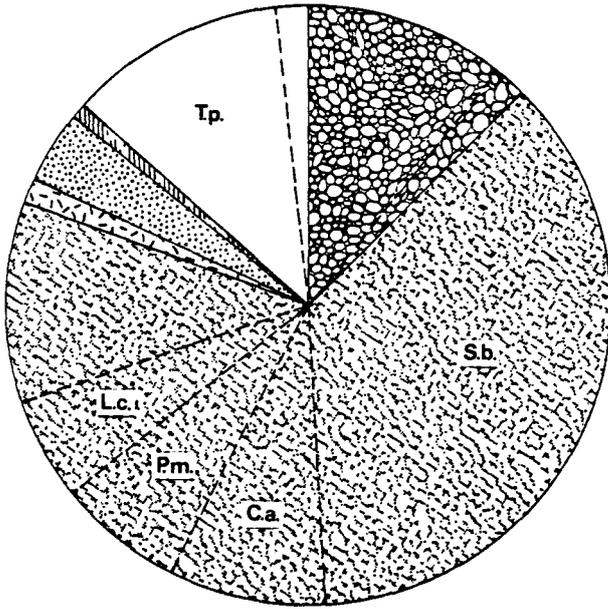
Crustacés

Echinodermes

Divers

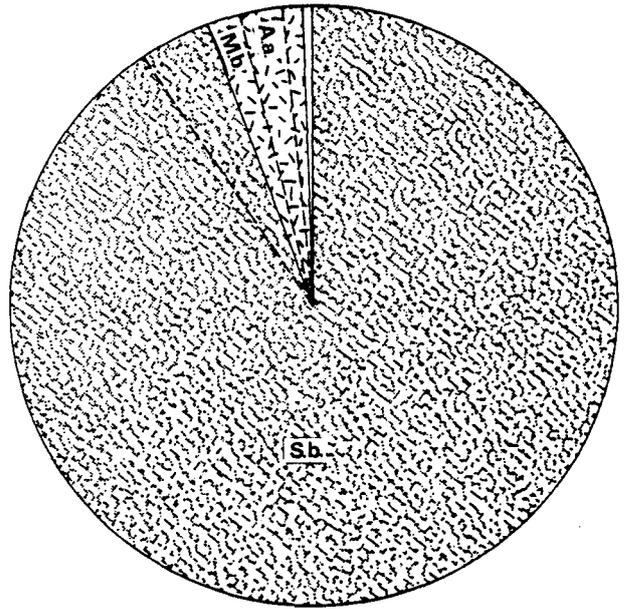
A.a. : <i>Abra alba</i>	N. ci. : <i>Nephtys cirrosa</i>
A.g. : <i>Anaïtides groenlandica</i>	Ne. ci : <i>Nephtys cirratulus</i>
B.e. : <i>Bathyporeia elegans</i>	N. h. : <i>Nephtys hombergii</i>
C.l. : <i>Cerianthus lloydii</i>	S.b. : <i>Spiophanes bombyx</i>
E.c. : <i>Echinocardium cordatum</i>	S.s. : <i>Spisula solida (ovalis)</i>
L.c. : <i>Lanice conchilega</i>	S.t. : <i>Sagartia troglodytes</i>
M.b. : <i>Mysella bidentata</i>	T.p. : <i>Tubulanus polymorphus</i>
M.m. : <i>Magelona mirabilis</i>	
M.t. : <i>Mya truncata</i>	

STATION A



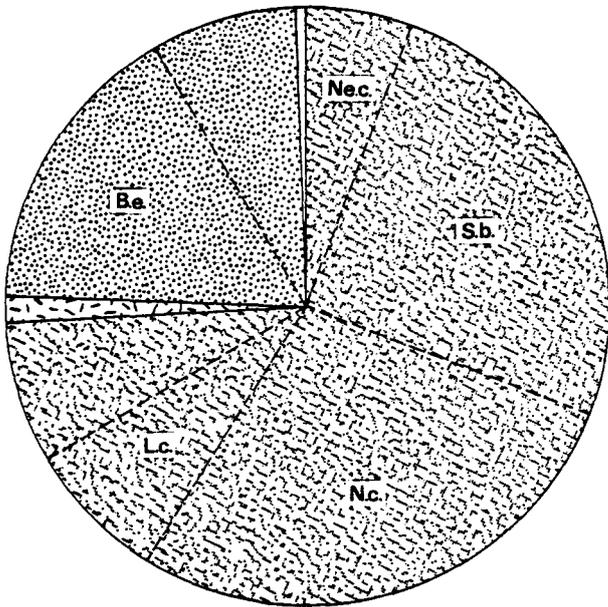
$N = 1928 / m^2$

STATION B



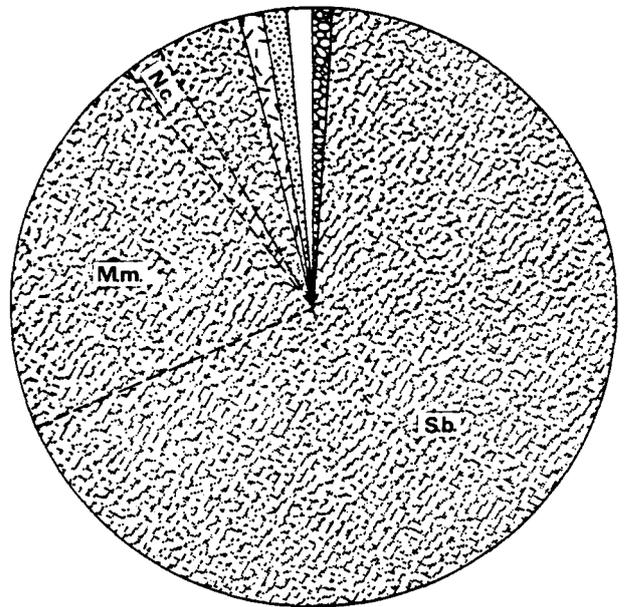
$N = 26\,409 / m^2$

STATION C



$N = 143 / m^2$

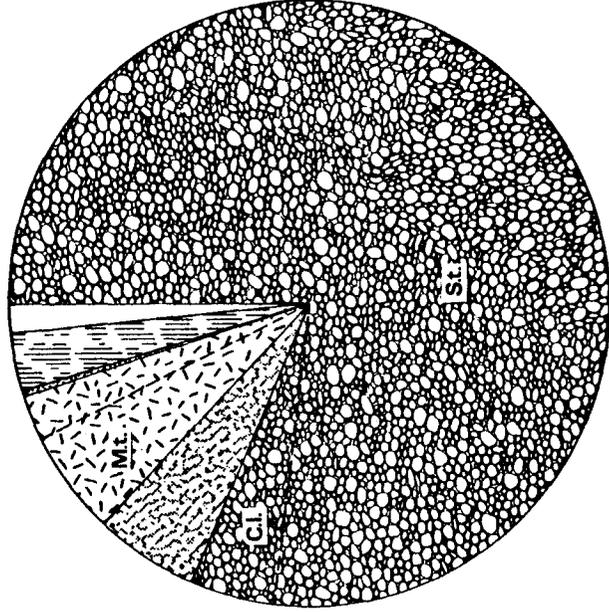
STATION D



$N = 2\,739 / m^2$

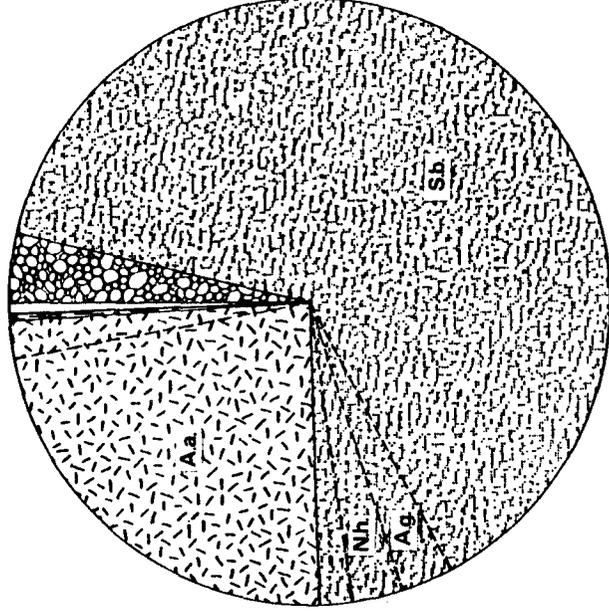
FIG. VIII. 2 : IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPES ZOOLOGIQUES
(NOMBRE D'INDIVIDUS)

STATION A



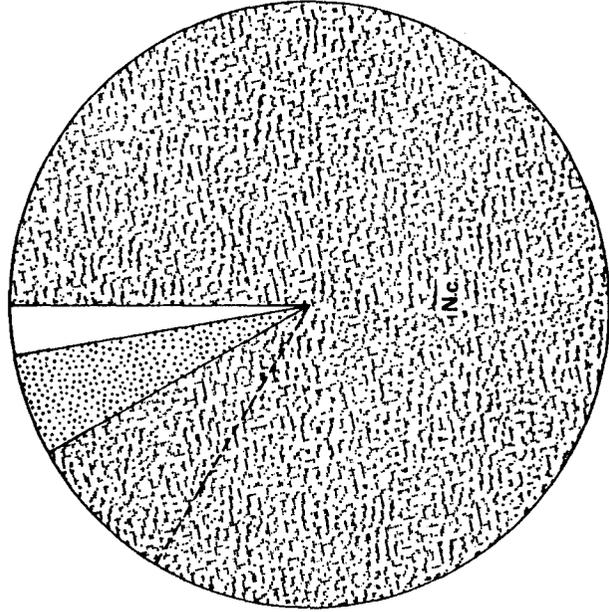
B = 21,678 g/m²

STATION B



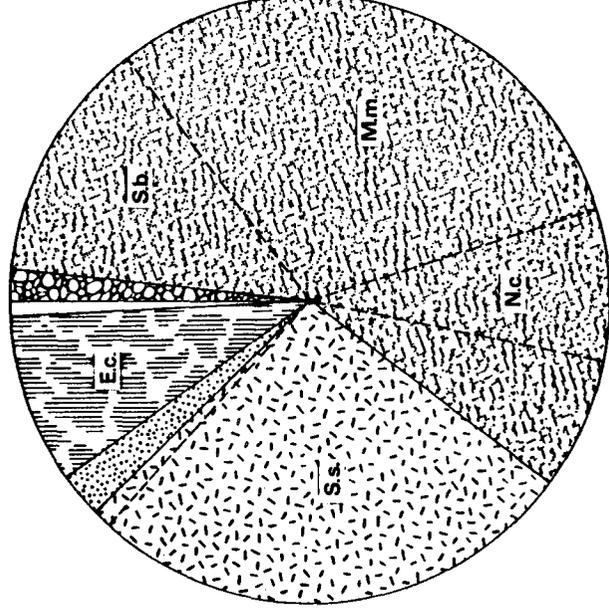
B = 66,740 g/m²

STATION C



B = 0,262 g/m²

STATION D



B = 3,059 g/m²

FIG. VIII. 3 : IMPORTANCE RELATIVE DES DIFFERENTS GROUPEZ ZOOLOGIQUES (BIOMASSE)

2	Sipunculien
12	Mollusques : 2 Gastéropodes
	10 Bivalves
1	Phoronidien
28	Crustacés : 15 Amphipodes
	1 Isopode
	2 Cumacés
	2 Mysidacés
	8 Décapodes
5	Echinodermes : 3 Ophiurides
	2 Echinides
3	Poissons.

Ces 94 espèces représentent un nombre total d'individus de 31219, ce qui est tout à fait considérable vis à vis des résultats des études antérieures.

2.1. Station A

Cette station est d'une grande stabilité bionomique en comparaison des études précédentes. Le cortège spécifique est tout à fait caractéristique du peuplement de l'hétérogène envasé.

A cette station il est parfois possible de mettre en évidence d'une année à l'autre des tendances bionomiques plus ou moins marquées, mais toujours temporaires, vers des aspects de peuplement des fonds caillouteux ou sableux voire envasés. Mais cela est dû à l'hétérogénéité du cortège spécifique de ce peuplement constitué d'espèces à tendance caillouticole, sabulicole ou vasicole. Ainsi selon les hasards de l'échantillonnage, tel ou tel aspect pourra être favorisé et sembler prépondérant.

L'étude 1988 confirme la richesse de ce peuplement : 60 espèces récoltées pour une densité de 1928 individus par m². Le peuplement est très diversifié (H = 3,433 ; E = 0,581).

Les espèces dominantes sont vasicoles *Caulleriella alatus*, *Notomastus latericeus*, *Scoloplos armiger*, *Spiophanes bombyx*, *Pholoe minuta* et *Lanice conchilega*. Les espèces caractéristiques du peuplement sont également bien représentées : *Sagartia troglodytes*, *Cerianthus lloydii*, *Sthenelais boa* et *Mya truncata*. Il est à noter la récolte pour

TABLEAU VIII.1 : RESULTATS BRUTS - NOMBRE D'INDIVIDUS/M²

	Station A	Station B	Station C	Station D
Sagartia troglodytes	205	3		
Edwardsia sp.				25
Cerianthus lloydii	32			
Lineus bilinealus	1			
Cerebratulus sp.	2	4	1	12
Tubularus polymorphus	230	43		2
Emplectonema neesi	7			
Grania maricola	3			
Tubificidae sp.	2			
Scoloplos armiger	48	1		5
Nerine bonnieri				20
Nerine cirratulus			8	
Spio filicornis	18	2	3	5
Spiophanes bombyx	707	23899	36	1848
Aonides paucibranchiata	25	2		1
Magelona mirabilis		66	4	580
Caulleriella alatus	163			2
Cirratulus cirratus	2			
Chaetozone setosa	1	1		21
Notomastus latericeus	47	2		1
Capitella capitata	12	2		1
Arenicola marina		1		
Ophelia borealis				2
Scalibregma inflatum	1	1		
Anaitides mucosa	1	294		
Anaitides groenlandica	1	53		
Anaitides rosea				2
Eumida sanguinea	3	32		5
Eteone longa		10	4	31
Harmothoe lunulata	18	30		6
Sthenelais boa	15	7		
Pholoe minuta	130	191		4
Eunereis longissima		2		
Nephtys cirrosa			40	49
Nephtys caeca		1		
Nephtys hombergii	1	224		
Nephtys longosetosa				11
Glycinde normanni	1			
Poecilochaetus serpens	5			
Owenia fusiformis	3	20		
Lagis koreni	3	8		
Lanice conchilega	107	46	11	3
Polycirrus medusa	1			
Golfingia minuta	2			
Golfingia vulgaris	5	1		

	Station A	Station B	Station C	Station D
Natica alderi	8	1		
Nassarius reticulatus	1	13		
Mytilus edulis		2		
Venerupis pullastra		1		
Montacuta ferruginosa		3		
Mysella bidentata	15	482		9
Spisula solida (ovalis)				15
Spisula subtruncata		13		
Tellina fabula		216	1	6
Abra alba		602	1	
Macoma balthica		69		
Mya truncata	3	1		
Phoronis mulleri	3			
Orchomene nana	1			
Tryphosella sarsi	1			
Tritaeta gibbosa	1			
Melita obtusata	28			
Melita gladiosa	4			
Haustorius arenarius			1	
Urothoe poseidonis	1	4	1	3
Urothoe elegans	5			
Bathyporeia elegans	1	1	23	5
Bathyporeia guillamsonniana			1	19
Pontocrates altamarinus			3	
Megaluropis agilis	1			5
Atylus swammerdami	5			1
Gammaropsis maculata				1
Caprella linearis	1			
Idotea linearis		1		
Pseudocuma longicornis			1	21
Diastylis bradyi		20	1	
Gastrosaccus spinifer	17			9
Schistomysis kervillei	1			
Callianassa tyrrhena		1		
Pandalus montagui	1			
Processa canaliculata				2
Crangon crangon	3	1	3	1
Anapagurus hyndmanni	1			
Corystes crassivelaunus	1			1
Liocarcinus holsatus	7	2		1
Macropodia rostrata	1			
Acrocnida brachiata		1		
Ophiura albida	10			1
Ophiura texturata		19		1
Psammechinus miliaris	2	1		
Echinocardium cordatum		5		1
Hyperoplus lanceolatus		4		
Cyclopterus lumpus	3			
Solea solea				1
	1928	26409	143	2739

TABLEAU VIII.2 : RESULTATS BRUTS - BIOMASSE EN MG/M²

	Station A	Station B	Station C	Station D
Sagartia troglodytes	16018,7	2486,2		
Edwardsia sp.				53,4
Cerianthus lloydii	1663,7			
Lineus bilinealus	3,2			
Cerebratulus sp.	27,8	376,8	6,8	16,8
Tubularus polymorphus	183,0	101,0		1,4
Emplectonema neesi	46,7			
Grania maricola	0,2			
Tubificidae sp.	0,1			
Scoloplos armiger	223,0	0,7		6,5
Nerine bonnieri				62,5
Nerine cirratulus			9,3	
Spio filicornis	7,8	0,1	0,3	0,4
Spiophanes bombyx	124,8	42454,8	4,8	389,4
Aonides paucibranchiata	10,3	0,5		0,1
Magelona mirabilis		54,5	6,0	936,9
Caulleriella alatus	42,1			2,1
Cirratulus cirratus	0,9			
Chaetozone setosa	0,2	0,1		8,8
Notomastus latericeus	301,7	4,1		7,6
Capitella capitata	1,0	0,1		0,1
Arenicola marina		14,3		
Ophelia borealis				29,9
Scalibregma inflatum	0,3	2,1		
Anaitides mucosa	0,2	76,9		
Anaitides groenlandica	6,6	1785,0		
Anaitides rosea				5,6
Eumida sanguinea	0,5	16,2		4,1
Eteone longa		1,0	0,7	3,8
Harmothoe lunulata	16,5	23,8		2,1
Sthenelais boa	296,3	220,4		
Pholoe minuta	20,8	168,0		0,4
Eunereis longissima		136,4		
Nephtys cirrosa			218,9	248,3
Nephtys caeca		15,5		
Nephtys hombergii	1,2	1828,2		
Nephtys longosetosa				84,3
Glycinde normanni	19,4			
Poecilochaetus serpens	0,5			
Owenia fusiformis	8,5	96,4		
Lagis koreni	70,0	316,8		
Lanice conchilega	30,4	1,0	0,6	0,2
Polycirrus medusa	0,5			
Golfingia minuta	0,2			
Golfingia vulgaris	36,7	3,4		

	Station A	Station B	Station C	Station D
Natica alderi	151,2	17,3		
Nassarius reticulatus	391,8	187,1		
Mytilus edulis		0,1		
Venerupis pullastra		26,2		
Montacuta ferruginosa		0,7		
Mysella bidentata	5,5	118,5		1,8
Spisula solida (ovalis)				824,3
Spisula subtruncata		192,1		
Tellina fabula		330,9	0,2	9,6
Abra alba		14934,4	0,2	
Macoma balthica		454,1		
Mya truncata	1216,7	42,7		
Phoronis mulleri	0,2			
Orchomene nana	0,2			
Tryphosella sarsi	0,2			
Tritaeta gibbosa	0,1			
Melita obtusata	7,5			
Melita gladiosa	0,8			
Haustorius arenarius			2,6	
Urothoe poseidonis	0,3	1,3	0,4	0,8
Urothoe elegans	2,0			
Bathyporeia elegans	0,4	0,3	7,2	1,3
Bathyporeia guillamsonniana			0,9	7,8
Pontocrates altamarinus			0,8	
Megaluropis agilis	0,2			1,1
Atylus swammerdami	1,7			0,2
Gammaropsis maculata				0,3
Caprella linearis	0,1			
Idotea linearis		24,1		
Pseudocuma longicornis			0,1	0,1
Diastylis bradyi		8,6	0,4	
Gastrosaccus spinifer	26,2			9,4
Schistomysis kervillei	0,2			
Callianassa tyrrhena		2,2		
Pandalus montagui	8,8			
Processa canaliculata				49,9
Crangon crangon	12,0	14,3	1,7	1,9
Anapagurus hyndmanni	0,7			
Corystes crassivelaunus	1,0			0,7
Liocarcinus holsatus	4,5	0,5		0,5
Macropodia rostrata	0,5			
Acrocnida brachiata		0,5		
Ophiura albida	17,8			0,2
Ophiura texturata		53,8		0,3
Psammechinus miliaris	657,6	18,7		
Echinocardium cordatum		124,1		277,7
Hyperoplus lanceolatus		2,7		
Cyclopterus lumpus	6,0			
Solea solea				5,3
	2168,00	66739,5	261,9	3058,8

la première fois et en très grand abondance de *Tubulanus polymorphus*, némete à affinité vasicole (230 ind/m²). Une autre némete à affinité vasicole a également été récoltée : *Emplectonema neesi*.

Les densités de *Spiophanes bombyx* sont en nette diminution par rapport à l'étude précédente.

Les Amphipodes caractéristiques du peuplement des cailloutis sont bien représentés : *Melita gladiosa*. Notons enfin la première récolte de *Phoronis muelleri* (3/m²), phoronidien à affinité vasicole.

La biomasse est forte : 21,7 g/m². Les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse (tableau VIII.4) sont *Sagartia troglodytes* (16,0 g, 73,9%) *Cerianthus lloydii* (1,7 g, 77%) et *Mya truncata* (1,2 g, 5,6%).

2.2. Station B

Le peuplement à *Abra alba* est sujet comme l'ont montré les études précédentes à des recrutements importants d'espèces telles que *Spiophanes bombyx*, *Lanice conchilega*, *Pectinaria koreni*, *Tellina fabula* et *Abra alba*. Toutes ces espèces sont caractéristiques de ce peuplement.

En 1987, 3 espèces avaient fortement recruté : *Spiophanes bombyx* (6350/m²), *Lanice conchilega* (5200/m²), *Macoma balthica* (3528/m²). A un moindre degré d'autres espèces faisaient état également d'un bon recrutement : *Anaitides mucosa* (738/m²), *Tellina fabula* (513/m²) et *Pectinaria koreni* (255/m²). *Abra alba* avait pour sa part été récoltée en faible densité (15/m²) en été avant de présenter des densités très fortes (3654/m²) en automne. Cette densité ne pouvait être reliée qu'à des apports d'individus âgés par migration passive.

En 1988, le résultat le plus marquant est sans contestation possible le recrutement extraordinaire de *Spiophanes bombyx*. La densité de cette espèce atteint 23899 individus par mètre carré pour une biomasse de 42,5 g.

En ce qui concerne *Abra alba*, il résulte de sa colonisation tardive de 1987 une forte densité : 602/m² pour une biomasse de 14,9 g. Les autres espèces abondamment représentées sont *Mysella bidentata* (482/m²), *Anaitides mucosa* (294/m²), *Nephtys hombergii* (224/m²), *Tellina fabula* (216/m²), *Pholoe minuta* (191/m²), *Macoma balthica* (69/m²), *Magelona mirabilis* (66/m²), *Anaitides groenlandica* (53/m²), *Lanice conchilega* (46/m²), *Tubulanus polymorphus* (43/m²). Toutes ces espèces ont des

affinités vasicoles incontestables. Notons pour ce qui est de *Tubulanus polymorphus* que sa récolte à la station B (en moins grande quantité qu'à la station A, il est vrai) montre que l'apparition de cette espèce a lieu dans tous les sédiments envasés. Il résulte de tout cela que la densité de population à la station B est extraordinairement élevée : 26409 individus par mètre carré pour 50 espèces et une biomasse totale de 66,7 g/m².

La diversité est évidemment très faible si l'on tient compte de *Spiophanes bombyx* qui représente 90% des individus : $H = 0,787$; $E = 0,139$. Par contre le peuplement peut être considéré comme très diversifié si l'on fait abstraction de *Spiophanes bombyx* : $H = 3,508$; $E = 0,625$. Il est à signaler d'ailleurs que le peuplement hors *Spiophanes bombyx* reste à un niveau similaire de densité (2510/m²) par rapport aux études précédentes. Cela venant à dire en fait que le recrutement extraordinaire d'une espèce n'affecte pas les autres espèces mais vient toujours se surajouter à un peuplement fortement diversifié, ceci se vérifie régulièrement depuis le début des études.

2.3. Station C

Cette station permet de mettre en évidence l'impact de la centrale de Gravelines sur le peuplement à *Abra alba*. En 1987, il avait été noté un léger envasement à cette station. L'augmentation de la teneur en fines, pour faible qu'elle fût, avait toutefois permis l'installation d'espèces vasicoles. Ces espèces étaient, certes, moins abondantes qu'à la station B, mais, on pouvait noter une très nette différence par rapport aux études antérieures.

Ce phénomène n'a été, en définitive, que tout à fait transitoire. Il n'est, en effet, pas possible de mettre en évidence cette année d'envasement du sédiment à cette station.

Il s'ensuit donc une quasi disparition des espèces vasicoles comme *Spiophanes bombyx* (36/m²), *Lanice conchilega* (11/m²) et *Mageiona mirabilis* (4/m²).

L'espèce dominante est sabulicole : *Hephtys cirrosa* (40/m²), elle est accompagnée par *Bathyporeia elegans* (23/m²) et *Merine cirratulus* (8/m²), autres espèces sabulicoles.

18 espèces ont été récoltées au total, pour une densité de 143/m² et une biomasse de 0,2 g/m². Ces résultats sont tout à fait dans la norme de

ceux que l'on a pu enregistrer les années antérieures si l'on excepte 1987.

Le peuplement est très diversifié : $H = 3,000$ et $E = 0,719$.

La comparaison des résultats enregistrés aux deux stations du peuplement à *Abra alba* montre une fois de plus l'impact considérable que la circulation d'eau peut avoir sur les peuplements benthiques du champ proche (Fig. VIII.7). On note un déficit considérable au niveau de certaines espèces comme *Spiophanes bombyx*, *Abra alba*, *Anaitides mucosa* et *Tellina fabula*.

Le déficit global est de 26266 individus/m² soit 99,5% de la densité totale de la station B et de 66,48 g/m², soit 99,6% biomasse de la station B.

Mais en l'occurrence ce qui semble plus grave c'est que la circulation d'eau annihile toute possibilité de recrutements importants de telle ou telle espèce dont on sait maintenant qu'ils représentent une étape indispensable dans l'évolution du peuplement à *Abra alba* dans la zone considérée.

2.4. Station D

Cette station depuis quelques années a été colonisée par des espèces vasicoles à la faveur des rejets de dragages du port de Dunkerque-ouest. Les résultats enregistrés en 1988 confirment d'une manière indiscutable le maintien de cette colonisation.

Les espèces dominantes sont vasicoles : *Spiophanes bombyx* (1848/m²), *Magelona mirabilis* (580/m²), *Chaetozone setosa* (21/m²). Mais de nombreuses espèces sabulicoles sont également présentes : *Nephtys cirrosa* (49/m²), *Pseudocuma longicornis* (21/m²), *Nerine bonnieri* (20/m²), *Bathyporeia guillamsonniana* (19/m²), *Spisula [ovalis] solida* (15/m²).

La régression d'*Ophelia borealis* se confirme (2/m²) cette espèce ne trouve plus localement les conditions nécessaires à son maintien, du fait de l'envasement permanent. C'est donc *Spiophanes bombyx* et *Magelona mirabilis* qui profitent de l'apport de fines par le rejet de dragages. Il faut toutefois signaler que le recrutement de *Spiophanes* est très nettement inférieur à celui de la station B. La densité de la population de *Magelona mirabilis* reste remarquablement stable depuis le début de l'envasement (tableau VIII.8) : 992 en 1985, 470 en 1986, 695 en 1987 et 580 en 1988.

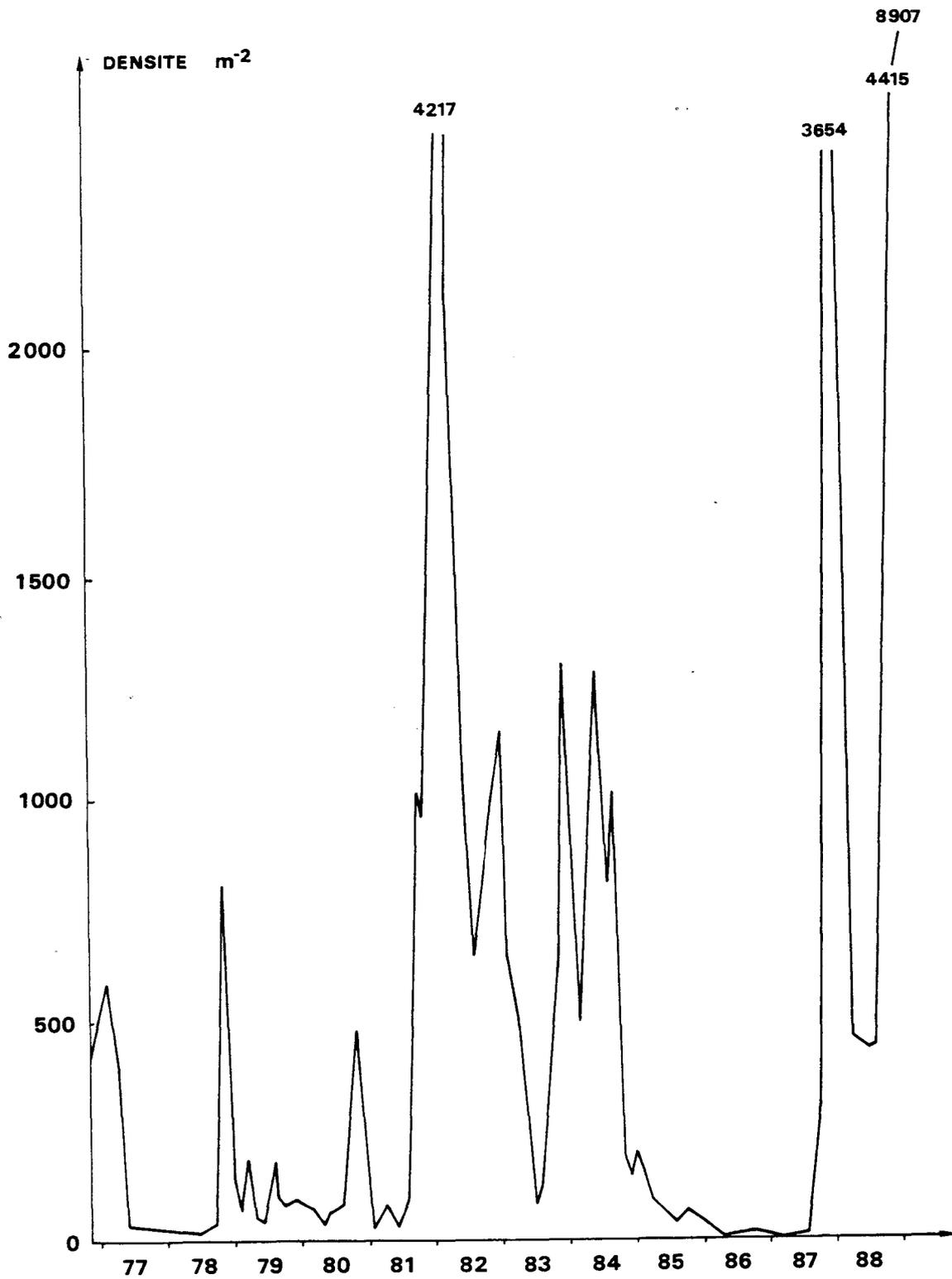


FIG. VIII . 4 : *Abra alba* , VARIATIONS DE LA DENSITE DE LA POPULATION

41 espèces ont été récoltées pour une densité totale de 2739/m², la biomasse reste comparable à celle enregistrée lors des études antérieures 3,1 g/m². Ce peuplement est faiblement diversifié du fait de l'importance de *Spiophanes bombyx* et de *Magelona mirabilis* : H = 1,712 et E = 0,320.

Mais ce qu'il faut souligner une fois de plus c'est la très grande stabilité de ce peuplement que cela soit avant l'envasement anthropique ou après.

3 - ETUDE DES POPULATIONS D'ABRA ALBA ET DE TELLINA FABULA

Abra alba et *Tellina fabula* sont deux bivalves caractéristiques du peuplement à *Abra alba*. Leurs populations sont suivies quantitativement de façon régulière depuis 1978 (Fig. VIII.4 et VIII.6).

3.1. *Abra alba* (Fig. VIII.4 et 5)

Les études précédentes ont montré une régression importante de la population d'*Abra alba* depuis 1984. Celle-ci passant de 1000 individus/m² au cours de l'été 1984 à 4/m² en février 1987.

En septembre 1987 la densité augmente sensiblement : 292/m² à la faveur semble-t-il d'un recrutement estival plus tardif qu'à l'accoutumée. Par contre, l'augmentation enregistrée entre septembre et octobre 1987 ne relève pas du même phénomène. Cette augmentation importante (3300/m²) et brutale intéresse toutes les classes d'âge. Il semble donc que l'on était encore en présence de phénomènes de migrations passives. En 1988 la population est restée à un haut niveau de densité (400 à 600/m²) jusqu'en juin 1988. En fin d'année, nous avons observé une véritable explosion démographique : la densité est passée à 4415/m² début octobre et à 8907/m². Les prélèvements ultérieurs en période hivernale 88-89 et au printemps 89 montrent que la population demeure à un niveau exceptionnellement haut si l'on tient compte de la durée du phénomène : de 4000 à 5000 individus/m².

L'explosion démographique est due sans conteste à un recrutement surnuméraire en octobre comme le montre la figure VIII.5 mais aussi à des apports massifs d'individus plus âgés.

Pendant toute la période hivernale 1987-1988 les histogrammes ont eu une allure unimodale, toutes les cohortes étant confondues en un seul pic. Cette situation s'est maintenue jusqu'en mai. Le 10 mai seuls les individus les plus âgés (cohorte 2 ans et plus) étaient encore présents,

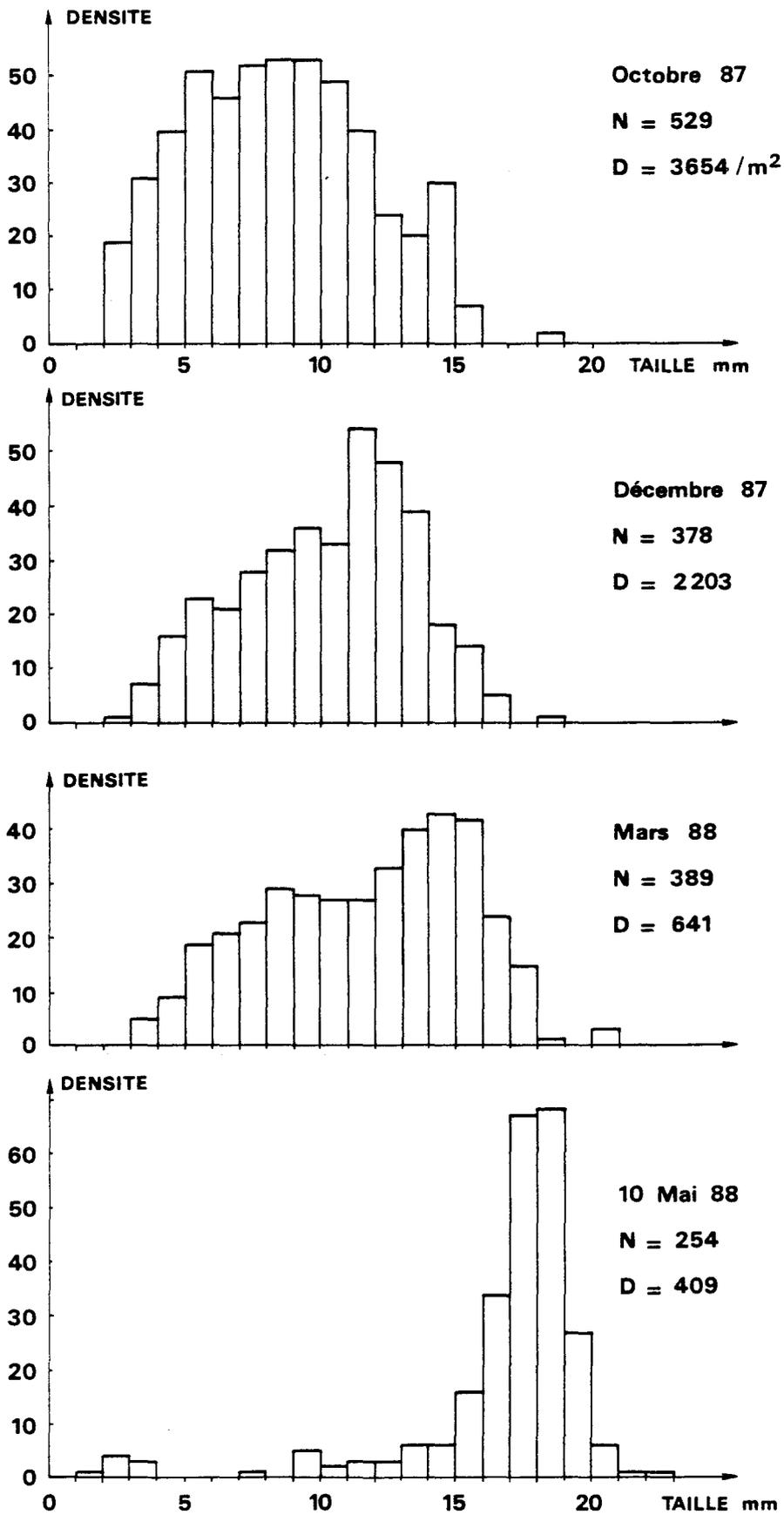


FIG. VIII . 5 : *Abra alba*, HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

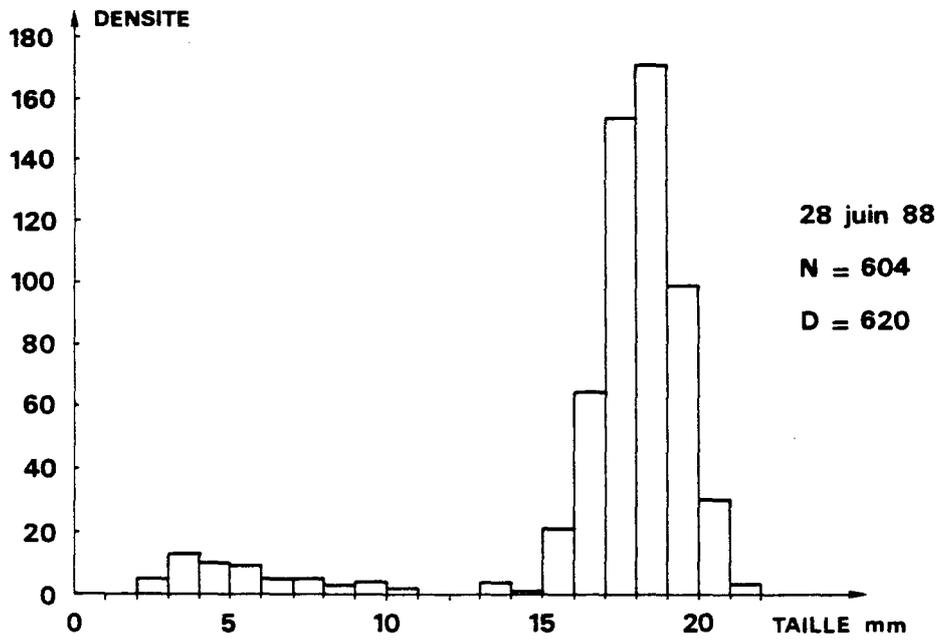
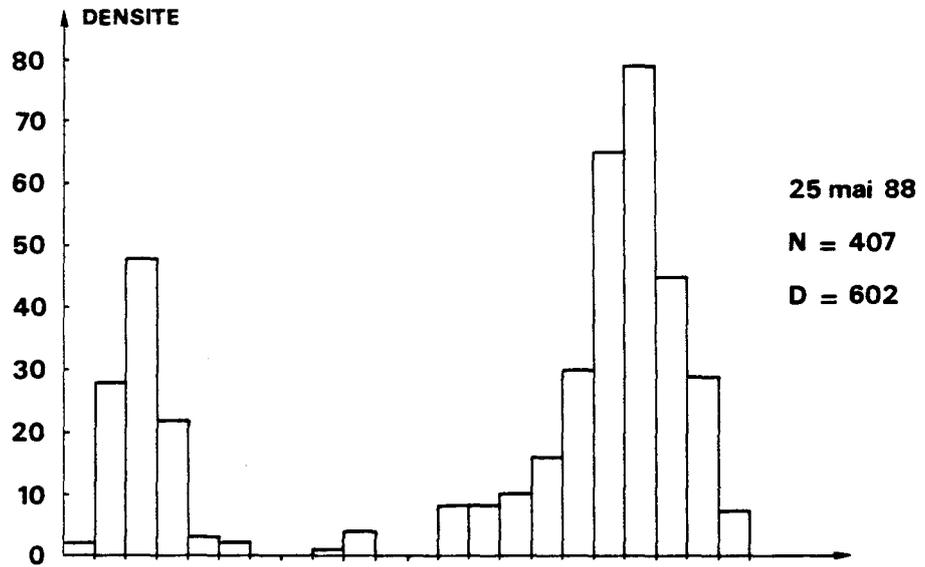


FIG. VIII. 5 : SUITE 1

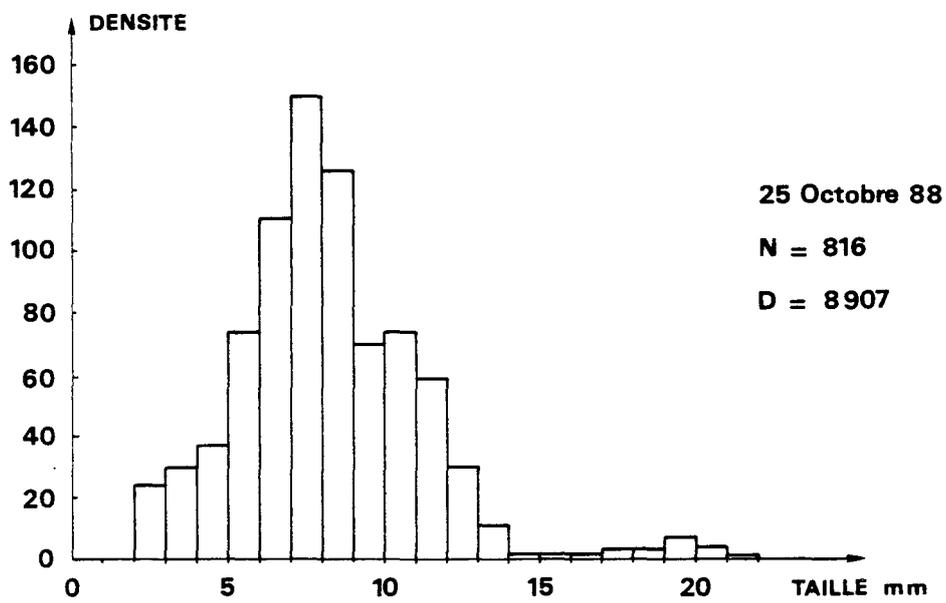
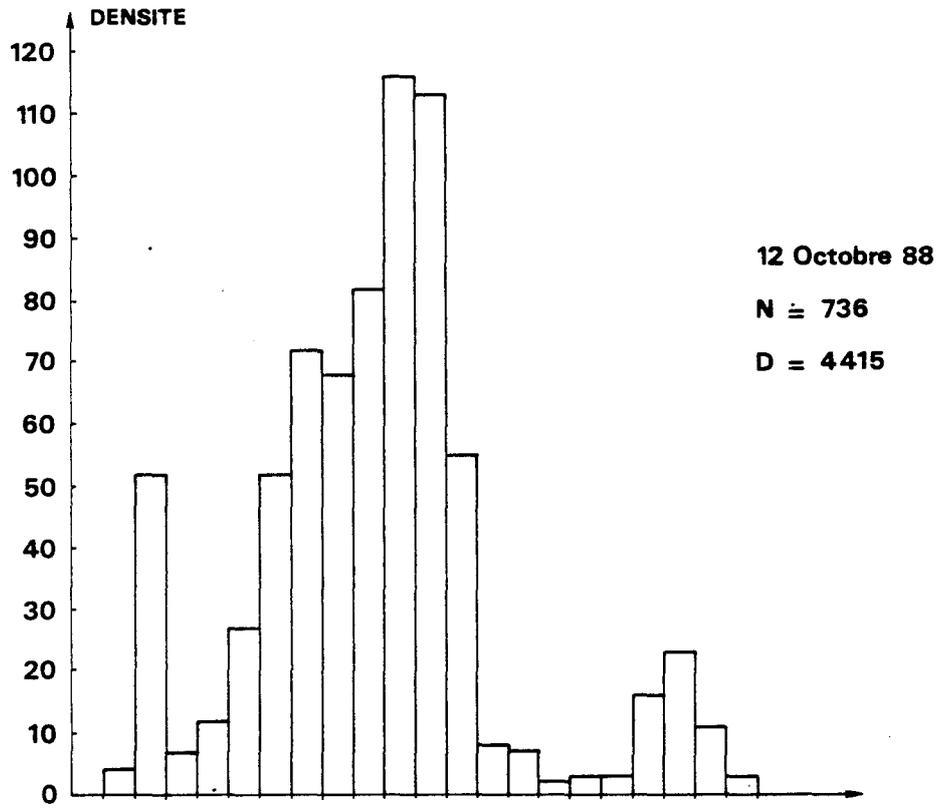


FIG. VIII. 5 : SUITE 2

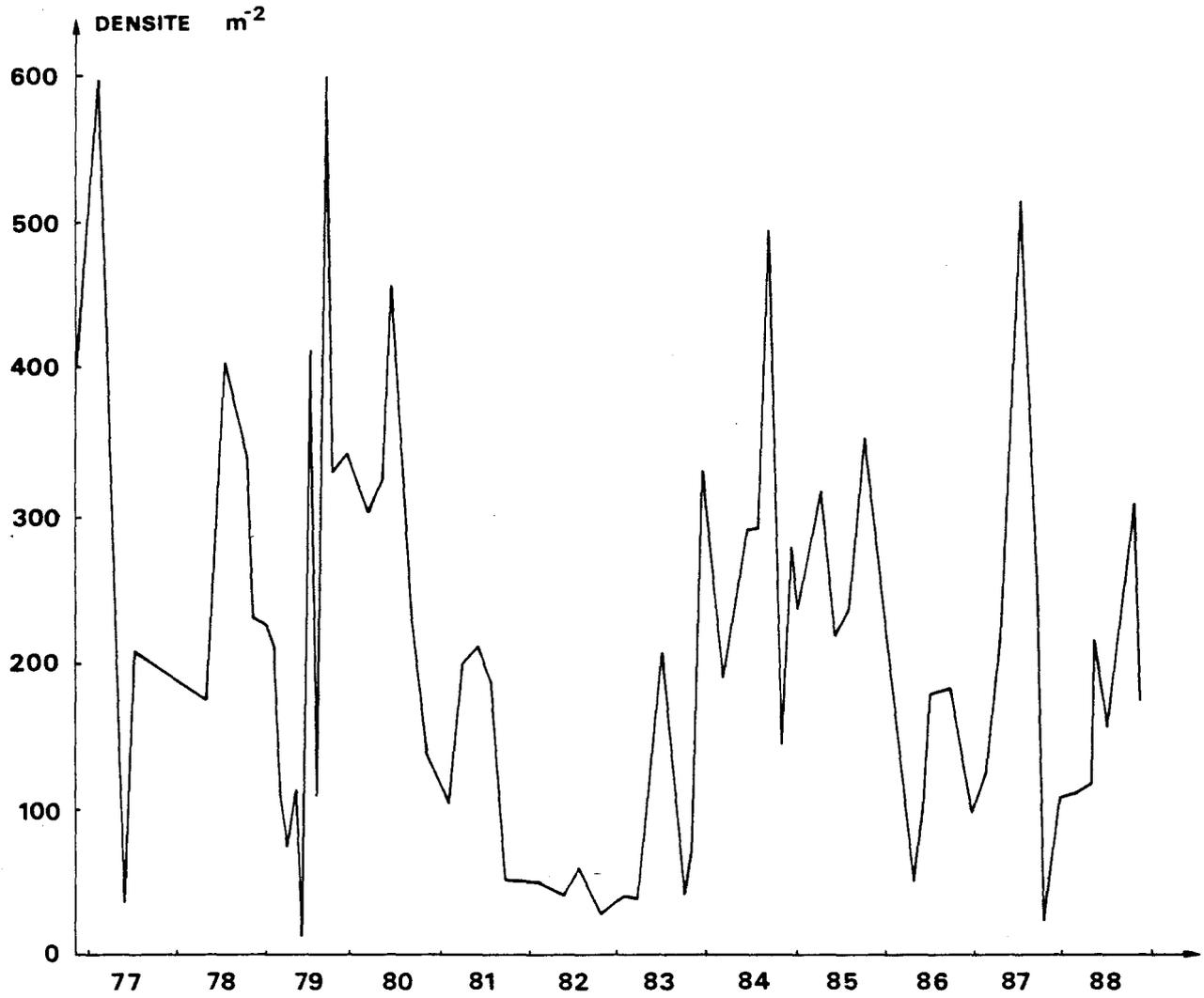


FIG. VIII. 6 : *Tellina fabula*, VARIATIONS DE LA DENSITE DE LA POPULATION

la cohorte 1987 ayant pour sa part apparemment complètement disparu.

Un recrutement a eu lieu à la mi-mai. Ce recrutement faible et précoce permettait toutefois d'individualiser nettement deux cohortes : 88 et "86 et antérieures". Ce recrutement de mai 88 n'est presque plus visible en juin 88 et seuls les individus âgés semblent être toujours présents.

Au début octobre, le recrutement surnuméraire cité plus haut se produit en même temps que réapparaissent les cohortes "mai 88" et "87" alors que les individus âgés disparaissent.

Fin-octobre l'histogramme devient bimodal. Le premier mode étant constitué des cohortes 88 et de la cohorte 87, le deuxième, très faible, concerne les individus âgés.

La complexité de l'interprétation des histogrammes montre une fois de plus que cette espèce est opportuniste et peut adapter son comportement et sa stratégie démographique pour coloniser un sédiment adéquat. La population locale peut ainsi recevoir des apports provenant d'autres populations qui peuvent se maintenir si les conditions écologiques s'y prêtent. Il est à signaler qu'un tel phénomène n'a jamais été signalé à la station C. Même si ce type de démographie peut sembler extraordinaire, il n'en n'est pas moins vrai qu'il est tout à fait caractéristique de cette espèce.

Il semble donc, qu'en fait, pour aborder de manière judicieuse l'étude de la démographie d'*Abra alba*, il faille tenir compte des autres populations du sud de la Mer du Nord. Mais ce qui semble évident c'est que les conditions optimales d'établissement de la population d'*Abra alba* soit présentes localement. L'étude 1988 confirme l'énorme potentiel de productivité de la population d'*Abra alba* dans la zone d'étude.

3.2. *Tellina fabula* (Fig. VIII.6 et 7)

Le recrutement de *Tellina fabula* fut bon en 1986. Un recrutement surnuméraire a eu lieu en janvier 1987, il s'est poursuivi jusqu'à la fin du printemps 1987. Il en a résulté un haut niveau de densité en juillet 1987 ($513/m^2$). Depuis, la population a constamment régressé : le niveau de densité étant voisin de $100/m^2$ avant mai 88 et de 150 depuis cette date. C'est donc en mai qu'à un lieu le recrutement de *Tellina fabula*. Il a commencé à se faire sentir début mai et a été maximum fin mai (70% des individus mesuraient moins de 5 mm). Un recrutement surnuméraire a eu

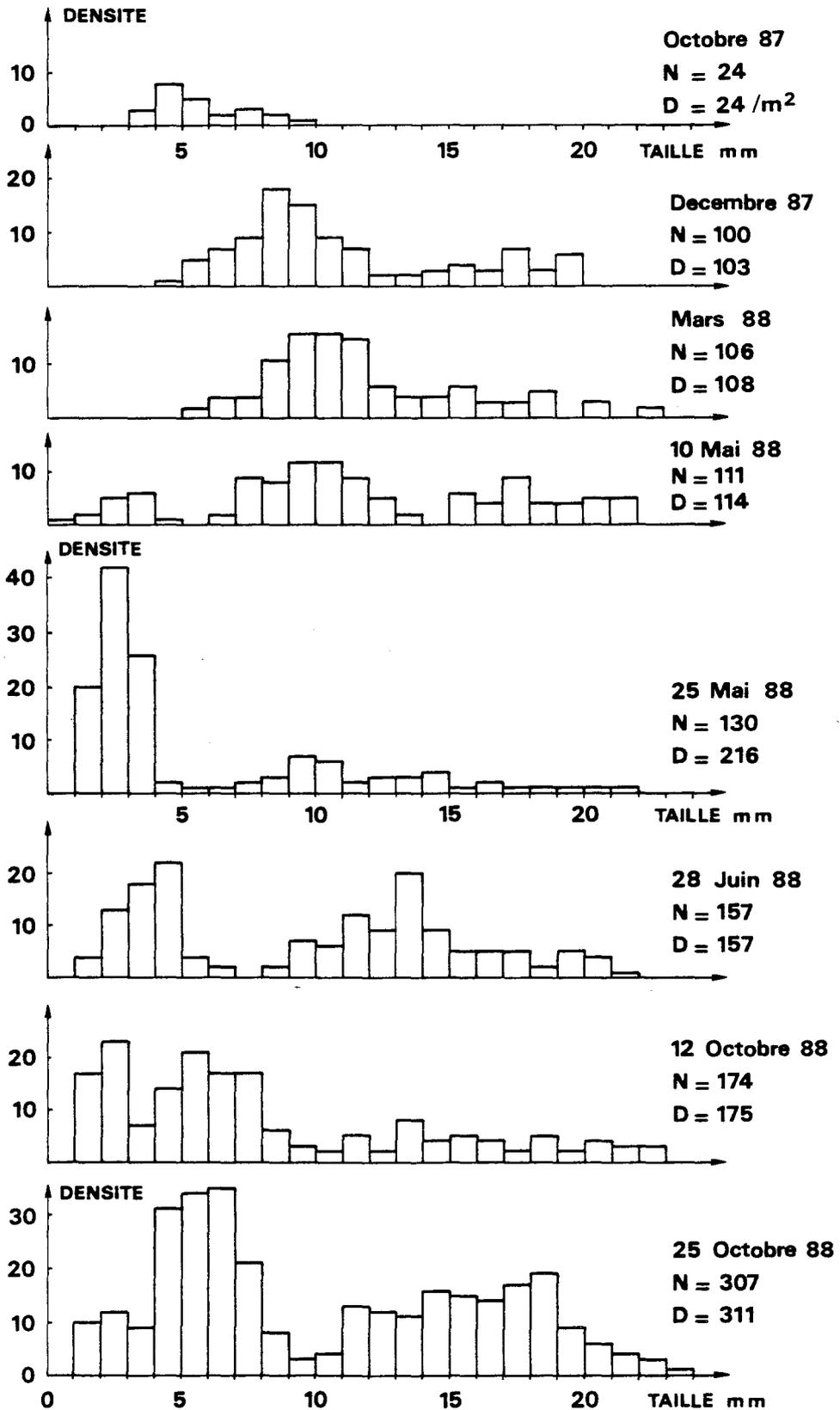


FIG. VIII. 7 : *Tellina fabula*, HISTOGRAMMES DES FREQUENCES DE TAILLE

lieu en octobre comme pour *Abra alba*. Enfin on a également pu assister à des altérations brutales (moins brutales que pour *Abra alba*) de la structure démographique de la population de *Tellina fabula* au niveau des individus de plus d'un an, ceci prouvant que cette espèce peut aussi être sujette à des migrations passives, ceci confirmant par ailleurs les migrations d'*Abra alba* citées plus haut.

CONCLUSION

Les résultats les plus importants enregistrés au cours de cette étude concernent la station B. Il s'agit du recrutement extraordinaire de *Spiophanes bombyx* et de l'arrivée massive, à l'occasion d'un recrutement surnuméraire et de migrations passives d'individus d'*Abra alba*.

Ces phénomènes montrent une fois de plus les capacités d'acceptation du milieu environnant vis à vis d'arrivées pléthoriques d'individus. Ceci rendant, a contrario, l'impact de la centrale sur ce peuplement encore plus important à la station C.

La biomasse enregistrée à la station B en mai ($66,7 \text{ g/m}^2$) pour extraordinaire qu'elle soit est sans doute très inférieure à ce qu'elle a été fin octobre quand la densité d'*Abra alba* a atteint $8900/\text{m}^2$!

En ce qui concerne les stations A et D, la stabilité bionomique que nous avons mis et continuons à mettre en évidence au fil des études semble rendre tout à fait illusoire la possibilité qu'un impact de la centrale puisse s'y faire sentir. Ces deux stations semblent totalement à l'écart de toute perturbation d'origine tellurique, tout au moins d'une perturbation provenant de la partie côtière de la zone d'étude. Cela justifie donc l'allégement du suivi de bionomie benthique envisagé pour l'avenir où l'effort d'échantillonnage ne concernera que les stations B et C.

TABLEAU VIII.3 : CARACTERISTIQUES GRANULOMETRIQUES DU SEDIMENT
DES QUATRE STATIONS SUBTIDALES (% PONDERAUX)

	A	B	C	D
Cailloutis	3,72	0	0	0
Gravier grossier	13,47	0,15	0,07	0
Gravier fin	15,54	0,78	0,14	0,04
Sable grossier	10,66	2,11	1,05	0,46
Sable fin	38,67	38,34	85,98	93,76
Sable moyen	17,51	55,87	12,76	5,76
Pélites	0,43	2,72	0,01	0,03
Poids Total (g)	1269,3	822,7	1488,0	1231,1

TABLEAU VIII.4 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES DE LA STATION A

D = Densité/m²B = Biomasse g/m²

		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
		V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
Sagartia troglodytes	D	12,1	41,3	196	22,8	88	18,0	291	27,5	174	29,4	10	0,11	205	10,63
	B	8,4	48,4	18,1	47,1	6,3	70,5	4,0	18,5	15,4	64,9	0,59	4,2	16,02	73,89
Cerianthus lloydii	D	14	4,8	10	1,2	1	0,2	4	0,4	99	16,7	17	0,19	32	1,66
	B	0,5	0,6	0,6	1,7	0,03	0,4	0,1	0,5	1,3	5,6	0,64	4,55	1,66	7,66
Sthenclais boa	D	20	6,8	44	5,1	7	1,4	98	9,3	15	2,5	0	0	15	0,78
	B	0,5	3,0	2,8	7,2	0,2	1,8	3,1	14,2	0,4	1,8	0	0	0,30	1,38
Spiophanes bombyx	D	27	9,2	6	1,4	96	19,7	54	5,1	14	2,3	6107	68,77	707	36,67
	B	0,06	ε	ε	ε	0,03	0,4	0,01	0,1	0,02	0,1	4,53	32,2	0,12	0,55
Lagis koreni	D	2	0,7	18	2,1	1	0,2	8	0,8	0	0	192	2,16	3	0,16
	B	0,1	0,6	0,6	0,2	0,04	0,5	0,4	2,0	0	0	0,27	1,9	0,07	
Sabella pavonina	D	0	0	0	0	0	0	172	16,3	7	1,1	0	0	0	0
	B	0	0	0	0	0	0	3,9	17,8	0,07	0,3	0	0	0	0
Abra alba	D	8	2,7	28	3,3	14	2,9	90	8,5	1	0,1	0	0	0	0
	B	0,1	0,7	0,9	0,2	0,3	3,0	2,4	11,0	ε	0,01	0	0	0	0

V = valeur brute

TABLEAU VIII.5 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES A LA STATION B

D = Densité/m²B = Biomasse g/m²

		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
		V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
Sagartia troglodytes	D	25	0,9	9	0,6	33	0,5	21	1,1	38	2,2	3	0,02	3	0,01
	B	4,32	17,2	2,80	24,1	9,48	17,9	9,23	38,4	1,64	8,4	0,20	0,65	2,49	3,73
Nephtys hombergii	D	61	2,3	64	4,2	13,1	2,0	97	5,2	60	3,5	138	0,80	224	0,85
	B	0,24	1,0	1,00	10,6	3,17	6,0	1,06	4,4	1,61	8,3	1,08	3,50	1,83	2,74
Spiophanes bombyx	D	97	3,7	138	9,1	22,82	34,5	31	1,7	633	37,8	6250	36,41	23899	90,50
	B	0,03	0,1	0,05	0,4	0,66	1,2	0,01	ε	0,48	2,4	3,79	12,29	42,45	63,61
Lanice conchilega	D	274	10,3	28	1,8	2486	37,6	779	4,4	7	0,4	5200	30,30	46	0,17
	B	0,56	4,8	4,34	8,2	2,26	9,4	0,13	0,6	ε	ε	13,4	43,46	ε	ε
Lagis koreni	D	10	0,4	2	0,1	4	0,1	77	4,1	94	5,6	255	1,48	8	0,03
	B	0,19	0,8	0,13	1,1	0,05	0,1	0,21	0,9	6,50	33,4	0,32	1,04	0,32	0,48
Tellina fabula	D	41	1,5	209	13,8	292	4,4	238	12,6	100	5,9	513	3,00	216	0,82
	B	0,38	1,5	0,66	5,6	1,64	3,1	5,07	21,1	4,46	22,9	9,72	31,53	0,33	0,49
Abra alba	D	1020	38,4	77	5,1	8,11	12,3	37	2,0	13	0,7	15	0,09	602	2,28
	B	14,09	56,1	3,46	29,7	29,37	55,4	1,12	4,7	0,54	2,7	0,72	2,33	14,93	22,37
Ophiura texturata	D	4	0,2	11	0,7	4	0,1	17	0,9	5	0,2	0	0	19	0,07
	B	0,07	0,3	0,74	6,4	0,08	0,2	1,21	5,0	0,01	0,05	0	0	0,05	0,07

V = valeur brute

TABLEAU VIII.7 : COMPARAISON DES EFFECTIFS DES PRINCIPALES
ESPECES VASICOLES AUX STATIONS B ET C

ESPECES	DATES	STATION B	STATION C
Anaitides mucosa	Septembre 1979	41	0
	Mai 1980	4	0
	Mai 1981	3	72
	Mai 1982	697	25
	Juin 1983	54	0
	Juillet 1984	14	0
	Juillet 1985	17	0
	Mai 1986	3	0
	Juillet 1987	738	5
	Mai 1988	294	0
Spiophanes bombyx	Septembre 1979	1	1
	Mai 1980	2	1
	Mai 1981	5	12
	Mai 1982	97	536
	Juin 1983	138	3
	Juillet 1984	2 282	243
	Juillet 1985	31	1
	Mai 1986	633	3
	Juillet 1987	6 250	941
	Mai 1988	23 899	36
Lanice conchilega	Mai 1980	60 000	800
	Mai 1981	1 000	100
	Mai 1982	20 000	7 000
	Juin 1983	15 000	10
	Juillet 1984	2 486	243
	Juillet 1985	779	0
	Mai 1986	7	0
	Juillet 1987	5 200	969
	Mai 1988	46	11
Lagis koreni	Septembre 1979	354	82
	Mai 1980	228	4
	Mai 1981	27	3
	Mai 1982	10	0
	Juin 1983	2	0
	Juillet 1984	4	0
	Juillet 1985	77	0
	Mai 1986	94	0
	Juillet 1987	255	1313
	Mai 1988	8	0
Abra alba	Septembre 1979	77	0
	Mai 1980	64	0
	Mai 1981	100	9
	Mai 1982	1 020	26
	Juin 1983	77	1
	Juillet 1984	811	0
	Juillet 1985	37	0
	Mai 1986	13	0
	Juillet 1987	15	0
	Mai 1988	602	1
Tellina fabula	Septembre 1979	328	9
	Mai 1980	453	22
	Mai 1981	167	69
	Mai 1982	41	16
	Juin 1983	209	2
	Juillet 1984	292	5
	Juillet 1985	238	0
	Mai 1986	100	0
	Juillet 1987	513	38
	Mai 1988	216	1

TABLEAU VIII.6 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES A LA STATION C

D = Densité/m²B = Biomasse g/m²

		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
		V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
Nephtys cirrosa	D	28	2,6	35	29,9	69	16,1	38	38	23	44	0	0	40	27,97
	B	0,12	33	0,20	30,7	0,16	32,0	0,28	37,2	0,20	23	0	0	0,21	80,77
Nephtys hombergii	D	6	1,5	3	2,3	0	0	0	0	0	0	5	0,09	0	0
	B	0,42	11,5	0,05	7,9	0	0	0	0	0	0	0,60	16,66	0	0
Spiophanes bombyx	D	536	50,2	3	2,3	243	56,8	1	1	3	5,7	941	17,77		25,17
	B	0,21	5,7	0,01	0,3	0,06	11,1	ε	ε	0,01	1,8	0,60	16,66	0,005	1,92
Tellina fabula	D	16	1,5	2	1,5	5	1,2	0	0	0	0	38	0,72	1	0,70
	B	0,10	2,8	0,8	0,1	0,01	1,0	0	0	0	0	0,06	1,66	ε	0,08
Bathyporeia elegans	D	0	0	0	0	35	8,2	0	0	2	3,8	1	0,02	23	16,08
	B	0	0	0	0	0,01	1,2	0	0	ε	0,5	ε	0,005	0,01	2,69

V = valeur brute

TABLEAU VIII.8 : ABONDANCE DES ESPECES PRINCIPALES A LA STATION D

D = Densité/m²B = Biomasse g/m²

		1982		1983		1984		1985		1986		1987		1988	
		V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%	V	%
Nephtys cirrosa	D	14	11,5	27	26,7	56	11,8	70	5,3	27	3,35	15	0,35	49	1,79
	B	0,09	23,4	0,14	13,3	9,23	22,5	0,65	30,5	0,41	19,2	0,15	3,46	0,25	8,17
Ophelia borealis	D	0	0	1	1,0	0	0	1	0,1	0	0	0	0	2	0,07
	B	0	0	0,50	0,1	0	0	0,04	1,9	0	0	0	0	0,03	0,98
Spiophanes bombyx	D	2	1,6	6	5,9	223	46,9	117	8,8	13	1,6	2575	60,9	1848	67,47
	B	ε	0,1	ε	0,4	0,04	4,4	0,12	5,6	0,01	0,5	1,64	37,6	0,39	12,75
Magelona papillicornis	D	4	3,3	8	7,9	0	0	992	74,7	470	58,4	695	16,43	580	21,18
	B	0,01	3,0	0,01	0,9	0	0	0,13	0,01	0,69	32,4	0,86	13,8	0,94	30,72
Bathyporeia elegans	D	30	24,6	4	4,0	17,2	58	58	4,4	127	15,7	24	0,57	5	0,18
	B	0,01	3,0	ε	0,3	2,2	0,1	0,13	6,1	0,11	5,17	ε	0,09	ε	0,03

V = valeur brute

