

Direction de l'environnement et de l'aménagement littoral  
Direction des ressources vivantes

Laboratoire de Port-en-Bessin  
Laboratoire de St Malo  
Laboratoire de Boulogne-sur-Mer

Hervé du BOULLAY  
Frank MAHEUX  
Myriam RUMEBE  
Jean d'ELBEE\*\*\*  
Dominique DAVOULT\*  
Ingrid RICHARD\*

laurence DOROBISZ\*\*  
Franck COPPIN  
Pascal RAULIN

\* Station marine de Wimereux

\*\* Laboratoire municipal de Rouen

\*\*\* LAPHY Biarritz

mai 2000 – Convention de marché EDF n° S 68 T 0020

**ifremer**

---

# Surveillance écologique et halieutique du site de Paluel

Année 2000

Rapport final – version définitive

# Surveillance Ecologique et Halieutique du site de Paluel

Année 2000 – Rapport final

## **Résumé**

## **Préambule**

## **Introduction**

# **1. Généralités**

## **1.1. Introduction**

## **1.2. Géographie**

## **1.3. Climatologie**

1.3.1. Les pluies

1.3.2. La température de l'air

## **1.4. L'hydrographie**

1.4.1. Les marées

1.4.2. Les courants

1.4.3. Les apports telluriques

## **1.5. Fonctionnement de la centrale lors des campagnes pélagiques**

# **2. L'hydrologie**

## **2.1. La température**

## **2.2. La salinité**

## **2.3. Les matières en suspension**

## **2.4. Les sels nutritifs**

# **3. La microbiologie**

## **3.1. Introduction**

## **3.2. Matériel, méthodes d'analyses et détermination**

## **3.3. Résultats**

3.3.1. Dénombrement des germes totaux en épifluorescence

3.3.2. Dénombrement des germes aérobies viables sur milieu de Zobell

3.3.3. Recherche de vibrio halophiles

3.3.4. Dosage des organo-halogénés volatils

## **3.4. Conclusion**

## **4. Le phytoplancton et la production primaire**

### **4.1. Introduction**

### **4.2. Matériel et méthode**

4.2.1. Mesure de la chlorophylle

4.2.2. Mesure de la production primaire

4.2.3. Etude systématique du phytoplancton

### **4.3. Résultats**

4.3.1. Biomasse chlorophyllienne

4.3.2. Résultats de la production primaire

4.3.3. Evolution des populations phytoplanctoniques

## **5. Le zooplancton**

### **Introduction**

**5.1. Etude de la biomasse zooplanctonique globale**

**5.2. Etude des espèces zooplanctoniques**

### **Conclusion**

## **6. Le domaine benthique subtidal**

### **1. Introduction**

### **2. Méthodologie**

2.1. Travail à la mer

2.2. Travail au laboratoire

2.2.1. Analyse granulométrique

2.2.2. Etude de la macrofaune

2.3. Traitement des données

2.3.1. Diversité, Régularité

2.3.2. Diagramme Rang-Fréquence



### **3. Résultats**

3.1. Analyse granulométrique

3.2. Analyse faunistique

3.2.1. Résultats globaux

3.2.2. Peuplement des cailloutis

3.2.3. Peuplement des sables hétérogènes

### **4. Conclusion**

### **Bibliographie**

## **7. Domaine benthique intertidal**

### **1. Introduction**

### **2. Etude de la population d'*Idotea granulosa***

#### 2.1. Methodologie

2.1.1. Prélèvement

2.1.2. Poids des algues

2.1.3. Mesures des *Idotea granulosa*

2.1.4. Etude de la population

2.1.4.1. Mâles

2.1.4.2. Femelles

#### 2.2. Rappels sur l'écologie et la biologie d'*Idotea granulosa*

#### 2.3. Variation de la densité d'algues et d'*Idotea granulosa*

2.3.1. Densité d'algues

2.3.1.1. St-Valéry-en-Caux

2.3.1.2. Veulettes

2.3.2. Densité d'*Idotea granulosa*

2.3.2.1. St-Valéry-en-Caux

2.3.2.2. Veulettes

2.3.3. Rapport entre les densités d'algues et d'Idotées

sommaire

2.4. Variation des tailles d'*Idotea granulosa*

2.5. Variation des sexes et du sexe-ratio chez *Idotea granulosa*

### 7.3. Conclusion

## 8. Le phytobenthos intertidal

8.1. Généralités

8.2. Evolution des biomasses de *Fucus serratus* et *vesiculosus*

8.3. Analyse des tendances des séries temporelles de biomasse de *Fucus sp*

8.4. Taux de fertilité

8.5. Conclusion

## 9. L'halieutique

## Conclusion générale

## Résumé

- L'étude de surveillance n° 23 du site électronucléaire de PALUEL (département de la Seine-Maritime) concerne l'année 2000. Sont étudiés les domaines pélagique, benthique et halieutique. Cette année 2000 est la 17<sup>ème</sup> année de fonctionnement de la centrale. ~

The ecological survey n°23 covering PALUEL nuclear power station took place between March and September 2000. The following areas were monitored : pélagique, benthique and halieutique. Paluel power station has now been operationnel for

## Préambule

Conformément à la **convention générale** passée entre **EDF** et **IFREMER** (référéncée sous le n° S 68 T 0020), trois documents contractuels sont établis par IFREMER pour chacun des cinq sites électronucléaires littoraux (Gravelines, Penly, Paluel, Flamanville) et estuariens (Le Blayais).

Ces documents sont :

- un **état d'avancement des travaux** réalisés au cours du premier semestre de l'année N, document remis au plus tard le 15 juillet suivant ;
- un **rapport final, version provisoire**, remis au plus tard le 31 janvier de l'année N + 1 ;
- un **rapport final**, version définitive, remis au plus tard le 1<sup>er</sup> avril de l'année N + 1.

En ce qui concerne la surveillance du CNPE de Paluel au cours de l'année 2000, l'état d'avancement a été adressé à EDF le 10 juillet 2000.

Le rapport final, version provisoire, fait l'objet du présent document.



Dans le cadre de l'implantation de la centrale électronucléaire sur le littoral de la commune de Paluel (département de la Seine-Maritime) et du contexte législatif en vigueur, Electricité de France a confié à l'IFREMER les études écologiques et halieutiques du milieu marin environnant le site (avril 1975 à avril 1977).

Auparavant, de juillet 1973 à juillet 1974, une étude écologique permettant d'évaluer la richesse floristique et faunistique du site a été réalisée par l'Université de Picardie, station d'études en baie de Somme.

L'étude de surveillance a débuté en 1977 soit 7 ans avant la mise en service de la centrale (1984).

A compter de 1994, le programme de surveillance a été allégé puisque l'étude du domaine pélagique est réalisée en trois points au lieu que quatre comme précédemment, le point « contrôle » étant abandonné.

Au cours de l'année 2000, les études réalisées sur le site de Paluel ont été menées sous la responsabilité de :

**Hervé du BOULLAY**, DEL/Port-en-Bessin, pour l'hydrologie et le phytoplancton

**Jacques LECLERC**, laboratoire de Rouen pour la microbiologie

**Myriam RUMEBE**, DEL/St Malo et le **LAPHY** de Biarritz pour le zooplancton

**Dominique DAVOUST**, station marine de Wimereux, pour le benthos subtidal

**Ingrid RICHARD**, station marine de Wimereux, pour le benthos intertidal

**Frank MAHEUX**, DEL/Port-en-Bessin, pour l'étude des fucacées

La coordination étant assurée par Hervé du BOULLAY

## Introduction

Pour réaliser l'étude d'environnement du site de Paluel, l'IFREMER s'est associé comme les années précédentes au laboratoire LAPHY de Biarritz pour l'identification des espèces zooplanctoniques, au laboratoire Municipal et Régional de Rouen pour la microbiologie et le bore et à la station marine de Wimereux (SMW/Université de Lille) pour l'étude du benthos.

Les résultats contenus dans ce rapport concernent donc :

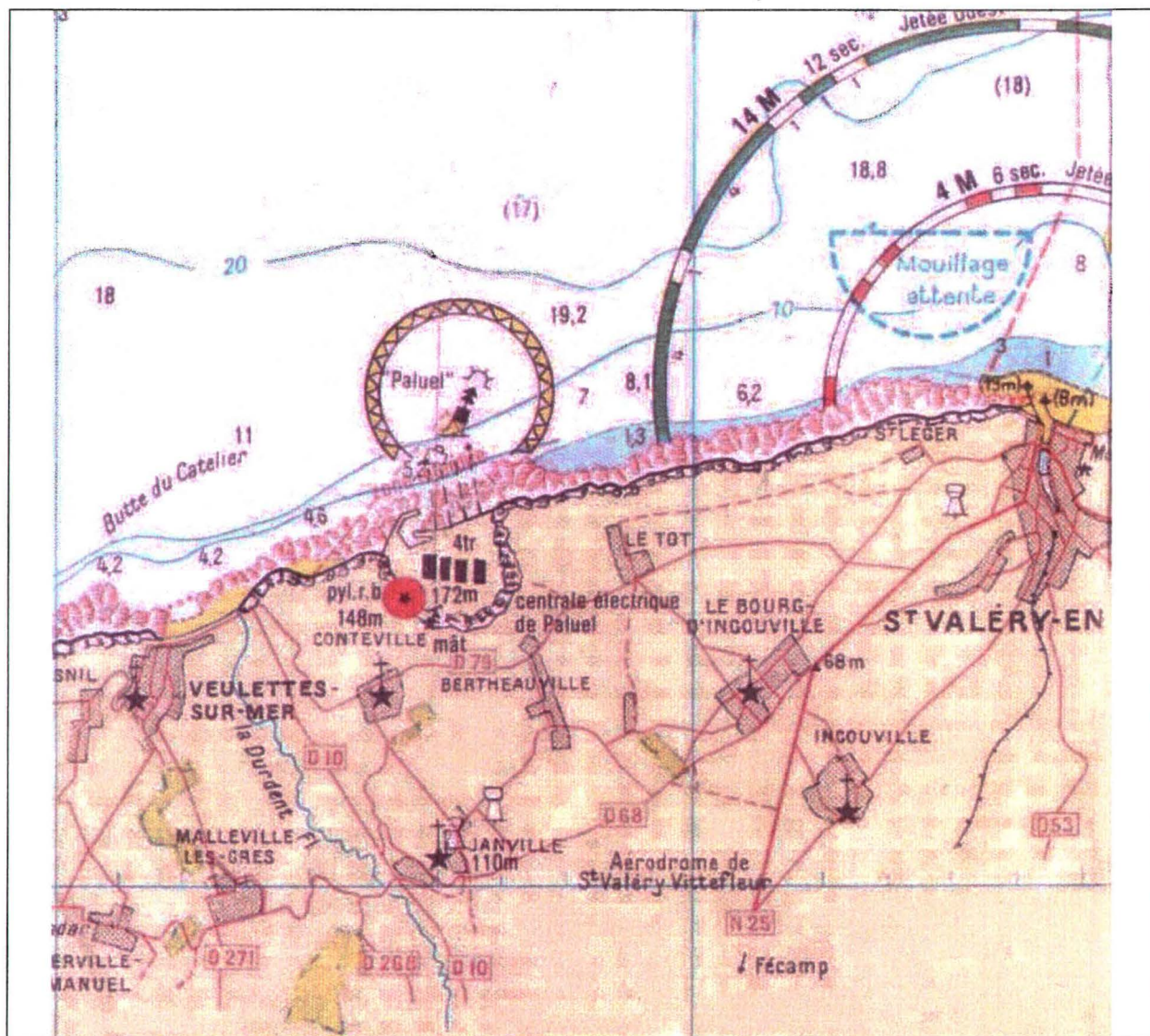
- 1 – des généralités
- 2 – l'hydrologie
- 3 – la microbiologie
- 4 – le phytoplancton et la production primaire
- 5 – le zooplancton
- 6 – le benthos subtidal
- 7 – le benthos intertidal
- 8 – le phytobenthos intertidal
- 9 – l'halieutique

Les 5 premières parties rassemblent les résultats des paramètres collectés lors des trois campagnes pélagiques. A cet effet le N/O THALIA a été présent sur zone les 13 avril, 20 juin et 6 septembre 2000.



## 1. GENERALITES





## 1.1 - Introduction

Les études écologiques sur le site d'une future centrale nucléaire se déroulent en plusieurs phases :

- **une étude "d'avant projet"**, de courte durée, qui a pour but d'évaluer les principales caractéristiques du milieu et d'apprécier la richesse potentielle d'un site parmi d'autres.
- **une étude de "projet"** sur un site retenu qui permet d'établir un bilan écologique avant la mise en service de la centrale.
- **une étude de "complément de projet"** visant à apprécier les variations pluriannuelles.
- **une étude de "surveillance"** qui s'attache aux paramètres jugés les plus significatifs et sensibles sur un site afin de tenter de déceler l'importance des effets du fonctionnement de la centrale.

Ce rapport présente les résultats concernant la vingt troisième année (2000) de surveillance du site de PALUEL, ce qui correspond à la seizième année depuis la mise en service de la Centrale (1984)

## 1.2 - Géographie

La centrale de Paluel est située sur le littoral haut-normand, au niveau de la valleuse de Sussette, entre Fécamp et Dieppe sur la commune dont elle a emprunté le nom. Le littoral, orienté ENE/WSW, est bordé de hautes falaises composées de bancs calcaire alternant avec des lits de silex.

Les falaises du littoral Haut-Normand sont entaillées par des valleuses et des vallées aux débouchés desquelles les galets se sont accumulés sous formes de cordons littoraux. C'est le cas pour Veulettes commune littorale située à quelques kilomètres au sud-ouest de Paluel et baignée par la Durdent. Devant le littoral haut-normand, on peut distinguer trois types fondamentaux d'estran :

**Estran profond:** il ne découvre pratiquement pas; on le rencontre dans les secteurs de pointes rocheuses (Etretat, Antifer);

**Estran de pied de falaises :** c'est l'estran type du littoral haut-normand et celui qui se trouve à Paluel. Devant la falaise s'étend un platier rocheux (de l'ordre de 200m à 400m) sur lequel les matériaux meubles ne se rencontrent, en général, qu'en pied de falaise sous la forme d'un cordon de galets plus ou moins développé mais le plus souvent de 10m à 20m de large et 1m de haut;





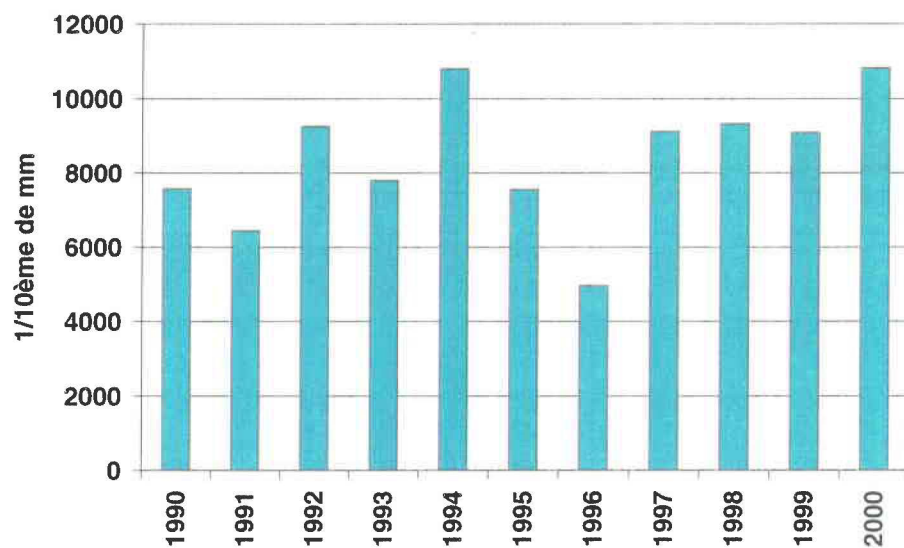


Fig 1.2 : Pluviométrie annuelle – Fécamp de 1990 à 2000

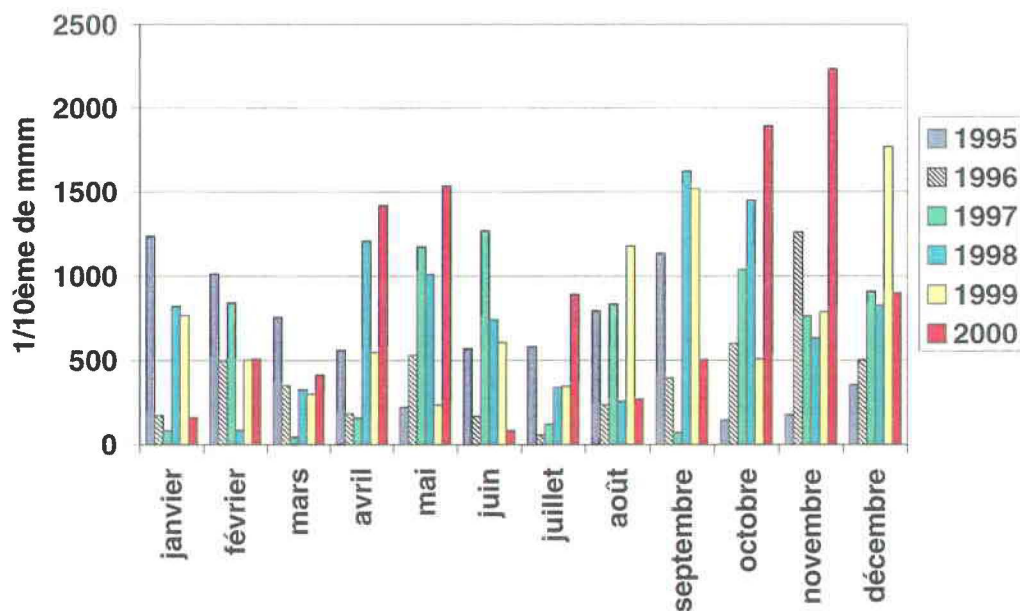


Fig 1.3 : Pluviométrie mensuelle – Fécamp de 1995 à 2000



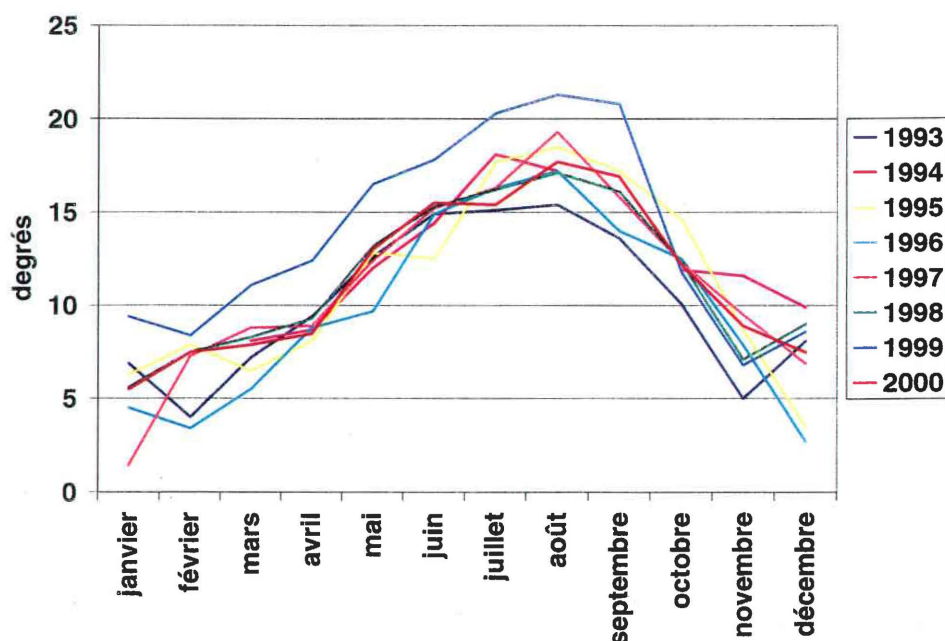
**Estran d'accumulation** : on le rencontre aux débouchés des vallées et vailleuses. Son développement a souvent été favorisé par l'implantation d'ouvrages portuaires (Le Havre, Fécamp, St-Valery-en-Caux, Dieppe, Le Tréport). Le cordon de galets est bien formé et a des largeurs de l'ordre de 40m à 50m. Les sables et graviers font suite aux galets.

### 1.3 - Climatologie

#### 1.3.1 - Les pluies

Les résultats enregistrés à Fécamp depuis 1990, montrent que 2000 est l'année la plus pluvieuse depuis 10 ans : avec 1994, c'est une année record ! La courbe mensuelle nous indique que ce sont les mois printaniers et automnaux qui sont responsables de niveau pluviométrique exceptionnel. A priori cette forte pluviosité n'a pas eu d'influence sur les résultats puisque les fortes pluies se sont produites après le passage du Thalia.

#### 1.3.2 - La température de l'air



**Fig 1.4 : Température de l'air – Fécamp de 1993 à 2000**

L'année 2000 est revenue dans la moyenne. Par contre l'étude des températures montrent un réchauffement très net depuis 1993 pour les mois d'avril, mai, juin et septembre.



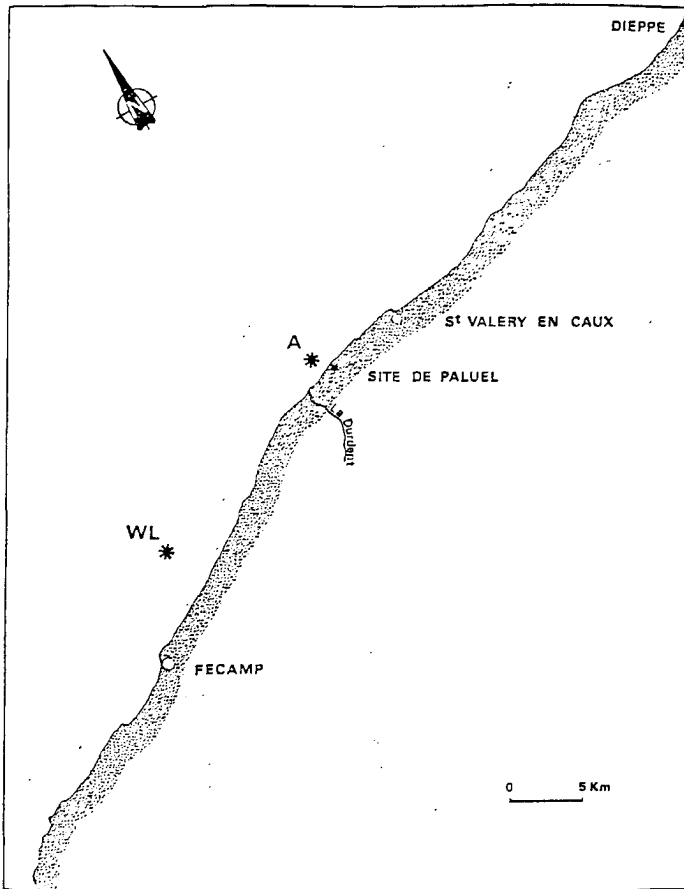


Fig 1.5 : situation des mesures de courantologie

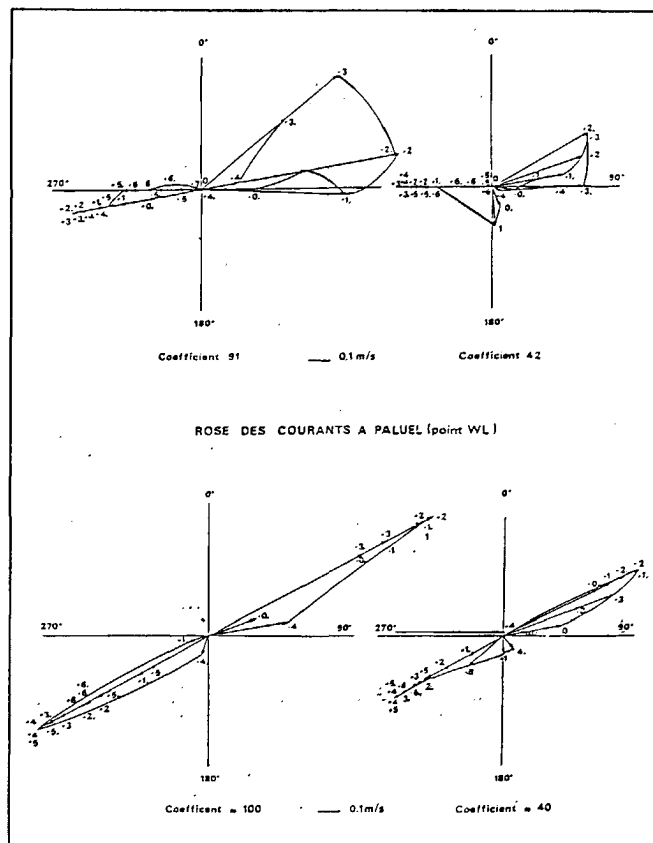


Fig 1.6 : rose des courants à paluel

## 1.4 - L'hydrographie

### 1.4.1 - Marées

La marée est de type semi-diurne. A Saint-Valéry-en-Caux, ses caractéristiques sont les suivantes :

Type de marée	Coefficient	Côte de P.M.	Côte de B.M.
Vive-eau moyenne	95	8,6 m	0,7 m
Marée moyenne	70	8,4 m	1,6 m
Morte-eau moyenne	45	7,6 m	2,2 m

**Tableau 1.1 : Les marées à St-Valéry-en-Caux**

### 1.4.2 - Courants

On distingue les courants périodiques et les courants apériodiques.

Les courants périodiques sont essentiellement les courants de marée alternatifs et parallèles à la côte (fig 1.6: rose des courants aux stations A et WL étudiées par EDF en 1973-1975; la position de ces stations est indiquée dans la figure 1.5). Le flot, d'une durée moyenne de 5 heures, porte vers le N-NE à une vitesse de 0,5 à 1 m/s(soit 1 à 2 noeuds). Le jusant, d'une durée approximative de 7 heures, porte vers le W-SW avec une vitesse inférieure de 0,4 à 0,6 m/s. La renverse de pleine mer a lieu en vive eau à PM -1/2h, celle du jusant à PM -05h30. On constate ainsi que le bilan global au cours d'un cycle de marée montre le déplacement des masses d'eau vers le N-NE, dans le sens du flot. Ce déplacement est dû au courant de dérive provenant de l'Atlantique et qui prend une vitesse importante au-delà de Cherbourg. Vers Fécamp, la vitesse du courant augmente et atteint 1,2 m/s pendant le flot et 0,9 m/s pendant le jusant.

Les courants apériodiques sont essentiellement dus à l'action prolongée d'un régime de vents stables entraînant les masses d'eau. Ainsi une période de vent d'ouest durable crée un courant portant à l'est tandis qu'une période de vent de nord-est crée un courant portant au sud-ouest. Ces courants de dérive dus au vent peuvent atteindre 2 à 5 % de la vitesse du vent.



Un des traits majeurs des cycles d'étude précédents était de mettre en évidence l'influence des eaux issues de la baie de Seine. Si cette influence est certaine, elle est cependant irrégulière.

L'échantillonnage actuel, 3 campagnes par an pour le domaine pélagique, ne permet plus de cerner cette influence.

### 1.4.3 - Apports telluriques

La Durdent, petit fleuve côtier de faible débit irrégulier, se jette à l'ouest du site (fig 1.5). Les arrivées d'eau douce au niveau de Fécamp sont généralement très faibles, mais il ne faut pas sous-estimer la présence de pollutions urbaines provenant soit du port soit de la station d'épuration de St-Valery-en-Caux.

## 1.5 – Fonctionnement de la centrale lors des campagnes pélagiques

Le fonctionnement de chaque tranche est résumé dans le tableau ci-dessous.

DATE DES CAMPAGNES PELAGIQUES	TRANCHE	POMPE S	PUISSANCE MW	ELECTRO-CHLORATION
13 avril 2000	I	40	1299	0
	II	40	1311	0
	III	40	1243	0
	IV	40	1273	0
26 juin 2000	I	40	1265	1
	II	40	1225	1
	III	40	0	1
	IV	40	951	1
6 septembre 2000	I	40	0	1/2
	II	40	1242	1
	III	40	1140	1
	IV	40	1297	1

Tableau 1.2 : Fonctionnement de la centrale pendant les campagnes pélagiques



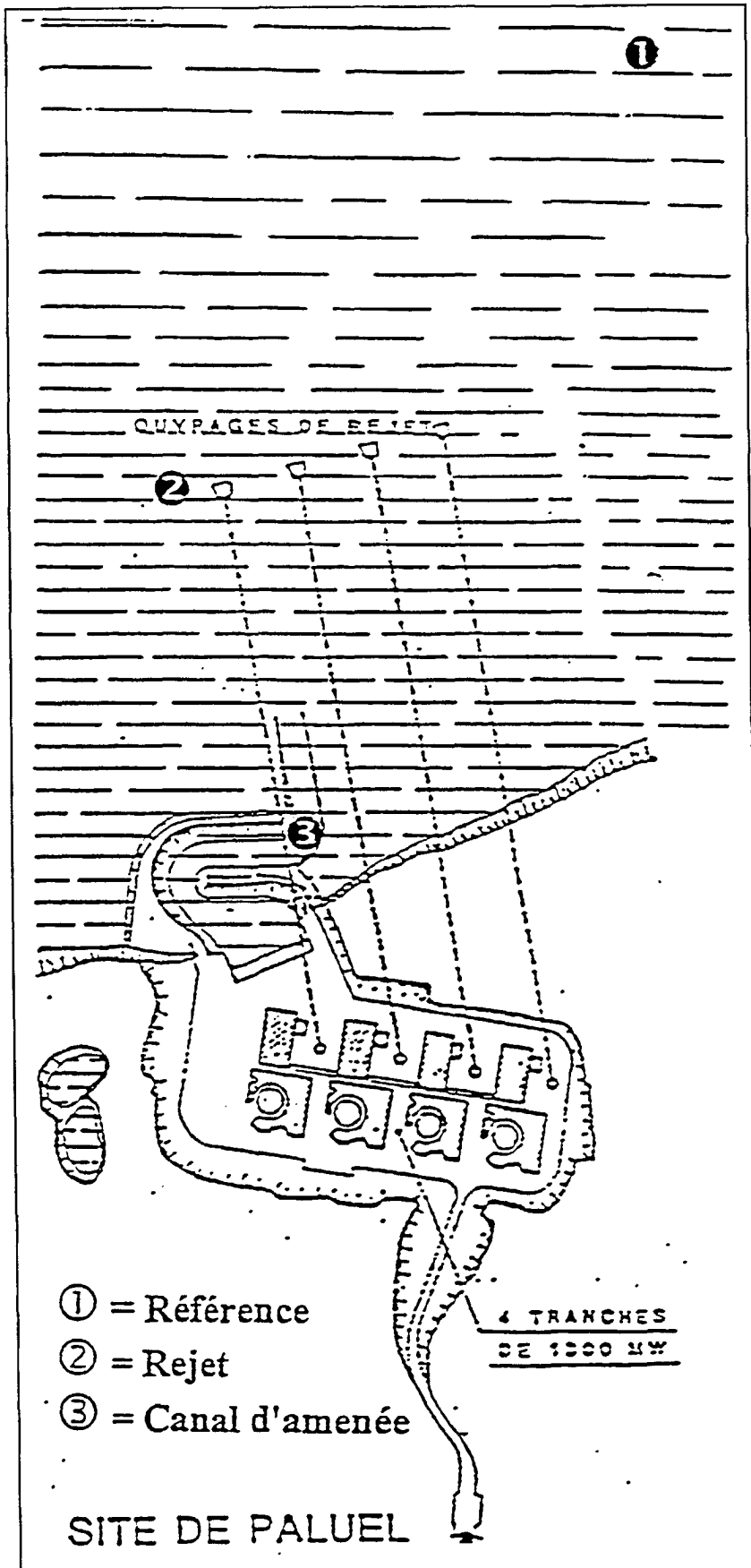


Fig 1.7 : Situation des points de prélèvement

## *LE DOMAINE PELAGIQUE*

Chapitre 2	:	Hydrologie
Chapitre 3	:	Microbiologie
Chapitre 4	:	Phytoplancton
Chapitre 5	:	Zooplancton

Les trois campagnes ont été réalisées à bord du N/O THALIA de l'IFREMER les 13 avril, 20 juin et 6 septembre 2000.

Les trois stations échantillonnées sont les suivantes (cf Fig 1.7) :

- **canal d'amenée** : station dans, ou la plus proche possible du canal.
- **rejet direct** : station dans la turbulence d'un des rejets jugé significatif pour son échauffement.
- **référence** : station située au large, hors du panache turbide et de l'influence thermique directe.

Les conditions de fonctionnement de la centrale au moment des prélèvements sont présentées au paragraphe 5 du chapitre 1.



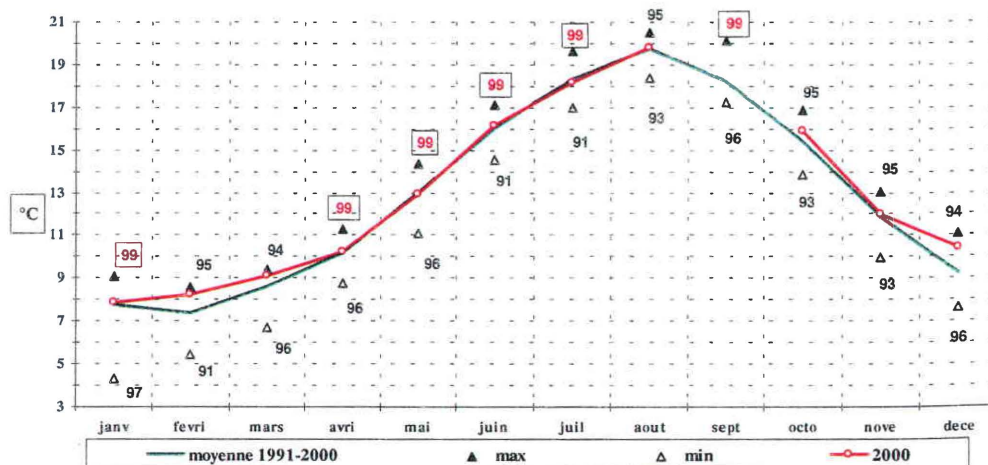
## 2 - HYDROLOGIE

**Hervé du BOULLAY**  
**IFREMER / PORT-EN-BESSIN**

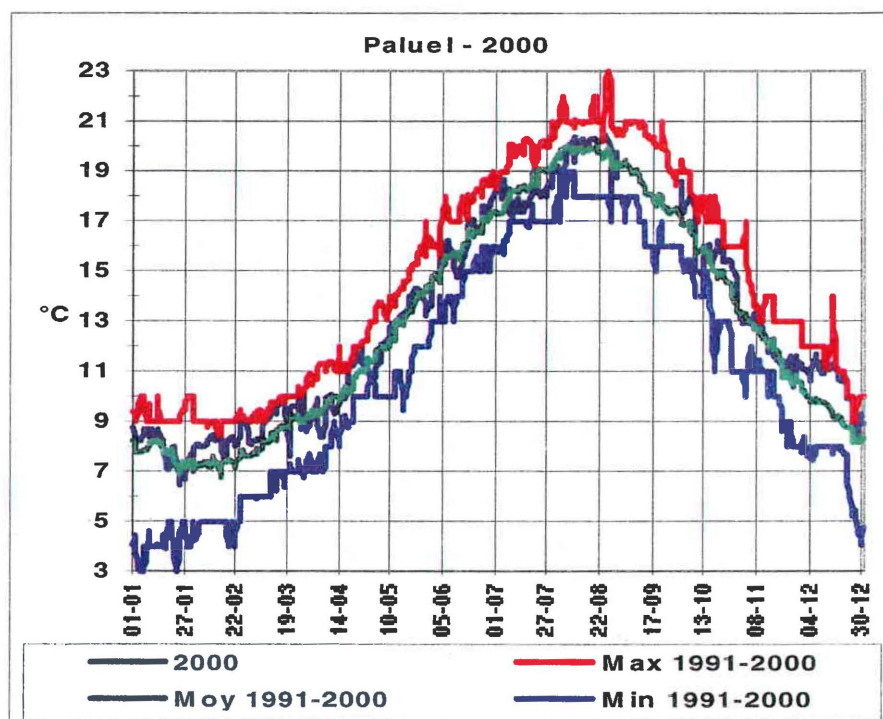


**Ifremer**





**Fig 2.1 : CNPE de Paluel – Evolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'amenée en 2000, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées de janvier 1991 à décembre 2000**



**Fig 2.2 : comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer entre Penly (PY), Paluel (PAL) et Flamanville (FLA) de janvier 1991 à décembre 2000**

## 2.1 – La température de l'eau de mer

°c	AVRIL	JUIN	SEPTEMBRE
CANAL D'AMENEE	9.1	17.33	19.32
REJET	11.36	17.68	21.35
REFERENCE Sfce	9.45	16.30	19.55
REFERENCE -10m	9.40	16.28	19.55
$\Delta t$ Rejet/Référence	1.91	1.38	1.80

La différence de température ( $\Delta t$ ) le plus important, entre la moyenne du point rejet et celle du point référence, est enregistrée en avril avec  $1.91^{\circ}\text{C}$  tandis que pour les deux campagnes de juillet et septembre on observe respectivement des valeurs de  $1.38^{\circ}\text{C}$  et  $1.80^{\circ}\text{C}$ .

Un test d'égalité des espérances appliqué aux moyennes obtenues aux points canal et rejet, toutes saisons confondues depuis 1988, a permis de mettre en évidence une température significativement supérieure au point rejet au seuil de 5 %.

La figure 2.1 ci-contre présente pour l'année 2000, l'évolution par mois de la température de l'eau. En guise de comparaison, cette figure présente également l'évolution moyenne mensuelle depuis 1991 ainsi que les valeurs minimales et maximales obtenues sur cette période.

On remarque que, pour l'année 2000, seules les valeurs obtenues en février, mars, octobre et décembre s'écartent de la moyenne.

La figure 2.2 quant à elle resitue la température de l'eau de mer à Paluel par rapport aux sites de Penly et Flamanville.

Le graphique montre bien la différence entre Flamanville, soumis à l'influence des eaux océaniques, et Paluel et Penly qui présentent peu de différence au niveau de la masse d'eau, du moins pour ce paramètre.

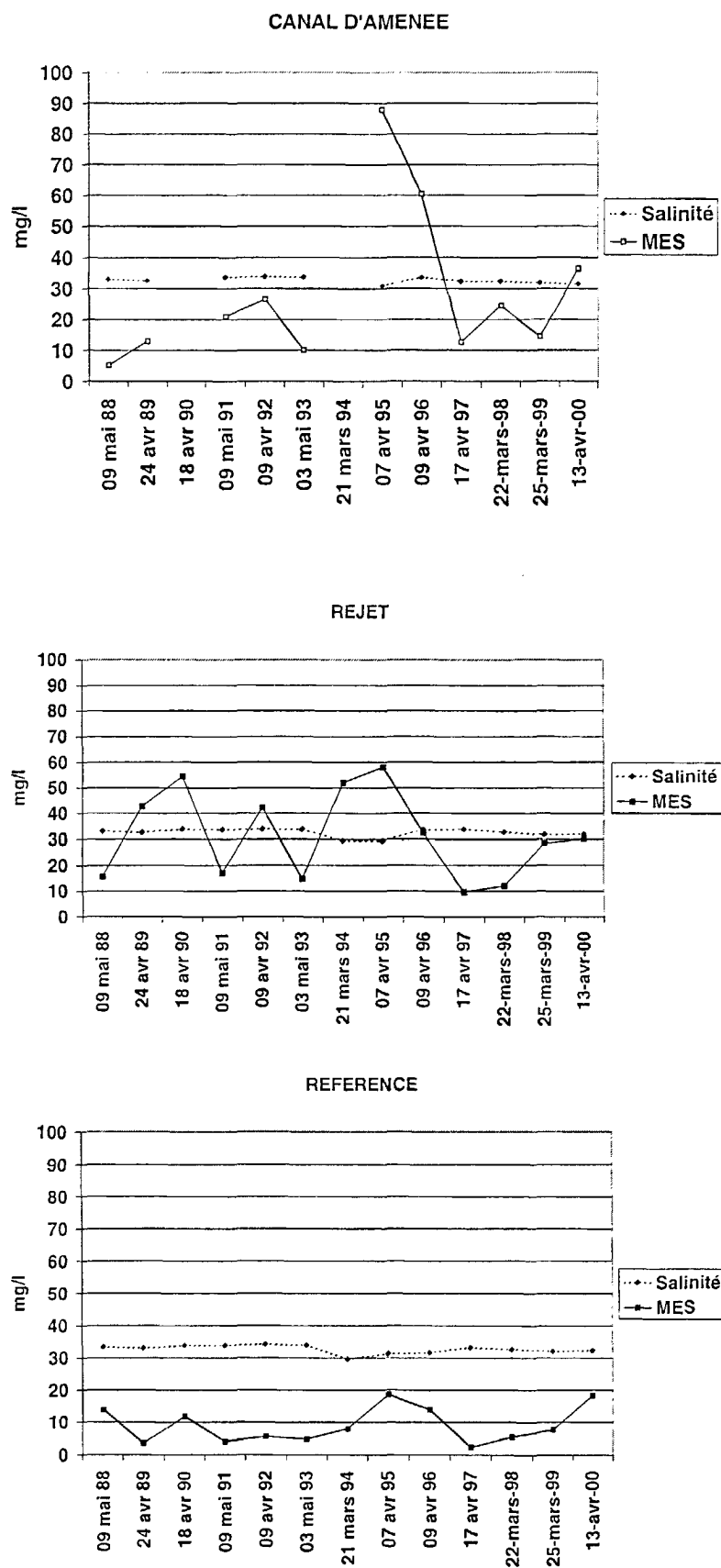


Fig 2.3 : la salinité et les MES au printemps

## 2.2 – La salinité

PSS	AVRIL	JUIN	SEPTEMBRE
CANAL D'AMENEE	31.5	31.7	31.7
REJET	31.9	31.9	32.1
REFERENCE Surface	32.3	32	32.4
REFERENCE -10m	32.3	32	32.3

Les mesures enregistrées n'apportent rien de significatif notamment quant aux variations saisonnières. Les valeurs sont particulièrement stables pour les trois campagnes et se situent, comme le montrent les graphiques ci-contre et pages 30 et 31, entre 30 et 35 pss quelle que soit l'année ou la saison.

Un test d'égalité des espérances appliqué aux salinités des points rejet et canal n'a pas permis de mettre en évidence des valeurs significativement supérieures au point canal au seuil de 5%.

## 2.3 – Les matières en suspension

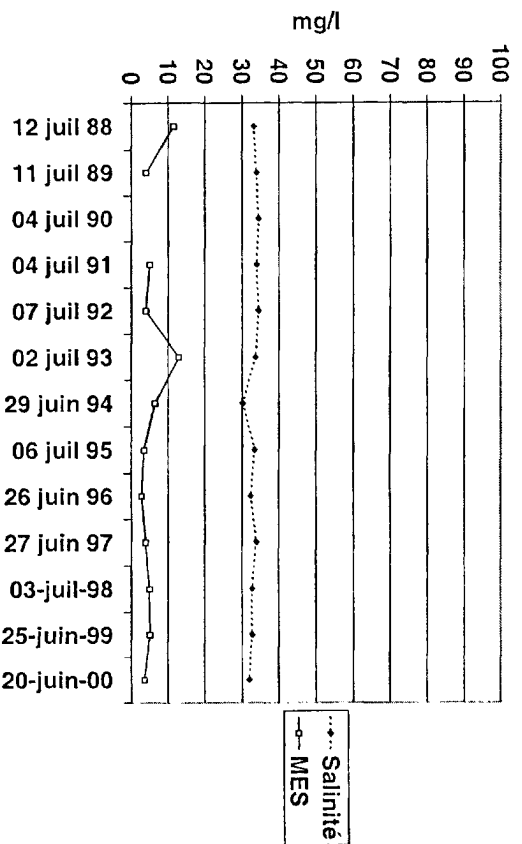
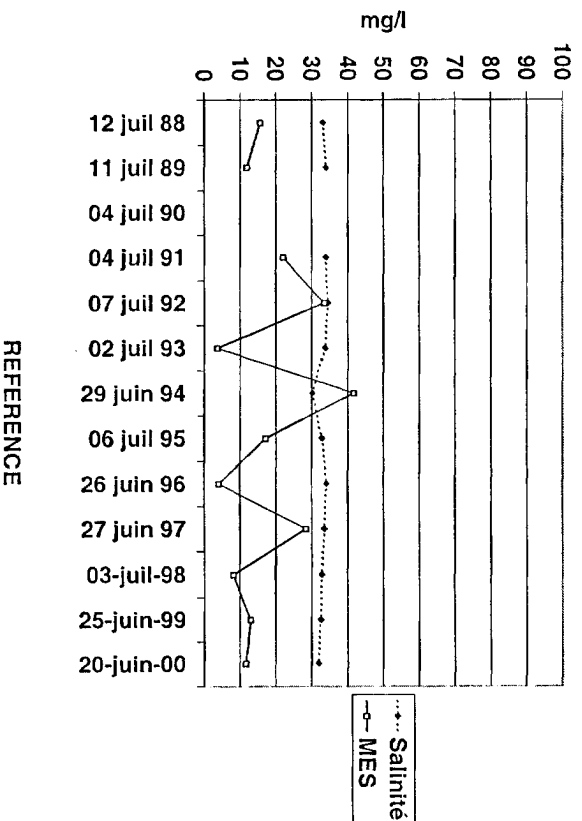
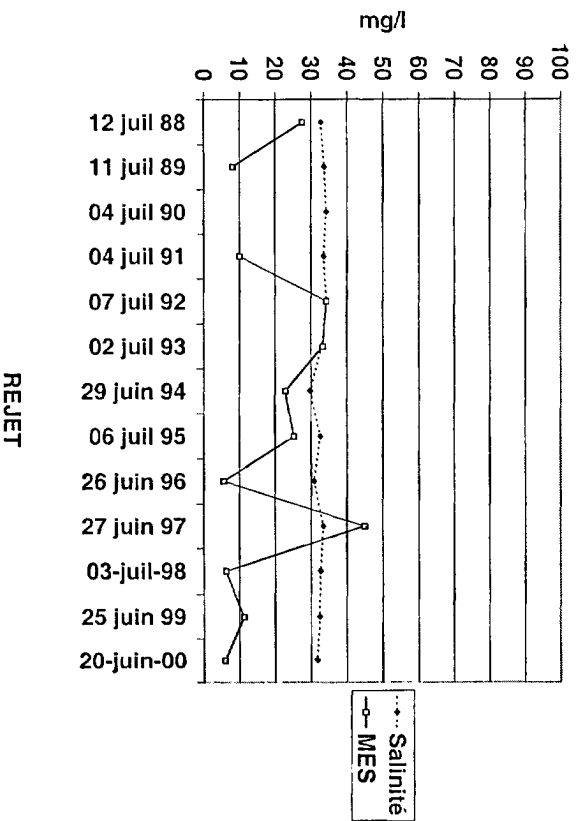
mg/l	AVRIL	JUIN	SEPTEMBRE
CANAL D'AMENEE	36.4	5.9	22.7
REJET	30.2	11.7	14.2
REFERENCE Surface	18.2	3.5	5.9
REFERENCE -10m	15.7	5	6.2

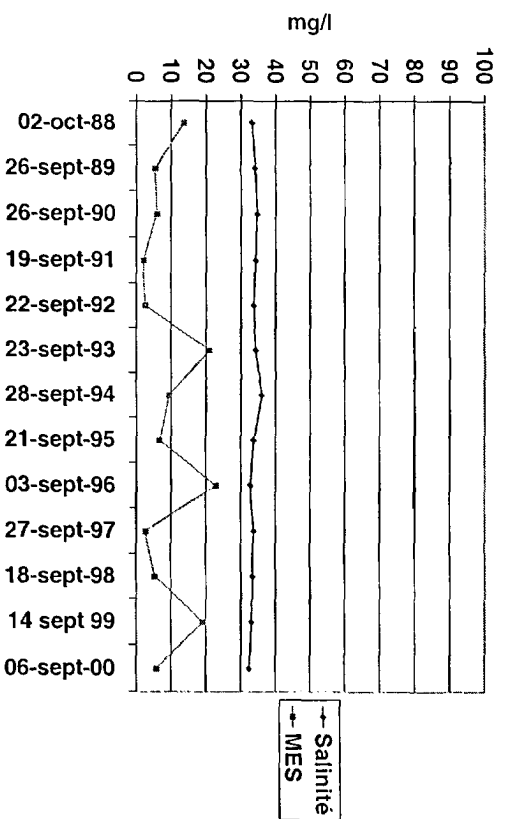
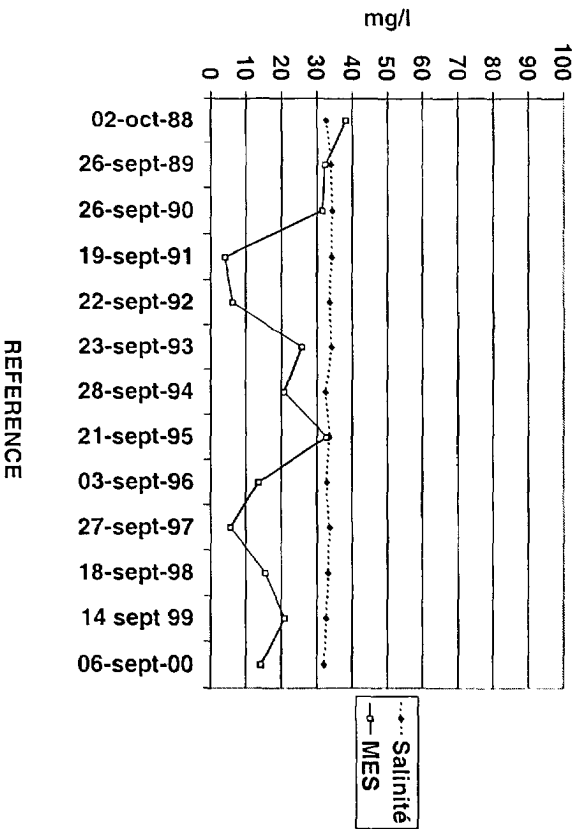
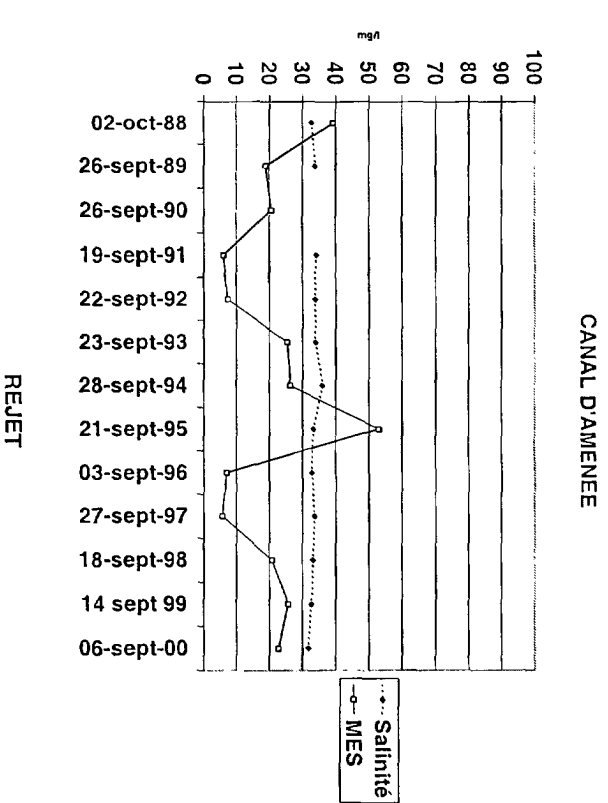
Ce paramètre s'est révélé être un bon marqueur du rejet, témoin du transfert des masses d'eau de la côte vers le large suite au transit dans la centrale. La charge en MES confirme dans l'ensemble le gradient côte-large décroissant classiquement observé.

Les graphiques ci-contre et page suivante montrent de grandes variations interannuelles de ce paramètre.

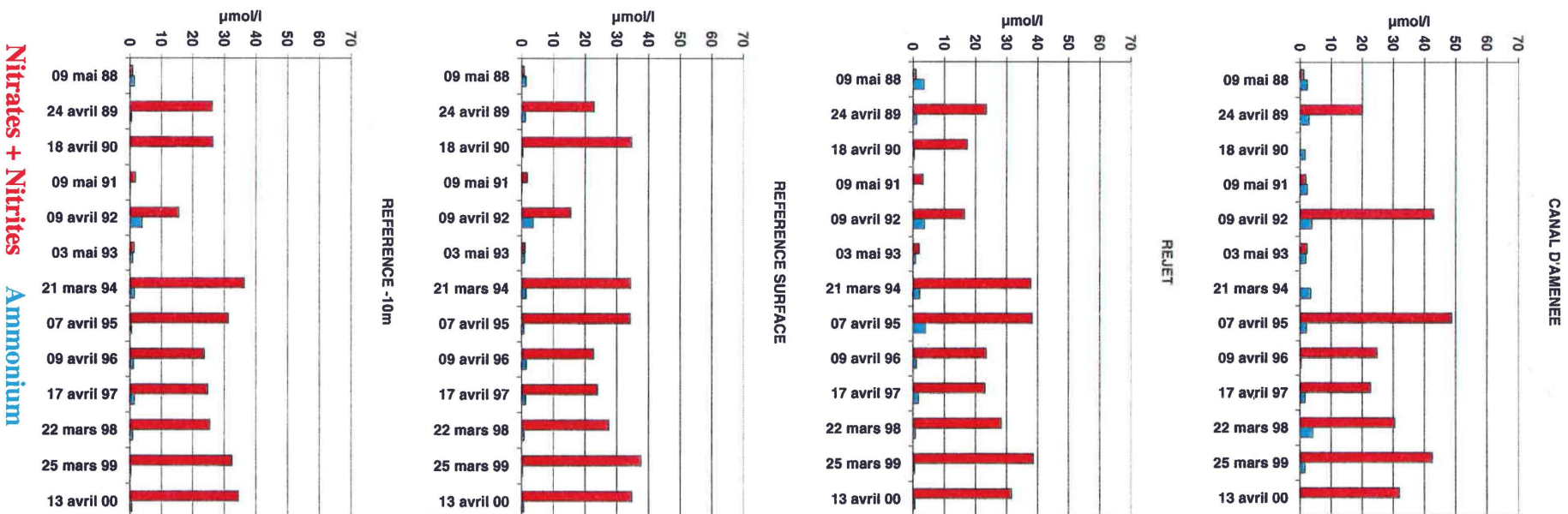


CANAL D'AMENEE





**Fig 2.5 : la salinité et les MES à la fin de l'été**



**Fig 2.6 : les sels nutritifs au printemps**  
**Nitrites + Nitrates**      **Ammonium**

## 2.4 – Les sels nutritifs

NO<sub>2</sub> + NO<sub>3</sub>  $\mu\text{mol/l}$ 

	AVRIL		JUN		SEPTEMBRE	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Canal d'amenée	31.92	1.90	21.91	1.64	18.40	3.16
Rejet	31.44	3.89	17.94	0.32	13.79	0.48
Référence S	34.65	0.19	19.65	1.70	11.36	1.46
Référence -10m	34.46	0.91	19.18	2.36	10.44	0.25

AMMONIUM  $\mu\text{mol/l}$ 

	AVRIL		JUN		SEPTEMBRE	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
Canal d'amenée			0.34	0.06	0.74	0.2
Rejet	0.47	0.41	0.60	0.11	0.78	0.10
Référence S	0.56	0.14	0.18	0.11	0.69	0.15
Référence -10m	0.52	0.23	0.32	0.05	0.75	0.06

Au printemps, si les valeurs en ammonium restent toujours très faibles par rapport aux années antérieures, les nitrates/nitrites ont cessé leur augmentation débutée en 1996 sauf pour le point référence -10m où elles continuent à progresser.

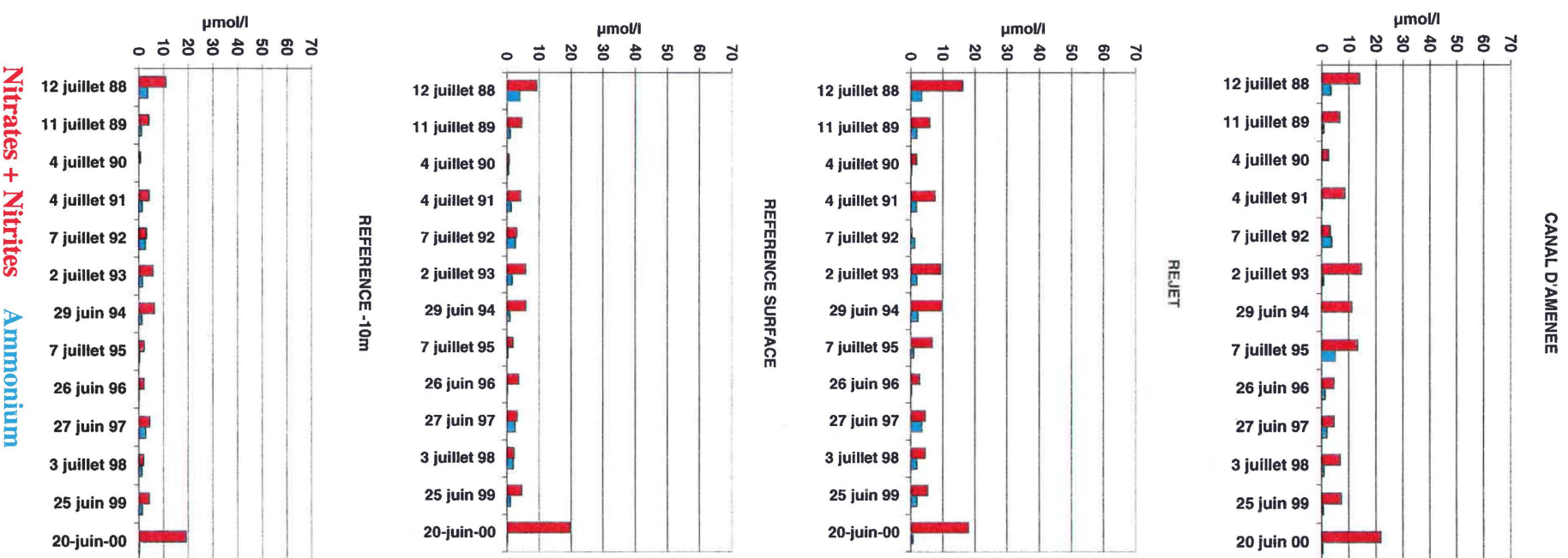
Le gradient décroissant côte/large, habituellement respecté, est peu marqué.

Au début de l'été, les concentrations en Nitrates/Nitrites sont les plus élevées depuis 1988 sur les 4 points. Cependant leur faible niveau est à rapprocher avec les numérations observées au niveau du phytoplancton qui sont très fortes. Ceci indique une forte consommation des sels nutritifs.

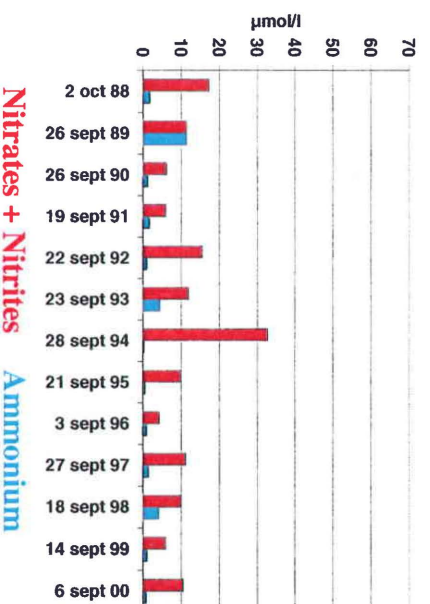
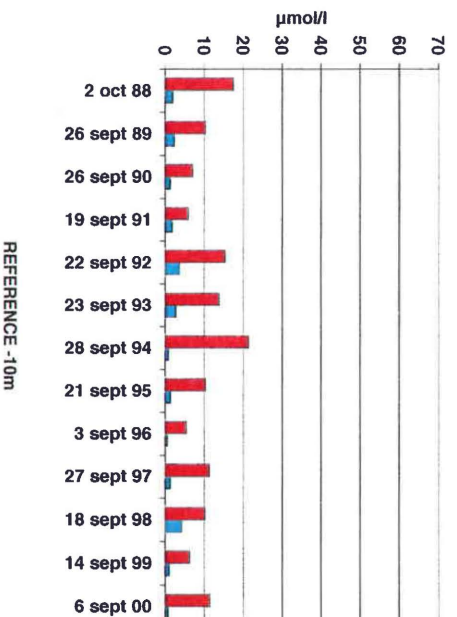
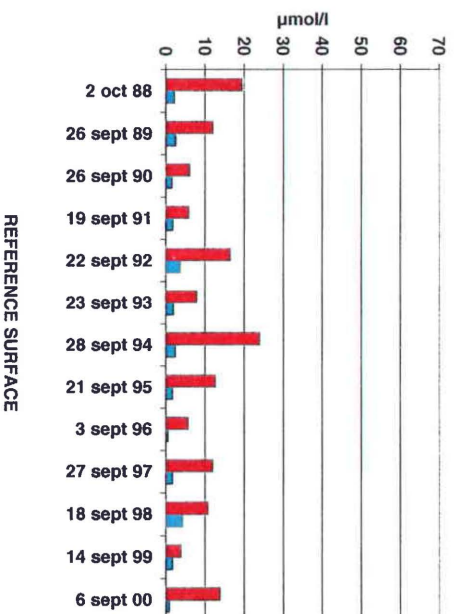
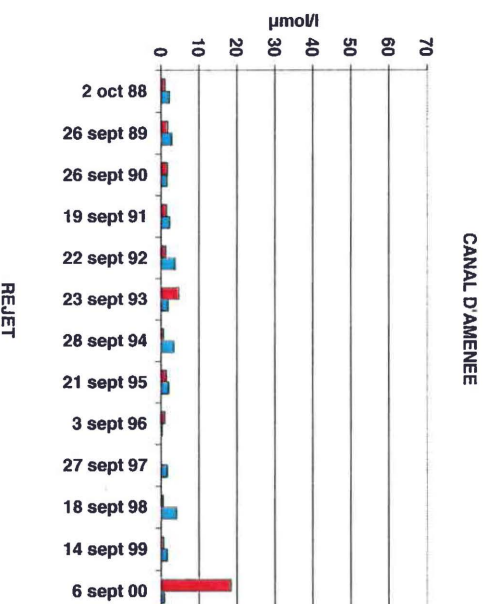
A la fin de l'été, au canal d'amenée, les valeurs en Nitrates/Nitrites sont les plus élevées depuis 1988. Sur les autres points les valeurs restent faibles et comparables aux années précédentes.







**Fig 2.7 : les sels nutritifs au début de l'été**



**Fig 2.7 : les sels nutritifs à la fin de l'été**

Nitrites + Nitrates      Ammonium

## ANNEXES

### Tests d'égalité des espérances : observations pairées



	Température		référence
	amenée	rejet	
09 mai 88	12.90	13.60	11.50
24 avr 89	10.93	12.03	10.54
09 avr 92	9.61	10.70	8.50
03 mai 93	12.41	12.72	11.43
07 avr 95	10.43	11.05	9.44
09 avr 96	8.38	9.89	7.32
17 avr 97	10.50	12.20	11.80
22-mars-98	9.54	11.51	9.01
25-mars-99	9.88	11.93	9.16
13-avr-00	9.10	11.36	9.45
12 juil 88	17.26	17.59	17.74
11 juil 89	20.19	20.70	18.59
04 juil 90	15.20	19.10	16.45
04 juil 91	17.40	17.00	15.40
07 juil 92	18.37	17.72	17.49
02 juil 93	17.88	19.66	17.17
29 juin 94	16.74	19.66	16.55
06 juil 95	17.47	19.65	17.08
26 juin 96	16.16	18.44	16.97
27 juin 97	16.90	17.50	16.80
03-juil-98	18.64	19.81	17.82
25 juin 99	17.70	19.38	16.94
20-juin-00	17.33	17.68	16.30
02-oct-88	18.45	19.33	18.33
26-sept-89	18.29	20.85	19.12
26-sept-90	18.00	19.80	17.00
19-sept-91	19.20	21.50	19.20
22-sept-92	17.23	18.50	17.21
23-sept-93	17.20	21.51	16.94
28-sept-94	16.96	18.58	16.71
21-sept-95	18.16	19.40	17.37
03-sept-96	19.31	20.19	18.62
27-sept-97	18.90	20.80	18.40
18-sept-98	17.05	18.12	17.32
14 sept 99	20.70	22.37	20.73
06-sept-00	19.32	21.35	19.55

	Amenée	Rejet
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Moyenne	15.8247222	17.3105556
Variance	13.3639913	14.1928854
Observations	36	36
Coefficient de corrélation de Pearson	0.96167741	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	35	
Statistique t	-8.62635155	
P(T<=t) unilatéral	1.744E-10	
Valeur critique de t (unilatéral)	1.68957285	
P(T<=t) bilatéral	3.4879E-10	
Valeur critique de t (bilatéral)	2.03011041	

**Il existe une différence hautement significative : température supérieure au point rejet**

	Salinité		Référence
	Amenée	Rejet	
24 avr 89	32.56	32.66	33
09 mai 91	33.71	33.73	33.81
09 avr 92	33.93	33.85	34.2
03 mai 93	33.72	33.77	33.92
07 avr 95	30.91	29.39	31.25
09 avr 96	33.56	33.63	31.62
17 avr 97	32.39	33.75	33.19
22-mars-98	32.5	32.7	32.65
25-mars-99	31.9	31.7	32
13-avr-00	31.5	31.9	32.3
12 juil 88	32.77	33.02	33.14
11 juil 89	33.66	33.74	33.9
04 juil 91	33.53	33.71	34
07 juil 92	34.19	34.36	34.45
02 juil 93	32.96	33.58	33.7
29 juin 94	29.68	30.16	30.16
06 juil 95	32.55	32.74	33.42
26 juin 96	30.74	33.89	32.31
27 juin 97	33.4	33.4	33.85
03-juil-98	32.6	32.7	32.7
25 juin 99	32.40	32.5	32.7
20-juin-00	31.70	31.9	32
02-oct-88	32.72	32.74	33.2
26-sept-89	33.89	33.97	34.12
19-sept-91	34.11	34.16	34.22
22-sept-92	33.71	33.61	33.67
23-sept-93	33.93	34.12	34.29
21-sept-95	33.22	33.61	33.69
03-sept-96	32.81	32.74	32.65
27-sept-97	33.6	33.6	33.7
18-sept-98	33.1	33.2	33.3
14 sept 99	32.70	32.7	33
06-sept-00	31.7	32.1	32.4

	Amenée	Rejet
	Variable 1	Variable 2
Moyenne	32.8932353	32.995
Variance	1.39919225	1.17540152
Observations	34	34
Coefficient de corrélation de Pearson	0.67761209	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	33	
Statistique t	-0.64874235	
P(T<=t) unilatéral	0.26049718	
Valeur critique de t (unilatéral)	1.69236046	
P(T<=t) bilatéral	0.52099435	
Valeur critique de t (bilatéral)	2.03451691	

Il n'existe pas de différence significative entre le point Canal d'Amenée et le point Rejet

### 3 – LA MICROBIOLOGIE

Laurence DOROBISZ  
Laboratoire Départemental de Rouen



### 3.1. Introduction

La surveillance microbiologique du site de PALUEL a été effectuée en 2000 à partir des prélèvements réalisés lors des 3 sorties du 14 avril 2000, 20 juin 2000 et 6 Septembre 2000. (24 prélèvements pour les déterminations microbiologiques et 12 prélèvements pour le dosage des bromoformes et du chloroforme).

### 3.2. Matériel - Méthodes d'analyses – Déterminations

Le matériel de prélèvements et les méthodes d'analyses restent inchangés.

#### Prélèvements :

Les prélèvements sont effectués au moyen de flacons stériles. Les échantillons sont maintenus au froid pendant le transport jusqu'au laboratoire. Les prélèvements sont réalisés par les équipages IFREMER.

#### Analyses microbiologiques :

##### *\* Dénombrement des germes totaux en épifluorescence*

- stabilisation de l'échantillon au moment du prélèvement par du formol dépoussiéré afin de limiter la multiplication des bactéries.
- filtration sur membrane en polycarbonate 0,2  $\mu$ m teintée au laboratoire avec de l'Irgalan black.
- coloration à l'acridine orange 1/30 000ème.
- observation de la membrane sous UV en lumière réfléchie

Toutes les bactéries présentes et mises en évidence par coloration sont dénombrées sans distinction de couleur (les bactéries "vivantes" apparaissent colorées en vert, les "mortes" en rouge).

##### *\* Dénombrement des germes aérobies revivifiables sur milieu Zobell*

- après étalement au râteau sur milieu de Zobell, le dénombrement s'effectue après incubation à 20°C pendant 11 jours.



**\* Recherche de vibrio-halophiles**

Ces vibrions ont la particularité de pouvoir subsister assez longtemps dans le milieu marin. Leur présence est décelée par la méthode suivante :

- filtration de 1l d'eau de mer sur une membrane 0,45 $\mu$ m
- enrichissement 24H sur milieu Akyama à 37 °C
- isolement sur gélose TCBS 18H à 37°C
- repiquage sur milieu kligler 18H à 37°C
- identification par tests biochimiques (galerie API 20 NE) et vibrio-statiques (test O129)

**\* Dénombrement des vibrio-halophiles**

Méthode NPP en 3 tubes

- milieu Akyama double et simple concentration, incubation 24H à 37°C
- isolement sur gélose TCBS 18H à 37°C
- repiquage sur milieu Kligler 18H à 37°C
- test vibrio-statiques (tests O129)
- identification par tests biochimiques (galerie API 20 NE)

**Dosage des organo-halogénés volatils :**

- Bromoforme, dibromomonochlorométhane, dichloromonobromométhane et chloroforme.





	PRINTEMPS	DEBUT D'ETE	FIN D'ETE
<b>AMENEE</b> (moyenne de 2 prélèvements)	$1,10 \cdot 10^5$	$1,17 \cdot 10^5$	$1,28 \cdot 10^5$
<b>REJET</b> (moyenne de 2 prélèvements)	$1,32 \cdot 10^5$	$1,07 \cdot 10^5$	$1,45 \cdot 10^5$
<b>REFERENCE</b> (moyenne de 4 prélèvements)	$1,19 \cdot 10^5$	$1,22 \cdot 10^5$ moyenne de 3 prélèvements	$1,12 \cdot 10^5$ moyenne de 3 prélèvements

**Tableau 3.1 : résultats des germes totaux par épifluorescence**



### Dosage du Bore

L'acide borique ( $H_3BO_3$ ) fait partie des produits de conditionnement qui, ajouté à l'eau déminéralisée, permet aux circuits d'eau de la Centrale de répondre aux spécifications chimiques.

Ce produit est utilisé dans l'eau du circuit primaire en tant qu'absorbeur neutronique pour compenser les lentes variations de réactivité. Le rejet dans le milieu marin (22 tonnes en 1999 et 16 tonnes en 2000) se fait par l'intermédiaire des effluents radioactifs liquides en conformité aux normes fixées par la réglementation.

Dans le cadre des nouvelles dispositions prises par l'arrêté ministériel, les premières mesures de bore dans le milieu marin ont été réalisées le 6 septembre 2000.

Les prélèvements sont réalisés dans des flacons en polyéthylène de 250ml. Ils sont conservés en glacière jusqu'au laboratoire.

Les analyses sont réalisées par ICP – optique à 249,773nm de longueur d'onde. Les résultats sont exprimés en mg/l de Bore (B).

#### Les points de prélèvements sont référencés :

- A = Canal d'aménée
- B = Rejet
- C = Référence

### **3.3. Résultats et commentaires**

#### 3.3.1. Dénombrement des germes totaux en épifluorescence

Le nombre de germes totaux par ml (tableau 3.1) comptés en épifluorescence varie de  $1,07.10^5$  (rejet au début de l'été) à  $1,45.10^5$  (rejet à la fin de l'été).

Le nombre de germes totaux contenus dans l'eau de mer est le même au large et aux abords immédiats de la centrale de Paluel. Il n'y a pas de différence significatives entre le canal d'aménée et le rejet des eaux de refroidissement.

Au cours de l'année 2000, le nombre de germes totaux dénombrés par épifluorescence reste toujours du même ordre de grandeur, quelque soit la saison.

Les résultats obtenus sur ce paramètre sont très similaires à ceux obtenus en 1999.



### 3.3.2. Dénombrement des germes aérobies viables sur Milieu Zobell

Les comptages varient de **30 germes / ml** ( référence au début de l'été) à **2.950 germes/ml** (Canal d'amenée en automne).

	PRINTEMPS	DEBUT D'ETE	FIN D'ETE
<b>AMENEE</b> (moyenne de 2 prélèvements)	1.713	140	2.950
<b>REJET</b> (moyenne de 2 prélèvements)	811	63	958
<b>REFERENCE</b> (moyenne de 4 prélèvements)	539	30	509

**Tableau 3.2 : résultats des dénombrements de germes aérobies sur milieu de Zobell**

➤ Le nombre de germes revivifiables contenus dans les eaux du canal d'amenée de la centrale de PALUEL est cette année plus important que celui des points référence et rejet.

➤ Par rapport à l'année 1999 , le nombre de germes dénombrés est plus faible au début et à la fin de l'été. Il est beaucoup plus élevé au printemps.



## 3.3.3. Recherche et dénombrement des vibrio-halophiles

	PRINTEMPS		DEBUT D'ETE		FIN D'ETE	
	Recherche sur 1 l	Nb /100ml	Recherche sur 1 l	Nb /100ml	Recherche sur 1 l	Nb /100ml
AMENEE	Absence	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	9,2	<i>V.alginolyticus</i>	<3
	Absence	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	9,2	<i>V.alginolyticus</i>	9,2
REJET	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	9,2	<i>V.alginolyticus</i>	< 3
	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	75	<i>V.alginolyticus</i>	7,4
	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	< 3
	Absence	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	Absence	< 3
REF	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	Absence	< 3
	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	< 3	<i>V.alginolyticus</i>	< 3

**Tableau 3.3 : identification et dénombrement des vibrio-halophiles**

- ↳ Présence de **Vibrio Halophile** du genre *Vibrio alginolyticus* au printemps, au début et à la fin de l'été sur les 3 points de prélèvement.
- ↳ Par rapport à 1999, on peut noter la présence de *Vibrio alginolyticus* au printemps.

		CH Br 3	CH Br 2 Cl	CH Br Cl 2	CH CL 3
AMENEE	printemps	< 1	< 1	< 1	< 1
	début d'été	2,6	< 1	< 1	< 1
	fin d'été	2,8	< 1	< 1	< 1
REJET	printemps	2,0	< 1	< 1	< 1
	début d'été	1,8	< 1	< 1	< 1
	fin d'été	5,3	< 1	< 1	< 1
REFERENCE	printemps	< 1	< 1	< 1	< 1
	début d'été	2,1	< 1	< 1	< 1
	fin d'été	2,1	< 1	< 1	< 1

Tableau 3.4 : résultats des dosages des organo-halogénés volatils

### 3.3.4. Dosage des organo-halogénés volatils (tableau 3.4 ci-contre)

- ↳ En 2000 le seul organo-halogénés volatil retrouvé aux abords de la centrale de Paluel est le **tribromométhane** qui est retrouvé au **début** et à la **fin de l'été** aux trois points de prélèvements et au **printemps** au point **rejet**.
- ↳ Par rapport à l'année 1999, on note une diminution de la teneur en tribromométhane des eaux de rejets de la centrale de PALUEL

### 3.3.5 – Dosage du bore

La composition normale d'acide borique dans l'eau de mer est de 25,6 mg/l, soit pour le bore d'environ 4mg/l.

Un essai interlaboratoire national a été réalisé en janvier 1987 afin de comparer la répétabilité et la reproductibilité des méthodes sur un même échantillon. L'écart-type obtenu est de 0,06 g/l pour la répétabilité, et 0,18 g/l pour la reproductibilité.

	CANAL	REJET	REFERENCE
Mesure n°1	4,11	4,30	4,25
n°2	4,17	4,34	4,25
n°3	4,06	4,27	4,25
n°4	4,17	4,30	4,29
<b>Moyenne</b>	<b>4,30</b>	<b>4,13</b>	<b>4,26</b>

Compte tenu de l'incertitude propre à la mesure, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs observées aux 3 points de mesure en septembre 2000. Ces valeurs correspondent à la teneur normale du bore dans l'eau de mer.

En l'absence d'une série à long terme sur ce paramètre, nous ne pouvons faire d'autres commentaires.



### 3.4. Conclusion

La surveillance microbiologique du site de la centrale de Paluel pendant l'année 2000 donne les résultats suivants :

➤ Le nombre de germes totaux retrouvés dans l'eau de mer est le même au large et aux points d'amenée et de rejet des eaux de refroidissement de la centrale. Ce résultat est identique à celui de la campagne 1999.

➤ Le nombre de germes revivifiables contenus dans les eaux du canal d'amenée de la centrale de PALUEL est cette année plus important que celui des points de référence et de rejet. Ceci est particulièrement vrai au printemps et à la fin de l'été. Par rapport à l'année 1999, le nombre de germes dénombrés est plus faible au début et à la fin de l'été. Il est beaucoup plus élevé au printemps.

➤ Il y a présence cette année au début et à la fin de l'été de vibrios halophiles du genre *Vibrio alginolyticus* en faible quantité aux trois points de surveillance et au printemps sur les points de rejet et de référence.

En 1999 aucun vibrio halophile du genre *Vibrio alginolyticus* n'avait été retrouvé au printemps.

➤ Le dosage des organo-halogénés volatils montre la présence de tribromométhane aux trois points de surveillance au début et à la fin de l'été. Par rapport à l'année 1999, on constate une diminution de la teneur en tribromométhane dans les eaux de rejet de la centrale de Paluel.



## 4 – LE PHYTOPLANCTON

Hervé du BOULLAY  
IFREMER / PORT-EN-BESSIN





## 4.1. Introduction

L'étude quantitative de l'activité photosynthétique de la population phytoplanctonique complétée par la détermination et le comptage des cellules, permet de suivre l'évolution des populations ainsi que l'influence de certains facteurs.

L'activité photosynthétique d'une population phytoplanctonique dépend de la quantité et de la qualité des pigments contenus dans les algues ainsi que de la quantité d'énergie lumineuse reçue. La biomasse du phytoplancton est souvent représentée par son taux de pigment actif qu'est la chlorophylle *a*.

Une population jeune en voie de développement produira une quantité importante de chlorophylle et à l'inverse, une population vieillissante verra son taux de pigment actif (phéopigment) augmenté du fait de la dégradation de la chlorophylle.

C'est ainsi que ce chapitre traitera des résultats quantitatifs et qualitatifs de l'étude de la population phytoplanctonique.

## 4.2. Matériel et méthode

Les prélèvements d'eau en vue de l'étude du phytoplancton ont été réalisés aux mêmes points et niveaux que pour les paramètres physico-chimiques et avec le même matériel.

### 4.2.1. Mesure de la chlorophylle

La quantité de chlorophylle est mesurée par la méthode de RICHARDS et THOMSON (1952) et normalisé par l'UNESCO (1966).

L'échantillon d'un litre est filtré à  $0,45\mu$  aussitôt après le prélèvement sur membrane en fibre de verre type GF/C Whatman.

Les filtres sont ensuite congelés à l'obscurité jusqu'au dosage. L'extraction se fait par addition de 5ml d'acétone à 90% pendant 18 heures à l'obscurité. Après centrifugation à 7000 tours pendant 10mn, le surnageant est placé dans une cuve de trajet optique 1cm en vue de l'étude au spectrophotomètre. L'absorption est mesurée à différentes longueurs d'onde.



#### 4.2.2. Mesure de la production primaire

La méthode de mesure de la production primaire a été conçue par STEEMAN NIELSEN et décrite en détail par BROUARDEL et RINK (1963). Elle consiste à mesurer la quantité de carbone 14 retenue par les organismes d'un échantillon d'eau de mer, pendant un laps de temps donné : une quantité connue de carbonate de sodium à atome de carbone radio-actif est introduite dans un échantillon d'eau de mer. Grâce à l'énergie lumineuse, les organismes photosynthétiques contenus dans l'échantillon assimilent le carbone pour élaborer leur matière organique (croissance, reproduction). Après un temps déterminé d'exposition à la lumière (incubation), l'échantillon est filtré. L'activité du  $C^{14}$  contenu dans les organismes retenus par le filtre est mesurée et comparée à l'activité du  $NaH^{14}CO_3$  introduit.

La quantité de carbone assimilée par unité de temps varie selon le nombre et l'état physiologique des organismes, la qualité de la lumière (intensité, longueur d'onde) et la constitution physico-chimique de l'eau de mer échantillonnée.

Le  $C^{14}$  mesuré sur le filtre, ne correspond pas entièrement au carbone assimilé par photosynthèse. A ce dernier s'ajoute le carbone absorbé par processus physique ou par les bactéries. Pour estimer l'absorption du carbone par des phénomènes autres que la photosynthèse, un double échantillonnage est pratiqué : un échantillon est placé dans un flacon à parois claires et un autre, correspondant à des mêmes conditions de prélèvement, est placé dans un flacon à parois obscurcies. L'inoculation et l'incubation des deux sous-échantillons s'effectuent dans les mêmes conditions.

L'activité mesurée à partir du flacon obscur, est parfois retranchée de l'activité mesurée à partir du flacon clair pour apprécier la quantité nette de carbone incorporée par assimilation photosynthétique. Cependant, l'obscurité peut favoriser certains phénomènes comme par exemple le développement de bactéries sciaphiles ; il semble donc préférable de ne donner qu'à titre indicatif la quantité de carbone assimilée dans le flacon obscur, sans la soustraire de celle assimilée dans le flacon clair.

A Paluel, comme à Flamanville et Penly, les prélèvements sont effectués en surface et pour chaque station, deux flacons clairs sont remplis pour estimer la variabilité des mesures.



13/04/2000	Chlorophylle $\mu\text{g/l}$		Production Primaire Mg C/m <sup>3</sup> /h P2	Rapport P/B	Microplancton Nb cell/l
	Moyenne	Ecart type			
Canal d'amenée			19.99		34500
Rejet	1.56	0.38	22.04	14.12	30800
Référence S	0.64	0	22.18	34.65	24800
Référence -10m	0.80	0	28.40	35.5	22700

20/06/2000	Chlorophylle $\mu\text{g/l}$		Production Primaire Mg C/m <sup>3</sup> /h P2	Rapport P/B	Microplancton Nb cell/l
	Moyenne	Ecart type			
Canal d'amenée	2.13	0.15	12.64	5.93	91100
Rejet	2.33	0.29	8.60	3.69	146500
Référence S	3.05	0.35	7.13	2.33	38100
Référence -10m	2.75	0.21	8.57	3.11	70300

06/09/2000	Chlorophylle $\mu\text{g/l}$		Production Primaire Mg C/m <sup>3</sup> /h P2	Rapport P/B	Microplancton Nb cell/l
	Moyenne	Ecart type			
Canal d'amenée	0.53	3.16	8.89	16.77	22200
Rejet	0.36	0.17	5.28	14.66	13600
Référence S	0.64	0	5.18	8.09	14200
Référence -10m	0.16	0	5.26	32.87	14200

Tableau 4.1 : résultats des mesures de chlorophylle, production primaire et microplancton à Paluel en 2000.

### 4.2.3. Etude systématique du phytoplancton

Les échantillons sont fixés au lugol à bord du bateau immédiatement après le prélèvement. Au laboratoire, 10ml de l'échantillon sont mis à décanter dans des cuves pendant 4 heures selon la technique d'UTERMOHL. La détermination et le comptage des espèces s'effectue avec un microscope inversé Olympus.

Les résultats sont rendus en nombre de cellules par litre et par espèce.

## 4.3. Résultats

### 4.3.1. Biomasse Chlorophyllienne

Au cours de cette année les valeurs moyennes en chlorophylle s'échelonnent entre 0,16  $\mu\text{g/l}$  au point référence/-10m en septembre et 3,05  $\mu\text{g/l}$  au point référence surface au mois de juin.

Des problèmes de stockage d'échantillons ont rendus l'analyse de la chlorophylle impossible, au point canal au printemps.

Dans l'ensemble les valeurs restent relativement faibles et très comparables aux années antérieures.

Ces résultats sont inférieurs à ce que l'on peut observer à Penly.

Comme l'année dernière, on peut noter le petit pic du mois de juin au point référence.

En ce qui concerne les gradients côte/large, ceux-ci sont peu marqués, les valeurs étant très proches les unes des autres.

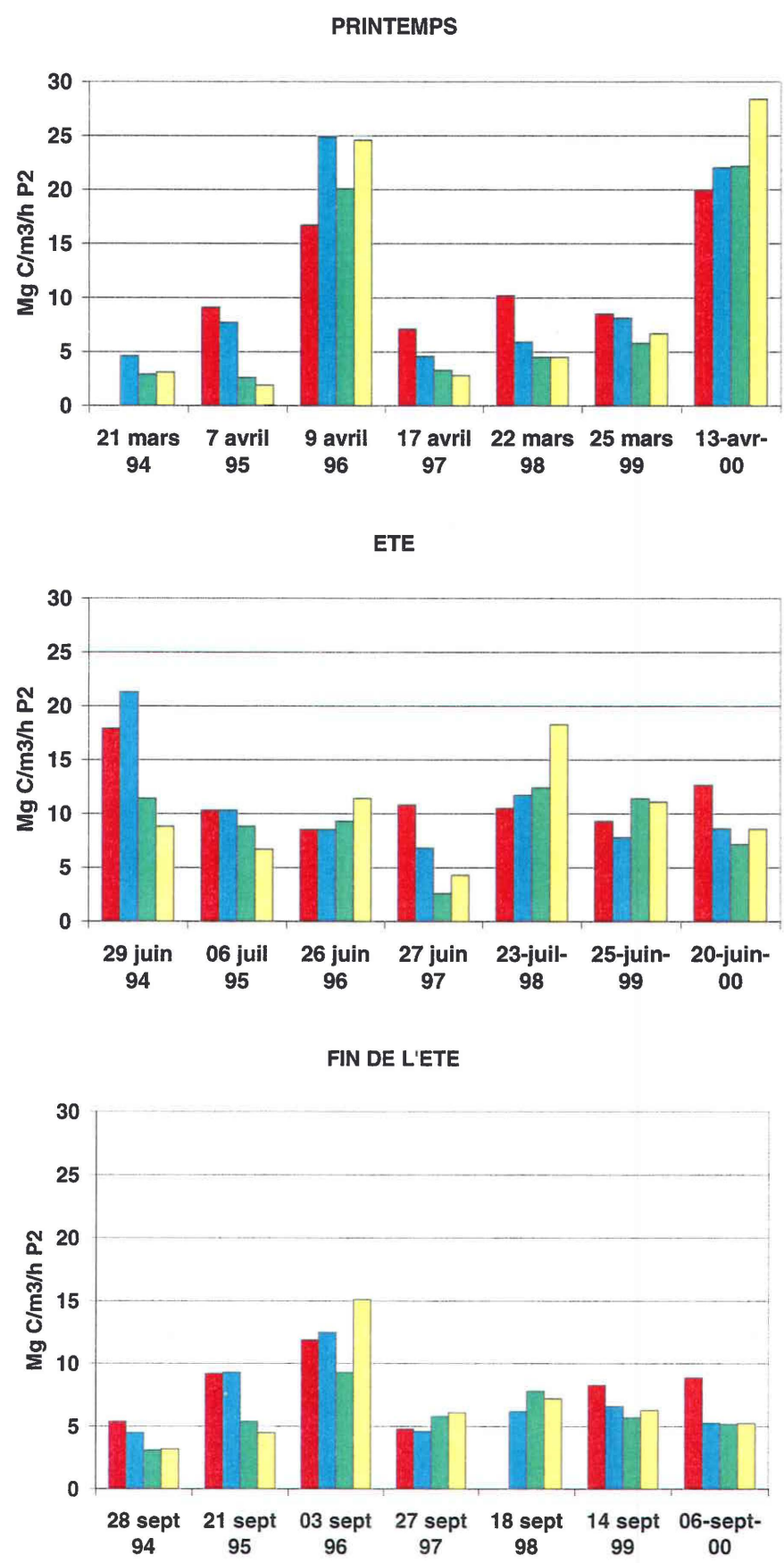
Cette année nous avons réalisé un traitement statistique des résultats obtenus depuis 1995, toutes saisons confondues.

Comme pour la température et la salinité, nous avons utilisé le test d'égalité des espérances. Ceci nous permet de voir si il existe des différences significatives entre les différents points.

Les résultats sont disponibles en annexes du présent chapitre.

**En prenant une probabilité d'erreur de 5%, le test ne permet pas de conclure à une différence significative, pour la chlorophylle et les phaeopigments, entre les deux séries de données, Amenée/Rejet ou Amenée/Référence.**





**CANAL REJET REFERENCE/S REFERENCE -10m**

Figure 4.1 : résultats de la Production Primaire à Paluel depuis 1994

#### 4.3.2. Résultats de la production primaire

La figure 4.1 ci-contre montre qu'en 2000, les valeurs s'échelonnent entre un maximum de 28,40 Mg C/m<sup>3</sup>/h au point référence/-10m au printemps et un minimum de 5,18 au point référence/surface à la fin de l'été.

Les valeurs relevées au printemps sont les plus importantes depuis 1996.

Pour les 2 autres périodes, on peut constater une certaine stabilité depuis 1997.

Cette année, le gradient côte/large décroissant est moins marqué que l'année dernière.

**Le test d'égalité des espérances appliqué aux moyennes obtenues aux points canal et rejet, toutes saisons confondues depuis 1994, ne permet pas de mettre en évidence des valeurs significativement supérieures entre ces deux points.**

#### 4.3.3. Evolutions des populations phytoplanctoniques.

Les taxons ont été codés pour les insérer dans la base de données QUADRIGE qui regroupe l'ensemble des données acquises par les réseaux de surveillance de l'Ifremer.

Le tableau 4.3 ci-après présente les résultats des numérations en nombre de cellules par litre des espèces recensées au cours des 3 campagnes ainsi que le pourcentage de dominance par rapport à la population totale.

Le tableau 4.2 récapitule les espèces recensées en 2000 avec leur code.

Cette année, le nombre global d'espèces recensées est plus important que l'année dernière (22 en 1999 et 34 en 2000). Nous retrouvons les espèces classiquement observées. Dans l'ensemble nous constatons une différence importante avec Penly en quantité d'espèces différentes et en nombre par espèce.

Cette année la population de mars est représentée principalement par les *Thalassionema*, les *Thalassiosira* et les *Melosira*.

Au début de l'été nous avons observés un bloom à *Porosira* qui représente plus de 50% des espèces. Viennent ensuite *Thalassiosira* et *Rhizosolenia*.

Enfin, à la fin de l'été, les valeurs par espèces chutent fortement. Par contre on peut noter une diversité plus forte.

La population est principalement composée par les genres *Melosira*, *Naviculaceae*, *Rhizosolenia*, *Thalassionema* et *Thalassiosira*.



ACTN	<i>Actinoprychus sp</i>
ASTE	<i>Asterionella sp</i>
AULA	<i>Aulacodiscus sp</i>
BIDD	<i>Biddulphia sp</i>
COSC	<i>Coscinodiscus sp</i>
CHAE	<i>Chaetoceros sp</i>
CLDIATO	<i>Diatomophysées (=Diatomées)</i>
DITY	<i>Dirylum sp</i>
DIPL	<i>Diploneis</i>
EUCPZOD	<i>Eucampia zodiacus</i>
GRAM	<i>Grammatophora sp</i>
GRAMSER	<i>Grammatophora serpentina</i>
GUIN	<i>Guinardia sp</i>
LAUD	<i>Lauderia sp. + Schroderella sp.</i>
MELO	<i>Melosira sp</i>
NAVI	<i>Navicula sp</i>
NITZ	<i>Nitzschia sp + Hantzschia sp</i>
NITZSLON	<i>Nitzschia longissima</i>
PLESGYR	<i>Pleurosigma sp + Gyrosigma sp</i>
PORO	<i>Porosira sp</i>
PROI	<i>Protoperidinium sp + Peridinium sp</i>
PRORMIC	<i>Prorocentrum micans</i>
RHAP	<i>Raphoneis sp</i>
RHIZ	<i>Rhizosolenia sp</i>
RHIZDEL	<i>Rhizosolenia delicatula</i>
RHIZSET	<i>Rhizosolenia setigera + R..pungens</i>
RHIZSTO	<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>
THAA	<i>Thalassionema sp + Thalassiothrix</i>
THAL	<i>Thalassiosira + Coscinosira + Coscinodiscus eccentricus</i>
THALGRA	<i>Thalassiosira gravida</i>
THALNOR	<i>Thalassiosira nordenskioldii</i>
THALROT	<i>Thalassiosira rotula</i>
THALSUB	<i>Thalassiosira subtilis</i>
TRIC	<i>Triceratium</i>
TRICFAV	<i>Triceratium favus</i>

Tableau 4.2 : codes espèces

	13 avril 2000								20 juin 2000								06 septembre 2000							
	Amenée		Rejet		Réf / S		Réf / -10m		Amenée		Rejet		Réf / S		Réf / -10m		Amenée		Rejet		Réf / S		Réf / -10m	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Actn	500	1,4			100	0,4	100	0,4											100	0,7				
Aste					200	0,8																		
Aula																	200	0,9						
Bidd	100	0,3	400	1,3	300	1,2			300	0,33			300	0,78			700	3,2			400	2,8	300	2,1
Cosc	700	2,1	900	2,92	100	0,4															100	0,7		
Chae																	2.100	9,5	300	2,2	200	1,4	400	2,8
Cldiato																	800	3,6						
Dipl	100	0,3	100	0,32													200	0,9						
Eucpzd											200	0,1	100	0,26	500	0,7								
Gram																			200	1,5				
Gramse					100	0,4													300	2,2				
Guin											100	0,07	300	0,78										
Laud															4.000	5,7								
Melo	7.500	22,4	8.500	27,6	3.900	15,7	5.200	22,9	3.800	4,2	2.800	1,9	2.500	6,6			4.800	21,6	1.800	13,2	1.200	8,5	1.500	10,6
Navi	600	1,8	200	0,64	100	0,4	100	0,4	100	0,11			200	0,52	100	0,1	500	2,2	1.000	7,4	1.000	7	900	6,3
Nitz	600	1,8	1.000	3,24	200	0,8			600	0,66	600	0,41	900	2,4	100	0,1	100	0,4	400	2,9	500	3,5	500	3,5
Nitzslon																							500	3,5
Plesgyr	200	0,6	200	0,64	1.500	6	700	3,1											900	6,6				
Poro											83.600	57,1	10.000	26,2	49.100	69,8								
Proi											200	0,1	100	0,26					200	1,5	400	2,8	300	2,1
Prormic											100	0,07							600	4,4	200	1,4	600	4,2
Rhap	200	0,6	100	0,32															100	0,7				
Rhiz								2.500	2,7															
Rhizdel											7.100	4,8	8.800	23,1	4.400	6,2	6.600	29,7	3.600	26,5	6.600	46,5	5.100	35,9
Rhizset	100	0,3	700	2,27			300	1,3			100	0,07	100	0,26	100	0,1	200	0,9	100	0,7	300	2,1	100	0,7
Rhizsto																	100	0,4	200	1,5				
Thaa	16.100	48	13.300	43,2	12.300	49,6	14.100	62,1	1.300	1,4	1.200	0,8	700	1,8	200	0,2	3.000	13,5	1.900	13,4	1.300	9,2	3.000	21,1
Thal	6.700	20	5.400	17,5	6.000	24,2	2.200	9,7			4.800	3,3	5.700	15			2.900	13,1	1.600	11,8	1.000	7	500	3,5
Thalgra									81.700	89,7	13.900	9,5			4.000	5,7							500	3,5
Thalnor											27.800	19												
Thalrot									800	0,9	4.000	2,7	8.400	22	3.300	4,7					1.000	7		
Thalsub															4.000	5,7								
Tric															500	0,7					200	1,5		
Tricfav	100	0,3																						
TOTAL	34500		30800		24800		22700		91100		146500		38100		70300		22200		13600		14200		14200	

Tableau 4.3 : nombre et pourcentage de dominance des espèces phytoplanctoniques recensées à Paluel en 2000



## Chlorophylle

	Amenée	Rejet
7 avril 95	3.20	2.42
9 avril 96	2.86	2.44
17 avril 97	1.06	0.82
22 mars 98	1.04	0.66
25 mars 99	1.06	1.00
29 juin 94	3.90	2.72
06 juil 95	1.18	1.62
26 juin 96	0.76	0.82
27 juin 97	0.40	0.40
23-juil-98	1.08	1.44
25-juin-99	1.08	1.06
20-juin-00	2.13	2.33
28 sept 94	0.56	0.60
21 sept 95	1.36	1.34
03 sept 96	0.91	0.95
18 sept 98	0.72	0.54
14 sept 99	0.40	0.64
06-sept-00	0.53	0.36

	Amenée	Rejet
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Moyenne	1.346111111	1.082777778
Variance	1.01720163	0.64879771
Observations	18	18
Coefficient de corrélation de Pearson	0.63213068	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	17	
Statistique t	1.39769255	
P(T<=t) unilatéral	0.09008962	
Valeur critique de t (unilatéral)	1.73960643	
P(T<=t) bilatéral	0.18017924	
Valeur critique de t (bilatéral)	2.10981852	

**Test d'égalité des espérances: observations pairées, seuil de 5%**

## Production Primaire

	Amenée	Rejet
21 mars 94		4.6
7 avril 95	9.1	7.7
9 avril 96	16.7	24.9
17 avril 97	7.1	4.6
22 mars 98	10.2	5.9
25 mars 99	8.5	8.1
13-avr-00	19.99	22.04
29 juin 94	17.9	21.3
06 juil 95	10.3	10.3
26 juin 96	8.5	8.5
27 juin 97	10.8	6.8
23-juil-98	10.5	11.7
25-juin-99	9.3	7.8
20-juin-00	12.64	8.6
28 sept 94	5.4	4.5
21 sept 95	9.2	9.3
03 sept 96	11.9	12.5
27 sept 97	4.8	4.6
14 sept 99	8.3	6.6
06-sept-00	8.89	5.28

	Amenée	Rejet
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Moyenne	10.5273684	10.0536842
Variance	15.5881982	37.3186246
Observations	19	19
Coefficient de corrélation de Pearson	0.91394874	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	18	
Statistique t	0.6952499	
P(T<=t) unilatéral	0.24788852	
Valeur critique de t (unilatéral)	1.73406306	
P(T<=t) bilatéral	0.49577704	
Valeur critique de t (bilatéral)	2.10092367	

### Test d'égalité des espérances : observations pairées, seuil de 5%

NB : test réalisé sur des moyennes, donc beaucoup plus robuste que sur les valeurs brutes obtenues en chacun des points.

## Rapport P/B

	Amenée	Rejet
7 avril 95	2.9	3.2
9 avril 96	6.3	8.5
17 avril 97	17.5	11.2
22 mars 98	9.6	8.8
25 mars 99	8.0	7.8
29 juin 94	8.6	14.7
06 juil 95	2.6	4.0
26 juin 96	12.0	9.2
27 juin 97	10.7	8.4
23-juil-98	9.4	7.8
25-juin-99	8.6	7.4
20-juin-00	5.9	14.3
28 sept 94	2.1	1.9
21 sept 95	16.0	15.0
03 sept 96	12.1	12.6
18 sept 98	11.9	11.6
14 sept 99	20.7	12.2
06-sept-00	16.7	14.6

	Amenée	Rejet
	Variable 1	Variable 2
Moyenne	10.0888889	9.62222222
Variance	27.6775163	15.9383007
Observations	18	18
Coefficient de corrélation de Pearson	0.69343764	
Différence hypothétique des moyennes	0	
Degré de liberté	17	
Statistique t	0.52017913	
P(T<=t) unilatéral	0.30482343	
Valeur critique de t (unilatéral)	1.73960643	
P(T<=t) bilatéral	0.60964687	
Valeur critique de t (bilatéral)	2.10981852	

Test d'égalité des espérances : observations pairées, seuil de 5%

## 5. LE ZOOPLANCTON

**Myriam RUMEBE.  
IFREMER/SAINT MALO**

	CANAL	REJET	REFERENCE
<b>Poids sec en mg/m3</b>			
Avril	112.2 ± 21.3	121.8 ± 90.5	62.7 ± 24.2
Juin	25.6 ± 5.5	39.3 ± 8.8	13.4 ± 4.3
Septembre	41.7 ± 9.1	16.6 ± 3.8	6.0 ± 2.2
<b>Poids de carbone (mg/m3)</b>			
Avril	35.4 ± 5.8	25.4 ± 3.6	10.6 ± 4.3
Juin	8.2 ± 1.4	11.3 ± 1.6	4.8 ± 1.5
Septembre	11.4 ± 2.3	4.7 ± 0.5	1.9 ± 0.8
<b>Poids d'azote (mg/m3)</b>			
Avril	8.0 ± 1.5	5.7 ± 0.9	2.8 ± 1.1
Juin	1.8 ± 0.3	2.5 ± 0.3	1.2 ± 0.4
Septembre	1.9 ± 0.3	0.9 ± 0.1	0.4 ± 0.2
<b>Rapport C/N</b>			
Avril	4.5 ± 0.1	4.5 ± 0.1	3.8 ± 0.1
Juin	4.5 ± 0.1	4.6 ± 0.2	4.1 ± 0.1
Septembre	6.0 ± 0.2	5.4 ± 0.2	4.5 ± 0.2

Tableau 1 : Bilan global zooplanctonique ; poids sec, carbone, azote.

## INTRODUCTION

En 2000, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 13 avril, 20 juin et 6 septembre. A chaque campagne, trois points sont étudiés :

- canal d'amenée
- rejet
- référence

Pour chaque point, sept répliquats de zooplancton sont effectués à l'aide d'un filet à plancton triple de type WP<sub>2</sub>, de maillage 200 µm et de surface d'ouverture 0,25 m<sup>2</sup>, remonté verticalement sur toute la hauteur de la colonne d'eau. Six de ces échantillons sont filtrés sur des soies de 100 µm prépesées, et aussitôt congelées afin d'évaluer la biomasse (mesure du poids sec et des poids de carbone et d'azote) ; le septième est formolé en vue de l'étude qualitative et quantitative des espèces animales.

### 5.1. Etude de la biomasse zooplanctonique globale

(Voir Tableau 1)

Les biomasses zooplanctoniques varient sur un même site, en fonction des points et de la saison. Elles évoluent également selon les années en fonction des conditions climatiques et hydrologiques générales.

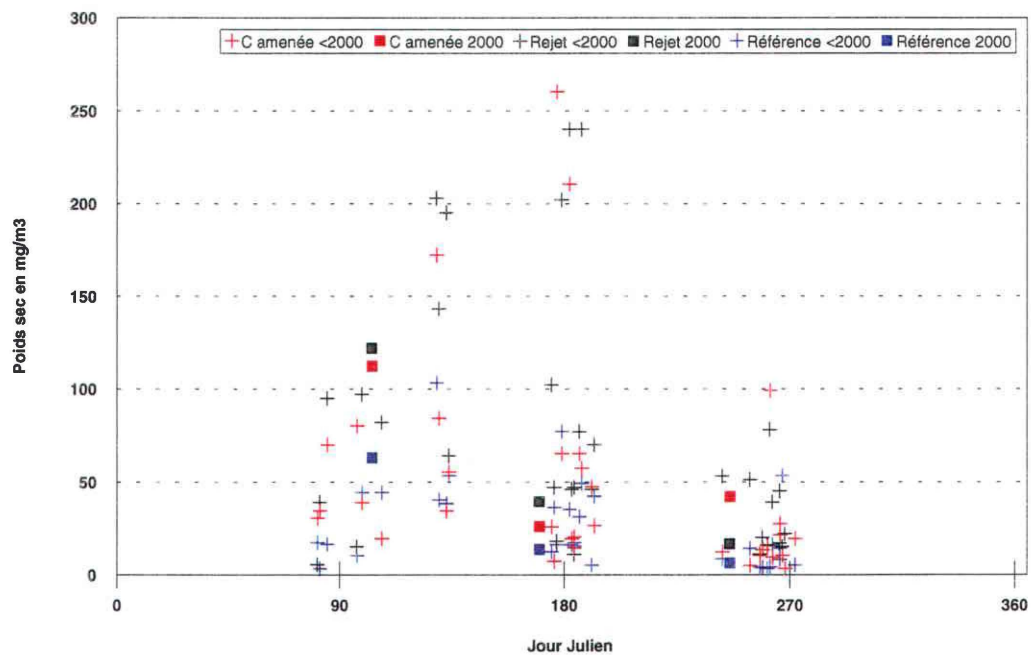
#### 5.1.1. Poids sec

Durant les campagnes d'avril (où les maxima des trois campagnes sont obtenus pour tous les points) et de juin, les valeurs les plus élevées se situent au point rejet, avec respectivement  $121,8 \pm 90,5$  mg/m<sup>3</sup> et  $39,3 \pm 8,8$  mg/m<sup>3</sup>, et les valeurs les plus basses, au point référence avec respectivement  $62,7 \pm 24,2$  mg/m<sup>3</sup> et  $13,4 \pm 4,3$  mg/m<sup>3</sup>.

En septembre, il se dessine un gradient décroissant de la côte vers le large. La valeur la plus basse des trois campagnes est obtenue ce mois-ci au point référence avec  $6,0 \pm 2,2$  mg/m<sup>3</sup>.

Les valeurs les plus basses sont obtenues les trois mois au point référence.





**Figure 1 : Poids sec en  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures.**

Les valeurs observées cette année sont comprises dans la fourchette des valeurs observées depuis que s'effectue la surveillance sur ce site (voir Figure 1).



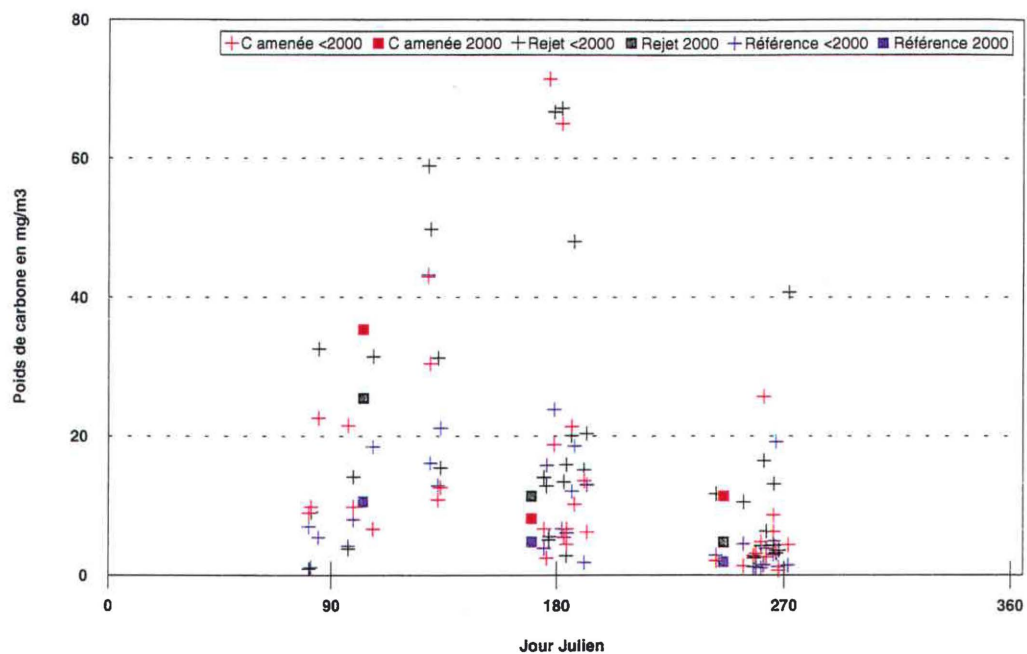


Figure 2 : Poids de carbone en  $\text{mg/m}^3$  dans la biomasse sèche. Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures

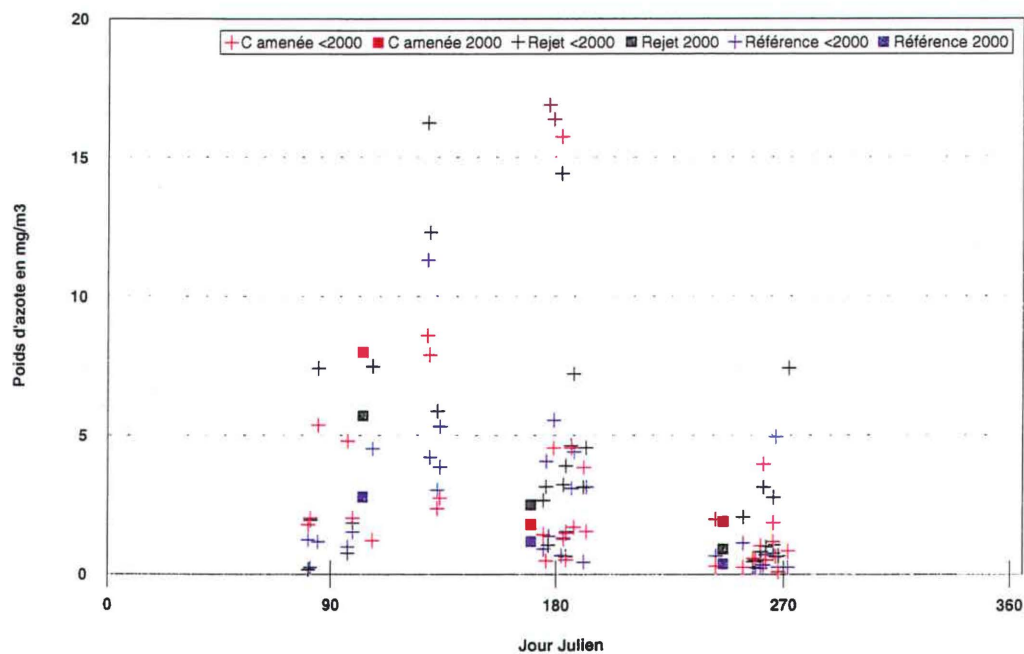


Figure 3: Poids d'azote en  $\text{mg/m}^3$  dans la biomasse sèche. Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures





### 5.1.2. Poids de carbone et d'azote dans la biomasse sèche

L'analyse directe du carbone et de l'azote organique permet de s'affranchir de l'influence des matières en suspension dans l'eau, et de calculer le rapport C/N, qui est un indicateur de la santé du cheptel.

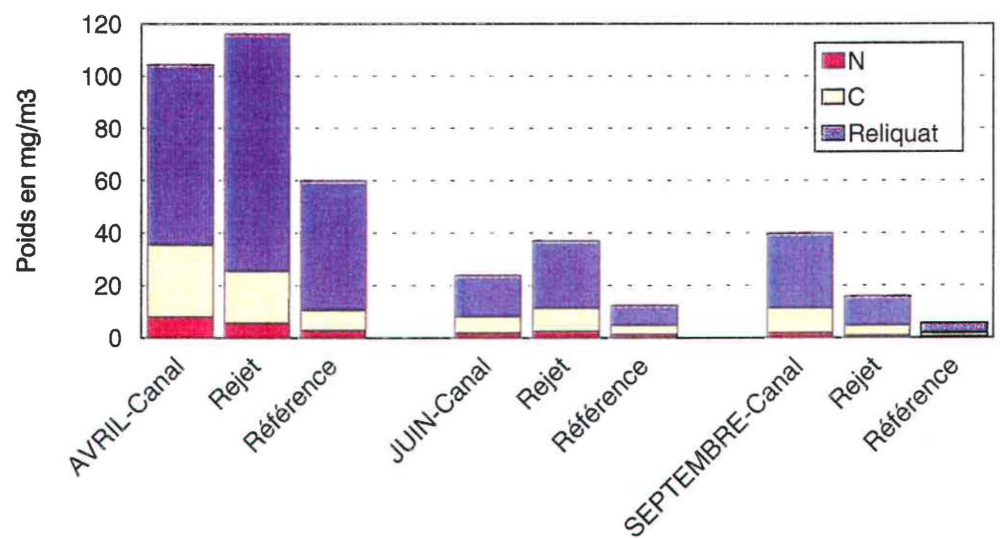


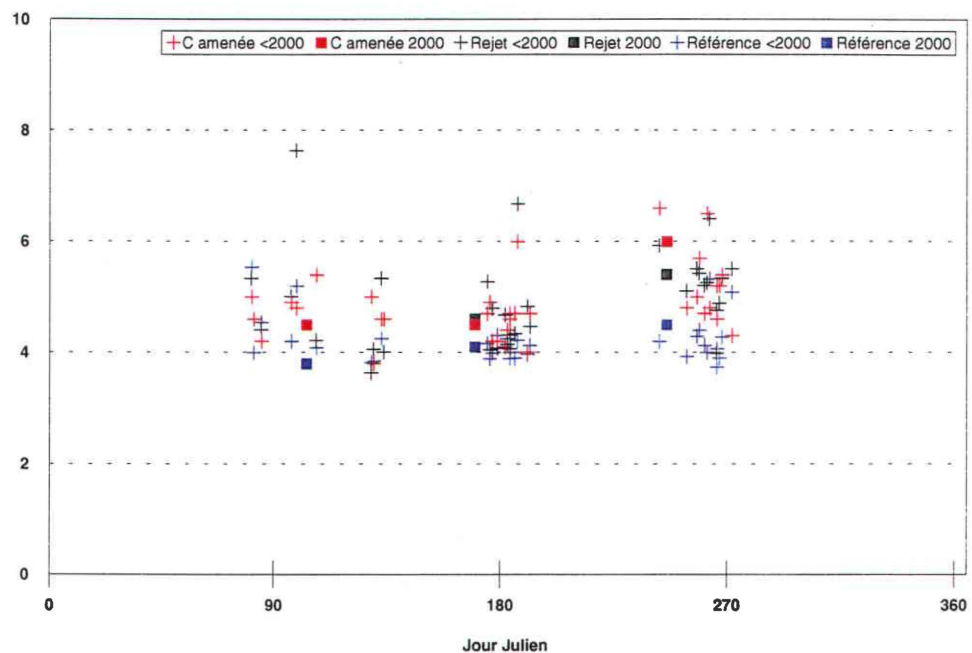
Figure 4 : Poids de carbone et d'azote dans la biomasse sèche

Les poids de carbone et d'azote varient respectivement de  $1,9 \pm 0,8 \text{ mg/m}^3$  et  $0,4 \pm 0,2 \text{ mg/m}^3$  en septembre au point référence, à  $35,4 \pm 5,8 \text{ mg/m}^3$  et  $8,0 \pm 1,5 \text{ mg/m}^3$  en avril au point canal d'amenée.

Durant les trois campagnes, les valeurs les plus basses en poids de carbone et d'azote sont obtenues au point référence, et les valeurs les plus élevées sont obtenues aux trois points en avril.

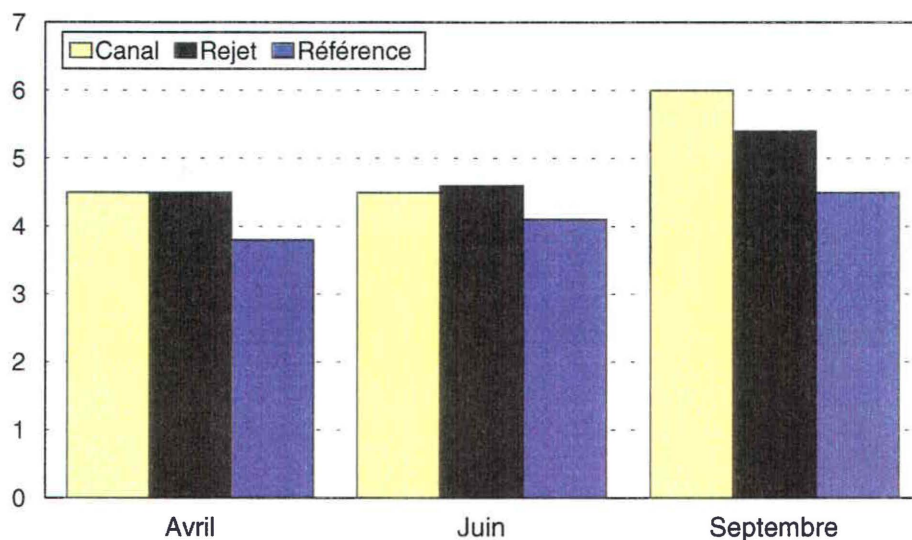
En avril et en septembre, ils se dessinent pour les deux poids des gradients décroissants de la côte vers le large.

Les poids de carbone et d'azote observées en 2000 sont comparables à ceux obtenus les années précédentes (voir Figure 2 et Figure 3).



**Figure 5 : Rapport carbone/azote. Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures. En avril, les points canal d'amenée et rejet sont confondus.**

### 5.1.3. Evaluation du rapport carbone/azote



**Figure 6 : Rapport C/N**

Ce rapport est un paramètre suivi avec intérêt, puisqu'il traduit un état du métabolisme animal en un site, à une saison donnée. A Paluel, pour l'année 2000, ce rapport varie de  $3.8 \pm 0.1$  au point référence en avril, à  $6.0 \pm 0.2$  au point canal d'amenée en septembre. Un gradient côte-large décroissant se dessine aux mois d'avril et septembre. (voir Figure 6)

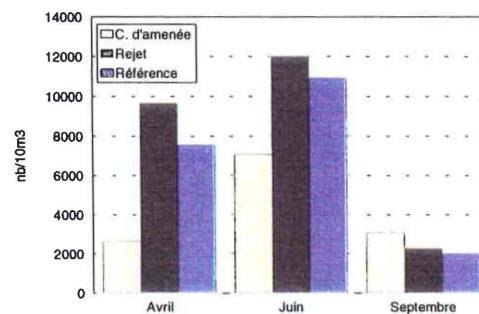
Ce rapport, remarquablement constant d'un échantillon à l'autre (écarts types très faibles) et d'une année sur l'autre, reste dans les limites des observations habituelles (voir Figure 5). Les valeurs sont plus élevées à la côte qu'au large. Un rapport C/N élevé se produit quand le zooplancton présente une forte dégradation. Le développement de microalgues du genre *Phaeocystis* ou de *Noctiluca* peuvent entraîner des perturbations au niveau de ces paramètres.



Nature des résultats	13/04/2000			20/06/2000			06/09/2000		
	N / 10 m3			N / 10 m3			N / 10 m3		
	C. amenée	Rejet	Référence	C. amenée	Rejet	Référence	C. amenée	Rejet	Référence
TOTAL CNIDAIRES			2	5	9	31			1
TOTAL CTENAIRES		15	16						4
TOTAL CHAETOGNATHES			1			4	7	74	7
TOTAL ANNELIDES	1230	1030	299	224	195	68	53	32	1
TOTAL CLADOCERES	21	8							
TOTAL LARVES CIRRIPEDES	126	465	147	306	93	125	73	62	4
AMPHIPODES		17			9		7	2	
ISOPODES			4		19	11	7	7	
CUMACES					14				
TOTAL MYSIDACES	800	106	31		2	6		2	
TOTAL COPEPODES	389	7970	6940	4940	8700	9040	2780	1940	1320
EUPHAUSIACES									
LARVES NATANTIA			1	10	2	4		7	17
LARVES THALASSINIDEAE						4		16	15
TOTAL LARVES ANOMOURES	32		4		26	70		16	11
TOTAL LARVES BRACHYOURES			5	10	14	3	7	21	61
TOTAL LARVES MOLLUSQUES		17	64	1550	2880	1520	132	78	542
Cyphonautes BRYOZOAIRES									
TOTAL LARVES ECHYNODERMES									
TOTAL APPENDICULAIRES				15	9	4			5
TELEOSTEENS (larves+oeufs)	21	8	6		5	1			
TOTAL ZOOPLANKTON	2620	9640	7520	7060	12000	10900	3070	2260	1990
		6590			9990			2440	

**Tableau 2 : Récapitulatif des taxons rencontrés (valeurs arrondies)**

**Figure 7 : zooplancton total**



## 5.2. Etude des espèces zooplanctoniques

Une analyse des moyennes observées en regroupant les résultats des trois stations canal d'aménée, rejet et référence permet de situer les tendances de l'année 2000 ;

La répartition du zooplancton total est la suivante (voir tableau 2) : la moyenne minimale obtenue se situe en septembre (2440 ind/10m<sup>3</sup>), et la moyenne maximale, en juin avec 9990 ind/10m<sup>3</sup>. En mars, il a été dénombré une moyenne de 6590 ind/10m<sup>3</sup>.

### 5.2.1. Composition faunistique du zooplancton

Un certain nombre d'espèces accomplissent l'intégralité de leur cycle biologique au sein du milieu pélagique ; ce sont les espèces holoplanctoniques. Parmi celles-ci, les copépodes représentent généralement de 60 % à 80 % de la population de la Manche. Selon la saison, s'y rajoutent quelques espèces moins abondantes, appartenant à divers embranchements, appendiculaires, mysidacés, cténaïres et chaetognathes.

Par opposition à ces espèces, le méroplancton constitue la fraction temporaire du zooplancton. Il est constitué d'un ensemble de stades pélagiques d'espèces fixées (phases sexuées libres des cnidaires) ou benthiques appartenant à de nombreux embranchements : annélides, mollusques, et crustacés (dont les cirripèdes, particulièrement nombreux lors de la période hivernale).

Afin de mieux définir la composition du zooplancton, le pourcentage de dominance, c'est à dire, le pourcentage d'un taxon par rapport au nombre total d'individu est calculé (voir Tableau 3).



	C. d'amenée	Rejet	Référence	Moyenne
<b>Total zooplancton</b>				
Avril	2620	9640	7520	6590
Juin	7060	12000	10900	9990
Septembre	3070	2260	1990	2440
<b>Total copépodes</b>				
Avril	389	7970	6940	5100
Juin	4940	8700	9040	7560
Septembre	2780	1940	1320	2010
<b>% copépodes</b>				
Avril	15%	83%	92%	77%
Juin	70%	73%	83%	76%
Septembre	91%	86%	66%	82%
<b>Total holoplancton</b>				
Avril	1210	8100	6990	5430
Juin	5000	8710	9050	7590
Septembre	2790	2020	1340	2050
<b>% holoplancton</b>				
Avril	46%	84%	93%	82%
Juin	71%	73%	83%	76%
Septembre	91%	89%	67%	84%
<b>Total méroplancton</b>				
Avril	1410	1540	532	1160
Juin	2110	3270	1840	2410
Septembre	279	241	652	391
<b>% méroplancton</b>				
Avril	54%	16%	7%	18%
Juin	30%	27%	17%	24%
Septembre	9%	11%	33%	16%

Tableau 3 : Pourcentage de dominance.

- Campagne du 13 avril 2000 :

Les copépodes (principalement représentés par *Temora longicornis*, et *Pseudocalanus elongatus*, espèces peu côtières) représentent, selon les points, de 15 (au canal d'amenée) à 92 % du zooplancton total. Les autres espèces holoplanctoniques présentes sont des mysidacés (atteignant 800 ind/10m<sup>3</sup> au point canal d'amenée), et des cténaïres (quelques dizaines d'individus pour 10 m<sup>3</sup>).

Le méroplancton atteint au point canal d'amenée, 54 % de dominance, pourcentage le plus élevé des trois campagnes. Ce sont principalement des annélides. Aux points rejet et référence (respectivement 16 et 7 % de dominance), il a été dénombré surtout des annélides et des larves de cirripèdes.

- Campagne du 20 juin 2000 :

Les copépodes représentent 70 à 83 % du zooplancton total. Ce sont surtout les espèces *Acartia clausi*, *Temora longicornis* et *Euterpina acutifrons* qui sont rencontrées ce mois ci. Les autres espèces holoplanctoniques présentes sont des appendiculaires avec un maximum de 15 ind/10m<sup>3</sup> au point canal d'amenée.

Le méroplancton est abondant et représente 17 à 30 % du zooplancton total. Parmi les nombreuses espèces dénombrées, les larves de mollusques sont les plus nombreuses, avec 2880 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet et environ 1500 ind/10m<sup>3</sup> aux points canal d'amenée et référence .

- Campagne du 6 septembre 2000 :

Les copépodes atteignent leur pourcentage d'abondance maximum avec en moyenne 82 % du zooplancton total. C'est presque exclusivement l'espèce *Acartia clausi* qui est dénombré, avec environ 1500 ind/10m<sup>3</sup>. Les autres espèces holoplanctoniques présentes sont des chaetognathes avec un maximum de 74 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet.

Le méroplancton représente en moyenne 16 % du zooplancton total.





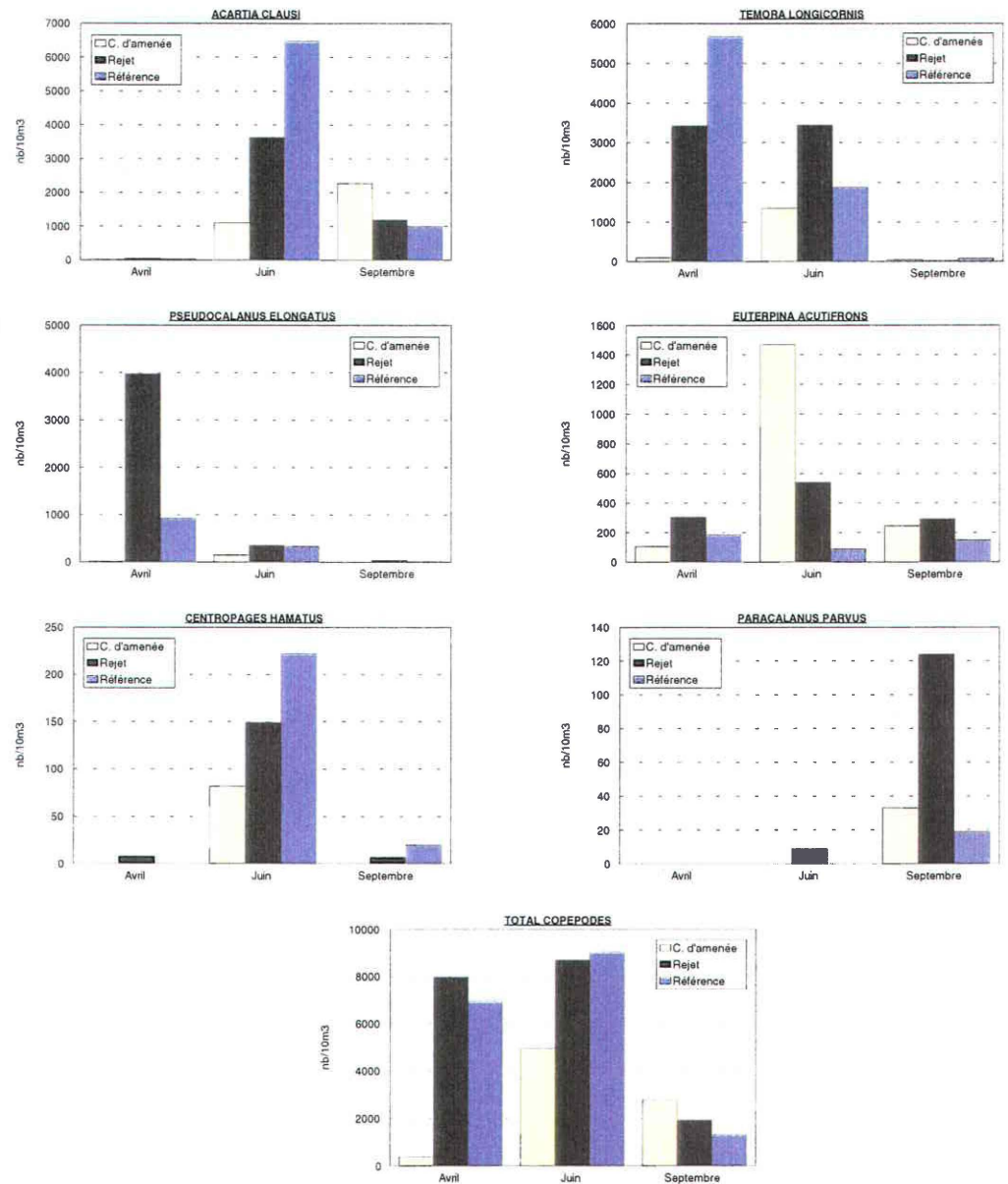


Figure 8 : les principaux copépodes



## 5.2.2. Variation saisonnière des principaux taxons

### 5.2.2.1. L'holoplancton

- Les copépodes (voir Figure 8)

Le zooplancton de la Manche comprend essentiellement des crustacés copépodes dont le cycle de vie est entièrement pélagique. Cette dominance a été vérifiée cette année où les copépodes représentent 78 % du zooplancton total.

La succession des diverses espèces de copépodes est conforme au schéma habituel en relation avec leur préférendum biologique.

#### *Acartia clausi*

Espèce cosmopolite, favorisée par les températures les plus élevées, *Acartia clausi* est présente aux trois campagnes, sur tous les points. Rare en avril (seulement quelques dizaines d'individus pour 10 m<sup>3</sup> sur chaque point), elle est dominante en juin, avec un pic atteignant 6500 ind/10m<sup>3</sup> au point référence. Sa densité diminue en septembre, avec tout de même un pic de 2300 ind/10m<sup>3</sup> au point canal d'amenée.

#### *Temora longicornis*

Cette espèce, dominante des zones tempérées froides, est peu côtière.

Espèce très abondante en avril (où elle est dominante et présente un pic de 5700 ind/10m<sup>3</sup> au point référence) et en juin, sa densité diminue considérablement en septembre (seulement quelques dizaines d'individus pour 10 m<sup>3</sup> dénombrés sur chaque point).

### *Pseudocalanus elongatus*

Cette espèce présente toute l'année est peu côtière. Son maximum d'abondance se situe en avril avec 4000 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet. Sa densité est de quelques centaines en juin, et est pauvre en septembre (35 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet et 3 ind/10m<sup>3</sup> au point référence). Ce copépode est bien adapté aux températures basses.

### *Euterpina acutifrons*

Cette espèce est surtout rencontrée en juin où il se dessine un gradient côte-large, avec les plus fortes valeurs à la côte (1500 ind/10m<sup>3</sup> au point canal d'amenée). Sa densité moyenne est sensiblement la même en avril et en septembre (environ 200 ind/10m<sup>3</sup>).

### *Centropages hamatus*

Cette espèce est surtout rencontrée en juin, avec un gradient côte-large croissant. Un maximum d'abondance est observé au point référence avec 222 ind/10m<sup>3</sup>. En avril et en septembre, sa densité devient négligeable, voire nulle sur certains points.

### *Paracalanus parvus*

Ce copépode n'est présent qu'en juin au point rejet (9 ind/10m<sup>3</sup>) et en septembre sur tous les points. Il est abondant dans les eaux de forte turbidité (au point rejet avec 124 ind/10m<sup>3</sup>).



- Les autres espèces holoplanctoniques (voir Figure 9)

Les mysidacés représentés (entre autres mysidacés non déterminés) par *Mesopodopsis slabberii*, espèce côtière, présente un maximum d'abondance en avril selon un gradient décroissant de la côte (800 ind/10m<sup>3</sup>) vers le large (31 ind/10m<sup>3</sup>). Lors des deux autres campagnes, les mysidacés ont été dénombrés en très faible quantité ou sont totalement absentes sur certains points. La récolte au filet WP<sub>2</sub> n'est pas très adaptée à la récolte des mysidacés, groupe d'espèces vagiles et nageant en bancs plus ou moins près du fond. De plus, ces espèces évitent un filet qui ne pêche pas assez vite.

Le chaetognathe *Sagitta setosa*, espèce carnivore de grande taille le plus abondant pendant la saison automnale, n'est présent sur tous les points qu'en septembre avec 74 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet et 7 ind/10m<sup>3</sup> aux points canal d'amenée et référence.

Le cténaire *Pleurobrachia pileus* est une espèce carnivore printanière. Etant donné l'échantillonnage (filet WP<sub>2</sub> de 200 µm), nous récoltons surtout des stades juvéniles. Il est présent en avril aux points rejet (15 ind/10m<sup>3</sup>) et référence (16 ind/10m<sup>3</sup>), et en septembre au point référence avec 4 ind/10m<sup>3</sup>. Sur tous les autres points, il est absent.

Les appendiculaires (représentés par *Oikopleura sp.*) sont caractéristiques des eaux côtières. Leur maximum d'abondance se situe en juin, selon un gradient décroissant de la côte (15 ind/10m<sup>3</sup>) vers le large (4 ind/10m<sup>3</sup>). Lors des deux autres campagne, ils n'ont été dénombrés qu'en septembre au point référence (5 ind/10m<sup>3</sup>).

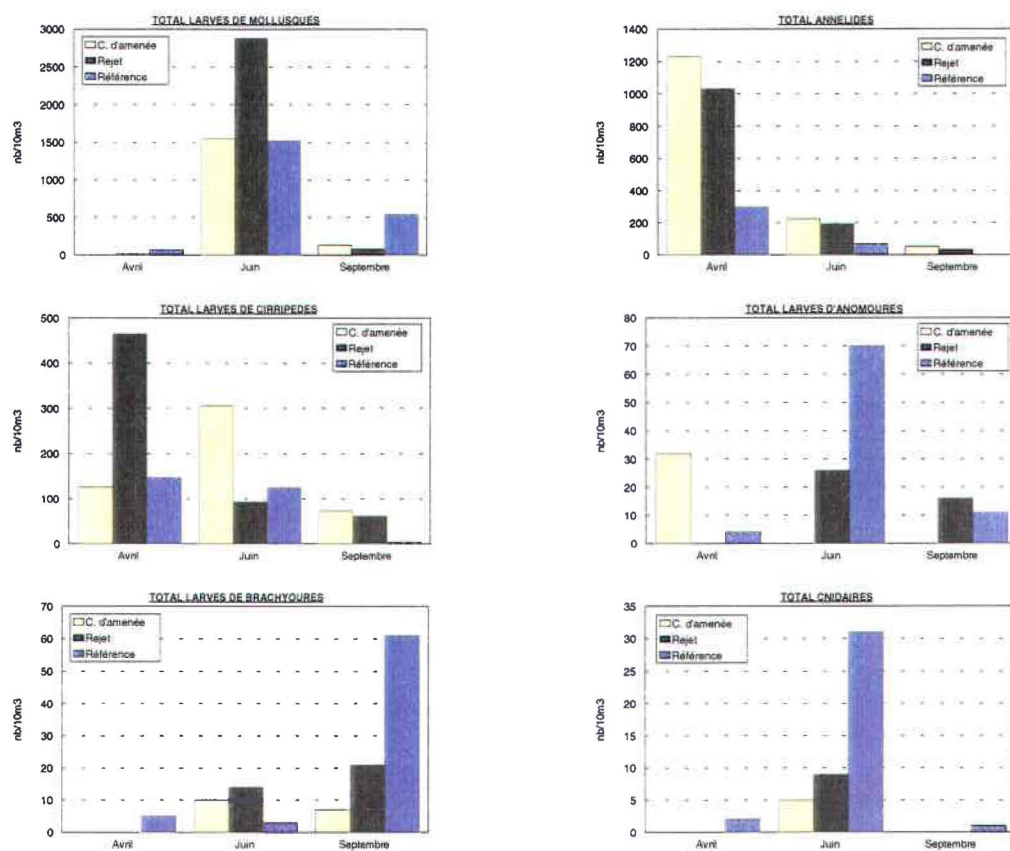


Figure 10 : le méroplancton

### 5.2.2.2. Le méroplancton (voir Figure 10)

- Embranchement des mollusques

Les larves de mollusques (en grande majorité des gastéropodes) sont rencontrées lors des trois campagnes. Leur maximum d'abondance se situe en juin (2880 ind/10m<sup>3</sup> au rejet et 1500 ind/10m<sup>3</sup> aux points canal d'amenée et référence). Ce mois ci, ces larves représentent en moyenne 20 % du zooplancton total.

- Embranchement des annélides

Ces larves correspondent à des formes adultes qui constituent une bonne partie de la nourriture de nombreux crustacés et poissons de fond. Elles sont représentées en majorité par des Spionidés. Ces larves sont observées lors des trois campagnes sur tous les points avec, pour chaque campagne, un gradient côte-large décroissant qui se dessine. Les densités maximales se situent en avril au point canal d'amenée (1230 ind/10m<sup>3</sup>).

- Crustacés

Les larves de cirripèdes, émises en grande quantité, constituent un maillon intéressant de la chaîne alimentaire. L'adulte fixé représente un important facteur de salissure. Ce sont des larves de très petite taille qui ne donnent pas une biomasse élevée. Elles sont présentes aux trois campagnes (plusieurs centaines pour 10 m<sup>3</sup> en avril et juin, et plusieurs dizaines pour 10 m<sup>3</sup> en septembre).

Les larves d'anomoures (porcellanes, galathée, Bernard l'hermite) présentes lors des trois campagnes sur certains points, sont abondantes en juin, avec un maximum au point référence (70 ind/10m<sup>3</sup>).

Les larves de Brachyours (crabes) sont présentes aux trois campagnes. Elles sont abondantes (au stade zoé) en septembre, selon un gradient croissant de la côte (7 ind/10m<sup>3</sup>) vers le large (61 ind/10m<sup>3</sup>). En juin, c'est le stade mégaloque qui est observé.

- Embranchement des cnidaires (hydrozoaires, actinies, méduses)

Rares en avril et en septembre, les cnidaires sont observées en juin selon un gradient croissant de la côte (5 ind/10m<sup>3</sup>) vers le large (31 ind/10m<sup>3</sup>).



## CONCLUSION

En 2000, l'examen des populations zooplanctoniques présentes sur les trois points ne permet pas de conclure à un impact quelconque des eaux chaudes rejetées par la centrale de Paluel sur le milieu proche. Numériquement, les maxima des différents taxons se retrouvent indifféremment sur l'un ou l'autre des points, quelque soit l'époque. De la même manière, les valeurs globales de matière sèche, de carbone et d'azote peuvent présenter des différences significatives, au bénéfice également de l'un ou l'autre des points. La difficulté principale réside en l'interprétation de ces résultats. L'ensemble des valeurs est cette année encore situé dans les limites habituelles de variations observées depuis la mise en place de la surveillance sur ce site.



## 6 . LE BENTHOS SUBTIDAL

**D.DAVOULT**  
**Université du littoral**  
**Maison de la Recherche en Environnement Naturel**

**Et**

**A .MIGNE**  
**Université Paris VI**  
**Laboratoire d'Hydrobiologie**



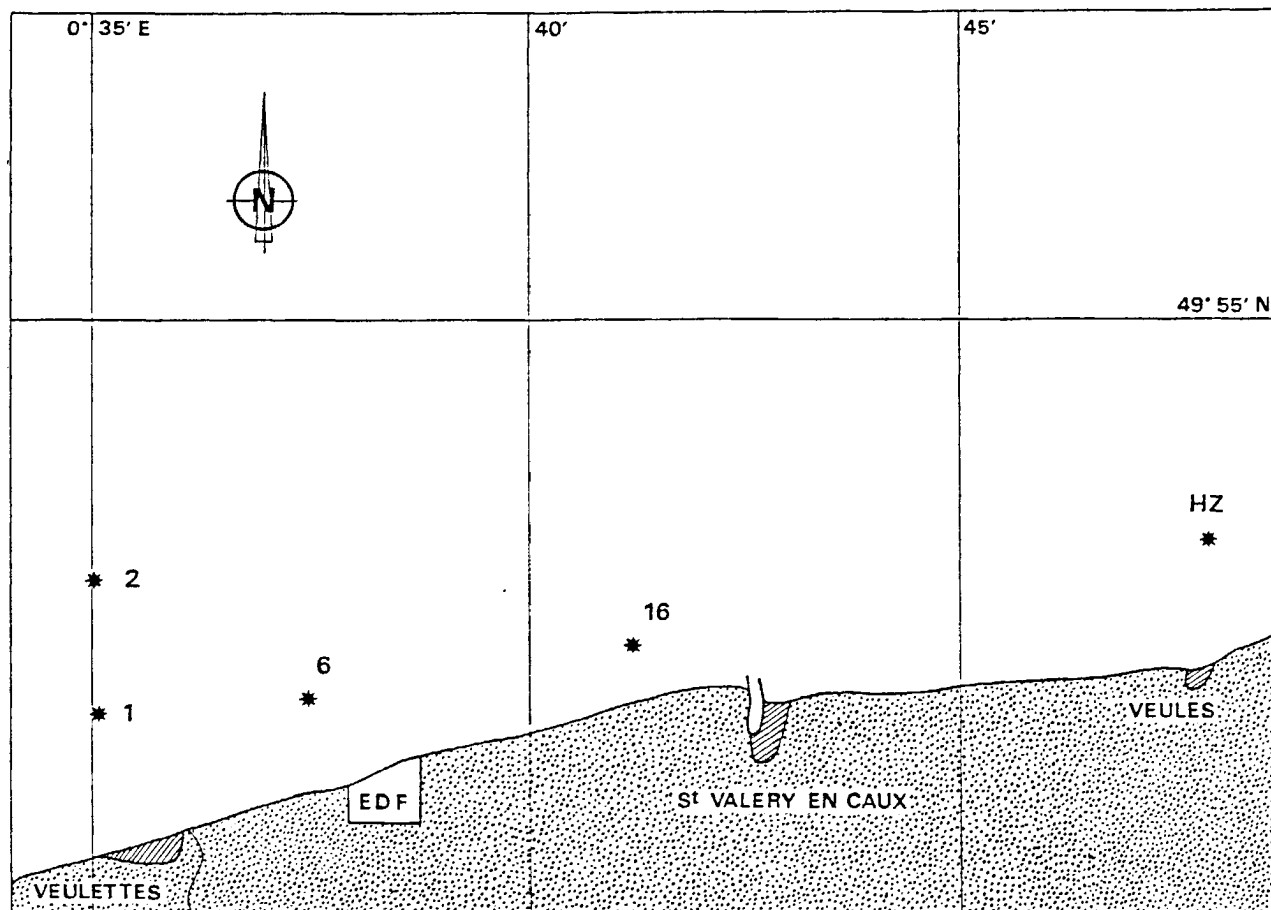


Fig 6.1 : carte de répartition des stations d'échantillonnage

Dates	Stations échantillonnées
23 février 2000	1 et 6
30 mai 2000	1, 2, 6, 16 et H.Z.
20 juillet 2000	1 et 6
19 octobre 2000	1, 2, 6, 16 et H.Z.

Tableau 6.1 : Calendrier des campagnes 2000



## 1. INTRODUCTION

L'étude biosédimentaire des fonds marins situés à proximité du site de la centrale nucléaire de Paluel est menée depuis 1977.

Cette étude a mis en évidence la présence de trois peuplements macrobenthiques (Dewarumez & Menu, 1985):

- Le peuplement des cailloutis à épibiose sessile

- Le peuplement des sables hétérogènes

- La moulière à *Mytilus edulis*

Au début du suivi, ces peuplements ont montré une grande stabilité spatio-temporelle. De 1977 à 1983, 30 stations ont été échantillonnées chaque année. En 1984, une nouvelle stratégie a vu le jour, limitant le nombre de stations échantillonnées à 7, des répliqués (4) effectués à certaines de ces stations permettant de vérifier la stabilité et l'homogénéité de ces peuplements. Cette stratégie a été mise en oeuvre en 1984, 1985, 1986, 1988 et 1990.

En 1992, à notre demande, compte-tenu de la forte homogénéité des répliqués depuis 1984, de la stabilité de la zone du large (cailloutis de la station 29, cf. Davoult, 1990) et des fortes variations constatées à certaines stations côtières (moulière), le protocole de prélèvement a été modifié. Le suivi a maintenant lieu chaque année, ceci afin de mieux comprendre les fluctuations quelquefois importantes observées à certaines stations ; les répliqués ont été supprimés ; la station du large (29) a également été supprimée, de même que la station côtière 27, intermédiaire entre la station 16 et la station témoin H.Z. (hors zone). Cinq stations (Fig. 6.1) sont donc échantillonnées au printemps et en automne:

- la station 1, autrefois représentative des fluctuations de la moulière (49°52'10 N, 0°35'20 E),

- la station 2, située sur les cailloutis du large et quelquefois soumise par le passé aux importants recrutements de *Mytilus edulis* (49°53'10 N, 0°35'10 E),

- la station 6, qui constituait une transition entre la moulière et les sables hétérogènes situés plus à l'est (49°52'60 N, 0°37'50 E),

- la station 16, caractéristique des sables hétérogènes et située à proximité de la centrale (49°52'60 N, 0°41'20 E),

- la station H.Z. (hors zone), enfin, considérée comme station témoin de la zone côtière (49°53'70 N, 0°46'80 E).

Des prélèvements supplémentaires sont effectués en hiver et en été aux stations 1 et 6 afin de mieux cerner d'éventuelles fluctuations importantes du recrutement des espèces dominantes passées (*Mytilus edulis*) et actuelles (Tuniciers).

Cette année, le déroulement des opérations s'est effectué selon la procédure prévue (Tableau 6.1). Depuis 1998, les données sont présentées par année civile, de l'hiver à l'automne.

## 2 . Méthodologie

### 2.1. Travail à la mer

Les prélèvements sont réalisés à partir du N/O Sepia II à la drague Rallier du Baty et sont donc *a priori* qualitatifs. Toutefois, l'efficacité de ce type d'engin permet de comparer les abondances relatives obtenues. Les abondances absolues données à titre indicatif en annexe sont rapportées à un volume prélevé d'environ 30 litres, considéré en Manche comme nécessaire et suffisant pour obtenir un échantillon représentatif du peuplement étudié.

Le sédiment prélevé est tamisé successivement sur des mailles de 10 et 1 mm de diamètre et les refus de tamis sont fixés au formol salé (dilution à 10 %).

Un échantillon de sédiment est conservé afin de réaliser une analyse granulométrique au printemps et en automne.

### 2.2. Travail au laboratoire

#### 2.2.1. Analyse granulométrique

Le sédiment est d'abord rincé à l'eau douce afin d'éliminer le sel qui provoque l'agrégation des particules les plus fines. Les pélites sont séparées en milieu liquide lorsqu'elles sont abondantes.

Le sédiment est ensuite séché à l'étuve à 110°C pendant 24 à 48 heures, puis tamisé sur une colonne vibrante équipée de tamis en acier à mailles carrées de type AFNOR.

Chaque refus de tamis est pesé à 0,01 gramme près. les résultats sont ensuite regroupés en suivant la classification granulométrique suivante:

> 20 mm	Cailloutis (C)
de 5 à 20 mm	Graviers grossiers (GG)
de 2 à 5 mm	Graviers fins (GF)
de 0,5 à 2 mm	Sables grossiers (SG)
de 0,2 à 0,5 mm	Sables moyens (SM)
de 0,05 à 0,2 mm	Sables fins (SF)
< 0,05 mm	Pélites (P)



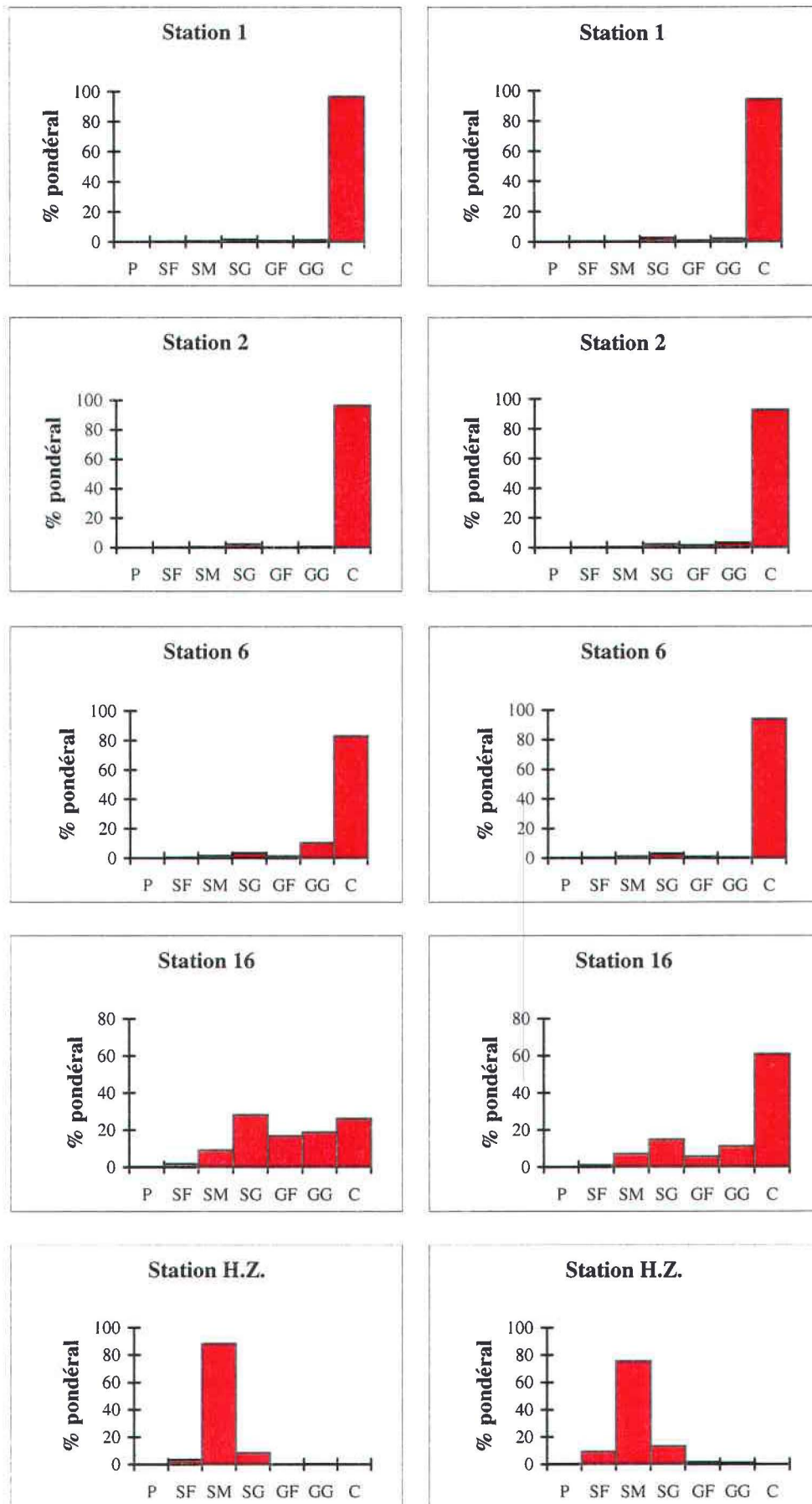


Figure 6.2 : Analyse granulométrique

Afin de nuancer l'information donnée par H, la régularité (ou Evenness) E, rapport de la diversité observée sur la diversité maximum, est calculée:

$$E = H / \text{Log}_2 N$$

### 2.3.2. Diagrammes Rang-Fréquence

Les diagrammes Rang-Fréquence (D.R.F.) donnent une représentation plus analytique des prélèvements que l'indice de diversité et accordent peu d'importance aux espèces rares qui interviennent peu dans la structure et la dynamique d'un peuplement. Ils permettent d'interpréter l'évolution temporelle des peuplements (Frontier, 1976 & 1985).

Le diagramme se construit en portant en abscisse les rangs des espèces par abondance décroissante et en ordonnées la fréquence relative des espèces dans le prélèvement, le tout en métrique logarithmique décimale.

## 3. Résultats

### 3.1. Analyse granulométrique (Fig 6.2)

Dans l'ensemble, comme les années précédentes, les résultats des analyses sont proches au printemps et en automne, sauf à la station 16 (Tableau 6.3).

Aux stations 1 et 2 (peuplement des cailloutis), les résultats confirment ceux des années précédentes (Davoult, 1992 & 1993, Davoult & Migné, 1994 à 1999). Le sédiment est fortement dominé par les cailloutis (> 90 % du poids du sédiment) et les graviers. A la station 1, depuis 1990, l'absence de moules ne favorise pas une importante biodéposition, phénomène qui enrichit habituellement le sédiment en particules fines (sables et pélites).

Le sédiment de la station 6 était dominé jusqu'en 1990 par les sables moyens (Bourgain *et al.*, 1988 ; Davoult, 1990). En 1992, la station 6 était caractérisée par un sédiment typique des fonds caillouteux (> 80 % du poids du sédiment) et de 1993 à 1998 par un sédiment variable de l'hétérogène au grossier. En 1999, le sédiment était pratiquement entièrement caillouteux au printemps (> 90 % de cailloutis) et grossier en automne (75 % de cailloutis, 12 % de graviers et 12 % de sables) ; cette station ne constituait donc plus un élément intermédiaire au sein d'un gradient sédimentaire côtier mais appartenait avec les stations 1 et 2 à une zone de cailloutis. Cette année, cette tendance est confirmée puisque le sédiment est largement dominé par les cailloutis (83 % au printemps et 94 % en automne).

	<b>P</b>	<b>SF</b>	<b>SM</b>	<b>SG</b>	<b>GF</b>	<b>GG</b>	<b>C</b>
<b>Station 1</b>	0,04	0,12	0,30	1,50	0,53	1,04	96,46
<b>Station 2</b>	0,05	0,12	0,34	2,14	0,24	0,60	96,50
<b>Station 6</b>	0,08	0,43	1,48	3,49	1,22	10,32	82,98
<b>Station 16</b>	0,09	1,55	9,07	28,00	16,63	18,69	25,97
<b>Station H.Z</b>	0,05	3,42	88,08	8,20	0,07	0,19	0,00

**Tableau 6.2 : Analyse granulométrique – Fréquences pondérales (M%)  
Printemps 2000**

	<b>P</b>	<b>SF</b>	<b>SM</b>	<b>SG</b>	<b>GF</b>	<b>GG</b>	<b>C</b>
<b>Station 1</b>	0,04	0,15	0,24	2,55	0,76	2,06	94,21
<b>Station 2</b>	0,04	0,09	0,34	2,27	1,43	3,19	92,65
<b>Station 6</b>	0,09	0,44	1,07	3,13	0,83	0,38	94,05
<b>Station 16</b>	0,03	0,80	6,99	14,67	5,62	11,03	60,85
<b>Station H.Z</b>	0,13	9,12	75,46	12,95	1,39	0,99	0,00

**Tableau 6.3 : : Analyse granulométrique – Fréquences pondérales (M%)  
Automne 2000**

A la station 16, de 1995 à 1998, la proportion de graviers et cailloutis tendait à augmenter. En 1999, celle-ci a rediminué de façon assez importante: le sédiment hétérogène était dominé par les sables grossiers. Cette année, le sédiment reste hétérogène au printemps, il est constitué à la fois d'une part importante de sables moyens et grossiers (37 % du poids du sédiment) et de graviers et cailloutis (61 %) mais il est dominé par les cailloutis en automne (61 %).

La station H.Z. présente un sédiment assez proche de celui des années précédentes, dominé par les sables moyens (88 à 75 % du poids du sédiment, respectivement au printemps et en automne), le sédiment apparaissant plus homogène qu'habituellement (Tableau 6.3).

L'évolution de la couverture sédimentaire du domaine côtier observée au cours des années précédentes a donc fait place à une situation qui paraît de nouveau relativement stable: alors que le domaine des sables hétérogènes occupait jusqu'en 1990 toute la zone côtière à l'exception de la moulière située devant Veulettes (Fig. 6.1), la présence d'un gradient sédimentaire des cailloux de la station 1 à l'ouest aux sables moyens de la station H.Z. à l'est s'est mis en place depuis 1992.

Cette année, la zone côtière n'est plus structurée en gradient mais constituée d'un secteur caillouteux à l'ouest (stations 1 à 6) et d'un secteur de sables hétérogènes à l'est (station H.Z.).

Seule la station 16 fait montre de fluctuations saisonnières et interannuelles assez importantes.



## 3.2. Analyse faunistique

### 3.2.1. Résultats globaux

97 taxons différents d'épifaune sessile et vagile et d'endofaune ont été identifiés, se répartissant comme suit:

Spongiaires: 5 espèces  
 Cnidaires: 10 espèces  
 Annélides: 16 espèces  
 Sipunculien: 1 espèce  
 Mollusques: 15 espèces  
 Bryozoaires: 13 espèces  
 Pycnogonides: 1 espèce  
 Cirripèdes: 2 espèces  
 Isopodes: 1 espèce  
 Amphipodes: 5 espèces  
 Mysidacés: 1 espèce  
 Décapodes: 14 espèces  
 Echinodermes: 4 espèces  
 Tuniciers: 5 espèces  
 Céphalocordé: 1 espèce  
 Poissons: 3 espèces

Le nombre d'espèces récoltées est très proche de celui des années précédentes: 97 espèces en 1995 et 1997, 100 espèces en 1996, 94 espèces en 1998 et 91 espèces en 1999. Il y a donc une forte stabilité du nombre d'espèces récoltées depuis la mise en place de la nouvelle stratégie de surveillance. La diminution importante enregistrée depuis 1992 est due à la fois à la suppression de la station 29 (diminution de la diversité spécifique mesurée dans le peuplement des cailloutis, en particulier de celle des Amphipodes) et à la disparition de la moulière à la station 1, ce qui a provoqué une diminution de la diversité spécifique par modification du milieu au détriment de la petite endofaune annélide, notamment.

Depuis 1993, la dominance des différents groupes zoologiques s'est modifiée quelque peu au profit des espèces de substrat dur (Cnidaires et Bryozoaires) abondants notamment à la station 1 depuis la disparition de la moulière: toutefois, les Annélides dominent toujours (16,5 %), suivis par les Mollusques (15,5 %), les Crustacés décapodes (14,4 %), les Bryozoaires (13,4 %), les Cnidaires (10,3 %). Les Tuniciers (5,2 %) restent minoritaires mais sont néanmoins bien représentés en nombre d'individus (voir plus loin).

Stations	Nb d'espèces	Nb d'individus	H	E
<b>HIVER 2000</b>				
1	36	139	3,5	0,77
6	35	585	2,8	0,62
<b>PRINTEMPS 2000</b>				
1	34	198	3,4	0,75
2	32	317	2,7	0,66
6	40	695	2,9	0,61
16	26	1130	0,4	0,10
H.Z.	6	9	2,3	0,88
<b>ETE 2000</b>				
1	40	166	3,9	0,85
6	43	737	2,9	0,59
<b>AUTOMNE 2000</b>				
1	34	73	3,9	0,89
2	48	389	2,7	0,55
6	39	289	3,6	0,73
16	28	1897	0,5	0,11
H.Z.	0	0	0,0	0,00

**Tableau 6.4 : Nombre d'espèces et d'individus  
Diversité et régularité des prélèvements**



3 espèces nouvelles pour la zone ont été identifiées:

Bryzoaire: *Smittina crytallina*

Poissons: *Cottus scorpius*, *Ciliata mustella*

Il s'agit d'espèces déjà signalées en Manche orientale mais jamais récoltées sur le site de Paluel.

### 3.2.2. Peuplement des cailloutis

Depuis 1992, les stations 1, 2 et 6 appartiennent à ce peuplement.

Deux faciès sont toutefois présents:

- un faciès du large visible à la station 2, caractérisé notamment par la forte dominance de l'ophiure *Ophiothrix fragilis* (> 45 % au printemps et > 50 % en automne). Ce faciès apparaît généralement très stable, les quatre espèces dominantes représentent au printemps plus de 70 % des individus récoltés (*O. fragilis*, *Pomatoceros triqueter*, *Dendrodoa grossularia* et *Pisidia longicornis*) et en automne plus de 80 % des individus récoltés (*O. fragilis*, *Sryela coriacea*, *Thelepus setosus* et *Pomatoceros triqueter*). Les DRF sont typiquement sigmoïdes et séparent les espèces dominantes des autres espèces (Fig. 6.4). L'indice de diversité de Shannon (Tableau 6.4) assez moyen ( $H = 2,7$ ) reflète à la fois la dominance d'une espèce et le grand nombre d'espèces récoltées, de même que la régularité ( $E = 0,66$  et  $0,55$ ).

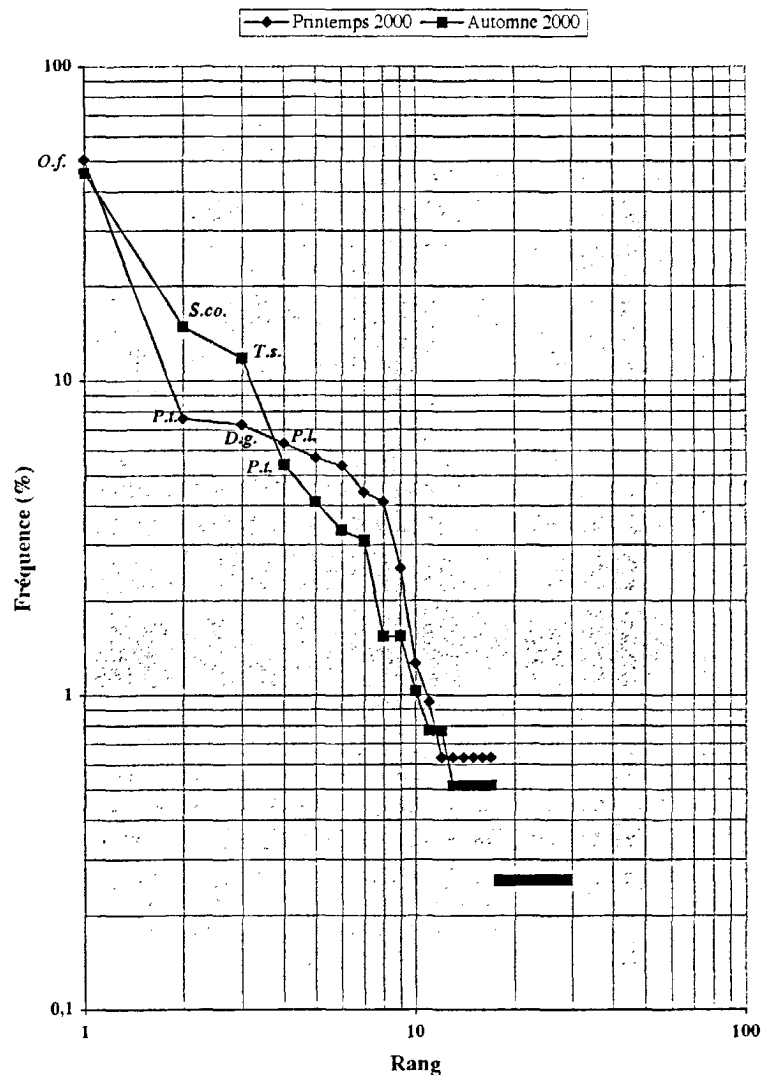


Fig 6.4 : D.R.F. de la station 2

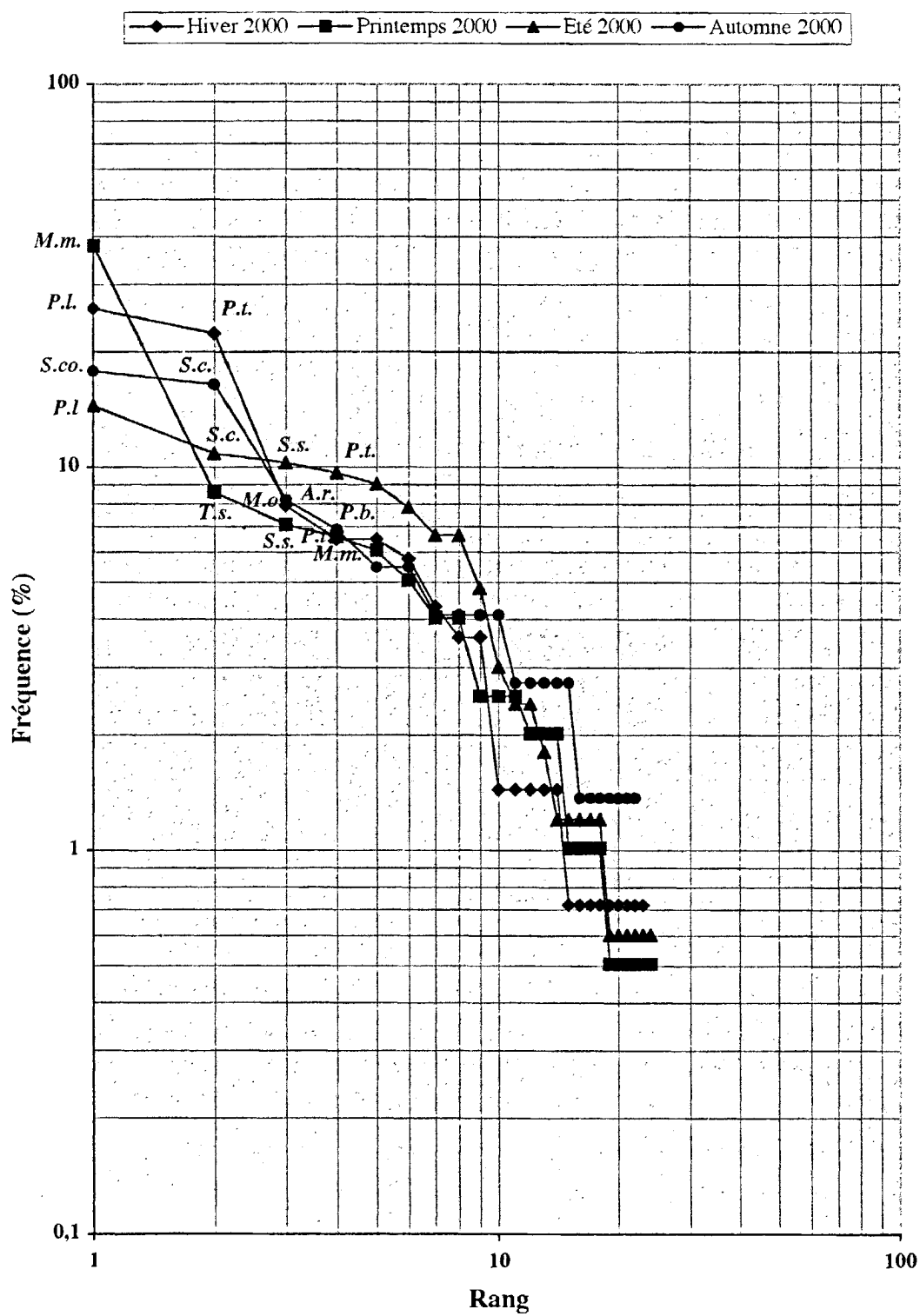


Fig 6.3 : D.R.F. de la station 1

- un faciès côtier (stations 1 et 6) dominé comme les années précédentes par les Annélides tubicoles *Thelepus setosus*, *Sabellaria spinulosa* et *Pomatoceros triqueter* mais surtout par les Tuniciers *Styela clava*, *Syela coriacea*, *Dendrodoa grossularia* et *Molgula manhattensis*. Les DRF (Fig. 6.3 & 6.5) sont dans l'ensemble légèrement convexes, mais ils montrent néanmoins la dominance d'un faible nombre d'espèces (6 à 10). Malgré le nombre élevé d'espèces récoltées (34 à 43), l'indice de Shannon varie de 2,8 à 3,9 en raison de la co-dominance de quelques espèces (régularité de 0,59 à 0,89): ces résultats sont très proches de ceux de l'année précédente. Depuis 1992, les Tuniciers ont partiellement pris la niche de *Mytilus edulis* dans le peuplement, tant du point de vue de l'occupation de l'espace que du point de vue trophique (espèces filtreuses) ; ils peuvent représenter plus de 50 % des individus récoltés (Station 1 au printemps). Ce basculement de structure est maintenant établi et stable depuis 10 ans. Cependant, la dominance des Tuniciers dans le peuplement reste très inférieure à ce qu'était celle des moules il y a quelques années, ce qui a permis à des espèces déjà communes dans le peuplement de devenir également dominantes (les 3 Annélides citées plus haut). Leur impact sur le milieu est également différent: la moulière induisait une forte biodéposition qui rendait le sédiment plus hétérogène et favorisait la présence d'une endofaune, notamment annélidienne, non négligeable, ce qui n'est plus le cas comme le montrent à la fois l'analyse granulométrique (Fig. 6.2) et le cortège faunistique (annexe).

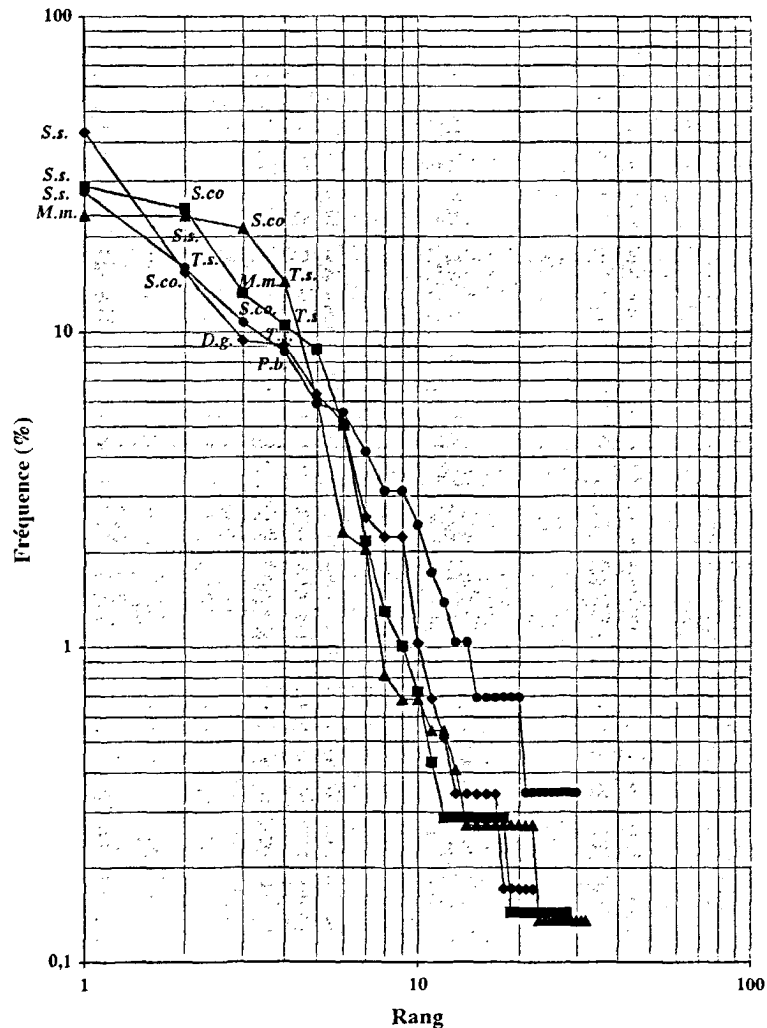


Fig 6.5 : D.R.F. de la station 6

◆ Hiver 2000    ■ Printemps 2000    ▲ Été 2000    ● Automne 2000

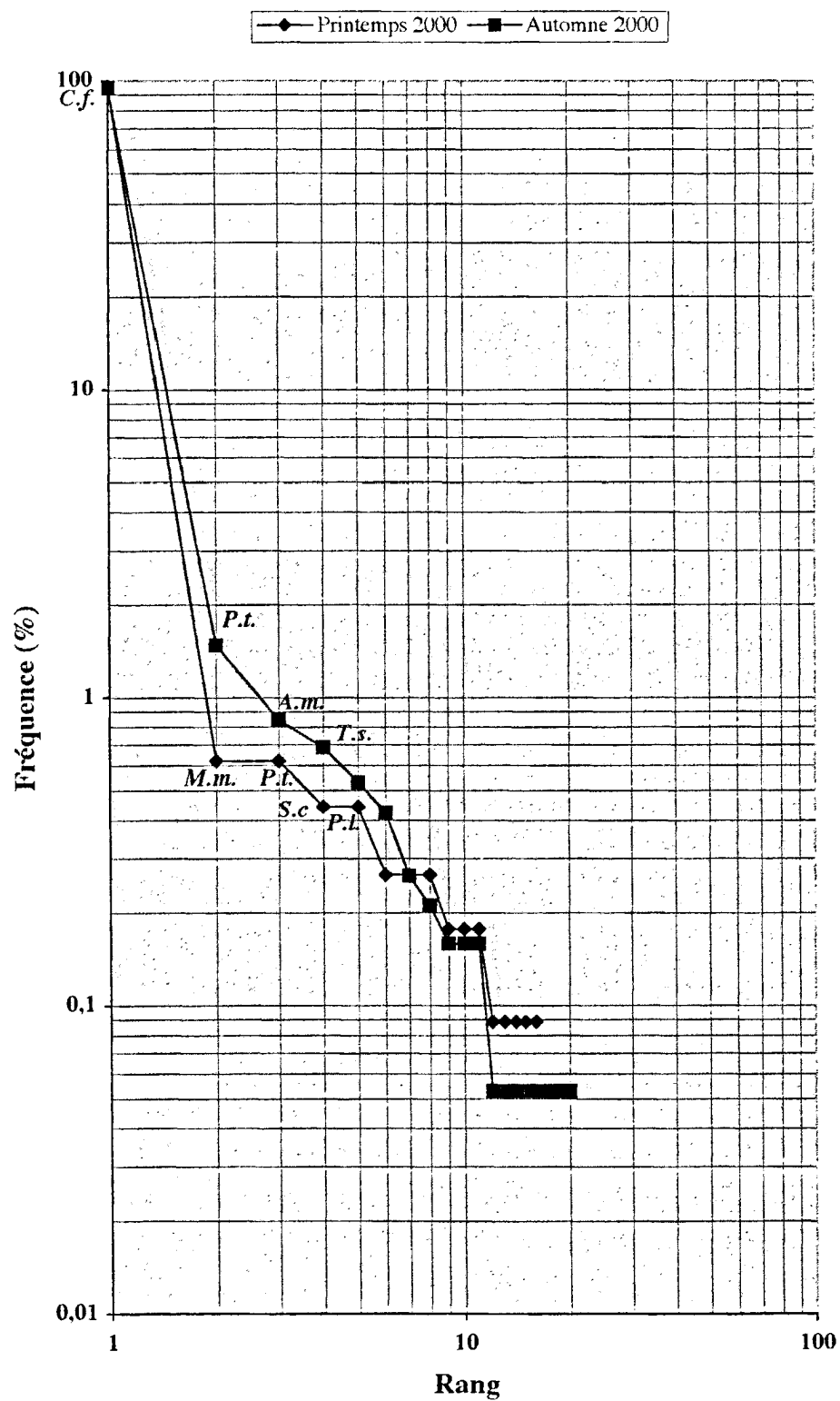


Fig 6.6 : D.R.F. de la station 16

### 3.2.3. Peuplement des sables hétérogènes

L'analyse faunistique des stations 16 et H.Z. mettait habituellement en évidence un faible nombre d'espèces au printemps (respectivement 3 et 1 espèces récoltées en 1999) et en automne (respectivement 4 et 3 espèces récoltées en 1999).

Cette année, à la station 16, le sédiment grossier hétérogène favorise la présence d'un beaucoup plus grand nombre d'espèces (26 au printemps et 24 en automne). le Gastéropode *Crepidula fornicata* est fortement dominant (plus de 1000 individus récoltés dans 30 litres de sédiment !) et représente plus de 90 % des individus récoltés (Fig. 6.6) ; il affectionne les fonds hétérogènes plutôt graveleux et n'est pas considéré comme caractéristique du peuplement des sables hétérogènes. Présente depuis 1997, sa dominance est encore plus forte qu'en 1998. Les autres espèces récoltées sont également caractéristiques des fonds grossiers (*Pomatoceros triquer*, *Thelepus setosus*, *Pisidia longicornis*, *Ascidia mentula*, *Molgula manhattensis* et *Styela clava*). La présence d'*Amphioxus lanceolatus* est caractéristique de la présence de gravelle et de sables hétérogènes.

A la station H.Z., toujours très pauvre en espèces récoltées (6 au printemps, 0 en automne !), on retrouve un cortège spécifique caractéristiques des sables moyens de Manche orientale: *Nephtys cirrosa*, *Aonides oxycephala*, *Bathyporeia elegans*, *Gastrosaccus spinifer*.

Le DRF n'a pas été construit à la station H.Z. en raison du trop faible nombre d'espèces récoltées.

Comme les années précédentes, ces résultats confirment l'évolution de la zone côtière depuis la disparition de la moulière, à savoir la présence de deux domaines fortement différenciés: les cailloutis de l'ouest (stations 1 et 6) et les sables hétérogènes de l'est (station H.Z.) ; la station 16, quant à elle, continue à fluctuer d'un sédiment de sables hétérogènes à un sédiment plus grossier de graviers et cailloutis. Cette variation, à la fois saisonnière et interannuelle est peut-être due à l'action des tempêtes hivernales et de début de printemps en milieu peu profond (Davoult *et al.*, 1998). La disparition de la moulière peut expliquer en partie la variation granulométrique observée à ces stations dans la mesure où celle-ci devait fortement diminuer les courants de marée de fond pendant les périodes de flot au profit de la partie est de la zone côtière. De tels effets ont déjà été observés au sonar latéral qui a permis de mettre en évidence des trainées sableuses d'environ 2 milles de long dans le prolongement d'une épave, à l'abri du courant de flot (Augris *et al.*, 1987). Les fonds côtiers évoluent vers une structure constituée d'un soubassement dur (calcaire et lit de silex) recouvert d'une faible épaisseur de sédiment grossier.



## 4. Conclusion

Le peuplement des cailloutis, représenté dans l'étude au large par la station 2 et à la côte par les stations 1 et 6, semble toujours relativement stable.

Au large, il est dominé comme les années précédentes par les mêmes espèces (*Ophiothrix fragilis*, *Pisidia longicornis*, *Thelepus setosus*, *Pomatoceros triqueter*, *Styela coriacea*, *Molgula manhattensis*).

Dans sa partie côtière, la disparition de la moulière à *Mytilus edulis* perdure ainsi que son remplacement par des Tuniciers, en particulier *Styela clava*, *Styela coriacea*, *Molgula manhattensis* et *Dendrodoa grossularia*.

Le sédiment grossier de cette partie (stations 1 et 6) abrite de façon stable depuis 1990 un faciès côtier du peuplement des cailloutis à épibiose sessile, un peu moins diversifié que ne l'était la moulière: il y a donc eu basculement brutal d'une situation stable à l'échelle de quelques années (la moulière, présente pendant la première partie de l'étude, de 1977 à 1988) à une autre situation stable, le faciès côtier de cailloutis dominé par les Tuniciers et des Annélides tubicoles de substrat dur (depuis 1990).

La transition avec les sables hétérogènes s'effectue maintenant environ au niveau de la station 16, comme cela était déjà apparu depuis 1993, qui est la station dans le sédiment est le plus fluctuant.

L'abondance de *Crepidula fornicata* à la station 16 depuis 1998 est un autre événement important, l'espèce étant connue pour s'installer durablement et modifier éventuellement le substrat: cette année, sa très forte augmentation d'abondance correspond à un phénomène de type invasif, sans doute facilité par les variations du substrat. Son abondance est certainement maintenant susceptible de modifier le substrat assez rapidement si l'espèce s'installe durablement.

L'évolution de la couverture sédimentaire de la zone côtière a suivi la disparition de la moulière à *Mytilus edulis*. La stabilité de structure observée maintenant depuis plusieurs années risque donc de se poursuivre si aucune sédentarisation massive de moules ne se produit sur la zone des stations 1, 2 et 6. L'évolution encore sensible en 1995 vers des sédiments plus grossiers est maintenant stabilisée, elle semble confirmer le rôle des courants de marée susceptibles, en l'absence de moulière, de provoquer un granulo-classement plus marqué. On note toutefois une variation saisonnière à la station 16 attribuée à l'action des tempêtes hivernales et de début de printemps (Davoult *et al.*, 1998).



La nouvelle répartition spatio-temporelle des stations de prélèvement paraît toujours bien adaptée: une campagne au printemps et une en automne, complétées de prélèvements intermédiaires aux stations 1 et 6, jusque là les plus variables, recentrées sur la zone côtière proche de la centrale, qui permettent le cas échéant de lier d'éventuelles fluctuations globales des peuplements benthiques à la variabilité spatio-temporelle du recrutement de certaines espèces (*Mytilus edulis*, les Tuniciers). Le suivi de la station 2 paraît suffisant pour vérifier la stabilité interannuelle de la zone située plus au large.



## BIBLIOGRAPHIE

- AUGRIS C., CLABAUT P., DEWEZ S. & J.P. AUFFRET, 1987. Carte des sédiments superficiels au large de Boulogne-sur-Mer. Ifremer-U.S.T.Lille-Région Nord/Pas de Calais (Eds), 32p. + 2 cartes couleur.
- BOURGAIN J.L., DAVOULT D. & J.M. DEWARUMEZ, 1988. Le domaine benthique subtidal, in: Surveillance écologique et halieutique, site de Paluel, année 1988. Rapport Ifremer: 57-87.
- DAVOULT D., 1990. Le domaine benthique subtidal, in: Surveillance écologique et halieuthique, site de Paluel, année 1990. Rapport Ifremer: 59-81.
- DAVOULT D., 1992. Le domaine benthique subtidal, in: Surveillance écologique et halieutique, site de Paluel, année 1992. Rapport Ifremer.
- DAVOULT D., 1993. Le domaine benthique subtidal, in: Surveillance écologique et halieutique, site de Paluel, année 1993. Rapport Ifremer.
- DAVOULT D., DEWARUMEZ J.M. & A. MIGNÉ, 1998. Long-term changes (1979-1994) in two coastal benthic communities (English Channel): analysis of structural developments. *Oceanol. Acta*, 21 (4): 609-617.
- DAVOULT D. & A. MIGNÉ, 1994 à 1998. Le domaine benthique subtidal, in: Surveillance écologique et halieutique, site de Paluel. Rapport Ifremer.
- DEWARUMEZ J.M. & D. MENU, 1985. Etude de surveillance écologique du site de Paluel, rapport de synthèse, 1978 à 1981. Rapport Ifremer.
- FRONTIER S., 1976. Utilisation des diagrammes Rang-Fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J.Rech.Océanogr.*, 1 (3): 36-48.
- FRONTIER S., 1985. Diversity and structure in aquatic ecosystems. *Oceanogr. Mar. Ann. Rev.*, 23: 253-312.





<i>A.m</i>	:	<i>Ascidia mentula</i>
<i>A.r</i>	:	<i>Asterias rubens</i>
<i>C.f</i>	:	<i>Crepidula fornicata</i>
<i>D.g</i>	:	<i>Dendrodoa grossularia</i>
<i>M.m</i>	:	<i>Molgula manhattensis</i>
<i>M.o</i>	:	<i>Melita obtusata</i>
<i>O.f</i>	:	<i>Ophiothrix fragilis</i>
<i>P.l</i>	:	<i>Pisidia longicornis</i>
<i>P.b</i>	:	<i>Pandalus montagui</i>
<i>S.c</i>	:	<i>Styela clava</i>
<i>S.co</i>	:	<i>Styela coriacea</i>
<i>S.s</i>	:	<i>Sabellaria spinulosa</i>
<i>T.S</i>	:	<i>Thelepus setosus</i>

**Signification des abréviations d'espèces employées  
dans les diagrammes Rang-Fréquence**

Espèces	Stations	Hiver 00		Printemps 2000				Eté 2000		Automne 2000				
		1	6	1	2	6	16	HZ	1	6	1	2	6	16
<b>Spongiaires</b>														
<i>Sycon ciliatum</i>			+			2								
<i>Leucosolenia botryoides</i>			+		+		+		+					
<i>Dysidea fragilis</i>												+		
<i>Haliclona oculata</i>												+	+	+
<i>Spongiaire spp.</i>			+		+	+	+		+	+		+	+	
<b>Cnidaires</b>														
<i>Tubularia indivisa</i>		+	+		+	++			+		+	+		
<i>Laomedea flexuosa</i>												+		
<i>Hydrallmania falcata</i>		+					+				+			+
<i>Abietinaria abietina</i>									+		+			
<i>Sertularia cupressina</i>					+		+							
<i>Kirchenpaueria pinnata</i>									+					
<i>Alcyonium digitatum</i>					8	1						2	2	
<i>Urticina felina</i>						1			1		2		1	
<i>Sagartia elegans</i>						1				1				1
<i>Actiniaires spp.</i>		6	2	1	2	2			1		2	3	1	
<b>Annélides</b>														
<i>Aonides oxycephala</i>								1						
<i>Euphrosyne foliosa</i>									1					
<i>Cirratulus cirratus</i>														1
<i>Lepidonotus squamatus</i>		5	3	8	14	1			8	4		6	2	3
<i>Polynoe scolopendrina</i>		2	15	5		15			2	15	2	16	9	1
<i>Sihenelais boa</i>		2	2	2					3	2				
<i>Harmothoe glabra</i>				1										
<i>Nephtys cirrosa</i>								4						
<i>Marphysa sanguinea</i>				2		1					2	1		
<i>Sabellaria spinulosa</i>			251	14		201	1		17	171	4	3	80	8
<i>Amphicteis gunneri</i>										3				
<i>Thelepus setosus</i>		8	53	17	2	73	2		15	106	3	46	46	13
<i>Eupolymnia nebulosa</i>					1	2	3		2				1	
<i>Polycirrus medusa</i>		1												
<i>Sabella pavonina</i>			2	4	2	5			2		2			
<i>Pomatoceros triqueter</i>		31	37	13	24	61	7		16	45	2	21	7	28
<b>Sipunculien</b>														
<i>Golfingia minuta</i>			30	1		35	1			17			12	
<b>Mollusques</b>														
<i>Acanthochitona crinita</i>									2			1		
<i>Buccinum undatum</i>		1	1	1		2	2			2		1	1	1
<i>Ocenebra erinacea</i>			1	4								1	1	
<i>Nucella lapillus</i>						1			1					
<i>Nassarius incrassatus</i>										2			1	
<i>Diodora apertura</i>		1	1			2			2		1			
<i>Calliostoma zizyphinum</i>		1							1	1				
<i>Crepidula fornicata</i>		1	13			2	1086		2				17	1795
<i>Trivia monacha</i>												1		
<i>Archidoris pseudoargus</i>			2											
<i>Onchidoris bilamellata</i>									11	1				

Espèces	Stations	Hiver 00		Printemps 2000					Eté 2000		Automne 2000				
		1	6	1	2	6	16	HZ	1	6	1	2	6	16	HZ
<i>Ostrea edulis</i>							1							1	
<i>Chlamys varia</i>						3			2	1	2	5			
<i>Musculus discors</i>				2							1				
<i>Nucula nucleus</i>		1													
<b>Bryozoaires</b>															
<i>Conopeum reticulum</i>		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Electra pilosa</i>		+		+	+	+			+		+	+			
<i>Bicellariella ciliata</i>					+	+	+								
<i>Disporella hispida</i>		+	+		+				+		+	+			
<i>Flustra foliacea</i>			+												
<i>Cellepora pumicosa</i>		+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+		
<i>Tubulipora sp.</i>		+		+	+	+			+		+	+			
<i>Plagioecia patina</i>			+							+			+	+	
<i>Escharella immersa</i>		+	+	+	+	+			+	+	+	+	+	+	
<i>Schizomavella auriculata</i>		+	+		+	+	+		+	+	+	+	+	+	
<i>Smittina crystallina</i>									+						
<i>Amphiblestrum flemingii</i>		+	+	+		+	+		+	+	+	+	+		
<i>Alcyonidium raphanum</i>				+			+		+	+	+	+		+	
<b>Pycnogonides</b>															
<i>Nymphon gracile</i>							3								
<b>Cirripèdes</b>															
<i>Balanus crenatus</i>		+	+	++	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>Verruca stroemia</i>		+	+	+	+	+			+		+	+			
<b>Isopodes</b>															
<i>Anthura gracilis</i>														1	
<b>Amphipodes</b>															
<i>Sthenothoe marina</i>		1													
<i>Bathyporeia elegans</i>								1							
<i>Corophium sextonae</i>												2			
<i>Erichtonius brasiliensis</i>				4	4					2					
<i>Melita obtusata</i>		11		2											
<b>Mysidacés</b>															
<i>Gastrosaccus spinifer</i>								1							
<b>Décapodes</b>															
<i>Eualus pusiolus</i>													1	3	
<i>Pandalus montagui</i>							2		2						1
<i>Pandalina brevirostris</i>											5		25		
<i>Crangon crangon</i>														2	
<i>Galathea intermedia</i>		2				2			1		1	2	3		
<i>Pisidia longicornis</i>		36	6	5	20		5	1	24	6	4	6	1	5	
<i>Pagurus pubescens</i>			4			7			1	5				1	
<i>Pagurus bernhardus</i>									5	4	1				
<i>Anapagurus hyndmanni</i>		9		1	2	2				1		4			
<i>Pilumnus hirtellus</i>									2	1		1	2		
<i>Liocarcinus puber</i>			1								1			2	
<i>Liocarcinus holsatus</i>										1				2	
<i>Liocarcinus pusillus</i>										1		1			
<i>Macropodia rostrata</i>												1	1		

Espèces	Stations	Hiver 00		Printemps 2000					Eté 2000		Automne 2000				
		1	6	1	2	6	16	HZ	1	6	1	2	6	16	HZ
<b>Echinodermes</b>															
<i>Asterias rubens</i>		1		2			1		4	2	6				
<i>Solaster papposus</i>											1				
<i>Ophiothrix fragilis</i>					160						178				
<i>Psammechinus miliaris</i>		2		5	3	1			4		3	3		1	
<b>Tuniciers</b>															
<i>Ascidia mentula</i>		1		1	17	1	1		1	1	1	1	4	16	
<i>Styela clava</i>		1	2	8		9	5		18	5	12	13	1	10	
<i>Styela coriacea</i>		2	90	10	13	170	1		11	156	13	58	31	3	
<i>Dendrodoa grossularia</i>		5	55	12	23	1	3				3	12	9		
<i>Molgula manhattensis</i>		9	13	75	18	92	7		13	172	3	1	16	4	
<b>Céphalocordés</b>															
<i>Amphioxus lanceolatus</i>														1	
<b>Poissons</b>															
<i>Ammodytes tobianus</i>							1								
<i>Cottus scorpius</i>									1						
<i>Ciliata mustella</i>											1				

## 7 - LE BENTHOS INTERTIDAL

Ingrid RICHARD  
Station marine de Wimereux

## 1 – Introduction

Le suivi écologique de la zone intertidale, située à proximité de la Centrale Nucléaire de PALUEL , est réalisé depuis 1973.

Chaque année, nous étudions la dynamique de la population d'*Idotea granulosa* au niveau de deux stations jouxtant la Centrale :

- l'une est située au Nord-Est de la centrale, à l'Ouest de St Valéry-en-Caux,
- l'autre est en amont de la centrale par rapport au sens de la dérive des masses d'eau, à environ un kilomètre au Nord-Est de Veulettes. Elle a été choisie, en accord avec EDF, comme station « témoin » car située dans une zone « hors impact ».

Pour l'année 2000, trois campagnes de prélèvements ont été effectuées pendant la période estivale qui correspond à la période de recrutement maximal de l'espèce *Idotea granulosa* : le 6 juillet, le 1<sup>er</sup> août et le 1<sup>er</sup> septembre 2000.

## 2 - Etude de la population d'*Idotea Granulosa*

### 2.1 – Methodologie

#### 2.1.1 – Prélèvements

Le prélèvement consiste en un grattage de substrat au niveau de la ceinture algale constituée par des *Fucus* (zone d'abondance maximale de l'espèce *Idotea granulosa*) sur une surface de 50 cm x 50 cm, délimitée à l'aide d'un quadrat souple formé de quatre équerres métalliques, reliées par des cordes de nylon.

Les échantillons prélevés sont ensuite fixés au formol salé à 10%. La séparation des algues et des *Idotea granulosa* est effectuée par brassage et flottaison.

Au niveau de la station "témoin", à Veulettes, nous avons réalisé 16 prélèvements de 0,25 mètre carré dans la couverture de *Fucus vesiculosus* où l'on trouve préférentiellement l'espèce *Idotea granulosa*, afin d'établir une comparaison avec le site de St Valéry.

Au niveau de la radiale de "référence" de St Valéry, prospectée depuis 1973, nous avons également effectué 16 prélèvements dans la ceinture à *Fucus vesiculosus* puisque le recouvrement des rochers par ces algues le permet de nouveau depuis 1996.

### 2.1.2 – Poids des algues

Pour chaque échantillon, les algues sont pesées après dessiccation à l'étuve à 50° C. Nous nous référons donc à un poids sec par mètre carré .

### 2.1.3 – Mesures des *Idotea granulosa*

Les individus sont mesurés à 0,1 mm près, au micromètre oculaire, à la loupe binoculaire. La longueur de l'idotée est prise de la base des antennes à l'extrémité du telson.

### 2.1.4 – Etude de la population d'*Idotea granulosa*

Les individus sont classés en 9 catégories selon leur sexe et leur degré de différenciation sexuelle.

#### 2.1.4.1 – Mâles

Les mâles sont aisément reconnaissables grâce à la présence d'un pénis bifide. Chez les individus de petite taille, la détermination est rendue plus aisée par la présence de l'appendix masculina situé à la face interne du deuxième pléopode. On distingue chez les mâles selon le degré de maturation sexuelle :

- les mâles juvéniles : stade I
  
- les mâles adultes : stade II, dont le deuxième périopode est couvert d'un duvet abondant.



Prélèvements	06 juillet 2000				01 août 2000				01 septembre 2000			
	St Valéry		Veulettes		St Valéry		Veulettes		St Valéry		Veulettes	
	Poids algues (g)	Nb. I.g.	Poids algues (g)	Nb. I.g.	Poids algues (g)	Nb. I.g.	Poids algues (g)	Nb. I.g.	Poids algues (g)	Nb. I.g.	Poids algues (g)	Nb. I.g.
1	128	28	174	35	154	68	158	84	136	12	169	32
2	167	24	193	32	171	68	171	41	86	14	195	39
3	119	35	188	37	157	83	240	69	200	31	232	35
4	128	50	151	34	153	51	140	45	153	15	156	55
5	199	44	142	32	139	20	219	77	227	23	186	30
6	139	39	182	57	121	50	158	63	220	35	134	25
7	235	46	184	35	236	89	188	77	150	17	212	69
8	153	34	277	44	195	32	168	47	246	14	208	45
9	161	63	231	87	150	73	207	34	126	8	175	44
10	109	27	136	21	180	40	217	35	74	4	221	53
11	201	49	350	40	172	84	219	48	105	11	251	39
12	129	27	200	40	140	40	170	29	73	6	160	36
13	132	16	135	22	142	80	198	38	142	10	165	43
14	115	14	183	39	177	43	200	48	118	7	158	16
15	101	16	178	35	161	102	202	38	169	15	187	19
16	116	20	193	30	236	82	202	64	172	23	180	37

Tableau 7.1 : Relation entre poids d'algues (poids sec en grammes) et nombre d'*Idotea granulosa* (I.g.) dans les prélèvements de 0,25 m<sup>2</sup> de St-Valéry-en-Caux et Veulettes-sur-mer.



La gestation se déroule en quatre phases (DEWARUMEZ, 1979).

Stade	Durée en jours
I	6 - 7
II	3 - 4
III	2
IV	2

La longévité des mâles est de 18 mois, ils atteignent une taille maximale théorique de 16,4 mm.

Le plus grand individu mâle a été récolté le 21 mai 1986 à Veulettes ; il mesurait 20,5 mm. Cette année le plus grand mâle récolté mesurait 16,4 mm ( campagne d'août 2000 à St Valéry ) A Veulettes, le plus grand mâle récolté en août 2000 mesurait 14,1 mm.

La longévité des femelles est de 15 mois ; elles atteignent une taille maximale théorique de 13,0 mm .

La plus grande femelle récoltée mesurait 15,3 mm (mars 1980).

En 2000, la plus grande femelle atteignait 11,4 mm ( campagne de septembre à St Valéry - femelle gravide de stade 4).

A Veulettes, la plus grande femelle récoltée en 2000 mesurait 9,1 mm ( campagne d'août - femelle gravide de stade 1 ).

### 2.3 – Variation de la densité d'algues et d'*Idotea granulosa*

Pour chaque échantillon de 0,25 m<sup>2</sup>, nous avons reporté dans le tableau 7.1, le poids sec algal en grammes et le nombre d'*Idotea granulosa* récoltées au niveau de la radiale de « référence » de St Valéry et au niveau de la radiale « témoin » de Veulettes.



	1 ère campagne		2 ème campagne		3 ème campagne	
	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
1988	101,6	489,2	87,6	530	32,8	429,2
1989	45	573,2	109,3	590,5	74,5	603,3
1990	38,7	354	31,1	714,9	19	595,6
1991	18,5	903	0	980,9	0	855
1992	24,4	896,9	35,4	867,8	12,2	917,8
1993	0	787,4	0	929,5	12,1	771,3
1994	46,1	823,5	41,3	782,9	27,1	598,7
1995	346,9	704,8	450,4	827,2	490	715,7
1996	628,1	716,3	650,3	682,3	619,6	679,6
1997	604,7	655,1	636,6	735,9	599,0	793,6
1998	590,0	794,1	617,6	669,6	674,8	868,1
1999	533,4	549,9	382,1	461,4	472,6	570,6
2000	583	774,3	671	764,3	599,3	747,3

Tableau 7.2 : Densités estimées des *Fucus* (en g/m<sup>2</sup>) à St Valéry-en-Caux et à Veulettes entre 1988 et 2000 pendant la période estivale

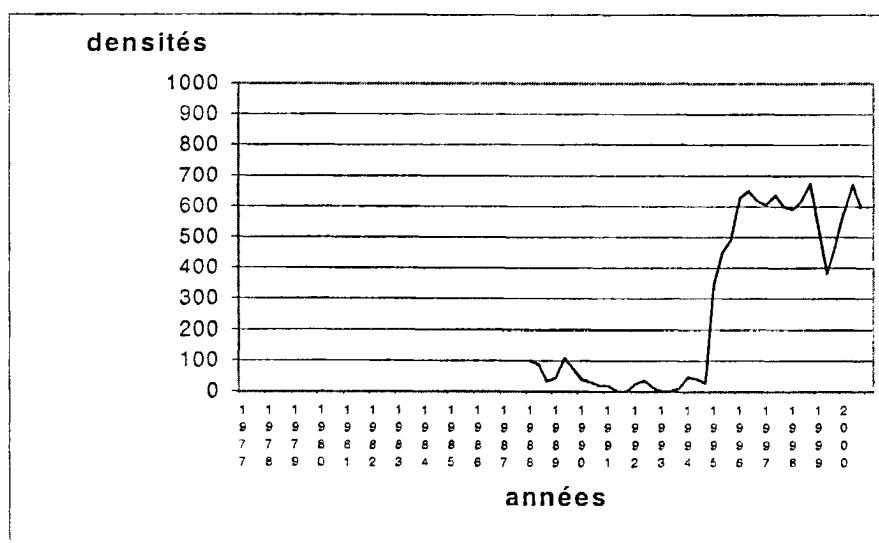


Fig 7.1 : Evolution des densités de Fucus au m<sup>2</sup> entre 1988 et 2000 à St-Valéry-en-Caux

### 2.3.1. Densité d'algues

#### 2.3.1.1. Densité d'algues à St Valéry-en-Caux

Lors des campagnes de prélèvement 2000, on a pu constater que les *Fucus vesiculosus* étaient bien réinstallés sur le site de St Valéry.

On remarque (tableau 7.2) que les densités algales de cette année sont nettement supérieures à celles de 1999 notamment en août avec un chiffre de  $671 \text{ g/m}^2$ . Il semble donc que la chute de la densité algale observée en 1999 n'était que transitoire (figure 7.1).

Les observations permettent de confirmer le cycle de croissance des algues : en juillet, les prélèvements étaient constitués de jeunes pousses d'algues (densité =  $583 \text{ g/m}^2$ ) alors qu'en août, les frondes de *Fucus* étaient bien développées et à maturité (densité =  $671 \text{ g/m}^2$ ) ; en septembre, les *Fucus* s'étiolaient déjà (densité =  $599,3 \text{ g/m}^2$ ).

Nous avons constaté en août 1999 la présence de nombreuses *Littorina littoralis*, encore dénommée *Littorina obtusata* (Linné, 1758) qui est un gastéropode brouteur de *Fucus*. De ce fait, nous avons procédé cette année à des prélèvements systématiques sur  $1 \text{ m}^2$  de Mollusques sur les sites de St Valéry et Veulettes, au cours des campagnes de juillet, août et septembre (tableau 7.3)

	06 juillet 2000		01 août 2000		01 septembre 2000	
	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
<i>Littorina saxatilis</i>	43	77	51	46	0	0
<i>Littorina littoralis</i>	3	5	9	7	46	31
<i>Littorina littorea</i>	0	0	0	0	1	1
Gibbule	55	33	31	69	29	66
Patelle	42	35	34	43	25	20
Pourpre	2	0	0	0	0	0
Chiton	1	1	0	0	3	8

**Tableau 7.3 : Densité des mollusques au sein des ceintures de *Fucus vesiculosus* (nb d'individus au  $\text{m}^2$ )**



	06 juillet 2000		01 août 2000		01 septembre 2000	
	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
<i>Littorina saxatilis</i>	43	77	51	46	0	0
<i>Littorina littoralis</i>	3	5	9	7	46	31
<i>Littorina littorea</i>	0	0	0	0	1	1
Gibbule	55	33	31	69	29	66
Patelle	42	35	34	43	25	20
Pourpre	2	0	0	0	0	0
Chiton	1	1	0	0	3	8

Tableau 7.3 : Densité des Mollusques au sein des ceintures de *Fucus vesiculosus* (nombre d'individus au m<sup>2</sup>)

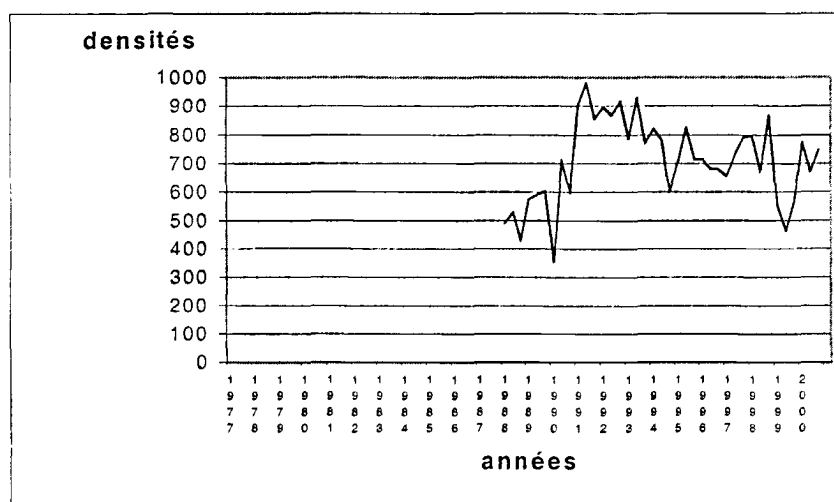


Fig 7.2 : Evolution des densités de *Fucus* au m<sup>2</sup> à Veulettes entre 1998 et 2000

On constate qu'en juillet et août 2000, c'est essentiellement *Littorina saxatilis* qui domine (microbrouteur bactérien des niveaux supérieurs de l'estran). Les *Littorina littoralis* n'ont été notées qu'en septembre. La faible diminution de taille des frondes de *Fucus vesiculosus* relevée lors de cette dernière campagne (tableau 7.2) pourrait leur être imputée.

### 2.3.1.2. Densité d'algues à Veulettes

Depuis 1996, les prélèvements à Veulettes sont effectués uniquement dans la ceinture à *Fucus vesiculosus*.

On constate (tableau 7.2) que les densités algales sont, comme les années précédentes, plus élevées à Veulettes qu'à St Valéry.

Les chiffres sont nettement plus élevés que ceux de 1999.

Comme à St Valéry, on a pu trouver (tableau 7.3) un nombre important de Gastéropodes dans les prélèvements.

On peut constater, comme à St Valéry que l'espèce *Littorina littoralis* n'est surtout abondante qu'en septembre. Sa densité y est plus faible qu'à St Valéry. En comparant avec les données de 1999, on peut noter que les densités de cette espèce en août 2000 ( 7 individus / m<sup>2</sup> ) sont nettement plus faibles qu'en août 1999 ( 35 individus / m<sup>2</sup> ).

On peut penser que le plus faible impact de prédation par broutage effectué par l'espèce permet une meilleure croissance du Fucus ( 461,4 g/ m<sup>2</sup> en 99 par rapport à 764,3 g / m<sup>2</sup> en août 2000).

A Veulettes on constate, comme à St Valéry, que les *Littorina littoralis* sont plus nombreuses en septembre ( 31 individus / m<sup>2</sup> ).

Les densités de ce Gastéropode brouteur de Fucus peuvent peut-être expliquer la légère diminution de densité algale d'août à septembre (764,3 g / m<sup>2</sup> en août et 747,3 g/ m<sup>2</sup> en septembre).

L'analyse de l'évolution des densités d'algues (Fig 7.2), montre une tendance à la diminution des densités de Fucus depuis 1992.



	1 ère campagne		2 ème campagne		3 ème campagne	
	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
1988	6.75	33	1.5	83	0.25	40.75
1989	3.75	23	18.25	83.75	0.5	17.5
1990	3.75	70.25	3	113.75	3.75	35
1991	3.5	117.5	0	145.25	0	142.75
1992	8.25	106.5	0.75	159	0.5	85.5
1993	0	74.75	0	102.75	4.75	54.25
1994	3	134.5	4.5	86.5	1.75	58.75
1995	57	103	118.5	181.3	53	49
1996	89	45	195	173.5	86	172.75
1997	79	180	66.25	71.25	39	38
1998	75.75	162.75	162.75	188.25	56.25	155.25
1999	67.75	123.50	69	75.50	36	36
2000	133	155	251.25	209.25	61.25	154.25

Tableau 7.4 : Densités d'*Idotea granulosa* (nombres d'individus par m<sup>2</sup>) lors des trois campagnes estivales de prélèvements réalisées à St Valéry-en-Caux et à Veulettes entre 1988 et 2000

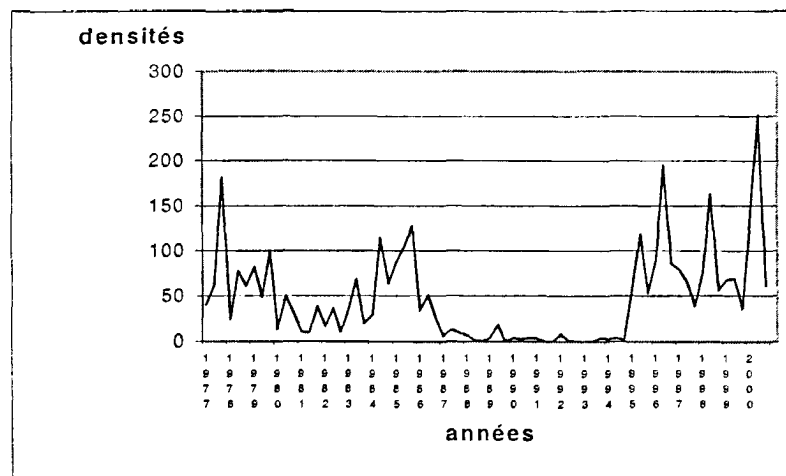


Fig 7.3 : Evolution des densités d'Idotées au m<sup>2</sup> entre 1977 et 2000 à St Valéry-en-Caux

## 2.3.2. Densité d'*Idotea granulosa*

### 2.3.2.1. Densité d'*Idotea granulosa* à St Valéry-en-Caux

On constate (tableau 7.4) que les densités d'*Idotea granulosa* sont nettement supérieures à celles de l'année dernière, avec un maximum observé en août ( 251,25 individus / m<sup>2</sup> ).

Cette valeur de densité est la plus élevée que l'on ait pu observer depuis le début des prélèvements à St Valéry en Caux.

La figure 7.3 permet de montrer des pics d'abondance d'Idotées en milieu de saison estivale lors des années 95, 96, 98 et 2000 qui sont du même ordre que ceux de 1977.

La recolonisation commencée en 1995 se poursuit donc.

### 2.3.2.2. Densité d'*Idotea granulosa* à Veulettes

A Veulettes, les valeurs de densité d'Idotées sont supérieures à celles de St Valéry sauf en août ( 209,25 individus / m<sup>2</sup> à Veulettes et 251,25 individus / m<sup>2</sup> à St Valéry).

Les densités sont également, comme à St Valéry, nettement supérieures à celles observées l'année dernière. Le chiffre maximal observé en août (209,25 individus / m<sup>2</sup> ) est d'ailleurs la valeur de densité la plus élevée observée depuis le début des prélèvements sur ce site « témoin » (figure 7.4).

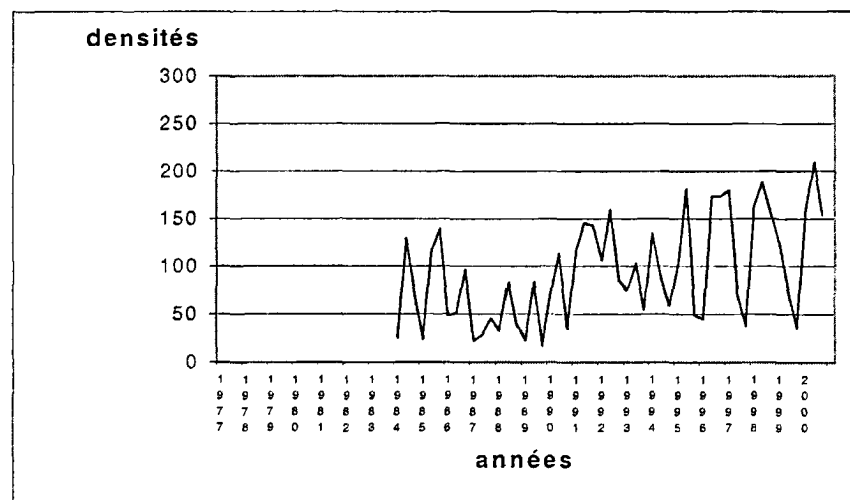


Fig 7.4 : Evolution des densités d'Idotées au m<sup>2</sup> entre 1984 et 2000 à Veulettes



	1 ère campagne		2 ème campagne		3 ème campagne	
	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
1988	6,64	6,74	1,71	15,66	0,76	9,49
1989	8,33	4,01	16,70	14,18	0,67	2,90
1990	9,69	19,84	9,65	15,91	19,74	5,88
1991	18,92	13,01	0	14,81	0	16,70
1992	33,81	11,87	2,12	18,32	4,10	9,32
1993	0	17,08	0	11,05	39,26	6,98
1994	6,51	16,33	10,90	11,04	6,46	9,81
1995	16,43	14,61	25,64	21,92	10,82	6,85
1996	14,17	6,28	30,00	25,43	13,88	25,38
1997	13,06	27,48	10,41	9,68	6,51	4,79
1998	12,84	20,49	26,35	28,11	8,34	17,89
1999	12,70	22,46	18,06	16,36	7,62	6,31
2000	22,81	20,02	37,44	27,38	10,22	20,64

**Tableau 7.5 : Rapport (%) entre les densités d'*Idotea granulosa* et les poids secs d'algues par mètre carré sur les sites de St Valéry et de Veulettes depuis 1988.**



On remarque surtout que les valeurs de septembre 2000 (154,25 individus / m<sup>2</sup>) mois qui correspond en général aux valeurs minimales estivales, sont cette année, assez élevées.

On peut constater ( tableau 7.4 ) que le cycle de 2000 se rapproche de celui de 1998 et 1996 et diffère de ceux de 1999 et 1997.

La figure 7.4 montre un décours en zig-zag avec des écarts qui vont en s'amplifiant entre les minima de 1995, 97 et 99 et les maxima de 1996, 98 et 2000.

Durant les années 1984 à 1994, le cycle était annuel et plus régulier avec un maximum de densité estivale en août.

### 2.3.3. Rapport entre les densités d'algues et d'Idotées

#### 2.3.3.1 - Rapport entre les densités d'algues et d'Idotées à St Valéry-en-Caux

Comme les années précédentes, nous avons comparé (tableau 7.5) les densités d'Idotées à la quantité d'algues (exprimée en poids sec / m<sup>2</sup>).

On peut constater qu'il y a cette année, pendant l'été, une très bonne colonisation des Fucus par les Idotées.

L'examen des valeurs de ce rapport (exprimé en %) montre que depuis 1995, année qui correspond (figure 7.1) à la réinstallation des algues, la recolonisation des *Idotea* est, au fil des années, de plus en plus nette.

Il est évident qu'il y a bien corrélation (figure 7.1 et 7.3) entre la quasi-disparition des algues en 1989-1994 et celle des Idotées. Inversement, la réinstallation des ceintures algales dès 1995 nous a permis de récolter de nouveau des Idotées.



### 2.3.3.2 - Rapport entre les densités d'algues et d'Idotées à Veulettes

Les valeurs des rapports (exprimés en %) entre les densités d'Idotées et les quantités d'algues (exprimées en poids sec/m<sup>2</sup>) en 2000 sont du même ordre qu'en 1998.

On constate une fluctuation des peuplements d'Idotées avec des écarts entre minima et maxima très forts (figure 7.4).

Cependant la tendance à la diminution algale notée depuis 1992 à Veulettes (confirmée par la figure 7.2) ne semble pas affecter la colonisation des Idotées (figure 7.4).

## 2.4. VARIATION DES TAILLES D'*IDOTEA GRANULOSA*

L'analyse de la répartition des sexes chez *Idotea granulosa* et la mesure des tailles ont été réalisées sur un échantillonnage portant sur 1 mètre carré de *Fucus vesiculosus* à Veulettes et à St Valéry.

A St Valéry, on note des cohortes importantes de mâles et femelles juvéniles en juillet et août (figure 7.5 et 7.6 en annexe) dont les effectifs sont nettement supérieurs à ceux de 1999.

En septembre 2000, les effectifs de juvéniles sont plus faibles qu'en juillet et août 2000 tant chez les mâles que les femelles (figure 7.5 et 7.6 en annexe) ce qui entraîne un pourcentage de femelles gravides et de mâles adultes plus élevés (tableau 7.6).

Chez les femelles juvéniles à St Valéry, comme en 1999, c'est la classe des 5 à 6 millimètres qui domine en juillet alors qu'en août, les femelles juvéniles sont de plus petites tailles (3 à 5 mm).

La présence à chaque prélèvement de mâles et femelles mûres indique que la reproduction peut se dérouler durant tout l'été. En effet, le cycle entre les générations est d'environ 28 jours (gestation de 13 à 15 jours suivie d'une intermue sans fécondation de 14 jours environ). Il y a donc dans l'échantillonnage des Idotées plusieurs populations dont les cohortes se mélangent.

A Veulettes, les observations concernant les juvéniles sont comparables à celles de St Valéry.

Il y a plus de femelles juvéniles que de mâles juvéniles (figure 7.7 et 7.8 et tableau 7.6).

La taille dominante des femelles mûres est de 7 à 8 mm durant tout l'été alors que des femelles de 8 à 9 mm sont nettement plus abondantes à St Valéry en juillet et août (figure 7.7 / figure 7.5).

## 2.5. Répartition des sexes et variation du sex-ratio chez *Idotea granulosa*

L'analyse de la répartition des sexes chez *Idotea granulosa* a été réalisée sur un échantillonnage portant sur 1 mètre carré de *Fucus vesiculosus* à Veulettes et à St Valéry .

Les résultats sont retranscrits dans le tableau 7.6 ci-dessous.

	06 juillet 2000		01 août 2000		01 septembre 2000	
	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
% juvéniles	69,23	78,89	70,06	74,91	47,32	69,90
% mâles juvéniles	23,56	28,89	24,85	27,52	16,96	28,57
% femelles juvéniles	45,67	50	45,21	47,39	30,36	41,33
% femelles gravides	10,10	2,78	8,68	3,49	21,43	9,69
% femelles vides	3,84	2,22	5,69	1,74	4,46	2,55
% mâles adultes	16,83	16,11	15,57	19,86	26,79	17,86
sex-ratio	0,677	0,818	0,678	0,901	0,778	0,867

**Tableau 7.6 : Répartition des sexes chez *Idotea granulosa***

Quels que soient le site et la date de prélèvement, on constate que les femelles sont plus abondantes que les mâles. Le sex-ratio ( rapport nombre de mâles / nombre de femelles) est donc toujours inférieur à l'unité.

Les valeurs des sex-ratio de fin d'été sont en légère augmentation par rapport à celles de juillet.

La durée de vie plus courte des femelles peut en être la cause ( 15 mois de longévité chez les femelles pour 18 mois chez les mâles).

A St Valéry, les femelles sont en proportion nettement plus importantes qu'à Veulettes durant tout l'été.



### 7.3. Conclusion

Nous avons constaté dès 1987 une diminution des densités d'*Idotea granulosa* sur l'estran de St Valéry qui pouvait être comparée à ce qui avait été observé en 1980/81, ce qui nous amenait à penser qu'il existait peut-être un cycle pluriannuel de cet Isopode.

Cette situation se maintenait et s'aggravait : nous exprimions notre inquiétude à la suite de la diminution d'abondance en 1988 des ceintures de Fucacées qui servent d'abri aux Idotées. Sur l'estran de St Valéry en Caux, les ceintures de Fucacées étaient quasi-inexistantes alors que le site témoin de Veulettes n'était pas affecté : on pouvait donc exclure tout impact climatique ou météorologique !

Comme cette situation d'altération de l'estran se poursuivait, nous avons émis dès 1990, l'hypothèse d'un impact de l'estran de St Valéry par le panache thermique de la Centrale.

Nous constatons en 1990, 91, 92 et 93 le maintien de cet état de fait. A la suite d'entretien avec EDF qui apportait la preuve, par imagerie infrarouge, que le panache thermique résiduel des rejets de la Centrale n'était pas modifié et « passait » au large de l'estran, nous avons, en 1994, prospecté, en plus de la radiale de St Valéry, un site situé plus en amont à l'ouest de l'exutoire de l'émissaire des eaux fluviales pour tenter de mieux appréhender la cause de la disparition des Fucacées et des Idotées.

On constatait alors, que dès 1994, l'estran de St Valéry se repeuplait, sans pouvoir expliquer ce phénomène.

La couverture algale à St Valéry en Caux s'est reconstituée depuis 1995 et permet des récoltes d'Idotées comparables à celles de 1977. La chute de biomasse algale notée en 1999 à St Valéry et à Veulettes ne s'est pas confirmée en 2000. Sans doute était-elle imputable aux fortes tempêtes estivales qui pouvaient avoir arraché des frondes ou à la prédation par les *Littorina littoralis* (*L. obtusata*) dont nous avons noté l'abondance.



Nous avons, cette année, effectué un suivi des Mollusques de l'estran pour mieux apprécier l'éventuel impact du broutage de *L. obtusata* sur les Fucus. On peut, en comparant les densités d'Idotées sur les 2 sites de St Valéry et Veulettes, constater qu'on retrouve en 2000, les observations de 1996 ou 1998 mais que les cycles notés lors des années 1997 ou 1999 diffèrent sans pouvoir actuellement pouvoir émettre une quelconque hypothèse explicative. Comme nous le suggérons en 1999, une campagne printanière permettrait de mieux connaître les populations d'Idotées géniteurs hors période de reproduction.

Compte tenu des très fortes tempêtes qui ont touché le littoral de la Manche Orientale durant tout l'automne, on peut s'attendre à observer en 2001 des ceintures algales perturbées par ces impacts hydrodynamiques répétés. Il faut souhaiter que cela n'affecte pas trop le repeuplement de l'estran de St Valéry par cet Isopode pour pouvoir témoigner en 2001 comme en 2000 du très faible impact molysmologique des rejets du CPN de Paluel et ( ou ) du maintien de la qualité réapparue en 1994, des rejets des émissaires d'eaux usées ou ( et ) portuaires qui affectent cet estran de St Valéry en Caux .



## BIBLIOGRAPHIE

**DEWARUMEZ J.M.**, 1979. Le domaine benthique. In Etude écologique du site de Paluel - Suivi 1ère année - C.N.E.X.O.-I.B.M.R.W.

**HORLYCK V.**, 1973. Seasonal and diel variation in the rhythmicity of *Idotea balthica* (Pallas) and *Idotea granulosa* Rathke. *Ophelia* 12 : 117-127.

**KING L.A.L., RUSSEL E.S.**, 1909. A method for the study of animal ecology of the shore. *Proc. R. Phyt. Soc. Edimb.* 17 (6), 225-253.

**NAYLOR E.**, 1955. The ecological distribution of british species of *Idotea* (Isopoda). *J. anim. Ecol.* 24 (2) : 255-269.

**SARS G.O.**, 1899. An account of Crustacea of Norway, II. *Isopoda*. *Alb. Cammer Meyers Forlag Cristiana* 270 p, 100 pl.

**SYWALA T.**, 1964. A study of the taxonomy ecology and geographical distribution of species of genus *Idotea fabricius* (Isopoda - Crustacea) in Polish Baltic. II. Ecological and zoogeographical part. *Bull. Soc. Sci. Lettr. Poznam, Ser. D*, 4, 173-200.



## ANNEXES



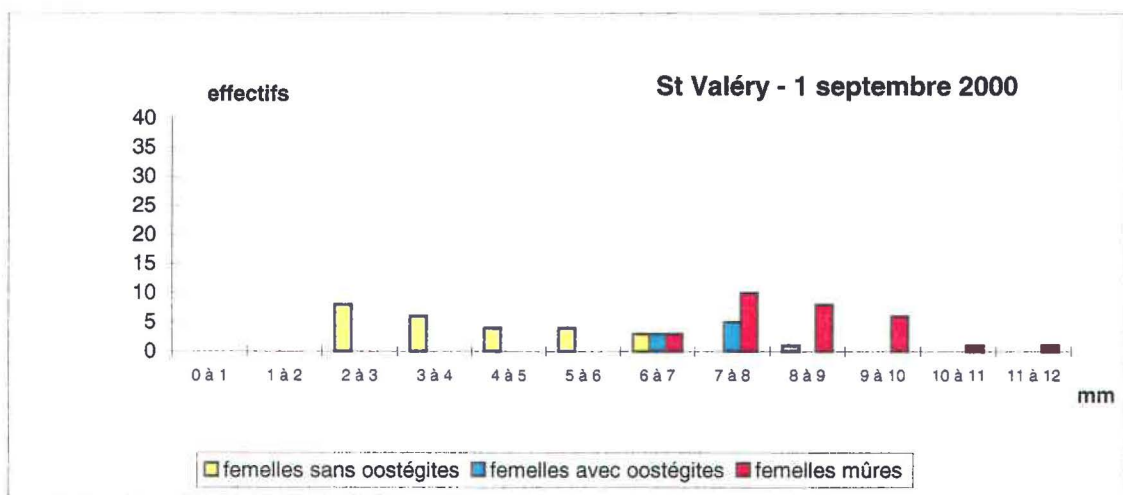
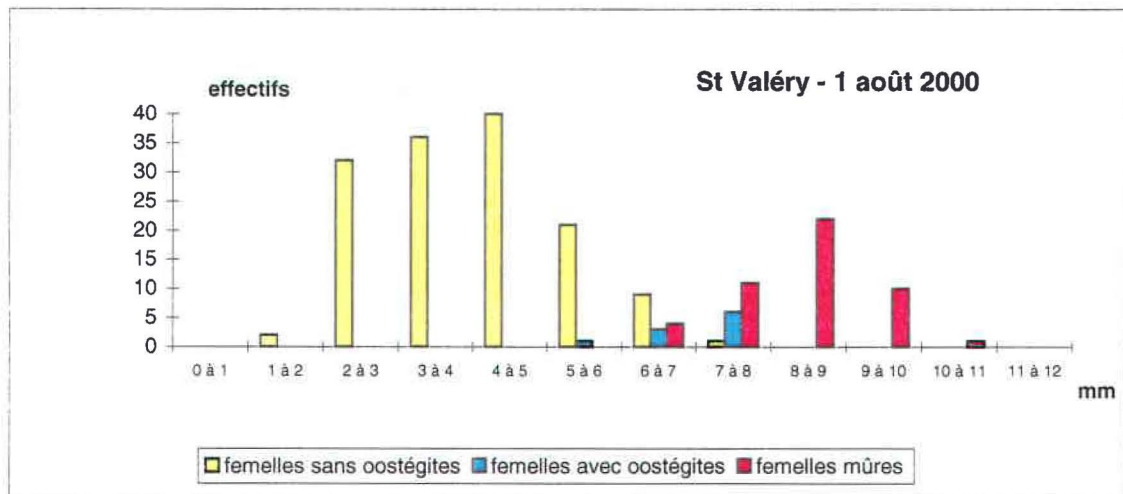
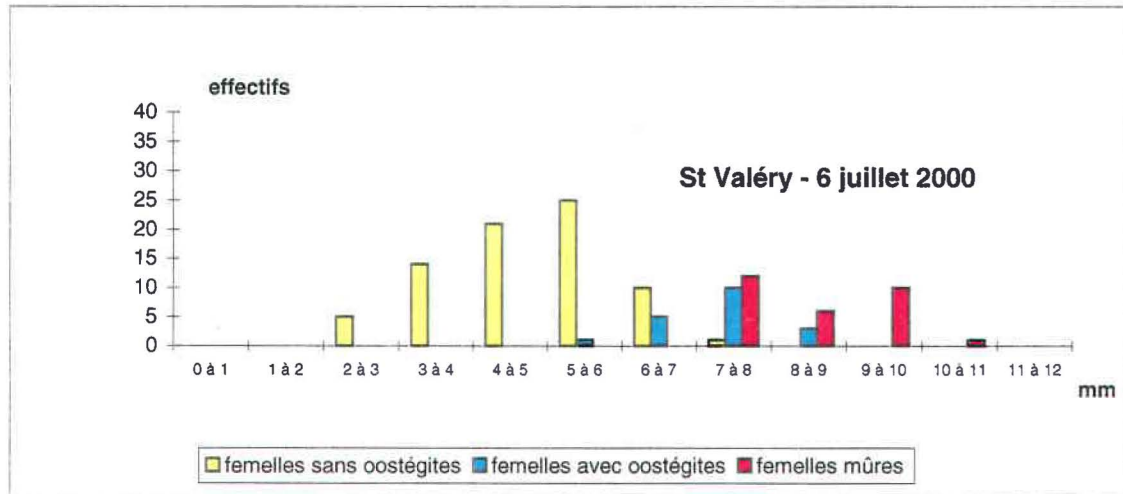
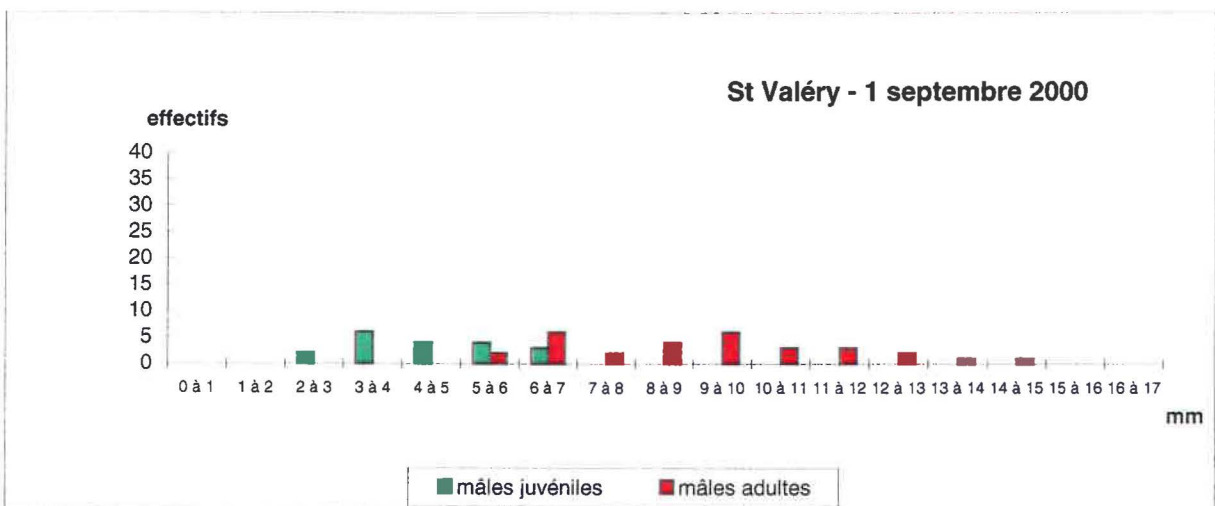
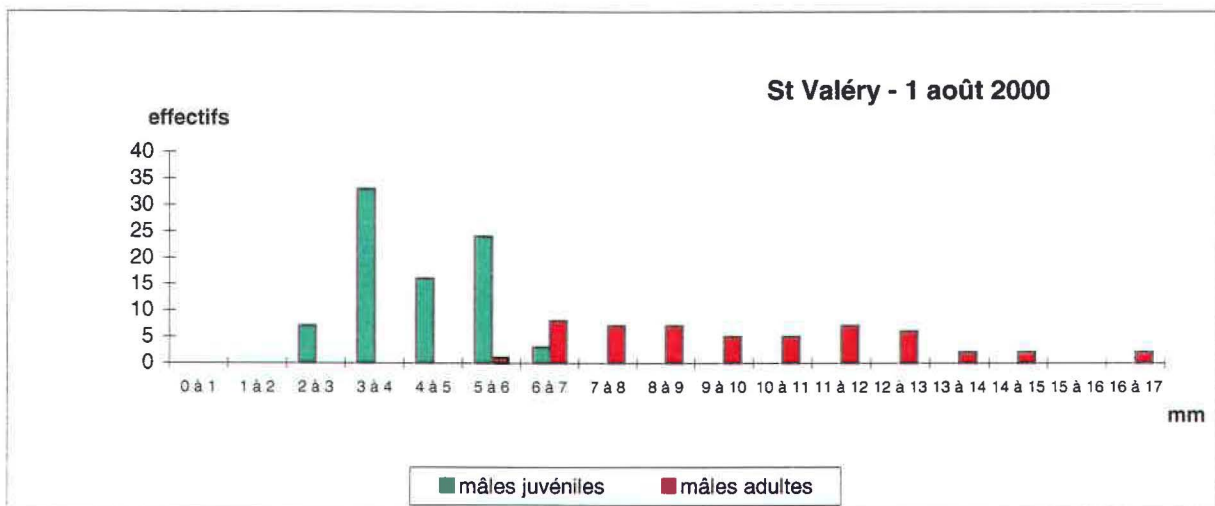
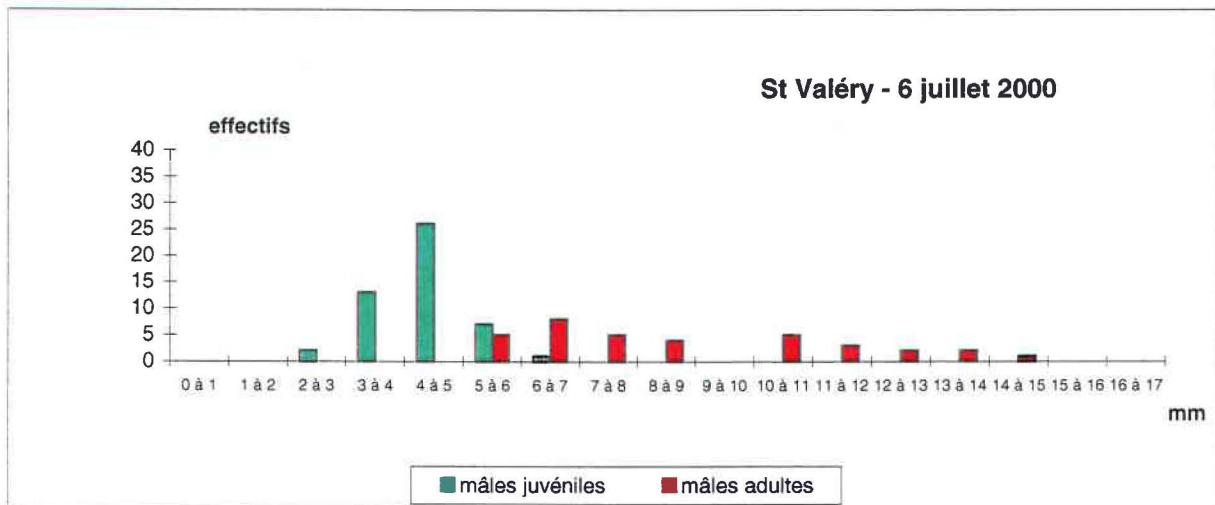
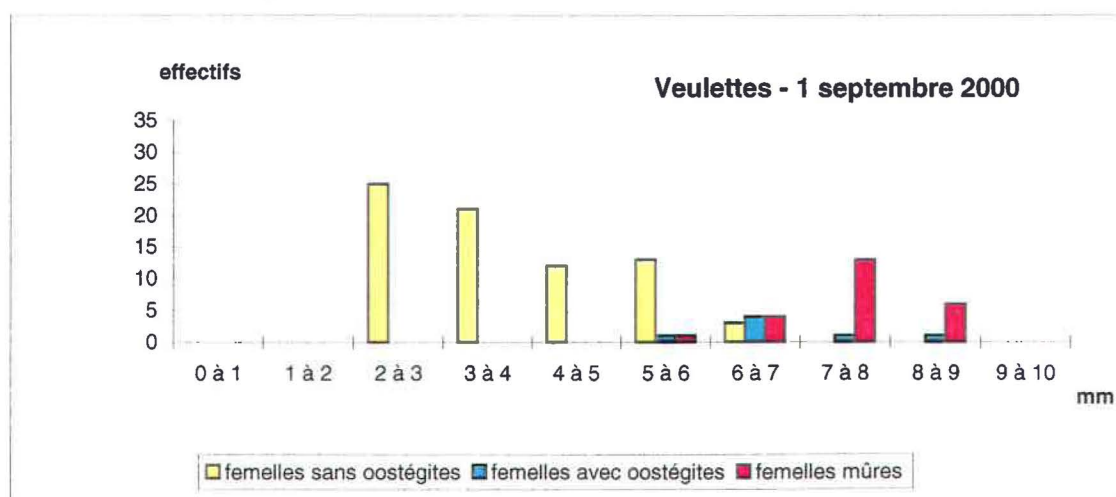
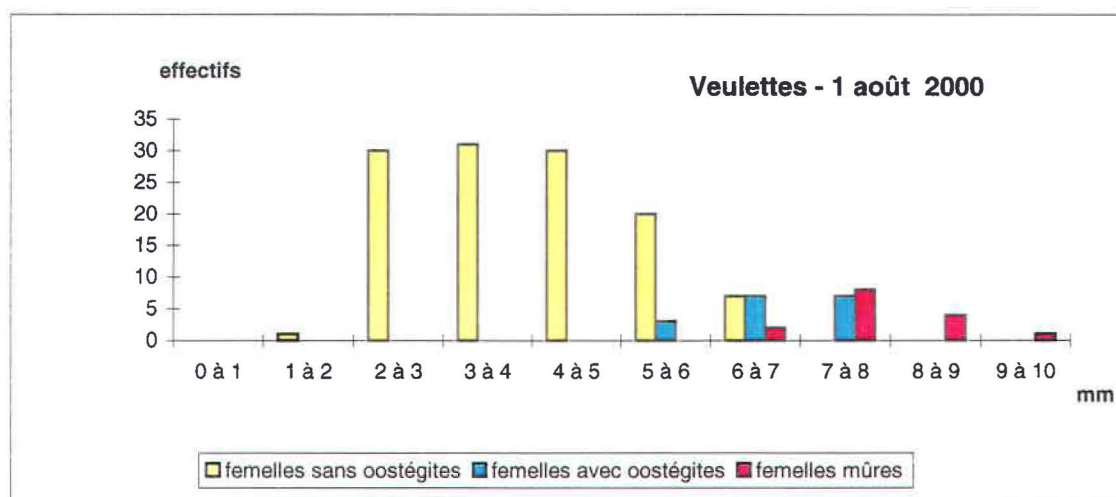
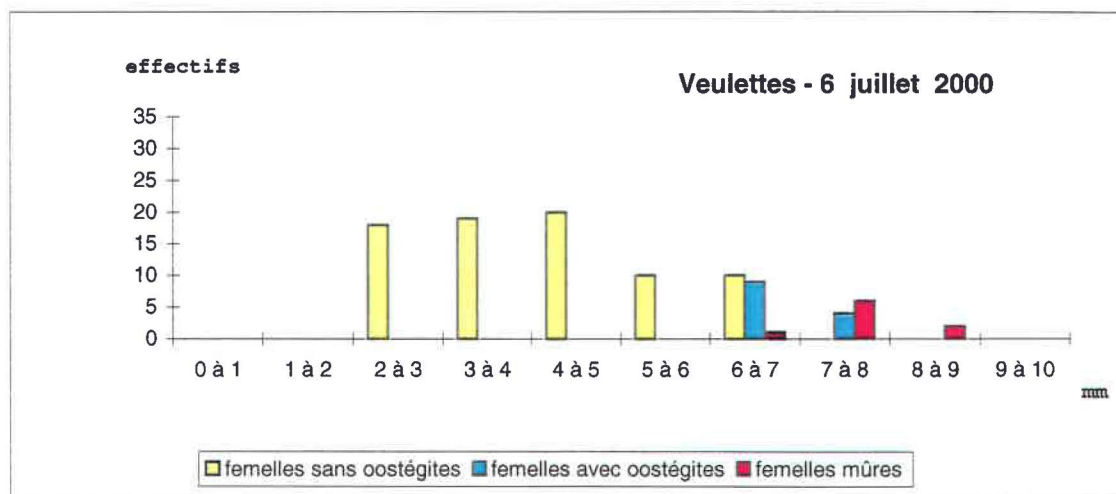


Fig 7.5 : Histogrammes de fréquence de taille chez *Idotea granulosa* femelles à St-Valéry-en-Caux





**Fig 7.6 : Histogrammes de fréquence de taille chez *Idotea granulosa* mâle à St-Valéry-en-Caux**



**Fig 7.7 : Histogrammes de fréquence de taille chez *Idotea granulosa* femelles à Veulettes**

## **8 . LE PHYTOBENTHOS INTERTIDAL**

**Frank MAHEUX  
Philippe RIOU**

**IFREMER/PORT-EN-BESSIN**



**Ifremer**

Surveillance Ecologique et Halieutique du site de Paluel février 2001

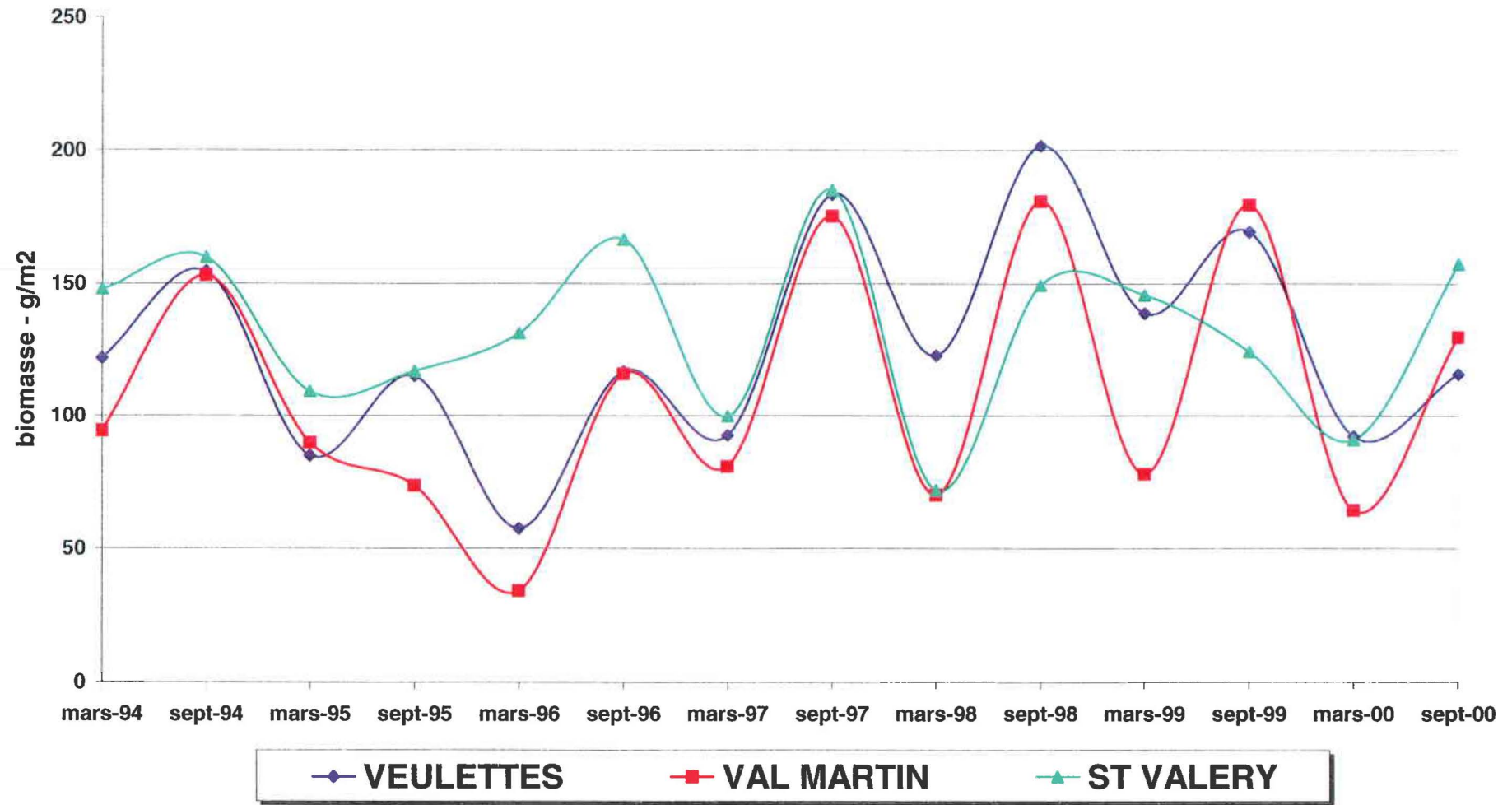


Fig 8.1 : Evolution du stock de fucus sp depuis 1994 – Printemps / Automne

## 8.1 . Généralités

Dans le cadre de la dernière convention en 1994, le peuplement de *Fucus sp.* du platier situé à l'est et l'ouest de la centrale électronucléaire de Paluel fait l'objet d'un suivi semestriel.

Sur ce site, trois radiales ont été choisies d'est en ouest :

- Val Martin
- Veulettes sur Mer
- St Valéry en Caux

La méthodologie employée au cours de l'année 2000 ne comporte désormais, comme en 1999, qu'un seul niveau : une estimation de la biomasse et de la fertilité par échantillonnage au hasard de 10 carrés de 0.25 m<sup>2</sup>.

## 8.2 . Evolution des biomasses de *Fucus serratus* et *vesiculosus*

Les biomasses (en g/m<sup>2</sup>) automnales et printanières de *Fucus sp.* entre 1994 et 2000 sont représentées sur la figure 8.1.

Celle-ci nous montre essentiellement que :

- sur le site de Veulettes, la lente recolonisation observée depuis 4 ans s'était arrêtée en 1999. Les résultats de cette année au printemps comme à l'automne confirme cette stabilisation : les valeurs relevées en mars et septembre 2000 sont en effet comparables à celles de septembre 1996 et mars 1997.
- sur le site de Val Martin, la même évolution pour les valeurs automnales est observée. En revanche les valeurs printanières relevées sont du même ordre de grandeur depuis mars 1997.
- enfin sur le site de St Valéry en Caux, la biomasse automnale est revenue à un niveau «moyen », c'est à dire fréquemment relevé depuis le début de cette étude : en 1994, en 1996, puis en 1998.



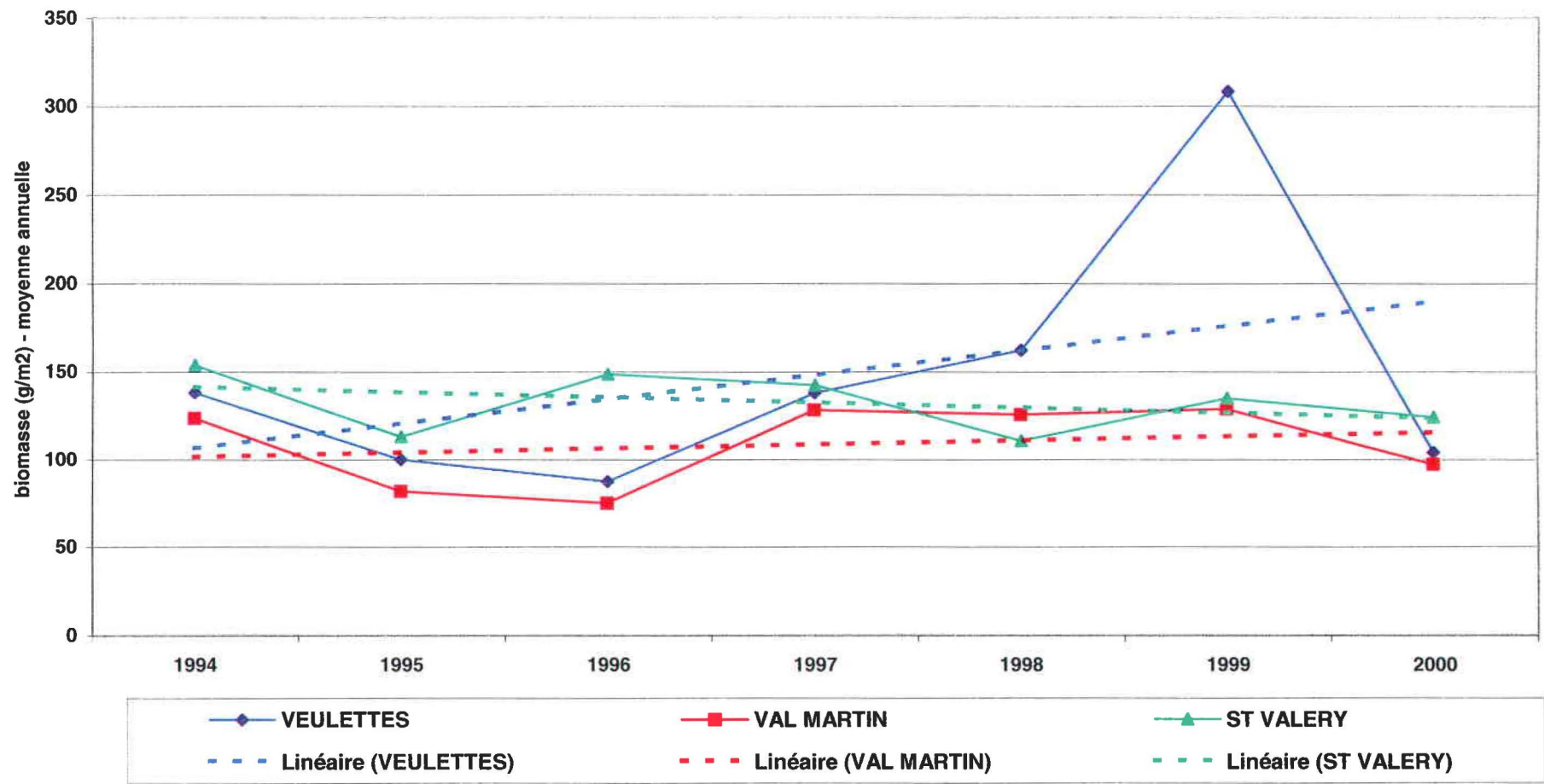


Fig 8.2 : Evolution moyenne du stock de fucus depuis 1994

### 8.3. Analyse des tendances des séries temporelles de biomasses de *Fucus sp*

Au cours des six ans de suivi, un cycle saisonnier du stock de fucacées a été mis en évidence (très fertile en automne, faible et peu fertile au printemps). Ces variations saisonnières sont par ailleurs visibles sur la figure 8.1.

Afin de dégager une éventuelle tendance linéaire de la biomasse de *Fucus sp.* sur les différents sites, il faut avant tout «filtrer» ce cycle saisonnier. Ce filtrage est réalisé en calculant une biomasse moyenne annuelle (figure 8.2). Une régression linéaire est ensuite appliquée à ces données moyennées. Les coefficients de détermination ( $r^2$ ) ainsi que leur niveau de significativité sont rassemblés dans le tableau 8.1.

	Coefficient de détermination : $r^2$	Significativité
<b>Veulettes</b>	0.15	Non significatif
<b>St Valery</b>	0.14	Non significatif
<b>Val Martin</b>	0.04	Non significatif

**Tableau 8.1 : coefficient de détermination et significativité des analyses de tendances**

Ces résultats nous montre à l'évidence qu'il n'existe pas depuis 1994 d'évolution statistiquement significative des différentes biomasses de *Fucus sp* sur les différents sites d'étude.



## 8.4. Taux de fertilité

Les taux moyens de fertilité relevés en 2000 sur les trois sites sont comparables à ceux des années précédentes : entre 80 et 85 % en septembre et 18 à 20% en mars.

En outre nous n'observons pas de différence entre les sites.

## 8.5. Conclusion

Les deux campagnes de l'année 2000 ont confirmé, d'une part que le stock moyen de *Fucus sp* se maintenait à un niveau comparable aux années précédentes, et d'autre part que les variations saisonnières tant au niveau de la biomasse que de la fertilité sont normalement présentes.





## 9 – L’HALIEUTIQUE

**Frank Coppin**  
**Marie-Line Manten**

### 9.1 - Situation au 31.12.2000 des effectifs et des caractéristiques des flottilles artisanales du quartier maritime de Fécamp

Les 37 bateaux immatriculés au quartier maritime de Fécamp au 31 décembre 2000 et rangés selon 3 classes de longueur, présentent les caractéristiques moyennes suivantes :

	L (mètres)	Jauge (tx)	P (kw)	âge	nombre
longueur L < 10 m	8	4	81	13	10
10m < L < 17m	12	17	190	16	18
L > 17m	26	147	688	19	9
					<b>37</b>

Le nombre de navire reste stable par rapport à l'année 1999. En effet seule 1 unité a disparu. Toutefois l'on peut constater une modification sensible des caractéristiques des navires principalement dans la tranche des plus de 17m, laissant apparaître l'existence d'un mouvement au cours de l'année 2000.

Année	Fécamp Est	Fécamp	Fécamp Ouest	Total
1996	17	17	2	36
1997	17	16	2	35
1998	15	23	2	40
1999	14	22	2	38
2000	10	24	3	37



## 9.2 - Production

L'origine des informations concernant les productions 2000 sont issues des déclarations des professionnels. Il s'agit donc d'une estimation partielle des captures à partir de laquelle on peut dégager les tendances suivantes:

comme chaque année, ce sont les espèces pélagiques (hareng, chinchard, sardine, maquereau) qui représentent les plus forts tonnages débarqués à la criée de Fécamp. Toutefois cette pêcherie ne concerne pas la pêche artisanale, elle est exclusivement exercée par des navires de grande pêche dont la forte capacité de capture et le comportement grégaire des espèces ciblées expliquent l'importance des débarquements.

En ce qui concerne la pêche artisanale, le profil de captures varie peu d'une année sur l'autre. En effet les principales espèces ciblées reste à forte valeur ajoutée. C'est pourquoi la sole exploitée essentiellement par les fileyeurs et la coquille saint Jacques dont l'exploitation est exclusivement chalutière, font partie des espèces les plus débarquées par cette flottille au cours de l'année 2000. Toutefois certaines espèces telle que la plie, la petite roussette et le encornet ont fait l'objet de captures plus importantes en 2000 au détriment des espèces telles le merlan et la morue. La baisse des débarquements sur cette espèce depuis 1997 est due à l'épuisement de la bonne classe d'âge 1996 qu'aucun nouvel apport de même type n'est venu soutenir. Ces tendances confirment les observations faites lors de la campagne expérimentale de chalutage en Manche orientale réalisée en octobre par L'IFREMER.



## CONCLUSION GENERALE



**Le climat :**

L'année 2000 a été marquée par une forte pluviométrie comparable à 1994. Ce sont les mois d'avril, mai, octobre et novembre qui ont été les plus pluvieux.

La température de l'air montre un certain réchauffement depuis 1993 pour les mois d'avril, mai, juin et septembre.

**L'hydrologie :**

Les valeurs moyennes mensuelles de l'eau de mer enregistrées dans le canal d'amenée ne sont supérieures à la moyenne mensuelle de ce même canal depuis 1991 qu'en février, mars, octobre et décembre. Pour les autres mois, les valeurs sont dans la moyenne calculée depuis 1991.

Les mesures de salinité n'apportent rien de significatif notamment quant aux variations saisonnières et les valeurs se situent cette année entre 31,5 et 32,3 pps.

La charge en MES confirme dans l'ensemble le gradient côte-large décroissant classiquement observé.

Dans l'ensemble les valeurs en nitrates/nitrites et ammonium sont très comparables autres années précédentes. On notera l'arrêt de l'augmentation des nitrates constatée depuis 1996 sauf au point référence où les valeurs de ce paramètre continuent légèrement leur croissance.

**La microbiologie :**

La surveillance microbiologique du site de la centrale de Paluel pendant l'année 2000 donne les résultats suivants :

Le nombre de germes totaux retrouvés dans l'eau de mer est le même au large et aux points d'amenée et de rejet des eaux de refroidissement de la centrale. Ce résultat est identique à celui de la campagne 1999.

Le nombre de germes revivifiables contenus dans les eaux du canal d'amenée de la centrale de PALUEL est cette année plus important que celui des points de référence et de rejet. Ceci est particulièrement vrai au printemps et à la fin de l'été. Par rapport à l'année 1999, le nombre de germes dénombrés est plus faible au début et à la fin de l'été. Il est beaucoup plus élevé au printemps.



Il y a présence cette année au début et à la fin de l'été de vibrio-halophiles du genre *Vibrio alginolyticus* en faible quantité aux trois points de surveillance et au printemps sur les points rejet et référence.

En 1999 aucun vibrio halophiles du genre *Vibrio alginolyticus* n'avait été retrouvé au printemps.

Le dosage des organo-halogénés volatils montre la présence de tribromométhane aux trois points de surveillance au début et à la fin de l'été. Par rapport à l'année 1999, on constate une diminution de la teneur en tribromométhane dans les eaux de rejets de la centrale de Paluel.

### Le Phytoplancton :

Au cours de cette année les valeurs moyennes en chlorophylle s'échelonnent entre 0,16  $\mu\text{g/l}$  au point référence/-10m en septembre et 3,05  $\mu\text{g/l}$  au point référence surface au mois de juin.

Dans l'ensemble les valeurs restent relativement faibles et très comparables aux années antérieures.

Comme l'année dernière, on peut noter le petit pic du mois de juin au point référence.

En ce qui concerne les gradients côte/large, ceux-ci sont peu marqués, les valeurs étant très proches les unes des autres.

En 2000 les valeurs de production primaire s'échelonnent entre un maximum de 28,40  $\text{Mg C/m}^3/\text{h}$  au point référence/-10m au printemps et un minimum de 5,18 au point référence/surface à la fin de l'été.

Les valeurs relevées au printemps sont les plus importantes depuis 1996.

Cette année, le gradient côte/large décroissant est moins marqué que l'année dernière.

Cette année, le nombre global d'espèces recensées est plus important que l'année dernière (22 en 1999 et 34 en 2000). Nous retrouvons les espèces classiquement observées. Dans l'ensemble nous constatons une différence importante avec Penly en quantité d'espèces différentes et en nombre par espèce.

Cette année la population de mars est représentée principalement par les *Thalassionema*, les *Thalassiosira* et les *Melosira*.

Au début de l'été nous avons observés un bloom à *Porosira* qui représente plus de 50% des espèces. Viennent ensuite *Thalassiosira* et *Rhizosolenia*.

Enfin, à la fin de l'été, les valeurs par espèces chutent fortement. Par contre on peut noter une diversité plus forte.

La population est principalement composée par les genres *Melosira*, *Naviculaceae*, *Rhizosolenia*, *Thalassionema* et *Thalassiosira*.



### Le zooplancton :

Cette année, les maxima des différents taxons se retrouvent indifféremment sur l'un ou l'autre des points, quelque soit l'époque. De la même manière, les valeurs globales de matière sèche, de carbone et d'azote peuvent présenter des différences significatives, au bénéfice également de l'un ou l'autre des points. La difficulté principale réside en l'interprétation de ces résultats. L'ensemble des valeurs est cette année encore situé dans les limites habituelles de variations observées depuis la mise en place de la surveillance sur ce site.

L'examen des populations zooplanctoniques présentes sur les trois points ne permet pas de conclure à un impact quelconque des eaux chaudes rejetées par la centrale de Paluel sur le milieu proche

### Le benthos subtidal :

Le peuplement des cailloutis, représenté dans l'étude au large par la station 2 et à la côte par les stations 1 et 6, semble toujours relativement stable.

Au large, il est dominé comme les années précédentes par les mêmes espèces (*Ophiothrix fragilis*, *Pisidia longicornis*, *Thelepus setosus*, *Pomatoceros triqueter*, *Styela coriacea*, *Molgula manhattensis*).

Dans sa partie côtière, la disparition de la moulière à *Mytilus edulis* perdure ainsi que son remplacement par des Tuniciers, en particulier *Styela clava*, *Styela coriacea*, *Molgula manhattensis* et *Dendrodoa grossularia*.

Le sédiment grossier de cette partie (stations 1 et 6) abrite de façon stable depuis 1990 un faciès côtier du peuplement des cailloutis à épibiose sessile, un peu moins diversifié que ne l'était la moulière: il y a donc eu basculement brutal d'une situation stable à l'échelle de quelques années (la moulière, présente pendant la première partie de l'étude, de 1977 à 1988) à une autre situation stable, le faciès côtier de cailloutis dominé par les Tuniciers et des Annélides tubicoles de substrat dur (depuis 1990).

La transition avec les sables hétérogènes s'effectue maintenant environ au niveau de la station 16, comme cela était déjà apparu depuis 1993, qui est la station dans le sédiment est le plus fluctuant.

L'abondance de *Crepidula fornicata* à la station 16 depuis 1998 est un autre événement important, l'espèce étant connue pour s'installer durablement et modifier éventuellement le substrat: cette année, sa très forte augmentation d'abondance correspond à un phénomène de type invasif, sans doute facilité par les variations du substrat. Son abondance est certainement maintenant susceptible de modifier le substrat assez rapidement si l'espèce s'installe durablement.



L'évolution de la couverture sédimentaire de la zone côtière a suivi la disparition de la moulière à *Mytilus edulis*. La stabilité de structure observée maintenant depuis plusieurs années risque donc de se poursuivre si aucune sédentarisation massive de moules ne se produit sur la zone des stations 1, 2 et 6. L'évolution encore sensible en 1995 vers des sédiments plus grossiers est maintenant stabilisée, elle semble confirmer le rôle des courants de marée susceptibles, en l'absence de moulière, de provoquer un granulo-classement plus marqué. On note toutefois une variation saisonnière à la station 16 attribuée à l'action des tempêtes hivernales et de début de printemps (Davoult *et al.*, 1998).

La nouvelle répartition spatio-temporelle des stations de prélèvement paraît toujours bien adaptée: une campagne au printemps et une en automne, complétées de prélèvements intermédiaires aux stations 1 et 6, jusque là les plus variables, recentrées sur la zone côtière proche de la centrale, qui permettent le cas échéant de lier d'éventuelles fluctuations globales des peuplements benthiques à la variabilité spatio-temporelle du recrutement de certaines espèces (*Mytilus edulis*, les Tuniciers). Le suivi de la station 2 paraît suffisant pour vérifier la stabilité interannuelle de la zone située plus au large.

### **Le benthos intertidal :**

Nous avons constaté dès 1987 une diminution des densités d'*Idotea granulosa* sur l'estran de St Valéry qui pouvait être comparée à ce qui avait été observé en 1980/81, ce qui nous amenait à penser qu'il existait peut-être un cycle pluriannuel de cet Isopode.

Cette situation se maintenait et s'aggravait : nous exprimions notre inquiétude à la suite de la diminution d'abondance en 1988 des ceintures de Fucacées qui servent d'abri aux Idotées. Sur l'estran de St Valéry en Caux, les ceintures de Fucacées étaient quasi-inexistantes alors que le site témoin de Veulettes n'était pas affecté : on pouvait donc exclure tout impact climatique ou météorologique !

Comme cette situation d'altération de l'estran se poursuivait, nous avons émis dès 1990, l'hypothèse d'un impact de l'estran de St Valéry par le panache thermique de la Centrale.

Nous constatons en 1990, 91, 92 et 93 le maintien de cet état de fait. A la suite d'entretien avec EDF qui apportait la preuve, par imagerie infrarouge, que le panache thermique résiduel des rejets de la Centrale n'était pas modifié et « passait » au large de l'estran, nous avons, en 1994, prospecté, en plus de la radiale de St Valéry, un site situé plus en amont à l'ouest de l'exutoire de l'émissaire des eaux fluviales pour tenter de mieux appréhender la cause de la disparition des Fucacées et des Idotées.





On constatait alors, que dès 1994, l'estran de St Valéry se repeuplait sans que l'on puisse apporter des explications !

La couverture algale à St Valéry en Caux s'est reconstituée depuis 1995 et permet des récoltes d'Idotées comparables à celles de 1977. La chute de biomasse algale notée en 1999 à St Valéry et à Veulettes ne s'est pas confirmée en 2000. Sans doute était-elle imputable aux fortes tempêtes estivales qui pouvaient avoir arraché des frondes ou à la prédation par les *Littorina littoralis* (*L. obtusata*) dont nous avons noté l'abondance.

Nous avons, cette année, effectué un suivi des Mollusques de l'estran pour mieux apprécier l'éventuel impact du broutage de *L. obtusata* sur les Fucus. On peut, en comparant les densités d'Idotées sur les 2 sites de St Valéry et Veulettes, constater qu'on retrouve en 2000, les observations de 1996 ou 1998 mais que les cycles notés lors des années 1997 ou 1999 diffèrent sans pouvoir actuellement pouvoir émettre une quelconque hypothèse explicative. Comme nous le suggérons en 1999, une campagne printanière permettrait de mieux connaître les populations d'Idotées géniteurs hors période de reproduction.

Compte tenu des très fortes tempêtes qui ont touché le littoral de la Manche Orientale durant tout l'automne, on peut s'attendre à observer en 2001 des ceintures algales perturbées par ces impacts hydrodynamiques répétés. Il faut souhaiter que cela n'affecte pas trop le repeuplement de l'estran de St Valéry par cet Isopode pour pouvoir témoigner en 2001 comme en 2000 du très faible impact molysmologique des rejets du CPN de Paluel et ( ou ) du maintien de la qualité réapparue en 1994, des rejets des émissaires d'eaux usées ou ( et ) portuaires qui affectent cet estran de St Valéry en Caux .

#### **Le phytobenthos intertidal :**

Les deux campagnes de l'année 2000 ont confirmé, d'une part que le stock moyen de *Fucus sp* se maintenait à un niveau comparable aux années précédentes, et d'autre part que les variations saisonnières tant au niveau de la biomasse que de la fertilité sont normalement présentes.

