

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\*

Jacques LECLAIRE\*\*  
Jean-Paul DELPECH  
Pascal RAULIN

\* Station marine de Wimereux

\*\* Laboratoire municipal de Rouen

\*\*\* LAPHY Biarritz

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

---

# Surveillance écologique et halieutique du site de Paluel

Année 1999  
Rapport final – version définitive

IFREMER Bibliothèque de BREST



OEL08872

# Surveillance Ecologique et Halieutique du site de Paluel

Année 1999 – 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**

## **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**

# **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. Phytoplancton et biomasse chlorophyllienne**
- 4.2. Production primaire et productivité**
- 4.3. Conclusion**

## **5. Le zooplancton**

- 5.1. Introduction**
- 5.2. Etude de la biomasse zooplanctonique globale**
- 5.3. Etude des espèces zooplanctoniques**
- 5.4. Conclusion**

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

- 6.1. Introduction**
- 6.2. Méthodologie**
  - 6.2.1. Travail à la mer
  - 6.2.2. Travail au laboratoire
    - 6.2.2.1. Analyse granulométrique
    - 6.2.2.2. Etude de la macrofaune
- 6.3. Traitement des données**
  - 6.3.1. Diversité, Régularité
  - 6.3.2. Diagramme Rang-Fréquence
- 6.4. Résultats**
  - 6.4.1. Analyse granulométrique
  - 6.4.2. Analyse faunistique
    - 6.4.2.1. Résultats globaux
    - 6.4.2.2. Peuplement des cailloutis
    - 6.4.2.3. Peuplement des sables hétérogènes
- 6.5. Conclusion**

## **7. Domaine benthique intertidal**

### **7.1. Introduction**

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

#### 7.2.1. Methodologie

##### 7.2.1.1. Prélèvement

##### 7.2.1.2. Poids des algues

##### 7.2.1.3. Mesures des *Idotea granulosa*

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

###### 7.2.1.4..1 Mâles

###### 7.2.1.4..2 Femelles

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

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

##### 7.2.3.1. Densité d'algues

###### 7.2.3.1..1 St-Valéry-en-Caux

###### 7.2.3.1..2 Veulettes

##### 7.2.3.2. Densité d'*Idotea granulosa*

###### 7.2.3.2..1 St-Valéry-en-Caux

###### 7.2.3.2..2 Veulettes

#### 7.2.4. Variation des tailles d'*Idotea granulosa*

#### 7.2.5. Variation du sex-ratio

### **7.3. Conclusion**

## **8. Le phytobenthos intertidal**

## **9. L'halieutique**

### **Conclusion générale**

## Résumé

- L'étude de surveillance n°22 du site électronucléaire de PALUEL (département de la Seine-Maritime) concerne l'année 1999. Sont étudiés les domaines pélagique, benthique et halieutique. Cette année 1999 est la 16<sup>ème</sup> année de fonctionnement de la centrale. —

The ecological survey n°22 covering PALUEL nuclear power station took place between March and September 1999. 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 préliminaire** de synthèse, remis au plus tard le 31 janviern de l'année N + 1 ;
- un **rapport final**, dont l'édition définitive est remise au plus tard le 15 juin de l'année N + 1.

En ce qui concerne la surveillance du CNPE de Paluel au cours de l'année 1999, l'état d'avancement a été adressé à EDF le 15 juillet 1999.

Le rapport final 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 1999, 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 à la station marine de Wimereux (SMW/Université de Lille) pour l'étude du benthos.

Les résultats contenus dans ce rapport concernent donc :

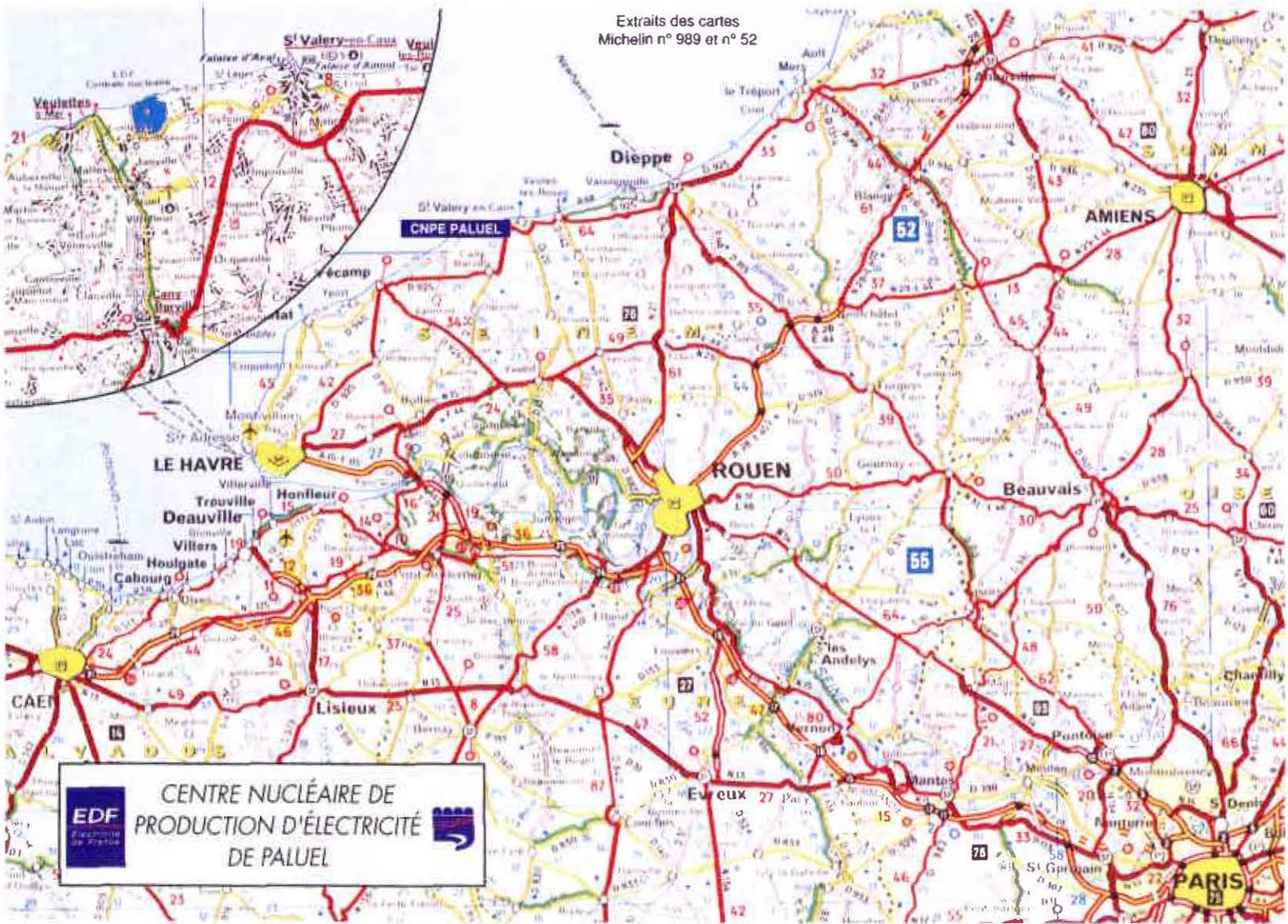
- 1 – des généralités
- 2 – l'hydrologie
- 3 – la microbiologie
- 4 – le phytoplancton et la production primaire
- 5 – le zooplancton
- 6 – le benthos subtidal
- 7 – le benthos intertidal
- 8 – le phytobenthos intertidal
- 9 – l'halieutique

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 25 mars, 27 juin et 14 septembre 1999.



## 1. GENERALITES

Extraits des cartes  
Michelin n° 989 et n° 52



**EDF**  
Énergie  
Distribution  
de France

CENTRE NUCLÉAIRE DE  
PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ  
DE PALUEL

## 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 deuxième année (1999) de surveillance du site de PALUEL, ce qui correspond à la quinzième 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 vailleuse 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 vailleuses 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;

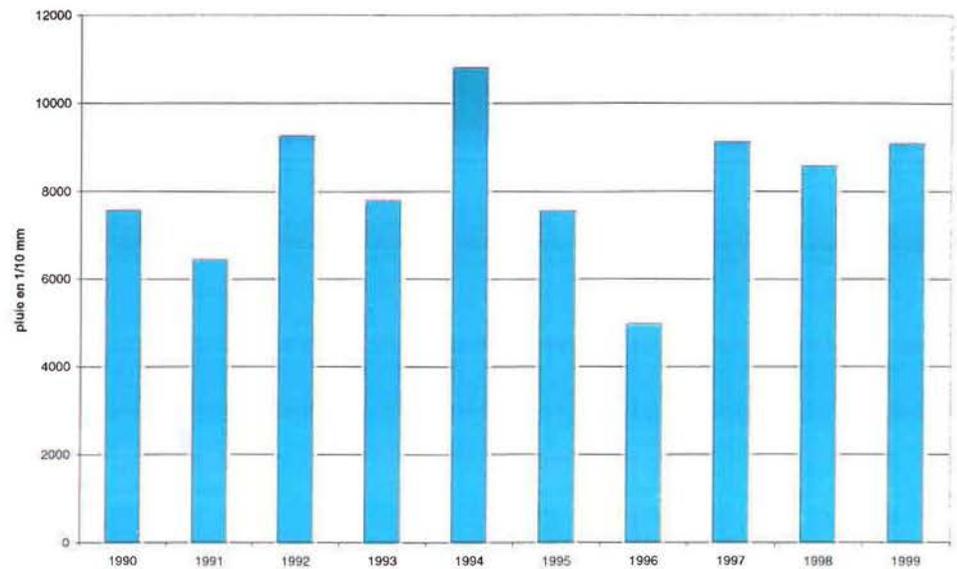


Fig 1.2 : Pluviométrie annuelle – Fécamp de 1990 à 1999

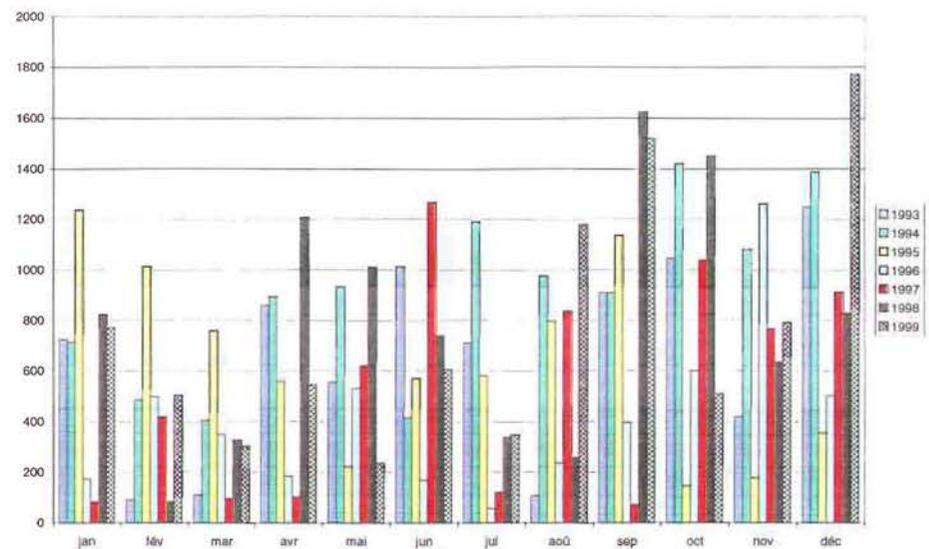


Fig 1.3 : Pluviométrie mensuelle – Fécamp : 1993 à 1999

**Estran d'accumulation** : on le rencontre aux débouchés des vallées et valleuses. 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 1999 est comparable avec 1997 et 1998 et fait partie, avec 1992 et 1994, des années les plus pluvieuses depuis 10 ans. La courbe mensuelle nous indique que le mois de décembre 1999 a été le mois le plus pluvieux depuis 7 ans. Par rapport aux dates des campagnes Thalia, il faut signaler la forte pluviométrie enregistrée en août et septembre.

### 1.3.2 - La température de l'air

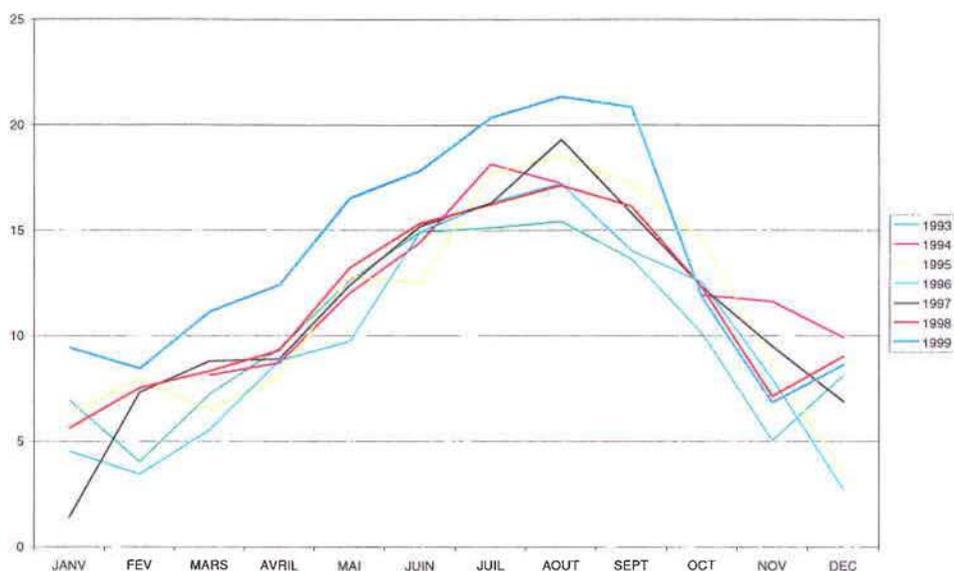


Fig 1.4 : Température de l'air – Fécamp de 1993 à 1999

L'année 1999 est très nettement la plus chaude des 7 dernières années pour les 9 premiers mois de l'année. A partir du mois d'octobre les températures sont très comparables à celles de l'année dernière.

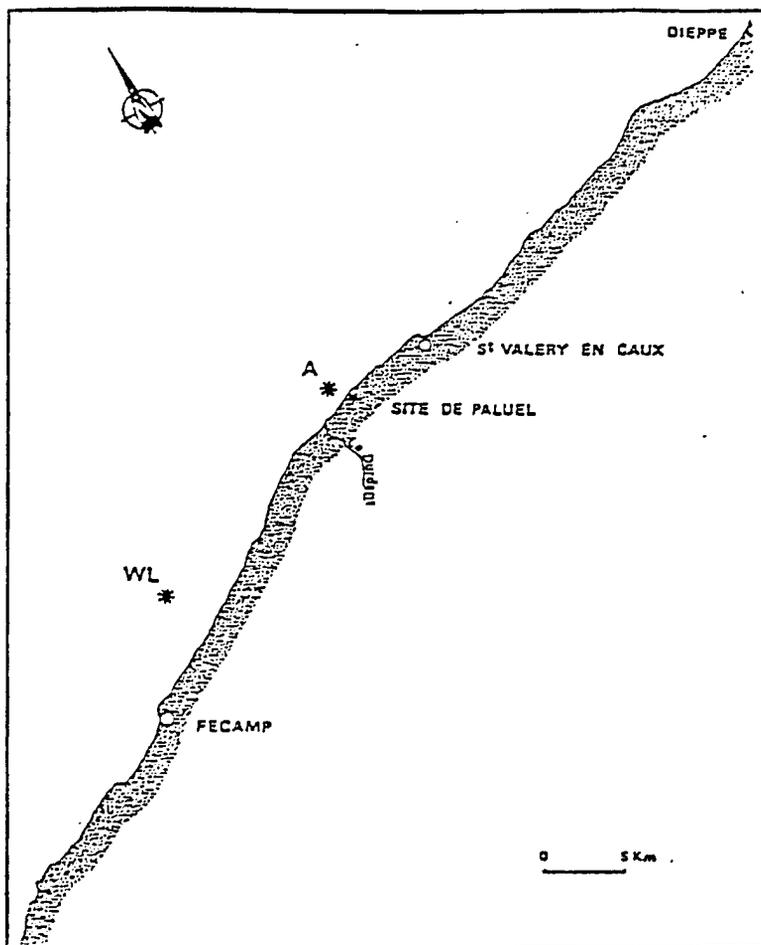


Fig 1.5 : situation des mesures de courantologie

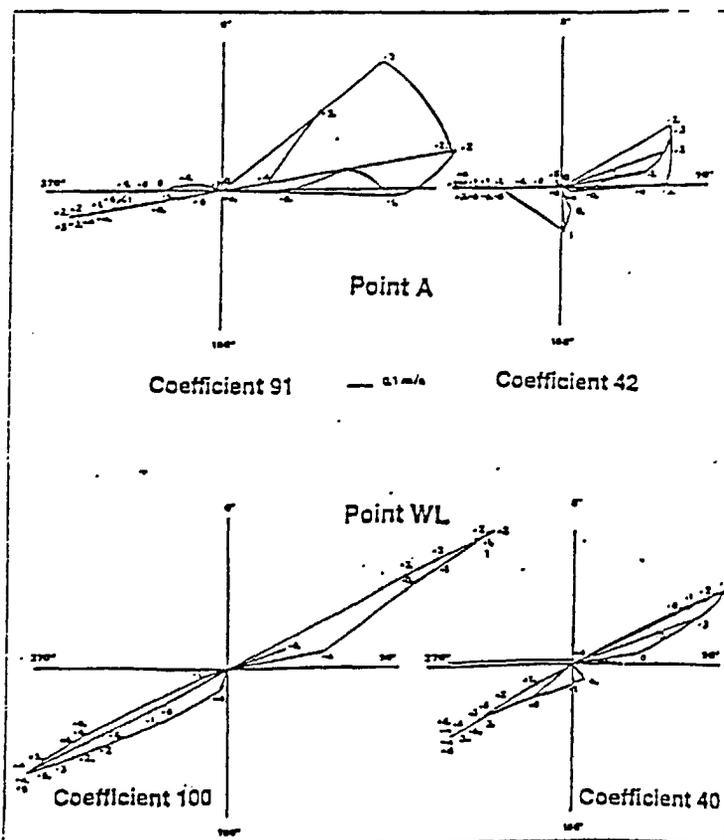


Fig 1.6 : rose des courants à paluel

## 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.

### 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.

Un des traits majeurs des cycles d'étude précédents était de mettre en évidence l'influence des eaux issues de la baie de Seine. L'irrégularité de cette influence est certaine. L'échantillonnage actuel (3 campagnes par an pour le domaine pélagique) ne permet plus de cerner cette influence.

## 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 | POMPES | PUISSANCE MW | ELECTRO-CHLORATION |
|-------------------------------|---------|--------|--------------|--------------------|
| 25 mars 1999                  | I       | 40     | 1125         | 0                  |
|                               | II      | 40     | 999          | 0                  |
|                               | III     | 40     | 1224         | 0                  |
|                               | IV      | 40     | 1293         | 0                  |
| 25 juin 1999                  | I       | 40     | 355          | 0                  |
|                               | II      | 40     | 1229         | 1                  |
|                               | III     | 40     | 1265         | 1                  |
|                               | IV      | 40     | 1255         | 1                  |
| 18 septembre 1999             | I       | 40     | 1238         | 1                  |
|                               | II      | 40     | 1172         | 1                  |
|                               | III     | 40     | 1028         | 0                  |
|                               | IV      | 40     | 1234         | 1                  |

Tableau 1.2 : Fonctionnement de la centrale pendant les campagnes pélagiques

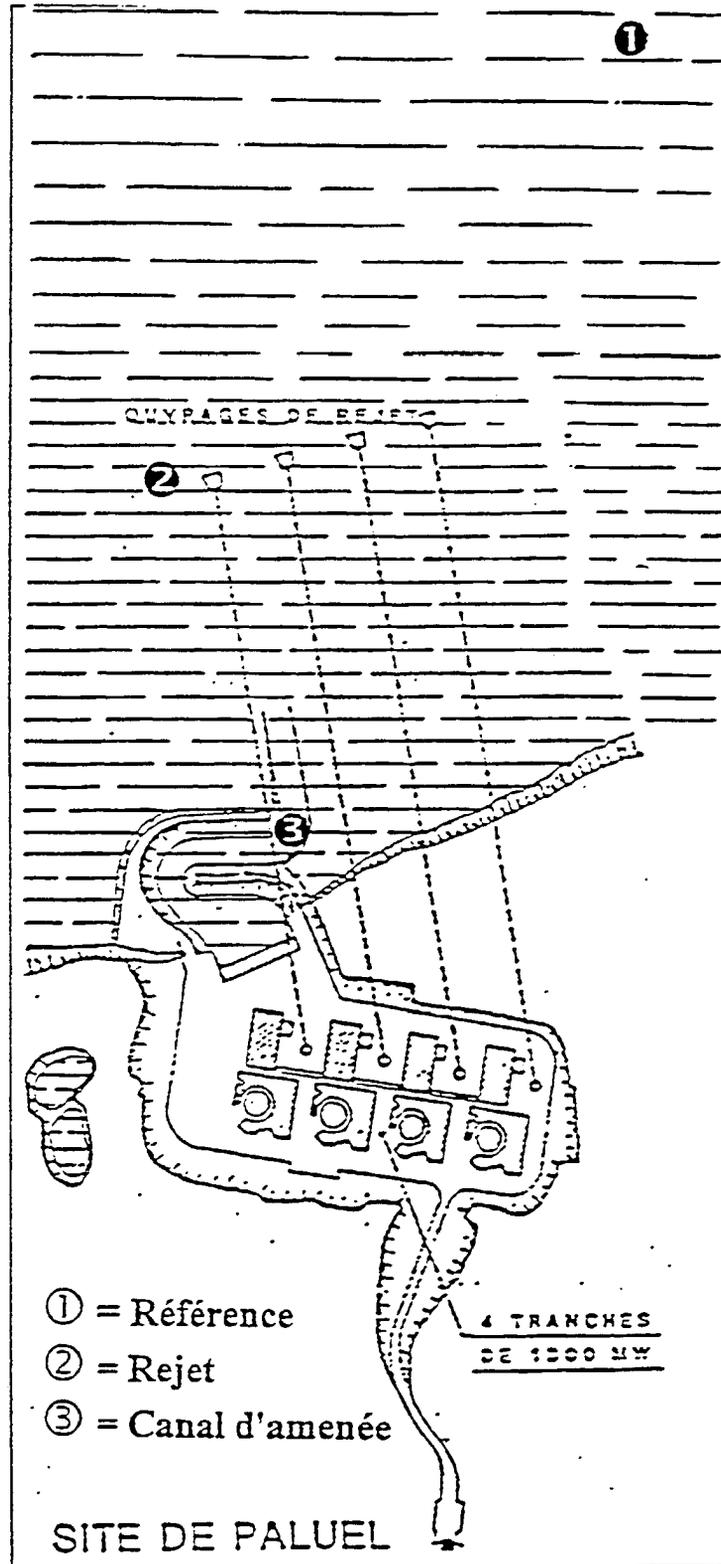


Fig 1.7 : Situation des points de prélèvement

## *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 25 mars, 25 juin et 18 septembre 1999.

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**



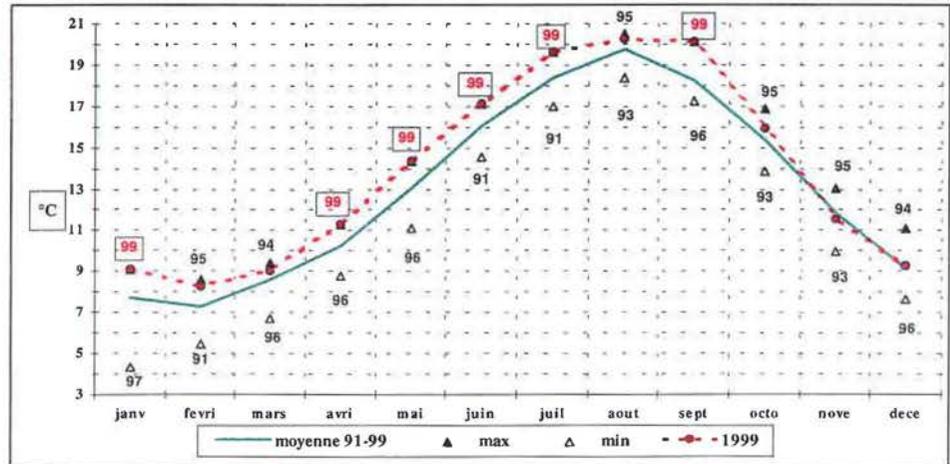


Figure 2.1 : CNPE de Paluel - Evolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'amenée en 1999, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées de janvier 1991 à décembre 1999.

[Traitement : L. Drévès Ifremer DEL/SR]

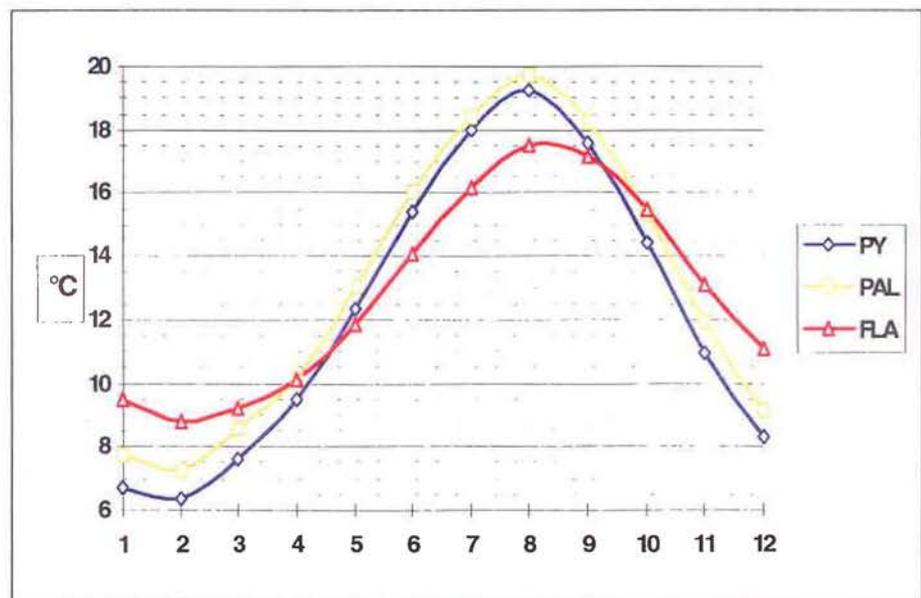


Figure 2.2 : Comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer entre Penly (PY), Paluel (PAL) et Flamanville (FLA) de janvier 1991 à décembre 1999.

Traitement : L. Drévès Ifremer DEL/SR]



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

|  | MARS  | JUIN  | SEPTEMBRE |
|--|-------|-------|-----------|
| <b>CANAL D'AMENEE</b>                        | 9,88  | 17,70 | 20,70     |
| <b>REJET</b>                                 | 11,93 | 19,38 | 22,37     |
| <b>REFERENCE Sfce</b>                        | 9,16  | 16,94 | 20,73     |
| <b>REFERENCE -10m</b>                        | 9,14  | 16,91 | 20,71     |
| <b><math>\Delta t</math> Rejet/Référence</b> | 2,78  | 2,46  | 1,65      |

Le  $\Delta t$  le plus important, entre la moyenne rejet et référence, est enregistré en mars avec  $2,78^\circ$  tandis que pour les deux campagnes de juillet et septembre on observe respectivement des valeurs de  $2,46$  et  $1,65^\circ$ .

La figure 2.1 ci-contre montre qu'en 1999, les valeurs moyennes mensuelles enregistrées dans le canal d'amenée sont supérieures, de janvier à octobre, à la moyenne mensuelle de ce même canal depuis 1991. Ce n'est que pour les 3 derniers mois de l'année 1999 que les valeurs rejoignent la moyenne enregistrée depuis 9 ans.

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.

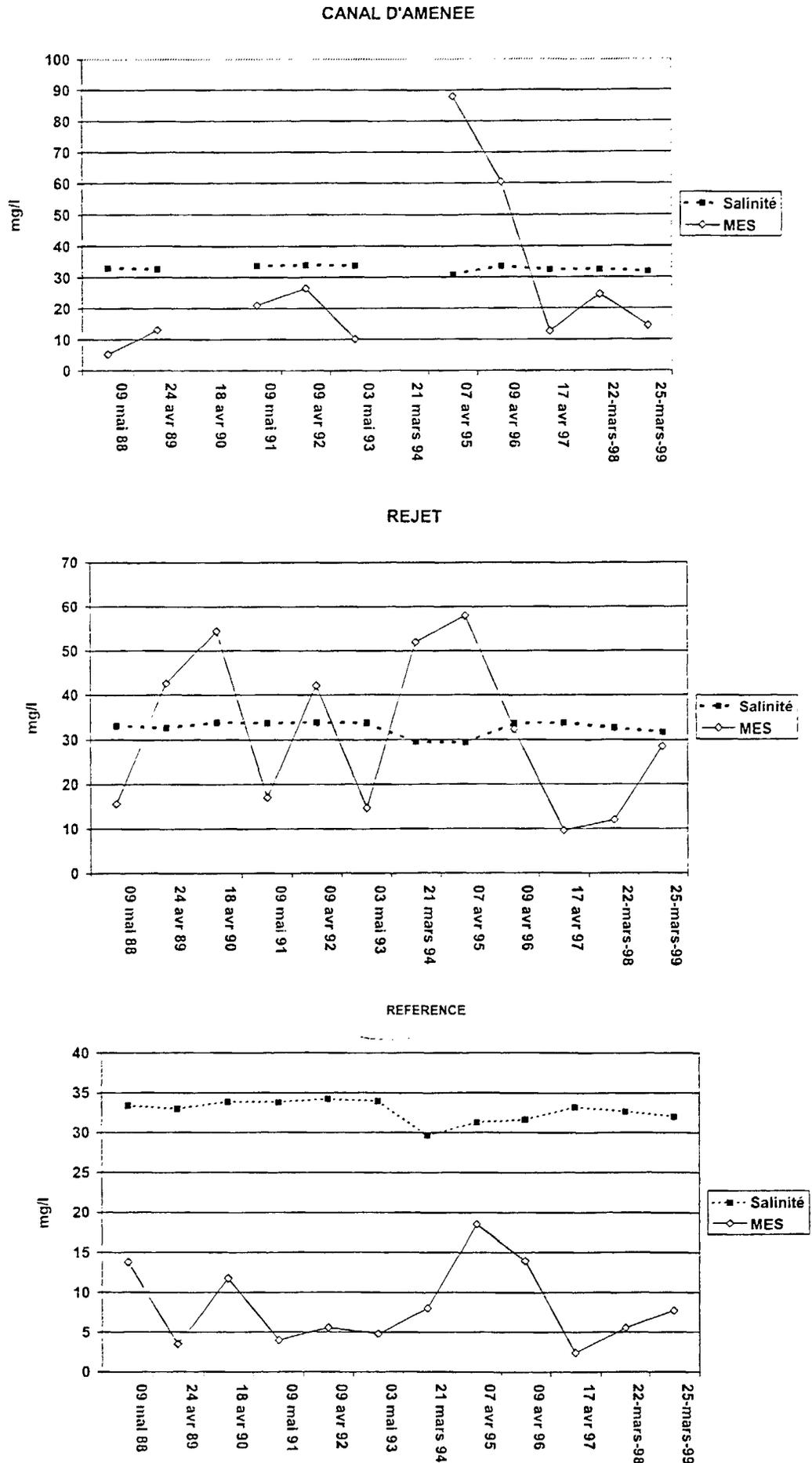


Fig 2.3 : la salinité et les MES au printemps

## 2.2 – La salinité

|                          | MARS | JUIN | SEPTEMBRE |
|--------------------------|------|------|-----------|
| <b>CANAL D'AMENEE</b>    | 31,9 | 32,4 | 32,7      |
| <b>REJET</b>             | 31,7 | 32,5 | 32,7      |
| <b>REFERENCE Surface</b> | 32   | 32,7 | 33        |
| <b>REFERENCE -10m</b>    | 32   | 32,7 | 33        |

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 pps quelle que soit l'année ou la saison.

## 2.3 – Les matières en suspension

|                          | MARS | JUIN | SEPTEMBRE |
|--------------------------|------|------|-----------|
| <b>CANAL D'AMENEE</b>    | 14,5 | 11,3 | 25,7      |
| <b>REJET</b>             | 28,5 | 12,9 | 21        |
| <b>REFERENCE Surface</b> | 7,3  | 5,3  | 15,7      |
| <b>REFERENCE -10m</b>    | 8,1  | 4,6  | 22,5      |

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. Le point le plus stable est observé au début de l'été au point référence.



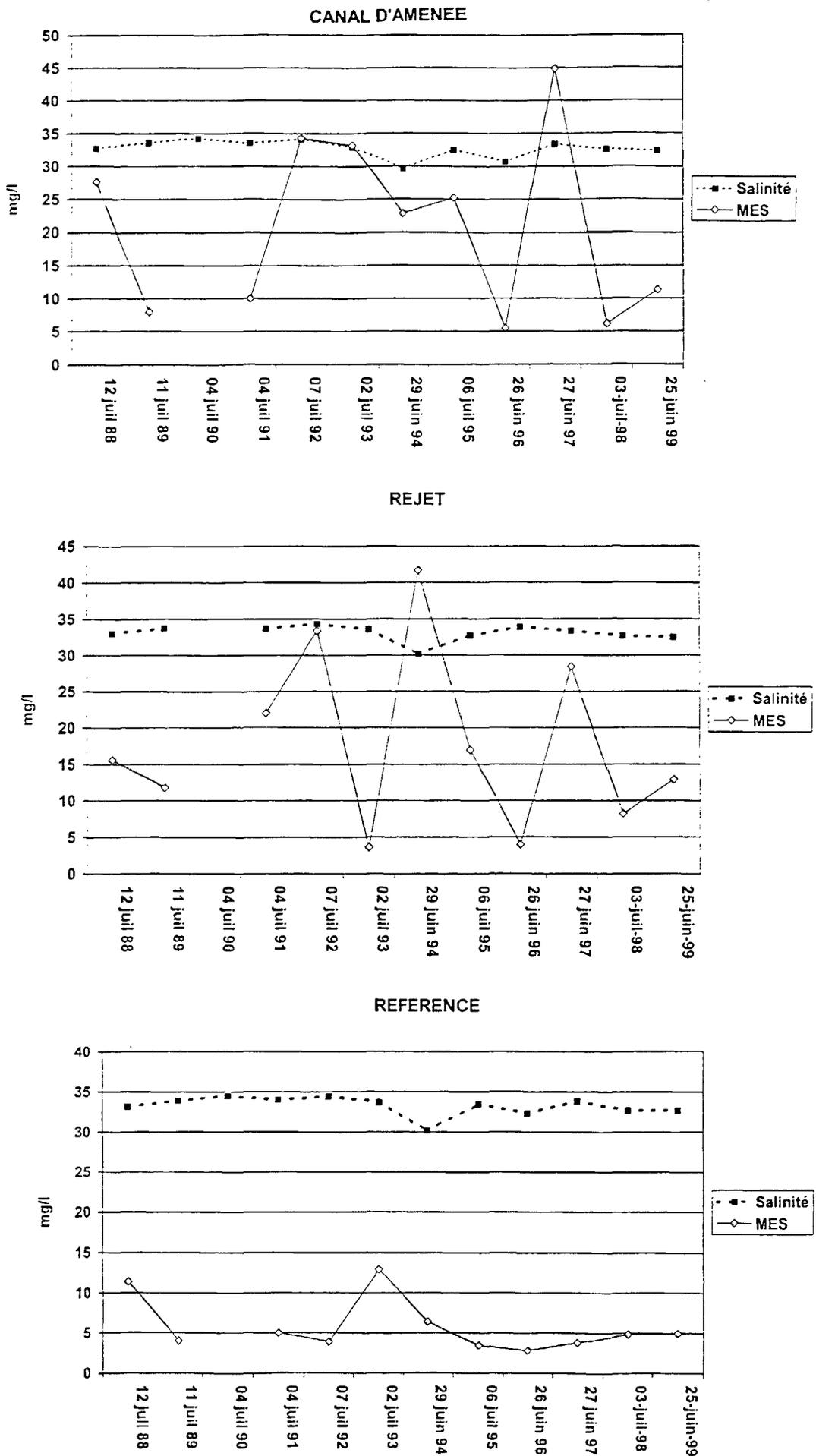


Fig 2.4 : la salinité et les MES au début de l'été

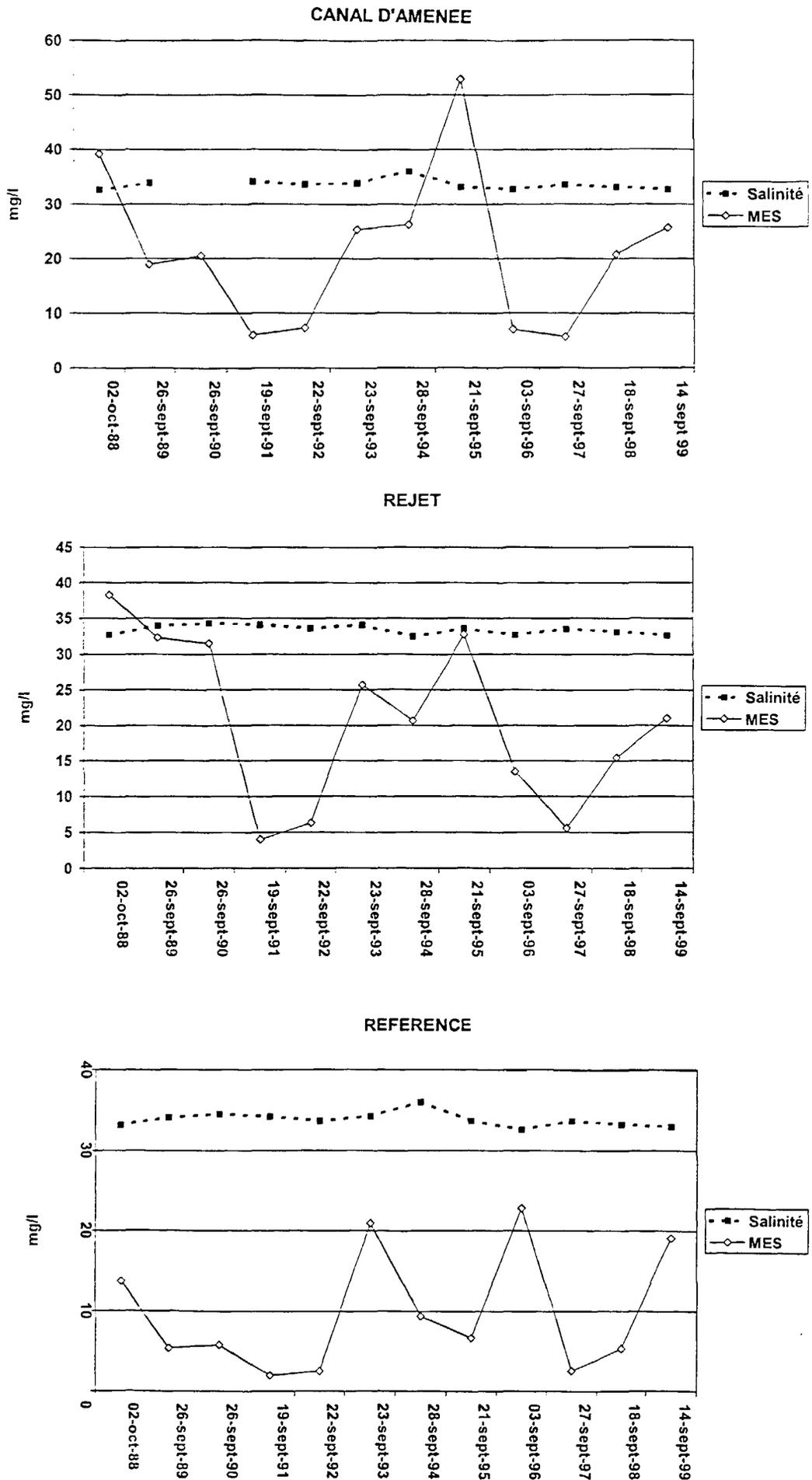
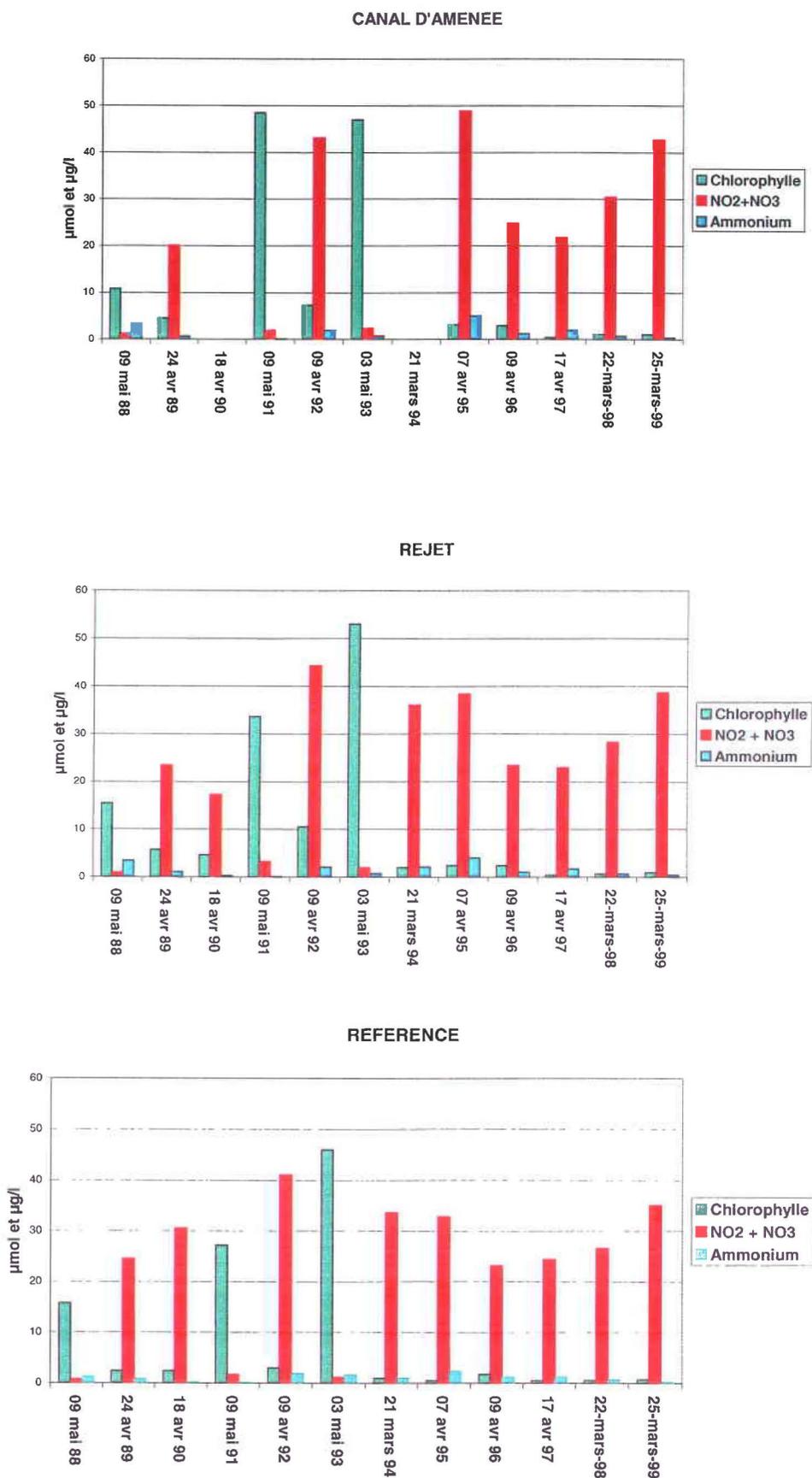


Fig 2.5 : la salinité et les MES à la fin de l'été





**Fig 2.6 : sels nutritifs au printemps**

## 2.4 – Les sels nutritifs

|                | NO <sub>2</sub> + NO <sub>3</sub> µmol/l |      |           |
|----------------|--|------|-----------|
|                | MARS                                     | JUIN | SEPTEMBRE |
| Canal d'amenée | 42,58                                    | 7,31 | 5,59      |
| Rejet          | 38,60                                    | 5,34 | 3,89      |
| Référence S    | 37,51                                    | 4,69 | 6,18      |
| Référence -10m | 32,39                                    | 4,35 | 5,90      |

|                | AMMONIUM µmol/l |      |           |
|----------------|-----------------|------|-----------|
|                | MARS            | JUIN | SEPTEMBRE |
| Canal d'amenée | 0,54            | 1,82 | 1,52      |
| Rejet          | 0,45            | 1,94 | 1,61      |
| Référence S    | 0,27            | 1,17 | 0,97      |
| Référence -10m | 0,28            | 1,34 | 1,01      |

Au printemps, les valeurs en sels nutritifs sont nettement supérieures à 1998. Les faibles valeurs en chlorophylle nous indiquent que le bloom planctonique et la consommation des sels nutritifs habituellement associée, ne s'est pas encore produit. Les teneurs en ammonium restent faibles avec un gradient décroissant côte/large bien marqué.

Au début de l'été les concentrations en sels nutritifs ont nettement diminué avec cependant des valeurs en ammonium qui, tout en restant faibles, augmentent cependant sur les trois points par rapport à 1998. Le gradient côte/large décroissant est respecté pour les nitrates/nitrites.

A la fin de l'été, l'ensemble des valeurs est en diminution au point d'atteindre des niveaux parmi les plus faibles depuis 10 ans. Le gradient décroissant côte/large est moins marqué.

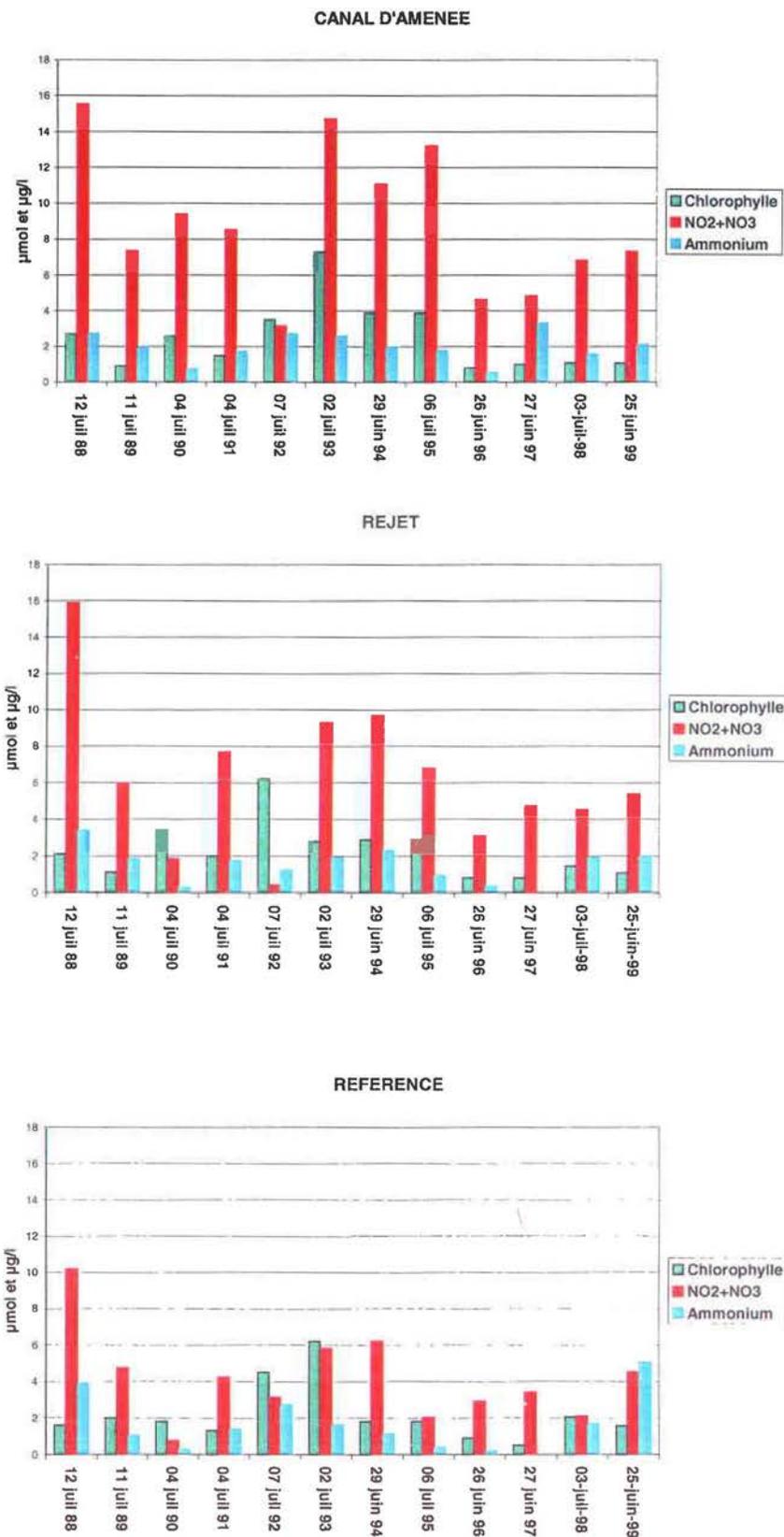


Fig 2.7 : sels nutritifs au début de l'été

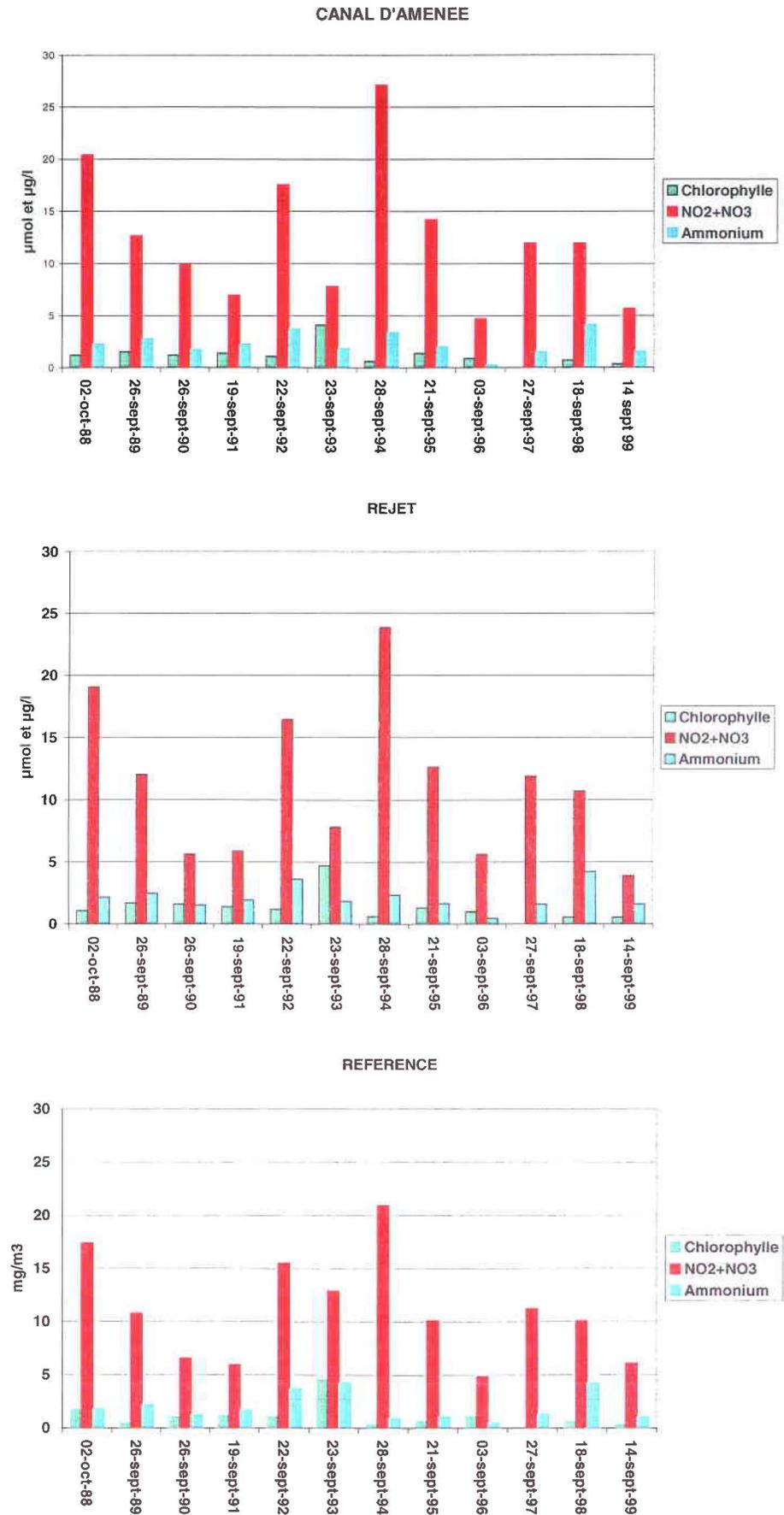


Fig 2.8 : sels nutritifs à la fin de l'été

### 3 – LA MICROBIOLOGIE

**Jacques LECLAIRE**  
**Laboratoire Départemental de Rouen**

### 3.1. Introduction

La surveillance microbiologique du site de **PALUEL** a été effectuée en **1999** à partir des prélèvements réalisés lors des 3 sorties du 25 mars 1999, 25 juillet 1999 et 14 Septembre 1999. (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 dépourvu afin de limiter la multiplication des bactéries.

-filtration sur membrane en polycarbonate 0,2  $\mu\text{m}$  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 rateau sur milieu de Zobell, le dénombrement s'effectue après incubation à 20°C pendant 11 jours.



*\*Recherche de vibrio-halophiles*

Ces vibrios 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 0,45µm
- 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.

**Les points de prélèvements sont référencés :**

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



### 3.3. RESULTATS ET COMMENTAIRES

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

Le nombre de germes totaux par ml comptés en épifluorescence varie de  $1,24 \cdot 10^5$  (référence au Printemps 1999) à  $1,80 \cdot 10^5$  (rejet en automne 1999).

|                                       | PRINTEMPS         | ETE               | AUTOMNE           |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| AMENEE (moyenne de 2 prélèvements)    | $1,45 \cdot 10^5$ | $1,57 \cdot 10^5$ | $1,5 \cdot 10^5$  |
| REJET (moyenne de 2 prélèvements)     | $1,49 \cdot 10^5$ | $1,6 \cdot 10^5$  | $1,8 \cdot 10^5$  |
| REFERENCE (moyenne de 4 prélèvements) | $1,24 \cdot 10^5$ | $1,41 \cdot 10^5$ | $1,55 \cdot 10^5$ |

Tableau 3.1 : résultats des germes totaux par épifluorescence

Sur le plan de la variabilité géographique entre les différents points, 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 différences significatives entre le canal d'amenée et le canal de rejet des eaux de refroidissement de la centrale.

De même aucune variabilité saisonnière significative n'est mise en évidence au cours de l'année 1999. Le nombre de germes totaux dénombrés par épifluorescence reste toujours du même ordre de grandeur, quelque soit la saison.

Enfin les résultats obtenus en 1999 sont très comparables à ceux enregistrés en 1998.



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

Les comptages varient de **200 germes / ml** ( amenée au printemps) à **6575 germes/ml** (Rejet en automne).

|                                       | PRINTEMPS | ETE  | AUTOMNE                             |
|---------------------------------------|-----------|------|-------------------------------------|
| AMENEE (moyenne de 2 prélèvements)    | 200       | 1238 | 2800                                |
| REJET (moyenne de 2 prélèvements)     | 470       | 4300 | 6575                                |
| REFERENCE (moyenne de 4 prélèvements) | 322       | 1119 | 688<br>(moyenne de 3 prélèvements ) |

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

➤ Le nombre de germes revivifiables contenus dans les eaux de rejets de la centrale de PALUEL est cette année plus important que celui des points référence et amenée. Ceci est particulièrement vrai en été et à l'automne.

➤ Par rapport à l'année 1998 , le nombre de germes dénombrés reste du même ordre de grandeur.



### 3.3.3. Recherche et dénombrement des vibrio-halophiles

|        | PRINTEMPS     |        | ETE                      |        | AUTOMNE                  |           |
|--------|---------------|--------|--------------------------|--------|--------------------------|-----------|
|        | RECHERCHE /11 | Nb / 1 | RECHERCHE /11            | Nb / 1 | RECHERCHE /11            | Nb / 1    |
| AMENEE | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | 9,2    | Présence V.alginolyticus | <3        |
|        | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | < 3    | Présence V.alginolyticus | < 3       |
| REJET  | Absence       | < 3    | Absence                  | < 3    | Présence V.alginolyticus | < 3       |
|        | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | 9,2    | Présence V.alginolyticus | < 3       |
|        | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | 3,6    | Présence V.alginolyticus | < 3       |
|        | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | < 3    | pas d'eau                | pas d'eau |
| REF    | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | < 3    | Absence                  | < 3       |
|        | Absence       | < 3    | Présence V.alginolyticus | < 3    | Absence                  | < 3       |

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

➔ Présence de Vibrio Halophile du genre Vibrio alginolyticus en faible quantité en été et en automne sur les trois points de prélèvement.

➔ Il faut noter cette année la présence en été et en automne de Vibrio alginolyticus, alors que cette espèce n'avait pas été mise en évidence en 1998.

### 3.3.4. Dosage des organo-halogénés volatils

|           |           | CH Br 3 | CH Br 2 Cl | CH Br Cl 2 | CH Cl 3 |
|-----------|-----------|---------|------------|------------|---------|
| AMENEE    | printemps | < 1     | < 1        | < 1        | < 1     |
|           | été       | 4,7     | < 1        | < 1        | < 1     |
|           | automne   | 4       | < 1        | < 1        | < 1     |
| REJET     | printemps | < 1     | < 1        | < 1        | < 1     |
|           | été       | 8,3     | < 1        | < 1        | < 1     |
|           | automne   | 6,6     | < 1        | < 1        | < 1     |
| REFERENCE | printemps | < 1     | < 1        | < 1        | < 1     |
|           | été       | 2,5     | < 1        | < 1        | < 1     |
|           | automne   | 3,3     | < 1        | < 1        | < 1     |

**Tableau 3.4 : résultats des dosages des organo-halogénés volatils**

➔ En 1999 le seul organo-halogénés volatil retrouvé aux abords de la centrale de Paluel est le **tribromométhane** qui est retrouvé en **été** et en **automne** aux trois points de prélèvements.

➔ La quantité de tribromométhane trouvée est toujours **plus importante dans les eaux de rejets**

➔ Par rapport à l'année 1998, il n'y a pas d'augmentation de la teneur en tribromométhane des eaux de rejets de la centrale de PALUEL



### 3.4. Conclusion

La surveillance microbiologique du site de la **centrale de Paluel** pendant **l'année 1999** donne les résultats suivants :

➤ Le **nombre de germes totaux** retrouvés dans l'eau de mer est le même au large et aux point amenée et rejet des eaux de refroidissement de la centrale. Ce résultat est identique à celui de la campagne 1998.

➤ Le **nombre de germes revivifiables** contenus dans les **eaux de rejets de la centrale de PALUEL** est cette année **plus important** que celui des points référence et amenée. Ceci est particulièrement vrai en été et à l'automne. Par rapport à l'année 1998 , **le nombre de germes dénombrés reste du même ordre de grandeur.**

➤ Il y a présence cette année en été et en automne de **vibrio-halophiles du genre Vibrio alginolyticus en faible quantité** aux trois points de contrôle ce qui tendrait à montrer la faible incidence de la centrale. En 1998 aucun vibrio halophiles du genre Vibrio alginolyticus n'avait été retrouvé.

➤ Le dosage des **organo-halogénés volatils** montre la **présence de tribromométhane en quantité plus importante dans les eaux de rejets** qu'aux autres points de contrôle des environs marins la centrale de Paluel. Par rapport à l'année 1998, il n'y a **pas cette année d'augmentation de la teneur en tribromométhane dans les eaux de rejets** 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'absorbance 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.

| 25/03/99       | Chlorophylle<br>$\mu\text{g/l}$ | Production primaire<br>Mg C/m <sup>3</sup> /h P2 | Microplancton<br>Nb cell/l |
|----------------|---------------------------------|--|----------------------------|
| Canal d'amenée | 1,06                            | 8,5  | 36.000                     |
| Rejet          | 1                               | 7,8  | 43.000                     |
| Référence      | 0,72                            | 6,1  | 55.900                     |

| 27/06/99       | Chlorophylle<br>$\mu\text{g/l}$ | Production primaire<br>Mg C/m <sup>3</sup> /h P2 | Microplancton<br>Nb cell/l |
|----------------|---------------------------------|--|----------------------------|
| Canal d'amenée | 1,08                            | 9,3  | 28.000                     |
| Rejet          | 1,06                            | 7,8  | 34.200                     |
| Référence      | 1,56                            | 11,1   | 88.100                     |

| 14/09/99       | Chlorophylle<br>$\mu\text{g/l}$ | Production primaire<br>Mg C/m <sup>3</sup> /h P2 | Microplancton<br>Nb cell/l |
|----------------|---------------------------------|--|----------------------------|
| Canal d'amenée | 0,4                             | 8,3  | 6.200                      |
| Rejet          | 0,54                            | 6,6  | 14.400                     |
| Référence      | 0,28                            | 6,1  | 19.500                     |

**Tableau 4.1 : résultats des mesures de chlorophylle, production primaire et microplancton à Paluel en 1999.**

### 4.2.3. Etude systémique 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.

## 4.2. Résultats

### 4.2.1. Biomasse Chlorophyllienne

Au cours de cette année les valeurs moyennes en chlorophylle s'échelonnent entre 0,28  $\mu\text{g/l}$  au point référence en septembre et 1,56  $\mu\text{g/l}$  à ce même point au mois de juin.

Dans l'ensemble les valeurs restent relativement faibles et très comparables aux années antérieures, notamment depuis 1994 où les prélèvements ont été réalisés chaque année à la même période.

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

On peut noter le petit pic du mois de juillet au point référence, qui correspond à une chute des sels nutritifs.

En ce qui concerne les gradients côte/large, ceux-ci sont peu marqués, les valeurs étant très proches les unes des autres. Cependant on peut noter une décroissance en mars et septembre, et un gradient inversé en juillet.



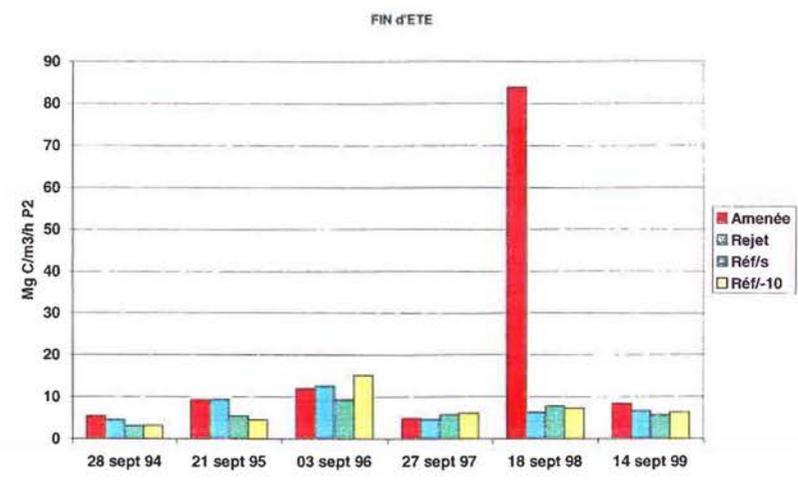
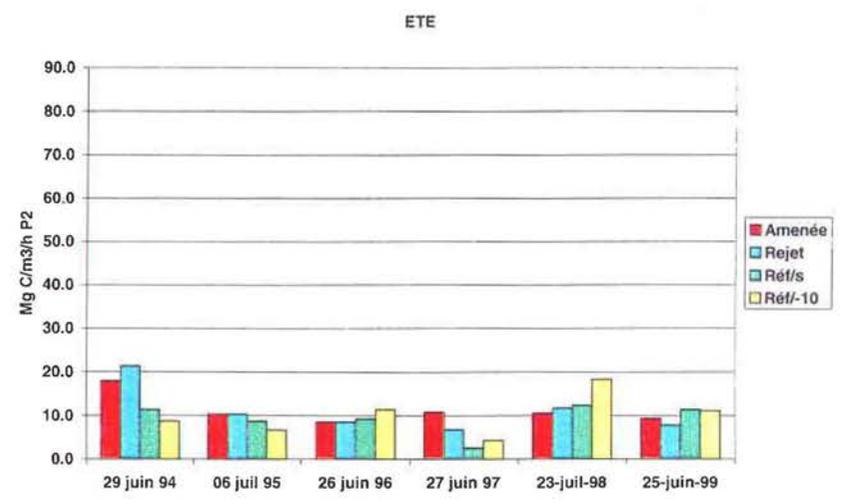
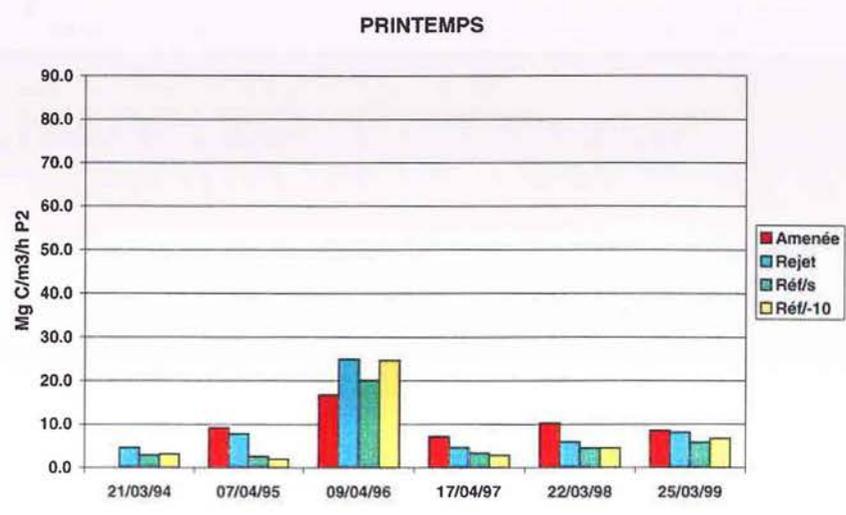


Figure 4.1 : résultats de la Production Primaire à Paluel depuis 1988

#### 4.2.2. Résultats de la production primaire

La figure 4.1 ci-contre montre une stabilité des résultats depuis 1993.

En 1999 les valeurs s'échelonnent entre un maximum de 11,1 Mg C/m<sup>3</sup>/h au point référence au début de l'été et un minimum de 6,1 toujours au point référence au printemps et à la fin de l'été.

Il y a une bonne correspondance entre le maximum de production primaire et le maximum du nombre de cellules.

On constate un gradient côte/large décroissant aux trois périodes.

#### 4.2.3. 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 1999 avec leur code.

Le nombre d'espèces se situe cette année dans la moyenne obtenue depuis 10 ans. 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.

Comme souvent observé à cette époque de l'année, la population de mars est représentée à plus de 30% par *Asterionella*. Les autres espèces principales sont *Thalassionema*, *Pleurosigma*, *Thalassiosira* et *melosira*.

Au début de l'été ce sont les *Rhizosolenia*, *Guinardia* et *Melosira* qui composent principalement le recensement.

Enfin, à la fin de l'été, on peut constater une certaine pauvreté qualitative et quantitative au niveau des espèces. *Melosira*, *Thalassionema* et *Thalassiosira* sont les principaux représentants. L'échantillon du point rejet était illisible.

| CODE    | LIBELLE                                    |
|---------|--|
| ASTEGLA | <i>Asterionella glacialis</i>              |
| BACT    | <i>Bacteriastrum sp</i>                    |
| BIDD    | <i>Biddulphia sp</i>                       |
| COSC    | <i>Coscinodiscus sp</i>                    |
| CHAE    | <i>Chaetoceros sp</i>                      |
| CHAEDIA | <i>Chaetoceros diadema</i>                 |
| DITY    | <i>Ditylum sp</i>                          |
| DIPLO   | <i>Diplosalis</i>                          |
| GUIN    | <i>Guinardia sp</i>                        |
| MELO    | <i>Melosira sp</i>                         |
| NAVI    | <i>Navicula sp</i>                         |
| NITZ    | <i>Nitzschia sp</i>                        |
| PERI    | <i>Peridiniaceae</i>                       |
| PLEU    | <i>Pleurosigma sp</i>                      |
| PRORMIC | <i>Prorocentrum micans</i>                 |
| RHIZDEL | <i>Rhizosolenia delicatula</i>             |
| RHIZIMB | <i>Rhizosolenia imbicata + styliformis</i> |
| RHIZSTO | <i>Rhizosolenia stolterfothii</i>          |
| THAA    | <i>Thalassionema sp</i>                    |
| THAL    | <i>Thalassiosira sp</i>                    |
| THALROT | <i>Thalassiosira rotula</i>                |

Tableau 4.2 : codes des espèces



|              | 25 mars 1999  |      |               |      |               |      |               |      | 25 juin 1999  |      |               |      |               |      |               |      | 14 septembre 1999 |      |               |   |              |      |               |      |
|--------------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|---------------|------|-------------------|------|---------------|---|--------------|------|---------------|------|
|              | Amenée        |      | Rejet         |      | Réf / S       |      | Réf / -10m    |      | Amenée        |      | Rejet         |      | Réf / S       |      | Réf / -10m    |      | Amenée            |      | Rejet         |   | Réf / S      |      | Réf / -10m    |      |
|              | Nb            | %    | Nb                | %    | Nb            | % | Nb           | %    | Nb            | %    |
| Bact         |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 1.300         | 2.21 |               |      |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| Bidd         | 600           | 1.7  | 600           | 1.4  |               |      |               |      | 300           | 1.07 |               |      |               |      | 200           | 0.93 | 200               | 3.22 |               |   |              |      |               |      |
| Cosc         | 1.300         | 3.6  | 800           | 1.9  | 300           | 0.9  |               |      | 800           | 2.96 | 1.000         | 2.92 | 300           | 0.51 | 200           | 0.93 | 400               | 6.45 |               |   | 100          | 1.33 | 200           | 1.7  |
| Chae         |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 1.500         | 7    |                   |      |               |   |              |      | 500           | 4.2  |
| Chaedia      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 900           | 1.52 |               |      |                   |      |               |   |              |      | 300           | 2.5  |
| Dity         | 1.200         | 3.3  | 1.200         | 2.8  |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 200               | 3.22 |               |   |              |      |               |      |
| Diplo        |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 200               | 3.22 |               |   |              |      |               |      |
| Guin         |               |      |               |      |               |      |               |      | 2.200         | 7.86 | 4.300         | 12.6 | 20.000        | 33.9 |               |      |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| Melo         | 4.300         | 11.9 | 6.200         | 14.4 | 3.100         | 9.7  | 2.300         | 9.6  | 4.000         | 14.3 | 6.200         | 18.1 | 2.000         | 3.4  | 500           | 2.32 | 4.000             | 64.5 |               |   | 4.000        | 53.3 | 6.200         | 51.7 |
| Navi         |               |      |               |      |               |      |               |      | 400           | 1.43 | 600           | 1.75 | 500           | 0.84 |               |      |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| Nitzs        | 500           | 1.4  | 1.300         | 3    |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 200               | 3.22 |               |   | 300          | 4    |               |      |
| Peri         |               |      |               |      | 300           | 0.93 |               |      | 500           | 1.78 | 2.000         | 5.85 | 500           | 0.84 | 100           | 0.46 |                   |      |               |   |              |      | 300           | 2.5  |
| Pleu         | 7.000         | 19.4 | 3.500         | 8.1  | 6.100         | 19.1 | 4.100         | 17.2 |               |      |               |      |               |      | 200           | 0.93 |                   |      |               |   |              |      | 100           | 0.8  |
| Prormic      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 800           | 2.34 |               |      |               |      | 100               | 1.61 |               |   |              |      |               |      |
| Rhizdel      |               |      | 500           | 1.2  | 500           | 1.56 |               |      | 8.900         | 31.8 | 7.300         | 21.3 | 12.300        | 20.9 | 5.500         | 25.6 | 300               | 4.83 |               |   | 1.500        | 20   | 400           | 3.3  |
| Rhizimb      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 2.700         | 12.5 |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| Rhizsto      |               |      |               |      |               |      |               |      | 6.000         | 21.4 | 6.400         | 18.7 | 16.600        | 28.2 | 8.900         | 41.4 |                   |      |               |   | 200          | 2.66 | 200           | 1.7  |
| Rhizstyl     |               |      |               |      |               |      |               |      | 3.500         | 12.5 | 4.200         | 12.3 | 4.300         | 7.3  |               |      |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| Astegla      | 12.000        | 33.3 | 19.000        | 44.2 | 13.200        | 41.3 | 13.200        | 55.2 |               |      |               |      |               |      |               |      |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| Thaa         | 5.200         | 14.4 | 9.200         | 21.4 | 8.300         | 25.9 | 4.300         | 18   | 1.000         | 3.57 | 400           | 1.2  |               |      |               |      | 200               | 3.22 |               |   | 900          | 12   | 1.600         | 13.3 |
| Thal         | 500           | 1.4  | 400           | 0.9  | 200           | 0.6  |               |      | 400           | 1.43 | 1.000         | 2.92 | 200           | 0.34 | 1.400         | 6.51 | 400               | 6.45 |               |   | 500          | 6.66 | 2.200         | 18.3 |
| Thalrot      | 3.400         | 9.4  | 300           | 0.7  |               |      |               |      |               |      |               |      |               |      | 300           | 1.4  |                   |      |               |   |              |      |               |      |
| <b>TOTAL</b> | <b>36.000</b> |      | <b>43.000</b> |      | <b>32.000</b> |      | <b>23.900</b> |      | <b>28.000</b> |      | <b>34.200</b> |      | <b>58.900</b> |      | <b>21.500</b> |      | <b>6.200</b>      |      | <b>14.400</b> |   | <b>7.500</b> |      | <b>12.000</b> |      |

Tableau 4.3 : nombre et pourcentage de dominance des espèces phytoplanctoniques recensées à Paluel en 1999

## 5 - LE ZOOPLANCTON

Myriam RUMEBE  
IFREMER / ST MALO

|                               | CANAL | REJET  | REFERENCE |
|-------------------------------|-------|--------|-----------|
| <b>Poids sec en mg.m</b>      |       |        |           |
| Printemps                     | 69.72 | 94.81  | 16.06     |
| Eté                           | 25.40 | 102.15 | 12.13     |
| Automne                       | 4.72  | 51.10  | 13.96     |
| <b>Pourcentage de carbone</b> |       |        |           |
| Printemps                     | 32.45 | 34.29  | 33.55     |
| Eté                           | 26.43 | 13.66  | 32.05     |
| Automne                       | 27.95 | 20.37  | 32.19     |
| <b>Pourcentage d'azote</b>    |       |        |           |
| Printemps                     | 7.70  | 7.78   | 7.37      |
| Eté                           | 5.69  | 2.57   | 7.71      |
| Automne                       | 5.90  | 3.99   | 8.20      |
| <b>Rapport C/N</b>            |       |        |           |
| Printemps                     | 4.22  | 4.41   | 4.56      |
| Eté                           | 4.65  | 5.35   | 4.17      |
| Automne                       | 4.80  | 5.16   | 3.93      |

Tableau 5.1 : Etude de la biomasse zooplanctonique globale

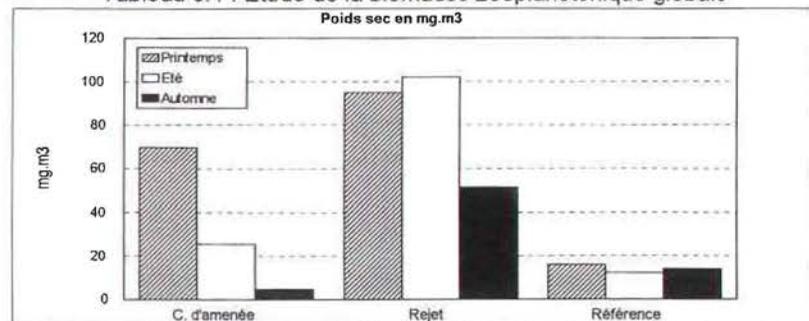


Figure 5.1

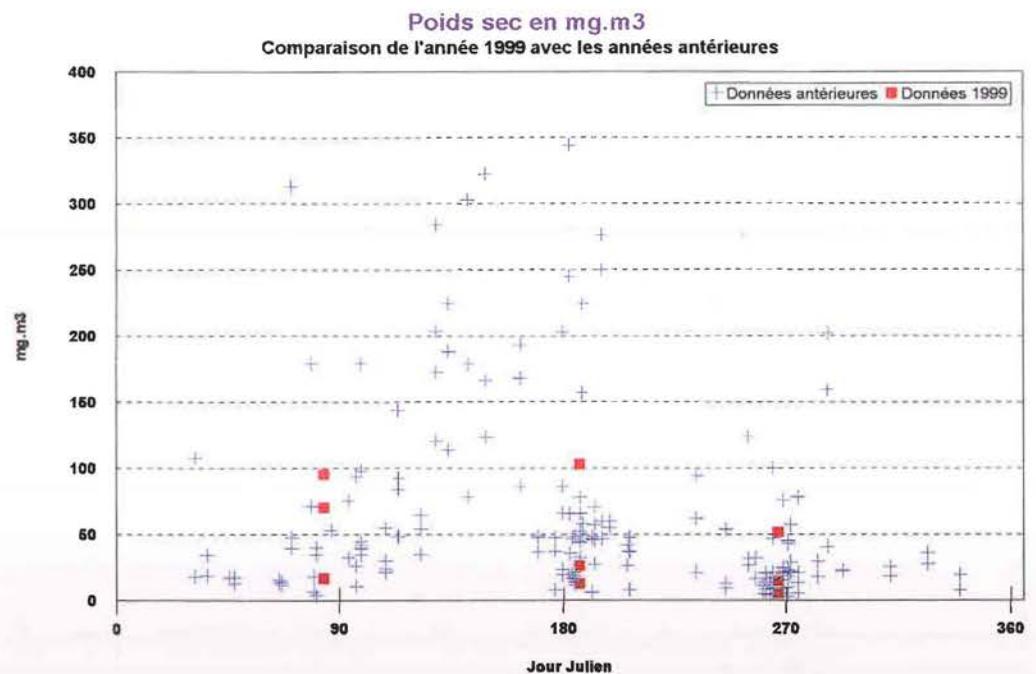


Figure 5.2

## 5.1 - Introduction

En 1999, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 25 Mars, 25 Juin et 14 Septembre. A chaque campagne, trois points sont étudiés :

- canal d'amenée
- rejet
- référence

Pour chaque point, sept prélèvements 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>, traîné verticalement sur toute la hauteur de la colonne d'eau. Six de ces échantillons sont filtrés sur des soies de 100 µm prépesées, et congelées pour l'évaluation de la biomasse (mesure du poids sec et de la teneur en carbone et en azote) ; le septième est formolé en vue de l'étude qualitative et quantitative des espèces animales.

## 5.2 - Etude de la biomasse zooplanctonique globale

(tableau 5.1)

- Poids sec (Cf. figure 5.1)

La biomasse sèche varie selon le site, le point et la saison. En 1999, sur le site de Paluel, ce poids varie de 4,72 mg/m<sup>3</sup> au point canal d'amenée en Automne, à 102,15 mg/m<sup>3</sup> au point rejet en été. La valeur basse (4,72 mg/m<sup>3</sup>) est faible par rapport aux valeurs antérieures. Une valeur du même ordre a été observée l'an dernier (3 mg/m<sup>3</sup> au point référence au printemps). Notons que, sur les trois saisons, les valeurs les plus élevées se situent au point rejet (ceci est en partie dû à la présence de sable dans les échantillons), et que les valeurs du poids sec au point référence sont équivalentes aux trois saisons.

Les valeurs observées cette année restent comprises dans la fourchette des valeurs rencontrées depuis que s'effectue la surveillance sur ce site (cf. figure 5.2).



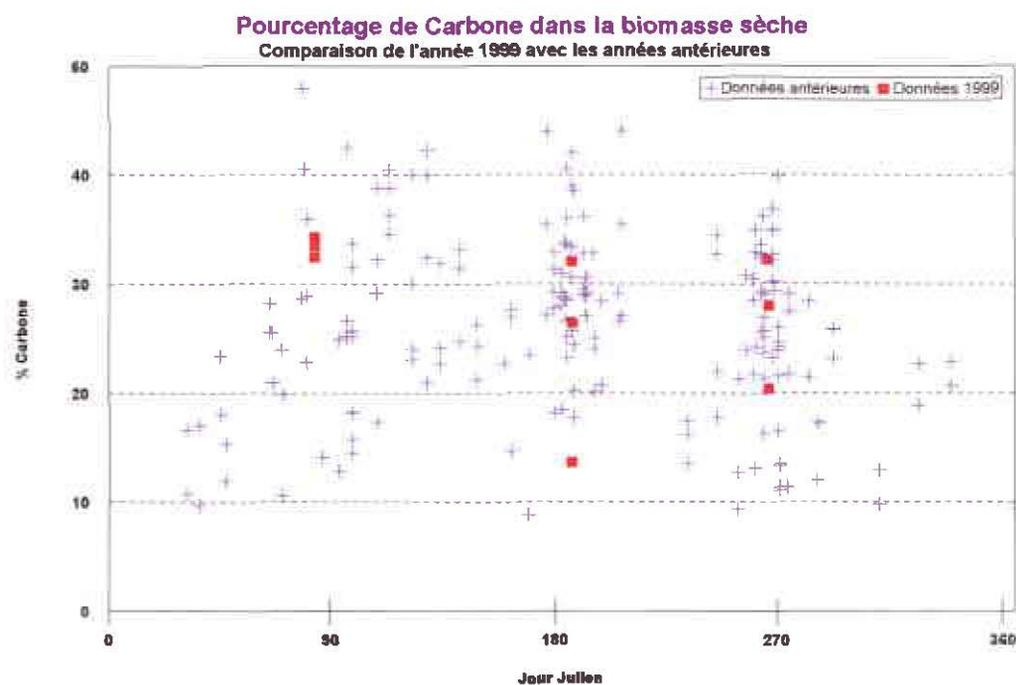


Figure 5.3

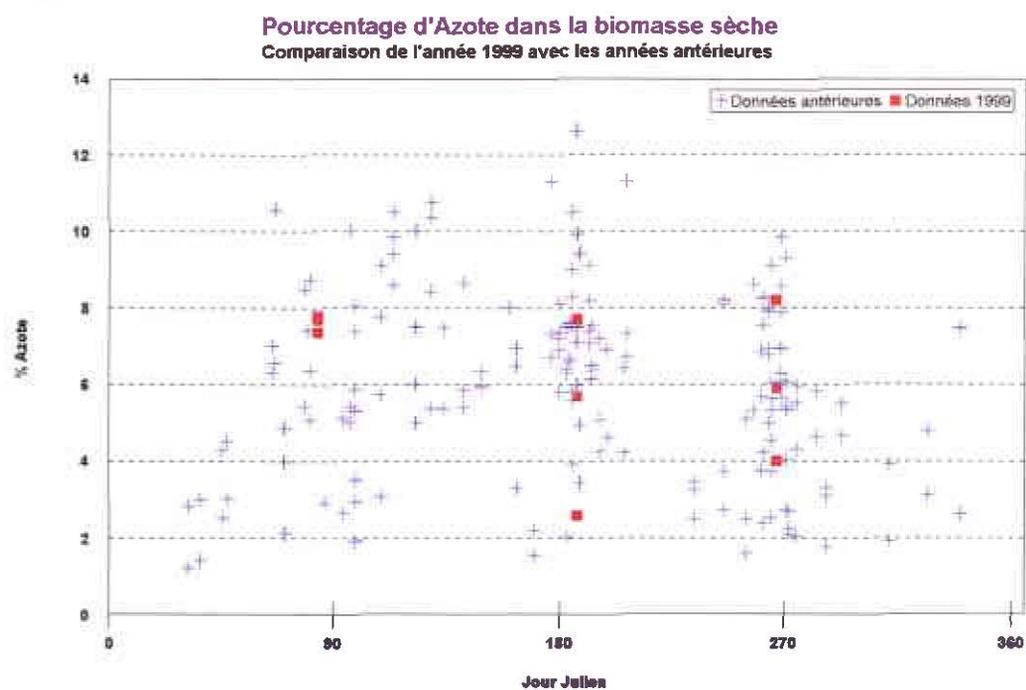
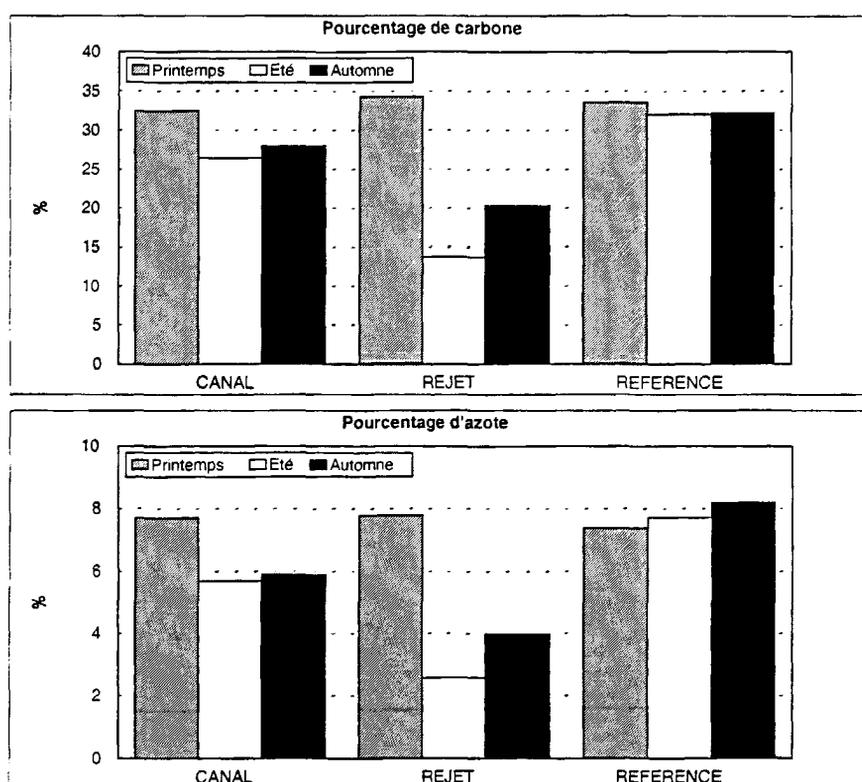


Figure 5.4

- Teneur en carbone et en azote

Les teneurs sont données en pourcentage de la biomasse totale

L'analyse directe du carbone et de l'azote organique permet de s'affranchir de l'influence des matières en suspension dans l'eau.



La teneur en carbone varie de 13,66 % au point rejet en été (ce qui est faible par rapport aux valeurs antérieures, à la même saison), à 34,29 % au point rejet au printemps.

La teneur en azote varie de 2,57 % au point rejet en été, à 8,20 % au point référence en automne.

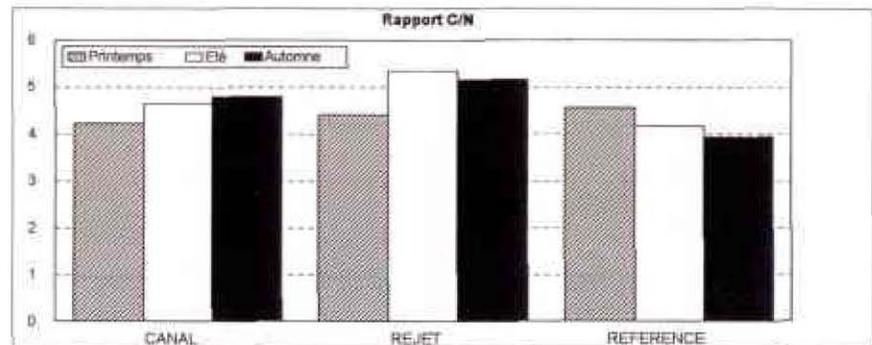
Globalement, les teneurs en carbone et en azote observées en 1999 sont comparables à celles obtenues les années précédentes (cf. figures 5.3 et 5.4).

Notons également qu'au point référence, les teneurs en carbone et en azote varient très peu aux trois saisons.



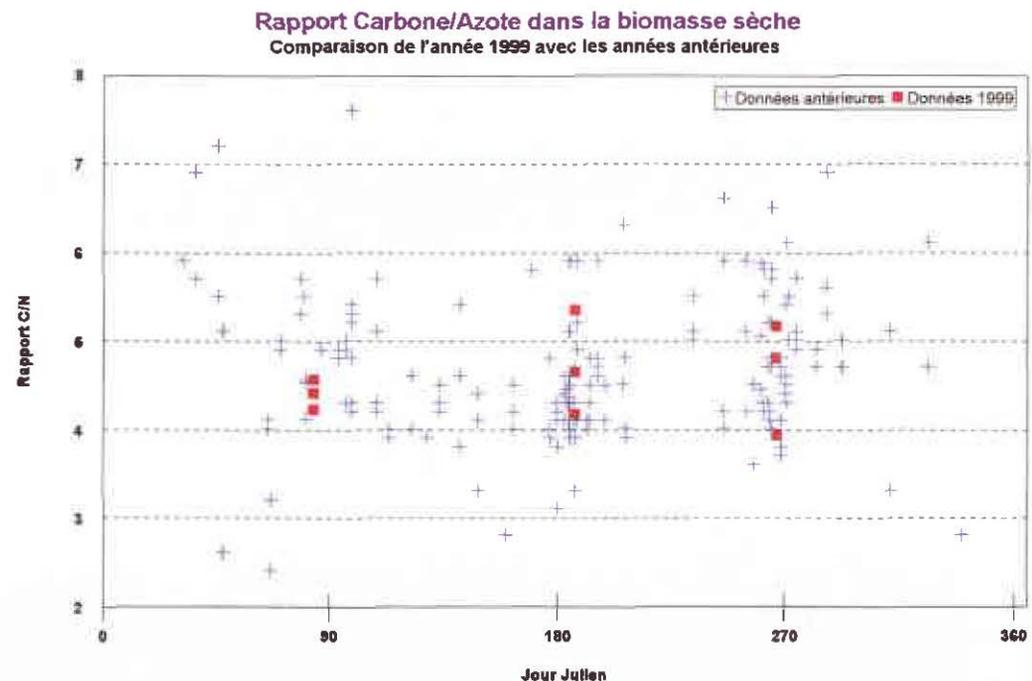


- Rapport C/N



Ce rapport est un paramètre suivi avec grand intérêt puisqu'il traduit un état du métabolisme animal en un site, à une saison donnée. A Paluel, pour l'année 1999, ce rapport C/N varie de 3,93 au point référence en automne, à 5,35 au point rejet en été.

Ce rapport, proche de 5 en moyenne, est remarquablement constant d'une année sur l'autre (cf. figure ci-dessous).



|                            | 25/03/1999 |       |           | 25/06/1999 |       |           | 14/09/1999 |       |           |
|----------------------------|------------|-------|-----------|------------|-------|-----------|------------|-------|-----------|
|                            | N / 10 m   |       |           | N / 10 m   |       |           | N / 10 m   |       |           |
|                            | C. amenée  | Rejet | Référence | C. amenée  | Rejet | Référence | C. amenée  | Rejet | Référence |
| TOTAL CNIDAIRES            |            |       |           |            | 2     | 107       | 17         |       |           |
| TOTAL CTENAIRES            | 6          |       |           |            | 2     |           |            |       |           |
| TOTAL CHAETOGNATHES        |            |       |           |            |       |           | 51         | 226   | 126       |
| TOTAL ANNELIDES            | 790        | 408   | 231       | 119        | 130   | 97        | 26         | 19    | 30        |
| TOTAL CLADOCERES           |            |       |           |            |       |           |            |       |           |
| TOTAL LARVES CIRRIPEDES    | 5605       | 773   | 1572      | 85         | 37    | 193       | 391        | 37    |           |
| CUMACES                    |            |       |           |            | 9     |           |            | 7     |           |
| TOTAL MYSIDACES            | 13         | 4     |           |            | 7     |           | 38         | 26    | 5         |
| TOTAL COPEPODES            | 35185      | 17885 | 2391      | 3542       | 1225  | 4854      | 2706       | 16614 | 17173     |
| LARVES THALASSINIDEAE      |            |       |           |            |       | 24        |            | 2     | 9         |
| TOTAL LARVES ANNOMOURES    |            |       |           | 17         | 28    | 17        | 9          | 2     | 14        |
| TOTAL LARVES BRACHYOURES   | 401        |       |           | 153        | 28    | 23        | 34         | 14    | 17        |
| TOTAL LARVES MOLLUSQUES    | 51         |       | 13        | 119        | 139   | 3973      | 136        | 242   | 307       |
| Cyphonautes BRYOZOAIREs    |            |       |           | 119        | 102   | 54        | 9          |       | 6         |
| TOTAL LARVES ECHYNO DermES |            |       |           |            |       |           |            |       |           |
| TOTAL APPENDICULAIRES      |            |       | 4         | 17         | 48    | 97        | 60         |       | 12        |
| TELEOSTEENS (larves+oeufs) | 6          | 15    |           |            |       | 3         |            | 2     |           |
| TOTAL ZOOPLANKTON          | 42057      | 19085 | 4211      | 4171       | 1755  | 9442      | 3477       | 17191 | 17699     |
|                            |            | 65353 |           |            | 15368 |           |            | 38367 |           |

Tableau 5.2 : récapitulatif des espèces rencontrées

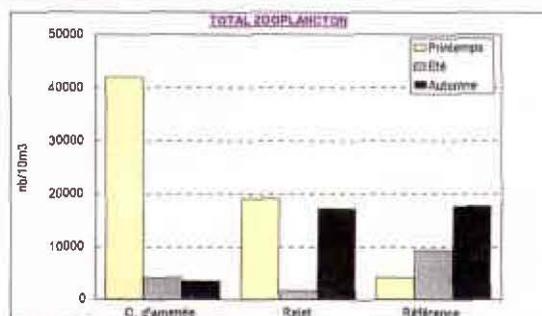


Figure 5.5 : zooplankton total

### 5.3 - Etude des espèces zooplanctoniques

Cf tableau 5.2 et figure 5.5.

La répartition du zooplancton total est similaire aux années antérieures. En effet, le maximum annuel se situe en mars (65353 ind./10m<sup>3</sup>), le minimum en juin (15368 ind./10m<sup>3</sup>), et une quantité moyenne est observée en septembre (38367 ind./10m<sup>3</sup>). Notons cependant que ces deux dernières abondances sont inversées par rapport aux années précédentes.

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, a été calculé. Cf. tableau 5.3



|                           | C. d'aménée | Rejet | Référence | Total |
|---------------------------|-------------|-------|-----------|-------|
| <b>Total zooplancton</b>  |             |       |           |       |
| Mars                      | 42057       | 19085 | 4211      | 65353 |
| Juin                      | 4171        | 1755  | 9445      | 15368 |
| Septembre                 | 3477        | 17191 | 17699     | 38367 |
| <b>Total copépodes</b>    |             |       |           |       |
| Mars                      | 35 185      | 17885 | 2391      | 55461 |
| Juin                      | 3542        | 1225  | 4854      | 9621  |
| Septembre                 | 2706        | 16614 | 17173     | 36493 |
| <b>% copépodes</b>        |             |       |           |       |
| Mars                      | 84%         | 94%   | 57%       | 85%   |
| Juin                      | 85%         | 70%   | 51%       | 63%   |
| Septembre                 | 78%         | 97%   | 97%       | 95%   |
| <b>Total holoplancton</b> |             |       |           |       |
| Mars                      | 35204       | 17889 | 2395      | 55488 |
| Juin                      | 3559        | 1280  | 4951      | 9790  |
| Septembre                 | 2855        | 16866 | 17316     | 37037 |
| <b>% holoplancton</b>     |             |       |           |       |
| Mars                      | 84%         | 94%   | 57%       | 85%   |
| Juin                      | 85%         | 73%   | 52%       | 64%   |
| Septembre                 | 82%         | 98%   | 98%       | 97%   |
| <b>Total méroplancton</b> |             |       |           |       |
| Mars                      | 6853        | 1196  | 1816      | 9865  |
| Juin                      | 612         | 475   | 4491      | 5578  |
| Septembre                 | 622         | 325   | 383       | 1330  |
| <b>% méroplancton</b>     |             |       |           |       |
| Mars                      | 16%         | 6%    | 43%       | 15%   |
| Juin                      | 15%         | 27%   | 48%       | 36%   |
| Septembre                 | 18%         | 2%    | 2%        | 3%    |

Tableau 5.3 : pourcentage de dominance



### 5.3.1 - Composition faunistique du zooplancton (cf. tableau 5.3.)

- Campagne du 25 Mars 1999 :

Le zooplancton est surtout représenté par des Copépodes (85 % du zooplancton total), et plus précisément par *Temora longicornis* avec 26795 ind/10m<sup>3</sup>, et *Pseudocalanus elongatus* avec 24881 ind/10m<sup>3</sup>.

Le méroplancton est peu présent, et représente 15 % du zooplancton total. Ce sont surtout des larves de Cirripèdes dont le nombre total atteint 7950 ind/10m<sup>3</sup>.

- Campagne du 27 Juin 1999 :

Les Copépodes sont les plus abondants et représentent 63 % du zooplancton total (c'est le minimum d'abondance des Copépodes). Ce sont surtout *Temora longicornis* avec 2794 ind/10m<sup>3</sup>, *Acartia clausi* avec 3589 ind/10m<sup>3</sup> et *Euterpina acutifrons* avec 2877 ind/10m<sup>3</sup>.

Le méroplancton atteint son maximum ce mois ci avec 36 % du zooplancton total, et est représenté par des larves de Mollusques et plus précisément des larves de Gastéropodes dont le nombre atteint 4231 ind/10m<sup>3</sup> au point référence.

- Campagne du 14 Septembre 1999 :

Les Copépodes sont très abondants ce mois ci (95 % du zooplancton total) et sont représentés principalement par *Acartia clausi* avec 30013 ind/10m<sup>3</sup>.

La présence minimale du méroplancton se situe en septembre avec un pourcentage de dominance de 3.

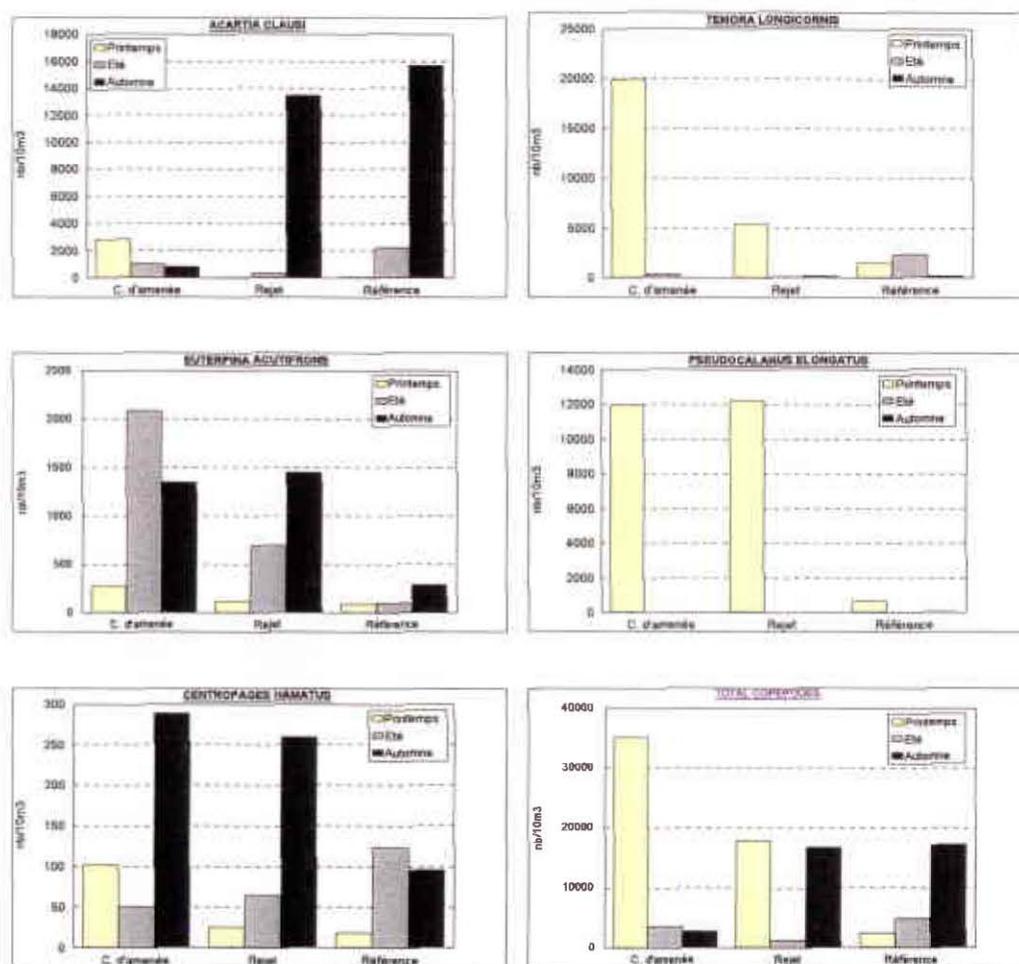


Figure 5.6 : les principaux copépodes

### 5.3.2 - Variations saisonnières des principales espèces.

#### 5.3.2.1 - L'holoplancton

Les espèces holoplanctoniques constituent la fraction permanente du plancton et accomplissent l'intégralité de leur cycle biologique au sein du milieu pélagique.

- Copépodes (cf. figure 5.6)

Le zooplancton de la Manche comprend essentiellement des crustacés Copépodes dont le cycle de vie est entièrement pélagique. Ceci a à nouveau été vérifié cette année où les Copépodes représentent 81 % du zooplancton total.

#### *Acartia clausi*

Espèce cosmopolite, toujours bien représenté toute l'année aux trois campagnes, qui est dominante en septembre. Sa présence maximale se situe en automne aux points référence (15699 ind/10m<sup>3</sup>), et rejet (13488 ind/10m<sup>3</sup>), et se présence minimale au point rejet au printemps (59 ind/10m<sup>3</sup>). Cette espèce, tolérante aux fortes températures, est favorisée par les températures chaudes de septembre, et est en nette régression les mois les plus froids.



### *Temora longicornis*

Espèce présente toute l'année, à tous les points, elle est dominante des zones tempérées froides. Son maximum d'abondance se situe au point canal d'amenée en mars avec 19873 ind/10m<sup>3</sup>. Sa densité diminue considérablement le reste de l'année, et atteint son minimum au point canal d'amenée en septembre (34 ind/10m<sup>3</sup>), mois où les températures les plus élevées ont été mesurées.

Il est également le Copépode dominant en été avec 2362 ind/10m<sup>3</sup> au point référence. L'été est une période de transition où les espèces hivernales sont moins fréquentes, et où les espèces estivales commencent à être récoltées

en quantité non négligeable. C'est l'époque où les deux stocks peuvent être en proportion à peu près équivalente. C'est le cas cette année encore de *Temora longicornis*, hivernale (29 % des Copépodes) et *Acartia clausi*, estivale (37 % des Copépodes).

### *Euterpina acutifrons*

Espèce côtière se développant bien dans les mers chaudes, présente toute l'année à tous les points. Sa présence maximale se situe au canal d'amenée en été avec 2085 ind/10m<sup>3</sup>. Sa présence est également importante en automne aux points canal d'amenée (1345 ind/10m<sup>3</sup>) et rejet (1451 ind/10m<sup>3</sup>). Son abondance devient négligeable au printemps, avec un minimum au point référence (89 ind/10m<sup>3</sup>). Ceci est dû à sa sensibilité aux variations de températures.

Un gradient côte - large se distingue avec les plus fortes densités à la côte et une diminution vers le large.





### *Pseudocalanus elongatus*

Espèce exclusivement présente au printemps, elle atteint un maximum d'abondance aux points rejet avec 12229 ind/10m<sup>3</sup> et canal d'amenée avec 11975 ind/10m<sup>3</sup>. Sa présence est nulle en été, et pauvre en automne (19 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet et 24 ind/10m<sup>3</sup> au point référence).

Ce Copépode est bien adapté aux températures basses, ce qui a été vérifié cette année.

### *Centropages hamatus*

Espèce présente toute l'année, à tous les points, surtout les mois où la température de l'eau est la plus élevée.

Son maximum d'abondance se situe en septembre, aux points canal d'amenée (289 ind/10m<sup>3</sup>) et rejet (260 ind/10m<sup>3</sup>), et son minimum au point référence au printemps (18ind/10m<sup>3</sup>)

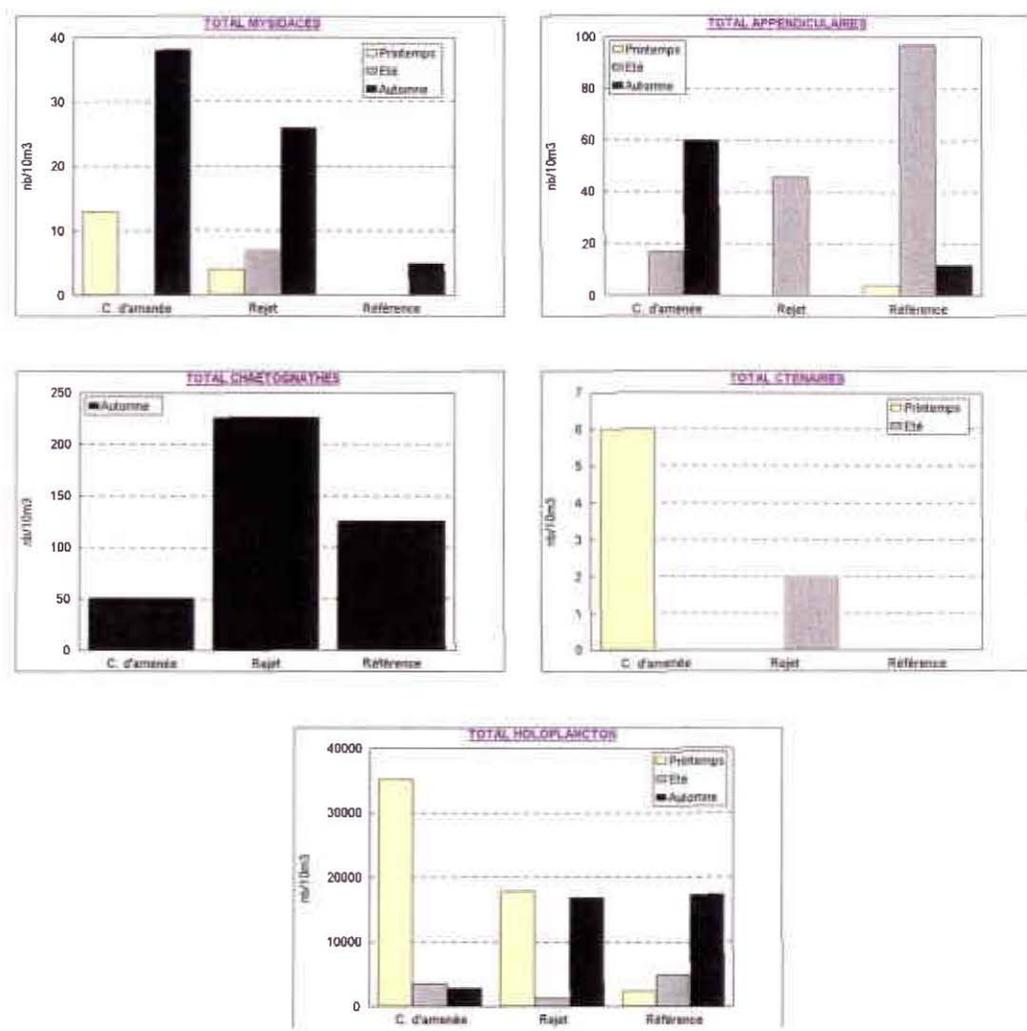


Figure 5.7 : les autres espèces holoplanctoniques

- Autres espèces holoplanctoniques (cf. figure 5.7)

Les Mysidacés représentées (entre autres Mysidacés non déterminées) par *Mesopodopsis slabberii* et les Appendiculaires représentés par *Oikopleura dioica* sont présents toute l'année, en faible quantité.

En effet, *Oikopleura dioica* atteint son maximum d'abondance en été au point référence avec 97 ind/10m<sup>3</sup>. A cette période, cette espèce est présente à tous les points. En automne, elle est présente aux points canal d'amenée et référence, avec respectivement 60 et 12 ind/10m<sup>3</sup>. Cette espèce est liée, quant à son cycle saisonnier et son abondance, à la fois à la température et à la possibilité de trouver une nourriture abondante. C'est pourquoi nous la trouvons en été et en automne sur ce site, où les températures de l'eau dépassent 16 °C. Au printemps, cette espèce est quasi absente. Notons cependant 4 ind/10m<sup>3</sup> au point référence.

Les Mysidacés constituent sur le fond une nourriture importante pour les poissons plats et les poissons pélagiques. Elles se nourrissent essentiellement de fines particules de détritus et même de petits Copépodes. *Mesopodopsis slabberii* est une espèce très euryaline. Les densités les plus fortes se situent aux stations côtières qui correspondent au minimum de salinité. Ceci a été vérifié cette année où, en automne, nous observons le maximum d'abondance au point canal d'amenée avec 38 ind/10m<sup>3</sup>. Au printemps, cette espèce est présente aux points canal d'amenée et rejet avec respectivement 13 et 4 ind/10m<sup>3</sup>, et est absente au point référence. En été, elle n'est présente qu'au rejet avec 7 ind/10m<sup>3</sup>.

Les Chaetognathes, holoplancton carnivore le plus abondant pendant le saison automnale, ne sont présents qu'en cette saison avec un maximum d'abondance au point rejet (226 ind/10m<sup>3</sup>), une présence moyenne au point référence (126 ind/10m<sup>3</sup>) et une abondance minimale au point canal d'amenée (51 ind/10m<sup>3</sup>).

le Cténaire *Pleurobrachia pileus* est une espèce carnivore printanière. Etant donné l'échantillonnage (WP<sub>2</sub> 200µm) nous récoltons surtout des stades juvéniles. Cette espèce n'est présente qu'au canal d'amenée au printemps (où elle atteint un maximum d'abondance de 6 ind/10m<sup>3</sup>) et au rejet en été (avec 2 ind/10m<sup>3</sup>). Le reste de l'année, aux autres points, elle est totalement absente.



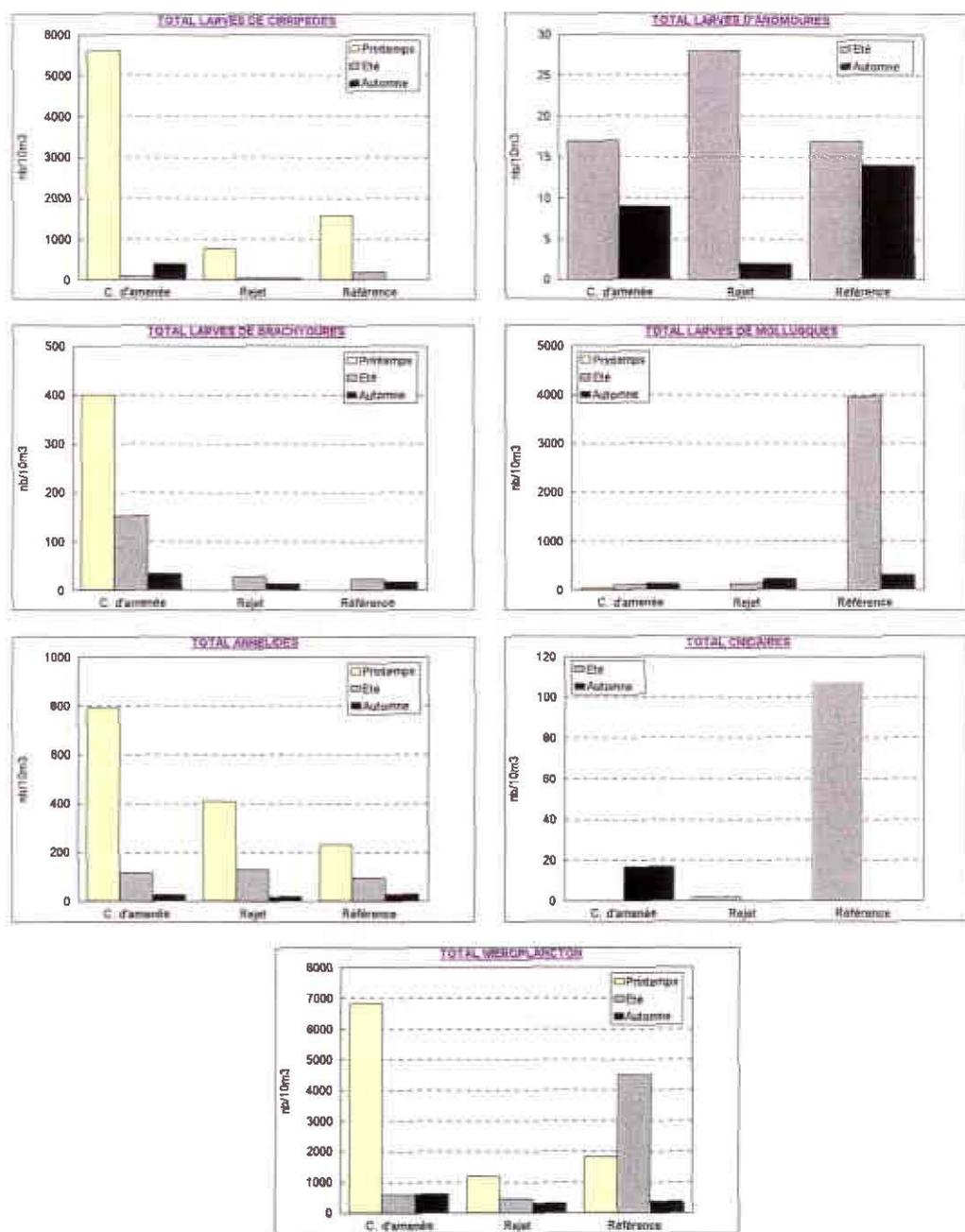


Figure 5.8 : le Méroplancton

### 5.3.2.2 - Le méroplancton (cf. figure 5.8)

Les espèces méroplanctoniques constituent la fraction temporaire du zooplancton, représentée par les oeufs et larves d'espèces benthiques ainsi que les phases sexuées libres (méduses) des cnidaires fixés.

Outre les Copépodes, les larves de Cirripèdes sont les éléments les plus importants du zooplancton. Il s'agit de larves émises en grande quantité, qui constituent un maillon intéressant de la chaîne alimentaire et dont l'adulte, fixé, constitue un important facteur de salissure. Ce sont des larves de très petite taille qui ne représente pas une biomasse importante. L'émission de ces larves est toujours constatée tôt dans la saison. Ceci a à nouveau été vérifié cette année, où elles sont surtout présentes en mars. Le maximum d'abondance se situe au canal d'aménée avec 5605 ind/10m<sup>3</sup> et est représenté principalement par le dernier stade cypris (larves plus volumineuses que les nauplii). Le reste de l'année, ces larves sont présentes en quantité négligeable.

Les larves d'Anomoures et de Brachyoures sont des larves de crustacés Copépodes.

Les larves d'Anomoures sont surtout abondantes en été (de nombreuses espèces se reproduisent en cette saison) où leur maximum d'abondance est observé, et atteint 28 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet. Elles sont également présentes en automne, mais leur quantité est moins importante.

Les larves de Brachyoures, issues de nombreuses espèces (crabes, crevettes...) sont présentes toute l'année. Au printemps (saison où elles ne sont présentes qu'au canal d'aménée), elles atteignent leur maximum d'abondance avec 401 ind/10m<sup>3</sup>. Il s'agit exclusivement du stade zoe. Le stade mégaloïde apparaît en juin et septembre où ces larves atteignent leur maximum de présence avec 7 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet.

En 1999, les larves de mollusques sont présentes toute l'année, à tous les points. Ce sont des larves véligères de gastéropodes et de bivalves. Leur maximum de présence se situe en été au point référence avec 3973 ind/10m<sup>3</sup>. Il s'agit exclusivement de larves de gastéropodes. Le reste de l'année, leur nombre est plus négligeable (quelques centaines).

Les larves d'Annélides sont intéressantes, car elles correspondent à des formes adultes qui constituent une bonne partie de la nourriture de nombreux crustacés et poissons de fond. Elles sont présentes toute l'année, à tous les points, et surtout au printemps où leur maximum de présence atteint 790 ind/10m<sup>3</sup> au point canal d'amenée. En été, leur maximum de présence atteint 130 ind/10m<sup>3</sup> au point rejet. Le pic de mars correspond à des Spionidés (qui sont présents toute l'année en quantité plus négligeable), et celui de juin, à des larves de *Lanice conchilega* (qui disparaissent progressivement à partir de l'été).

Les cnidaires sont des hydroméduses. Elles sont rares à Paluel. On les rencontre en été aux points référence (où elles atteignent leur maximum d'abondance avec 107 ind/10m<sup>3</sup>) et rejet (qui correspond au minimum de présence avec 2 ind/10m<sup>3</sup>), et en automne au point canal d'amenée uniquement, avec 17 ind/10m<sup>3</sup>.

## 6. LE BENTHOS SUBTIDAL

**D. Davoult**  
Université du Littoral  
Maison de la Recherche en Environnement Naturel

et

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



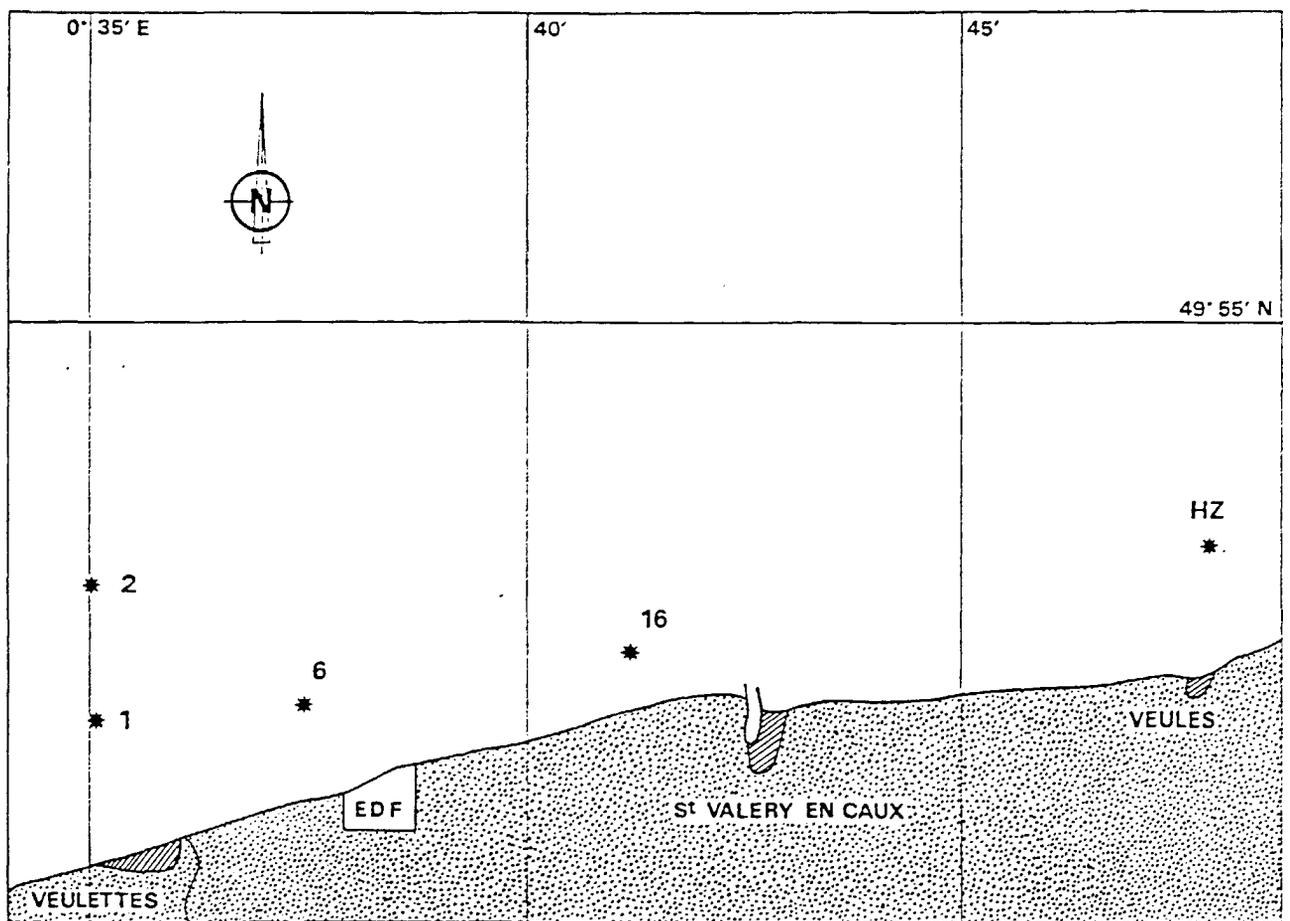


Figure 1 : carte de répartition des stations d'échantillonnage

| Dates           | Stations échantillonnées |
|-----------------|--------------------------|
| 8 mars 1999     | 1 et 6                   |
| 6 mai 1999      | 1, 2, 6, 16 et H.Z       |
| 30 juillet 1999 | 1 et 6                   |
| 4 novembre 1999 | 1, 2, 6, 16 et H.Z       |

Tableau 1 : calendrier des campagnes 1999

## 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 (**Figure 1 ci-contre**) 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 été et en hiver 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 1**). Toutefois, le suivi étant désormais géré par année civile, les prélèvements hivernaux présentés ici apparaissaient déjà dans le rapport de 1998.



## 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 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 à l'aide d'une tamiseuse ROTOLAB équipée de tamis 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)             |

Les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes de fréquences pondérales.

### 2.2.2. Etude de la macrofaune

Les refus de tamis sont triés à vue par la méthode d'agitation-flottation, les organismes ayant été préalablement colorés au rose bengale.

La détermination des animaux s'effectue à la loupe binoculaire et au microscope. Les principaux ouvrages utilisés sont les suivants:

- P. Fauvel, Faune de France, 5: Annélides Polychètes errantes
- P. Fauvel, Faune de France, 16: Annélides Polychètes sédentaires
- N. Tebble: Mollusques Bivalves
- R.J. Lincoln, British Museum: Amphipodes
- E.L. Bouvier, Faune de France, 37: Décapodes
- P. Koehler, Faune de France, 1: Echinodermes
- Synopses of the British Fauna: groupes divers
- Hayward P. & J. Ryland, Oxford Univ. Press: The marine fauna of the

british isles and north-west Europe

Des articles et tirés à part complètent ces ouvrages de systématique.

## 2.3. Traitement des données

### 2.3.1. Diversité, Régularité

Notre analyse s'effectue sur les fréquences relatives des espèces récoltées. L'indice de diversité de Shannon varie avec le nombre d'espèces et l'abondance relative de chacune d'elles:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \log_2 P_i$$

n: nombre d'espèces

$P_i$ : fréquence relative de l'espèce i dans le prélèvement

$P_i = N_i/N$

$N_i$  = nombre d'individus de l'espèce i

N = Nombre total d'individus dans le prélèvement

Cet indice donne une information synthétique sur la richesse spécifique et l'équilibre du peuplement considéré. Toutefois, parce qu'il dépend à la fois du nombre d'espèces et de leurs abondances relatives, une faible valeur peut traduire deux situations différentes:

-soit le nombre d'espèces est faible

-soit le nombre d'espèces est élevé mais quelques espèces dominent fortement le peuplement.



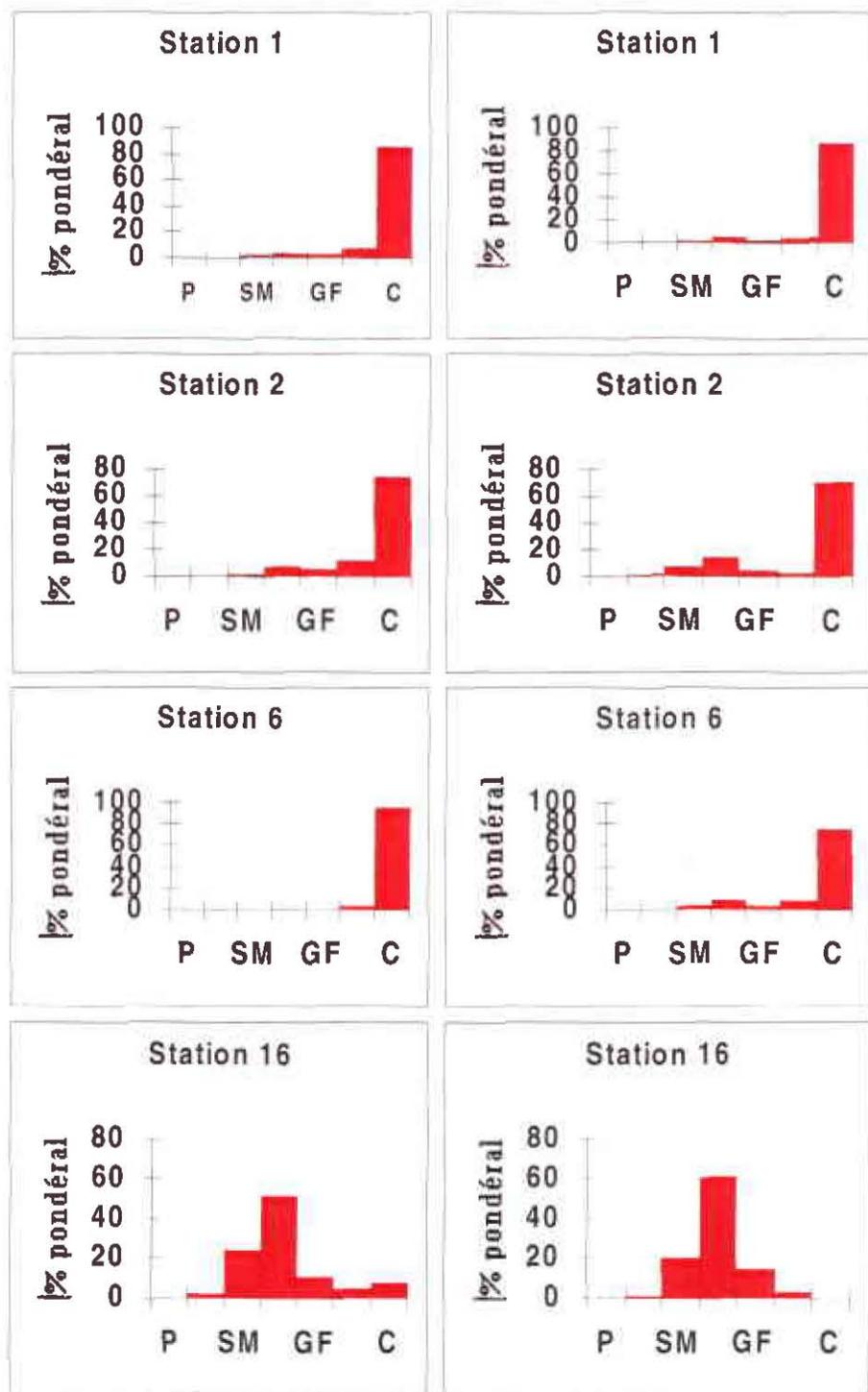


Figure 2 : Analyse granulométrique

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

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

### 1.1.2. Diagrammes Rang-Fréquence

Les diagrammes Rang-Fréquence (DRF) 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 (Figure 2)

Dans l'ensemble, comme en 1998, les résultats des analyses sont proches au printemps et en hiver, sauf aux stations 16 et H.Z. (Tableau 2).

| Stations | P    | SF   | SM    | SG    | GF    | GG    | C     |
|----------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | 0,04 | 0,34 | 1,79  | 5,13  | 1,42  | 5,17  | 86,11 |
| 2        | 0,03 | 0,73 | 7,83  | 14,25 | 4,51  | 3,07  | 69,58 |
| 6        | 0,06 | 0,39 | 3,03  | 9,03  | 3,53  | 8,67  | 75,29 |
| 16       | 0,07 | 1,34 | 19,99 | 60,76 | 14,77 | 3,07  | 0     |
| H.Z      | 0,05 | 2,91 | 30,92 | 30,93 | 9,08  | 25,99 | 0,12  |

**Tableau 2 : analyse granulométrique – Fréquences pondérales (automne 1999)**

Aux stations 1 et 2 (peuplement des cailloutis), les résultats confirment ceux des années précédentes (Davoult, 1992 & 1993, Davoult & Migné, 1994 à 1998). Le sédiment est fortement dominé par les cailloutis (70 à 86 % 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. Cette année, le sédiment est 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 constitue plus un élément intermédiaire au sein d'un gradient sédimentaire côtier mais appartient avec les stations 1 et 2 à une zone de cailloutis.

Le sédiment de la station 16, également hétérogène, est dominé par les sables grossiers mais la proportion de graviers et cailloutis y est plus importante au printemps qu'en automne. Alors que chaque année depuis 1995, la proportion de graviers et cailloutis tendait à augmenter, celle-ci a décru de façon assez importante.

La station H.Z. présente un sédiment assez proche de celui des années précédentes, dominé par les sables moyens et grossiers (62 à 76 % du poids du sédiment), le sédiment apparaissant également plus hétérogène en automne (Cf Tableau 3 ci-dessous).

|                     | P    | SF   | SM    | SG    | GF    | GG    | C     |
|---------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Station 1</b>    | 0,04 | 0,34 | 1,79  | 5,13  | 1,42  | 5,17  | 86,11 |
| <b>Station 2</b>    | 0,03 | 0,73 | 7,83  | 14,25 | 4,51  | 3,07  | 69,58 |
| <b>Station 6</b>    | 0,06 | 0,39 | 3,03  | 9,03  | 3,53  | 8,67  | 75,29 |
| <b>Station 16</b>   | 0,07 | 1,34 | 19,99 | 60,76 | 14,77 | 3,07  | 0     |
| <b>Station H.Z.</b> | 0,05 | 2,91 | 30,92 | 30,93 | 9,08  | 25,99 | 0,12  |

**Tableau 3 : Analyse granulométrique – Fréquences pondérales  
Automne 1999**

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 et d'un secteur de sables hétérogènes à l'est.



## 3.2. Analyse faunistique

### 3.2.1. Résultats globaux

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

Spongiaires: 6 espèces  
 Cnidaires: 10 espèces  
 Némathelminthes: 1 espèce  
 Platyhelminthes: 1 espèce  
 Annélides: 19 espèces  
 Sipunculien: 1 espèce  
 Mollusques: 7 espèces  
 Bryozoaires: 11 espèces  
 Pycnogonides: 1 espèce  
 Cirripèdes: 2 espèces  
 Isopodes: 1 espèce  
 Amphipodes: 8 espèces  
 Décapodes: 13 espèces  
 Echinodermes: 3 espèces  
 Tuniciers: 6 espèces  
 Céphalocordé: 1 espèce

Le nombre d'espèces récoltées est très proche de celui des années précédentes: 97 espèces en 1995 et 1997, 100 espèces en 1996 et 94 espèces en 1998. 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: les Annélides dominent toujours (20,9 %), suivis par les Crustacés décapodes (14,3 %), les Bryozoaires (12,1 %), les Cnidaires (11,0 %) et les Amphipodes (8,8 %). Les Tuniciers (6,6 %) restent minoritaires mais sont néanmoins bien représentés en terme de nombre d'espèces mais surtout d'individus (voir plus loin). Deux espèces nouvelles pour la zone ont été identifiées:

Mollusque: *Dendronotus sp.*  
 Crustacé décapode: *Maja squinado*

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* (> 70 % en automne). Ce faciès apparaît généralement très stable, les quatre espèces dominantes représentent en novembre plus de 80 % des individus récoltés et sont caractéristiques de ce peuplement (*O. fragilis*, *Pisidia longicornis*, *Pomatoceros triqueter* et *Styela coriacea*). Toutefois, au printemps, *O. fragilis* a été récolté en plus faible quantité et ne constitue pas alors l'espèce dominante. Le DRF convexe est atypique pour ce peuplement (Fig. 3): la dominance est à peu près également partagée par 6 espèces caractéristiques du peuplement qui représentent chacune entre 7 et 17 % de l'abondance totale (soit pour l'ensemble de ces 6 espèces 70 % de l'abondance totale). L'indice de diversité de Shannon (Tableau 3) est assez élevé au printemps (3,8) en raison de la relative régularité de distribution des abondances spécifiques ( $E = 0,79$ ) et faible en automne (1,6) ainsi que la régularité (0,38), ce qui confirme le déséquilibre de la distribution d'abondance.

| Stations            | Nb d'espèces | Nb d'individus | H   | E    |
|---------------------|--------------|----------------|-----|------|
| <b>Hiver 99</b>     |              |                |     |      |
| 1                   | 30           | 87             | 3,9 | 0,87 |
| 6                   | 29           | 131            | 3,2 | 0,74 |
| <b>Printemps 99</b> |              |                |     |      |
| 1                   | 27           | 120            | 3,4 | 0,81 |
| 2                   | 40           | 284            | 3,8 | 0,79 |
| 6                   | 40           | 276            | 2,9 | 0,81 |
| 16                  | 3            | 23             | 0,7 | 0,43 |
| H.Z.                | 1            | 5              | 0,0 | 0,00 |
| <b>Été 99</b>       |              |                |     |      |
| 1                   | 43           | 557            | 3,4 | 0,69 |
| 6                   | 27           | 582            | 2,7 | 0,62 |
| <b>Automne 99</b>   |              |                |     |      |
| 1                   | 13           | 83             | 2,8 | 0,80 |
| 2                   | 23           | 322            | 1,6 | 0,38 |
| 6                   | 21           | 71             | 3,3 | 0,81 |
| 16                  | 4            | 14             | 1,9 | 0,96 |
| H.Z.                | 3            | 2              | 1,0 | 1,00 |

**Tableau 3 : Nombre d'espèces et d'individus  
Diversité et régularité des prélèvements.**

# Station 1

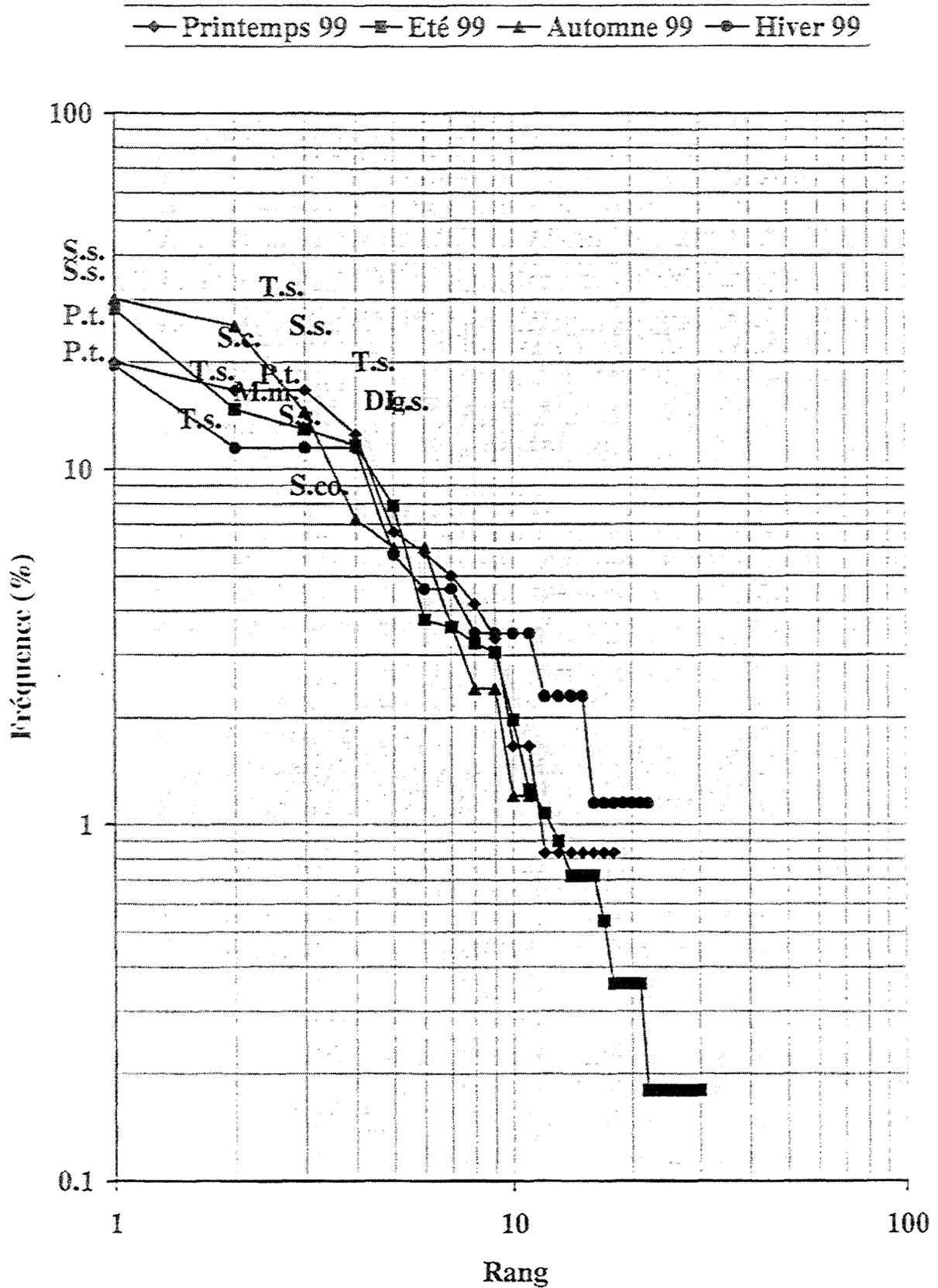


FIG.6.3: DRF de la station 1



- un faciès côtier (stations 1 et 6) dominé comme les années précédentes par les Annélides tubicoles *Thelepus setosus*, *Sabellaria spinulosa* et *Pomatoceros triqueter* ainsi que par les Tuniciers *Styela clava*, *Syela coriacea*, *Dendrodoa grossularia* et *Molgula manhattensis*. Les DRF (Fig. 6.3 & 6.5) sont rectilignes à légèrement convexes, mais ils montrent néanmoins la dominance d'un faible nombre d'espèces (4 ou 5). L'indice de Shannon varie de 2,7 à 3,9 en raison de la co-dominance de plusieurs espèces (régularité de 0,62 à 0,87). 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 jusqu'à 62 % des individus récoltés (Station 6 en été) Ce basculement de structure est maintenant établi et stable depuis 9 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. 2 pp 90) et le cortège faunistique (annexe).

## Station 6

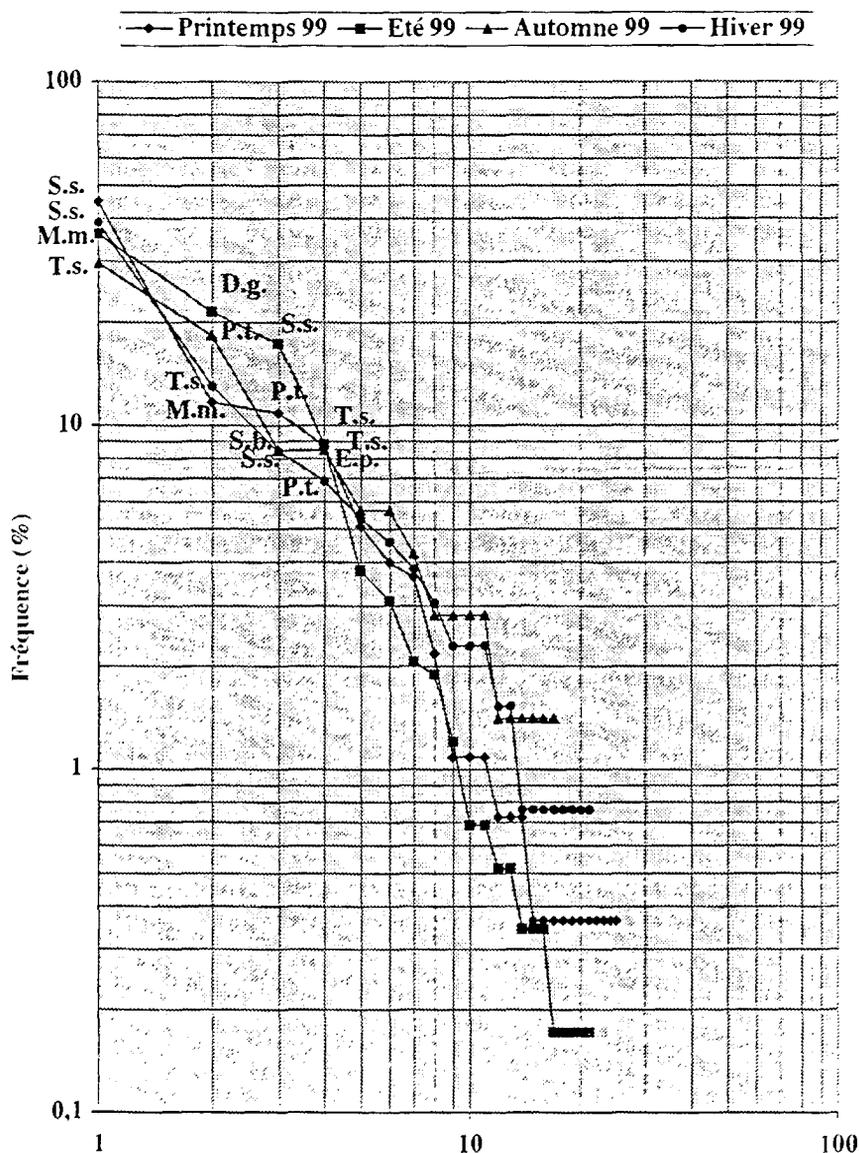


FIG.6.5: DRF de la station 6



# Station 16

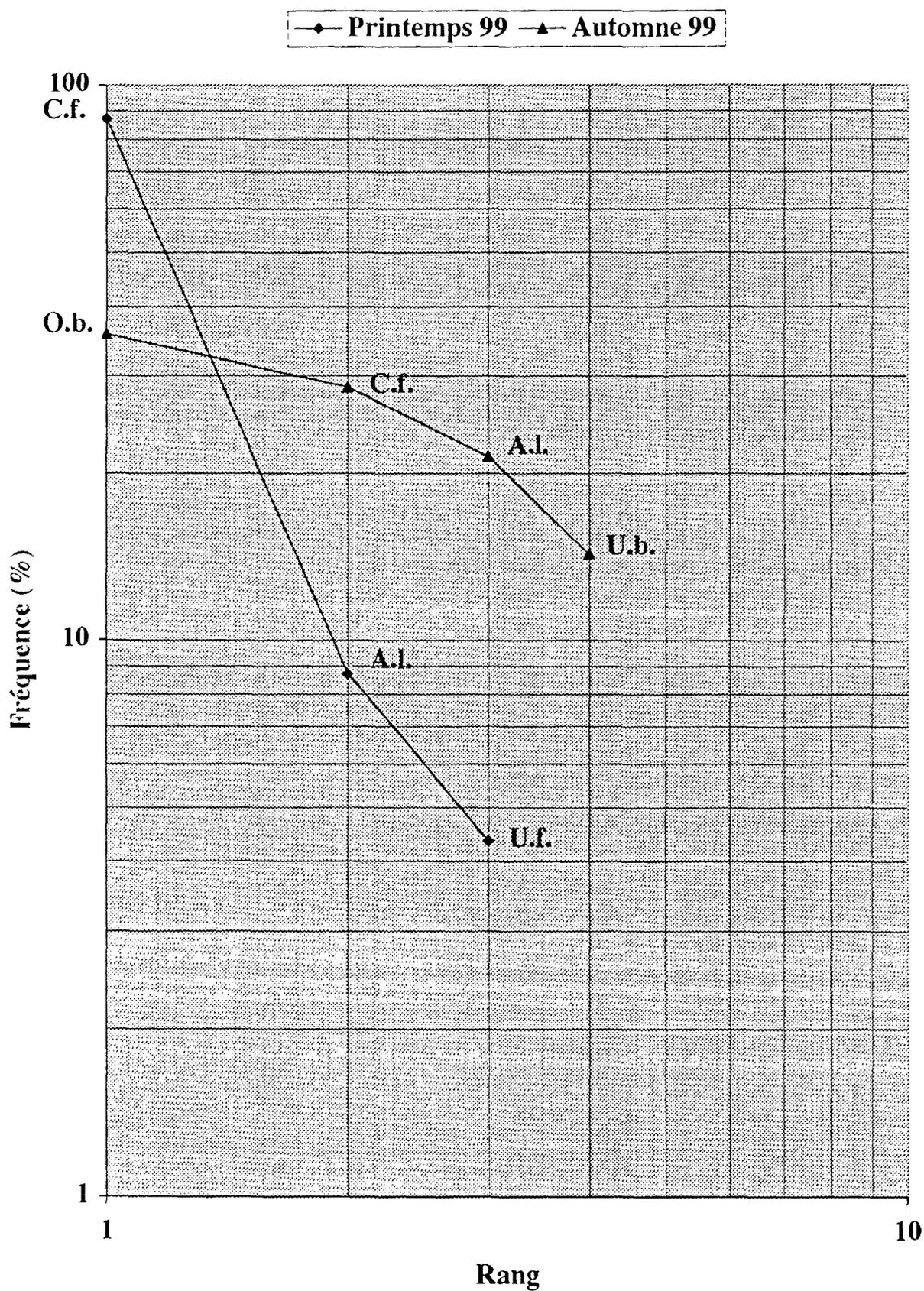


FIG.6.6: DRF de la station 16

### 3.2.3. Peuplement des sables hétérogènes

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

A la station 16, le Gastéropode *Crepidula fornicata* est fortement dominant au printemps (Fig. 6.6) ; il affectionne les fonds hétérogènes plutôt graveleux et n'est pas considéré comme caractéristique du peuplement des sables hétérogènes. Déjà présent depuis 1997, sa dominance reste presque aussi forte qu'en 1998. Les 2 autres espèces récoltées sont caractéristiques, pour *Amphioxus lanceolatus* de sables hétérogènes et de gravelles et pour *Urticina felina* de sédiments grossiers. En automne, dans un sédiment qui apparaît moins grossier, *C. fornicata* n'est plus dominante et les autres espèces récoltées, l'Annélide *Ophelia borealis*, le Céphalocordé *Amphioxus lanceolatus* et l'Amphipode *Urothoe brevicornis*, sont habituellement récoltées à cette station. A la station H.Z., toujours très pauvre en espèces, la présence d'*Amphioxus lanceolatus* au printemps est également habituelle. En automne, les 3 espèces présentes indiquent l'hétérogénéité du sédiment: 2 Annélides appartenant à l'endofaune et 1 Bryzoaire appartenant à l'épifaune sessile.

Le DRF n'a pas été construit en automne 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 d'un gradient fortement marqué des cailloutis de l'ouest (station 1) aux sables hétérogènes de l'est (station H.Z.) ; au sein de ce gradient, la station 6 appartient maintenant au domaine des cailloutis et les stations 16 et H.Z., si elles appartiennent bien toujours au domaine des sables hétérogènes, ont continué à évoluer vers un sédiment plus grossier que précédemment. Une variation saisonnière est visible aux stations 6 et 16, 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 traînées 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 stable. Au large, il est dominé comme les années précédentes par les mêmes espèces (*Ophiothrix fragilis*, *Pisidia longicornis*, *Thelepus setosus*). 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 mais les sédiments des stations 6 et 16 sont maintenant très différents. L'abondance de *Crepidula fornicata* à la station 16 depuis 1998 est un autre évènement important, l'espèce étant connue pour s'installer durablement et modifier éventuellement le substrat.

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 aux stations 6 et 16 (sédiment plus grossier au printemps), encore que peu marquée en 1999, attribuée à l'action des tempêtes hivernales et de début de printemps.

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.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**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.



| Espèces                        | Stations | Hiver |    | Printemps |    |     |    | Eté |     | Automne |    |    |   |    |    |
|--------------------------------|----------|-------|----|-----------|----|-----|----|-----|-----|---------|----|----|---|----|----|
|                                |          | 1     | 6  | 1         | 2  | 6   | 16 | HZ  | 1   | 6       | 1  | 2  | 6 | 16 | HZ |
| <b>Spongiaires</b>             |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| Eponge calcaire                |          | +     | +  | +         |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Tethya aurantium</i>        |          |       |    |           | 1  |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Dysidea fragilis</i>        |          |       |    |           | 1  |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Raspailia pumila</i>        |          |       |    |           |    | 1   |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Haliclona oculata</i>       |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    | + |    |    |
| <i>Spongiaire spp.</i>         |          |       | +  |           | +  | +   |    | +   |     |         |    | +  | + |    |    |
| <b>Cnidaires</b>               |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Tubularia indivisa</i>      |          | +     |    | +         | +  | +   |    | +   |     | +       |    |    |   |    |    |
| <i>Laomedea sp.</i>            |          |       |    |           |    | +   |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Hydrallmania falcata</i>    |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    | + |    |    |
| <i>Abietinaria abietina</i>    |          |       |    |           | +  |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Sertularia cupressina</i>   |          |       | +  |           | +  | +   |    |     | +   |         |    | +  | + |    |    |
| <i>Kirchenpaueria pinnata</i>  |          |       |    |           | +  | +   |    | +   | +   |         |    |    |   |    |    |
| <i>Alcyonium digitatum</i>     |          |       |    | 1         |    |     |    |     |     |         |    |    | 1 |    |    |
| <i>Urticina felina</i>         |          | 1     | 3  |           |    |     | 1  | 1   | 3   | 1       | 3  | 1  | 4 | 1  |    |
| <i>Sagartia elegans</i>        |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         | 3  |    |   |    |    |
| Actiniaires spp.               |          |       |    | 1         | 1  | 3   |    | 2   | 4   |         |    |    |   |    |    |
| <b>Némathelminthes</b>         |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Nematoda sp.</i>            |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    | 1 |    |    |
| <b>Platyhelminthes</b>         |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Prostheceraeus vittatus</i> |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    | 1 |    |    |
| <b>Annélides</b>               |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Notomastus latericeus</i>   |          |       | 1  |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    | 1  |
| <i>Euclymene oerstedii</i>     |          |       |    |           |    |     |    | 1   |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Ophelia borealis</i>        |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   | 5  |    |
| <i>Lepidonotus squamatus</i>   |          | 10    | 2  | 8         | 14 | 3   |    | 3   | 1   | 3       | 7  | 4  |   |    |    |
| <i>Polynoe scolopendrina</i>   |          | 4     | 3  | 1         | 8  | 11  |    | 21  | 18  |         |    |    |   |    |    |
| <i>Sthenelais boa</i>          |          |       | 11 | 2         | 4  | 1   |    | 7   |     | 5       | 3  | 1  |   |    |    |
| <i>Kefersteinia cirrata</i>    |          |       |    | 1         |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Marphysa sanguinea</i>      |          |       |    |           |    |     |    | 6   |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Lumbrineris gracilis</i>    |          |       |    | 1         |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Lumbrineris fragilis</i>    |          |       |    |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    | 1  |
| <i>Sabellaria spinulosa</i>    |          | 10    | 51 | 20        | 6  | 123 |    | 157 | 101 | 25      |    | 6  |   |    |    |
| <i>Amphicteis gunneri</i>      |          |       | 5  |           |    | 2   |    |     | 1   |         |    | 1  |   |    |    |
| <i>Lanice conchilega</i>       |          |       | 2  |           |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Thelepus setosus</i>        |          | 10    | 17 | 15        | 48 | 24  |    | 82  | 51  | 21      | 4  | 21 |   |    |    |
| <i>Eupolymnia nebulosa</i>     |          | 2     |    |           | 2  | 1   |    | 2   |     |         |    | 2  |   |    |    |
| <i>Branchiomma vesiculosum</i> |          |       |    | 1         |    |     |    |     |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Amphitrite johnstoni</i>    |          |       |    |           |    |     |    |     | 2   |         |    |    |   |    |    |
| <i>Potamilla reniformis</i>    |          | 3     | 1  |           | 3  |     |    | 1   |     |         |    |    |   |    |    |
| <i>Pomatoceros triqueter</i>   |          | 17    | 9  | 24        | 23 | 30  |    | 44  | 22  | 12      | 14 | 13 |   |    |    |

| Espèces                         | Stations | Hiver |   | Printemps |    |    |    |    | Eté |    | Automne |   |    |    |    |
|---------------------------------|----------|-------|---|-----------|----|----|----|----|-----|----|---------|---|----|----|----|
|                                 |          | 1     | 6 | 1         | 2  | 6  | 16 | HZ | 1   | 6  | 1       | 2 | 6  | 16 | HZ |
| <b>Sipunculien</b>              |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Golfingia minuta</i>         |          | 2     | 4 |           |    | 3  |    |    | 11  | 7  |         |   |    |    |    |
| <b>Mollusques</b>               |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Buccinum undatum</i>         |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         | 1 |    |    |    |
| <i>Emarginula fissura</i>       |          |       |   |           | 1  |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Diodora apertura</i>         |          | 1     |   |           | 4  |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Calliostoma zizyphinum</i>   |          |       |   |           |    | 1  |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Crepidula fornicata</i>      |          |       | 6 |           | 1  | 6  | 20 |    | 1   |    |         |   |    | 4  |    |
| <i>Dendronotus sp.</i>          |          |       |   |           | 1  |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Musculus discors</i>         |          |       |   |           | 3  |    |    |    | 1   |    |         | 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>Escharella immersa</i>       |          | +     | + | +         | +  | +  |    |    | +   |    |         | + | +  |    |    |
| <i>Schizomavella auriculata</i> |          |       | + |           | +  | +  |    |    | +   |    |         |   | +  |    |    |
| <i>Amphiblestrum flemingii</i>  |          | +     |   |           | +  | +  |    |    | +   |    |         |   |    |    |    |
| <i>Alcyonidium raphanum</i>     |          |       |   |           |    | +  |    |    | +   | +  |         |   |    |    | +  |
| <b>Pycnogonides</b>             |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Nymphon gracile</i>          |          |       |   |           | 1  |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <b>Cirripèdes</b>               |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Balanus crenatus</i>         |          |       | + | +         | +  | +  |    |    |     | ++ |         |   | ++ |    |    |
| <i>Verruca stroemia</i>         |          | 1     | 1 | 6         | 39 | 10 |    |    | 18  | 1  |         |   | 4  |    |    |
| <b>Isopodes</b>                 |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Anthura gracilis</i>         |          | 1     |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <b>Amphipodes</b>               |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Sthenothoe marina</i>        |          |       |   |           |    | 1  |    |    |     | 1  |         |   |    |    |    |
| <i>Urothoe brevicornis</i>      |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    | 2  |    |
| <i>Jassa pusilla</i>            |          |       |   |           | 2  |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Corophium sextonae</i>       |          |       |   |           | 1  |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Cheirocratus intermedius</i> |          |       |   |           |    | 1  |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Erichtonius brasiliensis</i> |          |       |   |           |    | 2  |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Ampelisca spinipes</i>       |          |       |   |           |    |    |    |    |     | 1  |         |   |    |    |    |
| <i>Caprella linearis</i>        |          |       |   |           |    |    |    |    |     | 1  |         |   |    |    |    |
| <b>Décapodes</b>                |          |       |   |           |    |    |    |    |     |    |         |   |    |    |    |
| <i>Eualus pusiolus</i>          |          |       |   |           |    | 1  |    |    | 2   |    |         | 1 | 6  |    |    |
| <i>Pandalus montagui</i>        |          |       |   |           |    |    |    |    | 1   |    |         |   |    |    |    |
| <i>Pandalina brevirostris</i>   |          |       |   |           |    |    |    |    | 4   | 2  | 2       |   | 1  |    |    |
| <i>Galathea intermedia</i>      |          | 1     |   |           |    |    |    |    | 2   | 2  |         |   |    |    |    |

| Espèces                      | Stations | Hiver |   | Printemps |    |    |    | Été |     | Automne |    |     |   |    |    |
|------------------------------|----------|-------|---|-----------|----|----|----|-----|-----|---------|----|-----|---|----|----|
|                              |          | 1     | 6 | 1         | 2  | 6  | 16 | HZ  | 1   | 6       | 1  | 2   | 6 | 16 | HZ |
| <i>Galathea squamifera</i>   |          |       |   |           | 1  |    |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Pisidia longicornis</i>   |          | 3     |   |           | 12 | 2  |    | 1   | 4   | 2       | 20 | 1   |   |    |    |
| <i>Pagurus pubescens</i>     |          |       |   |           |    | 1  |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Pagurus bernhardus</i>    |          |       |   |           | 1  |    |    | 5   |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Anapagurus hyndmanni</i>  |          | 3     | 1 |           |    | 1  |    |     |     |         | 1  |     |   |    |    |
| <i>Pilumnus hirtellus</i>    |          | 4     | 1 |           |    | 1  |    | 4   |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Maja squinado</i>         |          |       |   |           |    | 1  |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Macropodia rostrata</i>   |          | 1     |   |           |    |    |    |     |     |         |    | 1   |   |    |    |
| <i>Hyas coarctatus</i>       |          |       |   |           |    | 1  |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <b>Echinodermes</b>          |          |       |   |           |    |    |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Asterias rubens</i>       |          | 2     |   |           |    |    |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Ophiothrix fragilis</i>   |          |       |   |           |    | 44 |    |     |     |         |    | 245 |   |    |    |
| <i>Psammechinus miliaris</i> |          | 5     | 1 |           |    | 3  |    | 4   |     |         |    |     |   |    |    |
| <b>Tuniciers</b>             |          |       |   |           |    |    |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Ascidia mentula</i>       |          |       |   |           |    | 9  | 2  | 1   |     |         |    | 3   | 1 |    |    |
| <i>Ascidia conchilega</i>    |          |       |   |           |    |    |    |     |     |         |    | 1   |   |    |    |
| <i>Styela clava</i>          |          | 2     | 1 | 20        | 2  | 1  |    | 20  | 11  | 5       | 1  | 2   |   |    |    |
| <i>Styela coriacea</i>       |          | 3     | 7 | 5         | 20 | 1  |    | 17  | 12  | 6       | 7  | 2   |   |    |    |
| <i>Dendrodoa grossularia</i> |          | 1     | 3 | 4         | 25 | 14 |    | 65  | 125 |         | 6  | 3   |   |    |    |
| <i>Molgula manhattensis</i>  |          |       |   | 7         | 5  | 32 |    | 72  | 210 |         |    | 2   |   |    |    |
| <b>Céphalocordés</b>         |          |       |   |           |    |    |    |     |     |         |    |     |   |    |    |
| <i>Amphioxus lanceolatus</i> |          |       |   |           |    |    |    | 2   | 5   |         |    |     |   | 3  |    |

## 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 ».

Au cours de cette année 1999, 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 29 juin, le 26 juillet et le 31 août 1999.

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

### 2.1. Méthodologie

#### 2.1.1. Prélèvements

Le prélèvement consiste en un grattage de substrat au niveau de la ceinture algale à *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 (Photo1 ci-contre).

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 durant ces 3 dernières années le permet de nouveau (Photos 2 ci-contre).

### 2.1.2. Poids des algues

Pour chaque échantillon, les algues sont pesées après dessiccation à l'étuve à 50° C. Nous nous référerons 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.



#### 2.1.4.2. Femelles

Les femelles sont classées en 7 catégories :

- femelles juvéniles ou sans oostégite,
- femelles avec oostégites en cours de différenciation,
- femelles gravides - Stade I embryons sphériques,
- femelles gravides - Stade II : embryons allongés, enveloppes intactes,
- femelles gravides - Stade III : embryons segmentés, enveloppes rompues
- femelles gravides - Stade IV : yeux des embryons bien différenciés,
- femelles vides : marsupium vide.

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

La répartition de cette espèce sur les estrans et son comportement ont été étudiés par de nombreux auteurs (SARS, 1899 ; KING et RUSSEL, 1909 ; NAYLOR, 1955 ; SYWALA, 1964 ; HORLYCK, 1973).

Sa répartition géographique s'étend de la Normandie jusqu'à la Mer Blanche. Cette espèce est à sa limite méridionale dans la région de Paluel et peut donc constituer un bon test pour un éventuel impact thermique.

*Idotea granulosa* se rencontre à tous les niveaux de l'estran mais sa présence est maximale dans le peuplement à *Fucus vesiculosus*.

Les périodes de reproduction sont au nombre de deux : une période estivale (juillet-août) qui concerne les animaux nés l'année précédente et une période automnale (septembre - octobre) qui affecte des individus nés pendant l'été. Il est néanmoins possible de trouver des femelles gravides toute l'année.

L'élevage d'*Idotea granulosa* nous a permis de connaître avec plus de précision le cycle de vie de cette espèce (DEWARUMEZ, 1979).

La mue affecte les adultes selon une périodicité de 26 à 28 jours tandis que chez les juvéniles, la durée d'intermue varie, selon l'âge, de 5 à 20 jours. La gestation des femelles dure 13 à 15 jours. La "ponte" est suivie d'une phase de repos de deux semaines environ, durant laquelle la femelle n'est pas fécondable. Il faut attendre la mue suivante pour que la femelle soit à nouveau fécondable. La gestation n'interrompt donc pas le cycle des mues.



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 15,3 mm (26 juillet 99 – St Valéry).

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 1999, la plus grande femelle atteignait 11,5 mm (26 juillet 99 – St Valéry - femelle gravide de stade 2).

### 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 1 ci-contre, 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 <sup>ère</sup> campagne | 2 <sup>ème</sup> campagne | 3 <sup>ème</sup> campagne |
|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1988 | 101,6                     | 87,6                      | 32,8                      |
| 1989 | 45                        | 109,3                     | 74,5                      |
| 1990 | 38,7                      | 31,1                      | 19                        |
| 1991 | 18,5                      | 0                         | 0                         |
| 1992 | 24,4                      | 35,4                      | 12,2                      |
| 1993 | 0                         | 0                         | 12,1                      |
| 1994 | 46,1                      | 41,3                      | 27,1                      |
| 1995 | 346,9                     | 450,4                     | 490                       |
| 1996 | 628,1                     | 650,3                     | 619,6                     |
| 1997 | 604,7                     | 636,6                     | 599,0                     |
| 1998 | 590,0                     | 617,6                     | 674,8                     |
| 1999 | 533,4                     | 382,1                     | 472,6                     |

**Tableau 2 : densités estimées des Fucus (moyenne en g/m<sup>2</sup>) à St-Valéry-en-Caux entre 1988 et 1999 en période estivale**

| prélèvement<br>par 0,25 m <sup>2</sup> | <i>Littorina littoralis</i> | Gibbule | Patelle | <i>Littorina littorea</i> |
|--|-----------------------------|---------|---------|---------------------------|
| 1                                      | 4                           | 28      | 0       | 0                         |
| 2                                      | 7                           | 14      | 4       | 0                         |
| 3                                      | 2                           | 9       | 4       | 6                         |
| 4                                      | 2                           | 14      | 9       | 6                         |
| Total par m <sup>2</sup>               | 15                          | 55      | 17      | 12                        |

**Tableau 3 : Densité des Gastéropodes au sein des ceintures de *Fucus vesiculosus* à St VALÉRY - août 1999**



### 2.3.1. Densité d'algues

#### 2.3.1.1. St-Valéry-en-Caux

Depuis 1995, les Fucus vésiculeux se sont réinstallés sur le site de St Valéry-en-Caux.

En observant le tableau 2 ci-contre, on constate cependant que les densités algales sont plus faibles que celles observées ces trois dernières années (96-97-98).

Les densités observées fin juillet (382,1 g /m<sup>2</sup>) et fin août (472,6 g /m<sup>2</sup>) sont même moins élevées qu'en 1995 ( 450,4 et 490) année correspondant à la réinstallation des Fucus sur l'estran de St Valéry.

Nous avons constaté qu'au moment des prélèvements, on observait de nombreuses *Littorina littoralis*, gastéropode brouteur de Fucus. On a pu ainsi compter en août par m<sup>2</sup> : 15 *Littorina littoralis*, 55 Gibbules, 17 Patelles et 12 *Littorina littorea* (tableau.3).

Peut-être existe-t'il une corrélation entre cette abondance de Gastéropodes consommateurs de Fucus et la diminution relative des Fucus ? En reprenant les données antérieures (analyse de la radiale, arrêtée en 1990), on constate que cette espèce ne figure pas dans les relevés de 1987, 88, 89 mais que l'on a noté 4 *Littorina littoralis* par m<sup>2</sup> en 84 et 100 en 85.

Un suivi ultérieur de cette espèce devrait nous permettre, en fonction de l'évolution de la ceinture algale, d'accréditer ou d'infirmer cette hypothèse.



|      | 1 <sup>ère</sup> campagne | 2 <sup>ème</sup> campagne | 3 <sup>ème</sup> campagne |
|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1988 | 489,2                     | 530                       | 429,2                     |
| 1989 | 573,2                     | 590,5                     | 603,3                     |
| 1990 | 354                       | 714,9                     | 595,6                     |
| 1991 | 903                       | 980,9                     | 855                       |
| 1992 | 896,9                     | 867,8                     | 917,8                     |
| 1993 | 787,4                     | 929,5                     | 771,3                     |
| 1994 | 823,5                     | 782,9                     | 598,7                     |
| 1995 | 704,8                     | 827,2                     | 715,7                     |
| 1996 | 716,3                     | 682,3                     | 679,6                     |
| 1997 | 655,1                     | 735,9                     | 793,6                     |
| 1998 | 794,1                     | 669,6                     | 868,1                     |
| 1999 | 549,9                     | 461,4                     | 570,6                     |

**Tableau 4 : densités estimées des Fucus (moyenne en g/m<sup>2</sup>) à Veulettes entre 1988 et 1999 en période estivale**

| prélèvement<br>par 0,25 m <sup>2</sup> | <i>Littorina littoralis</i> | Gibbule | Patelle |
|--|-----------------------------|---------|---------|
| 1                                      | 17                          | 17      | 3       |
| 2                                      | 71                          | 12      | 0       |
| 3                                      | 13                          | 6       | 7       |
| 4                                      | 13                          | 4       | 7       |
| Total par m <sup>2</sup>               | 55                          | 41      | 17      |

**Tableau 5 : Densité des Gastéropodes au sein des ceintures de *Fucus vesiculosus* Veulettes - août 1999**



### 2.3.1.2. Veulettes

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

On constate (tableau 4) que les densités algales ( poids sec au m<sup>2</sup> ) sont beaucoup plus faibles que celles des années antérieures. Le chiffre le plus faible est relevé cette année, fin juillet avec 461,4 g/ m<sup>2</sup> .

Les chiffres de densités algales sont du même ordre de grandeur que ceux constatés en 88-89 !

Il faut noter que lors des prélèvements de juillet et août, de nombreux Gastéropodes ont été trouvés parmi les Fucus. En juillet on dénombrait 50 *Littorina littoralis* au m<sup>2</sup> et en août (tableau 5) on a pu recenser 55 *Littorina littoralis* ainsi que 41 Gibbules au m<sup>2</sup> et 17 Patelles m<sup>2</sup> .

En juillet, les pieds de Fucus présentait de longues frondes décharnées, comme « mangées », ce qui est en relation avec le chiffre faible de poids sec algal 461,4 g/ m<sup>2</sup> par rapport à 570,6 g/ m<sup>2</sup> constaté fin août où de nouvelles pousses couvraient les rochers.

Les abondances de Gastéropodes notées à St Valéry (tableau 3) et à Veulettes (tableau 5) permettraient d'accréditer la relation directe de cause à effet entre cette chute de densités d'algues et le nombre de *Littorina littoralis*.

Est-ce qu'en 1999, les conditions météorologiques ont permis un recrutement exceptionnel de ce Gastéropode ? Lors des prélèvements en 2000, il nous faudra effectuer un contrôle de densité de ces Mollusques.

Comme les années précédentes, on note (tableaux 2 et 4) que les poids algaux sont plus élevés à Veulettes qu'à St Valéry.



|      | 1ère campagne | 2ème campagne | 3ème campagne |
|------|---------------|---------------|---------------|
| 1988 | 6,75          | 1,5           | 0,25          |
| 1989 | 3,75          | 18,25         | 0,5           |
| 1990 | 3,75          | 3             | 3,75          |
| 1991 | 3,5           | 0             | 0             |
| 1992 | 8,25          | 0,75          | 0,5           |
| 1993 | 0             | 0             | 4,75          |
| 1994 | 3             | 4,5           | 1,75          |
| 1995 | 57            | 118,5         | 53            |
| 1996 | 89            | 195           | 86            |
| 1997 | 79            | 66,25         | 39            |
| 1998 | 75,75         | 162,75        | 56,25         |
| 1999 | 67,75         | 69            | 36            |

**Tableau 6 : 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 entre 1988 et 1999**

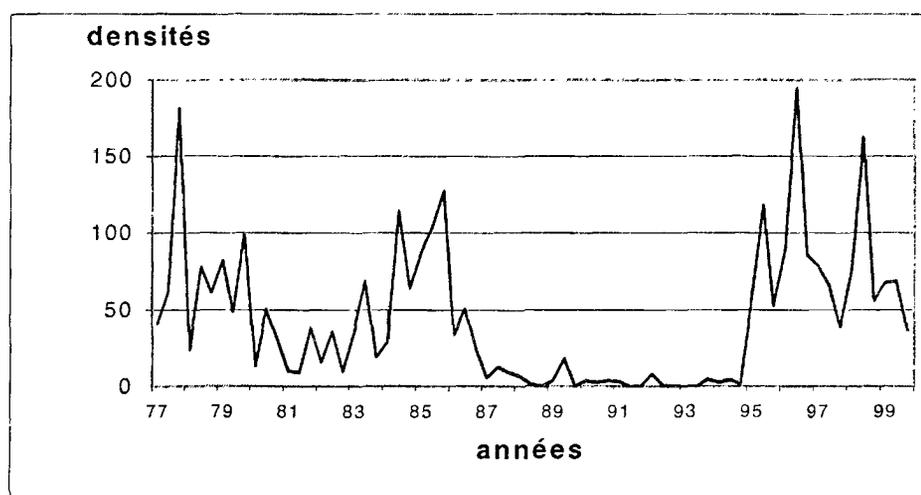


## 2.3.2. Densité d'*Idotea granulosa*

### 2.3.2.1. St-Valéry-en-Caux

On constate que les densités d' *Idotea granulosa* sont plus faibles que celles de l'année dernière (cf tableau 6 ci-contre).

Les chiffres sont du même ordre de grandeur que ceux de 1997 avec un maximum observé cette année à la fin du mois de juillet, de 69 Idotées par m<sup>2</sup>.



**Figure 1 : évolution des densités d'Idotées au m<sup>2</sup> entre 1977 et 1999 à St-Valéry-en-Caux**

Globalement et malgré les fluctuations, les densités sont importantes et du même ordre que celles d'il y a 20 ans (figure 1 ci-dessus).

Après la quasi-disparition de l'espèce de 1987 à 1994, la recolonisation observée en 1995 se poursuit.

|      | 1 <sup>ère</sup> campagne | 2 <sup>ème</sup> campagne | 3 <sup>ème</sup> campagne |
|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1988 | 33                        | 83                        | 40,75                     |
| 1989 | 23                        | 83,75                     | 17,5                      |
| 1990 | 70,25                     | 113,75                    | 35                        |
| 1991 | 117,5                     | 145,25                    | 142,75                    |
| 1992 | 106,5                     | 159                       | 85,5                      |
| 1993 | 74,75                     | 102,75                    | 54,25                     |
| 1994 | 134,5                     | 86,5                      | 58,75                     |
| 1995 | 103                       | 181,3                     | 49                        |
| 1996 | 45                        | 173,5                     | 172,75                    |
| 1997 | 180                       | 71,25                     | 38                        |
| 1998 | 162,75                    | 188,25                    | 155,25                    |
| 1999 | 123,50                    | 75,50                     | 36                        |

**Tableau 7 : Densités d'*Idotea granulosa* (nombres d'individus par m<sup>2</sup>) lors des trois campagnes estivales de prélèvements réalisées à Veulettes entre 1988 et 1999**

### 2.3.2.2. Veulettes

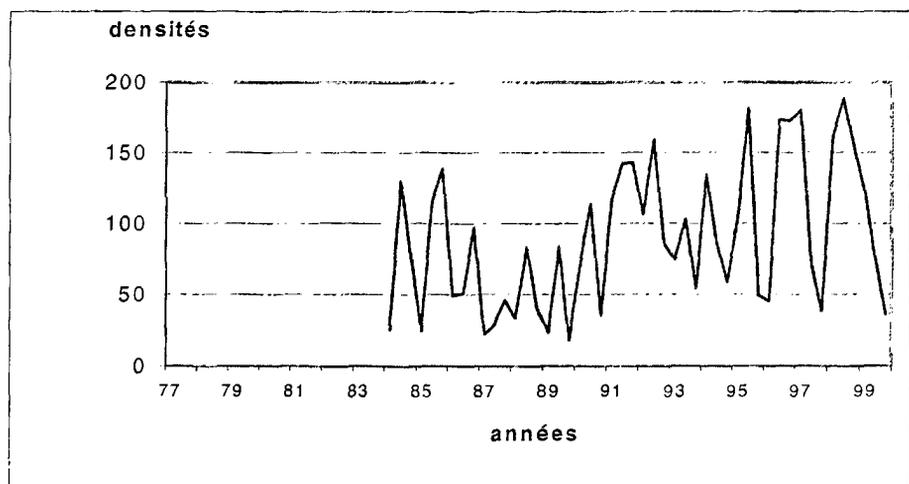
A Veulettes, comme à St Valéry, les densités d' *Idotea granulosa* relevées cette année (tableau 7), sont beaucoup plus faibles que celles de 98 surtout fin juillet ( 75,5 individus au mètre carré) et fin août ( 36 individus au mètre carré).

Les chiffres sont du même ordre de grandeur que ceux observés en 97.

En juillet le chiffre de densité est légèrement supérieur à Veulettes et fin juin il est deux fois plus élevé à Veulettes qu'à St Valéry.

Fin août, on constate que les densités d' *Idotea granulosa* sont identiques à St Valéry et à Veulettes.

Les densités d'Idotées en fin de saison (3<sup>ème</sup> campagne) sont très fluctuantes depuis 1995. On constate, une année sur deux, que de faibles densités alternent avec des valeurs élevées!



**Figure 2 : évolution des densités d'Idotées au m2 entre 1977 et 1999 à Veulettes**

L'observation (figure 2) des densités depuis 84, sur le site de Veulettes, semble indiquer une densité globale moyennée en hausse depuis 1987 avec des fluctuations entre minima et maxima de densités d'importance croissante !



|      | 1 <sup>ère</sup> campagne |           | 2 <sup>ème</sup> campagne |           | 3 <sup>ème</sup> 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      |

**Tableau 8 : rapport entre la densité d'*Idotea granulosa* et le poids sec d'algues par m<sup>2</sup> sur les sites de St-Valéry-en-Caux et Veulettes pour les dix dernières années**

Le choix de suivre les *Idotea granulosa* sur un site susceptible d'être impacté par le réchauffement des eaux issues de la Centrale (site de St Valéry) comparé à celles d'un site témoin (en amont de la dérive des masses d'eaux : site de Veulettes) se justifie par l'extension géographique de cet isopode. Cette espèce est en effet une espèce nordique dont la Normandie correspond à sa limite d'extension méridionale.

Cette espèce intertidale profite de l'abri que lui procure les fucacés (préférentiellement *Fucus vesiculosus* au niveau de l'étage médiolittoral moyen) pour résister à la houle et aux courants.

Cependant, des prédatations, des pollutions chimiques ou de fortes tempêtes peuvent affecter spécifiquement les ceintures d'algues et donc indirectement amoindrir les populations d'Idotées sur les sites !

En reprenant les données de densités d'Idotées corrélées aux densités d'algues (exprimées en poids sec par mètre carré), on peut calculer des pourcentages et mieux comparer les variations sur les deux sites et tenter d'apprécier les effets d'éventuels impacts (tableau 8 ci-contre).

A St Valéry, les pourcentages de densités d'Idotées sont stables en début d'été depuis la recolonisation algale en 1995. Avec les recrutements, la population d'Idotées double en juillet hormis durant l'année 1997 qui semble exceptionnelle. Avec la disparition de la majorité des adultes, la densité d'Idotées est la plus faible lors de la 3<sup>ème</sup> campagne.

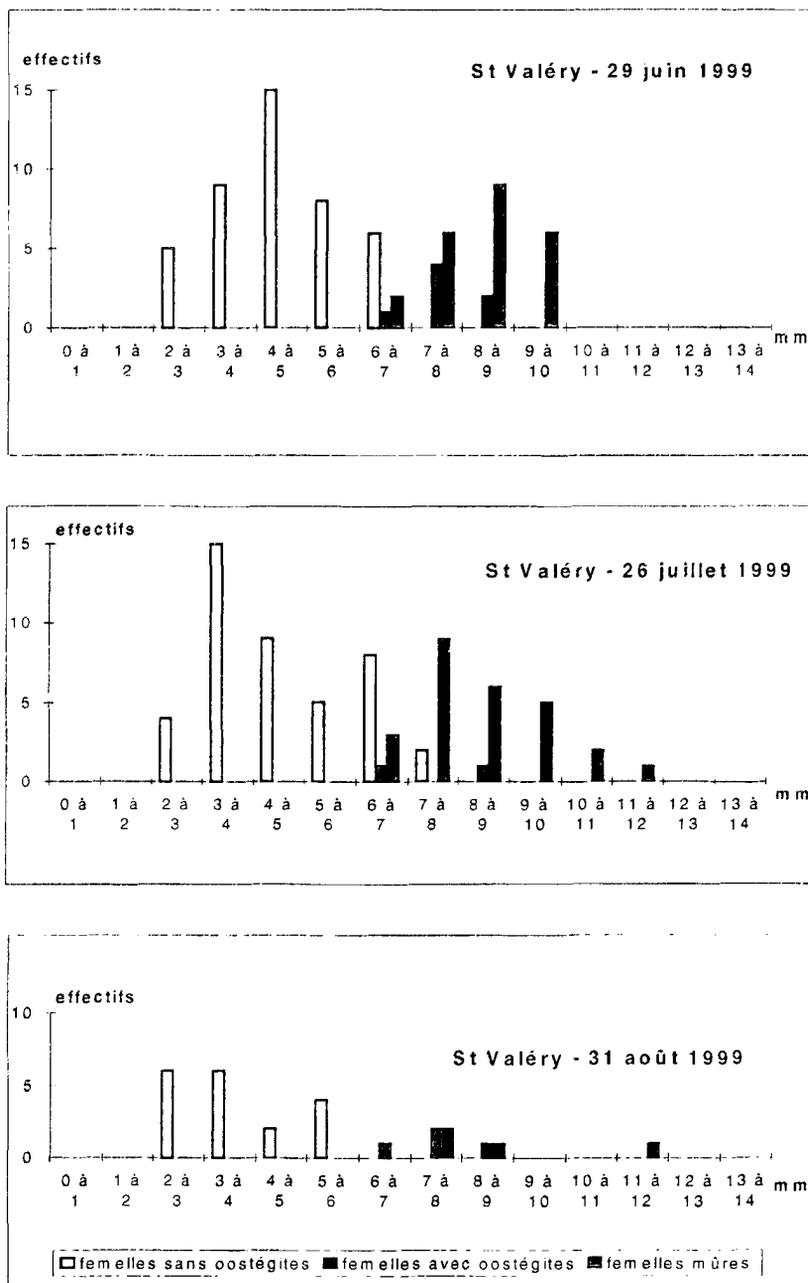
A Veulettes, en 1995,96 et 98, les pourcentages de densités d'Idotées/algues par m<sup>2</sup> sont les plus fortes fin juillet tandis qu'en 1997 comme en 1999, on constate une forte diminution des densités de cet isopode de fin juin à fin août.

Est-ce imputable à la prédation par *Littorina littoralis* ? Il faut être prudent et relativiser les conclusions. Nous manquons de références antérieures : l'analyse de la faune de l'estran (radiale) a été arrêtée en 90 et la nouvelle stratégie adoptée en 1987 allégeant l'échantillonnage avec 3 prélèvements centrés en 1989 sur la période estivale, ne permet pas de conclure quant aux causes de ces fluctuations annuelles.

En comparant date à date, les pourcentages de densités d'*Idotea* aux algues par m<sup>2</sup> entre les deux sites en 1999, c'est à Veulettes en début d'été que l'on observe les plus fortes valeurs. Par contre à St Valéry, c'est en juillet et août que l'on observe des valeurs supérieures à celles du site témoin !

Cette même observation peut-être faite en 95 et 97 !





**Figure 3 : histogrammes de fréquence de taille  
chez *Idotea granulosa* femelles.  
St-Valéry - 1999**

Durant l'été, l'impact de mauvaises conditions météorologiques (arrachement des algues) et (ou) la prédation des algues (brouillage par les Littorines) auraient plus d'effet sur le site témoin de Veulettes que sur le site de St Valéry.

Il semble, dans ces conditions, difficile d'apprécier l'incidence d'un éventuel impact thermique !

#### **2.4. Variation des tailles d'*Idotea granulosa***

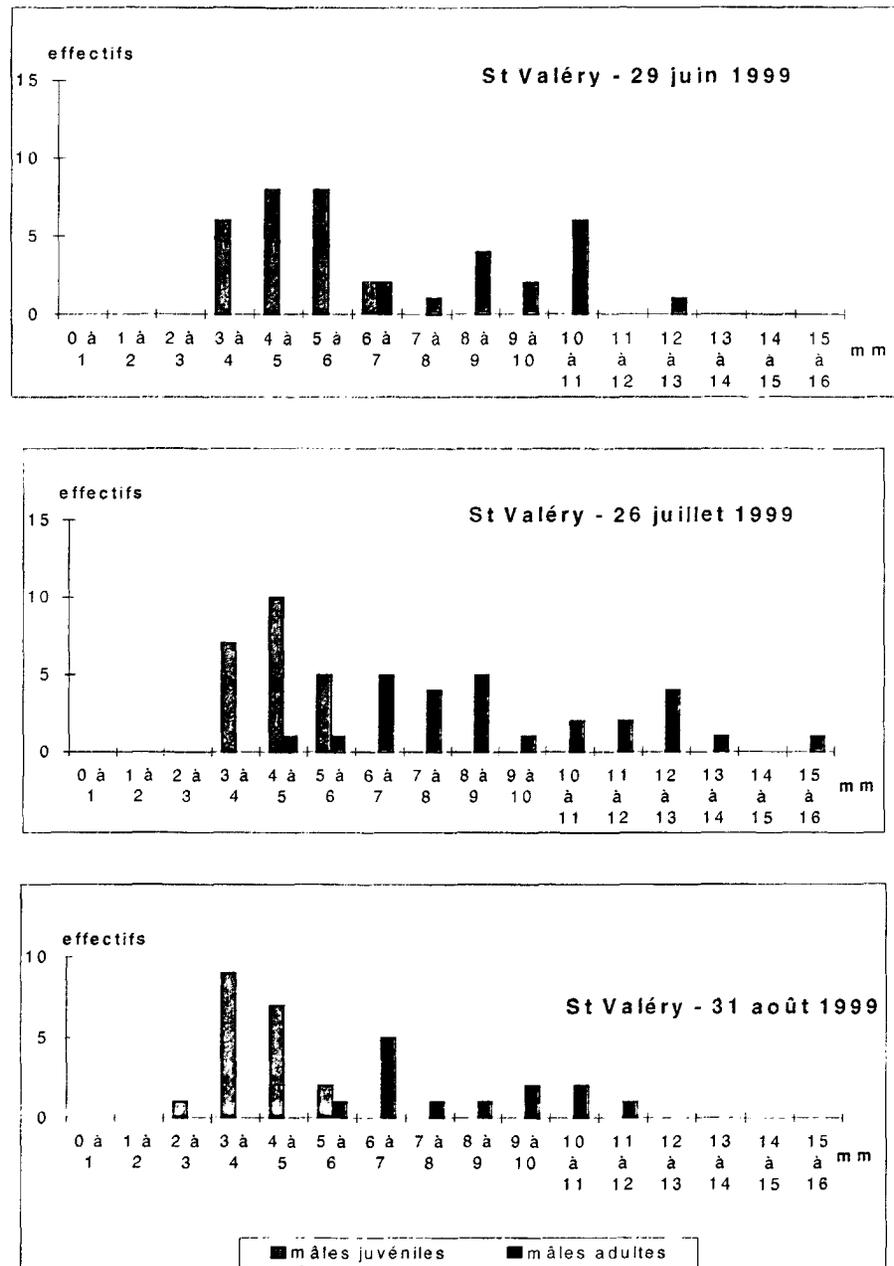
Les valeurs des tailles des *Idotea granulosa* ont été reportées sur des histogrammes en fonction de l'effectif : figures 3, 4, 5, 6.

A St Valéry, on note des cohortes importantes de juvéniles surtout fin juin et fin juillet pour les femelles et sur les 3 périodes de prélèvement pour les mâles (Figures 3 et 4).

La moyenne de taille des femelles juvéniles se situe entre 4 et 5 mm en juin et plutôt entre 3 et 4 mm en juillet et août (fig.3).

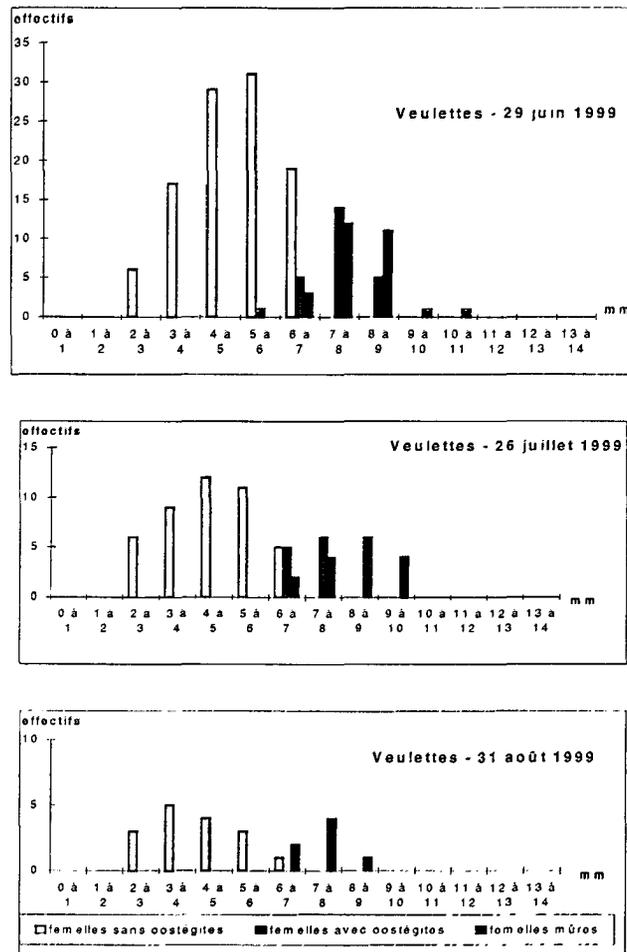
Les femelles mûres sont en proportion non négligeable en juin et juillet .

En août, leur proportion est très faible, l'essentiel des pontes a du se produire début août : la proportion de femelles mûres est en effet très faible fin août (figure 3).



**Figure 4 : histogrammes de fréquence de taille chez *Idotea granulosa* mâle à St-Valéry - 1999**

Pour les mâles juvéniles la moyenne de taille est de 4 à 5 mm.  
 Sur les trois campagnes de prélèvement, les cohortes de mâles adultes sont légèrement plus faibles que celles des juvéniles mais en nombre suffisant pour assurer la fécondation (figure 4 ci-contre)



**Figure 5 : histogrammes de fréquence de taille chez *Idotea granulosa* femelles à Veulettes - 1999**

A Veulettes, les femelles juvéniles constituent des cohortes importantes en juin et juillet mais on ne les retrouve pas en juillet-août (figure 5 ci-dessus). Y aurait-il eu mortalité des adultes fautes d'abris algaux ?

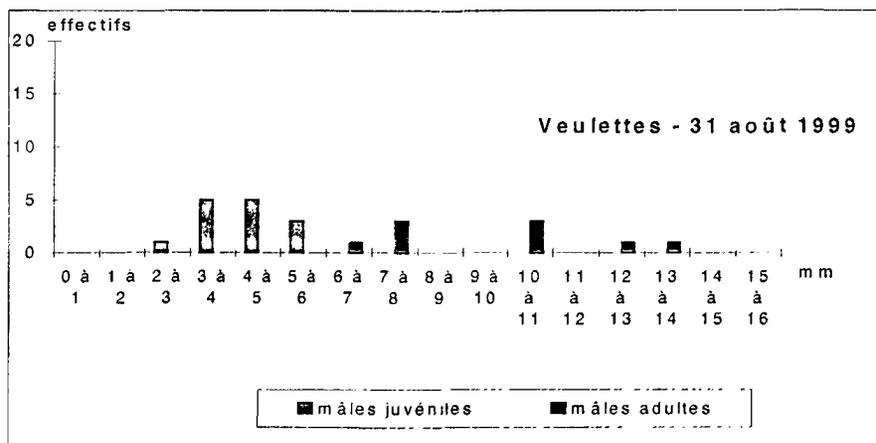
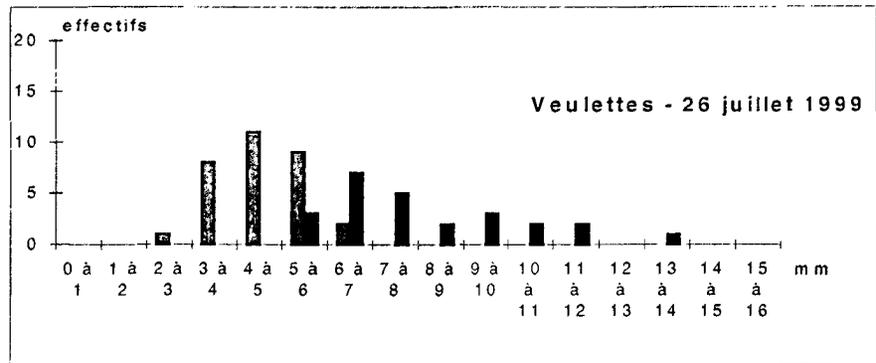
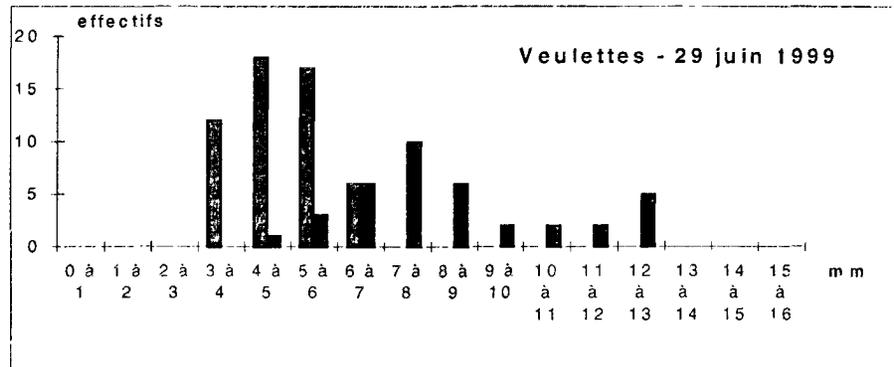


Figure 6 : histogrammes de fréquence de taille chez *Idotea granulosa* mâles à Veulettes - 1999

Les mâles juvéniles forment une cohorte importante en juin (fig.6 ci-contre).

Leur nombre diminue comme chaque année au cours de l'été.

Les mâles mûrs sont cependant, fin juillet, en nombre suffisant pour la faible quantité de femelles parvenues à maturité..

## 2.5. Variation du sex-ratio

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 9 ci-dessous.

|                     | 29 juin 1999 |           | 26 juillet 1999 |           | 31 août 1999 |           |
|---------------------|--------------|-----------|-----------------|-----------|--------------|-----------|
|                     | St Valéry    | Veulettes | St Valéry       | Veulettes | St Valéry    | Veulettes |
| % juvéniles         | 65,49        | 73,47     | 55,83           | 67,46     | 71,93        | 65,96     |
| % mâles juvéniles   | 21,24        | 21,63     | 18,33           | 24,60     | 33,33        | 29,78     |
| %femelles juvéniles | 44,25        | 51,84     | 37,50           | 42,86     | 38,60        | 36,18     |
| % femelles gravides | 19,47        | 9,39      | 16,67           | 12,70     | 3,51         | 8,51      |
| % femelles vides    | 0,88         | 2,04      | 5               | 0         | 1,75         | 6,38      |
| % mâles adultes     | 14,16        | 15,10     | 22,50           | 19,84     | 22,81        | 19,15     |
| sex-ratio           | 0,548        | 0,581     | 0,690           | 0,800     | 1,28         | 0,958     |

**Tableau 9 : répartition des sexes chez *Idotea granulosa* – Paluel 1999**

A St Valéry comme à Veulettes, les juvéniles représentent un pourcentage élevé de la population pendant toute la saison estivale.

Les femelles prédominent dans les différents prélèvements : le sex-ratio (rapport entre le nombre de mâles et celui des femelles) est inférieur à 1, excepté à St Valéry, en août où les mâles prédominent (sex-ratio = 1,28).

## 2.6. Conclusion

Cette année les densités d'algues sont plus faibles à St Valéry qu'en 1996, 97 et 98. Elles sont du même ordre qu'en 1995 année de réinstallation de la ceinture à *Fucus vesiculosus* sur cet estran.

Une observation comparable peut être déduite des valeurs de densités d'algues observées à Veulettes. Les densités y sont notoirement plus faibles que les années précédentes ; elles sont du même ordre qu'en 1988/89 !

La présence de *Littorina littoralis* gastéropode brouteur de fucacées qui a été notée cette année sur ces deux sites, pourrait en être la cause : sa présence et son abondance doivent être surveillées à l'avenir.

Les fortes tempêtes estivales qui ont affectées cette année tant en juillet qu'en août le littoral de la Manche peuvent également avoir contribué à arracher les algues et avoir amoindri la densité de fucales sur l'estran.

La couverture algale est cependant, en 1999, plus forte à Veulettes qu'elle ne l'est à St Valéry.

Les densités d'*Idotea granulosa* sont plus faibles à St Valéry ; elles sont comparables à celles de 1995.

A Veulettes, les densités d'Idotées durant les mois de juillet et août sont beaucoup plus faibles que lors des dix années antérieures !

On note, sur ce site une diminution des densités d'Idotées en cours de saison (de juin à août) alors qu'ordinairement, avec les premiers recrutements estivaux, les densités d'Idotées sont plus élevées lors de la seconde campagne ; on y observe comme en 1994 et 1997, une diminution d'abondance d'Idotées au cours de la saison.

Par ailleurs, les fluctuations entre densités maximales et minimales d'Idotées ne cessent de s'accroître depuis ces dix dernières années.

La comparaison en pourcentage des Idotées présentes par poids d'algues et par mètre carré confirme ces observations.

En début de saison (1<sup>ère</sup> campagne) les Idotées sont plus abondantes à Veulettes qu'à St Valéry mais le site de référence (hors impact thermique) qu'est Veulettes semble plus affecté en juillet-août que le site de St Valéry ! La température n'est donc plus alors le facteur dominant permettant d'expliquer les variations d'*Idotea* et d'apprécier l'éventuel impact thermique.

Est-ce que le préférendum thermique est dépassé (passage de juin à juillet), et que la population d'*Idotea* ne réagit plus à ce seul paramètre ?

Il nous faudrait compléter l'échantillonnage avec des données printanières pour mieux cerner les fluctuations annuelles de l'espèce cible sur les deux sites et tenter d'apprécier l'incidence des différents impacts : impact thermique ? impact météorologique ? ou impact par prédation biologique du support algal ?



---

## 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.

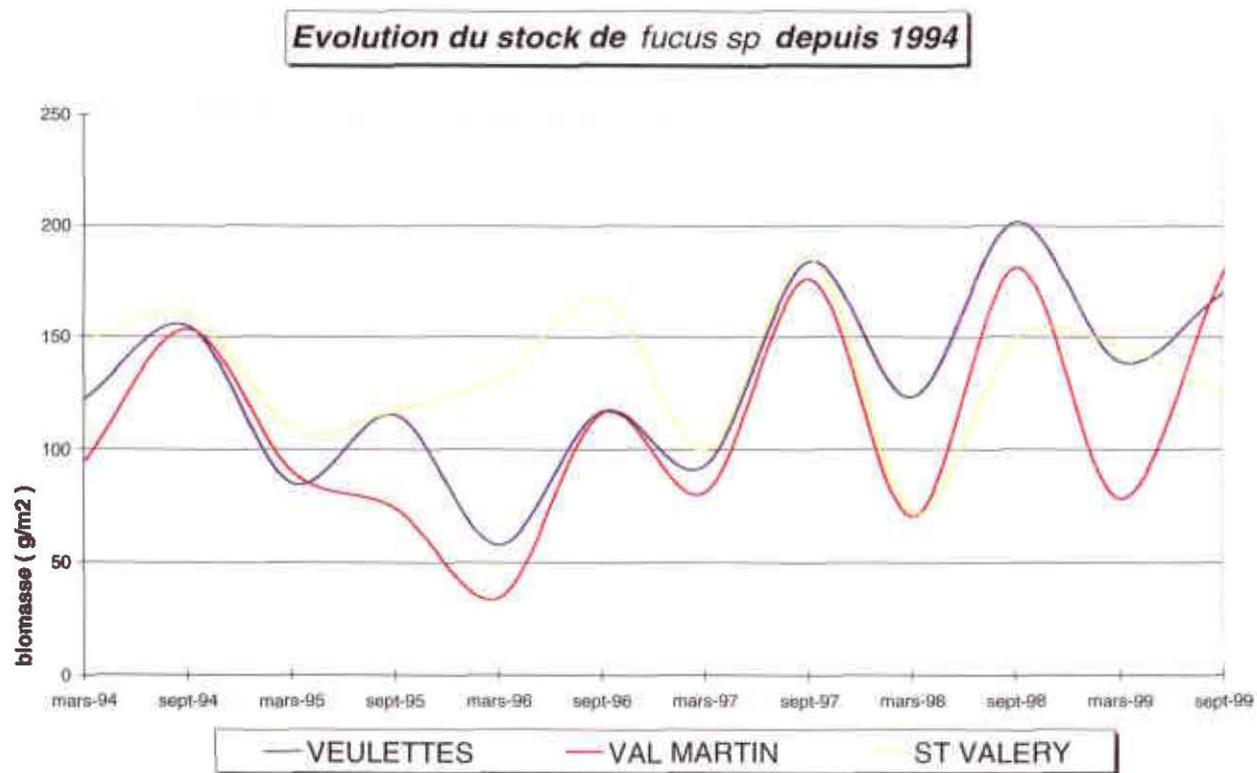
**SARS G.O.**, 1899. An account of Crustacea of Norway, II. *Isopoda*. *Alb. Cammer Meyers Forlag Cristiana* 270 p, 100 pl.

**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.



## 8. LE PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

**Franck MAHEUX**  
**Hervé du BOULLAY**



**Figure 8.1 : évolution du stock de Fucus sp depuis 1984**

## 8.1. Généralités

Depuis 1994, dans le cadre de la dernière convention, 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 annuel.

Trois radiales ont été choisies d'est en ouest :

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

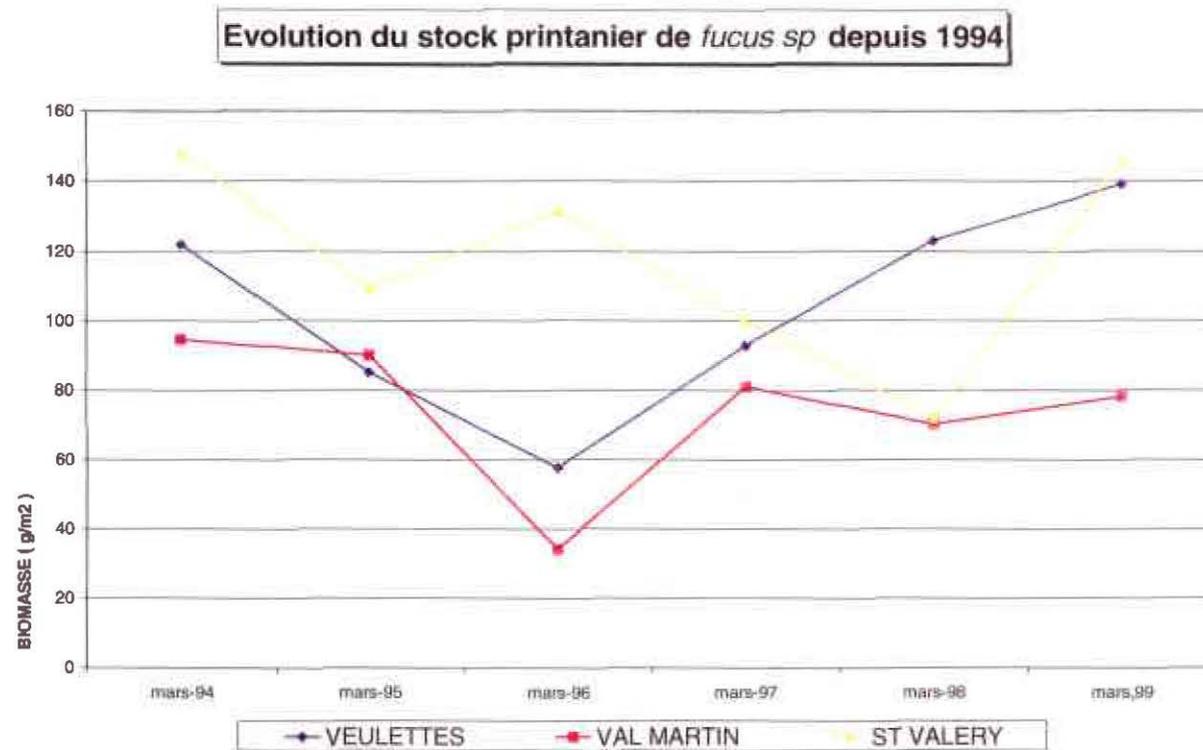
La méthodologie employée au cours de l'année 1999 ne comporte désormais, comme en 1998, qu'une estimation de la biomasse et de la fertilité par échantillonnage au hasard de 10 carrés de 0.25 m<sup>2</sup>.

## 8.2. Résultats des biomasses de *Fucus serratus* et *vesiculosus* (fig 1)

L'analyse des mesures de biomasses obtenues nous montre donc essentiellement que :

- Sur le site de Veulettes, la lente mais constante recolonisation observée depuis 1996 semble maintenant se stabiliser.
- Sur le site de Val Martin nous observons la même progression.
- Sur le site de St Valéry en Caux la biomasse printanière est particulièrement importante (145 g/m<sup>2</sup>). En revanche celle de septembre est très basse (124,3g/m<sup>2</sup>), comparable à septembre 1995.





**Figure 2 : évolution du stock printanier de *Fucus sp* depuis 1984**

### 8.2.1. Evolution du stock printanier ( fig 2)

Depuis mars 1994 la tendance générale de ce stock est approximativement la même pour les sites de Veulettes et de Val Martin, à savoir une chute brutale jusqu'à mars 1996 puis une remontée nette à Veulettes jusqu'à mars 1999 . A Val Martin celle-ci ne se fait que jusqu'à mars 1997 pour se stabiliser ensuite , avec toutefois une légère baisse en mars 1998.

En revanche le site de St Valéry reste atypique car après une première baisse de ce stock de mars 1994 à mars 1995 comme les deux autres sites, nous observons successivement une forte remontée jusqu'en mars 1996, puis de nouveau une chute brutale jusqu'en mars 1998 et enfin une recolonisation observée en mars 1999.

### 8.2.2. Evolution du stock automnal ( fig 3)

De même que pour le stock printanier nous observons logiquement pour les trois sites étudiés une baisse de septembre 1994 à septembre 1995, puis une remontée jusqu'en septembre 1997. A partir de cette date les stocks de Veulettes et de Val Martin se stabilisent avec toutefois une légère baisse pour le premier de septembre 1998 à septembre 1999, alors qu'à St Valery nous relevons une chute importante de ce stock.

### 8.2.3. Taux de fertilité

L'examen des taux moyens de fertilité mesurés ne permet pas de relever de différence significative par rapport aux années précédentes : ainsi, en automne et en moyenne sur les trois sites nous retrouvons les ordres de grandeur de 80% de fertilité et de 20% de non fertilité et au printemps ces chiffres s'inversent parfaitement.



## CONCLUSION :

Les valeurs relevées au cours des deux campagnes de l'année 1999 confirment que globalement, les biomasses et la fertilité de *fucus sp* se maintiennent toujours à un niveau moyen avec de logiques variations saisonnières.

Seul le site de St Valery diffère sensiblement avec, en particulier, une biomasse automnale la plus faible depuis le début de ce suivi des populations de fucaçées.



## 9 – L'HALIEUTIQUE

Jean-Paul DELPECH  
Pascal RAULIN



### 9.1 - Situation au 31.12.99 des effectifs et des caractéristiques des flottilles artisanales du quartier maritime de Fécamp

Les 38 bateaux immatriculés au quartier maritime de Fécamp au 31 décembre 1999 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          | 79     | 13  | 13     |
| 10m < L < 17m     | 12         | 17         | 181    | 18  | 18     |
| L > 17m           | 22         | 81         | 444    | 18  | 7      |
|                   |            |            |        |     | 38     |

On peut constater que c'est une flottille vieillissante.

La répartition de ces navires selon les trois secteurs géographiques d'exploitation classiquement retenus dans le quartier de Fécamp montre que 2 unités ont disparu depuis 1998, ce qui ne bouleverse pas la structure de la flottille :

| année | Fécamp Est | Fécamp | Fécamp Ouest | total |
|-------|------------|--------|--------------|-------|
| 1995  | 17         | 17     | 2            | 36    |
| 1996  | 17         | 17     | 2            | 36    |
| 1997  | 17         | 16     | 2            | 35    |
| 1998  | 15         | 23     | 2            | 40    |
| 1999  | 14         | 22     | 2            | 38    |

Remarque : le système des statistiques de pêche françaises, qui est placé sous la responsabilité de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture, est depuis le début de l'année 1999 en pleine réorganisation. C'est ainsi qu'une nouvelle chaîne de traitement des informations de production et effort de pêche a été livrée aux Centres Régionaux de Traitement des Statistiques. Or cette chaîne de traitement n'est pas encore pleinement opérationnelle et n'a pas pu nous fournir les informations qui nous sont indispensables pour établir le calendrier d'activité de la majorité des bateaux, dont ceux de Fécamp.



A ce jour nous ne disposons donc que de calendriers d'activité partiels, ce qui est sans intérêt pour le présent rapport. Nous espérons être en mesure de fournir le calendrier d'activité 1999 complet pour le prochain rapport.

## 9.2 - Production

En 1999, 7022 tonnes de produits de la mer (dont 68 t de retraits) ont été vendues en criée de Fécamp, soit une augmentation de 15% par rapport à l'année 1998.

Comme chaque année, ce sont les trois espèces pélagiques (hareng, sardine, maquereau) qui représentent les plus forts tonnages, mais l'autre pélagique important, le chinchard, accuse une baisse sensible cette année (10 tonnes seulement contre 27 en 1998). Mais cette baisse est sans doute due, tout comme celle observée pour le tacaud (68 t contre 115 en 98), aux conditions de marché, souvent fluctuantes sur ce genre de produits aux débouchés incertains. Trois espèces majeures sont en forte régression : la morue (291 t contre 510) mais le phénomène est rencontré partout en Manche cette année, le griset ou dorade grise (55 t contre 143), et le lieu jaune (22 t contre 112 en 98, mais 21 t en 97); mais la diminution de ces deux dernières espèces est sans doute liée au fait que leur présence en Manche Orientale n'est pas constante d'une année à l'autre.

Parmi les espèces à forte valeur marchande, on note des augmentations sensibles pour la sole et la coquille St-Jacques (toujours les deux premières espèces en valeur à Fécamp ; le prix moyen de la coquille a augmenté malgré la hausse des débarquements, alors que celui de la sole a diminué au contraire), et des baisses pour des espèces dont la grande variabilité interannuelle est bien connue en Manche, comme la seiche, le calmar ou le rouget-barbet.

Contrairement au trois années antérieures on peut remarquer une progression du nombre de navires au port de Fécamp, au détriment de la partie Est du quartier. Il s'agit d'unités de faible capacité d'une longueur inférieure à 10 mètres n'ayant pas d'incidence importante sur la puissance globale.



## CONCLUSION GENERALE

Au niveau de **la pluviométrie**, les résultats enregistrés à Fécamp depuis 1990, montrent que 1999 est comparable avec 1997 et 1998 et fait partie, avec 1992 et 1994, des années les plus pluvieuses depuis 10 ans. La courbe mensuelle nous indique que le mois de décembre a été le mois le plus pluvieux depuis 7 ans. Par rapport aux dates des campagnes Thalia, il faut signaler la forte pluviométrie enregistrée en août et septembre, avec plus de 150 mm, détient avec le mois de septembre 1997 (>200mm), le record des mois les plus pluvieux des sept dernières années.

Pour ce qui est de **la température de l'air**, l'année 1999 est très nettement la plus chaude des 7 dernières années pour les 9 premiers mois de l'année. A partir du mois d'octobre, les températures sont très comparables à celles de l'année dernière.

En ce qui concerne la **température de l'eau de mer**, le  $\Delta t$  le plus important, entre la moyenne rejet et référence, est enregistré en mars avec  $2,78^\circ$  tandis que pour les deux campagnes de juillet et septembre on observe respectivement des valeurs de  $2,46$  et  $1,65^\circ$ .

Les valeurs moyennes mensuelles enregistrées dans le canal d'aménée sont supérieures, de janvier à octobre, à la moyenne mensuelle de ce même canal depuis 1991.

Ce n'est que pour les 3 derniers mois de l'année 1999 que les valeurs rejoignent la moyenne enregistrée depuis 9 ans.

**Les mesures de salinité** 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 pps quelle que soit l'année ou la saison.

**Le paramètre « Matières en suspension »** 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.

En 1999, la charge en MES confirme dans l'ensemble le gradient côte-large décroissant classiquement observé.

La mesure de ce paramètre montre de grandes variations interannuelles de ce paramètre. Le point le plus stable est observé au début de l'été au point référence.



Au printemps, **les valeurs en sels nutritifs** sont nettement supérieures à 1998. Les faibles valeurs en chlorophylle nous indiquent que le bloom planctonique et la consommation des sels nutritifs habituellement associée, ne s'est pas encore produit. Les teneurs en ammonium restent faibles avec un gradient décroissant côte/large bien marqué.

Au début de l'été les concentrations en sels nutritifs ont nettement diminué avec cependant des valeurs en ammonium qui, tout en restant faibles, augmentent cependant sur les trois points par rapport à 1998. Le gradient côte/large décroissant est respecté pour les nitrates/nitrites.

A la fin de l'été, l'ensemble des valeurs est en diminution au point d'atteindre des niveaux parmi les plus faibles depuis 10 ans. Le gradient décroissant côte/large est moins marqué.

**La surveillance microbiologique** du site de la centrale de Paluel pendant l'année 1998 donne les résultats suivants :

➤ Le **nombre de germes totaux** retrouvés dans l'eau de mer est le même au large et aux point amenée et rejet des eaux de refroidissement de la centrale. Ce résultat est identique à celui de la campagne 1998.

➤ Le **nombre de germes revivifiables** contenus dans les **eaux de rejets de la centrale de PALUEL est cette année plus important** que celui des points référence et amenée. Ceci est particulièrement vrai en été et à l'automne. Par rapport à l'année 1998 , **le nombre de germes dénombrés reste du même ordre de grandeur.**

➤ Il y a présence cette année en été et en automne de **vibrio-halophiles du genre Vibrio alginolyticus en faible quantité** aux trois points de contrôle ce qui tendrait à montrer la faible incidence de la centrale. En 1998 aucun vibrio halophiles du genre Vibrio alginolyticus n'avait été retrouvé.

➤ Le dosage des **organo-halogénés volatils** montre la **présence de tribromométhane en quantité plus importante dans les eaux de rejets** qu'aux autres points de contrôle des environs marins la centrale de Paluel. Par rapport à l'année 1998, il n'y a **pas cette année d'augmentation de la teneur en tribromométhane dans les eaux de rejets** de la centrale de Paluel.

En ce qui concerne le **phytoplancton**, au cours de cette année les valeurs moyennes en chlorophylle s'échelonnent entre 0,28  $\mu\text{g/l}$  au point référence en septembre et 1,56  $\mu\text{g/l}$  à ce même point au mois de juin.

Dans l'ensemble les valeurs restent relativement faibles et très comparables aux années antérieures, notamment depuis 1994 où les prélèvements ont été réalisés chaque année à la même période.

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

On peut noter le petit pic du mois de juillet au point référence, qui correspond à une chute des sels nutritifs.

En ce qui concerne les gradients côte/large, ceux-ci sont peu marqués, les valeurs étant très proches les unes des autres. Cependant on peut noter une décroissance en mars et septembre, et un gradient inversé en juillet.

Les résultats de Production primaire montre une stabilité des résultats depuis 1993.

En 1999 les valeurs s'échelonnent entre un maximum de 11,1 Mg C/m<sup>3</sup>/h au point référence au début de l'été et un minimum de 6,1 toujours au point référence au printemps et à la fin de l'été.

Il y a une bonne correspondance entre le maximum de production primaire et le maximum du nombre de cellules.

On constate un gradient côte/large décroissant aux trois périodes.

Pour ce qui est de l'évolution des espèces phytoplanctoniques, leur nombre se situe cette année dans la moyenne obtenue depuis 10 ans. 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.

Comme souvent observé à cette époque de l'année, la population de mars est représentée à plus de 30% par *Asterionella*. Les autres espèces principales sont *Thalassionema*, *Pleurosigma*, *Thalassiosira* et *melosira*.

Au début de l'été ce sont les *Rhizosolenia*, *Guinardia* et *Melosira* qui composent principalement le recensement.

Enfin, à la fin de l'été, on peut constater une certaine pauvreté qualitative et quantitative au niveau des espèces. *Melosira*, *Thalassionema* et *Thalassiosira* sont les principaux représentants. L'échantillon du point rejet était illisible.

### **Le zooplancton**

La biomasse sèche varie selon le site, le point et la saison. En 1999, sur le site de Paluel, ce poids varie de 4,72 mg/m<sup>3</sup> au point canal d'amenée en Automne, à 102,15 mg/m<sup>3</sup> au point rejet en été. La valeur basse (4,72 mg/m<sup>3</sup>) est faible par rapport aux valeurs antérieures. Une valeur du même ordre a été observée l'an dernier (3 mg/m<sup>3</sup> au point référence au printemps). Notons que, sur les trois saisons, les valeurs les plus élevées se situent au point rejet (ceci est en partie dû à la présence de sable dans les échantillons), et que les valeurs du poids sec au point référence sont équivalentes aux trois saisons.

Les valeurs observées cette année restent comprises dans la fourchette des valeurs rencontrées depuis que s'effectue la surveillance sur ce site.

La teneur en carbone varie de 13,66 % au point rejet en été (ce qui est faible par rapport aux valeurs antérieures, à la même saison), à 34,29 % au point rejet au printemps.

La teneur en azote varie de 2,57 % au point rejet en été, à 8,20 % au point référence en automne.

Globalement, les teneurs en carbone et en azote observées en 1999 sont comparables à celles obtenues les années précédentes (cf. figures 5.3 et 5.4).

Notons également qu'au point référence, les teneurs en carbone et en azote varient très peu aux trois saisons.

Le rapport C/N est un paramètre suivi avec grand intérêt puisqu'il traduit un état du métabolisme animal en un site, à une saison donnée. A Paluel, pour l'année 1999, ce rapport C/N varie de 3,93 au point référence en automne, à 5,35 au point rejet en été.

Ce rapport, proche de 5 en moyenne, est remarquablement constant d'une année sur l'autre.

La répartition du zooplancton total est similaire aux années antérieures. En effet, le maximum annuel se situe en mars (65353 ind./10m<sup>3</sup>), le minimum en juin (15368 ind./10m<sup>3</sup>), et une quantité moyenne est observée en septembre (38367 ind./10m<sup>3</sup>). Notons cependant que ces deux dernières abondances sont inversées par rapport aux années précédentes.



Pour l'étude du **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 stable. Au large, il est dominé comme les années précédentes par les mêmes espèces (*Ophiothrix fragilis*, *Pisidia longicornis*, *Thelepus setosus*). 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 mais les sédiments des stations 6 et 16 sont maintenant très différents. 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.

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 aux stations 6 et 16 (sédiment plus grossier au printemps), encore que peu marquée en 1999, attribuée à l'action des tempêtes hivernales et de début de printemps.

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

Cette année les densités d'algues sont plus faibles à St Valéry qu'en 1996, 97 et 98. Elles sont du même ordre qu'en 1995 année de réinstallation de la ceinture à *Fucus vesiculosus* sur cet estran.

Une observation comparable peut être déduite des valeurs de densités d'algues observées à Veulettes. Les densités y sont notoirement plus faibles que les années précédentes ; elles sont du même ordre qu'en 1988/89 !

La présence de *Littorina littoralis* gastéropode brouteur de fucacées qui a été notée cette année sur ces deux sites, pourrait en être la cause : sa présence et son abondance doivent être surveillées à l'avenir.

Les fortes tempêtes estivales qui ont affectées cette année tant en juillet qu'en août le littoral de la Manche peuvent également avoir contribué à arracher les algues et avoir amoindri la densité de fucales sur l'estran.

La couverture algale est cependant, en 1999, plus forte à Veulettes qu'elle ne l'est à St Valéry.

Les densités d'*Idotea granulosa* sont plus faibles à St Valéry ; elles sont comparables à celles de 1995.

A Veulettes, les densités d'Idotées durant les mois de juillet et août sont beaucoup plus faibles que lors des dix années antérieures !

On note, sur ce site une diminution des densités d'Idotées en cours de saison (de juin à août) alors qu'ordinairement, avec les premiers recrutements estivaux, les densités d'Idotées sont plus élevées lors de la seconde campagne ; on y observe comme en 1994 et 1997, une diminution d'abondance d'Idotées au cours de la saison.

Par ailleurs, les fluctuations entre densités maximales et minimales d'Idotées ne cessent de s'accroître depuis ces dix dernières années.

La comparaison en pourcentage des Idotées présentes par poids d'algues et par mètre carré confirme ces observations.

En début de saison (1<sup>ère</sup> campagne) les Idotées sont plus abondantes à Veulettes qu'à St Valéry mais le site de référence (hors impact thermique) qu'est Veulettes semble plus affecté en juillet-août que le site de St Valéry ! La température n'est donc plus alors le facteur dominant permettant d'expliquer les variations d'*Idotea* et d'apprécier l'éventuel impact thermique.

Est-ce que le préférendum thermique est dépassé (passage de juin à juillet), et que la population d'*Idotea* ne réagit plus à ce seul paramètre ?

Il nous faudrait compléter l'échantillonnage avec des données printanières pour mieux cerner les fluctuations annuelles de l'espèce cible sur les deux sites et tenter d'apprécier l'incidence des différents impacts : impact thermique ? impact météorologique ? ou impact par prédation biologique du support algal ?



### Le phytobenthos intertidal

Les valeurs relevées au cours des deux campagnes de l'année 1999 confirment que globalement, les biomasses et la fertilité de *fucus sp* se maintiennent toujours à un niveau moyen avec de logiques variations saisonnières.

Seul le site de St Valery diffère sensiblement avec, en particulier, une biomasse automnale la plus faible depuis le début de ce suivi des populations de fucaçées.

