45498

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RECHERCHES OCEANIQUES

Surveillance

ECOLOGIQUE et HALIEUTIQUE

Site de PALUEL

Année 1986

IFREMER-DERO/EL
0EL03667

F31

IFREMER - Centre de BREST SDP
BP 337 - 29273 BREST CEDEX
Tél. 98.22.40.40 - Télex 940627 F

DERO-87.26-EL

DIRECTION ENVIRONNEMENT ET RECHERCHES OCEANIQUES

SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE

SITE DE PALUEL

1 9 8 6

IFREMER DERO/EL

Laboratoire Municipal d'Hygiène
de la ville de ROUEN

IFREMER DRV/RH

Station Marine de WIMEREUX

Contrat EDF n° PA 1735
Réf. IFREMER n° 87.2. DERO/EL

DERO-87.26-EL

87/2.43. ..../DERO/a

PREAMBULE

— Dans le cadre de son programme d'équipement nucléaire, Electricité de France a confié à l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, le soin de réaliser les études écologiques sur plusieurs sites littoraux prévus pour l'implantation de centrales nucléaires. —

Pour réaliser l'étude d'environnement sur le site de Paluel, le Département Environnement Littoral, de la Direction des Etudes et Recherches Océaniques (DERO/EL) du Centre IFREMER de Brest, s'est associé à l'équipe de Monsieur Alain RICHARD de la Station Marine de Wimereux (SMW) de l'Université de Lille, ainsi qu'au Laboratoire Municipal d'Hygiène de la ville de Rouen (LMH Rouen).

L'étude halieutique a été réalisée par le Département Ressources Halieutiques et par le Département Pêche de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER.

Les résultats contenus dans le présent rapport 1986 concernent :

- la géographie du site (SMW, IFREMER-DERO/EL)
- l'hydrologie de la masse d'eau (SMW, IFREMER-DERO/EL)
- la microbiologie (IFREMER-DERO/EL et LMH Rouen)
- le phytoplancton et la production primaire (IFREMER DERO/EL)
- le zooplancton et la production secondaire (IFREMER DERO/EL)
- le phytobenthos et le zoobenthos des estrans et des fonds côtiers proches (SMW)
- l'étude halieutique (IFREMER-DRV).

La coordination a été assurée par M. Hubert GROSSEL (IFREMER DERO/EL).

SOMMAIRE

Chapitre I : GENERALITES 9

1. Introduction 10
2. Géographie 12
3. Climatologie 12
4. Hydrographie 12
   4.1. Marées 12
   4.2. Courants 12
   4.3. Apports d'eau tellurique 16
5. Fonctionnement de la centrale 16

Chapitre II : HYDROLOGIE 21

1. Introduction 23
2. Résultats 27
   2.1. Température 27
   2.2. Salinité 30
   2.3. Densité de l'eau 30
   2.4. Matières en suspension 30
   2.5. pH et teneur en oxygène dissous 31
   2.6. Sels nutritifs 31
   2.7. Conclusion 35

Tableau II.1. Résultats des mesures hydrologiques 36

Chapitre III : MICROBIOLOGIE 37

1. Introduction 39
2. Résultats 39
   2.1. Dénombrement des germes totaux en épifluorescence 39
   2.2. Dénombrement des germes aérobies viables sur milieu de Zobell 42
   2.3. Recherche de vibrio-halophiles 42
   2.4. Germes indicateurs de pollution fécale 42
   2.5. Dosage du bromoforme 42
3. Conclusion 42

Chapitre IV : PHYTOPLANCTON - PRODUCTION PRIMAIRE 45

1. Biomasse chlorophyllienne 47
2. Productivité primaire 47
   2.1. Production mesurée 50
   2.2. Rapport Production/Biomasse 50
3. Densités cellulaires microplanctoniques 53
4. Succession et diversité des populations microplanctoniques 53
5. Conclusion 55

Chapitre V : ZOOPLANCTON..... 61

1. Introduction..... 63
2. Composition faunistique du zooplancton..... 63
3. Biomasse zooplanctonique..... 64
3.1. Evolution du poids sec total..... 64
3.2. Teneur en carbone et azote..... 64
3.3. Matière organique..... 64
3.4. Rapport carbone/azote..... 65
4. Variations saisonnières des principales espèces..... 65
5. Amorce de comparaison entre le canal d'amenée et le rejet..... 67
6. Conclusion..... 68

Chapitre VI : LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL..... 75

1. Introduction..... 77
2. Méthodologie..... 77
2.1. Travail à la mer..... 77
2.2. Travail au laboratoire..... 79
2.3. Traitement des données..... 79
3. Résultats..... 80
3.1. Analyse granulométrique..... 80
3.2. Analyse faunistique..... 83
3.2.1. Résultats globaux..... 83
3.2.2. Peuplement des cailloutis..... 90
3.2.3. Peuplement des sables hétérogènes..... 91
3.2.4. Peuplement de la moulière..... 92
4. Conclusion..... 93

Chapitre VII : LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL..... 103

1. Introduction..... 105
2. Etude bionomique..... 105
3. Etude de la population d'Idotea granulosa..... 105
3.1. Méthodologie..... 105
3.1.1. Prélèvement..... 105
3.1.2. Mesures..... 106
3.1.3. Etude de la population..... 106
3.1.3.1. Mâles..... 106
3.1.3.2. Femelles..... 106
3.2. Rappels des résultats sur l'écologie et la biologie d'Idotea granulosa..... 107
3.3. Variation de la densité d'Idotea granulosa..... 108
3.4. Variation du sex-ratio..... 112
3.5. Histogrammes des fréquences de taille..... 112
3.5.1. Femelles..... 112
3.5.2. Mâles..... 117
3.5.3. Conclusion..... 117
4. Conclusion du chapitre..... 117
Bibliographie..... 120

Chapitre VIII : HALIEUTIQUE..... 121

1ère partie : Zooplanctonologie halieutique..... 123

1. Méthodologie..... 125
1.1. Localisation des points de mesure..... 125
1.2. Mesure des paramètres hydrologiques..... 126
1.3. Chronologie des campagnes..... 126
1.4. Echantillonnage du zooplancton..... 126
1.5. Saisie, stockage et traitement des données..... 127
2. Résultats..... 128
3. Conclusion..... 131

2ème partie : Suivi de la truite de mer..... 143

Introduction..... 145
A. La pêcherie de truites de mer de Veulettes..... 146
1. Collecte des données..... 146
2. Type de filet utilisé..... 148
3. Résultats..... 148
a. Effort de pêche..... 148
b. Environnement et comportement..... 154
- Rythme nycthéméral..... 154
- Cycles de marées..... 156
- Etat de la mer - Direction du vent..... 159
- Pluviométrie..... 160
- Conditions hydrologiques..... 160
- Positions des captures dans le filet..... 160
c. Biologie..... 167
- Relations taille-poids..... 167
B. Veulettes et les autres pêcheries..... 170
Conclusion..... 173

CONCLUSION GENERALE..... 175

C H A P I T R E I

G E N E R A L I T E S

Hubert GROSSEL

1. INTRODUCTION.

Les études écologiques sur le site d'une future centrale nucléaire sont conçues en plusieurs temps :

- Une étude "d'Avant-Projet", de courte durée, qui a pour but d'évaluer les principales caractéristiques du milieu et la richesse d'un site. Elle constitue une appréciation d'un site potentiel 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 pluri-annuelles.

- Une étude de "Surveillance" : elle 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 neuvième année (1986) de l'étude de surveillance sur le site de Paluel (Seine-Maritime).

L'expérience acquise lors des années antérieures a amené les scientifiques impliqués dans ces études à proposer en concertation avec EDF des modifications dans la méthodologie des études de surveillance. C'est dans cette optique que la campagne de septembre 1986 correspond à une nouvelle méthodologie, qui sera poursuivie durant les cycles d'étude à venir.

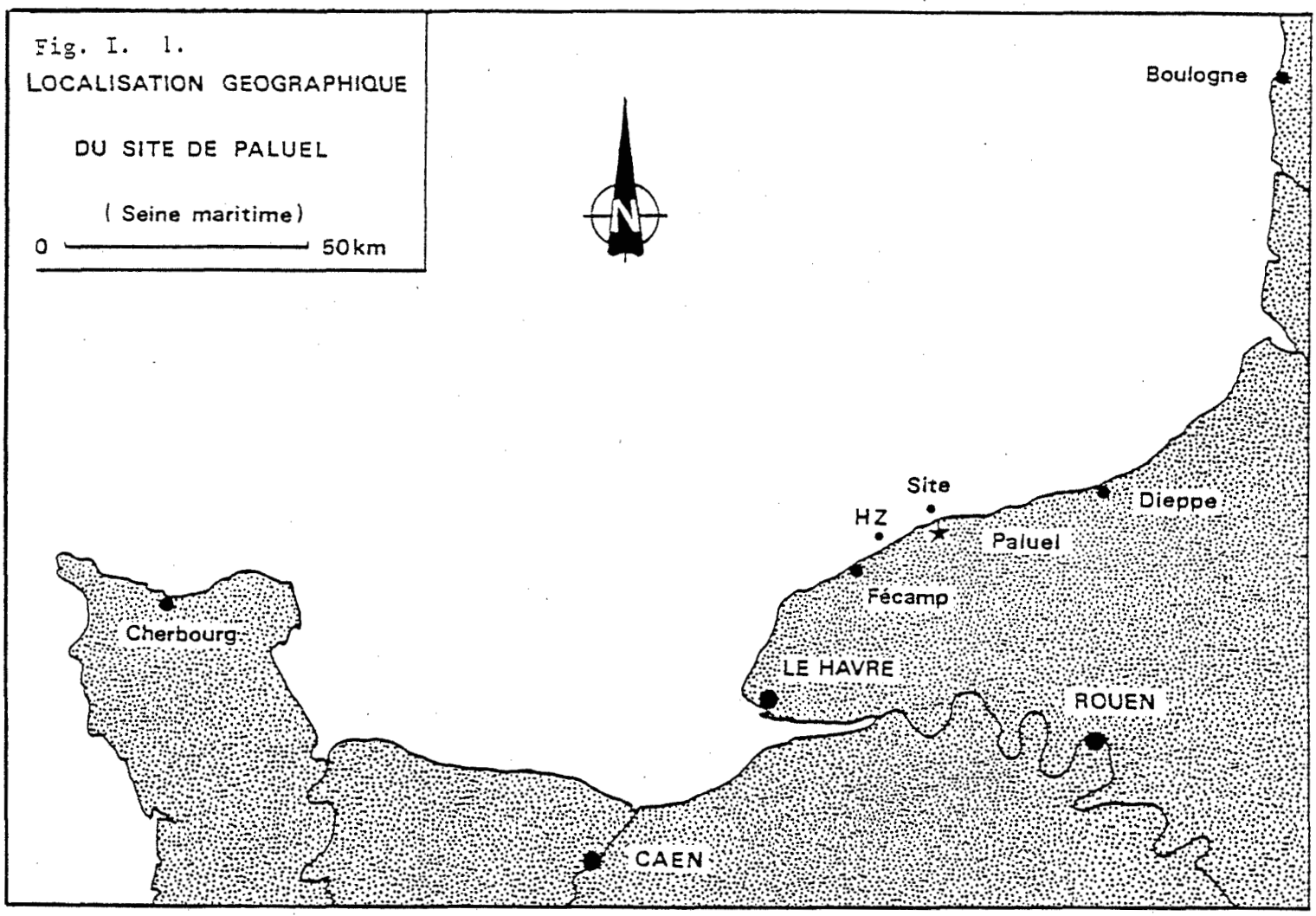


Fig. I. 1.
LOCALISATION GEOGRAPHIQUE
DU SITE DE PALUEL
(Seine maritime)

2. GEOGRAPHIE.

La centrale de Paluel se situe sur le littoral normand, au niveau de la valleuse de Sussette, entre Fécamp et Dieppe (figure I.1). Le littoral, orienté ENE/WSW, est bordé de hautes falaises composées de bancs de calcaire alternant avec des lits de silex.

3. CLIMATOLOGIE (figure I.2).

Le bulletin climatologique de Haute-Normandie fournit les données de température, de précipitations et d'insolation nécessaires à l'analyse météorologique de ce cycle d'étude.

Il faut attendre février (janvier étant doux et humide) pour rencontrer des conditions hivernales bien marquées : le temps est alors sec, froid et bien ensoleillé. Mars et avril se caractérisent par leur fraîcheur, leur manque d'ensoleillement et une pluviométrie importante (maximum observé fin mars). Mai et juin sont rassemblés en une période douce et très bien ensoleillée. On passe alors du printemps (mai) à des conditions estivales (mi-juin) que l'on ne retrouve plus durant les mois qui suivent (juillet-août). Août se caractérise par l'irrégularité des conditions (alternance de pluies et de périodes d'insolation). A septembre, relativement frais mais normalement ensoleillé, succède une période de beau temps début octobre. Novembre et décembre sont ensuite doux, mais irrégulièrement ensoleillés et arrosés.

En résumé, l'année 1986 se caractérise par des périodes pluvieuses marquées (mars, août, fin octobre à décembre). Le minimum thermique est en février (hiver rigoureux), le maximum à la mi-juin. L'insolation est remarquable en février, en mai et en juin.

4. HYDROGRAPHIE.

4.1. Marées.

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

Type de marée	Coefficient	Cote de P.M.	Cote 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

4.2. Courants.

On distingue les courants périodiques et les courants apériodiques.

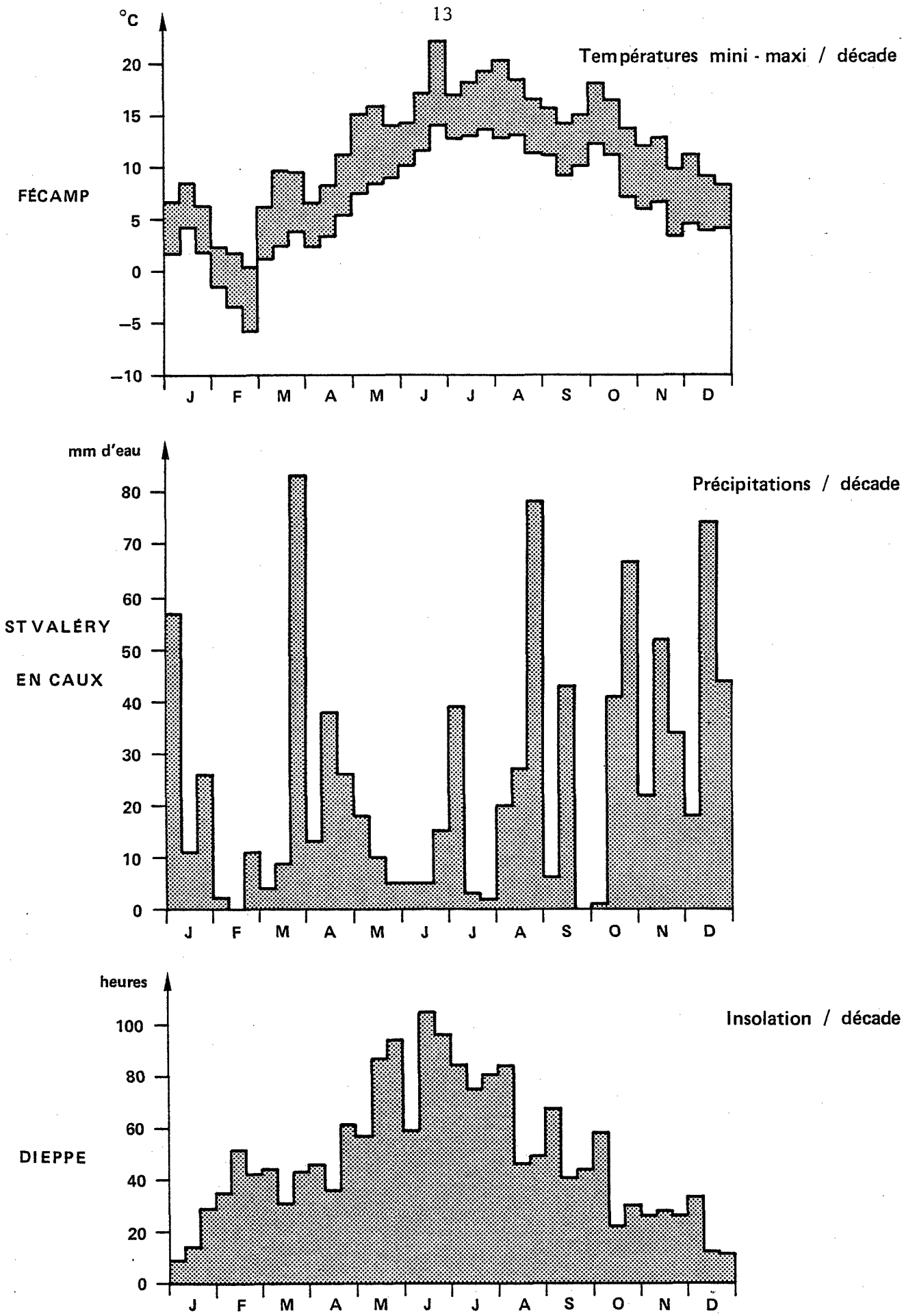


FIGURE I-2 : CLIMATOLOGIE DU LITTORAL DE HAUTE-NORMANDIE - 1986

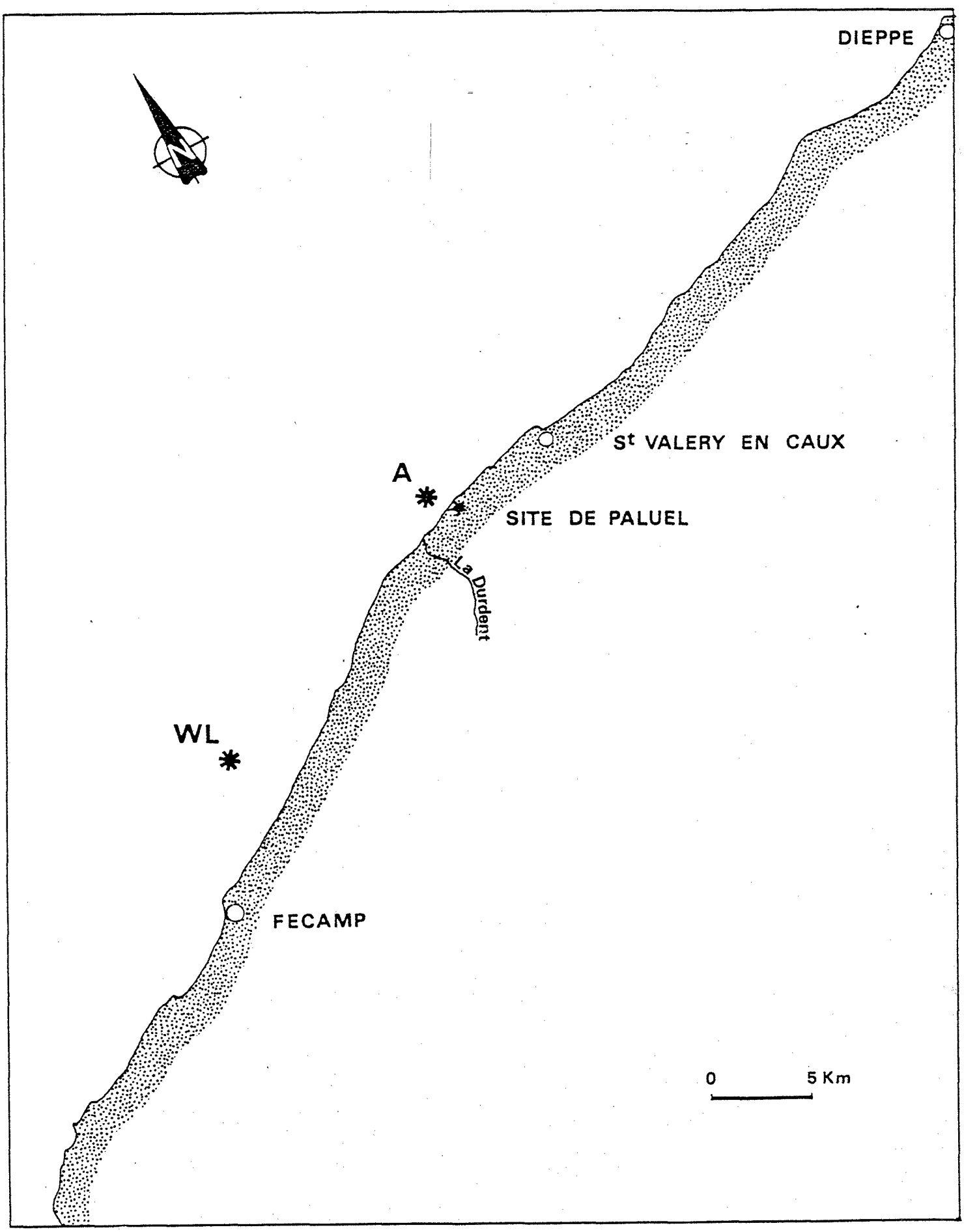
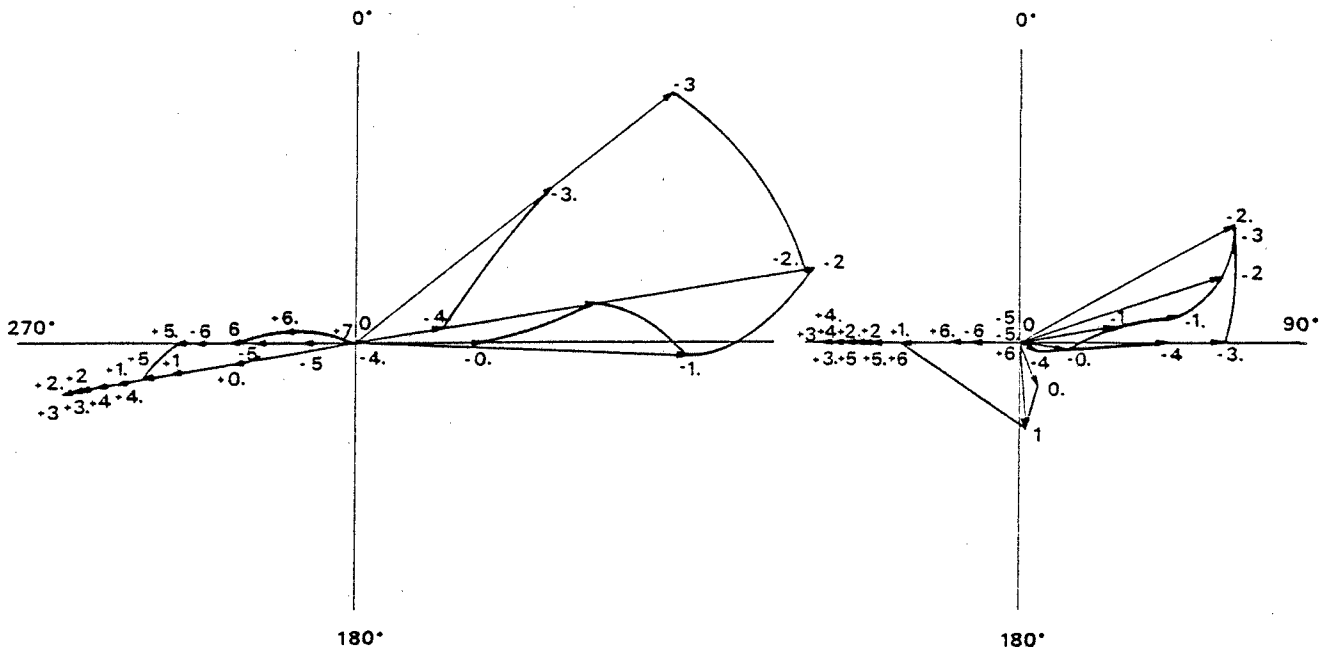


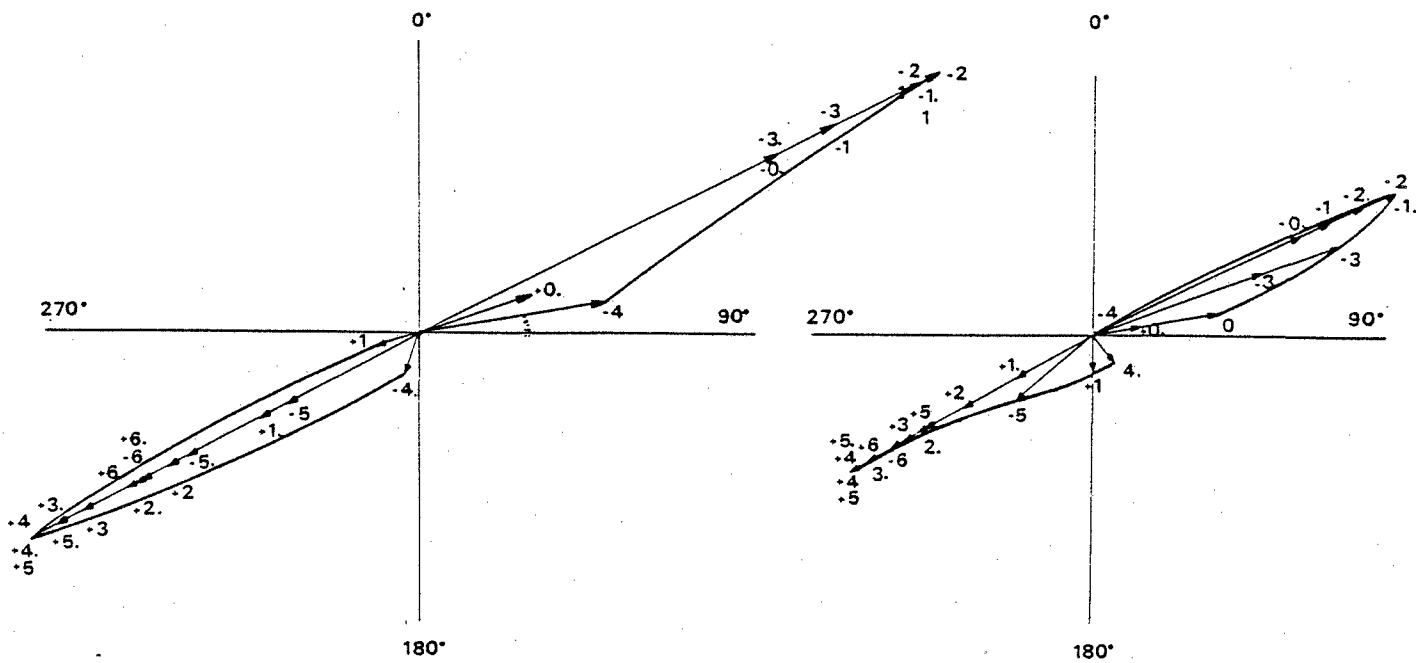
Fig : I-3- Situation des mesures de courantologie

Fig: I-4- ROSE DES COURANTS A PALUEL (point A)



Coefficient 91 —— 0,1 m/s Coefficient 42

ROSE DES COURANTS A PALUEL (point WL)



Coefficent ≈ 100 —— 0,1m/s Coefficient ≈ 40

Les courants périodiques sont essentiellement les courants de marée alternatifs et parallèles à la côte (figure I.4 : roses des courants aux stations A et WL étudiées par EDF en 1973-1975 ; la position de ces stations est indiquée dans la figure I.3). 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 P.M. + 1/2 h, celle du jusant à P.M. - 5 h 30. On constate ainsi que le bilan global au cours d'un cycle de marée montre le déplacement des masses 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, une période de vent de nord-est un courant portant au sud-ouest. Ces courants de dérive dus au vent peuvent atteindre 2 à 5 % de la vitesse du vent.

La rose des courants au point A, établie en 1973-1975 est susceptible de modifications, à la suite de l'implantation en mer des ouvrages de la centrale.

4.3. Apports d'eau tellurique.

La Durdent, petit fleuve côtier de faible débit irrégulier, se jette à l'ouest du site (figure I.3). Les arrivées d'eau douce au niveau de Fécamp sont généralement très faibles, mais il ne faut pas sous-estimer la présence probable de pollutions urbaines *.

Un des traits majeurs des cycles d'étude précédents est de mettre en évidence l'influence des eaux issues de la baie de Seine. L'irrégularité de cette influence est certaine. De plus, sa perception dans nos études est liée à la fois au débit du fleuve, au régime des vents, et à la fréquence de notre échantillonnage. La figure I.5 retrace l'évolution du débit de la Seine mesuré par les Ecluses d'Anfreville-sous-les-Monts.

5. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE.

Le fonctionnement de chaque tranche est illustré en figure I.6, par la puissance électrique nette, significative de l'échauffement du milieu marin. De manière schématique, on peut le présenter de la manière suivante :

- Tranche I : fonctionnement à 100 % de janvier à mai puis diminution avec arrêt le 20 juillet. Reprise à la mi-décembre.

- Tranche II : fonctionnement à 100 % jusqu'au 10 avril puis arrêt jusqu'au 10 septembre. Reprise à 100 % jusqu'à la fin de l'année.

---

* DUPONT, J.P. et al. (1979) : Flux de Pollution au Littoral Cauchois. Doc. n° 1, Conventions de Recherche avec la Cellule Anti-Pollution de Dieppe.

- Tranche III : sauf quelques périodes significatives en mars et en septembre, le fonctionnement est de 100 % du début de l'année jusqu'au 25 octobre, nul ensuite.

- Tranche IV : montée en puissance à partir du 15 avril, fonctionnement à 100 % jusqu'au 10 décembre, puis fonctionnement nul.

Le fonctionnement global a donc été de 3 tranches de janvier à mai, suivi d'un passage progressif à 2 tranches en juin-juillet, et d'une période à 2 tranches en août-début septembre. Fin septembre s'opère un retout à 3 tranches, suivi en novembre et décembre d'une situation à 2 tranches.

La figure I.7 permet de situer les campagnes d'échantillonnage par rapport à ce fonctionnement.

La chloration des circuits de refroidissement a débuté en mai, pour ne s'arrêter qu'en décembre.

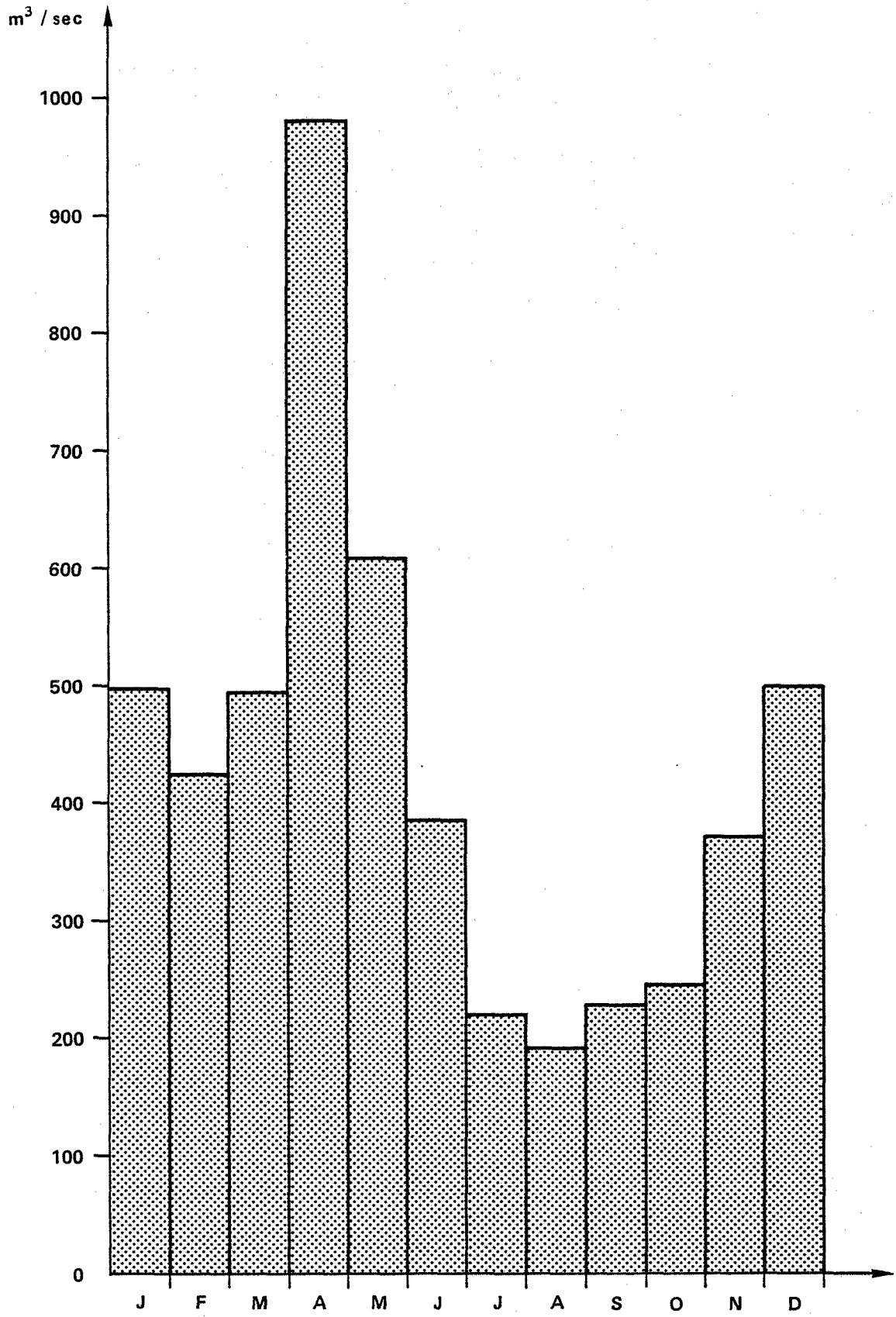
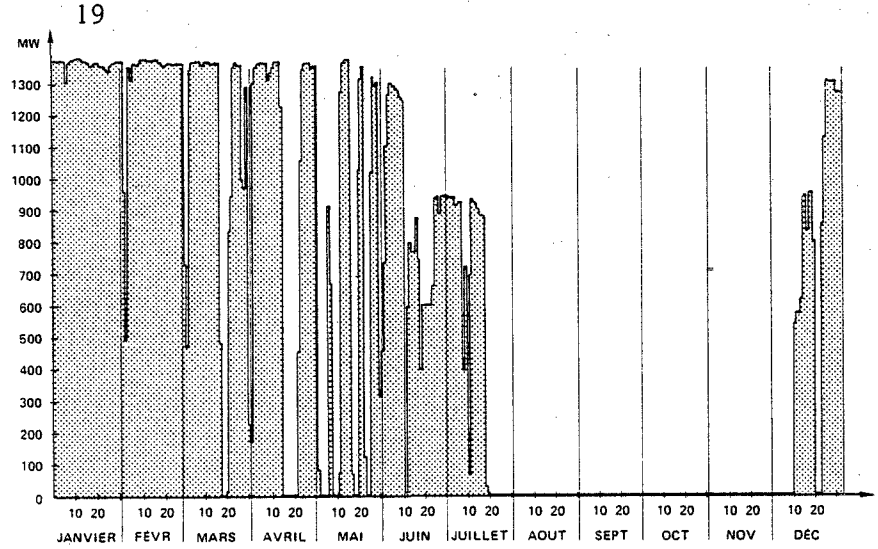
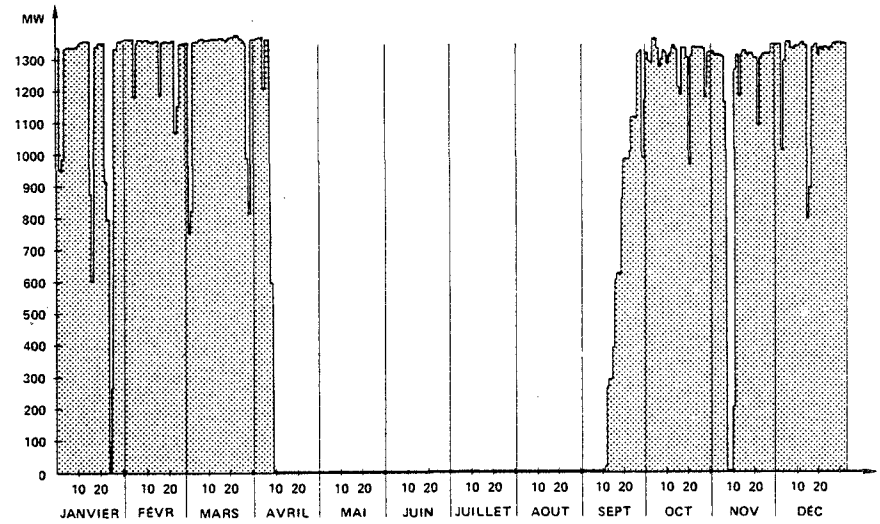


FIGURE I-5 : DEBIT DE LA SEINE
(moyennes mensuelles des mesures quotidiennes)
1986

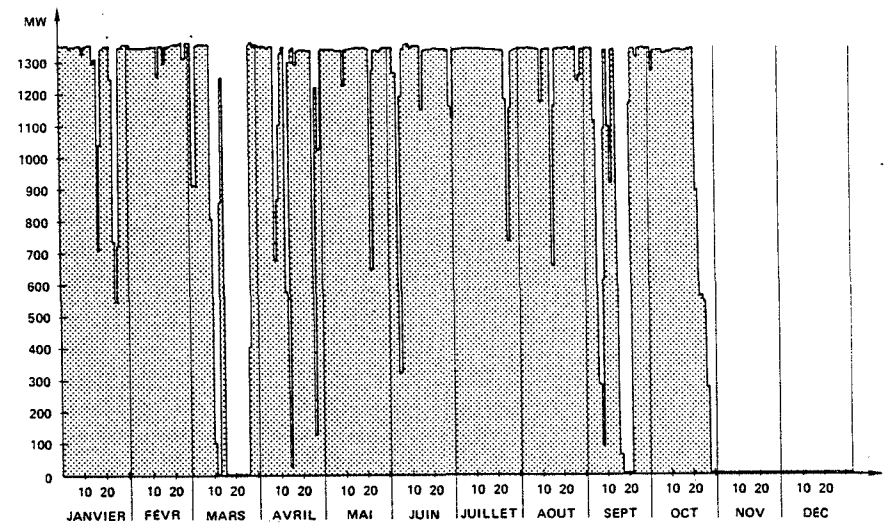
Tranche I



Tranche II



Tranche III



Tranche IV

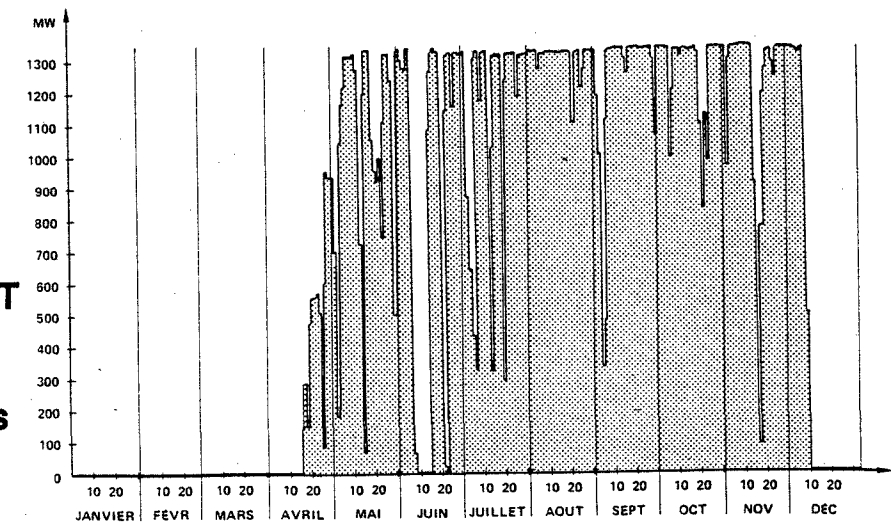


FIGURE I-6 : FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Puissances Nettes Moyennes

1986

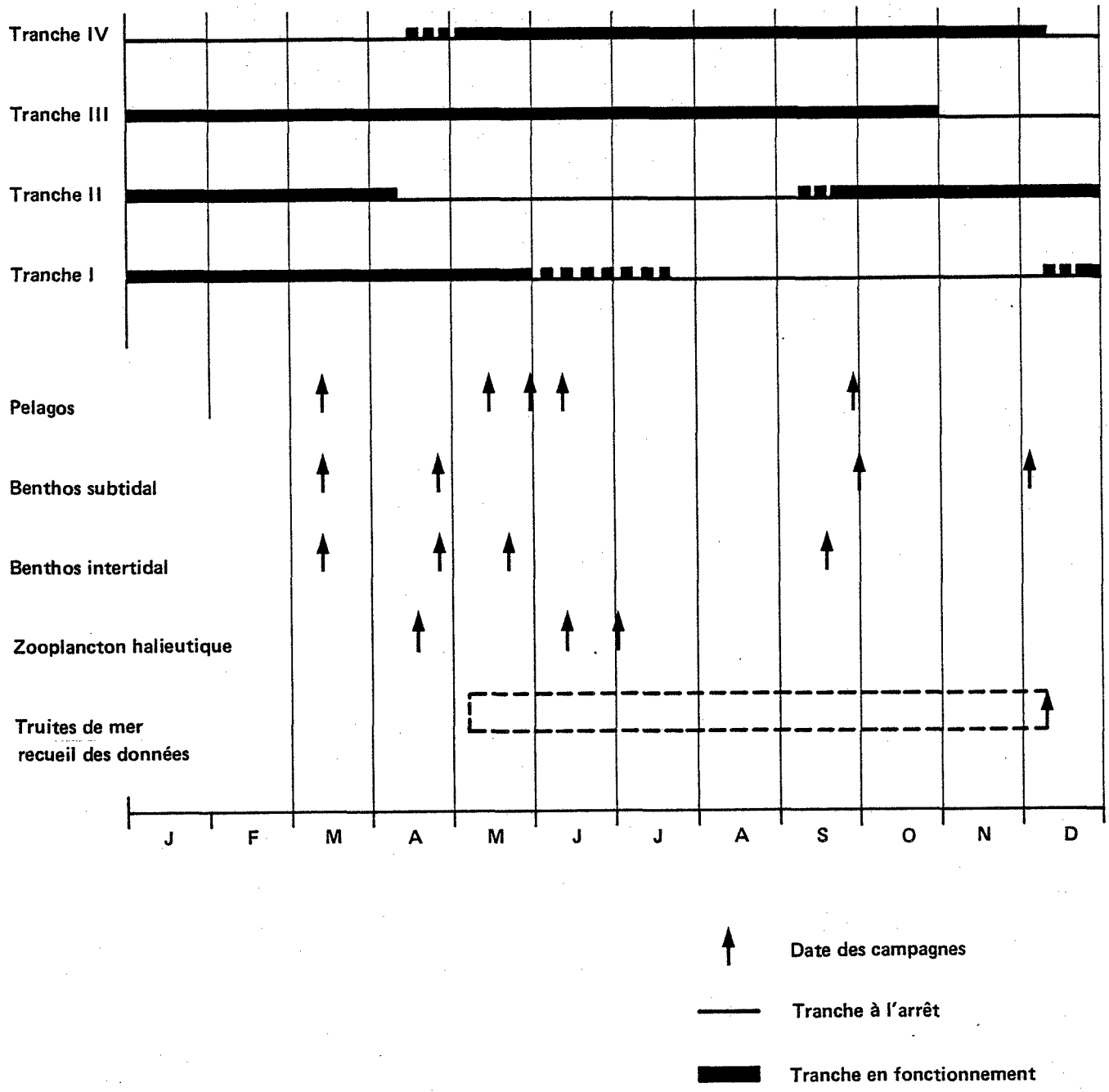


FIGURE I-7 : SITUATION DES CAMPAGNES DE SURVEILLANCE ECOLOGIQUE ET HALIEUTIQUE PAR RAPPORT AU FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE DE PALUEL - 1986

CHAPITRE II

HYDROLOGIE

Hubert GROSSEL
IFREMER - ENVIRONNEMENT LITTORAL

Daniel HILDE
STATION MARINE DE WIMEREUX

1. INTRODUCTION.

Cette année 1986 peut être considérée comme une année de transition. La diminution de la fréquence des campagnes, à laquelle s'adjoint une augmentation du nombre de stations échantillonnées, fait que l'interprétation de l'évolution saisonnière des paramètres perd de sa significativité, l'espacement entre deux campagnes pouvant être de plusieurs mois.

Anticipant sur la nouvelle méthodologie mise en place en septembre 1986, nous avons dès le premier semestre 1986 ajouté une station nouvelle au canal d'amenée de la centrale (prélèvement à mi-niveau ≃ - 5 m) à laquelle l'ensemble des analyses réalisées aux autres stations est effectué. De plus, des prélèvements dans ce que nous avons dénommé le "rejet direct" (turbulence du rejet en surface) ont été réalisés de façon systématique en ce qui concerne les mesures de la teméprature, de la teneur en M.E.S., de la teneur en chlorophylle et de la production primaire, dès ce premier semestre.

En fonction de l'expérience acquise durant les cycles d'étude antérieurs, la nouvelle méthodologie confirme les stations échantillonnées, mais le point "hors zone", situé jusqu'à présent en face de St-Pierre-en-Port selon des coordonnées fixes, devient un point mobile dont la seule définition est d'être le plus proche possible des rejets de la centrale, mais hors impact, c'est-à-dire en dehors du panache du rejet de la centrale tel que l'on peut le déterminer au moment même de la campagne en mer. Il convient donc de considérer cette nouvelle référence comme étant hors de l'influence immédiate des rejets de la centrale (en particulier lorsque les conditions de courant sont bien établies) mais en théorie potentiellement dans la zone d'échauffement du site sur une large échelle telle que le prévoit le modèle du L.N.H. (cf. figure II.1 et II.2), et que la méthodologie appliquée dans le cadre de cette surveillance ne permet pas d'appréhender.

La figure II.1 situe sur le modèle thermique L.N.H. les stations échantillonnées durant le premier semestre 1986. Les conditions de prélèvement correspondent alors, pour toutes ces campagnes, à une situation de courant de flot.

La figure II.2 situe sur le modèle thermique L.N.H. les conditions approximatives de la campagne de septembre. Le point "site" (devenu "contrôle") est situé en aval du rejet dans le sens du courant, à 0.5 mille de la côte. Le point "hors zone" (devenu "référence") est situé au large du "contrôle", mais hors du panache turbide et hors de l'influence thermique directe (vérifiée par le profil thermique vertical). Il est à 0.75 mille de la côte. Le modèle des iso-échauffements du L.N.H. montre que les conditions de jusant sont à éviter, si cela est faisable, pour avoir le point référence le moins possible sous influence thermique. Les conditions de fin de flot (telles que présentées en figure II.1) sont à préférer.

Les principes analytiques des paramètres physico-chimiques sont déjà décrits. A la nouvelle méthodologie mise en application en septembre correspondent :

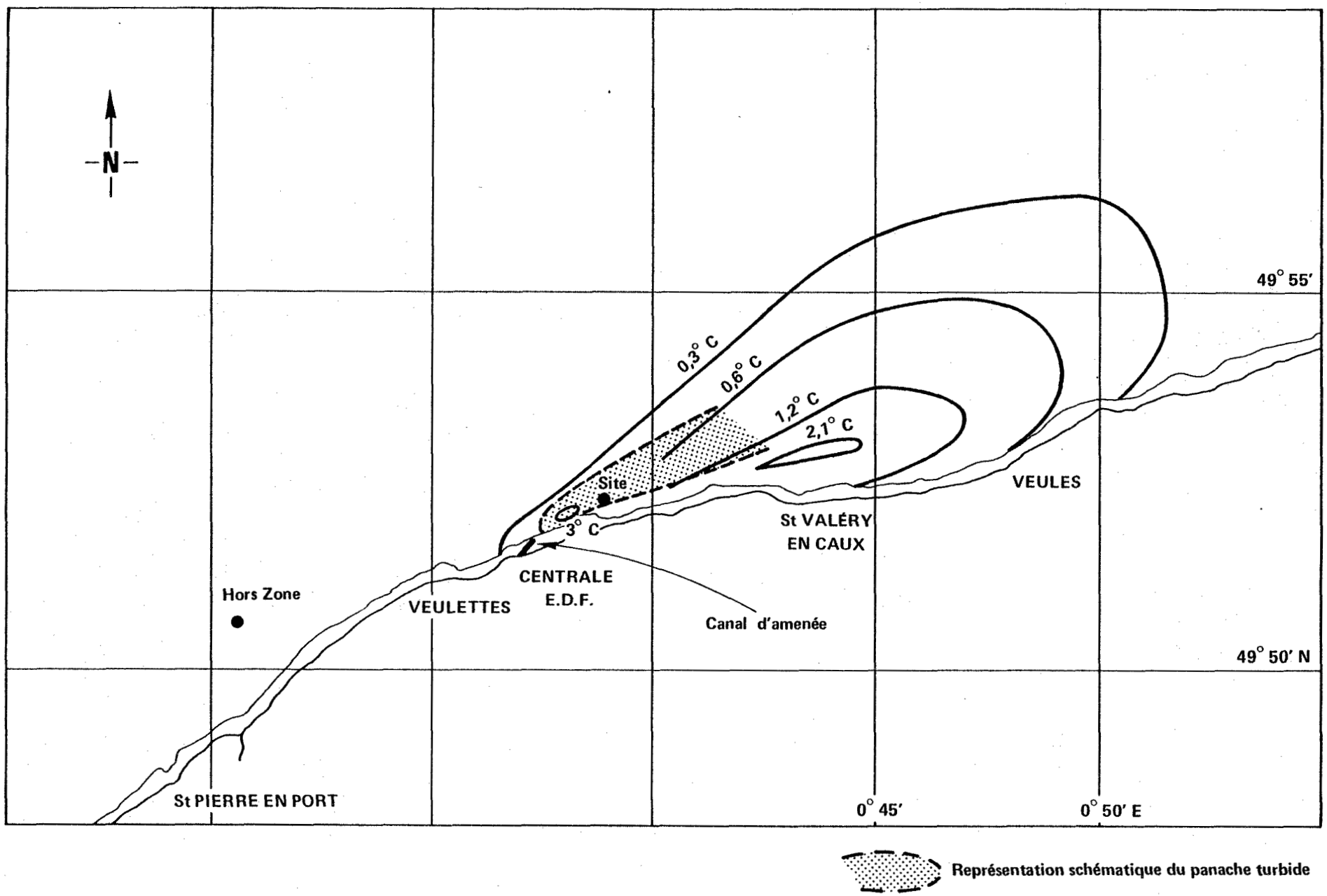


FIGURE II-1 : POSITION DES STATIONS PELAGIQUES DU 1er SEMESTRE 1986

ISOECHAUFFEMENTS EN CONDITION DE VIVE-EAU MOYENNE A PLEINE MER (D'après L.N.H.)

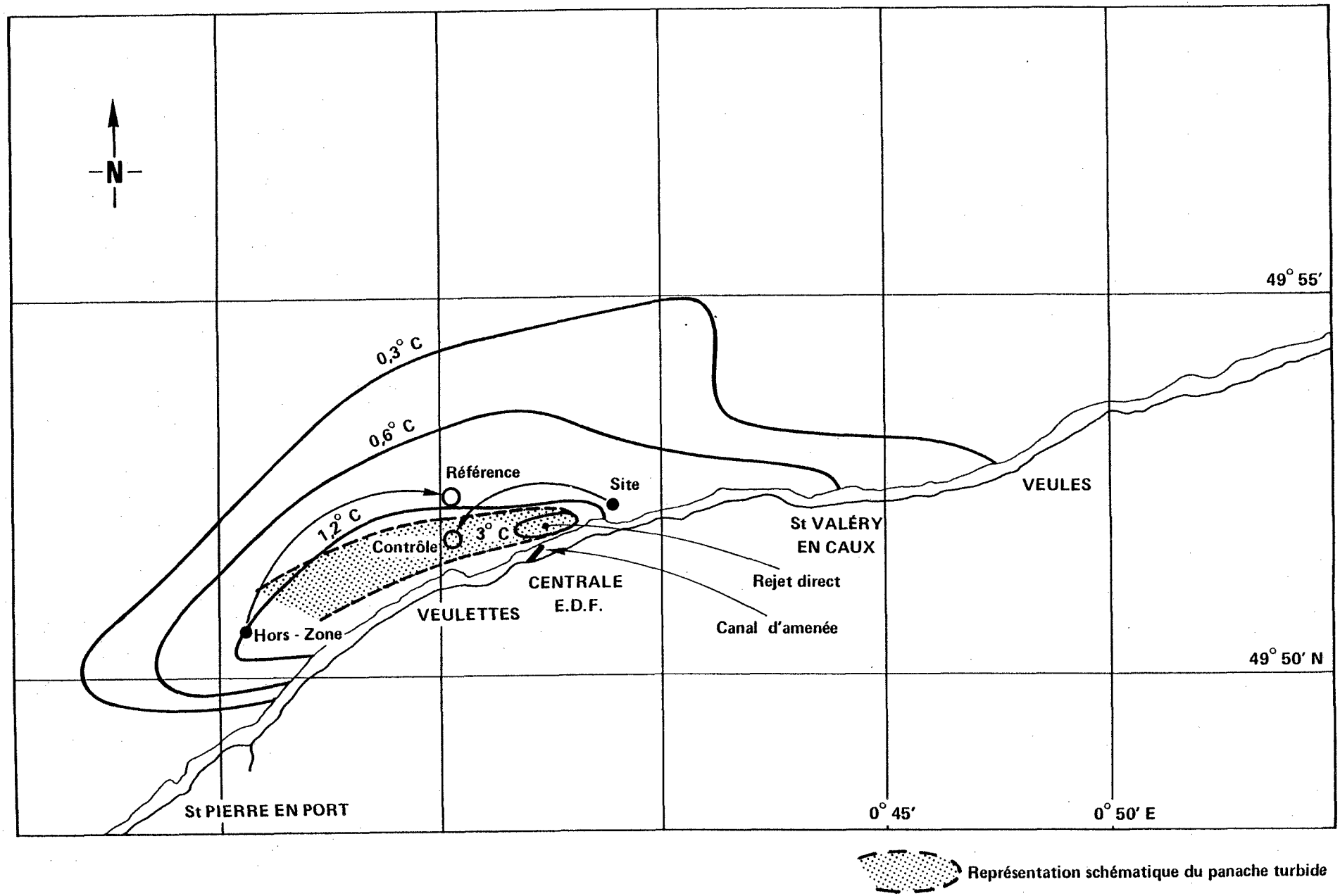


FIGURE II-2 : POSITION DES STATIONS PELAGIQUES DE LA CAMPAGNE DU 29 SEPTEMBRE 1986
ISOECHAUFFEMENTS EN CONDITION DE VIVE-EAU MOYENNE A P.M.-6 (D'après L.N.H.)

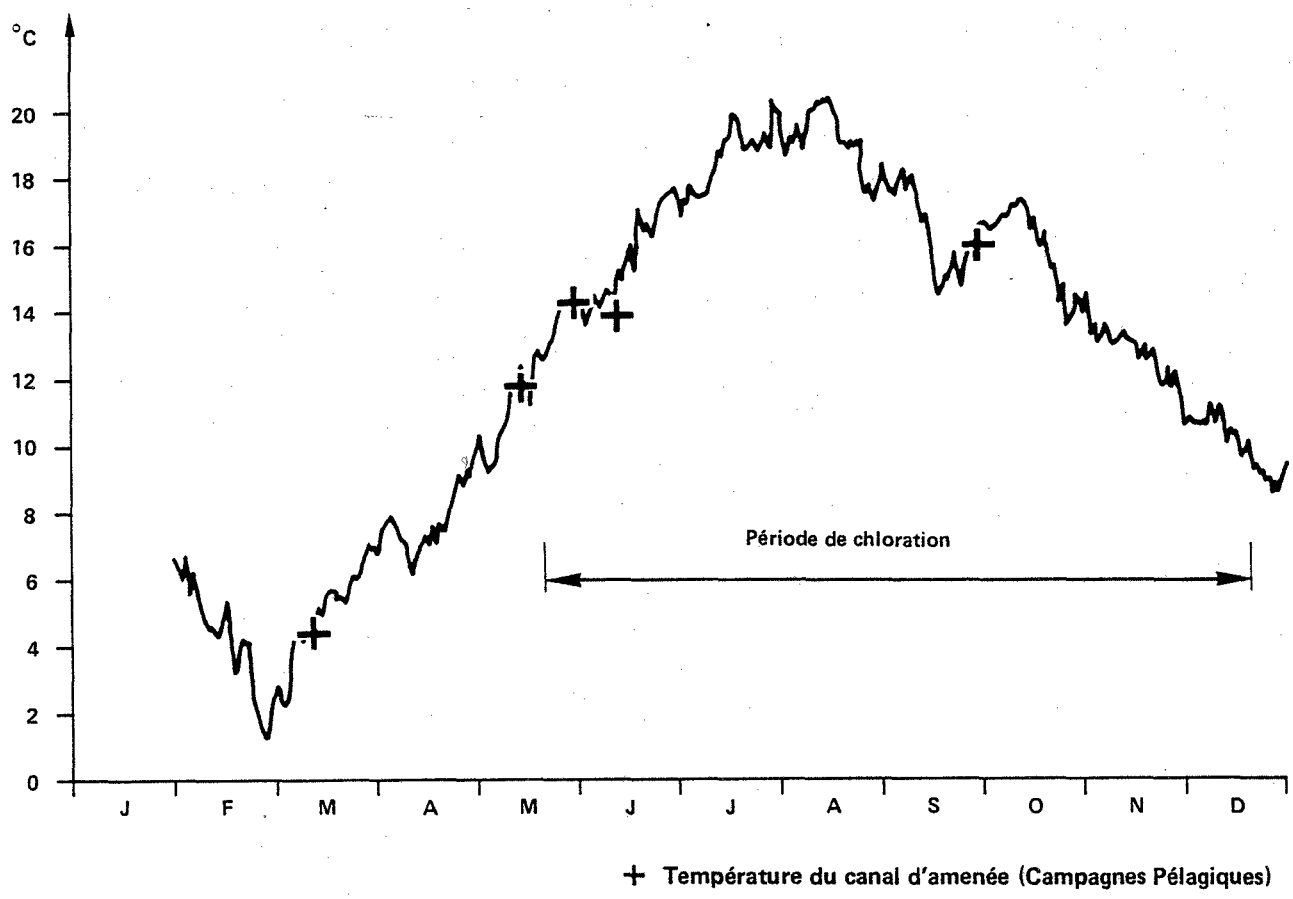


FIGURE II-3 : TEMPERATURE DE L'EAU DE MER A L'ENTREE DE LA CENTRALE (données journalières fournies par EDF) 1986

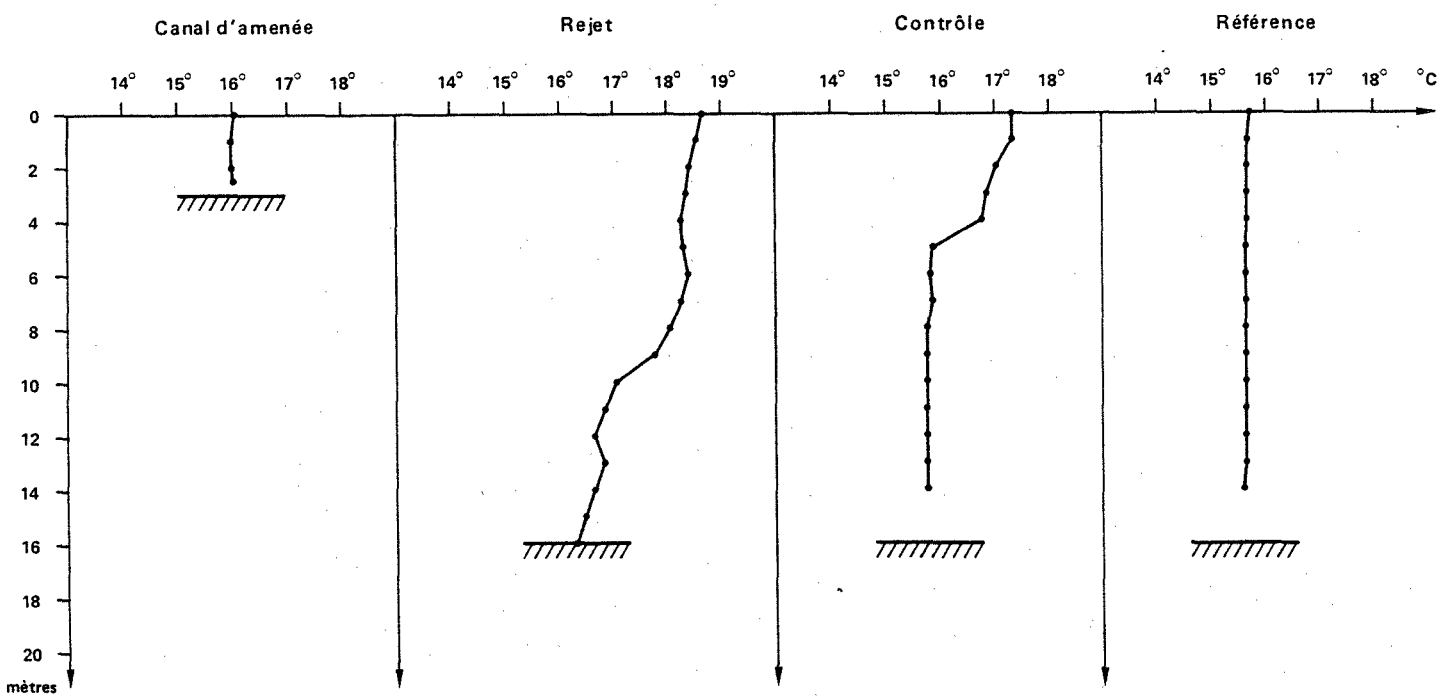


FIGURE II-4 : PROFIL THERMIQUE VERTICAL AUX STATIONS ECHANTILLONNEES LE 29 SEPTEMBRE 1986

- la suppression des mesures
  * de pH
  * de teneurs en oxygène dissous de l'eau de mer
  * de teneurs en phosphates et en silicates

- le renforcement de l'échantillonnage des mesures
  * de teneurs en ion ammonium
  * de teneurs en chlorophylle a
  * de production primaire
  * de biomasse zooplanctonique

auxquels s'adjoignent des profils verticaux de température à toutes les stations.

2. RESULTATS.

Les résultats sont présentés dans le tableau II.1 (page 36).

2.1. Température.

Les données journalières des températures de l'eau entrant dans la centrale (fournies par EDF) sont illustrées en figure II.3.

L'eau prélevée étant côtière, donc de faible inertie, on retrouve dans cette évolution les influences climatiques présentées en figure I.2. On constate en outre la bonne correspondance avec les températures relevées dans le canal d'amenée lors de nos campagnes pélagiques.

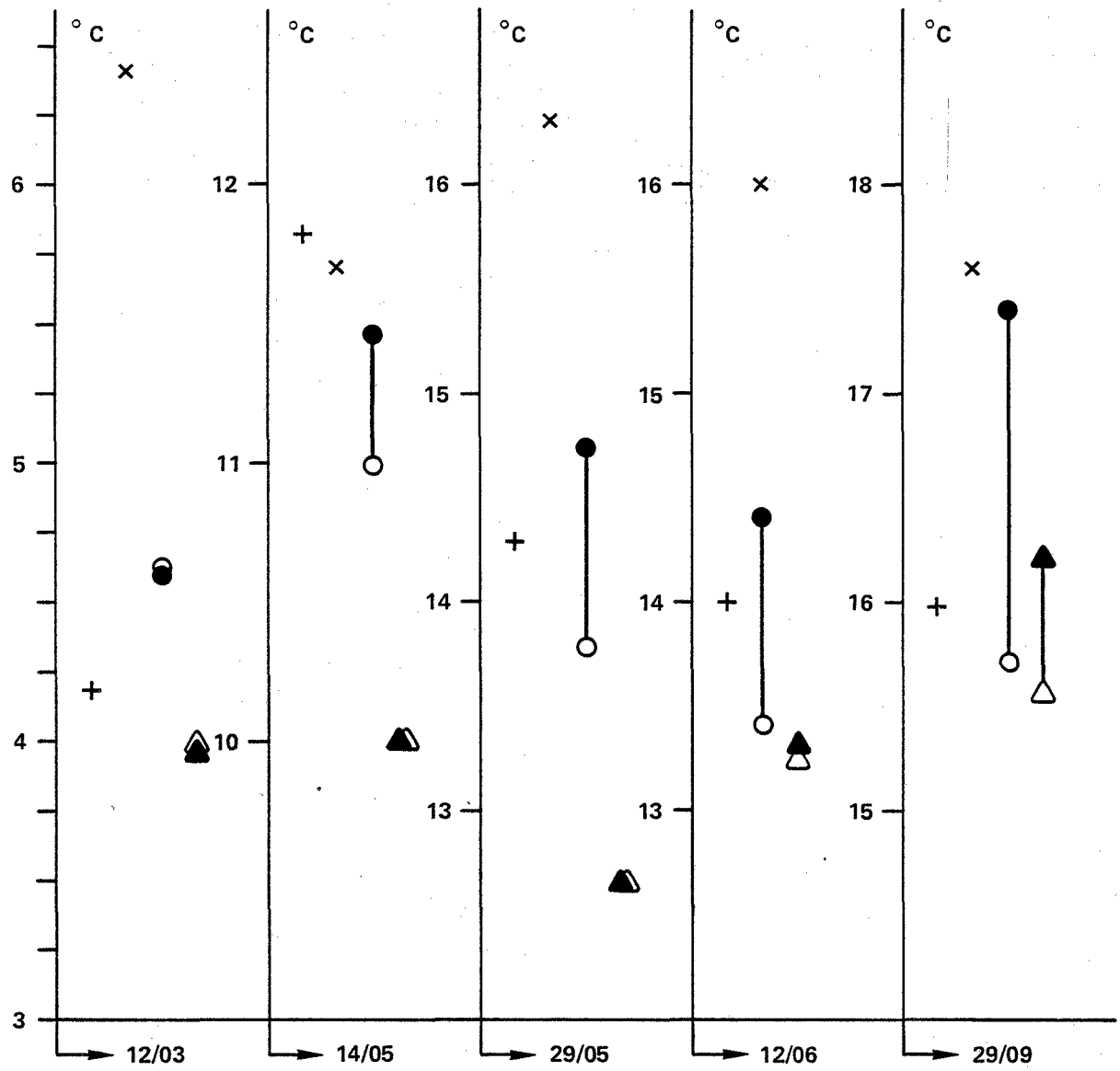
Il apparaît que la première campagne de mars se situe environ 15 jours après le minimum thermique, en période encore fraîche (4°C) mais d'augmentation rapide de la température. Les trois campagnes suivantes (12° < t°C < 14°) sont pratiquement au milieu de la période d'évolution saisonnière des températures. La campagne du 29 septembre correspond à un retour de conditions climatiques douces (après un mois de septembre maussade) dont l'influence se fait sentir sur la température de l'eau côtière (t° 16°C).

La figure II.5 détaille les températures enregistrées lors des campagnes à chaque station et aux différents niveaux. Les principales observations sont les suivantes :

- le t observé entre la turbulence du rejet (station "rejet direct") en surface et l'eau du canal d'amenée n'a pas dépassé + 3°C lors de nos campagnes.

- la situation thermique observée lors des campagnes est en général complexe et parfois contradictoire :

  * La campagne du 12 mars montre un échauffement observé au rejet direct (fig. II.5) de 2.2°C, un échauffement aux deux niveaux du point "site" (par rapport au gradient naturel que l'on devrait observer sans fonctionnement de la centrale), où la colonne d'eau semble thermiquement homogène.



+ Canal
× Rejet Direct
● Site (ou contrôle) 0m
○ Site (ou contrôle) 10m
▲ H Z (ou référence) 0m
△ H Z (ou référence) 10m

FIGURE II-5 : TEMPERATURE - 1986

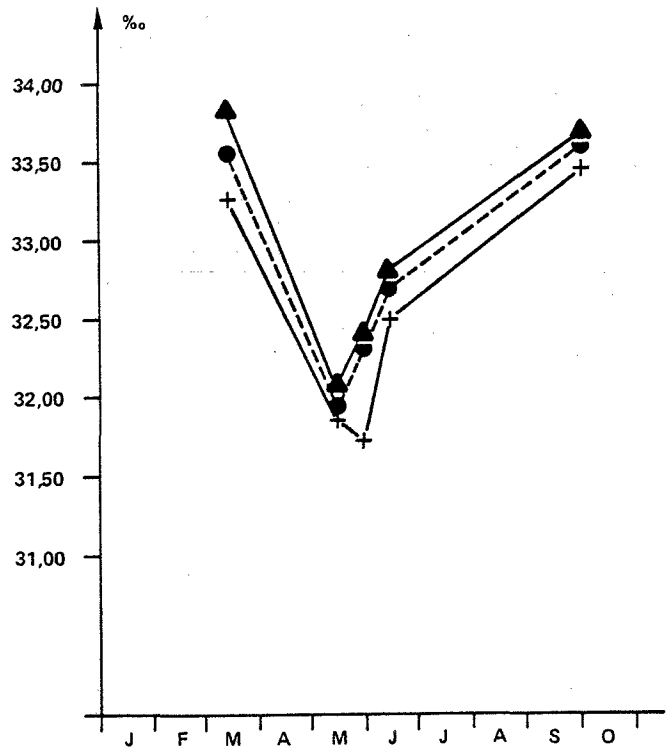


FIGURE II-6 : SALINITE (‰)

(niveaux moyennés)

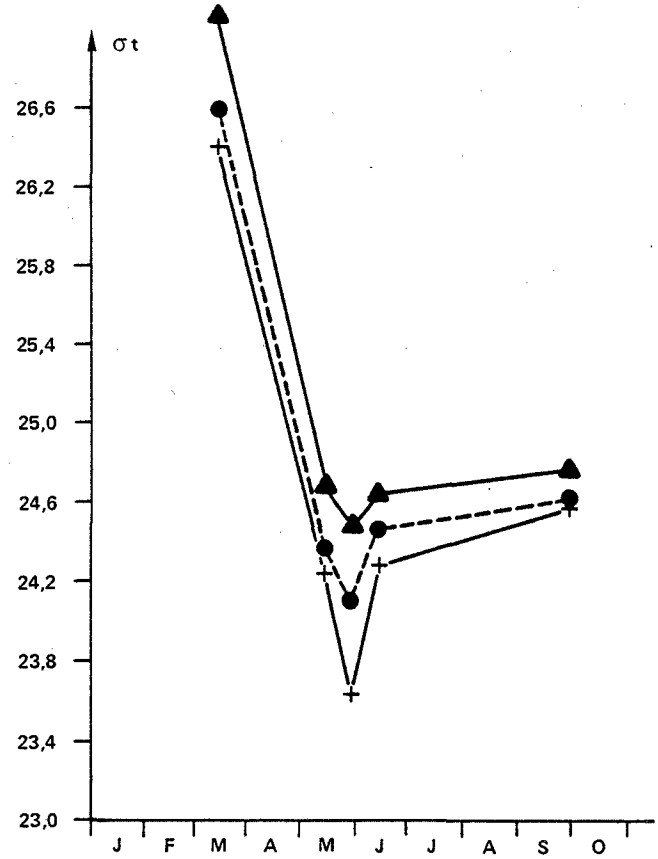
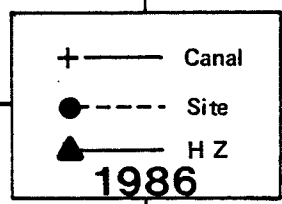


FIGURE II-7 : DENSITE DE L'EAU (sigma t)

(niveaux moyennés)



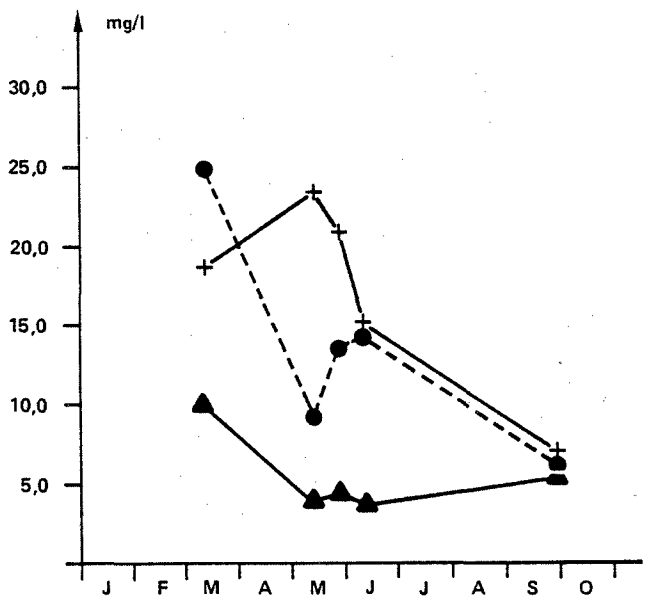


FIGURE II-8 : MATIERES EN SUSPENSION

(niveaux moyennés)

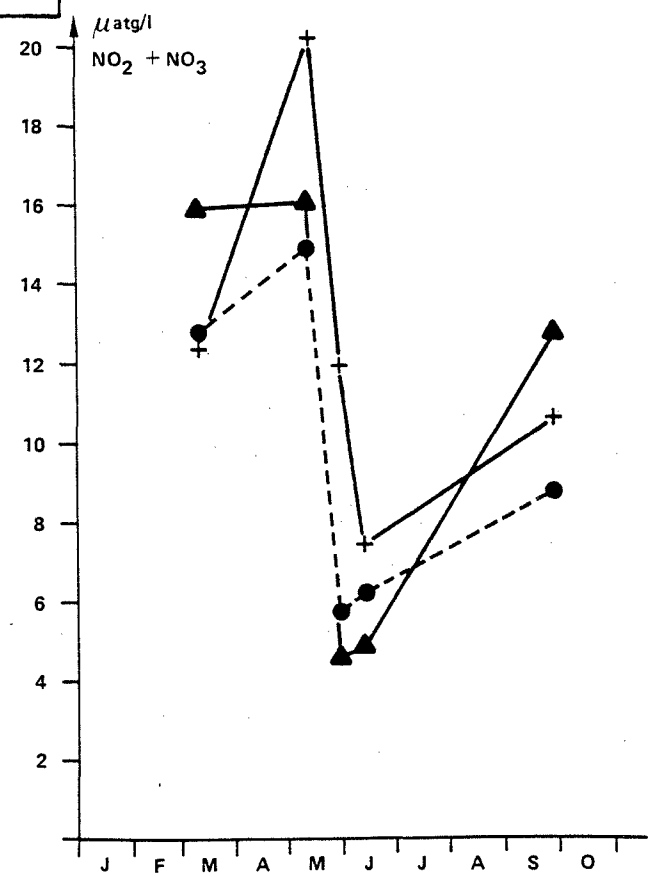


FIGURE II-9 : NITRATES + NITRITES

(niveaux moyennés)

* La campagne du 14 mai ne fait pas apparaître d'échauffement sensible au rejet direct mais indique un gradient vertical au point "site" qui laisse penser à l'influence d'un échauffement de la zone, accentué en surface.

* Les deux campagnes du 29 mai et du 12 juin présentent un scénario comparable : échauffement sensible au rejet direct, que l'on retrouve de manière significative au "site" en surface, mais pas à - 10 m.

* La campagne du 29 septembre montre un échauffement sensible au rejet direct, au point contrôle (site) en surface. La station référence (hors-zone) donne lieu à deux observations contradictoires : le profil vertical (fig. II.4) montre l'homogénéité thermique de la colonne d'eau, au moment du choix de la station. Environ 20 minutes plus tard, l'échantillonnage à 0 m et à - 10 m par les bouteilles Niskin atteste une différence de 0.65°C explicable soit par l'existence d'une variation naturelle, soit par la dérive du bateau dans des masses d'eaux impactées en surface durant les prélèvements. Les observations sur les teneurs en M.E.S. (paragrapge 2.4) confortent cette hypothèse. En tout état de cause il conviendra donc, à l'avenir, d'éloigner cette station vers le large, de manière à se donner une marge de sécurité.

La figure II.4 illustre les profils thermiques verticaux enregistrés à toutes les stations en début de prélèvements. On constate l'homogénéité verticale de la colonne d'eau au canal d'amenée et à la station référence (la dérive du bateau a dû ensuite le ramener dans la zone d'influence thermique durant les autres prélèvements). La zone de la turbulence du rejet indique une augmentation irrégulière de la température, du fond vers la surface, d'environ 2.4°C. La station "contrôle" révèle une stratification thermique assez nettement établie, dont la thermocline est aux environs de 4 - 5 m, pour un t d'environ 1.5°C.

2.2. Salinité (fig. II.6).

Son évolution traduit directement et de façon très sensible, à toutes les stations, l'influence des conditions climatiques du cycle d'étude. La pluviométrie abondante de la fin de mars et du mois d'avril est l'origine des faibles salinités enregistrées en mai (32 ‰).
L'influence de l'estuaire de la Seine (fig. I.5) n'est pas à exclure. Le gradient côte-large croissant, classiquement observé, est établi à chaque campagne. On remarque une dessalure sensible, vraisemblablement locale, de l'eau du canal d'amenée le 29 mai.

2.3. Densité de l'eau (fig. II.7 et II.10).

Son évolution est essentiellement liée à la salinité. Exceptée la campagne du 12 mars, on observe à la station "site" en surface une légère diminution de la densité de l'eau, liée à la fois à l'échauffement déjà décrit, et à l'apport de cette eau légèrement dessalée issue du canal d'amenée et ayant transité dans la centrale. Cette différence de densité n'excède pas 0.50 unités sigma t (observation du 29 septembre).

2.4. Matières en suspension (fig. II.8 et II.11).

Elles ont déjà été décrites comme étant l'indice visible du rejet de la centrale.

Les deux campagnes de mai illustrent clairement le scénario vraisemblable résultant de la combinaison (fig. II.11) :

- du gradient côte-large décroissant
- du transit dans les circuits de refroidissement
- de la dilution.

On retrouve ainsi, par teneurs en MES décroissantes les échantillons suivants : canal d'amenée, rejet direct, site 0 m, site 10 m, hors-zone (0 m et 10 m).

Les observations du 12 mars et du 12 juin (teneurs en MES supérieures au rejet direct par rapport à celles observées au canal d'amenée) peuvent peut-être s'expliquer par l'existence d'une crème de vase (surtout calcaire) entrant dans la centrale via le fond du canal d'amenée, et non prise en compte par l'échantillonnage à mi-niveau à cette station.

Malgré ces remarques, les résultats les plus significatifs de ce cycle d'étude pour ce paramètre sont :

- le gradient surface - 10 m à la station "site", résultant de l'enrichissement en MES des eaux de surface, indice de l'étalement du rejet en surface.

- l'homogénéité des valeurs enregistrées aux deux niveaux de la station "hors zone", ainsi que le gradient enregistré en septembre, indice que cette station de prélèvement, initialement située hors impact direct (vérification par profil thermique, et par turbidité visuelle), a pu ensuite devenir impactée sous l'effet de la dérive du navire, ce qui a été observé pour la température (valeurs à 0 m et à - 10 m), et qui amène les mêmes commentaires.

2.5. pH et teneur en oxygène dissous.

Il n'y a rien de spécial à signaler. L'évolution de ces paramètres dépend essentiellement de l'activité photosynthétique.

2.6. Sels nutritifs.

Les silicates et les phosphates ne sont plus analysés dans le cadre de la nouvelle méthodologie mise en place en septembre. Pour le premier semestre 1986, le seul fait notable concerne les silicates. Leur stock observé le 12 mars (en moyenne 4.52 µatg/l) traduit une consommation sensible par le bloom phytoplanctonique printanier. Mais les prélèvements suivants (10.4 µatg/l le 14 mai, 6.58 le 29 mai, et 8.90 le 12 juin) sont le signe d'un enrichissement très significatif qui est à relier à la diminution générale des salinités sur le site, résultant d'apports telluriques importants.

Les nitrites et les nitrates (figure II.9) révèlent eux aussi cet enrichissement début mai, compensé ensuite (fin mai et juin) par leur consommation par la biomasse phytoplanctonique. Le prélèvement du 29 septembre indique une restructuration du stock de ces sels.

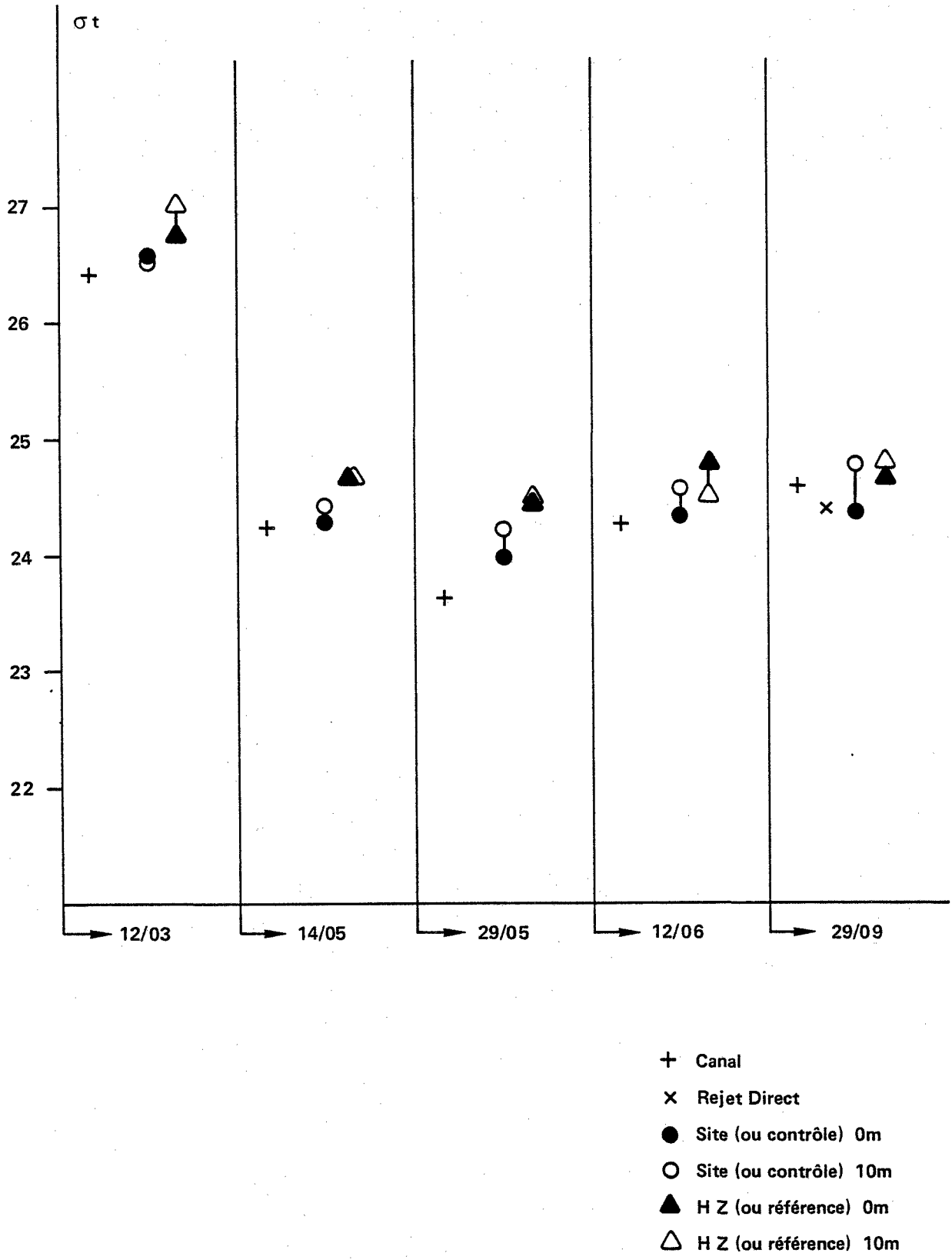


FIGURE II-10 : DENSITE (sigma t) -1986

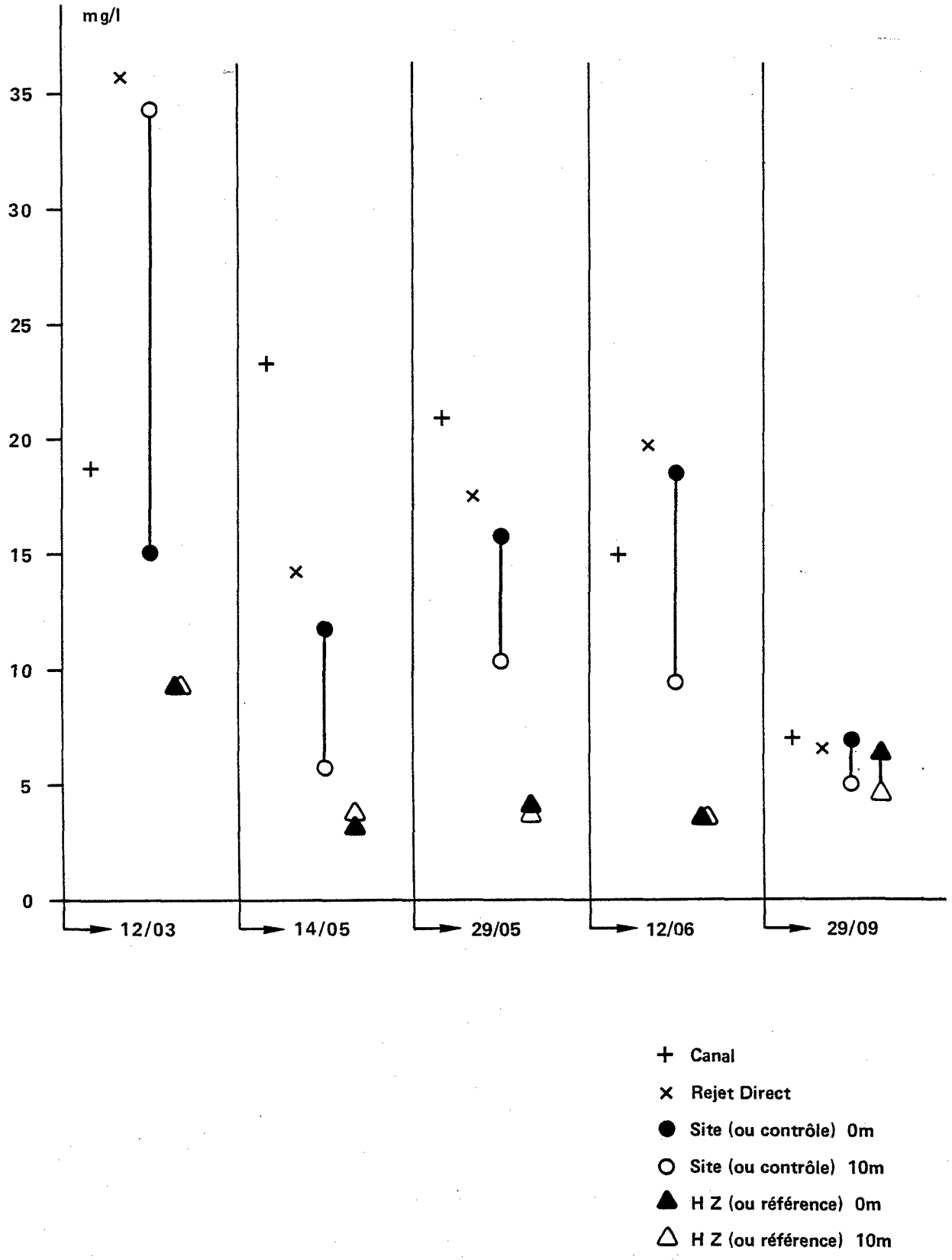


FIGURE II-11 : MATIERES EN SUSPENSION - 1986

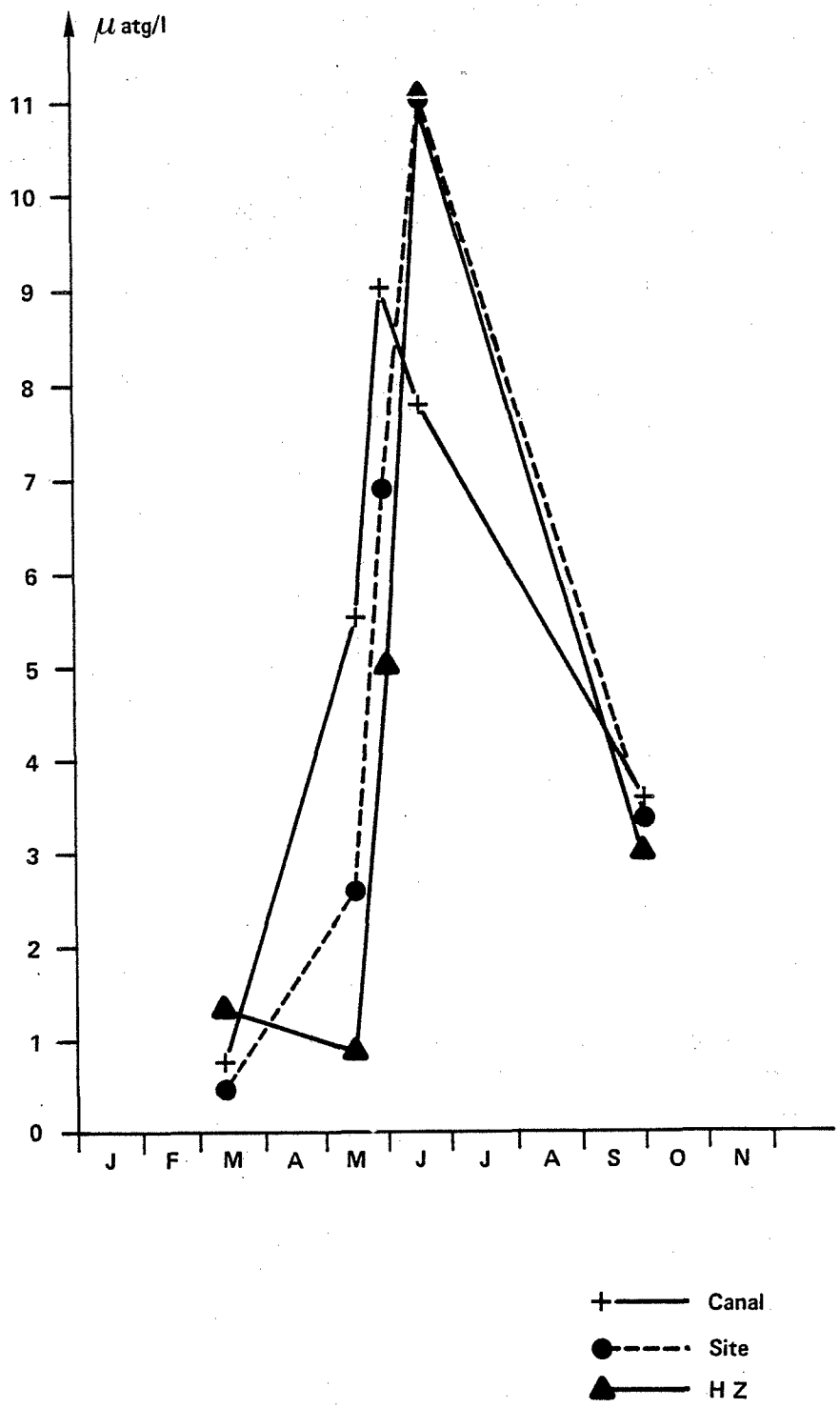


FIGURE II-12 : ION AMMONIUM - 1986
(niveaux moyennés)

La teneur en ion ammonium (fig. II.12) est sous l'influence de la dégradation bactérienne de la matière organique disponible. Le pic observé se situe fin mai - début juin, avec des teneurs relativement importantes (comprises entre 8 et 11 µatg/l). A l'inverse des nitrites et des nitrates, on observe en fin septembre une chute des teneurs en ion ammonium.

L'analyse des teneurs aux différents niveaux (0 m, - 10 m) ne semble pas significative d'un impact de transit.

2.7. Conclusion.

L'étude hydrologique de ce cycle 1986 est marquée par une importante période de dessalure débutant vraisemblablement en avril, et observée en mai et juin. A ce phénomène, qui résulte directement des conditions climatiques, sont liés des apports telluriques en sels nutritifs, particulièrement en silicates, ainsi qu'en nitrites et en nitrates.

L'impact du transit des eaux dans la centrale se traduit, comme cela avait été noté en 1985, par une influence remarquée sur deux paramètres, la température et la teneur en matières en suspension.

2.7.1. Effet thermique.

En comparaison avec le modèle prédictif proposé par le LNH pour EDF (fig. II.1 et II.2), on constate que la méthodologie utilisée ne prend pas en compte de l'extension de l'impact sur la zone. Cette extension, qui procède par gradient décroissant, rend délicate la situation hors impact de la station de référence (hors zone) selon sa nouvelle définition, mais amène à privilégier les conditions de courant de flot pour son échantillonnage.

En ce qui concerne l'échauffement constaté sur zone, il convient de noter :

- qu'on n'a pas relevé d'échauffement supérieur à 3°C dans la turbulence même du rejet, au niveau de laquelle le profil vertical de température exprime cette turbulence.

- que la station site (ou contrôle) exprime une tendance à la formation d'une thermocline, dans les conditions d'observations du 29 septembre, aux environs de 4 - 5 m. Cette observation accrédite la possibilité de l'étalement du rejet échauffé en surface, donc de stratification verticale de la masse d'eau.

2.7.2. Effet sur la teneur en matières en suspension.

Il apparaît clairement à l'observateur que la centrale de Paluel, pompant à la côte des eaux de refroidissement par nature très turbides (en général chargées des matériaux de la falaise) rejette cette turbidité dans une zone où elle est naturellement moindre. Ainsi, le panache turbide est le premier critère d'observation du rejet. Pour ce paramètre comme pour la température, les échantillons analysés renforcent l'hypothèse de l'étalement du rejet des tranches en surface, du moins lorsque la mer n'est pas trop agitée.

Tableau II.1 : PALUEL 1986 - HYDROLOGIE.

Date		12 Mars 1986				14 Mai 1986			
Stations / Paramètres		Canal moyen	Rejet direct	Site	Hors-zone	Canal moyen	Rejet direct	Site	Hors-zone
Heure de PM (TU)			11H49				13H30		
Coeff. de marée			96				53		
Heure (T.U.)		11H00	11H35	11H45	12H30	12H30	13H10	13H20	14H15
Sonde brute (m)		8	-	14	26	6	-	16	28
Secchi (m)		1.2	-	1.1	2.1	0.5	-	1.0	2.0
Température °C	0 m	4.19	6.4	4.61	3.98	11.82	11.70	11.47	10.09
	10 m			4.62	4.02			10.99	10.09
Salinité ‰	0 m	33.25	-	33.55	33.65	31.88	-	31.85	32.05
	10 m			33.54	34.02			31.96	32.04
Densité σ_t	0 m	26.40	-	26.59	26.74	24.23	-	24.27	24.66
	10 m			26.58	27.03			24.43	24.65
Oxygène dissous ml/l	0 m	8.31	-	7.58	7.18	6.21	-	6.32	7.02
	10 m			7.59	7.06			6.55	7.01
Oxygène % saturation	0 m	114	-	105	98	100	-	101	109
	10 m			107	97			104	109
pH	0 m	7.99	-	8.03	8.02	8.00	-	8.10	8.00
	10 m			8.01	8.01			8.05	7.70
Nitrates µatgN-NO_3/l	0 m	11.8	-	10.5	12.5	>22	-	7.2	15.5
	10 m			14.1	19.0			21.7	15.8
Nitrites µatgN-NO_2/l	0 m	0.56	-	0.35	0.16	0.67	-	0.49	0.43
	10 m			0.44	0.26			0.47	0.36
Ammoniac µatgN-NH_4/l	0 m	0.74	-	0.41	1.34	5.5	-	2.77	0.89
	10 m			0.46	1.39			2.37	0.94
Phosphates µatgP-PO_4/l	0 m	1.35	-	1.56	1.87	1.94	-	1.24	0.52
	10 m			1.72	2.23			2.81	0.67
Silicate µatg Si-SiO_3/l	0 m	2.3	-	2.7	4.7	10.4	-	21.7	8.2
	10 m			4.4	8.5			6.8	4.9
Matières en suspension mg/l	0 m	18.69	35.72	15.05	9.65	23.44	14.18	11.84	3.26
	10 m			34.30	9.56			5.84	3.85

Date		29 Mai 1986				12 Juin 1986			
Stations / Paramètres		Canal moyen	Rejet direct	Site	Hors-zone	Canal moyen	Rejet direct	Site	Hors-zone
Heure de PM (TU)			14H42				13H20		
Coeff. de marée			60				60		
Heure (T.U.)		14H30	15H05	15H15	13H45	12H05	13H05	13H15	14H00
Sonde brute (m)		8	-	16	25	9	-	16	24
Secchi (m)		0.5	-	0.8	2.2	0.5	-	1.1	3.5
Température °C	0 m	14.29	16.3	14.74	12.66	13.96	16.00	14.43	13.32
	10 m			13.78	12.67			13.40	13.25
Salinité ‰	0 m	31.72	-	32.32	32.38	32.48	-	32.68	32.99
	10 m			32.35	32.41			32.77	32.58
Densité σ_t	0 m	23.62	-	23.99	24.45	24.27	-	24.33	24.79
	10 m			24.21	24.47			24.61	24.50
Oxygène dissous ml/l	0 m	5.98	5.06	6.23	6.63	-	-	5.28	5.38
	10 m			6.23	6.58			5.15	5.35
Oxygène % saturation	0 m	102	-	107	109	-	-	91	90
	10 m			105	109			87	89
pH	0 m	8.6	-	8.60	8.60	7.90	-	7.95	8.05
	10 m			8.45	8.50			7.95	8.05
Nitrates µatgN-NO_3/l	0 m	11.4	-	5.0	3.9	6.9	-	5.3	4.7
	10 m			5.8	4.7			6.3	4.1
Nitrites µatgN-NO_2/l	0 m	0.54	-	0.37	0.30	0.53	-	0.45	0.38
	10 m			0.40	0.32			0.55	0.35
Ammoniac µatgN-NH_4/l	0 m	8.99	-	6.91	5.01	7.75	-	13.14	13.34
	10 m			6.74	5.02			12.58	15.47
Phosphates µatgP-PO_4/l	0 m	0.75	-	0.36	0.26	1.11	-	1.15	1.02
	10 m			0.07	0.77			1.47	0.98
Silicate µatg Si-SiO_3/l	0 m	11.8	-	5.8	4.2	13.1	-	10.9	5.6
	10 m			6.7	4.4			9.7	5.2
Matières en suspension mg/l	0 m	20.92	17.68	15.82	4.10	15.02	19.78	18.55	3.55
	10 m			10.49	3.92			9.56	3.58

Date		29 Septembre 1986			
Stations / Paramètres		Canal moyen	Rejet direct	Contr.	Réf.
Heure de PM (TU)			07H11		
Coeff. de marée			35		
Heure (T.U.)		11H15	12H30	13H15	14H15
Sonde brute (m)		3	14	14	14
Secchi (m)		-	-	-	-
Température °C	0 m	15.97	17.60	17.40	16.22
	10 m			15.74	15.57
Salinité ‰	0 m	33.45	33.76	33.60	33.64
	10 m			33.65	33.65
Densité σ_t	0 m	24.59	24.39	24.37	24.68
	10 m			24.79	24.82
Oxygène dissous ml/l	0 m	-	-	-	-
	10 m			-	-
Oxygène % saturation	0 m	-	-	-	-
	10 m			-	-
pH	0 m	-	-	-	-
	10 m			-	-
Nitrates µatgN-NO_3/l	0 m	10.63 *	8.98 *	9.45 *	9.7 *
	10 m			8.18 *	15.95 *
Nitrites µatgN-NO_2/l	0 m	-	-	-	-
	10 m			-	-
Ammoniac µatgN-NH_4/l	0 m	3.55	3.00	3.06	2.81
	10 m			3.58	3.17
Phosphates µatgP-PO_4/l	0 m	-	-	-	-
	10 m			-	-
Silicate µatg Si-SiO_3/l	0 m	-	-	-	-
	10 m			-	-
Matières en suspension mg/l	0 m	7.02	6.50	6.93	6.47
	10 m			5.12	4.70

* Nitrates + Nitrites

CHAPITRE III

MICROBIOLOGIE

Hubert GROSSEL
IFREMER - ENVIRONNEMENT LITTORAL

Madame VINCQUE
LABORATOIRE MUNICIPAL ET REGIONAL DE ROUEN

1. INTRODUCTION.

La surveillance du compartiment bactérien de l'écosystème pélagique donne lieu à des prélèvements qui sont effectués en même temps que ceux destinés à l'analyse des autres paramètres hydrobiologiques (hydrobiologie et plancton).

A chaque station, les échantillons sont prélevés à un niveau voisin de - 1 m.

Les déterminations effectuées concernent :

- le dénombrement des germes totaux en épifluorescence.
- la recherche des vibrio halophiles et leur identification.
- le dénombrement des germes aérobies sur milieu de Zobell-Oppenheimer.
- le dénombrement des streptocoques fécaux en milieu liquide.
- le dénombrement des Escherichia coli en milieu liquide.

A la nouvelle méthodologie mise en place en septembre correspond un renforcement de l'échantillonnage établi comme suit, excepté pour l'étude des germes fécaux, qui est abandonnée.

Stations	Contrôle (Site)	Référence (HZ)	Canal	Rejet
Nb. d'échantillons microbiologie	4	4	2	2
Nb. d'échantillons bromoformes	2	2	2	2

Le matériel et les méthodes d'analyses sont inchangés par rapport aux études précédentes.

A partir du 30 mai 1986, des prélèvements supplémentaires pour dosage du Bromoforme ont été pratiqués : dosage du Bromoforme par espace de tête et injection en chromatographie capillaire - détection capture d'électrons.

2. RESULTATS.

Les résultats sont rassemblés dans les tableaux III.1 (1er semestre 1986) et III.2 (campagne du 29.09.1986).

2.1. Dénombrement des germes totaux en épifluorescence (fig. III.1).

La figure III.1 illustre l'évolution du nombre de germes totaux depuis 1983. L'année 1986 fait apparaître une régression du nombre de germes totaux sur les trois points analysés (stations entrée, site et hors-zone). En mai, on se situe près des valeurs enregistrées en 1983 et 1984. Les prélèvements de juin et de septembre se rapprochent à nouveau de ceux enregistrés en 1985.

On constate que les différentes stations analysées ont présenté, dans cette évolution, un comportement rigoureusement identique.

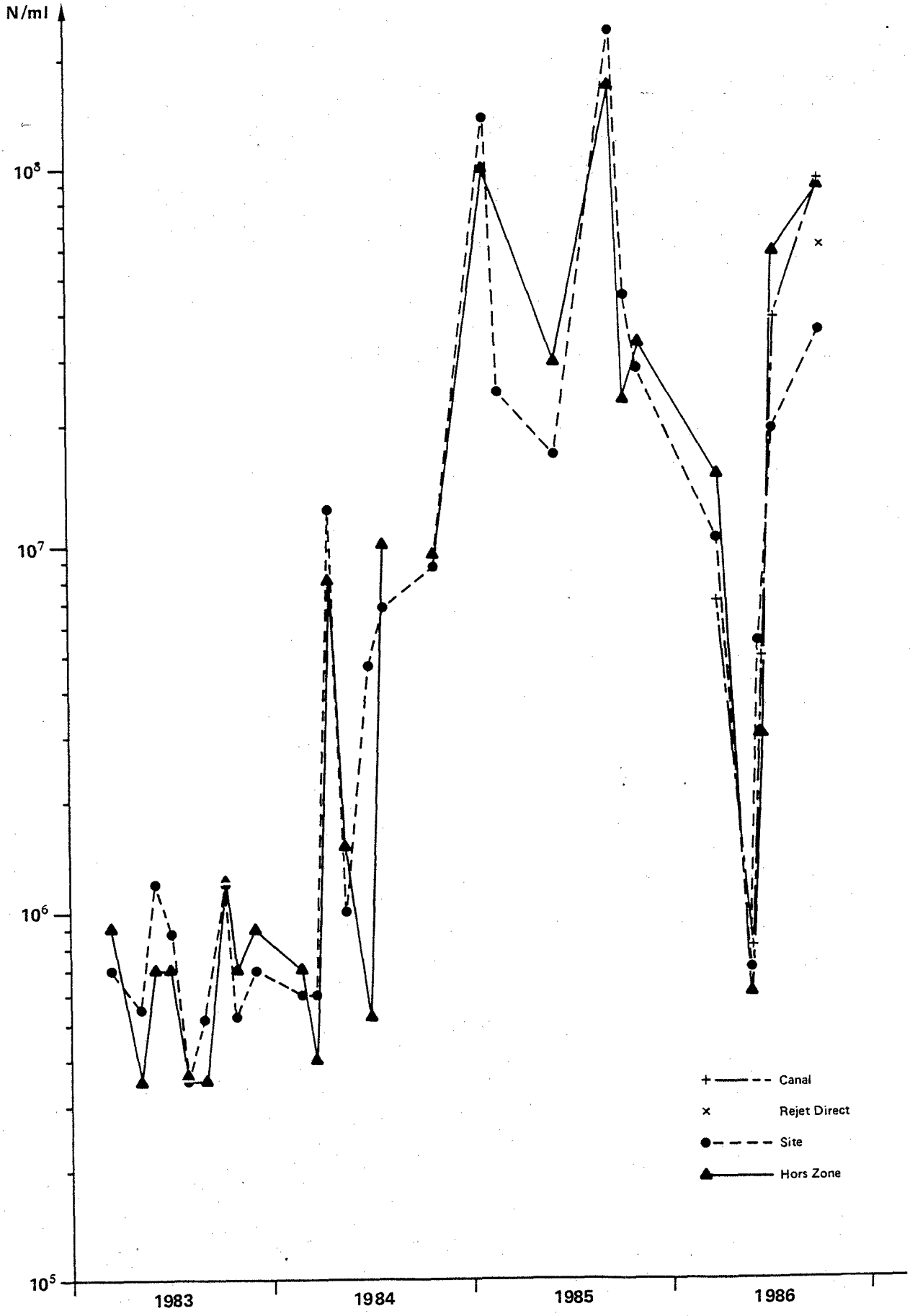


FIGURE III-1 : DENOMBREMENT DES GERMES TOTAUX EN EPIFLUORESCENCE

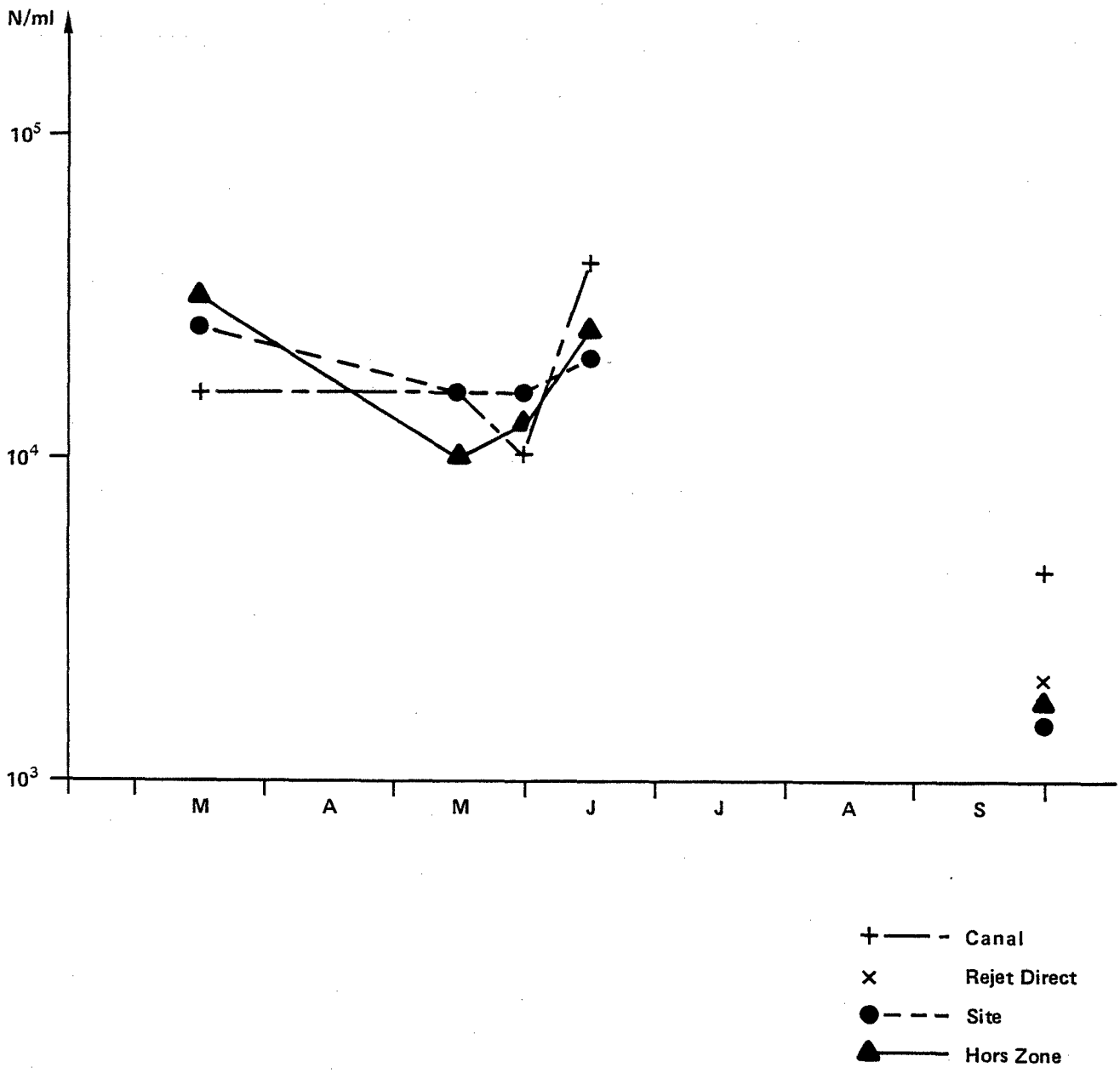


FIGURE III-2 : DENOMBREMENT DES GERMES AEROBIES VIABLES SUR MILIEU DE ZOBELL - 1986

2.2. Dénombrement des germes aérobies viables sur milieu de Zobell (fig. III.2).

Le dénombrement des germes aérobies viables marque une régression par rapport aux valeurs trouvées en 1985. On constate que tous les points de prélèvement évoluent de la même manière. Comme cela avait été observé en fin de cycle 1985, les analyses de juin et de septembre 1986 confirment la supériorité des densités de germes viables dans le canal d'amenée de la centrale.

Pour l'ensemble des points, alors que la campagne de septembre correspond à un enrichissement de l'eau en germes totaux, on constate une nette diminution du nombre de germes viabiles (valeurs comprises entre 10^3 et 10^4/ml).

2.3. Recherche des vibrio-halophiles.

- Vibrio alginolyticus a été décelé trois fois :
  * le 12.03 sur le site et à l'entrée E
  * le 13.06 à l'entrée E.

- Vibrio parahaemolyticus a été décelé une fois :
  * le 12.03 sur le site.

Les vibrio ont toujours été recherchés sur un litre d'eau de mer (recherche en MPN négative lors de chaque analyse, avec résultats qualitatifs : "présence-absence").

2.4. Germes indicateurs de pollution fécale.

Ce paramètre a été supprimé de l'étude de surveillance après le 1er semestre 1986. Durant les quatre premières campagnes (mars à juin), la pollution pour les germes indicateurs de pollution fécale reste très faible, et montre elle aussi une régression par rapport à l'année 1985.

2.5. Dosage du bromoforme.

Tous les dosages donnent des résultats inférieurs à 1 µg/l. Les effets de la chloration de l'eau de mer lors du transit dans la centrale restent donc jusqu'à présent imperceptibles lors de notre échantillonnage, avec la méthodologie employée.

3. CONCLUSION.

Le premier semestre 1986 est marqué par une diminution générale du nombre de germes totaux. Mais cette tendance s'inverse en juin avec un retour à des valeurs voisines de celles enregistrées en 1985, qui se confirme fin septembre.

Les germes aérobies viables sur milieu de Zobell témoignent de densités faibles durant tout le cycle d'étude 1986, même en septembre, lorsque les germes totaux marquent un regain de leurs densités.

Seule la mise en évidence de vibrio-halophiles s'est montrée plus riche que les années précédentes avec en particulier Vibrio parahaemolyticus identifié en mars 1986 sur le site de la centrale.

Les dosages du bromoforme, commencés à la fin mai, ne donnent pas de résultats significatifs d'un impact sensible au niveau du milieu marin.

Tableau III.1 : Microbiologie - Bromoforme - Résultats 1986 - 1er semestre.

	Epifluorescence Nombre total de bactéries N/ml			Germes aérobies Zobell N/ml			Vibrio halophiles / l N.D.= non décelés			Escherichia coli / 100 ml			Streptocoques fécaux / 100 ml			Bromoforme µg/l			
	Site	H.Z	Entrée E	Site	H.Z	Entrée E	Site	H.Z	Entrée E	Site	H.Z	Entrée E	Site	H.Z	Entrée E	Site 0 m	H.Z 0 m	Site 10 m	H.Z 10 m
12.03	$1 . 10^7$	$1.5\ 10^7$	$7 . 10^6$	$4 . 10^4$	$5 . 10^4$	$2 . 10^4$	V.alg. V.parah	N.D	V.algin	$4.3\ 10^1$	9.2	$4.3\ 10^1$	< 0.30	< 0.30	3.6				
16.05	$7 . 10^5$	$6 . 10^5$	$8 . 10^5$	$2 . 10^4$	$1 . 10^4$	$2 . 10^4$	N.D	N.D	N.D	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 0.30				
30.05	$5.5\ 10^6$	$3 . 10^6$	$5 . 10^6$	$2 . 10^4$	$1.5\ 10^4$	$1 . 10^4$	N.D	N.D	N.D	< 0.30	< 0.30	< 0.30	6.2	< 0.30	9.2	< 1	< 1	Canal < 1	
13.06	$2 . 10^7$	$6 . 10^7$	$4 . 10^7$	$3 . 10^4$	$4 . 10_4$	$6 . 10^4$	N.D	N.D	V.algin	< 0.30	< 0.30	3.6	< 0.30	< 0.30	< 0.30	< 1	< 1	< 1	< 1

Tableau III.2 : Résultats du 29.09.1986.

	Epifluorescence Nombre total de bactéries / ml	Germes aérobies Zobell N/ml	Vibrio halophiles /l	Bromoforme µg/l
Contrôle	4.4×10^7	1.8×10^3	Non décelé	0 m - < 1
	5.2×10^7	1.4×10^3	" "	< 1
	2.8×10^7	1.5×10^3	" "	< 1
	2.3×10^7	1.5×10^3	" "	10 m - < 1
	$\bar{x} = 3.68\ 10^7$	$\bar{x} = 1.6\ 10^3$		
Référence	1.1×10^8	1.5×10^3	" "	0 m - < 1
	8.8×10^7	1.5×10^3	" "	< 1
	7.7×10^7	2.5×10^3	" "	10 m - < 1
	1×10^8	4.2×10^3	" "	< 1
	$\bar{x} = 9.38\ 10^7$	$\bar{x} = 2.4\ 10^3$		
Rejet direct	6.1×10^7	1.3×10^3	" "	< 1
	6.5×10^7	4.4×10^3	" "	< 1
	$\bar{x} = 6.30\ 10^7$	$\bar{x} = 2.9\ 10^3$		
Canal d'amenée	9×10^7	7.7×10^3	" "	< 1
	1×10^8	5×10^3	" "	< 1
	$\bar{x} = 9.5\ 10^7$	$\bar{x} = 6.4\ 10^3$		

CHAPITRE IV

PHYTOPLANCTON

PRODUCTION PRIMAIRE

Hubert GROSSEL
IFREMER - ENVIRONNEMENT LITTORAL
Centre de Boulogne-sur-Mer

La méthodologie reste inchangée. Les principaux résultats de biomasse et de productivité primaire sont rassemblés dans le tableau IV.1.

1. BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE (fig. IV.1 et IV.2).

Comparée aux années antérieures, 1986 présente un développement de la biomasse phytoplanctonique assez semblable en ce qui concerne les maxima enregistrés. La première campagne de mars montre une valeur moyenne des teneurs en pigment chlorophyllien égale à 6.4 mg/m^3, significative du printemps phytoplanctonique déjà commencé (les espèces présentes en témoignent). La période de bon ensoleillement de février, et l'augmentation de la température de l'eau depuis la fin de ce mois (cf. figure II.3) en sont la cause. Le mois d'avril, non échantillonné, a très vraisemblablement connu un développement de la biomasse végétale. On retrouve celle-ci en mai avec des teneurs proches de 12 et 13 mg/m^3 : le bloom printanier est alors en plein développement. Très vite ensuite, la biomasse chlorophyllienne décroit, pour atteindre 3.4 mg/m^3 le 12 juin. Cette déplétion a vraisemblablement été suivie d'un bloom estival, dont on ne retrouve plus de trace en fin septembre (teneur moyenne 1.2 mg/m^3), si ce n'est quelques espèces indicatrices.

Durant ce cycle d'étude, le gradient côte-large des teneurs en chlorophylle a semblé nettement établi lors de nos campagnes de mars et de juin (il est illustré en figure IV.1 par l'écart-type des observations). Inversement, il a été peu sensible en mai et le 29 septembre.

Impact du transit sur la biomasse.

Comme lors du cycle d'étude de 1985, l'impact du transit sur la biomasse phytoplanctonique est peu ou pas ressenti au rejet de la centrale. La figure IV.2 montre que même les observations de 1985 * (léger appauvrissement des teneurs en surface au point Site par rapport au point Hors-Zone) ne sont pas vérifiées en 1986. Ainsi, ce qui se confirme pour la température et les teneurs en M.E.S., significatif d'un impact et d'un étalement du rejet en surface, n'est pas corroboré par les teneurs en chlorophylle. Cet aspect du problème, pour lequel nous n'apportons pas de réponse à l'heure actuelle, doit être suivi avec attention, d'autant que les paramètres de productivité (cf. ci-dessous) semblent réagir de façon plus cohérente.

2. PRODUCTIVITE PRIMAIRE.

Le tableau IV.1 rassemble les résultats des trois campagnes de production primaire réalisées les 14 et 29 mai et le 29 septembre.

Deux critères d'appréciation de la productivité de l'eau sont présentés :

- la production mesurée en mg C/m^3.heure, selon la méthode de l'incubation à la lumière artificielle en présence de carbone marqué.
- le rapport Production/Biomasse chlorophyllienne utilise la production mesurée en mg C/m^3.heure et la teneur en chlorophylle de l'échantillon considéré (en mg/m^3). Il est l'indice de l'état de productivité des phytoplanctontes.

---

* Voir figure IV.3, page 57 du rapport de surveillance, année 1985.

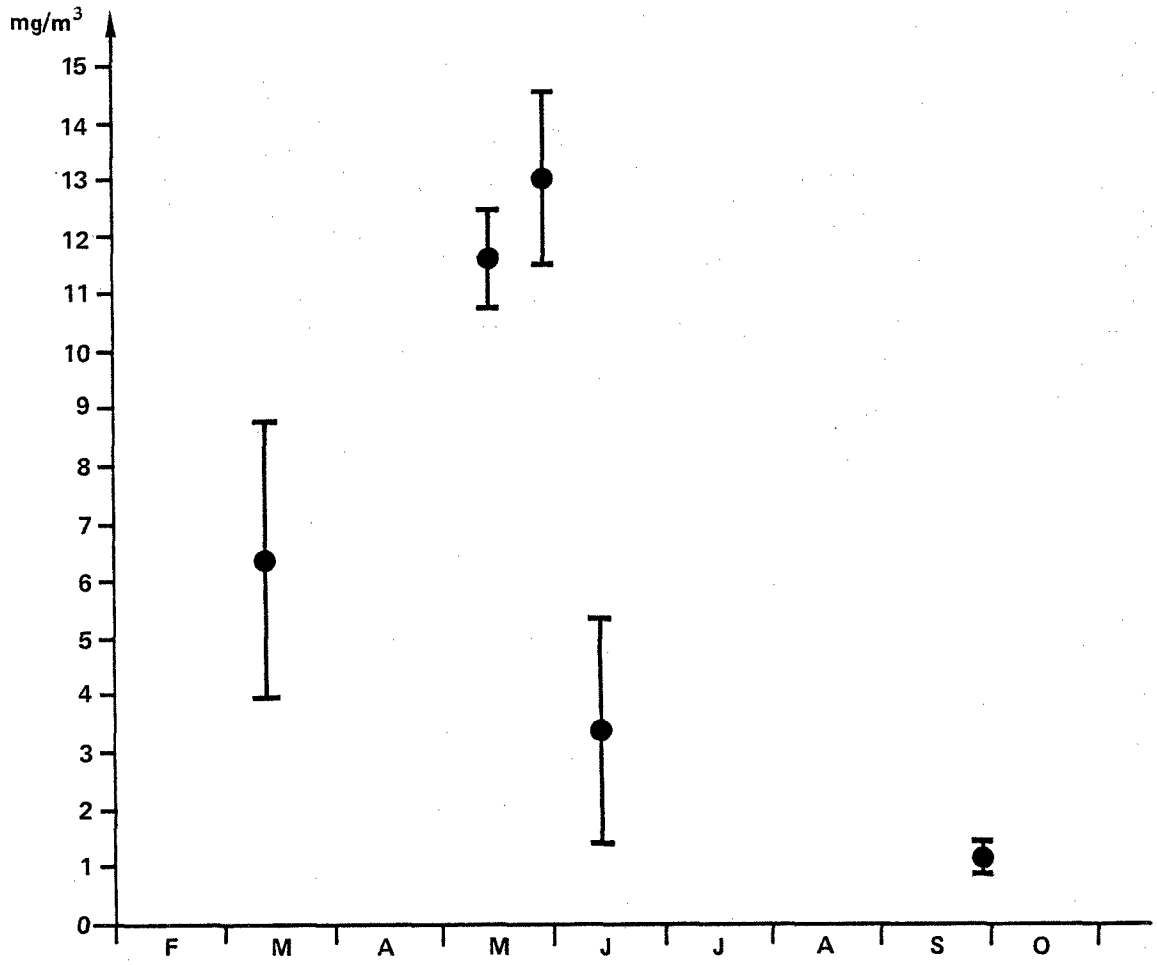


FIGURE IV-1 : TENEURS EN CHLOROPHYLLE
(moyenne et écart-type de tous les échantillons)

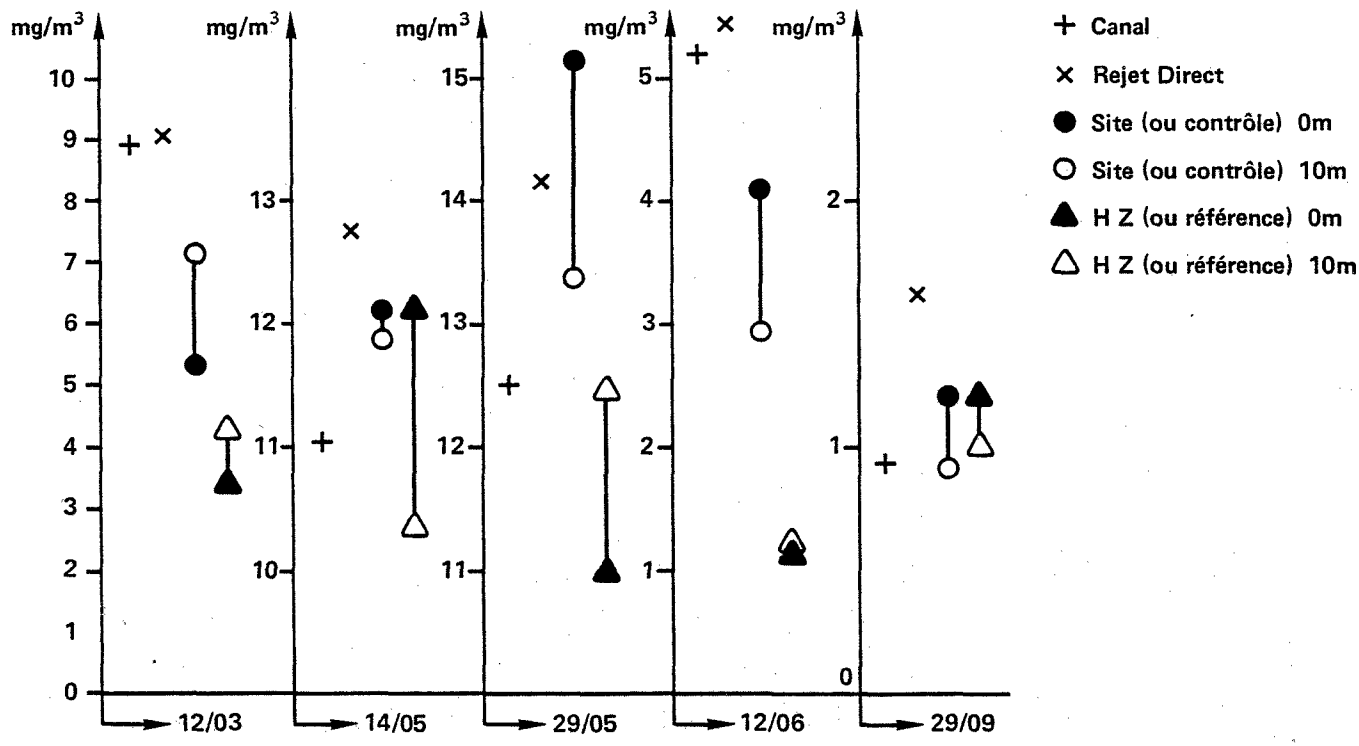


FIGURE IV-2 : TENEURS EN CHLOROPHYLLE
(valeurs des échantillons) - 1986

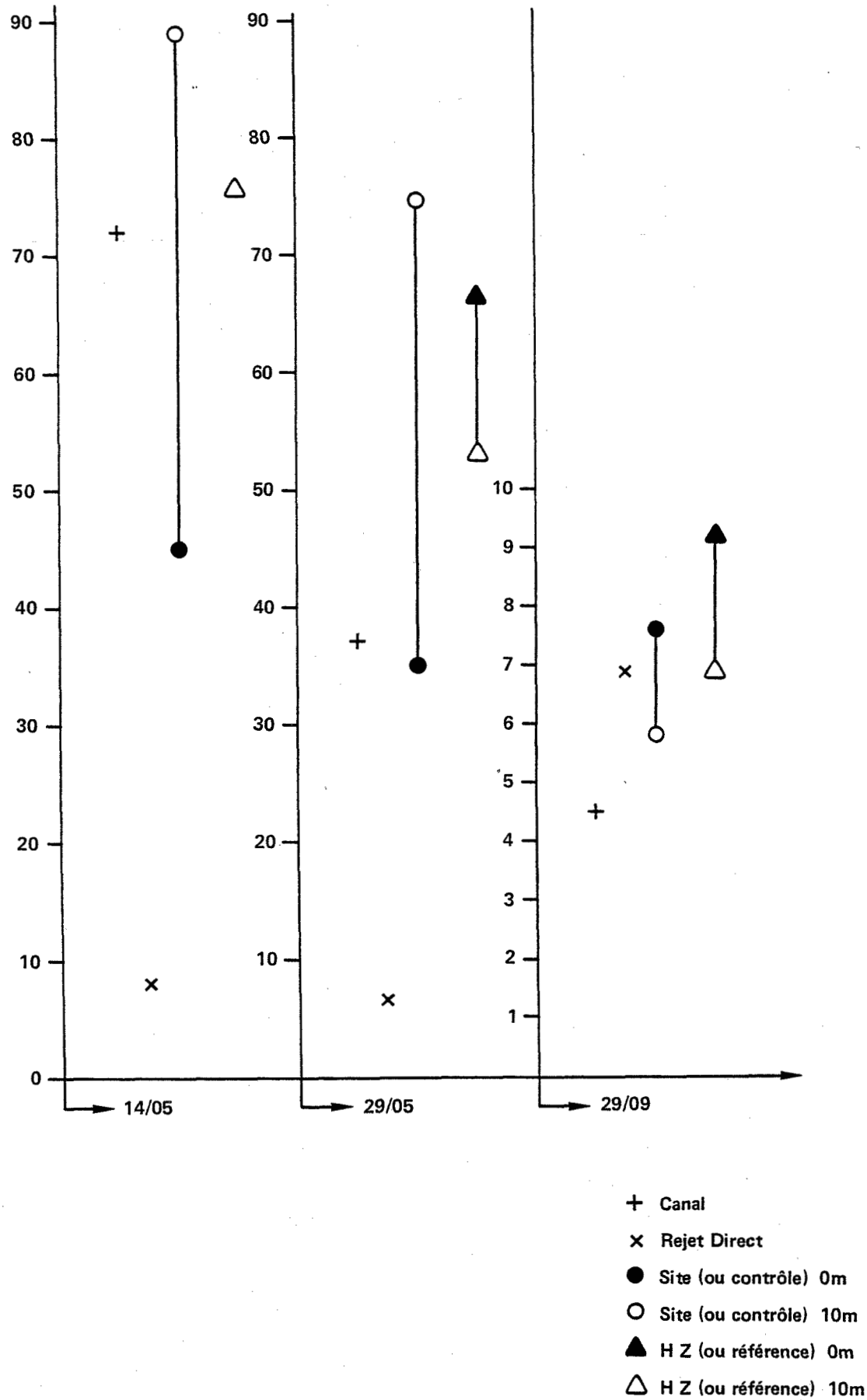


FIGURE IV-3 : PRODUCTION PRIMAIRE (en mgC/m^3 .heure) - 1986

2.1. Production mesurée (fig. IV.3).

Les productions enregistrées lors des trois campagnes correspondent, en intensité, à ce qui a déjà été observé à de telles périodes sur le site de Paluel lors des études antérieures.

La figure IV.3 montre que les campagnes de plus fortes productions, situées en mai, sont celles pour lesquelles l'impact au rejet de la centrale est le plus sensible. En effet, le pourcentage de production de l'eau issue de la turbulence du rejet, par rapport à celle prélevée dans le canal d'amenée de la centrale est de 11 % le 14 mai, de 18 % le 29 mai et présente un constat positif de 150 % le 29 septembre, résultat pouvant s'expliquer par la teneur en chlorophylle présente (1.74 mg/m^3 au rejet, contre 0.93 au canal d'amenée) et peut-être aussi par l'absence de chloration si le prélèvement a été effectué dans le rejet de la tranche III (sur les trois tranches en circulation (II, III et IV) seules les tranches II et IV étaient ce jour-là en chloration).

D'une manière générale, les résultats de la campagne du 29 septembre se sont révélés difficiles à interpréter dans le sens d'une évaluation de l'impact.

Les deux campagnes de mai permettent une interprétation de l'impact selon le scénario déjà présenté en 1985. Pour ces deux campagnes moyennées, l'impact sur la production semble montrer que la chronologie dans le cheminement des masses d'eau peut être schématisé de la façon suivante :

P = Productions en mg C/m^3 . heure

% = Pourcentage de Production / Canal d'amenée

Site 0 m : P = 40
- 26 % ↗
Canal d'amenée : P = 54 ⟶ Rejet direct : P = 7
- 87 % ↘ + 52 %
Site 10 m : P = 82

Ces résultats expriment donc une chute significative de la production photosynthétique de l'eau au rejet (environ 90 %), suivie, comme cela a déjà été noté pour la température et pour les teneurs en M.E.S., par un étalement du rejet en surface avec dilution par les eaux du site : la baisse de production au site par rapport à l'eau entrante n'est alors plus que d'environ 30 %. A la station site, la capacité productive de l'eau de surface est alors deux fois moindre que celle du niveau - 10 m, pour des conditions expérimentales identiques.

2.2. Rapport Production/Biomasse (fig. IV.4 et tableau IV.1).

Comme on l'a déjà vu pour la production primaire, l'indice de productivité cellulaire qu'est le rapport Production/Biomasse donne le 29 septembre des résultats peu révélateurs d'un impact de transit. Seul, le prélèvement effectué dans la turbulence du rejet indique une légère diminution de la productivité.

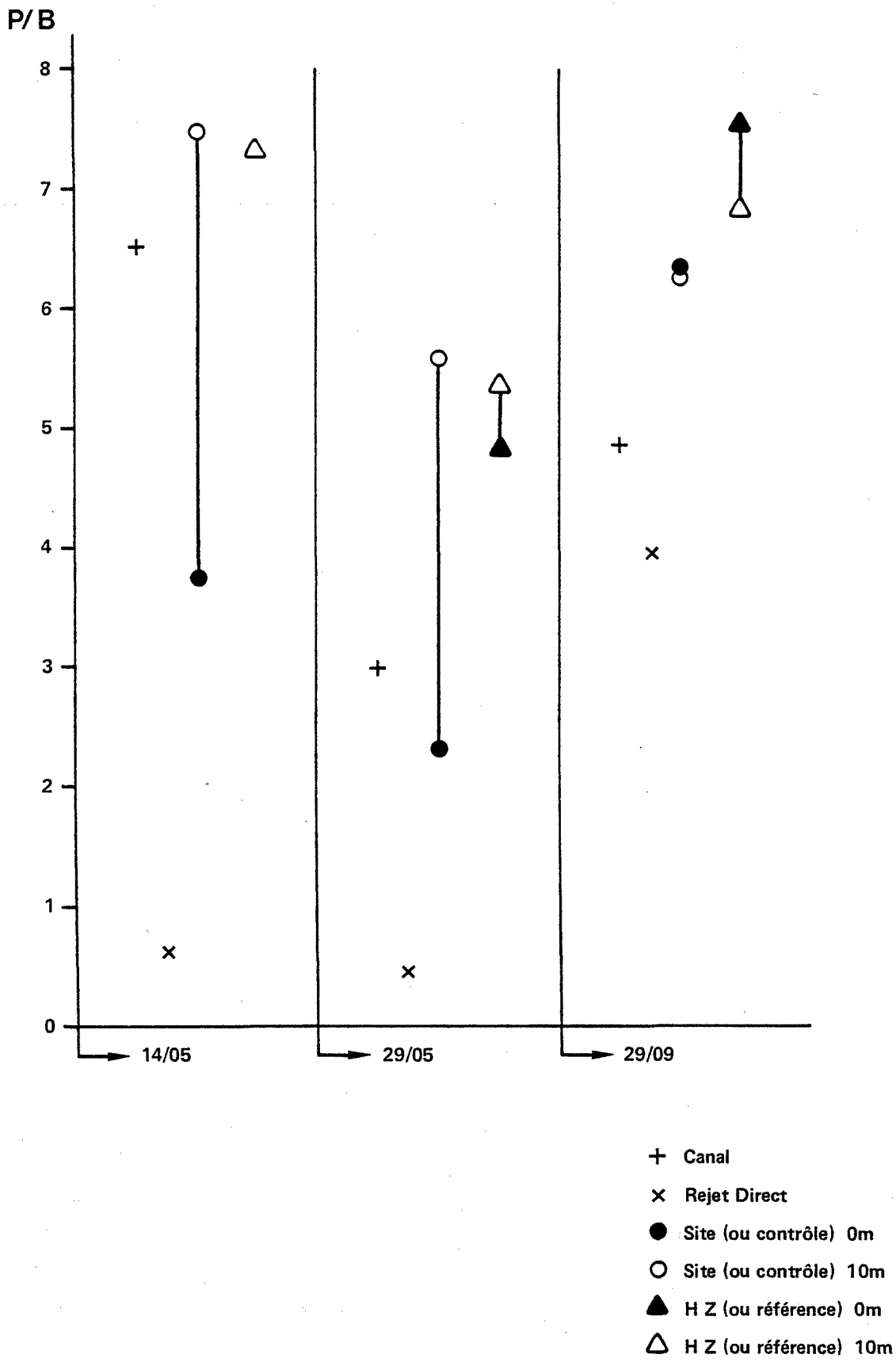


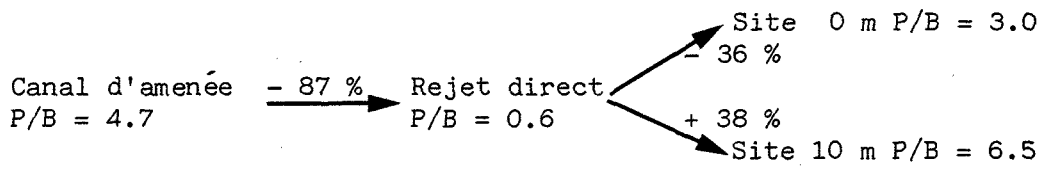
FIGURE IV-4 : RAPPORTS PRODUCTION/BIOMASSE 1986

Tableau IV.1 : Biomasse chlorophyllienne et production primaire (année 1986).

	12.03.86	14.05.86			29.05.86			12.06.86	29.09.86		
	Chlorophylle mg/m^3	Chlorophylle mg/m^3	Production primaire $mg\ C/m^3.h$	P/B	Chlorophylle mg/m^3	Production primaire $mg\ C/m^3.h$	P/B	Chlorophylle mg/m^3	Chlorophylle mg/m^3	Production primaire $mg\ C/m^3.h$	P/B
Canal d'amenée	8.9	11.05	71.9	6.51	12.50	37.0	2.96	5.20	0.93	4.5	4.84
Rejet direct	9.1	12.76	8.1	0.63	14.17	6.7	0.47	5.49	1.74	6.9	3.97
Site 0 m (Contrôle)	5.31	12.09	45.2	3.74	15.12	34.6	2.29	4.09	1.20	7.6	6.33
Site - 10 m (Contrôle)	7.15	11.90	89.0	7.48	13.37	74.6	5.58	2.95	0.92	5.8	6.30
Hors-zone 0 m (Référence)	3.46	12.13	-	-	11.00	53.2	4.84	1.17	1.22	9.2	7.54
Hors-zone - 10 m (Référence)	4.28	10.38	76	7.32	12.41	66.5	5.36	1.23	1.01	6.9	6.83

Les deux campagnes de mai, par contre, donnent des résultats en parfait accord avec le scénario déjà présenté en 1985, et repris cette année pour la production. Les indices de productivité sont en général meilleurs au large qu'à la côte, et l'on peut cette fois encore illustrer l'impact du transit sur le rapport P/B en fonction du schéma suivant, prenant en compte la moyenne des deux campagnes de mai :

Pourcentage de P/B par rapport au canal d'amenée



Ces résultats, comparés à ceux des productions enregistrées, ainsi qu'à ceux des teneurs en chlorophylle, semblent indiquer de façon nette que l'impact du transit dans la centrale ne se fait pas ressentir, avec la méthodologie de surveillance employée, sur les teneurs en chlorophylle, mais sur la capacité photosynthétique de ce pigment. Celle-ci est réduite de 90 % dans la turbulence du rejet et d'environ 40 % à la station site après étalement en surface et dilution par le milieu récepteur. A cette station, le P/B est deux fois moindre en surface qu'au niveau - 10 m.

3. DENSITES CELLULAIRES MICROPLANCTONIQUES (fig. IV.5).

On retrouve dans l'évolution des moyennes des densités microplanctoniques les grands traits caractérisant celle de la biomasse chlorophyllienne. On note seulement le décalage existant entre les teneurs en chlorophylle et les densités cellulaires en juin et en septembre, qui s'explique par la différence de taille (et donc du contenu en chlorophylle) des espèces présentes. En ce qui concerne les moyennes, le minimum observé (50 cellules/cm^3 le 12 juin) et le maximum (1700 le 29 mai) rendent l'année 1986 très comparable aux années antérieures. En raison de l'hétérogénéité de l'échantillonnage et de leur variabilité, le dénombrement des cellules microplanctoniques n'est pas un indice significatif de l'impact du transit sur les populations.

4. SUCCESSION ET DIVERSITE DES POPULATIONS MICROPLANCTONIQUES.

Exceptée la campagne de mars, les populations microplanctoniques sont apparues peu diversifiées. L'indice de diversité de Shannon, illustré en figure IV.6, représente cette évolution. En mars, quelques espèces printanières dominent la masse d'eau sur l'ensemble du site. Ce sont Skeletonema costatum (fig. IV.7), Thalassiosira spp. (fig. IV.8), Asterionella japonica et Thalassionema nitzschioïdes (fig. IV.7). Les autres campagnes diffèrent complètement : tout le mois de mai est dominé par Rhizosolenia delicatula (fig. IV.8), ce qui se retrouve clairement illustré par l'évolution de l'indice de diversité, alors nettement inférieur à 0.5 (fig. IV.6). Le mois de juin montre des populations peu abondantes, mais encore dominées par cette espèce.

Les populations de fin septembre, bien que contenant des vestiges de populations estivales (Rhizosolenia shrubsolei) sont nettement dominées par une espèce classiquement observée en automne, Chaetoceros sociale (fig. IV.9).

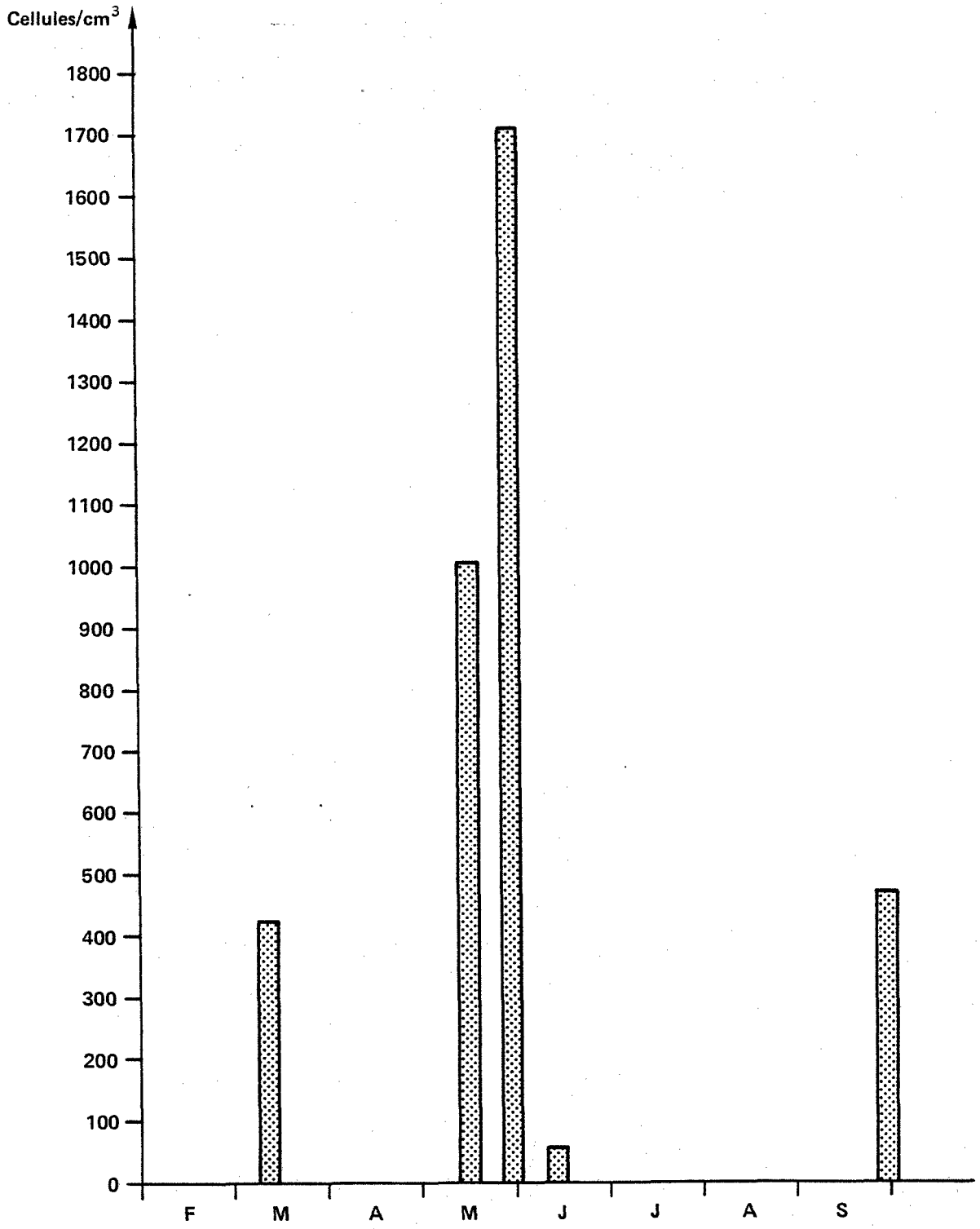


FIGURE IV-5 : NOMBRE DE CELLULES MICROPLANCTONIQUES (moyenne des échantillons) - 1986

Les péridiniens (fig. IV.9) ont leur pic d'abondance en juin. Le maximum observé est alors de 14 individus/ml au point hors-zone en surface.

Enfin, on remarque l'absence de Phaeocystis dans l'échantillonnage, comme cela avait été le cas en 1985.

5. CONCLUSION.

Du point de vue de l'évolution de la biomasse chlorophyllienne, ce cycle d'étude 1986 n'amène pas de remarque particulière.

Exceptée la campagne de mars, les populations phytoplanctoniques présentes sont apparues peu diversifiées. En mars, quelques espèces printanières dominent la masse d'eau sur l'ensemble du site.

Ce sont Skeletonema costatum, Thalassiosira spp., Asterionella japonica et Thalassionema nitzschioides. Les autres campagnes diffèrent complètement : tout le mois de mai est dominé par Rhizosolenia delicatula. Le mois de juin montre des populations peu abondantes, mais encore dominées par cette espèce. Les populations de fin septembre contiennent encore des vestiges de populations estivales (Rhizosolenia shrubsolei), mais sont nettement dominées par une espèce classiquement observée en automne, Chaetoceros sociale.

On remarque l'absence de Phaeocystis dans l'échantillonnage.

L'impact du transit dans la centrale ne se fait pas ressentir de façon sensible sur les teneurs en chlorophylle.

Par contre, les mesures de production primaire indiquent un effet significatif : la biomasse, qui n'est pas (ou peu) affectée est par contre nettement perturbée dans sa capacité productive.

Celle-ci est exprimée par le rapport Production/Biomasse chlorophyllienne pour lequel les deux campagnes du mois de mai illustrent le scénario de l'impact déjà présenté en 1985. En mai, période du maximum de production observé, on constate une chute de 90 % de productivité de l'eau dans la turbulence du rejet, de même qu'à la station site, en surface, la productivité est réduite de 40 % par rapport à celle de l'eau du canal d'amenée. Par contre, à - 10 m à cette station, elle est supérieure de 40 % à celle entrant dans la centrale.

Ces résultats, comparés à ceux fournis par l'analyse des températures et des teneurs en M.E.S. (chapitre II), confortent l'hypothèse que l'eau issue des têtes de rejets, remontant en surface (phénomène de turbulence nettement perceptible) tend à s'étaler ensuite en créant des gradients verticaux de certains paramètres, voire même des discontinuités, comme la thermocline identifiée en septembre, qui peuvent isoler en surface des eaux impactées moins productives au niveau primaire (phytoplancton).

PHYTOPLANCTON

PALUEL 1986

NIVEAUX MELANGES

SURFACE 10. M MILIEU

LEGENDE DES PTS DE MESURE TRAITES

- Site ou Contrôle
- Hors Zone ou référence
- Canal d'amenée
- Rejet Direct

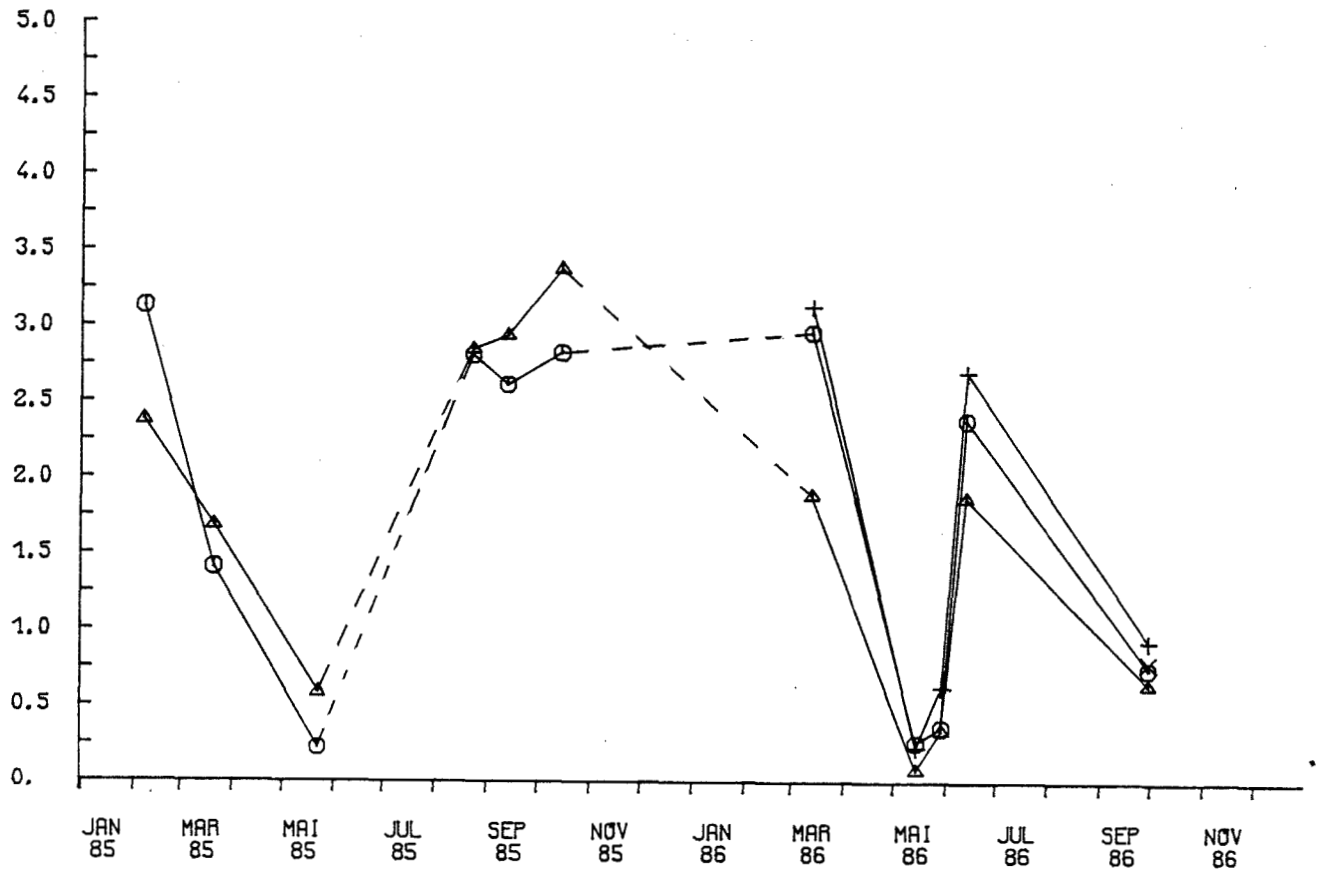


FIGURE IV-6 : INDICE DE DIVERSITE DE SHANNON

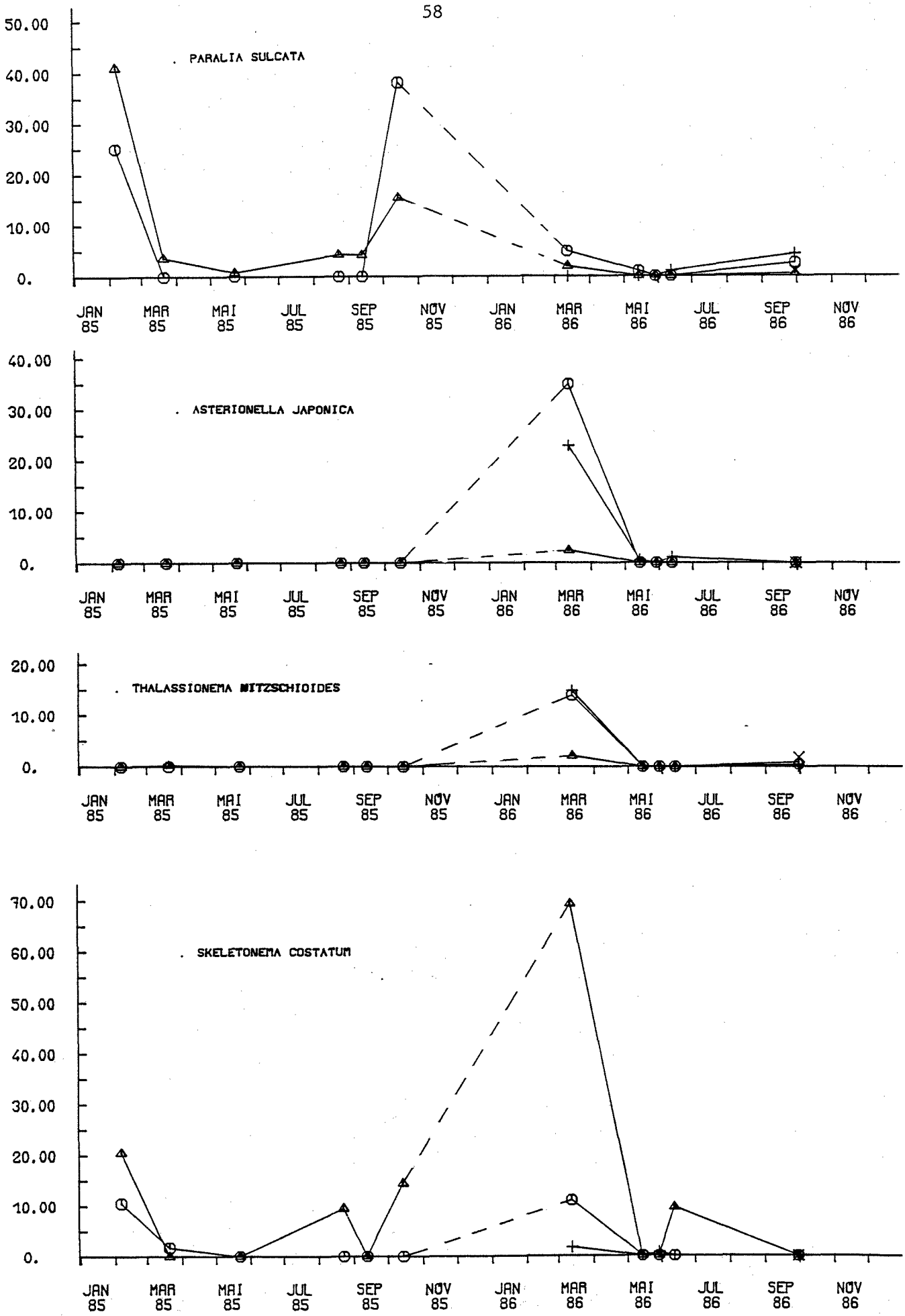
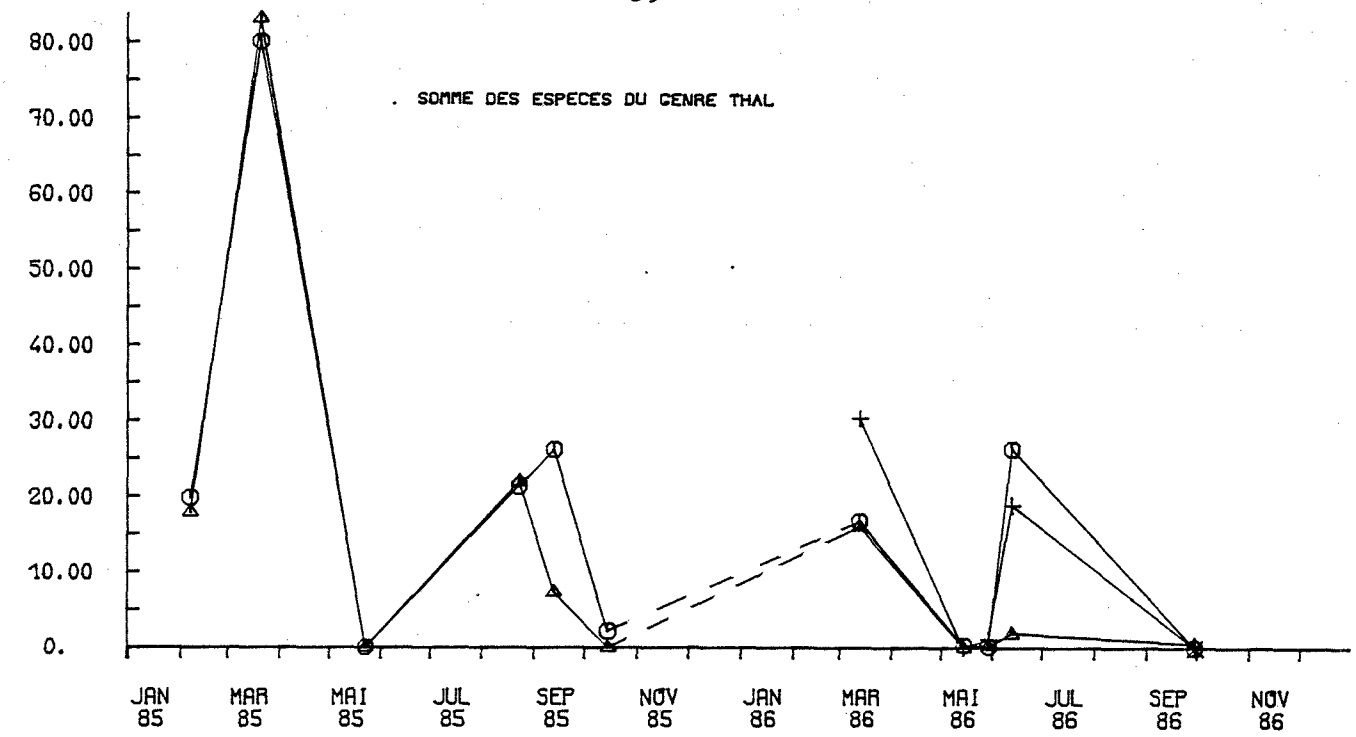


FIGURE IV-7 : SUCCESSIONS MICROPLANCTONIQUES

(% d'abondance)



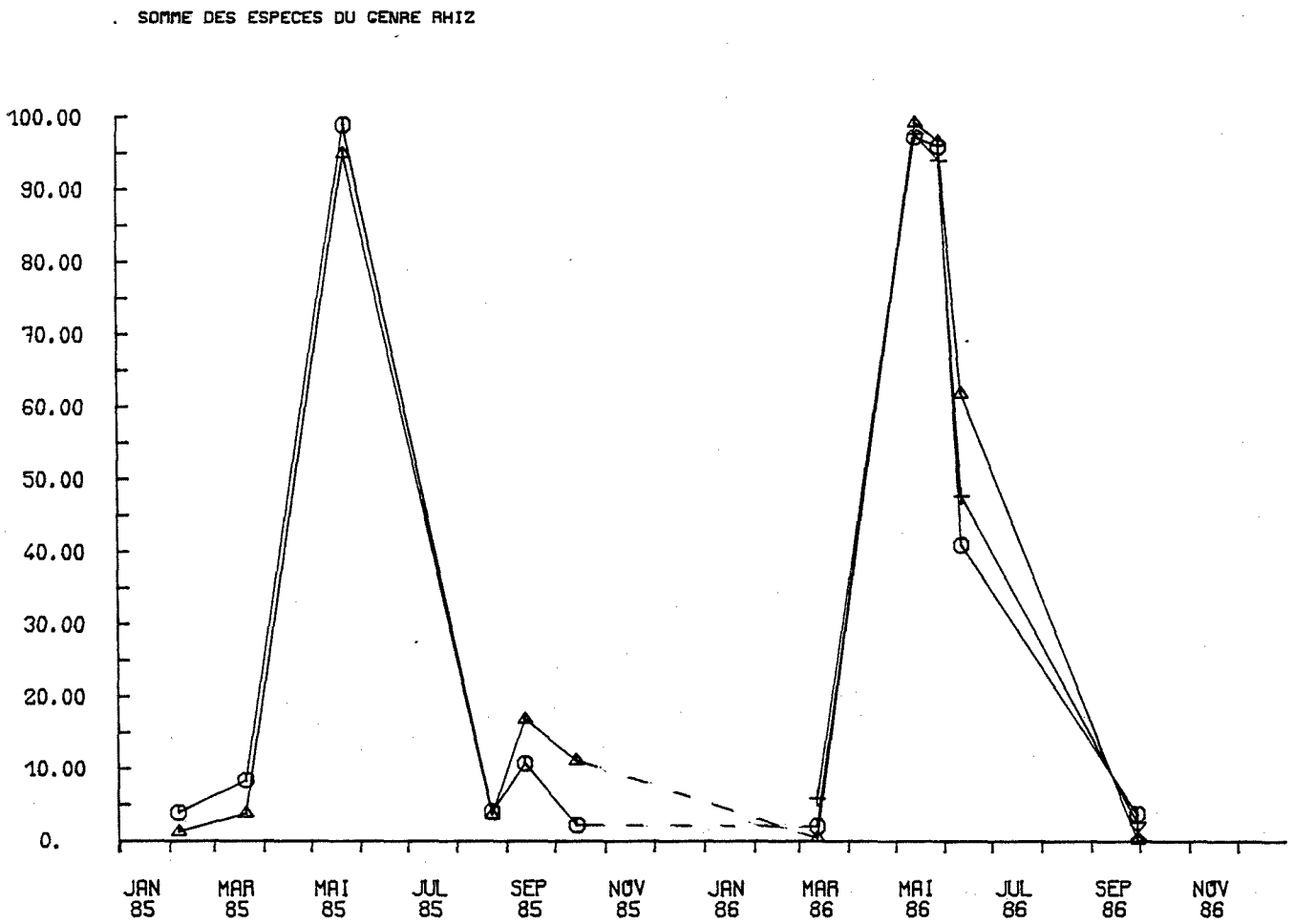


FIGURE IV-8 : SUCCESSIONS MICROPLANCTONIQUES

(% d'abondance)

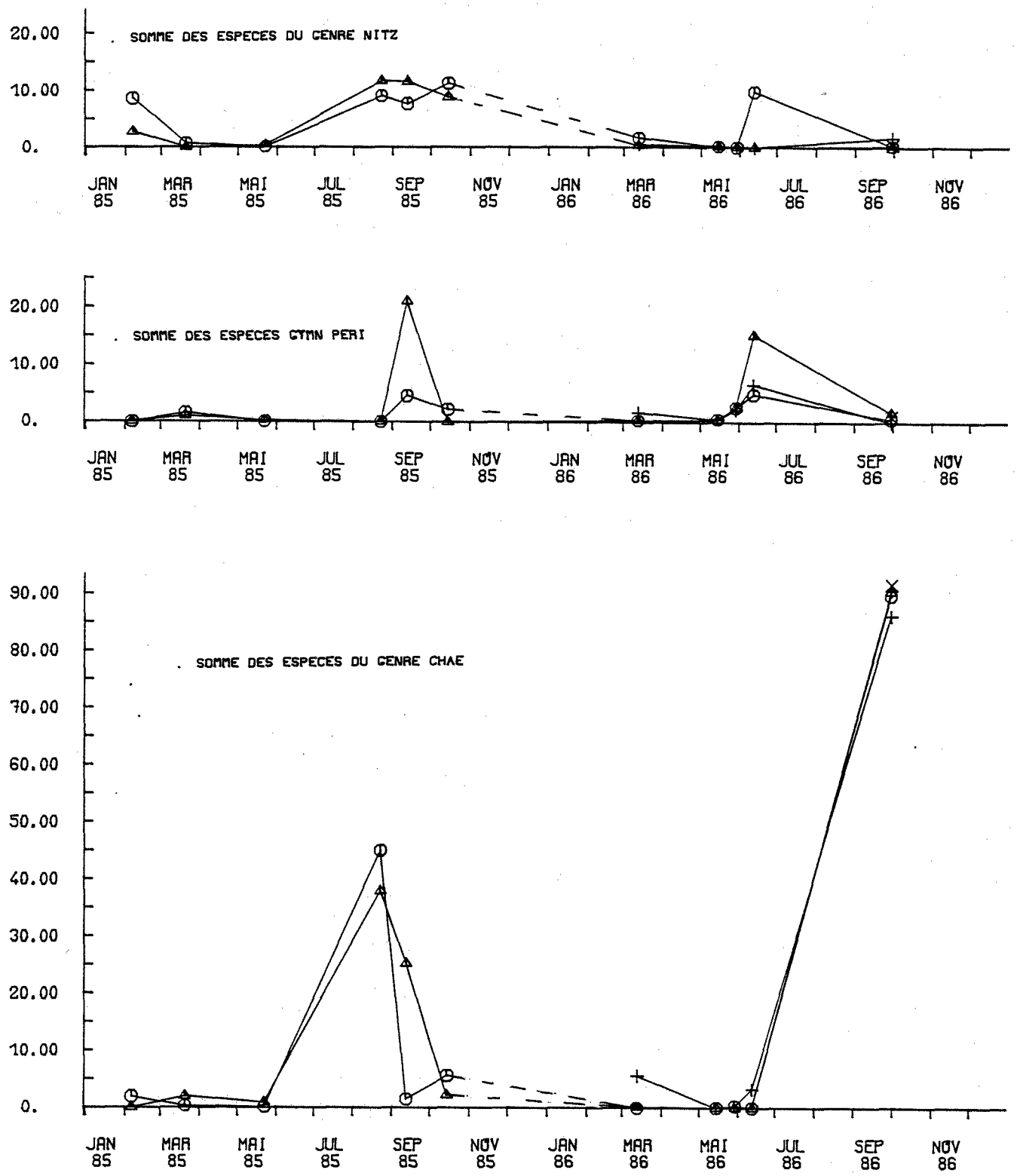


FIGURE IV-9 : SUCCESSIONS MICROPLANCTONIQUES
(% d'abondance)

CHAPITRE V

ZOOPLANCTON

France TOULARASTEL

1. INTRODUCTION.

En 1986, le suivi du cycle saisonnier du zooplancton est fait en trois points à partir de prélèvements verticaux *. Ces trois points correspondent à la zone du site (point "contrôle"), au canal d'amenée de l'eau dans la centrale (point "canal") et dans une région choisie hors de la tache thermique présumée (point "référence"). Un quatrième point est choisi à partir du mois de septembre à l'endroit du rejet de l'eau échauffée (point "rejet").

Ces quatres points étudiés correspondent à la nouvelle stratégie d'échantillonnage désormais adoptée.

Dans l'exposé, les points étudiés sont nommés par leur numéro de code soit :

- n° 1 : point "contrôle", anciennement "site".
- n° 5 : point "référence", anciennement "hors zone".
- n°30 : point "entrée" ou "canal".
- n°31 : point "rejet".

Cinq sorties ont eu lieu en 1986, le 03 mars, les 14 et 29 mai, le 12 juin, le 29 septembre. A chaque campagne sont effectuées à chaque point, six pêches planctoniques.

2. COMPOSITION FAUNISTIQUE DU ZOOPLANCTON (fig. V.2, V.3, V.4, V.5).

Une évaluation commode de la composition du zooplancton et de ses variations au cours de l'année est donnée par la comparaison des pourcentages de telle ou telle espèce par rapport au nombre total d'individus dans un prélèvement donné. On peut ainsi faire des comparaisons entre les saisons, les années, les zones étudiées. Il ne faut pas perdre de vue cependant que ce "pourcentage de dominance" se rapporte à des quantités d'individus très diverses et que par exemple 50 % de telle ou telle espèce en période pauvre (hiver) peut représenter une dizaine d'individus, et que 50 % de la même espèce au printemps peu correspondre à des dizaines de milliers d'individus. Des listes faunistiques exhaustives ont été publiées dans les rapport d'avant-projet et de projet. Elles comprennent jusqu'à 100 espèces. Pour la surveillance, une liste d'une trentaine est sélectionnée.

Mois de mars 1986.

C'est la saison où les larves de Cirripèdes sont abondantes, notamment au stade le plus jeune (nauplius). Ces larves forment respectivement aux points 1, 5 et 30, 65 %, 75 % et 73 % du nombre total de zooplanctontes. Vient ensuite l'espèce Temora longicornis pour 10 à 15 % du total. A cette saison on remarque des Pseudocalanus minutus, des larves d'Anthozoaires (cerinula) et des larves de Cirripèdes au stade cypris. Seule une dizaine de taxons constitue, en mars, les 95 % du nombre d'animaux récoltés. Il y a peu de différence entre les divers points étudiés.

---

* Prélèvement au filet type WP2 de vide de maille de 200 µ.

Mois de mai.

C'est la saison où la température atteint et dépasse 10°, l'espèce Temora longicornis est à son maximum de production, et en même temps la seule vraiment abondante. Elle représente respectivement 76 %, 74 % et 62 % du total, aux points 1, 5 et 30. On observe en outre de nombreuses larves cypris de Cirripèdes, et une augmentation en proportion de Acartia clausi, Pseudocalanus minutus, Euterpina acutifrons.

Fin du mois de mai.

A ce moment, Temora longicornis représente 80 %, 85 % et 72 % du zooplancton aux points 1, 5 et 30 (avec des effectifs de l'ordre de 50 000 ind./10 m^3). Acartia clausi devient plus abondant (entre 6 et 11 %) et ces deux espèces de Copépodes réunies représentent alors près de 90 % du zooplancton (en nombre d'individus).

Le reste du zooplancton comprend alors surtout des Pseudocalanus minutus, divers Copépodes et des larves de Cirripèdes.

Mois de Juin.

C'est encore Temora longicornis qui domine avec 80 %, 88 % et 68 % du total des animaux aux points 1, 5 et 30. On note encore 5 % à 12 % d'Acartia clausi et apparaissent diverses larves de crustacés (zoé de Brachyoures) pour 7 % et de mollusques 2 % avec des effectifs atteignant le millier.

Fin du mois de septembre.

A la fin de l'été, les températures sont au point culminant (17°40 au point 1). Les Acartia clausi (27 %) et Euterpina acutifrons représentent la moitié du zooplancton. La moitié restante est cependant très diversifiée (Oncaea sp., Oikopleura dioica, Sagitta setosa, etc...).

3. BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE (fig. V.1).

On peut approcher l'étude de la biomasse zooplanctonique en considérant le poids sec brut, sachant cependant qu'il contient, outre des animaux, des débris végétaux et minéraux. On dose ensuite à partir de la poudre des échantillons desséchés, la teneur en matière organique, en faisant la différence entre le poids sec et le poids de cendres (four à 600°). A partir de cette même poudre on dose le carbone et l'azote.

3.1. Evolution du poids sec total.

A Paluel, en 1986, le poids sec moyen varie selon la saison de 12 à 220 mg/m^3. Quelques valeurs anormalement fortes observées en mai ne sont dues qu'à des surcharges en vase fine dues au colmatage des filets par Phaeocystis.

3.2. Teneur en carbone et azote.

On observe de 4 à 36 % de carbone et de 0.5 à 8.5 % d'azote dans les échantillons. Les teneurs les plus élevées se trouvent en mai et en juin précisément aux périodes où le zooplancton est très riche, en particulier en Temora longicornis.

3.3. Matière organique.

La teneur en matière organique totale ne se calque pas en Manche sur celle du carbone et de l'azote du fait que l'on ne récolte pas souvent un plancton "propre", c'est-à-dire constitué uniquement d'animaux. Celà arrive cependant à certaines époques où l'eau est plus calme, en juin en général. C'est le cas précisément le 14 mai et le 12 juin 1986 où les teneurs en matière organique sont les plus élevées. On note par exemple 65 % de matière organique dans les pêches du 14 mai au point 1, ce qui fait un poids moyen de 140 mg/m^3.

3.4. Rapport carbone/azote.

Le rapport C/N que l'on garde comme étant l'expression de la "bonne santé" du système, c'est-à-dire de l'état de la matière vivante et du métabolisme des animaux varie de 4 à 6. La moyenne est de 4.6 ce qui est un peu inférieur à celle de 1985 (5.5) mais proche de celle de 1984 (4.3).

En moyenne, et depuis 1975, le rapport C/N varie entre 3 et 8.

4. VARIATIONS SAISONNIERES DES PRINCIPALES ESPECES.

4.1. Temora longicornis (fig. V.2).

C'est une espèce très commune en Manche, sa reproduction a lieu au printemps. C'est en mai qu'il est toujours le plus abondant, et rappelons qu'en 1980 on a pu en évaluer 100 000 ind./10 m^3. En 1985 de fortes densités étaient observées, soit de 66 000 à 99 000 ind./10 m^3. En 1986, les quantités observées sont de 100 à 50 000 ind./10 m^3, le maximum se situant le 29 mai. A cette date on remarque d'ailleurs 2 fois plus de Temora au point 1 qu'aux points 5 et 30.

4.2. Pseudocalanus minutus (fig. V.3 et V.4).

Espèce présente toute l'année, elle est surtout abondante au printemps, en 1986 le maximum est observé le 14 mai, il est de l'ordre de 8 000 ind./10 m^3 au point 30. L'intérêt de cette espèce est le fait que les femelles portent leurs oeufs et que le nombre des femelles ovigères peut donner une indication sur la période de reproduction et sur son intensité. Au moment où les Pseudocalanus sont les plus abondants, on peut dire qu'un individu sur 10 est une femelle porteuse d'oeufs.

4.3. Acartia clausi (fig. V.2).

C'est une espèce très répandue et abondante en Manche. Si en 1986 l'on observe un maximum de plus de 5 000 ind./10 m^3 au point 1 le 29 mai, on remarque aussi qu'ils sont encore nombreux en septembre aux points 1 et 5 et au "rejet" 31.

4.4. Euterpina acutifrons fig. V.2 et V.4).

Cette espèce est fréquente en Manche, côtière et sensible aux variations de température ; elle commence sa reproduction dès que l'eau atteint 15°. Le moment où elle est la plus abondante se situe à la fin de septembre avec 3 000 ind./10 m^3 ; c'est là que la température de l'eau est de 17°40 en surface. Les femelles ovigères sont bien visibles à ce moment et représentent jusqu'à la moitié du nombre d'individus. Cette forte proportion de femelles reproductrices avait été soulignée en 1985, année où la centrale était en action, mais avait déjà été vue en 1981 et 1983 avant échauffement de l'eau.

4.5. Oncaea sp (fig. V.4).

C'est une petite espèce toujours présente. On en compte plus en 1985 que précédemment, c'est encore le cas cette année avec 600 ind./10 m^3 en mai au point 1. Les femelles ovigères se repèrent facilement, on peut dire qu'au moment de forte reproduction, on compte une femelle ovigère pour quatre individus.

4.6. Acartia discaudata (fig. V.3).

On retrouve cette espèce chaque année au moment des fortes dessalures. C'est le cas en 1986 aux points 1 et 30 le 14 mai, avec 280/10 m^3 alors que la salinité est de 31.88 % et la température de 11°8.

4.7. Larves de cirripèdes (fig. V.5).

Comme chaque année on repère assez tôt dans la saison l'émission de ces larves dans le milieu. Ils sont au nombre de 108 000/10 m^3 au point 30 au début de mars et constituent les 3/4 du nombre total d'animaux planctoniques. Il s'agit des larves du premier stade dites nauplius, les larves de stade plus avancé dites cypris sont beaucoup plus volumineuses et représentent une forte biomasse. On n'a pas revu cette année l'exceptionnelle abondance vue en mars 1985 (sans doute du fait de l'espacement qui reste entre les campagnes), mais on notera 2 700 cypris/10 m^3 au point 1 le 05 mai.

4.8. Larves d'Annélides (fig. V.5).

Nous devons insister sur le fait que les larves d'Annélides sont parmi les plus importants constituants du zooplancton en Manche, ne serait-ce que par le potentiel qu'elles représentent pour le peuplement des substrats. Dès le mois de mars elles sont nombreuses, surtout celles de la famille des Spionidés et celles de Lanice conchilega. Parmi les Spionidés il faut remarquer que depuis 1984 on trouve nettement moins de larves de Polydora ciliata que précédemment. Les autres larves sont surtout celles de Nephtydés et d'Aphroditidés.

4.9. Oeufs et larves de poissons.

Les oeufs de Téléostéens sont présents à Paluel en mai et juin, on en compte 40/10 m^3 au point 30 le 12 juin, ce qui est relativement fort par rapport aux autres années. Les alevins sont plus rares, également au point 30 en mars et en mai on en compte près d'une vingtaine par 10 m^3.

4.10. Cnidaires et Cténaires.

Parmi les représentants de ces groupes, on notera la présence d'Hybocodon prolifer, seulement au point 30, en mars et en juin ; la présence de Sarsia tubulosa liée à la dessalure, le 14 mai au point 1 (salinité < 32 ‰) ; et enfin l'abondance de larves d'Anthozoaires (anémones de mer des fonds sableux sans doute) au mois de mars, jusqu'à 600/10 m^3 au point 30.

Enfin nous devons souligner en 1986 le fait que lors des 5 campagnes on trouve très peu de Pleurobrachia pileus : seulement en mai et pas plus de 40/10 m^3.

5. AMORCE DE COMPARAISON ENTRE LE CANAL D'AMENEE ET LE REJET.

Cette année, en septembre, des prélèvements ont été faits à l'entrée et au rejet de la centrale, ce qui permet une première comparaison des effectifs de zooplancton (cf. tableau).

Nombre/10 m^3	Point 30 Canal d'amenée	Point 31 Rejet	Point 1 Contrôle (Site)	Point 5 Référence (Hors zone)
Larves d'Annélides	54	176	110	205
Larves de Cirripèdes	207	223	10	307
Temora longicornis	90	317	2060	945
Acartia clausi	750	2920	2940	2870
Euterpina acutifrons	300	540	2820	950
Oncaea sp.	235	420	300	125
Oikopleura dioica	54	190	705	512
Total zooplancton	1970	5280	10940	6880
Biomasse (mg/m^3)	20	31	28	21
Matière organique(mg/m^3)	7	5	16	10
Température	16°	17°6	17°4	16°2

Tableau comparatif de quelques effectifs aux différents points le 29 septembre 86.

On remarque que les effectifs sont plus forts au rejet qu'à l'amenée pour toutes les espèces, parfois avec peu de différence, parfois de façon significative comme par exemple pour Acartia clausi : 750/10 m^3 contre 2900/10 m^3. Après comparaison avec les autres points, on peut dire à titre indicatif et avec réserves *, que la biomasse varie dans le même sens que la température : on voit 20 mg/m^3 à 16° au "canal", 21 mg/m^3 à 16° au "hors zone", 28 mg/m^3 à 17°40 au "site", 31 mg/m^3 à 17°60 au "rejet". Poursuivant la comparaison entre les 4 points, on peut dire, au moins pour les espèces nombreuses à cette saison comme Euterpina acutifrons ou Acartia clausi, que la zone du rejet et du site garde des effectifs moyens, plus ou moins proches de ceux de la zone "hors tache", mais plus élevés qu'au canal d'amenée.

---

* Réserves par rapport aux conditions de prélèvements difficiles aux endroits de turbulence que sont précisément les zones de prise et de rejet d'eau.

6. CONCLUSION.

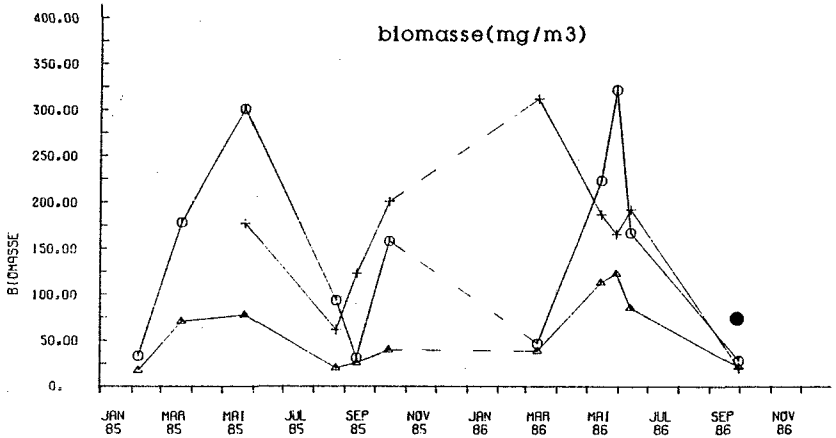
En 1986, on retrouve, en ce qui concerne le zooplancton, le cycle saisonnier connu dit "normal", après 12 années d'observations, dans ses grandes lignes, c'est-à-dire les variations saisonnières de chaque espèce, les proportions des espèces les unes par rapport au nombre total d'individus, les périodes de forte reproduction, le poids de la biomasse, etc...

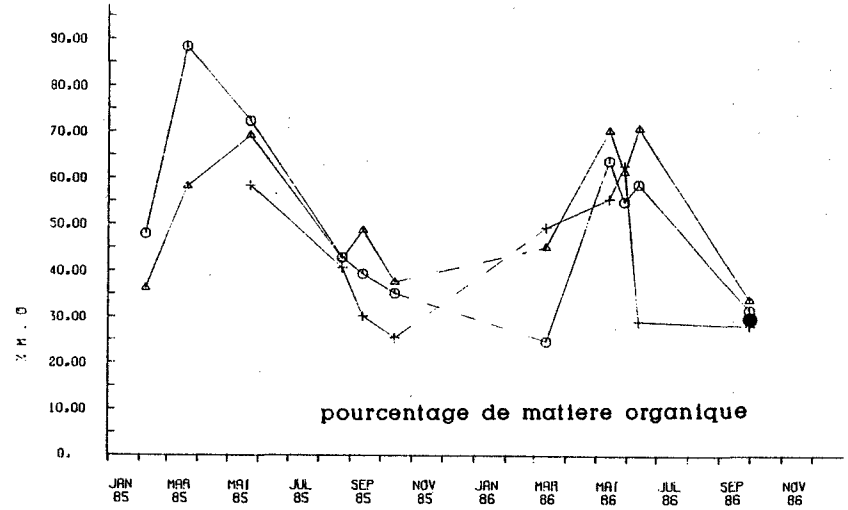
On remarque pour les espèces dont les femelles gardent les oeufs après la ponte une forte proportion de ces femelles ovigères. On remarque un "déficit" en Oikopleura dioica, Pleurobrachia pileus * et larves de Polydora ciliata, et l'on ne retrouve pas, comme en 1985, d'exceptionnelles quantités de larves de Cirripèdes cypris.

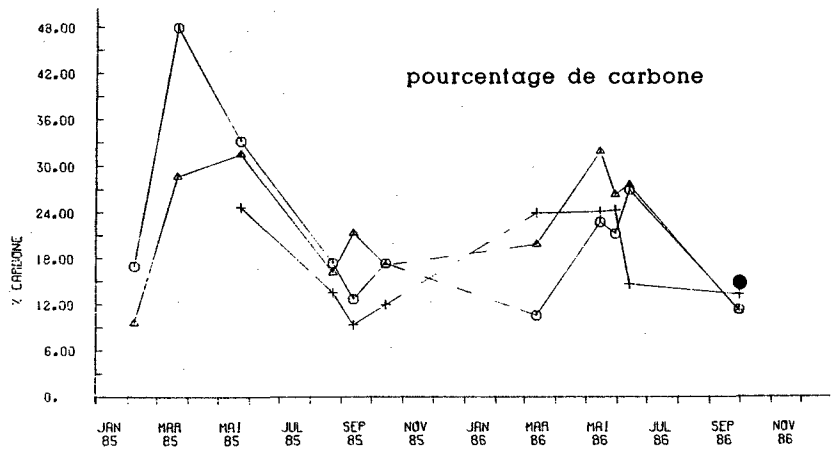
Enfin une toute première comparaison entre prélèvements faits aux différents points tendrait à montrer que les effectifs sont semblables aux points site et rejet, dans la zone impactée par le réchauffement, et toujours très supérieurs à ceux de la zone de prise d'eau.

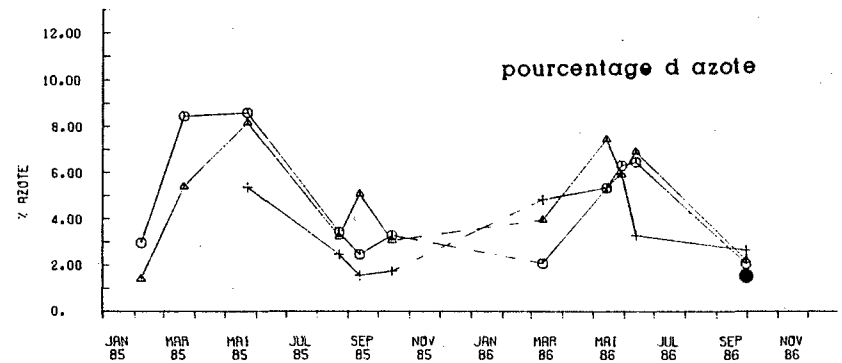
---

* De façon analogue à Phaeocystis dont on sait qu'ils pullulent souvent dans les mêmes périodes.









Légende des points de mesures traités

- 1 - Site ou Contrôle
- 5 - Hors Zone ou référence
- 30 - Canal d'amenée
- 31 - Rejet Direct

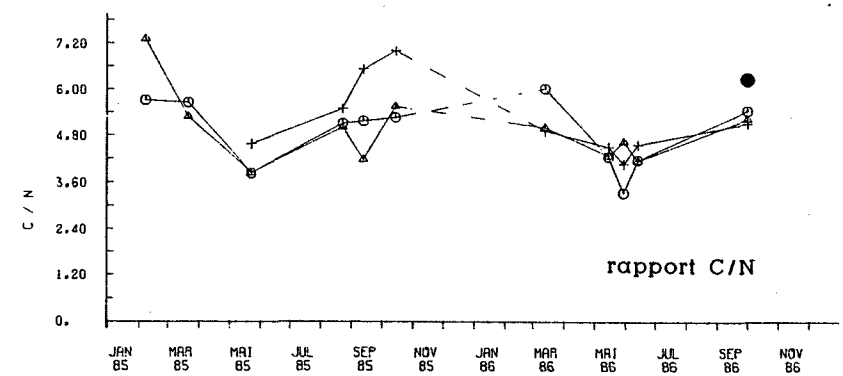


fig. V.1 : variations saisonnieres de la biomasse

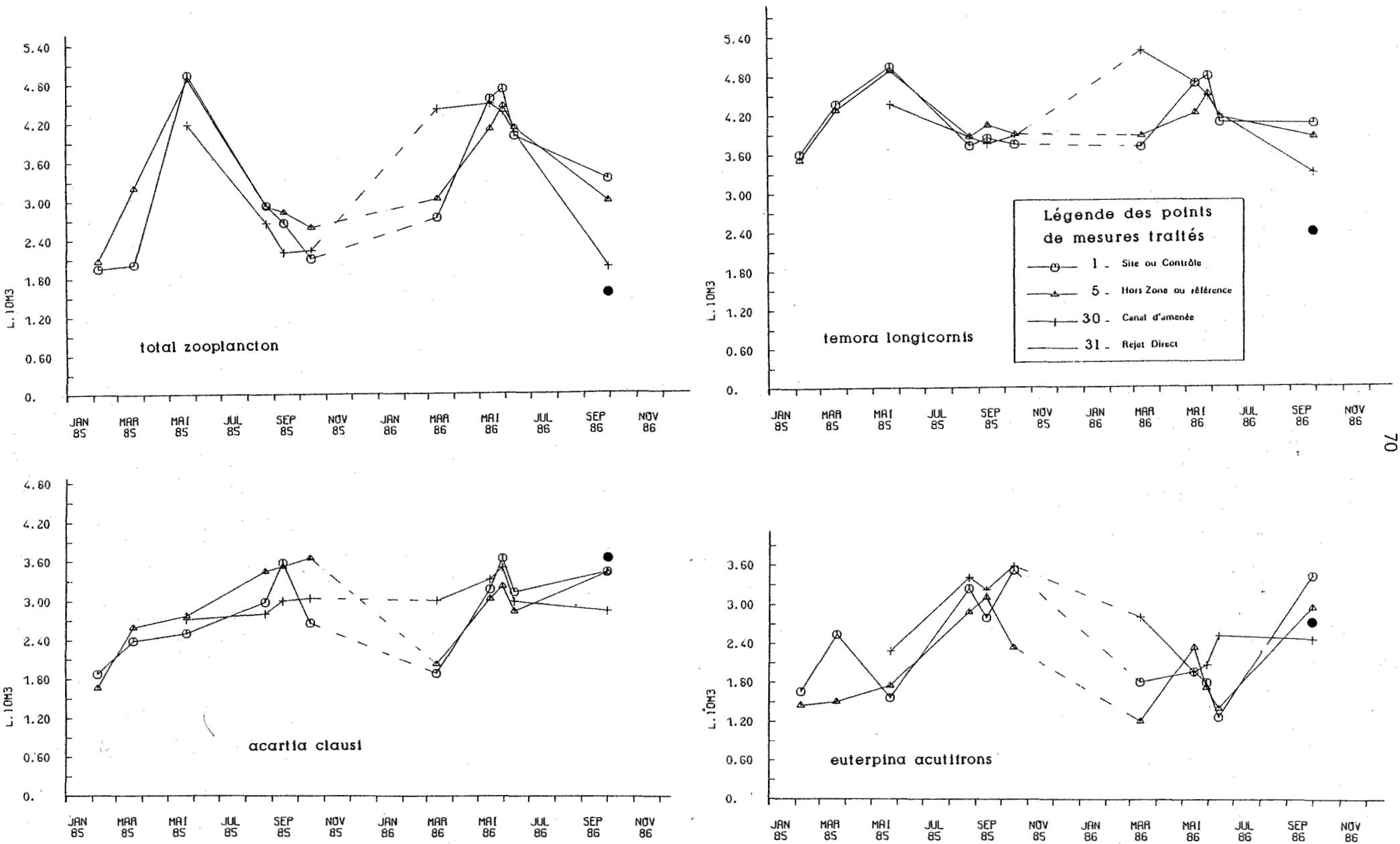


fig. V.2 : variations saisonnieres du zooplancton (logarithme décimal)

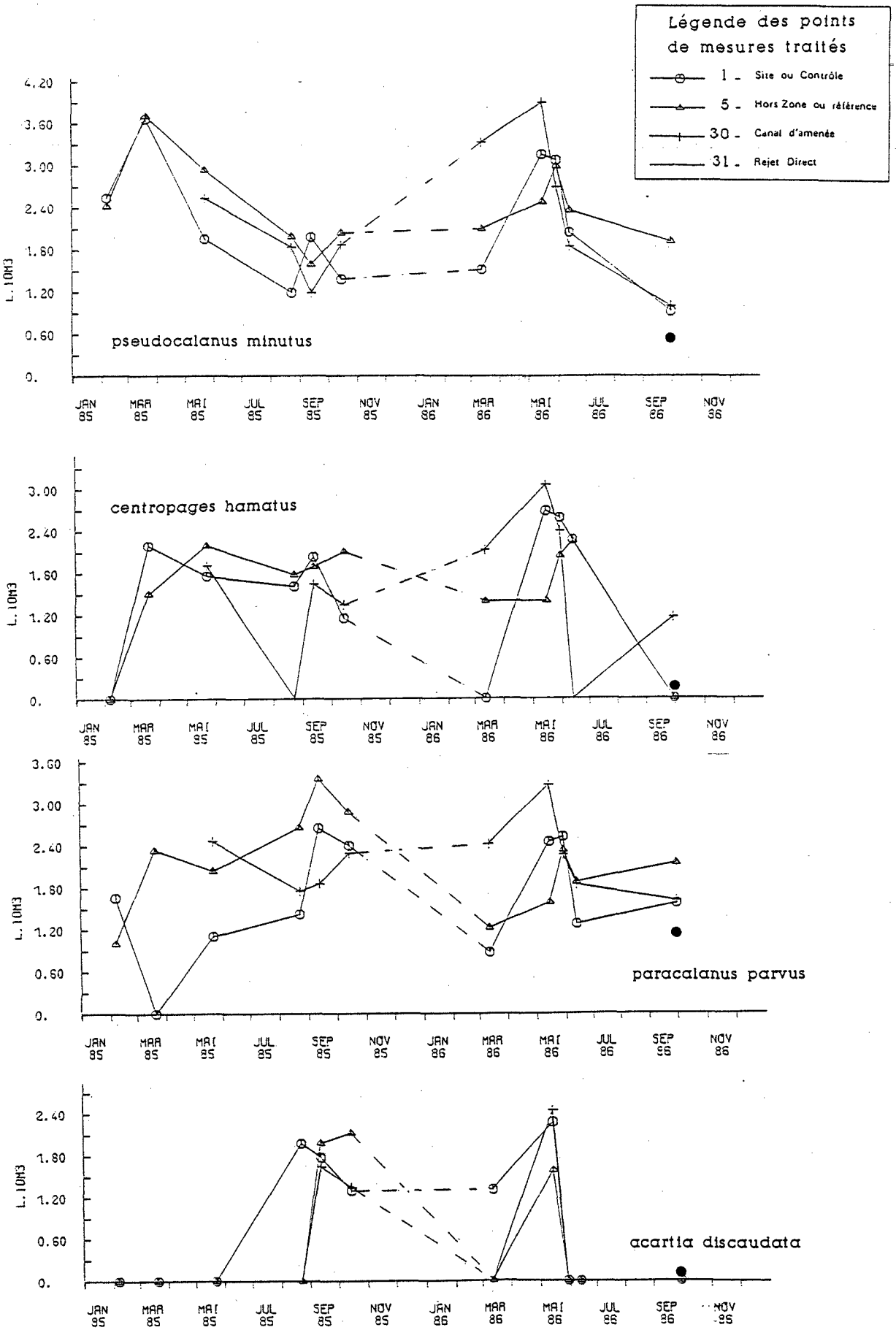


fig. V.3 : variations saisonnieres du zooplancton (logarithme décimal)

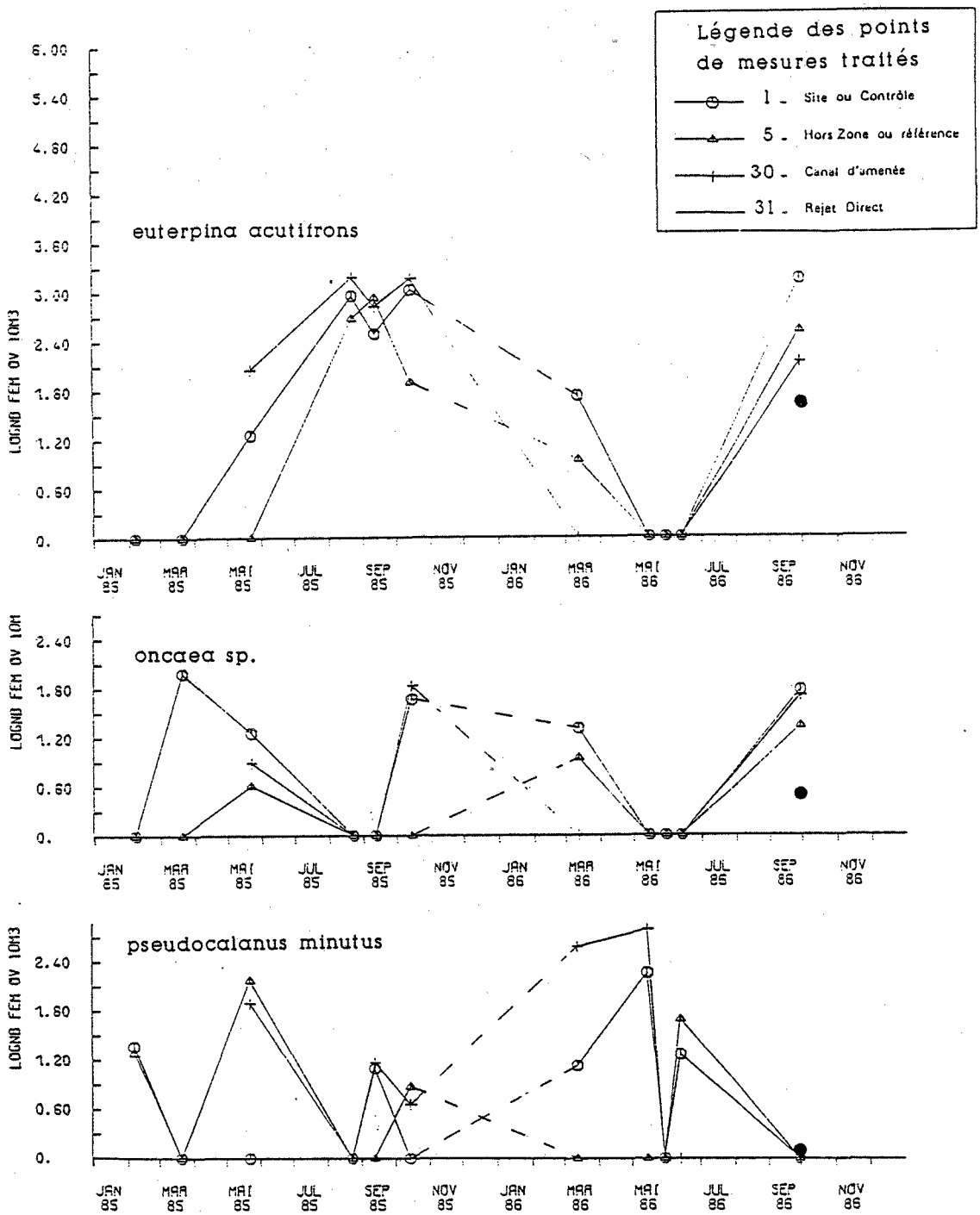


fig. V.4 : variations saisonnieres du zooplancton (logarithme décimal)

(femelles ovigères)

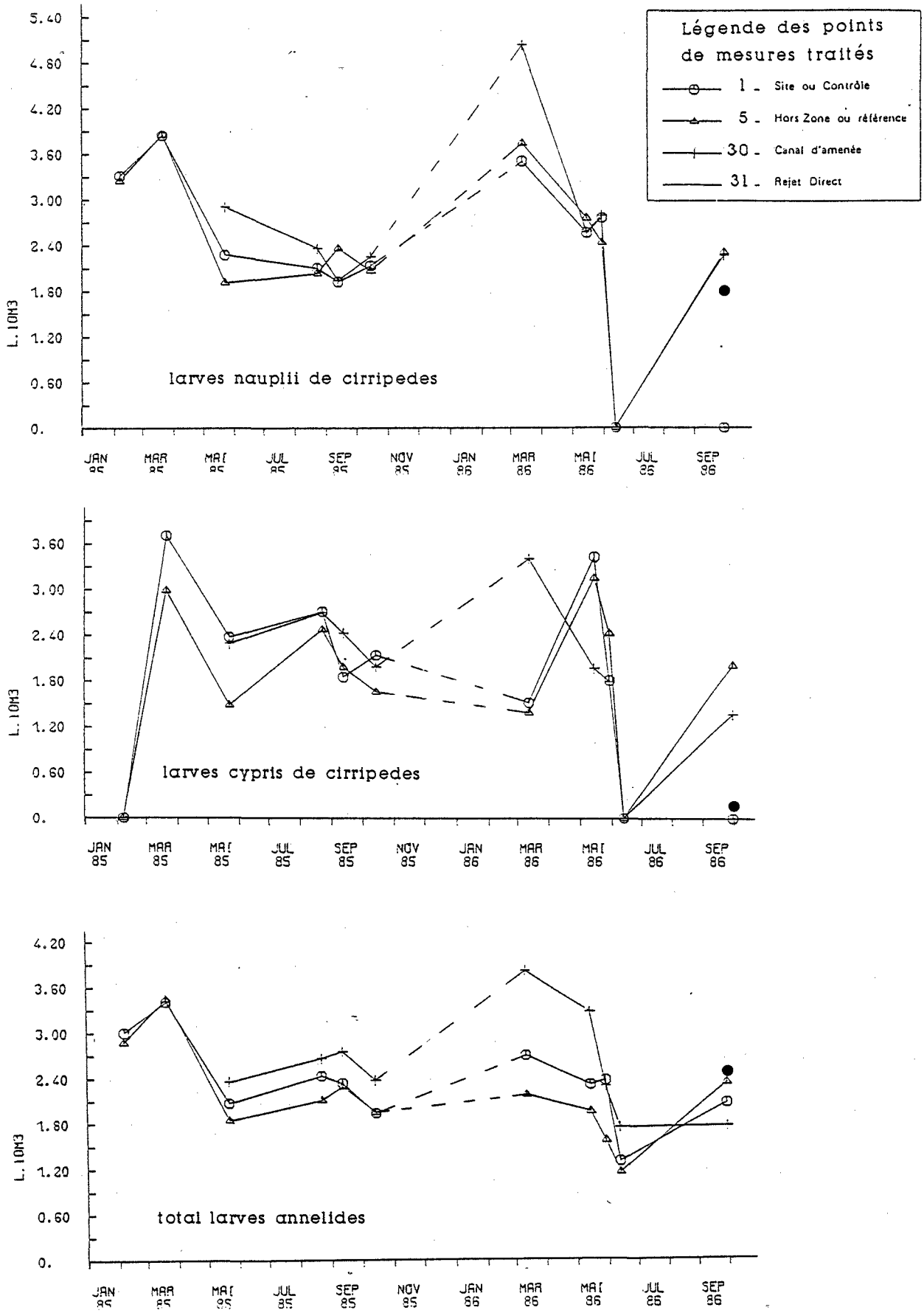


fig. V.5 : variations saisonnieres du zooplancton

(logarithme décimal)

CHAPITRE VI

LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

Dominique DAVOULT
Station Marine de Wimereux

CHAPITRE VI : LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

I - INTRODUCTION

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

En 1984, une nouvelle stratégie d'échantillonnage a été adoptée, concernant 7 stations (Fig. VI.1) situées dans les 3 peuplements identifiés, dont la station HZ (Hors Zone), considérée comme station de référence côtière.

Cette année, la première partie de ce travail a été effectuée selon cette stratégie, alors que la seconde partie a été réalisée selon les modalités nouvellement définies. Ainsi, un prélèvement hivernal a eu lieu le 12 mars 1986 à la station 1, et la campagne de printemps s'est effectuée le 24 avril 1986. Le prélèvement estival prévu à la station 1 n'a pas eu lieu, en l'absence de nouveau contrat à cette période. La campagne d'automne s'est déroulée comme les deux années précédentes, et un prélèvement hivernal simple a été réalisé aux stations 1 et 6, pour répondre aux exigences des nouvelles modalités, et suivre ainsi l'évolution de la moulière côtière.

Le calendrier des sorties est détaillé à la fin du chapitre dans le tableau VI.1.

Le repérage des stations s'est effectué grâce au système DECCA sur la chaine 5 B/MP et par alignement au radar pour les stations les plus côtières.

II - METHODOLOGIE

II.1. Travail à la mer

Les prélèvements sont qualitatifs ; ils ont été effectués à la drague Rallier du Baty.

Chaque prélèvement consiste en une prise de 30 litres de sédiment. La station 29, située au large dans la communauté des cailloutis a dû être échantillonnée deux fois à chaque sortie, afin d'atteindre ce volume minimal. Le sédiment est ensuite tamisé successivement sur des mailles de 1 cm et 1 mm de diamètre, et les refus de tamis sont fixés au formol salé à 10 %.

Une partie du sédiment prélevé est conservée afin de réaliser une analyse granulométrique.

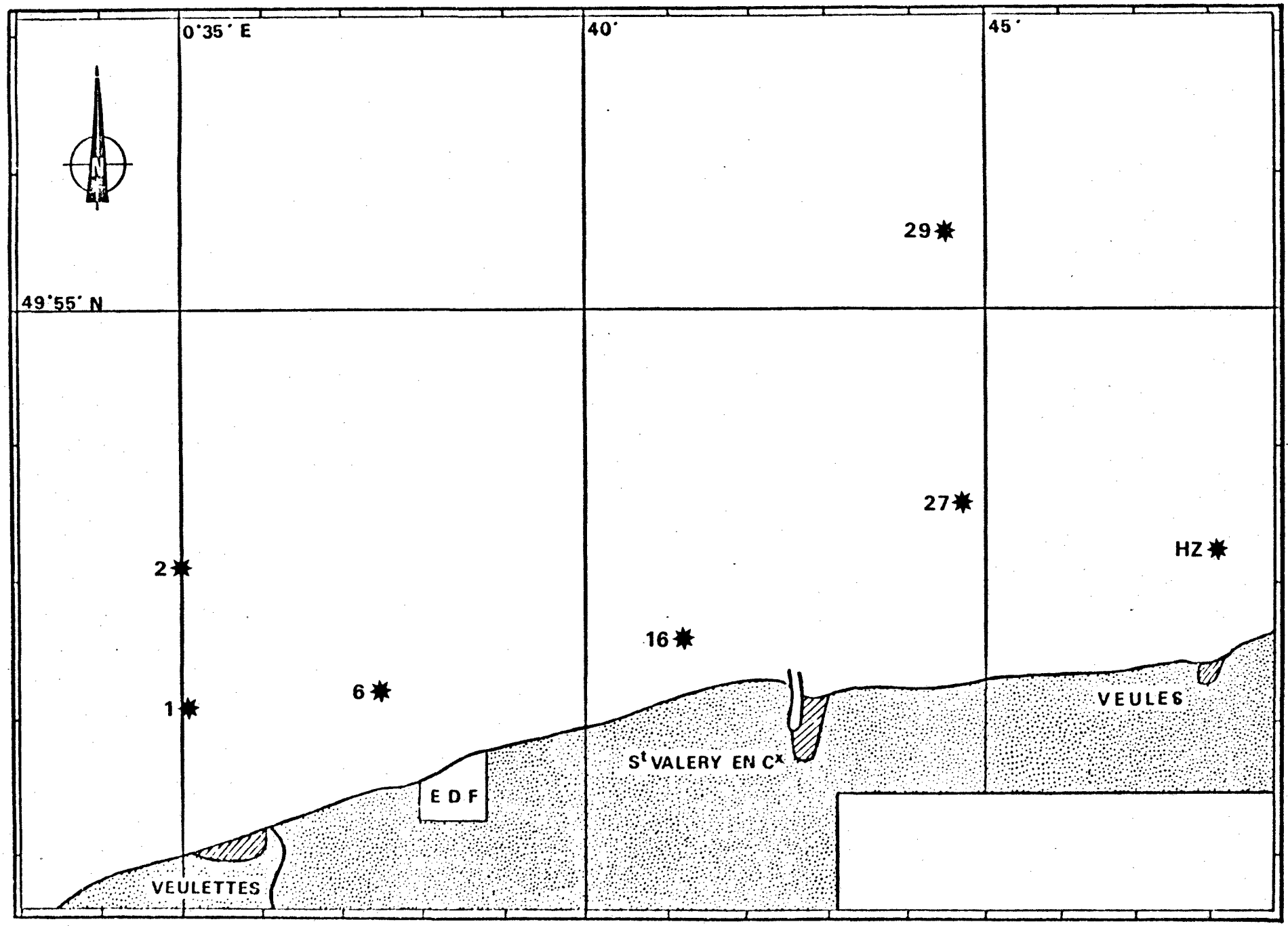


Figure VI.1 : Stations de prélèvements

II.2. Travail au laboratoire

II.2.1. Analyse granulométrique

Le sédiment est rincé à l'eau douce pour éliminer le sel qui provoque l'agrégation des particules en séchant. Les pélites sont séparées par tamisage en milieu liquide, lorsqu'il y en a, car elles ont également tendance à s'agréger en séchant et à former une croûte emprisonnant des particules de taille supérieure, rendant la pesée de chaque fraction impossible.

Le sédiment est ensuite passé à l'étuve à 110°C pendant 24 à 48 heures, puis tamisé à l'aide d'une tamiseuse ROTOLAB.

Chaque fraction est pesée à 0,01 g près, et chaque pesée est transformée en fréquence pondérale de l'échantillon total.

La classification granulométrique utilisée est la suivante :

Tailles des particules	Classes granulométriques
> 20 mm	Cailloutis
] 5 mm - 20 mm]	Gravier grossier
] 2 mm - 5 mm]	Gravier fin
] 0,5 mm - 2 mm]	Sable grossier
] 0,2 mm - 0,5 mm]	Sable moyen
] 0,05 mm - 0,2 mm]	Sable fin
< 0,05 mm	Pélites

II.2.2. Etude de la macrofaune

La faune est triée à vue, par la technique d'agitation-flottation.

La détermination des animaux est ensuite effectuée à la loupe binoculaire et au microscope grâce aux ouvrages suivants :

- P. Fauvel, Faune de France, 16 : Annélides Polychètes sédentaires
- P. Fauvel, Faune de France, 5 : Annélides Polychètes errantes
- R.J. Lincoln : Amphipodes
- P. Koehler, Faune de France, 1 : Echinodermes
- N. Tebble : Mollusques bivalves
- E.L. Bouvier, Faune de France, 37 : Décapodes
- Synopsis of the British Faune : Groupes divers.

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

II.3. Traitement des données

II.3.1. Diversité, Equitabilité

$$H = - \Sigma\, pi \, Log_2 \, pi$$

$$pi = \frac{Ni}{N}$$

Ni : nombre d'individus de l'espèce i
N : nombre total d'individus

Cet indice donne une information sur l'équilibre et la richesse spécifique d'un peuplement. il augmente avec le nombre d'espèces, mais sa faible valeur peut traduire des situations différentes :

- le nombre d'espèces est élevé, mais une ou deux espèces dominent de façon importante le prélèvement.
- le nombre d'espèces est faible.

Afin de compléter l'information donnée par H et de séparer ces deux situations, l'équitabilité est calculée :

$$E = \frac{H}{Log_2 N}$$

II.3.2. Diagrammes Rang-Fréquence (DRF)

Afin de mieux comparer les prélèvements entre eux, il faut utiliser simultanément des données telles que le nombre d'espèces, le nombre d'individus et la fréquence des espèces principales. Le diagramme Rang-Fréquence (DRF) permet une représentation synthétique d'un prélèvement, et accorde peu d'importance aux espèces rares qui interviennent peu dans la structure et la stabilité d'un peuplement.

En outre, il permet d'interpréter l'évolution écologique temporelle d'un peuplement (FRONTIER, 1976, 1985).

La courbe s'obtient en portant en abscisse les espèces classées par ordre d'abondance décroissante (Rang des espèces), et en ordonnée la fréquence relative des espèces du prélèvement. L'échelle logarithmique est utilisée en abscisse et en ordonnée.

III - RESULTATS

III.1. Analyse granulométrique (Fig. VI.2 et VI.3)

La station 29, constituée principalement de cailloutis, n'a pas été analysée, l'échantillonnage ne pouvant être fiable dans les cailloutis, et les fluctuations qui en découlent étant trop importantes.

Dans l'ensemble, les résultats sont très proches au printemps et en automne.

Seule la station 6 présente un sédiment très inhabituel en automne (Fig. VI.3). Le taux de pélites est très élevé (46 % du poids total du sédiment), alors qu'il est habituellement inférieur à 1%. Cet envasement

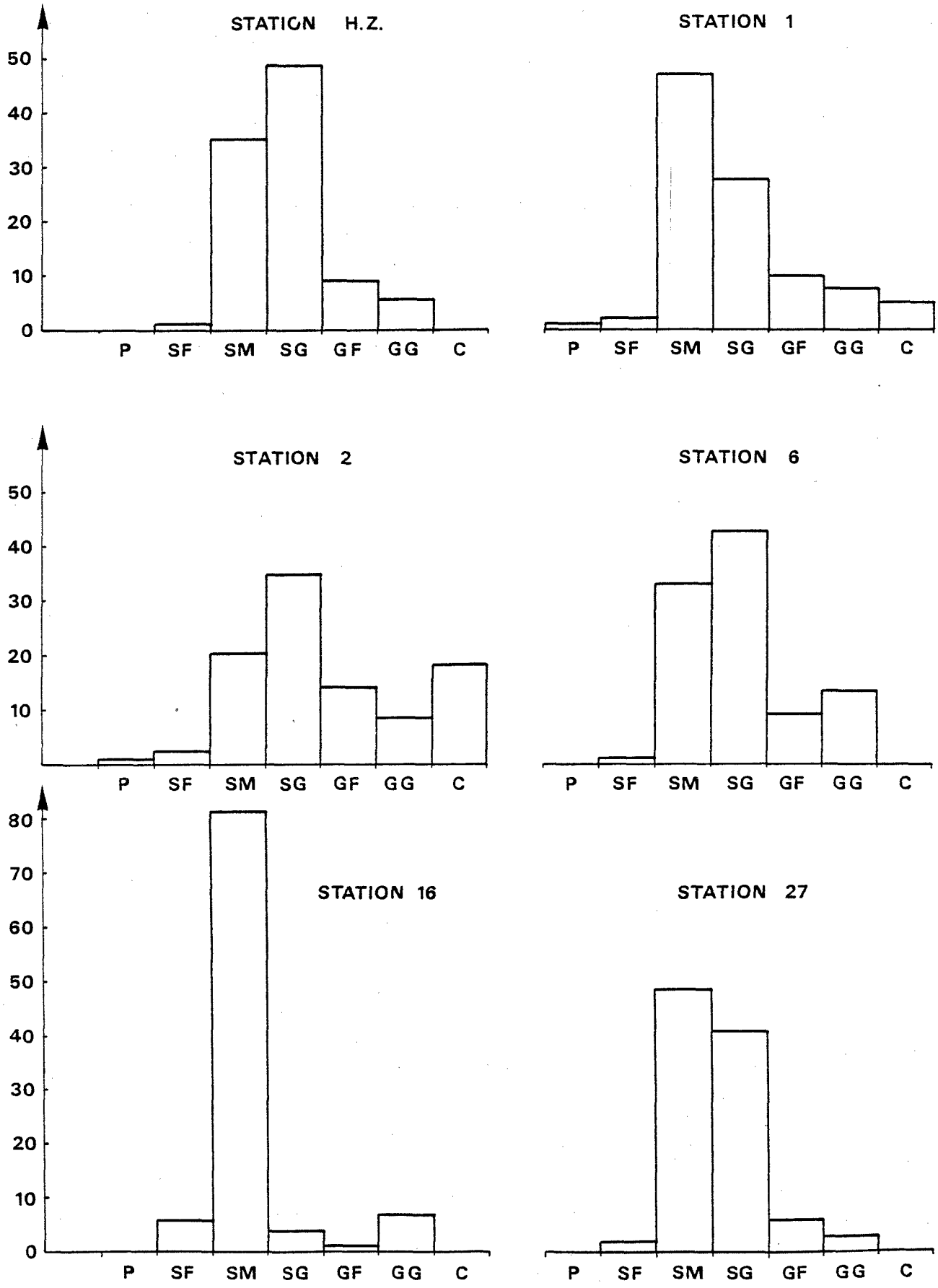


FIG. VI . 2 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE

HISTOGRAMMES DES FREQUENCES PONDERALES

PRINTEMPS 1986

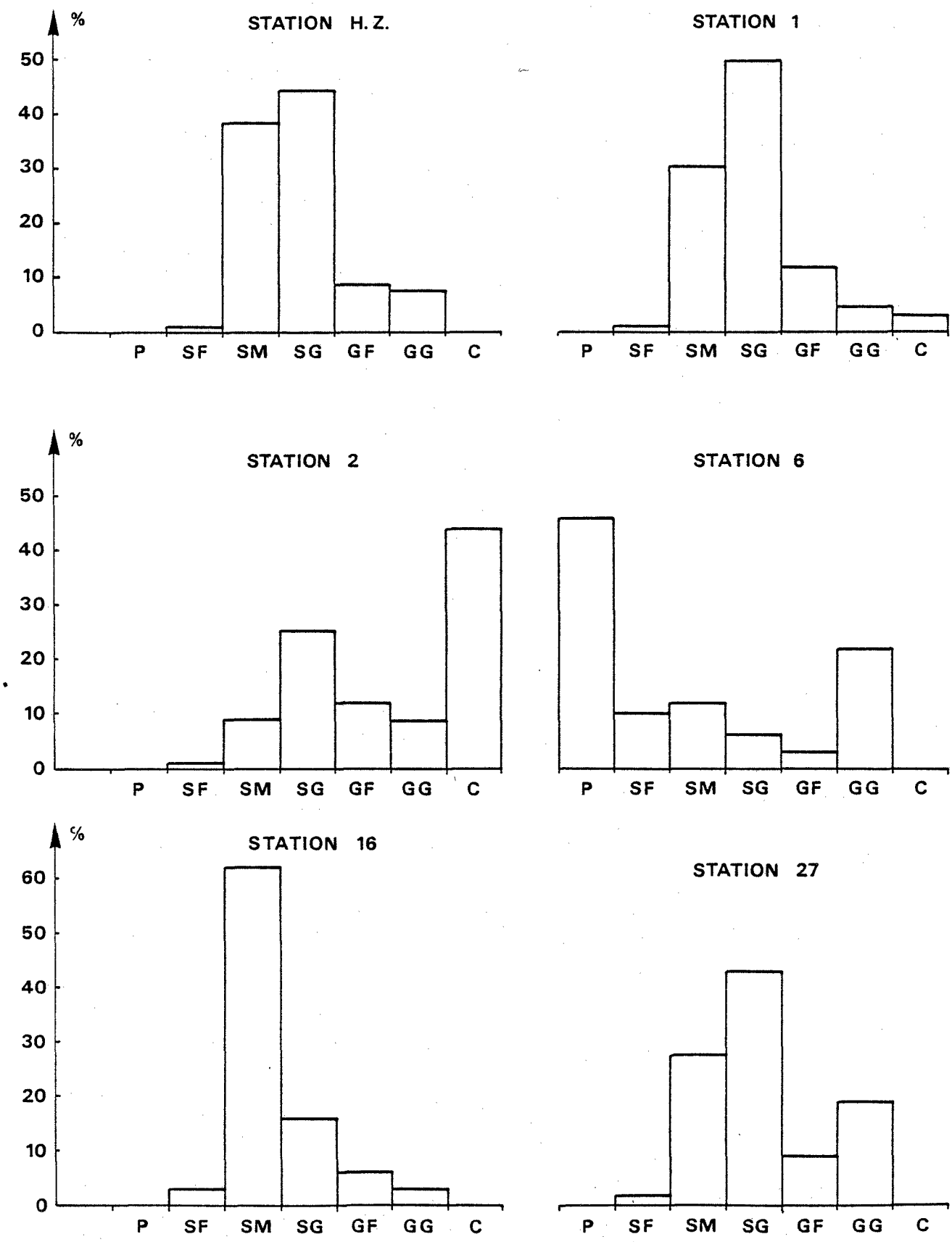


FIG. VI .3 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE

HISTOGRAMMES DES FREQUENCES PONDERALES

AUTOMNE 1986

important est dû à la bioperturbation créée par la très forte densité de moules à cette époque de l'année. Les pélites s'accumulent dans la moulière et leur présence est étroitement dépendante du fort recrutement de Mytilus edulis. Ainsi, le prélèvement effectué en décembre, moins riche en moules, n'est quasiment pas envasé.

Il semble que la drague se soit remplie de moules et de pélites à la station 6 sans pratiquement toucher le sédiment en place.

La nature du sédiment paraît stable dans le temps, les résultats sont proches d'une année sur l'autre, les variations constatées sont faibles et imputables à l'échantillonnage et à la variabilité naturelle. Les classes granulométriques dominantes sont les mêmes (dominance des sables moyens et grossiers dans le peuplement des sables hétérogènes ; dominance des cailloutis et sables grossiers dans le peuplement des cailloutis), et les différences constatées trop faibles pour provoquer un changement de la faune, toutes les espèces ayant une certaine tolérance pour de faibles variations granulométriques.

III.2. Analyse faunistique

III.2.1. Résultats globaux

204 taxons différents d'épifaune sessile et vagile et d'endofaune. ont été déterminés, parmi lesquels 182 taxons dénombrables et 22 non dénombrables (7 Spongiaires, 6 Cnidaires, l'Annélide Pomatoceros triqueter, 7 Bryozoaires, et le Cirripède Balanus crenatus).

Ces 204 taxons se répartissent comme suit :

Spongiaires	: 7 espèces
Cnidaires	: 10 espèces
Nématodes	: 1 espèce
Plathelminthes	: 1 espèce
Nemertes	: 3 espèces
Annélides Polychètes	: 68 espèces
Mollusques	: 28 espèces
Bryozoaires	: 7 espèces
Cirripèdes	: 2 espèces
Amphipodes	: 31 espèces
Isopodes	: 3 espèces

Cumacés	:	1 espèce
Mysidacés	:	2 espèces
Décapodes	:	23 espèces
Pycnogonides	:	3 espèces
Echinodermes	:	8 espèces
Tuniciers	:	4 espèces
Poissons	:	2 espèces

Le nombre d'espèces récoltées cette année est sensiblement supérieur à ceux des 2 années précédentes pour lesquels les campagnes de prélèvement sont comparables.

En 1984, 139 espèces avaient été récoltées, épifaune sessile non comprise, et 161 en 1985, épifaune sessile comprise.

L'augmentation du nombre d'espèces récoltées entre 1985 et 1986 est de 26%, ce qui est important.

Quelques espèces nouvelles ont été identifiées cette année :

Spongiaires	:	Esperiopsis fucorum
		Iophon hyndmanni
Annélides	:	Polydora caeca
		Nicomache lumbricalis
		Sigalion mathildae
		Bravia clavata
		Protodorvillea kefersteini
Mollusques	:	Acmaea virginea
		Astarte triangularis
Bryozoaires	:	Crisia eburnea
		Scrupocellaria scruposa
		Cellepora pumicosa
Cirripèdes	:	Verruca stroemia
Amphipodes	:	Monoculodes carinatus
		Pseudoprotella phasma
Mysidacés	:	Gastrosaccus normanni
Tuniciers	:	Styela coriacea

SIGNIFICATION DES ABREVIATIONS D'ESPECES EMPLOYEES DANS LES DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

A.f. : Atylus falcatus
A.m. : Anaïtides mucosa
A.o. : Aonides oxycephala
A.s. : Ampelisca spinipes
B.g. : Bathyporeia guillamsoniana
C.a. : Caulleriella alatus
C.c. : Cirratulus cirratus
C.ca.: Capitella capitata
D.g. : Dendrodoa grossularia
E.n. : Eupolymnia nebulosa
E.p. : Eualus pusiolus
E.s. : Eumida sanguinea
G.l. : Glycera lapidum
G.m. : Grania maricola
G.s. : Gastrosaccus spinifer
K.c. : Kefersteinia cirrata
L.c. : Laonice cirrata
L.k. : Lagis koreni
L.s. : Lepidonotus squamatus
M.c. : Molgula complanata
M.e. : Mytilus edulis
M.g. : Melita gladiosa
N.c. : Nephtys caeca
O.a. : Ophiura albida
O.b. : Ophelia borealis
O.f. : Owenia fusiformis
O.fr. : Ophiothrix fragilis
P.b. : Pagurus bernhardus
P.l. : Pisidia longicornis
P.m. : Pholoe minuta
S.b. : Sthenelais boa.
S.f. : Spio filicornis
S.sp.: Syllidiens sp.
S.t. : Sagartia troglodytes
T.s. : Thelepus setosus
U.b. : Urothoe brevicornis
V.s. : Verruca stroemia

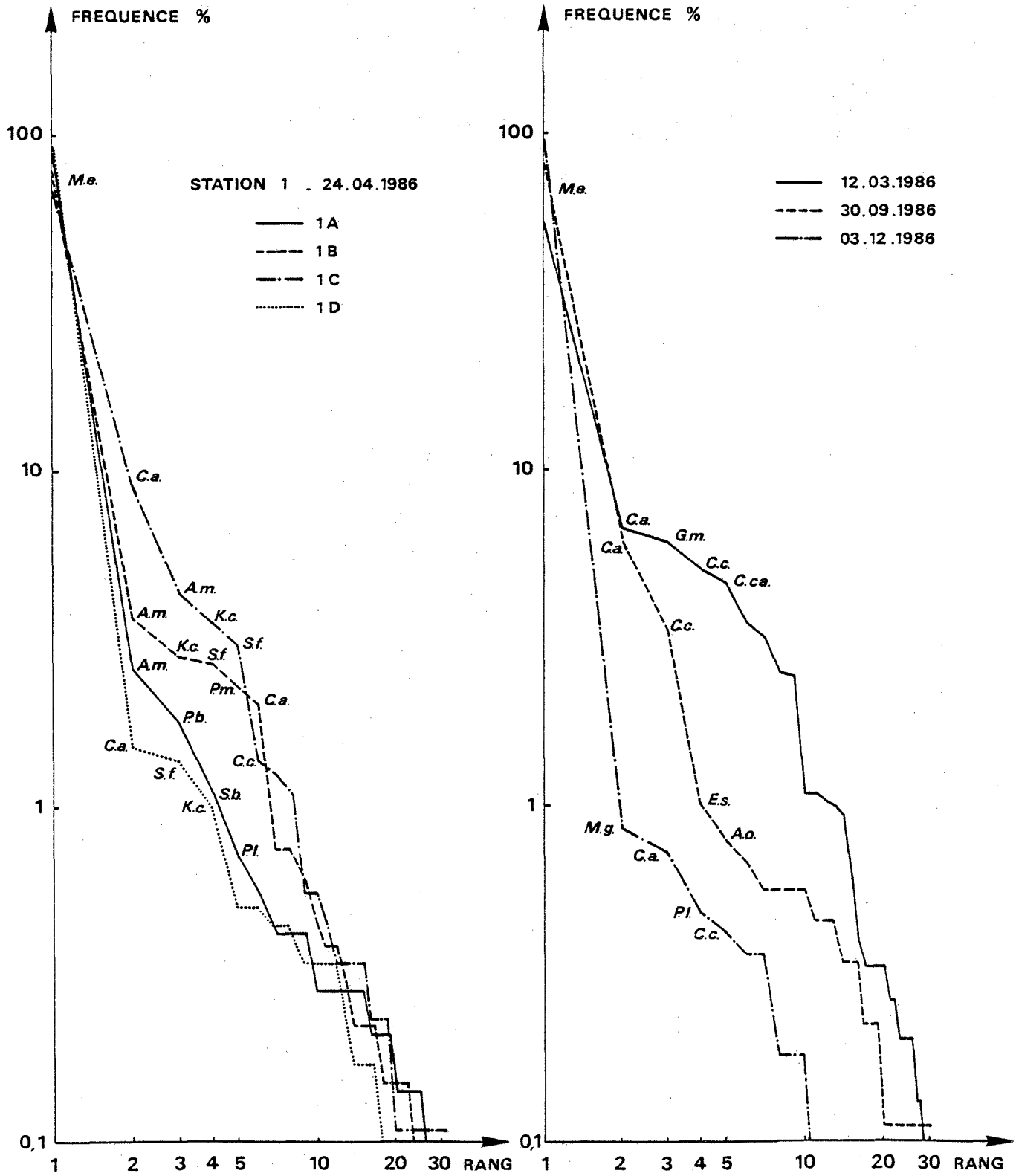


FIG. VI . 4 : DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

PRELEVEMENTS QUALITATIFS . STATION 1

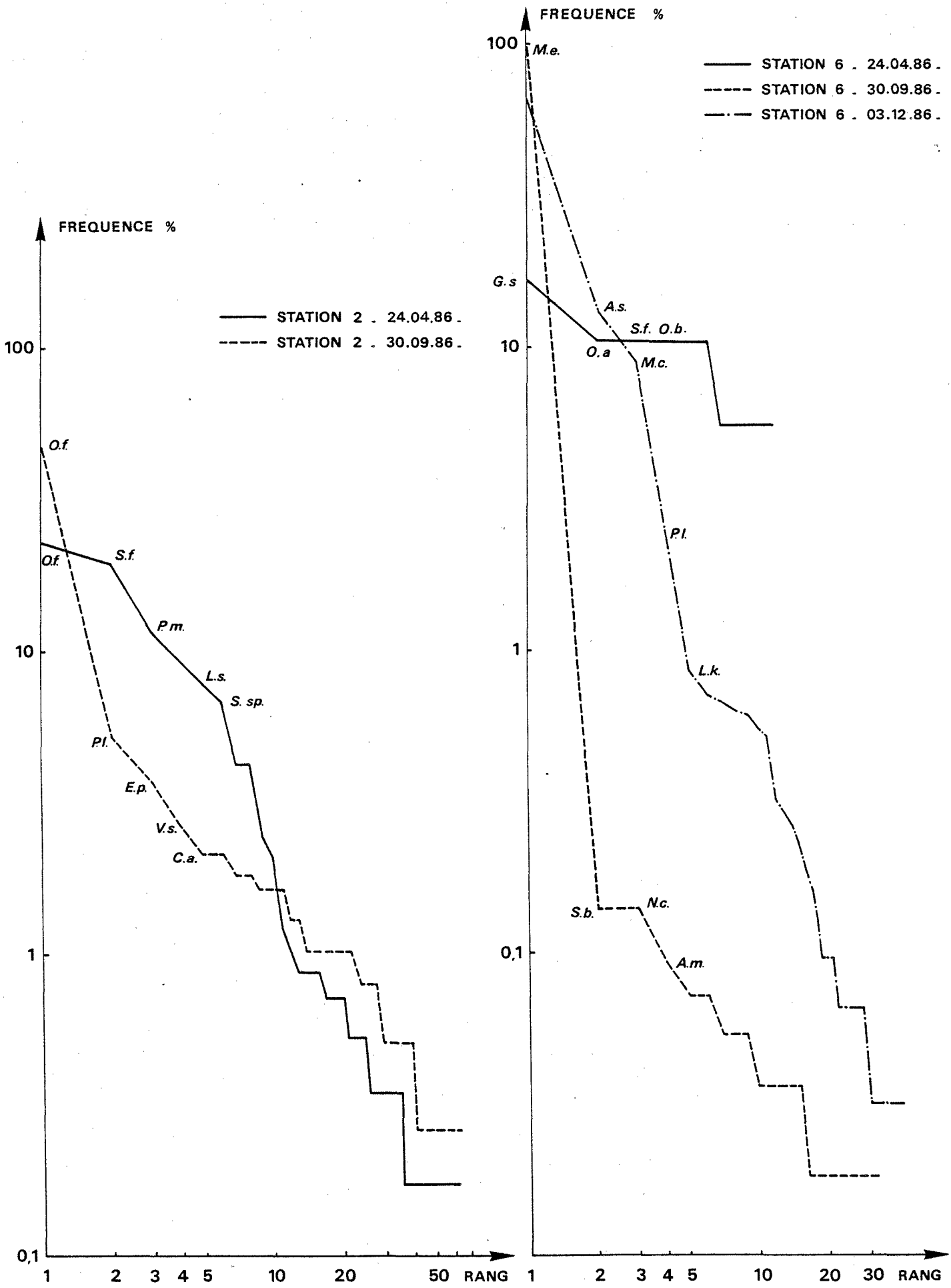


FIG. VI . 5 : DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

PRELEVEMENTS QUALITATIFS . STATIONS 2 et 6

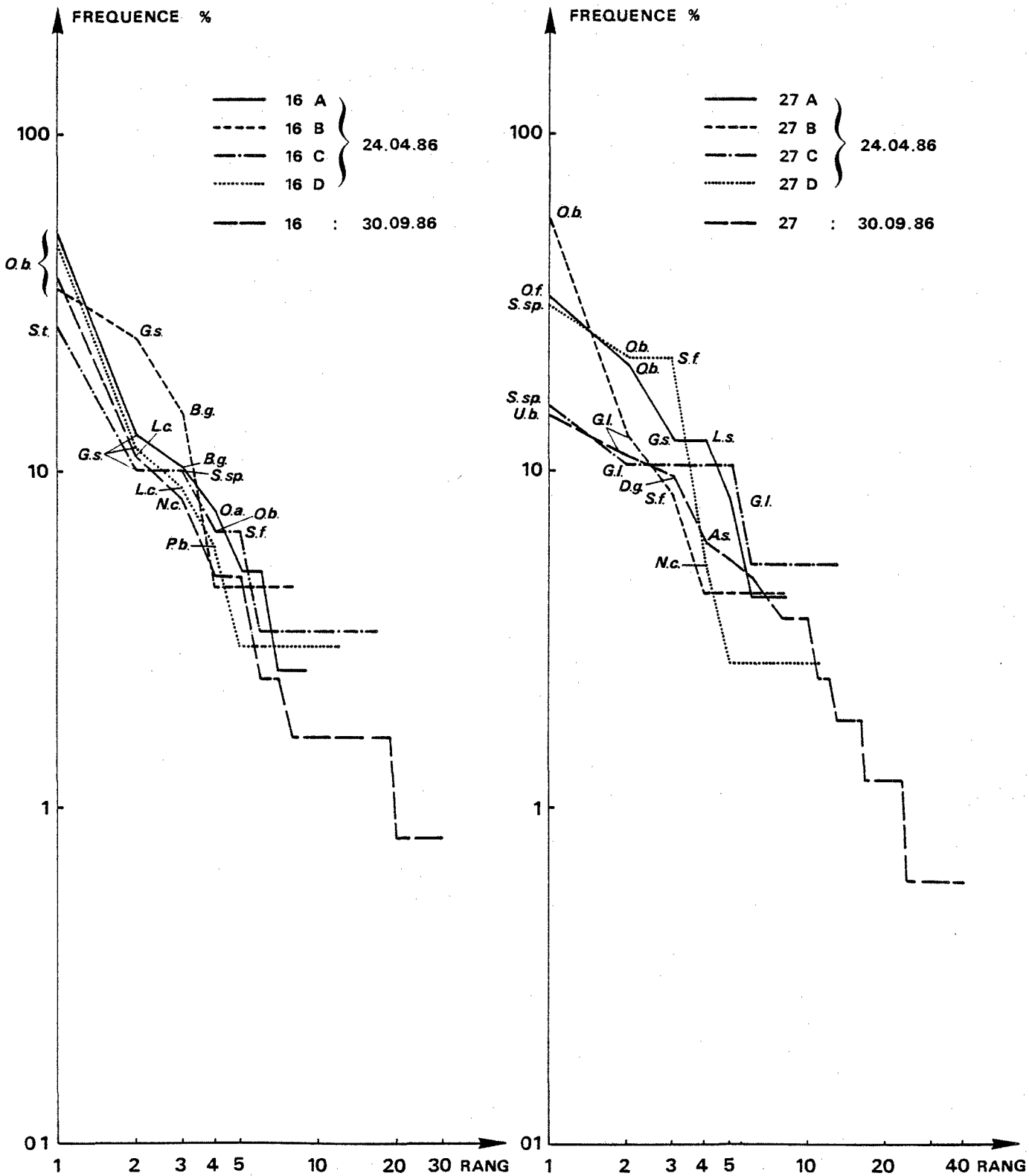


FIG. VI . 6 : DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

PRELEVEMENTS QUALITATIFS . STATIONS 16 et 27

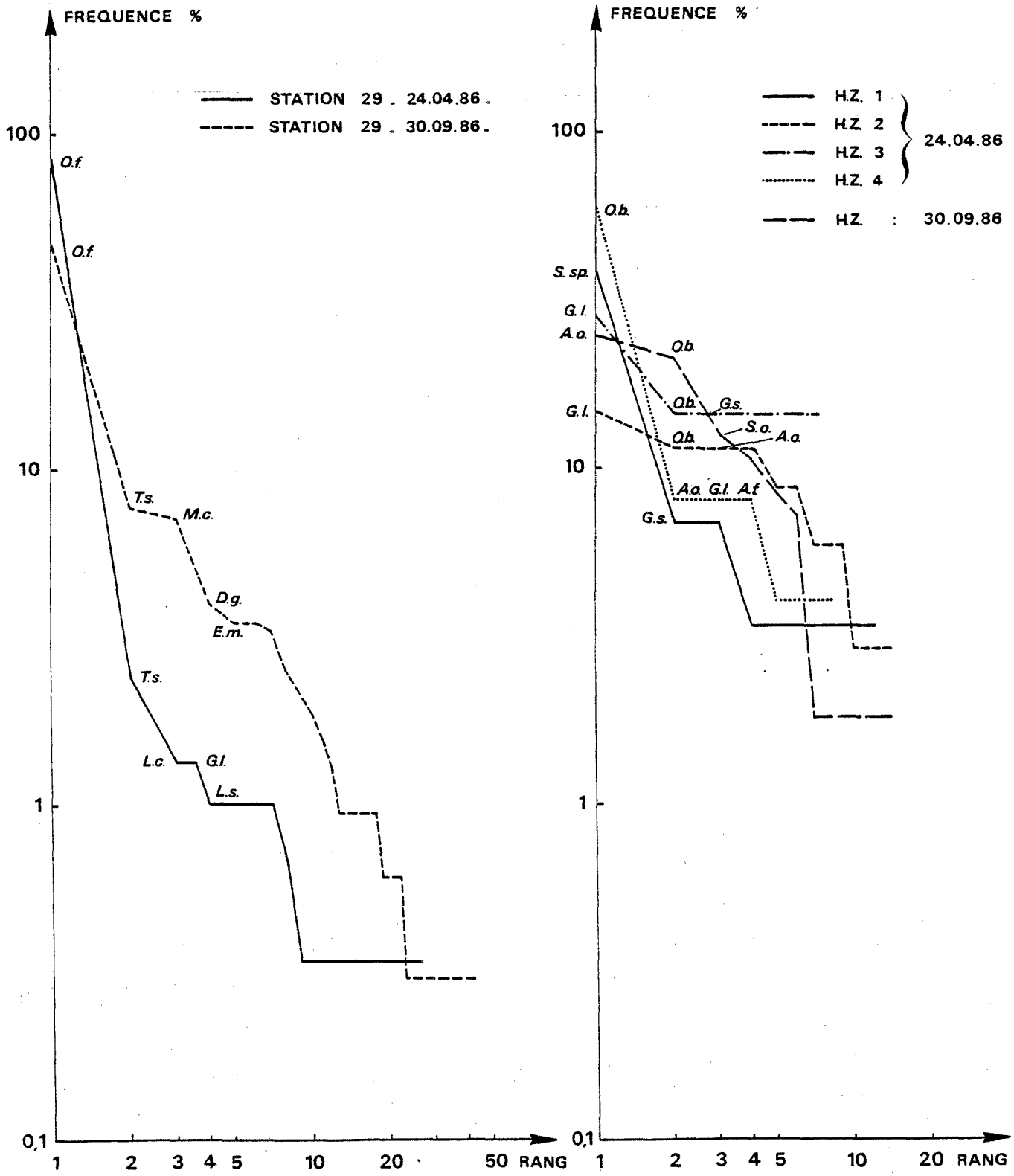


FIG. VI . 7 : DIAGRAMMES RANG-FREQUENCE

PRELEVEMENTS QUALITATIFS . STATIONS 29 et H.Z.

L'augmentation du nombre d'espèces est dû pour une part à l'étude plus poussée de l'épifaune sessile (7 nouvelles espèces cette année) et ne remet pas de toute façon en cause les cortèges spécifiques habituellement trouvés à chaque station.

Les Annélides dominent largement la faune, suivies par les Amphipodes, les Mollusques et les Décapodes, situation que l'on retrouve chaque année.

Le peuplement des cailloutis du large, le peuplement côtier des sables hétérogènes et le peuplement de la moulière, définis à Paluel lors des études précédentes, se retrouvent aux mêmes stations. Seules quelques différences au niveau de la dominance de quelques espèces viennent nuancer les résultats.

III.2.2. Peuplement des cailloutis

Il est présent aux stations 2 et 29. Ce peuplement apparaît assez stable. Il est toujours dominé par l'Echinoderme Ophiothrix fragilis, sans qu'on puisse parler de bancs d'ophiures, comme c'est le cas dans d'autres zones de la Manche Orientale. Ces 2 stations sont stables tant du point de vue granulométrique que faunistique. La station 29, située plus au large, est la plus caractéristique de ce peuplement de cailloutis, elle ne subit pas d'influence ou de "contamination" des communautés côtières. Les DRF (Fig. VI.5 et VI.7) montrent une allure semblable, les deux espèces principales sont Ophiothrix fragilis et Thelepus setosus. La station 2, plus côtière, est plus soumise aux influences des autres communautés. Ceci semble confirmé par l'analyse granulométrique du printemps (Fig.VI.2) qui montre un ensablement assez conséquent : la classe principale est celle des sables grossiers (35% du poids du sédiment) et la classe des cailloutis ne vient qu'en troisième rang avec environ 18% du poids du sédiment.

Le DRF du printemps (Fig. VI.5) a une allure plus convexe qui traduit un plus grand équilibre numérique entre les principales espèces. Des espèces non typiquement caillouticoles sont présentes, notamment Spio filicornis qui occupe le deuxième rang dans ce prélèvement.

Le grand nombre d'espèces trouvé (61 espèces récoltées au printemps, de même qu'en automne) à la station 2 est plus important que celui récolté les années précédentes. Mais dans l'ensemble, le cortège spécifique est habituel et sans surprise. Il faut remarquer cependant que

le décapode Pisidia longicornis, dont le recrutement a lieu en fin d'été, début d'automne, est peu abondant cette année dans l'ensemble des prélèvements et n'occupe un rang important que dans le prélèvement d'automne de la station 2 (Il ne représente que 5% du nombre d'individus). Le prélèvement hivernal aux stations 1 et 6 confirme ce faible recrutement.

III.2.3. Peuplement des sables hétérogènes

L'analyse granulométrique des stations 16, 27 et HZ au printemps et en automne est semblable à celle des années précédentes. La station 16 est toujours caractérisée par une classe principale très importante des sables moyens (+ de 60% du poids du sédiment), alors que les stations 27 et HZ, situées plus à l'est, sont constituées d'un sédiment plus hétérogène, contenant également en quantité non négligeable du sable grossier et des graviers fins ou grossiers (Fig. VI.2 et VI.3).

Dans l'ensemble, les replicats effectués au printemps à ces 3 stations montrent la fiabilité du mode de prélèvement et la forte ressemblance des cortèges spécifiques de ces replicats (Fig.VI.6 et VI.7). Le nombre d'espèces est assez faible au printemps (entre 6 et 17), l'indice de diversité de Shannon est moyen (de 2,06 à 3,66), alors que l'équitabilité assez élevée (de 0,69 à 0,98) montre une répartition numérique équilibrée des espèces. Les espèces dominantes sont Ophelia borealis et Gastrosaccus spinifer à la station 16, dont le sédiment est le plus fin (dominance importante des sables moyens). Les stations 27 et HZ sont dominées par Ophelia borealis, Glycera lapidum et les Syllidiens, ces deux derniers taxons traduisant la présence d'un sédiment plus hétérogène qu'à la station 16.

En revanche, les prélèvements à ces 3 stations se sont révélés beaucoup plus riches en automne (de 14 à 42 espèces). On peut supposer que l'hiver rigoureux a retardé le recrutement du printemps qui n'était donc pas intervenu pour de nombreuses espèces lors du prélèvement d'avril. Dans ce cas, des espèces peuvent ne pas avoir été échantillonnées en période hivernale, du fait de leur faible densité.

L'indice de Shannon et l'équitabilité sont élevés (respectivement 3,11 à 4,58 et 0,74 à 0,85).

Cela se traduit par des DRF qui s'individualisent nettement par rapport à ceux du printemps (Fig. VI.6 et VI.7), par leur nombre

d'espèces et par leur convexité plus grande (stations 27 et HZ).

Ce peuplement apparaît assez homogène, et bien caractérisé par ses espèces principales (Ophelia borealis, Gastrosaccus spinifer et Glycera lapidum).

III.2.4. Peuplement de la moulière

Le suivi des stations 1 et 6, outre l'étude global du cortège spécifique, a pour but de surveiller l'évolution de la moulière, située de la valleuse de Veulettes-sur-mer à la centrale.

En 1985, la moulière ne semblait pas installée à la station 6. Le prélèvement du 24 avril 1986 le confirme, puisque aucune moule n'a été récoltée à la station 6, alors que les replicats de la station 1 étaient tous dominés par cette espèce (de 70 à 90% du nombre total d'individus des prélèvements, Fig.VI.4).

Mais cette année, le recrutement de Mytilus edulis a été particulièrement important à la station 6 (environ 5500 individus dans le prélèvement de septembre, soit + de 95% du nombre total d'individus), alors qu'il apparaît plus modeste à la station 1.

Le prélèvement hivernal montre que ce recrutement important n'est pas suivi par une installation définitive de l'espèce, car le nombre et la proportion de l'espèce sont déjà moins importantes (2100 individus le 3.12.86, Fig. VI.5).

Au contraire, la prépondérance de l'espèce à la station 1 est plus forte en décembre (1600 individus) qu'en septembre (728 individus, Fig. VI.4).

Les tailles maxima mesurées semblent confirmer ce point : les moules sont en moyenne plus grandes à la station 1 et mesurent jusqu'à 39,8 mm en septembre et 44,4 mm en décembre, alors qu'à la station 6, elles atteignent 32 mm en septembre et 33,4 mm en décembre, et sont en moyenne beaucoup plus petites. Cela montre qu'elles se développent moins vite à la station 6 et que la grande majorité provient du dernier recrutement. La figure VI.5 montre bien l'évolution du peuplement après le recrutement (DRF moins rectiligne en décembre).

Le cortège spécifique de la moulière est dans l'ensemble le même que celui de la communauté des cailloutis, exception faite d'Ophiothrix fragilis, rare ou absente à ces 2 stations.

Un autre résultat remarquable est le recrutement de l'Amphipode

Ampelisca spinipes, espèce toujours présente à la station 6, qui semble très important cette année. De même, le Tunicier Molgula complanata, déjà récolté sur le site, est présent en automne aux stations 16 et 29 et très abondant dans le prélèvement hivernal de la station 6 (Tab. VI.6), dans lequel il occupe le 3ème rang. Cette espèce est généralement assez rare, mais un recrutement important se traduit par des tâches de forte densité (grappes).

Il semble donc qu'il n'y ait pas de véritable extension de la moulière, puisque Mytilus edulis ne semble pas s'installer définitivement à la station 6, mais qu'il s'agisse plutôt des témoignages des fluctuations du recrutement de l'espèce à la limite de sa zone d'installation habituelle, phénomène déjà décrit ailleurs (BHAUD, 1983).

IV - CONCLUSION

L'ensemble des prélèvements effectués cette année montre une bonne stabilité globale de la zone étudiée. Les résultats tant granulométriques que faunistiques sont proches de ceux des années précédentes.

Le prélèvement hivernal supplémentaire effectué à la station 6 s'avère utile car il permet de confirmer que l'extension apparente observée certaines années ne correspond qu'à un recrutement important et non pas à une installation permanente de la moulière.

L'homogénéïté des replicats confirme une fois de plus la fiabilité des prélèvements qualitatifs à la drague Rallier du Baty.

Il pourrait être envisagé ultérieurement la suppression des replicats au profit d'un resserrement de l'étude du recrutement de la moulière (stations supplémentaires entre les stations 1 et 2 et les stations 1 et 6, à échantillonner aux quatre stations).

En effet, en nous appuyant sur l'étude de cette zone maintenant étudiée depuis 10 ans, on peut considérer que 2 prélèvements annuels aux stations 29, HZ et 27 suffisent pour un suivi à long terme.

La nouvelle méthodologie qui s'appuie sur une année d'échantillonnage (1986) suivie d'une année sans suivi des populations benthiques (1987) peut amener en 1988 à quelques surprises quant à l'extension des peuplements côtiers. En effet, les recrutements à ces stations côtières pourront paraître alors "anormaux" en raison de conditions hydrologiques ou climatiques particulières ou en liaison avec un fonctionnement de la centrale particulièrement intense. Ces deux

"désordres" ne sont d'ailleurs pas indépendants puisqu'un hiver particulièrement rude entraînerait pour EDF la nécessité d'une réponse maximale de fourniture d'énergie qui se traduirait par une activité accrue de la centrale amenant à un rejet accru de thermies. L'absence de suivi annuel pourrait nous amener à constater des différences entre les résultats des années n et n + 2 et nous empêcherait d'interpréter correctement ces modifications faute de données intermédiaires. Il faut souhaiter que la relative stabilité des populations benthiques se maintienne et ne soit pas altérée par des travaux de génie civil ou des pollutions qui échapperaient à notre connaissance. Il paraît nécessaire que toute condition hydrologique anormale nous soit communiquée et qu'une possibilité d'intervention exceptionnelle reste possible durant l'année "creuse" pour apprécier l'incidence de cette fluctuation sur les peuplements benthiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BHAUD M., 1983 - Les limites de distributions géographiques chez quelques invertébrés marins. Oceanis 8 (4), 317-335.

DAVOULT D., 1986 - "Le domaine benthique subtidal" in Surveillance écologique et halieutique - Site de Paluel - Novembre 1984 à octobre 1985. IFREMER - S.M.W., Rapport E.D.F., 91-121.

DEWARUMEZ J.M., 1979 - "Le domaine benthique" in Etude écologique du site de Paluel - Suivi 1ère année. C.N.E.X.O. - S.M.W. Rapport E.D.F.

DEWARUMEZ J.M., GUILLAUMONT B., HAMON D., 1978 - "Le domaine benthique" in Etude écologique du site de Paluel. Rapport final C.N.E.X.O. - Rapport E.D.F.

DEWARUMEZ J.M., MENU D., 1985 - Etude de surveillance écologique du site de Paluel - Rapport de synthèse - Années 1978, 1979, 1980, 1981 - IFREMER - S.M.W. Rapport E.D.F.

FRONTIER S., 1976 - Utilisation des diagrammes Rang-Fréquence dans l'analyse des écosystèmes. J. Rech. Oceanogr., Vol. I, n° 3, p. 36-48.

FRONTIER S., 1985 - Diversity and structure in aquatic ecosystems. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., 23, 253-312.

LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1979 - La structure des données écologiques. Collection écologie, 13, Masson Ed. 247 p.

SOUPLET A., 1976 - "Le domaine benthique" in Etude écologique de Paluel - 1ère année de projet. Rapport E.D.F.

TABLEAU VI.1 : CALENDRIER DES CAMPAGNES 1986

Dates	Stations échantillonnées
12 mars 1986	1, prélèvement simple
24 avril 1986	1, 16, 27, HZ : 4 replicats par station 2, 6, 29 : prélèvements simples
30 septembre 1986	1, 2, 6, 16, 27, 29, HZ : prélèvements simples
3 décembre 1986	1 et 6 Prélèvements simples

TABLEAU VI.2 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE - FREQUENCES PONDERALES (PRINTEMPS 1986)

	Station HZ	Station 1	Station 2	Station 6	Station 16	Station 27
Cailloutis	0	4,86	18,44	0	0	0
Graviers grossiers	5,67	7,47	8,28	13,67	7,10	3,12
Graviers fins	9,20	9,81	14,40	9,16	1,08	5,73
Sables grossiers	48,86	27,58	34,94	42,86	3,95	41,16
Sables moyens	35,08	47,22	20,66	33,28	81,86	48,57
Sables fins	1,16	2,08	2,33	1,01	5,99	1,4
Pélites	0,02	0,99	0,95	0,02	0,02	0,02

TABLEAU VI.3 : ANALYSE GRANULOMETRIQUE - FREQUENCES PONDERALES (AUTOMNE 1986)

	Station HZ	Station 1	Station 2	Station 6	Station 16	Station 27
Cailloutis	0	2,98	43,84	0	0	0
Graviers grossiers	7,59	4,77	8,48	22,04	3,21	19,14
Graviers fins	8,63	11,81	12,10	3,32	5,89	8,84
Sables grossiers	44,36	49,45	25,36	6,27	15,91	42,67
Sables moyens	38,68	30,18	9,27	12,28	71,89	27,66
Sables fins	0,72	0,78	0,84	10,25	3,06	1,68
Pélites	0,03	0,02	0,12	45,85	0,04	0,02

TABLEAU VI.4 : NOMBRE D'ESPECES, D'INDIVIDUS, DIVERSITE ET EQUITABILITE PAR PRELEVEMENT

	Stations	Nombre d'espèces	Nombre d'individus	H	E
12 mars 1986	1	45	1506	2,80	0,60
24 avril 1986	1a	39	1426	1,07	0,20
	1b	40	1315	1,53	0,29
	1c	31	881	1,87	0,38
	1d	28	1169	0,81	0,17
	2	61	575	3,96	0,67
	6	11	18	3,35	0,97
	16a	9	39	2,34	0,74
	16b	8	20	2,52	0,84
	16c	17	30	3,66	0,89
	16d	12	33	2,66	0,74
	27a	8	24	2,62	0,87
	27b	8	23	2,14	0,71
	27c	13	19	3,58	0,97
	27d	11	37	2,70	0,78
	29	27	293	1,33	0,28
	HZ1	12	29	2,80	0,78
	HZ2	14	34	3,58	0,94
	HZ3	6	7	2,52	0,98
	HZ4	8	25	2,06	0,69
30 septembre 1986	1	29	890	1,34	0,28
	2	61	381	3,84	0,65
	6	31	5566	0,15	0,03
	16	30	123	3,65	0,74
	27	42	164	4,58	0,85
	29	42	324	3,37	0,63
	HZ	14	56	3,11	0,82
3 décembre 1986	1	20	1673	0,42	0,1
	6	42	3083	1,811	0,34

TABLEAU VI.5 : RESULTATS FAUNISTIQUES : PRELEVEMENTS DU 12.03.86 ET DU 24.04.86

ESPECES / STATIONS	1 12.3.86	1A	1B	1C	1D	2	6	16A	16B	16C	16D	27A	27B	27C	27D	29	HZ 1	HZ 2	HZ 3	HZ 4
SPONGIAIRES																				
Tethya aurantium																1				
CNIDAIRES																				
Cerianthus lloydii						1														
Urticina felina	4	4	5		5	4					1					1				
Sagartia troglodytes	17	1		1		6		1		8	1									
Nematodes spp.	4												1							
Nemertes spp																1				
Tubulanus polymorphus		1																		
Lineus bilineatus	3		2	1																
Leptoplana tremellaris	5		1	3			2													
ANNELIDES																				
Scoloplos armiger			8		6											1				
Scolelepis fuliginosa		1																		
Laonice cirrata						14					3					4		1		1
Spio filicornis	1	4	35	27	16	112	2			2			2		8				1	
Aonides oxycephala	3	1	6	3	3			2			1			1				4		2
Polydora caeca									1											
Cirratulus cirratus	76	6	10	12	5	1	1													
Chaetozone setosa		1		10																
Caullierella alatus	101	4	27	82	18															
Notomastus latericeus	1					2		1												
Capitella capitata	69		1	1																
Nicomache lumbricalis						2														
Ophelia borealis		3					2	20	7	2	16	5	13	1	8		1	4	1	15
Anaitides mucosa	38	37	48	38	4	4														
Eulalia viridis		3																		
Eumida sanguinea	49		1		1															
Eteone longa	1		1																	
Mysta picta		1																		
Mystides limbata				1																
Lepidonotus squamatus	14	2	4	1	1	45	1					3				3				
Gattyana cirrosa						2														
Harmothoe longisetis							2						1				1	2	1	
Harmothoe lunulata	1	1											1	2						
Harmothoe sp.																		4		
Polynoe scolopendrina		1				2										1				
Sigalion mathildae			2																	
Sthenelais boa	15	16	3	11	4					1										
Pholoe minuta	53	2	30	5		66								1						
Aphroditidae sp.																				1
Kerfersteinia cirrata	37	4	37	31	12	24														
Brania clavata			1																	
Exogone gemmifera			2																	
Syllidae spp.	17	1	10	3	2	39	1	1		3			1	3	12		11	2		
Leptonereis glauca	16																			
Nereidae sp.		1																		
Glycera gigantea																1				
Glycera lapidum			1			2						2	3	2		4		5	2	2
Glycinde nordmanni				1																
Goniadella bobretzkii	1		1			1									1					
Nephtys longosetosa	3	3	2	1	6	1			1								1			1
Nephtys caeca		2	3		4	3		2		1					2			1		
Nephtys cirrosa			3				2	1	1	1	1				1			3		1
Sphaerodorum gracilis						1														
Marphysa sanguinea	1		1																	
Lumbrineris gracilis																1				
Lumbrineris fragilis														1						
Lumbrineris impatiens						1														
Dorvillea neglectus						1														
Flabelligera affinis				2																
Lanice conchilega	1				1															
Nicolea venustula	1					1				1	1									
Thelepus setosus				1		5					1					7				
Trichobranchus glacialis																1				
Potamilla reniformis	1				1															
Jasmineira elegans																3				
Grania maricola	94														1					
MOLLUSQUES																				
Lepidopleurus asellus					1											1				
Acanthochitona crinita					1															
Acmea virginea			1																	
Crepidula fornicata					1															
Buccinum undatum		6		5	1	1														
Doto fragilis										1	1									
Aeolidia papillosa					1															
Mytilus edulis	832	1249	1049	624	1063	5														
Venerupis rhomboïdes	1																			
Spisula ovalis							1								1		1	3	1	
Tellina fabula																		1		
Abra alba	1					1	1													
Ensis arcuatus												1					1			
Sphenia benghami						4														
Mya truncata			1		1															
Astarte triangularis																		1		

TABLEAU VI.5 : RESULTATS FAUNISTIQUES : PRELEVEMENTS DU 12.03.86 ET DU 24.04.86 (SUITE)

STATIONS / ESPECES	1 12.3.86	1A	1B	1C	1D	2	6	16A	16B	16C	16D	27A	27B	27C	27D	29	HZ 1	HZ 2	HZ 3	HZ 4
AMPHIPODES																				
Perierella audouiniana	1				1	1														
Ampelisca spinipes						2				1										
Panoploea eblanae						1														
Stenothoe marina						2														
Maera othonis					2	7														
Melita gladiosa	5	8			4							1								
Melita obtusata	2	4		1																
Bathyporeia elegans						1			1	1										
Bathyporeia guillamsonniana								4	3											
Urothoe marina						1														
Pontocrates altamarinus						1														
Pontocrates arenarius						1				1										
Synchelidium maculatum			1						1								1	1		2
Gamarellus homari		2	5	2	2															
Atylus falcatus					1							1		2	1		2			
Atylus swammerdami																	1			
Dexamine thea	1																			
Guernea coalita					1									2		1				
Tritaeta gibbosa						1														
Leptocheirus hirsutimanus	3		2		24															
Gammaropsis maculata					5															
Microprotopus maculatus					1				1											
Corophium sextonae					4															
Erichtonius brasiliensis					1															
ISOPODES																				
Anthura gracilis					1															
Astacilla longicornis			1																	
Janira maculosa			2		3															
CUMACES																				
Bodotria scorpioides																	1			
MYSIDACES																				
Gastrosaccus normanni														1						
Gastrosaccus spinifer				1		1	3	5	5	3	4	3	1	1	1	1	2	2	1	
DECAPODES																				
Eualus pusiolus		1				3										2				
Pandalina brevirostris																1				
Galathea intermedia		1																		
Pisidia longicornis	5	10		2		12										1				
Pagurus bernhardus		26	1	3	2						2									
Pagurus cuanensis						1														
Ebalia tumefacta						3										1				
Ebalia tuberosa						1										1				
Cancer pagurus		2																		
Carcinus maenas	2	1																		
Liocarcinus puber		6																		
Liocarcinus depurator	1																			
Pilumnus hirtellus	1		1			3														
Pinnotheres pisum	5	1	3	2																
Hyas coarctatus						2														
Macropodia rostrata																	1			
PYCNOGONIDES																				
Nymphon brevirostre														1						
Pycnogonum littorale	1		1			1				1										
ECHINODERMES																				
Asterias rubens		4	1		1	2				1										
Ophiothrix fragilis	9		1	4		130				1		8		1	1	246				
Amphipholis squamata		2			1															
Amphiura securigera	6																			
Ophiura albida							3													
Psammechinus miliaris				1		5										3				
Echinocyamus pusillus																3				
TUNICIERS																				
Dendrodoa grossularia						2										1				
Molgula sp.																1				
Ascidiacea sp.																1				

TABLEAU VI.6 : RESULTATS FAUNISTIQUES - PRELEVEMENTS DU 30.9.86 ET 3.12.86

STATIONS / ESPECES	1	2	6	16	27	29	HZ	1 3.12.86	6 3.12.86
SPONGIAIRES									
Sycon ciliatum									+
Tethya aurantium		+							
Halichondria panicea		+				+			
Esperiopsis fucorum						+			
Iophon hyndmani		+				+			
Haliclona oculata						+			
Dysidea fragilis		+				+			
CNIDAIRES									
Tubularia indivisa		+	+			+			+
Halecium halecinum		+			+				+
Abietinaria abietina		+				+			
Hydrallmania falcata		+				+			
Sertularia cupressina		+							
Kirchenpaueria pinnata									
Alcyonium digitatum						12			
Urticina felina	2	1	2					3	4
ANNELIDES									
Scoloplos armiger			3						
Laonice cirrata	1	4		14	3		1	1	
Spio filicornis					1		1		
Aonides oxycephala	7	1		6	1		14	6	
Cirratulus cirratus	30	4	2	1				7	2
Caulleriella alatus	53	8	2	2				12	7
Notomastus latericeus	4	4	1	2	1	3	1		
Ophelia borealis			1	46	3		12		
Phyllodoce laminosa	5	1							
Anaitides mucosa			5	1	8				21
Anaitides groenlandica			2		7				22
Eulalia bilineata	3		1		1			3	
Eumida sanguinea	9							6	3
Eteone longa	4			1					2
Lepidonotus squamatus	3	5			1	11		1	20
Harmothoe longisetis		6		2					
Pholoe minuta		1							
Lagisca extenuata	1	2							2
Polynoe scolopendrina		1							1
Stenelais boa	5	4	8	1	2			1	19
Kefersteinia cirrata	5	3	1					3	
Syllidiens sp.		6		2	1				
Nereis zonata		1		1	1	1			
Glycera gigantea						1			
Glycera lapidum		4		1	18		6		
Nephtys caeca	2	4	8						1
Nephtys cirrosa				10	2		5	1	
Nephtys hombergii			1						
Lumbrineris gracilis		4			1	1			
Protodorvillea kefersteini	2								
Owenia fusiformis			4						8
Sabellaria spinulosa	1								
Lagis koreni			4						26
Amphicteis gunneri						1			1
Lanice conchilega		2		1	1	1			5
Eupolymnia nebulosa			1			12			
Nicolea venustula	1	1		1					1
Thelepus setosus		7	1			25			3
Branchiomma vesiculosum		2				3			
Dasychone bombyx						1			
Jasmineira elegans		2			2	6			1
Pomatoceros triqueter	+	+			+	+		+	
MOLLUSQUES									
Lepidopleurus asellus		1							
Diodora apertura						1			
Calliostoma zizyphinum		1							
Crepidula fornicata						2			17
Ocenebra erinacea					1				
Buccinum undatum					3	1		1	
Natica alderi					4				
Archidoris pseudoargus							1		4
Nucula nucleus							1		
Mytilus edulis	728		5500					1600	2100
Modiolus modiolus		1							
Chlamys varia						1			
Dosinia exoleta			1		1				
Spisula ovalis					9		7		
Venerupis pullastra			1						1
Gari tellinella						1			
Abra alba									9
Ensis arcuatus					6				
Mya truncata	1	3			1				2

TABLEAU VI.6 : RESULTATS FAUNISTIQUES - PRELEVEMENTS DU 30.9.86 ET 3.12.86 (SUITE)

STATIONS / ESPECES	1	2	6	16	27	29	HZ	1 3.12.86	6 3.12.86
BRYOZOAIRES									
Alcyonidium gelatinosum					+	+			+
Electra pilosa		+			+			+	
Crisia eburnea		+							
Bicellariella ciliata		+				+			
Flustra foliacea		+	+		+	+			
Cellepora pumicosa		+			+	+		+	
Scrupocellaria scruposa			+						
CIRRIPEDES									
Verruca stroemia		10				2			
Balanus crenatus	+	+	+		+	+		+	+
AMPHIPODES									
Lysianassa ceratina									1
Perrierella audouiniana		1							
Ampelisca spinipes	1	2	1	3	10	2	1		403
Panoploea minuta		1							
Sthenothoe marina	4	2		3	1	1			3
Tryphosella sarsi									2
Melita gladiosa	6	1						14	
Melita obtusata			2						
Bathyporeia elegans				6					
Urothoe brevicornis				1	25				
Monoculodes carinatus					2	1	1		
Synchelidium maculatum					1				
Guernea coalita		2	1			1			
Tritaeta gibbosa		1							
Gammarellus homari		1						1	1
Aora typica		5			1				
Leptocheirus hirsutimanus		3		2	4	1			
Gammaropsis maculata		1		2					
Corophium sextonae		1							
Caprella linearis			1						
Pseudoprotella phasma		6						2	
ISOPODES									
Janira maculosa		2							
CUMACES									
Bodotria scorpioides	1			2					
MYSIDACES									
Gastrosaccus spinifer	1			2	1	2	4	1	
DECAPODES									
Crangon crangon		1		2					
Eualus pusiolus		14	3	2		5			10
Hippolyte varians		3							
Pandalina brevirostris					1	4			1
Pandalus montagui		7							1
Galathea intermedia		8	1			3			16
Pisidia longicornis	3	20	3		2	1		8	75
Pagurus bernhardus	5	4			6	3		1	2
Pagurus pubescens					1				
Ebalia tumefacta		1				1			
Ebalia tuberosa						3			
Liocarcinus pusillus	1		2	1					
Liocarcinus holsatus			1						
Pilumnus hirtellus		4							
Eurynome aspera		1							
Hyas coarctatus		1				3			1
Macropodia rostrata		2			2	1			
PYCNOGONIDES									
Nymphon gracile				2					
Pycnogonum littorale		2							
ECHINODERMES									
Henricia sanguinolenta						1			
Asterias rubens		3			2	1			6
Ophiothrix fragilis	1	180				152			
Amphipholis squamata			1					1	2
Ophiura albida				1	6				
Psammechinus miliaris		1				8			
TUNICIERS									
Ascidia conchilega						1			1
Styela coriacea		3			1	7			
Dendrodoa grossularia		3			16	13			1
Molgula complanata				2		23			275
POISSONS									
Ammodytes tobianus							1		
Pholis gunellus			1						

CHAPITRE VII

LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

I. RICHARD-SAUDEMONT
Station Marine de Wimereux

CHAPITRE VII : LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

VII.1 INTRODUCTION

Depuis 1973 la zone intertidale située à proximité de la centrale nucléaire de Paluel, est l'objet d'un suivi écologique. Nous effectuons une étude de la dynamique de population d'Idotea granulosa (Crustacé isopode) au niveau de la plage située à l'ouest de St Valéry-en-Caux. Depuis 1984, nous échantillonnons une seconde zone, située en amont de la centrale par rapport au sens de la dérive et à 1 km au nord-est de Veulettes. Nous pourrons ainsi comparer les résultats entre St Valéry-en-Caux touchée par l'impact des rejets de la centrale et Veulettes en principe hors impact thermique. Les études réalisées sur ce site permettront de cerner les fluctuations naturelles de la démographie d'Idotea granulosa.

VII.2 ETUDE BIONOMIQUE

La bionomie de la plage située à l'amont de St Valéry-en-Caux n'a pas été étudiée cette année : elle sera réalisée en juillet 1987 selon la nouvelle stratégie.

VII.3 ETUDE DE LA POPULATION D'IDOTEA GRANULOSA

3.1. Méthodologie

3.1.1. Prélèvement

Le prélèvement consiste en un grattage intégral du substrat sur une surface de 50 x 50 cm, délimitée à l'aide d'un quadrat souple formé de quatre équerres métalliques, munies d'une pointe (pour permettre la fixation dans le substrat) reliées par des cordes de nylon. On effectuera ainsi 16 prélèvements, ce qui revient à échantillonner une surface totale de 4 m^2. Ces prélèvements sont réalisés dans la ceinture à Fucus vesiculosus, zone d'abondance maximale d'Idotea granulosa.

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

Cette année, quatre campagnes ont été effectuées sur la plage de St Valéry-en-Caux (12 mars, 25 avril, 21 mai et 18 septembre) dont trois ont été couplées avec des prélèvements réalisés au nord de la plage de Veulettes (25 avril, 21 mai et 18 septembre).

Le calendrier des prélèvements avait été établi début 1986, selon l'ancien protocole (6 campagnes démographie d'Idotea/an et 1 suivi complet d'estran estival).

Le contrat s'est terminé le 30 juin 86 alors que nous avions effectué trois des six prélèvements annuels, à savoir mars, avril et mai. Sa poursuite ne nous a été notifiée qu'en septembre 86 avec application de la nouvelle procédure (3 campagnes démographie d'Idotea/an et 1 étude bionomique tous les 2 ans). Nous avons donc remis à l'année 1987 le suivi bionomique et avons effectué une campagne automnale de façon à tenter d'apprécier l'évolution démographique d'Idotea granulosa en 1986.

3.1.2. Mesures

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.

Les algues de chaque prélèvement algal d'1/4 de m^2 sont pesées après dessication à l'étuve à 50° C.

3.1.3. Etude de la population

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

3.1.3.1. 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.

3.1.3.2. Femelles

Les femelles sont classées en 7 catégories :

- femelles juvéniles ou sans oostégites
- 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.

3.2. Rappels de résultats 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.

I. 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 également des individus nés pendant l'été. Il est néanmoins possible de trouver des femelles gravides toute l'année. L'élevage d'I. granulosa nous a permis de connaître avec plus de précisions 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 cette année à Veulettes, le 21 mai ; il mesurait 20,5 mm (le précédent "record", en mai 1985, était de 19,8 mm).

La longévité des femelles est de 15 mois ; elles atteignent une taille maximale théorique de 13,0 mm. La plus grande femelle récoltée mesurait 15,3 mm (Mars 1980).

3.3. Variation de la densité d'Idotea granulosa (Fig. VII.2)

La densité d'Idotea granulosa est maximale en période estivale et minimale en période hivernale.

DEWARUMEZ et coll. en 1985, avaient conclu à un cycle d'abondance pluriannual non corrélé à un impact éventuel de la centrale. En effet entre 1977 et 1982, un amortissement de la courbe d'évolution des densités d'I. granulosa avait pu être mis en évidence : en 1982, "année minimale", la densité maximale était égale à 36 individus par m^2 (Fig. VII.1). En 1983, on remarquait l'amorce d'une remontée des valeurs de la densité de cette espèce [densité maximale (moyenne des 16 m^2) de 68,75 individus/m^2]. La remontée s'est confirmée en 1984 avec une densité maximale de 114,5 individus par m^2 et en 1985 avec 128 individus par m^2.

Cette année, la densité maximale observée à St Valéry-en-Caux n'est que de 51 individus par m^2, au mois de mai (Fig. VII.2).

L'absence de prélèvements pendant la période estivale, ne permet pas de préciser le maximum démographique atteint cette année.

En septembre, on ne constate qu'une valeur de densité moyenne de 24,25 individus par m^2, valeur faible par comparaison aux années précédentes : 64,5 en septembre 84 et 128 en septembre 85 (Tableau VII.1). Par contre les comparaisons effectuées à la fin de la période hivernale et au printemps (mois de mars, avril et mai) des années 1983, 84, 85 indiquent une remontée progressive des valeurs de la densité (tableau VII.1).

Il est difficile de conclure quant à la tendance démographique... Il est à craindre que la nouvelle stratégie où 3 prélèvements par an sont requis, n'amène à des incertitudes quant à l'estimation du minimum hivernal et du maximum estival !

A Veulettes, les densités des idotées diffèrent très peu de celles

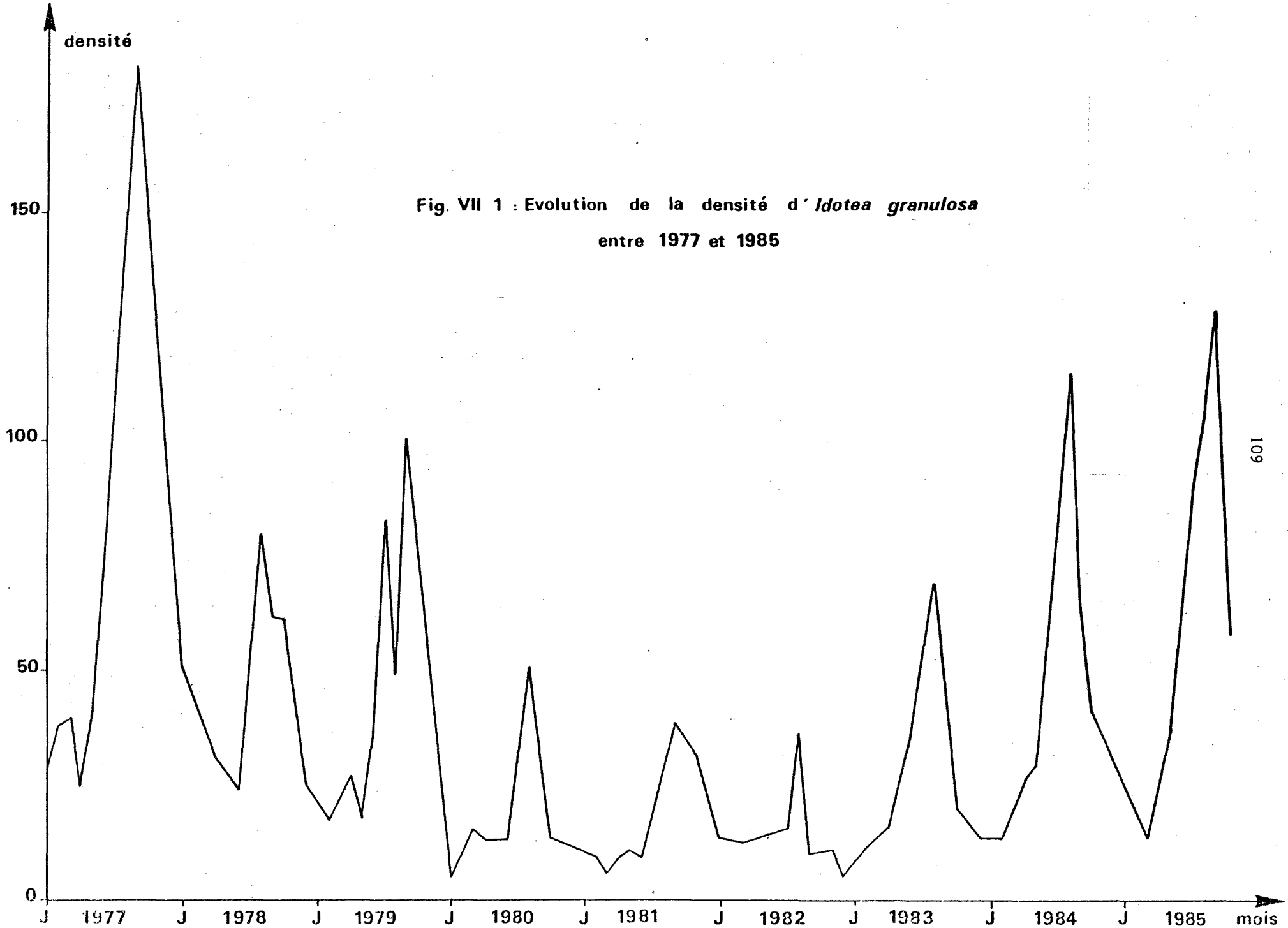


Fig. VII 1 : Evolution de la densité d'*Idotea granulosa* entre 1977 et 1985

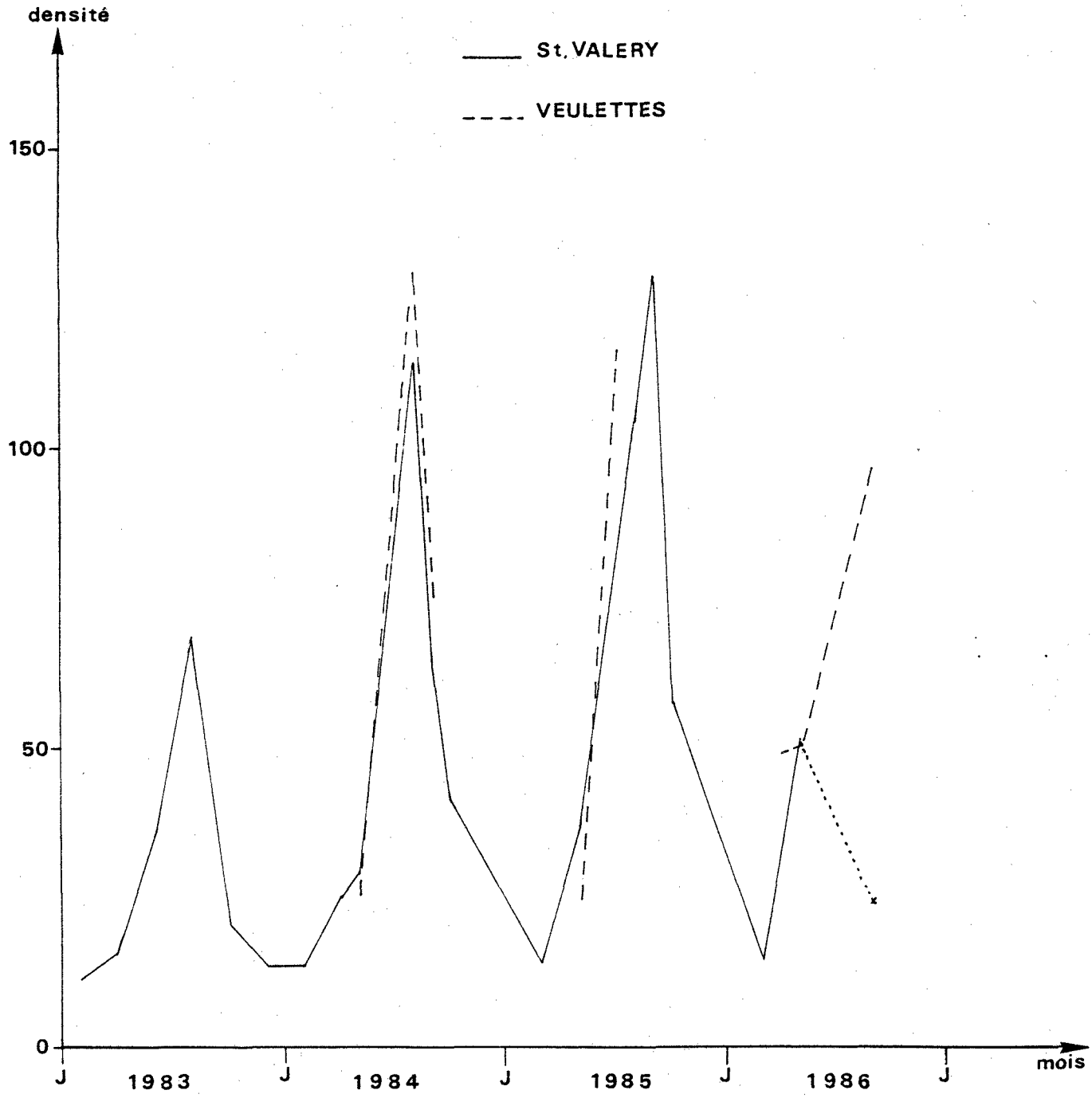


Fig. VII 2 : Evolution de la densité d'*Idotea granulosa* à St. Valéry et Veulettes entre 1983 et 1986

TABLEAU VII.1 : DENSITE D'IDOTEA GRANULOSA (NOMBRE D'INDIVIDUS PAR M^2) LORS DES DIFFERENTS PRELEVEMENTS REALISES A ST VALERY ET A VEULETTES, ENTRE 1983 ET 1986

Mois	1983	1984		1985		1986	
	St Valéry	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes	St Valéry	Veulettes
Janvier							
Février	11,25	13,50					
Mars				13,25		14,5	
Avril	16	25,25				34	49
Mai		29	25,25	36,5	24	51	50,5
Juin	36,25						
Juillet				88	116,25		
Août	68,75	114,5	129,5	104			
Septembre		64,5	74,25	128	138,5	24,25	96,75
Octobre	20,8	41		57			
Novembre							
Décembre	13,75						

de St Valéry pour les mois d'avril et mai. Par contre en septembre, à Veulettes, la densité d'Idotea granulosa est beaucoup plus importante (tableau VII.1).

L'analyse statistique des moyennes d'effectifs entre Veulettes et St Valéry montre une différence significative entre les deux sites (au seuil de 5 %) pour le mois de septembre. Pour avril et mai, la différence n'est pas significative.

La pesée des algues a été réalisée dans chaque prélèvement de St Valéry et Veulettes (Tableau VII.2). L'analyse statistique des moyennes de poids d'algues montre une différence significative entre les deux sites (au seuil de 5 %) : les algues sont beaucoup plus denses par m^2 à Veulettes. Ceci confirme l'impression reçue sur le terrain : la plage de St Valéry semble très dépeuplée !

3.4. Variation du sex-ratio (Fig. VII.3)

Les femelles sont plus abondantes que les mâles : on constate que le sex-ratio (nombre de mâles/nombre de femelles) est toujours inférieur à 1 ; ce rapport atteint une valeur de 0,789 en mai et est plus faible en septembre (0,470) : ces valeurs sont plus faibles qu'en 1985. Cette tendance à la diminution s'observe depuis 1983 (cf. Fig. VII.3)

3.5. Histogrammes des fréquences de taille (Fig. VII.4 et 6)

3.5.1. Femelles

A St Valéry, l'observation de la figure VII.4 met en évidence une quantité assez importante de jeunes individus dans les prélèvements de fin d'hiver (12.03.86). Le maximum de jeunes femelles immatures s'observe en mai. Faute de prélèvements estivaux, il est impossible de préciser si la période de maturation et de ponte qui en 1985 débutait en juillet et atteignait son apogée en août.

Le prélèvement de septembre 86 à St Valéry indique une faible proportion de femelles gravides (Fig.VII. 4 et 5) et témoigne du recrutement estival (présence de très petits individus, Fig. VII.4). L'effectif des juvéniles à St Valéry (femelles sans oostégites) est cependant beaucoup plus faible en septembre 86 qu'il ne l'était dans les prélèvements de septembre 85 (Fig. VII.5).

A Veulettes, les jeunes individus femelles sont assez nombreux au printemps : avril et mai (Fig. VII.4). Le maximum de femelles immatures

TABLEAU VII.2 : RELATION ENTRE POIDS D'ALGUES ET EFFECTIFS D'IDOTEA GRANULOSA (I.G.) DANS LES PRELEVEMENTS EN 1986 (PAR 0,25 M^2)

Numéro des Prélèvements	12 mars St Valéry		25 avril St Valéry		25 avril Veulettes		21 mai St Valéry		21 mai Veulettes		18 septembre St Valéry		18 septembre Veulettes	
	Poids d'algues (g)	Nb I.g.	Poids d'algues (g)	Nb I.g.	Poids d'algues (g)	Nb I.g.	Poids d'algues (g)	Nb I.g.	Poids d'algues (g)	Nb I.g.	Poids d'algues (g)	Nb I.g.	Poids d'algues (g)	Nb I.g.
1	21,3	3	59,2	7	110,6	10	71,4	27	141,6	18	30,0	12	143,8	36
2	14,0	1	31,9	8	112,5	12	68,6	14	111,1	8	20,9	11	80,6	44
3	11,3	6	19,9	9	92,5	5	47,0	10	75,3	9	27,9	13	102,6	36
4	25,8	0	36,1	5	94,9	16	44,2	23	117,9	10	14,3	9	65,3	40
5	20,5	0	39,2	12	115,4	12	55,6	14	96,0	17	23,7	0	64,1	14
6	23,2	2	28,9	12	58,4	5	52,1	13	99,9	8	33,2	8	49,9	24
7	25,3	2	53,5	15	111,7	22	37,9	2	125,7	23	35,7	8	137,1	24
8	24,0	3	31,6	4	95,6	12	70,5	4	79,2	10	19,7	1	52,6	14
9	30,5	4	39,3	11	66,9	16	53,6	16	68,9	16	16,7	4	89,3	16
10	11,0	1	21,3	1	71,1	27	34,9	10	103,2	10	24,0	7	83,2	24
11	30,7	4	65,4	15	73,9	5	47,8	1	95,9	14	17,9	4	51,3	18
12	50,3	25	25,7	3	97,6	8	61,5	14	65,5	2	14,4	9	63,6	17
13	26,6	0	20,3	1	76,3	13	37,2	5	70,2	16	39,2	2	73,6	11
14	29,3	4	46,0	9	115,6	11	45,2	10	64,4	12	23,6	1	53,6	13
15	20,6	1	26,2	11	104,2	11	40,7	14	110,3	7	14,4	5	107,4	43
16	29,1	2	105,4	13	90,8	11	105,2	27	102,4	22	10,3	3	45,7	13
Moyenne	24,59	3,63	40,62	8,50	93,00	12,25	54,59	12,75	95,47	12,63	22,87	6,06	78,98	24,19
Ecart type	9,31	5,95	22,08	4,62	18,65	5,93	17,91	7,92	23,12	5,72	8,44	4,14	30,34	11,73

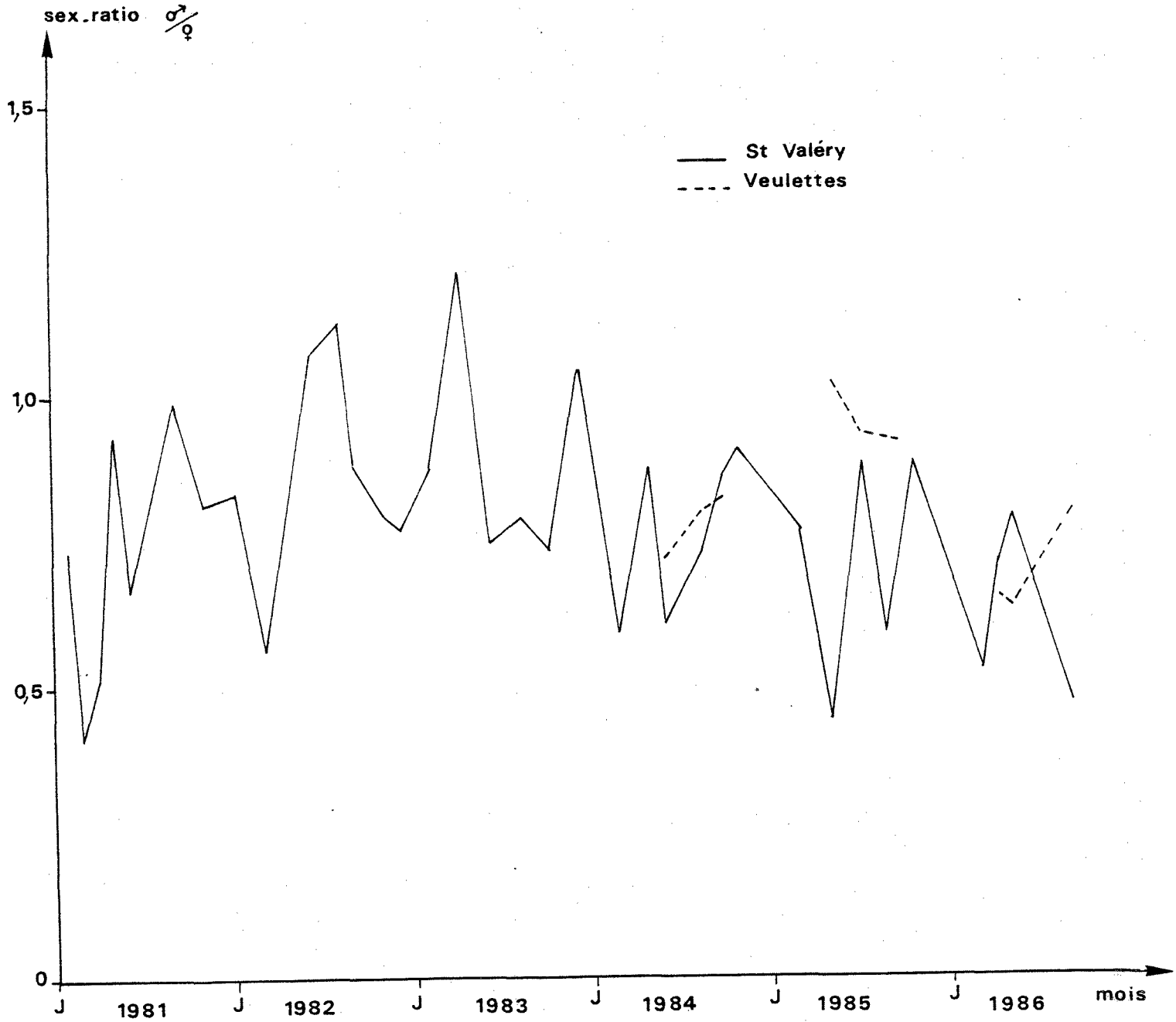


Fig. VII 3 : Evolution du sex.ratio (♂/♀) entre 1981 et 1986

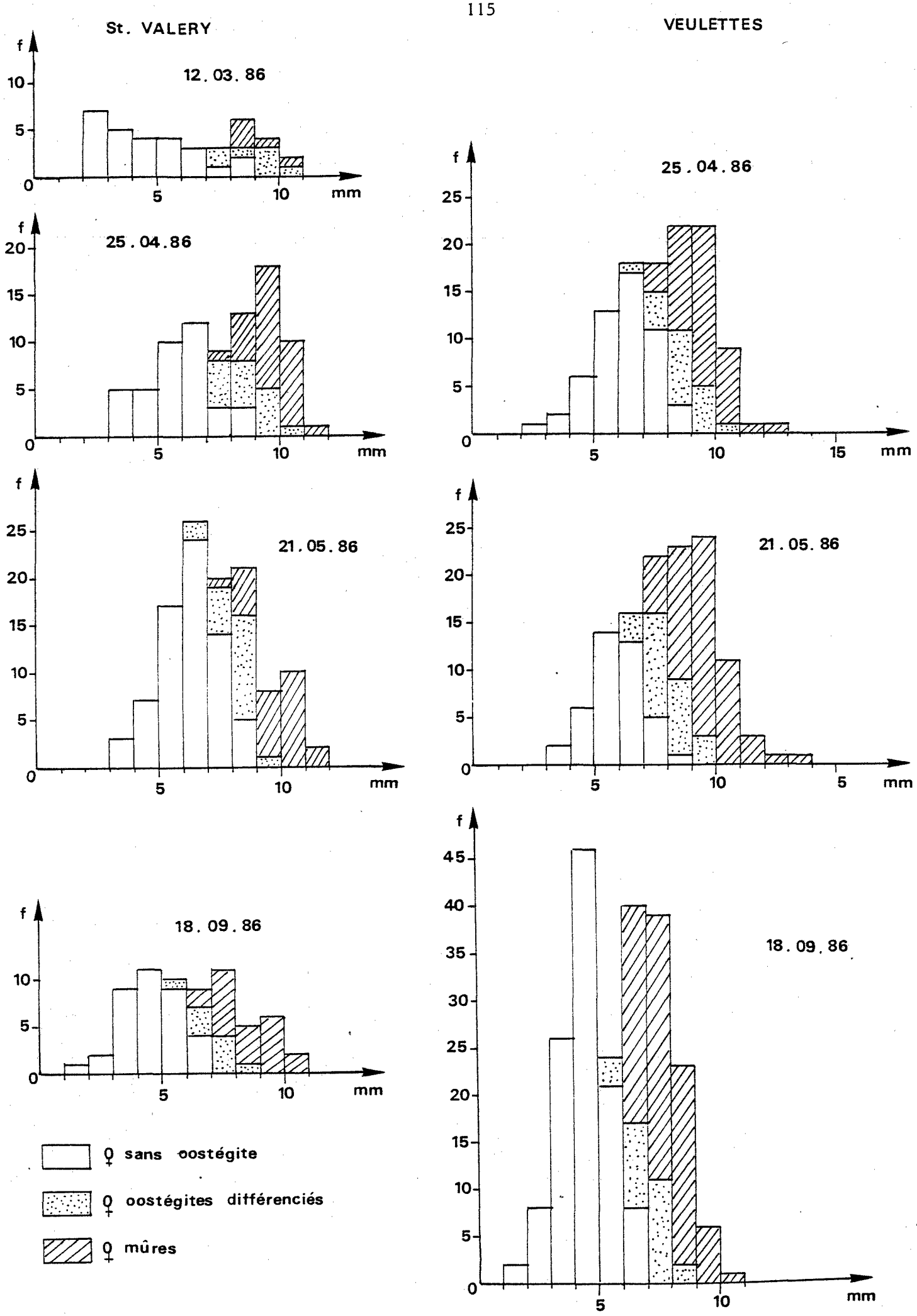


Fig. VII 4 : *Idotea granulosa* ♀ _ Histogrammes des fréquences de taille

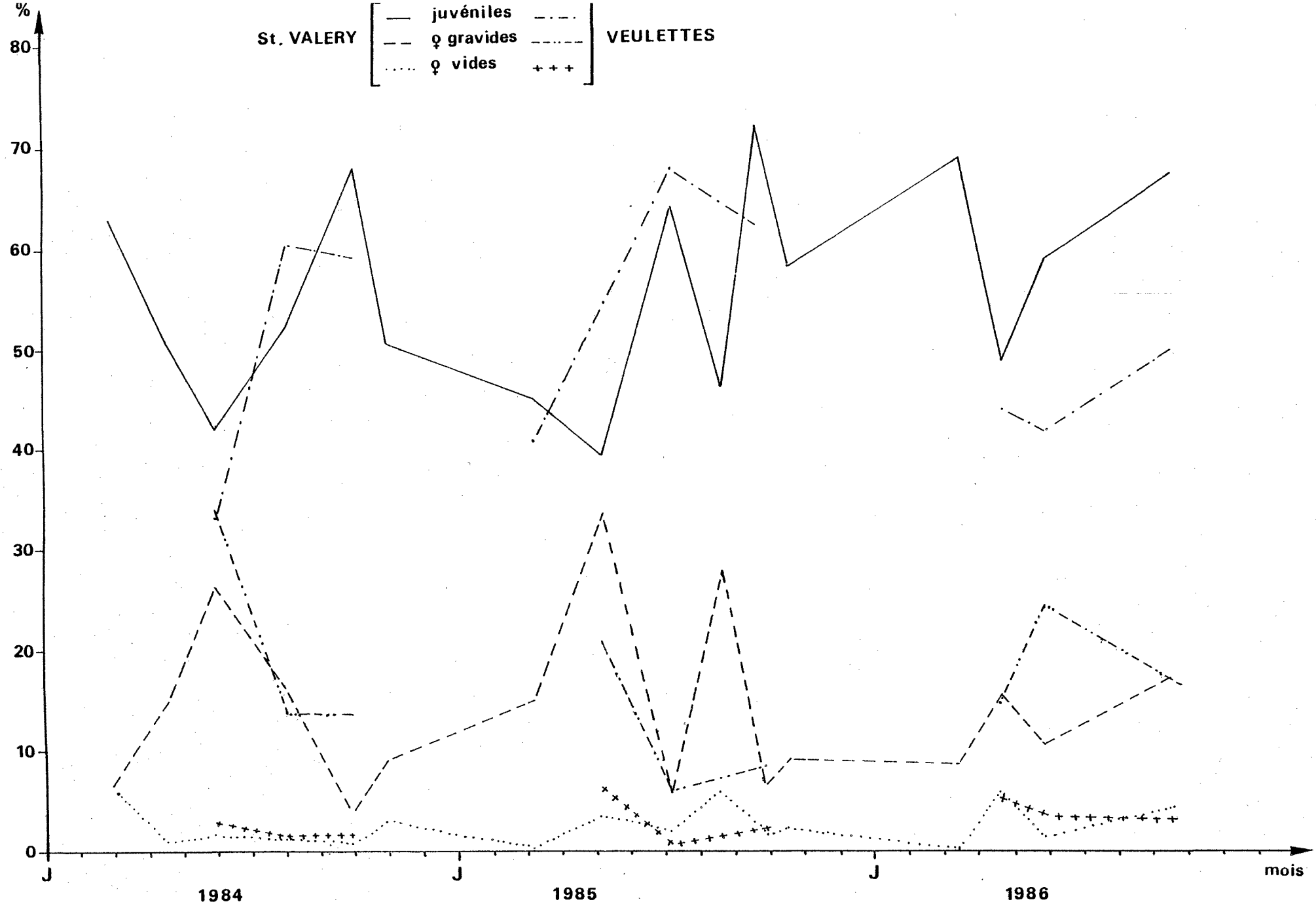


Fig. VII 5 : Comparaison des pourcentages de juvéniles, femelles gravides et vides à St. Valéry et Veulettes de 1984 à 1986

s'observe en septembre. On remarque aussi une forte proportion de femelles matures dans tous les prélèvements et surtout dans ceux de septembre.

3.5.2. Mâles

L'observation de la figure VII.6 met en évidence une faible quantité d'individus mâles dans les prélèvements de fin d'hiver et de printemps à St Valéry (mars et avril). On y observe un maximum de mâles mâtures en mai. Le prélèvement de septembre montre une très faible quantité de mâles.

A Veulettes, les mâles mâtures apparaissent en nombre important dès avril. Le plus grand individu mâle a été récolté cette année en mai à Veulettes ; il mesure 20,5 mm. Un maximum de mâles immatures s'observe en septembre. Dans ce prélèvement on remarque aussi de nombreux mâles mâtures.

3.5.3. Conclusion

Les deux sites se différencient donc par une abondance et une maturation plus précoce tant chez les mâles que chez les femelles à Veulettes. La différence est évidente dans les prélèvements du 25.04/86 (Fig. VII.4 et 6) où les effectifs sont plus importants à Veulettes. En septembre, surtout chez les mâles, l'abondance des Idotea à Veulettes contraste avec la faible proportion de mâles adultes à St Valéry.

VII.4 CONCLUSION DU CHAPITRE

L'absence de prélèvements estivaux, correspondant normalement au maximum d'abondance de l'isopode Idotea granulosa, ne permet pas de conclure quant à la tendance à la raréfaction des effectifs constatés à St Valéry en Caux.

Les effectifs liés à l'abondance des Fucus sont plus élevés à Veulettes qu'ils ne le sont à St Valéry.

Il conviendra, avec les prélèvements de 1987, de vérifier si la population en diminution à St Valéry au mois de septembre s'est ou non maintenu. Il semble cependant que la nouvelle stratégie qui limite à 3 prélèvements/an, soit notoirement insuffisante pour apprécier le minimum hivernal et le maximum estival et ne permette pas de préciser s'il y a impact d'action de la centrale sur la démographie de cette espèce

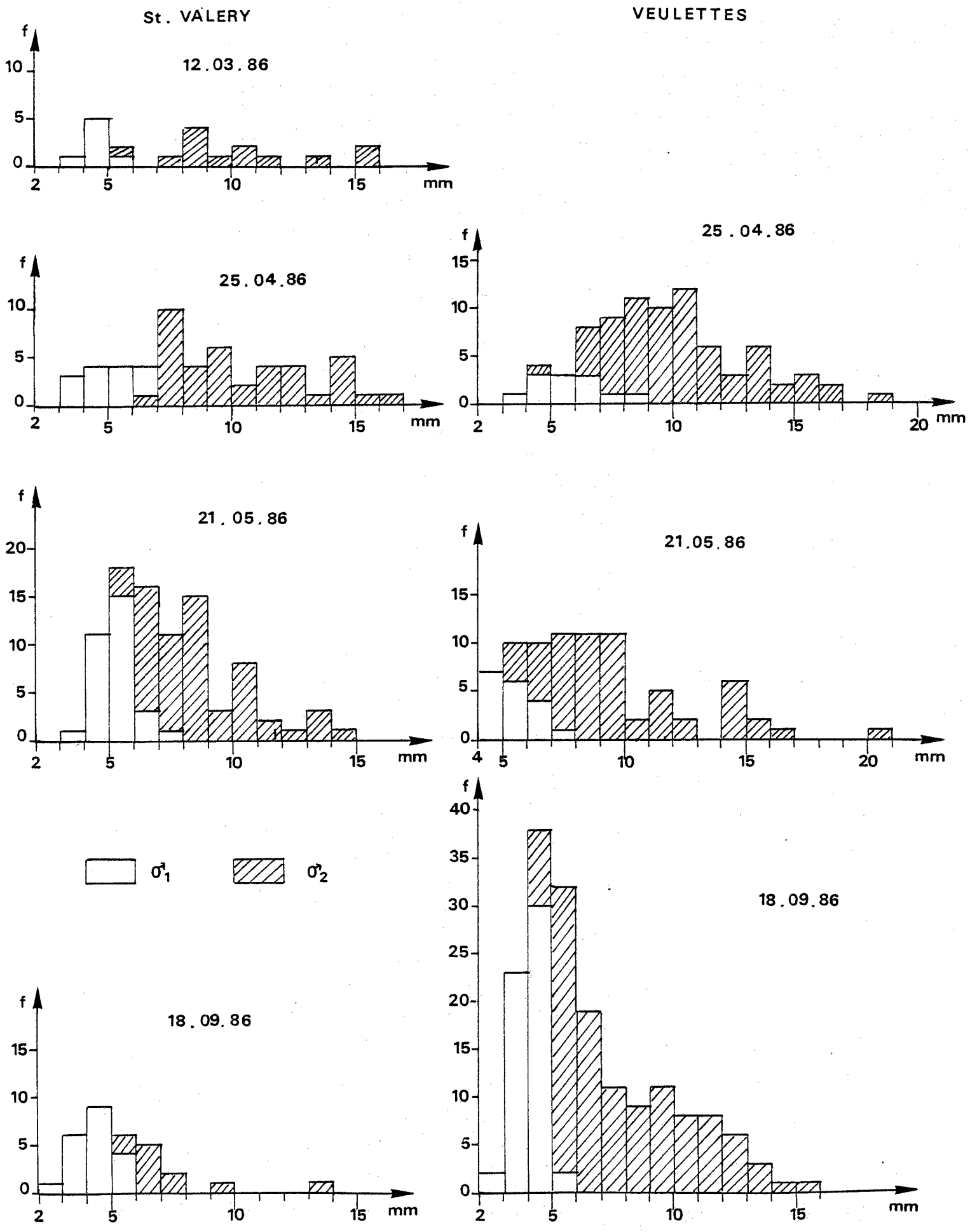


Fig. VII 6 : *Idotea granulosa* ♂ _ Histogrammes des fréquences de taille

nordique en limite sud de répartition.

Enfin, la ceinture de Fucus vesiculosus à St Valéry-en-Caux, semble cette année très pauvre par comparaison à celle de Veulettes, ce qui pourrait directement entraîner une chute des effectifs d'Idotea granulosa.

Les raisons de cette diminution algale ne paraissent pas évidentes.

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.

DEWARUMEZ J.M., RICHARD-SAUDEMONT I. et A. RICHARD, 1985 - Etude de la dynamique d'une population d'Idotea granulosa (Crustacea Isopoda). Bull. Zoo. Fr. (Sous presse).

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 the Crustacea of Norway, II. Isopoda. Alb. Cammer Meyers Forlag Cristiana. 270 p, 100 pl.

SYWALA T., 1964 - A study of the toxonomy 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.

CHAPITRE VIII

HALIEUTIQUE

1ère partie

Zooplanctonologie halieutique

D. HALGAND et P. GRELLIER
IFREMER - DRV - Nantes

1ère partie : ZOOPLANCTONOLOGIE HALIEUTIQUE

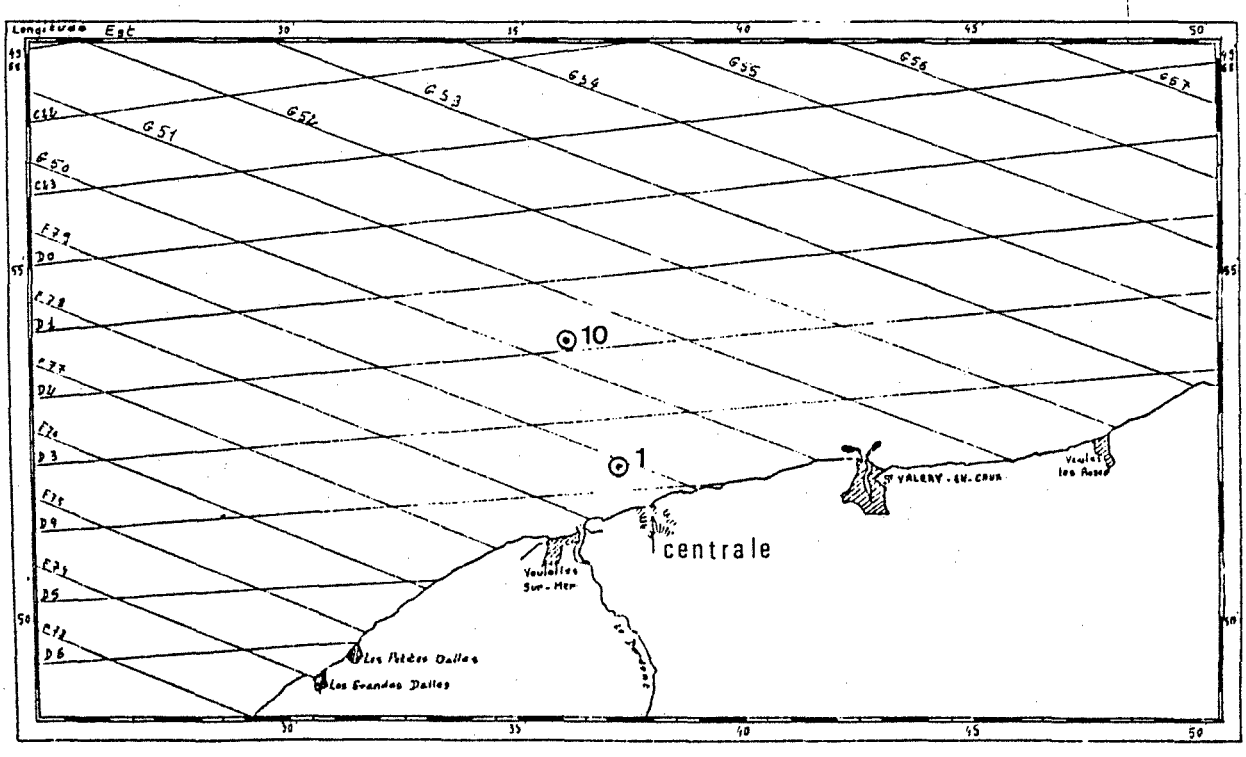
Pour la neuvième année de surveillance, les observations réalisées concernent les phases oeufs et larves planctoniques des espèces de clupéidés comme le hareng (Clupea harengus, L.), la sardine (Sardina pilchardus, Walbaum) et le sprat (Sprattus sprattus, L.).

I. METHODOLOGIE

Le matériel et les méthodes utilisés sur le terrain et au laboratoire sont identiques à ceux employés au cours des phases précédentes de l'étude du site de Paluel ainsi que sur les autres sites d'implantation de centrales nucléaires. On en trouvera une description détaillée dans les rapports d'études afférents, notamment dans le rapport du projet du site de Paluel (ISTPM, 1981). Nous n'en rappelons ici que les points essentiels ou particuliers concernant l'année 1986.

I.1 Localisaton des points de mesure

L'échantillonnage du zooplancton a été réalisé aux deux points retenus pour l'étude de surveillance : un point côtier (point 1) situé à l'intérieur du panache de rejet et un point au large (point 10) hors influence.



La position exacte des points de mesures au cours de chaque campagne est donnée dans le tableau ci-après.

Numéro du point	Positions DECCA chaîne n°1	Coordonnées géographiques	
		Latitude	Longitude
point 1	D 3,70 F 78,95	49°52,2 N	0°37,3 E
point 10	D 1,80 G 50,30	49°54 N	0°36,2 E

I.2. Mesure des paramètres hydrologiques

A chaque station (correspondant à un traict de zooplancton) deux paramètres sont mesurés (température et salinité) à deux niveaux : sub-surface et voisinage du fond.

Le relevé se fait à l'aide d'une sonde E.I.L. modèle 5005 (fabriqué par Kent Industrial Measurements).

I.3. Chronologie des campagnes

Afin de recouvrir la période de reproduction des clupéidés particulièrement bien représentés sur le site, quatre campagnes avaient été programmées entre avril et juillet.

Trois sorties ont pu être réalisées le 17 avril, le 12 juin et le 1er juillet. La campagne de mai a dû être annulée en raison de conditions météorologiques défavorables.

I.4. Echantillonnage du zooplancton

I.4.1. Méthode d'échantillonnage

Les pêches de zooplancton sont effectuées à l'échantillonneur Bongo, grand modèle, muni de deux filets de maillage de 500 µm pêchant simultanément. Chaque point fait l'objet de deux repliquats successifs.

La pêche se fait en trait oblique sans palier depuis le fond jusqu'en surface à la vitesse de 2 noeuds environ (1 ms^{-1}). La durée est ainsi fonction de la sonde et le volume d'eau filtrée varie entre 79 et 212 m^3 pour l'ensemble des deux filets (tableau 1).

Un volucompteur placé à chaque embouchure permet le calcul a posteriori de ce volume.

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

I.4.2. Conservation des échantillons

Les échantillons sont fixés à bord à l'aide de la solution décrite par MASTAIL et BATTAGLIA (1978) légèrement modifiée par BIGOT (1979).

I.4.3. Dépouillement des échantillons

L'échantillon est fractionné à la cuve MOTODA (MOTODA, 1959) qui permet d'en réaliser des bipartitions successives. Les oeufs et larves de poissons sont comptés sur la moitié ou la totalité du prélèvement.

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

I.5. Saisie, stockage et traitement des données

Les données brutes sont saisies sur micro-ordinateur GOUPIL ; les effectifs sont ramenés à l'unité de volume filtré (10 m^3). Après un transfert et un codage automatique sur support compatible IBM-PC (disquettes), les données sont archivées au département informatique (DI/DDO/BNDO) du Centre IFREMER de Brest.

II. RESULTATS

Les résultats de cette étude sont consignés dans les figures 1 à 5 et dans les tableaux 1 à 3.

Les résultats concernant les groupes zooplanctoniques relativement bien représentés sont indiqués pour information dans le tableau 3.

L'étude de surveillance est principalement orientée vers les espèces de clupéidés les mieux représentées sur le site.

* Le hareng, Clupea harengus L., 1758

Le hareng de l'Atlantique Clupea harengus peuple les eaux européennes et américaines du nord de l'Atlantique (fig. 1). Parmi cette espèce, il existe diverses populations différenciées par leur période de ponte. Dans la population de la mer du Nord frayant en automne-hiver, on distingue trois groupes qui portent le nom de la région où s'effectue leur ponte : le BUCHAN (ponte en août-septembre), le DOGGER (ponte en septembre-octobre) et les DOWNS (ponte en novembre-décembre et éventuellement jusqu'en janvier - fig.2).

Depuis le début des études, des larves issues des pontes du stock des Downs sont récoltées dans nos pêches planctoniques surtout en mars et avril, avec des effectifs variant entre 0,01 et 1,6 larves par 10 m^3 (tableau 2). Ces larves mesurant de 28 à 35 mm sont âgées approximativement de trois mois. Vers 50 mm, ces larves se métamorphosent et acquièrent l'organisation de l'adulte, car on assiste à la formation et au développement des écailles, de la pigmentation et des nageoires. Ces immatures quittent le secteur à la faveur des courants marins généraux pour rejoindre les zones de nourriceries situées le long des côtes belges et hollandaises où ils y séjournent pendant les deux premières années de leur vie avant de se joindre aux adultes pour se reproduire.

A Paluel, au cours de la campagne du 17 avril 1986, nous avons récolté des larves dont les effectifs de 1,6 au point côtier (tabl. 1) sont supérieurs à ceux rencontrés antérieurement (de 0,01 à 0,32 suivant les années).

* La sardine, Sardina pilchardus, Walbaum, 1792

Les oeufs et larves de ce poisson pélagique (nectonique) rencontrés dans le plancton de Paluel se rattachent aux populations de la race atlantique septentrionale (allant du nord de l'Espagne à la mer du Nord) constituées en Manche d'individus de grande taille âgés de 4 à 6 ans ("pilchards"). Ces individus sont considérés comme issus des peuplements du golfe de Gascogne après plusieurs migrations successives vers le nord à la fin de chaque cycle reproducteur annuel, comportement correspondant à la perte progressive de la thermophilie en relation avec l'âge des individus ; corrélativement, a lieu une migration des immatures vers le sud à partir des zones où ils sont nés (FURNESTIN, 1943 et SOUTHWARD et DEMIR, 1974).

La période de reproduction varie en fonction de la latitude ; plus tardive dans les zones septentrionales (WALLACE et PLEASANTS, 1972), elle débute vers avril-mai en Manche occidentale.

Bien que l'on puisse considérer l'ensemble de la Manche comme une vaste frayère, notamment à l'intérieur d'une bande médiane joignant les frayères du sud de la mer du Nord à celles de la mer Celtique et du golfe de Gascogne (fig. 3) les oeufs et larves de sardine sont très sporadiques sur le site de Paluel et leurs effectifs sont relativement faibles (de 0,06 à 5 oeufs par 10 m^3 ; de 0,04 à 1 larve par 10 m^3), leur maxima se situant en juin pour les oeufs et en juillet pour les larves (tabl.2).

Cette année, aucun élément ichthyoplanctonique n'a été récolté.

* Le sprat, Sprattus sprattus L. , 1738

Poisson de petite taille, pélagique planctonophage, le sprat effectue des migrations moins importantes que d'autres clupéidés (WHEELER, 1969). Après des concentrations hivernales en zones côtières localisées suivies de regroupements dans certains secteurs du large, les individus se répartissent en bancs plus petits au début de la phase de nutrition et de la ponte au printemps (SCHULTZ et coll., 1974) et occupent principalement le secteur

médian de la Manche et de la mer du Nord. Une répartition des oeufs et larves conforme à ce schéma est généralement observée (WALLACE et PLEASANTS, 1972 ; ANONYME, 1977) (fig.4).

Sur le site de Paluel la reproduction du sprat peut débuter très tôt, en janvier-février (le frai ne débutant que vers 5-6°C) et s'achève généralement au début de l'été.

D'une manière générale, depuis le début des études, les oeufs de sprat ont été observés dans une gamme de température allant de 5 à 18°C environ.

Les résultats obtenus depuis 1975 montrent des variations dans l'importance des pontes en début de saison en relation avec les cycles thermiques printaniers ; ces variations se répercutent sur les dates des maxima. Cependant, les pics de densité d'oeufs (de 2,6 à 51 oeufs par 10 m^3 suivant les années : fig. 5) se produisent dans un intervalle de temps de un mois (mi-avril, mi-mai) et de température (8,8 - 11,8°C) très restreints, ce qui correspond au resserrement classique de la période principale de ponte dans les zones septentrionales.

En 1986, le maximum d'oeufs (6 par 10 m^3 au point du large) est observé le 17 avril pour des températures de 6,8°C. Mais il semblerait que l'absence de mesures en mai ne nous a pas permis de bien cerner le pic, comme le suggère la figure 5 qui montre que les plus fortes densités moyennes sont rencontrées en mai.

Le développement rapide des oeufs (de 2 à 5 jours environ selon la température) et la présence de stades embryonnaires indiquent que les pontes ont lieu sur le site ou dans des zones proches.

Après une période d'incubation variable avec la température, la larve à l'éclosion mesure de 3 à 3,6 mm. A une taille de 32 à 41 mm de longueur, les larves se métamorphosent et acquièrent l'organisation de l'adulte.

Sur le site, les larves sont surtout pêchées d'avril à juillet (tabl.2) avec des densités maximales en mai-juin (fig.5).

En 1986, le maximum (8,9 larves par 10 m^3) est observé au point côtier (tabl.1). Ces effectifs s'inscrivent dans le cadre des variations pluri-annuelles (de 1,1 à 51 larves par 10 m^3), mais il est à noter toutefois que la moyenne de juin 1986 est supérieure aux moyennes observées depuis 1975 (fig. 5). Cependant des effectifs de même ordre de grandeur (8,77 larves par 10 m^3) ont déjà été rencontrés en juin 1982.

III. CONCLUSION

Qualitativement, la faune ichthyoplanctonique de Paluel ressemble à celle observée en Manche. On y rencontre principalement le frai des poissons pélagiques (hareng, sardine et sprat).

* le hareng

Bien que des harengs du stock des Downs viennent se reproduire dans la région, les larves (les oeufs étant benthiques) sont très peu récoltées sur le site. Il est vrai qu'une grande partie des larves qui éclosent une à trois semaines après la ponte, est transportée par les courants vers les nourriceries côtières nordiques favorables à la survie et la croissance des juvéniles.

* la sardine

Une partie des populations de la race atlantique septentrionale peut se reproduire dans le secteur de Paluel et alimente le site faiblement et de manière sporadique en oeufs et larves au cours de leur migration de nutrition frai vers le sud de la mer du Nord. Ce secteur correspond à une partie peu importante de l'extension côtière des frayères du milieu de la Manche et à une nourricerie de très faible importance.

* le sprat

Les oeufs et larves de sprat forment le groupe ichthyoplanctonique le plus abondant à Paluel. Le frai a lieu dans le secteur avec un gradient d'abondance vers le large, mais les densités relevées sont inférieures à celles rencontrées sur d'autres sites. Cette zone côtière correspond à une frayère de moyenne importance faisant partie d'ensembles plus vastes occupant une bande médiane en Manche et dans le sud de la mer du Nord. Les larves qui ensemencent le site par les courants ou par migration vers la côte se trouvent sur une nourricerie de moyenne importance appartenant à l'ensemble des zones côtières proches des aires de ponte en Manche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANOMYME, 1977.- Provisional information and data allocation of ressources under the new extended national fisheries jurisdiction regime.- Cons. int. Explor. Mer, Comité des Poissons pélagiques (nord), H : 2, appendix.

BIGOT (J.L.), 1979.- Identification des zoés de tourteau (*Cancer pagurus* L.) et d'étrille (*Macropipus puber* L.). Comparaison avec d'autres zoés de morphologie très voisine.- Cons. int. Explor. Mer, Comité de l'océanographie biologique, L : 17.

FURNESTIN (J.), 1943.- Contribution à l'étude biologique de la sardine Atlantique (*Sardina pilchardus* Walbaum).- Revue. Trav. Inst. Pêches marit. 13 (1-4) : 221-386.

ISTPM, 1981.- Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, Paluel (Seine-Maritime), zooplanctonologie, 13 Février 1978 - 23 janvier 1979.- Institut scientifique et technique des Pêches maritimes, edit., Nantes.

JOSSI (J.W.), MARAK (R.R.) et PETERSEN (H.), 1975.- At-sea data collection and laboratory procedures.- Marmap survey I manual, Marmap Program Office, National Marine Fisheries Service édit., Washington D.C.

MASTAIL (M.) et BATTAGLIA (A.), 1978.- Amélioration de la conservation des pigments du zooplancton.- Cons. int. Explor. Mer, comité de l'Océanographie biologique, L : 20.

MAUCORPS (A.), 1969.- Biologie et Pêche du hareng en Mer du Nord. Son exploitation rationnelle.- Science et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit., n° 186.

MOTODA (S.), 1959.- Devices of simple plankton apparatus.- Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 7 : 73-94.

SCHULTZ (H.), ERNST (P.) et RECHLIN (O.), 1974.- Occurence and stock composition of North Sea sprat in 1973.- Cons. int. Explor. Mer, Comité des Poissons pélagiques (nord), H : 25.

SOUTHWARD (A.J.) et DEMIR (N.), 1974.- Seasonal changes in dimensions and viability of the developing eggs of the cornish pilchard (*Sardina pilchardus* Walbaum) off Plymouth.- In : The early life history of Fish, BLAXTER J.H.S. rédacteur, Springer-Verlag édit., Berlin, Heidelberg, New-York.

WALLACE (P.O) et PLEASANTS (C.A.), 1972.- The distribution of eggs and larvae of some pelagic fish species in the English Channel and adjacent waters in 1967 and 1968.- Cons. int. Explor. Mer, Comité des Poissons pélagiques (sud), J : 8.

WHEELER (A.), 1969.- The fishes of the British Isle and North-West Europe.- Macmillan édit., Londres, Melbourne, Toronto.

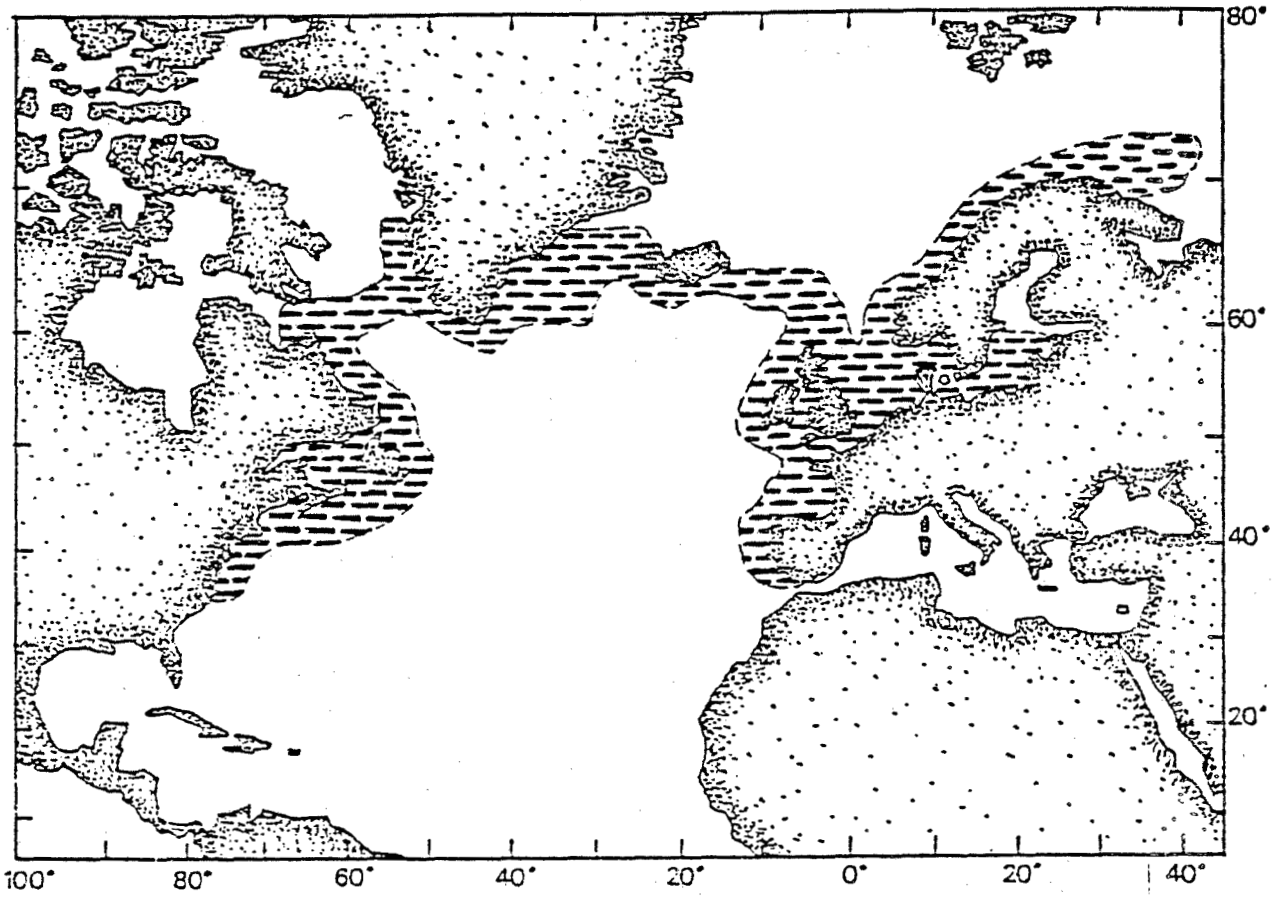


Fig. 1 - Distribution dans l'Atlantique du hareng (Clupea harengus) d'après LEIM et SCOTT, 1966.

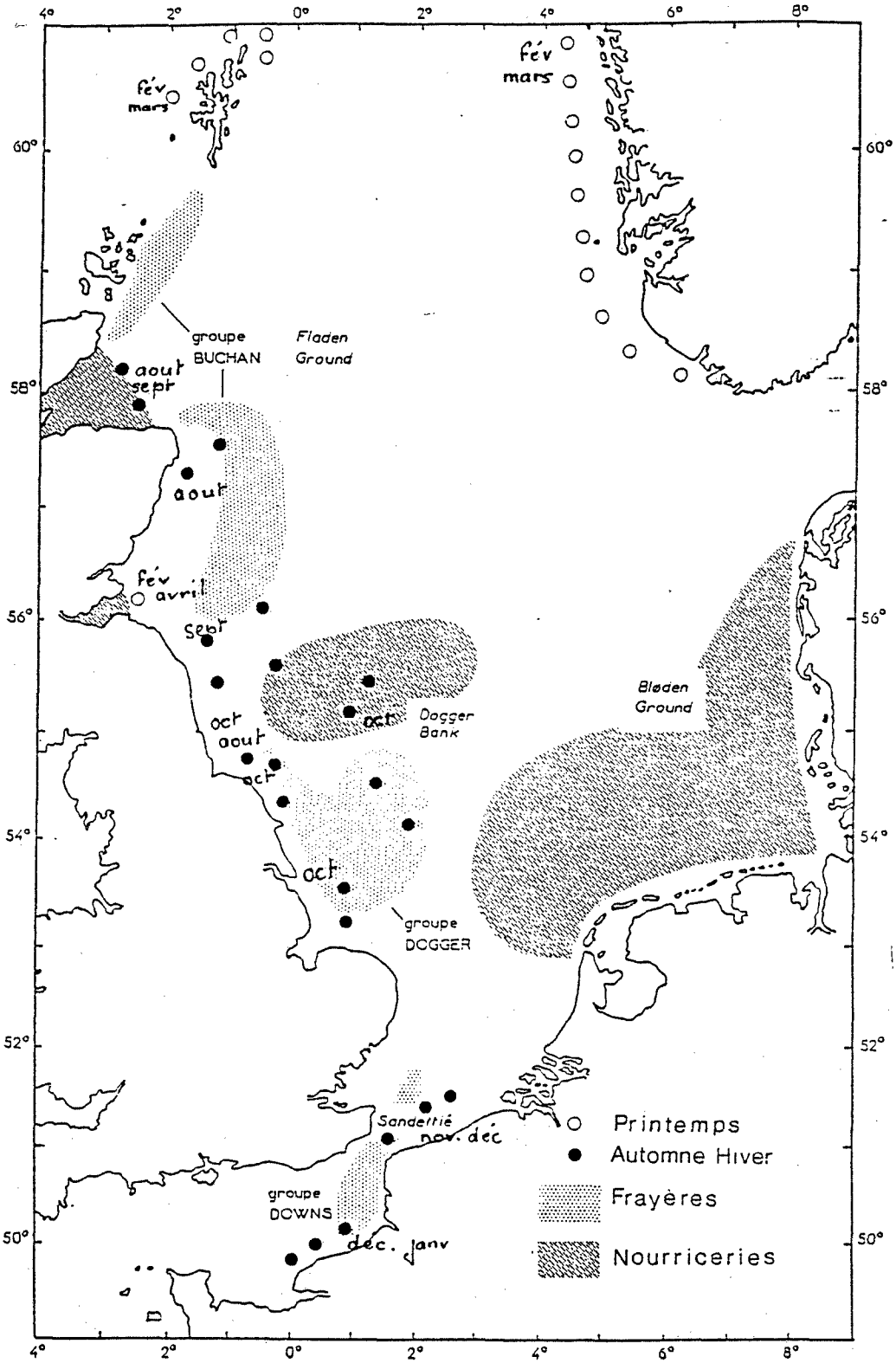
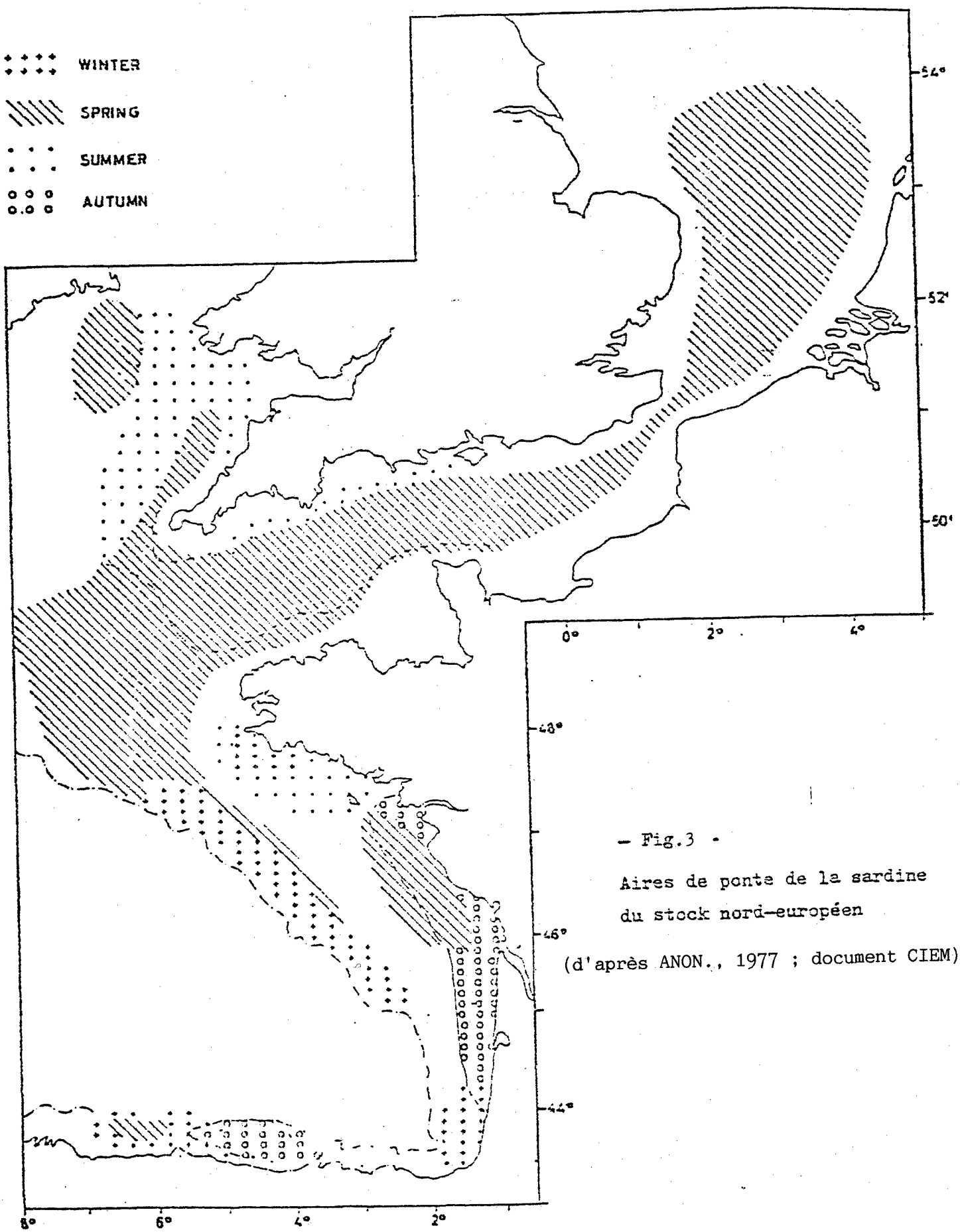


Fig. 2 - Carte des principales frayères et nourriceries du hareng de la mer du Nord et de la Manche orientale (d'après MAUCORPS A., 1969).



– Fig.3 -

Aires de ponte de la sardine du stock nord-européen

(d'après ANON., 1977 ; document CIEM).

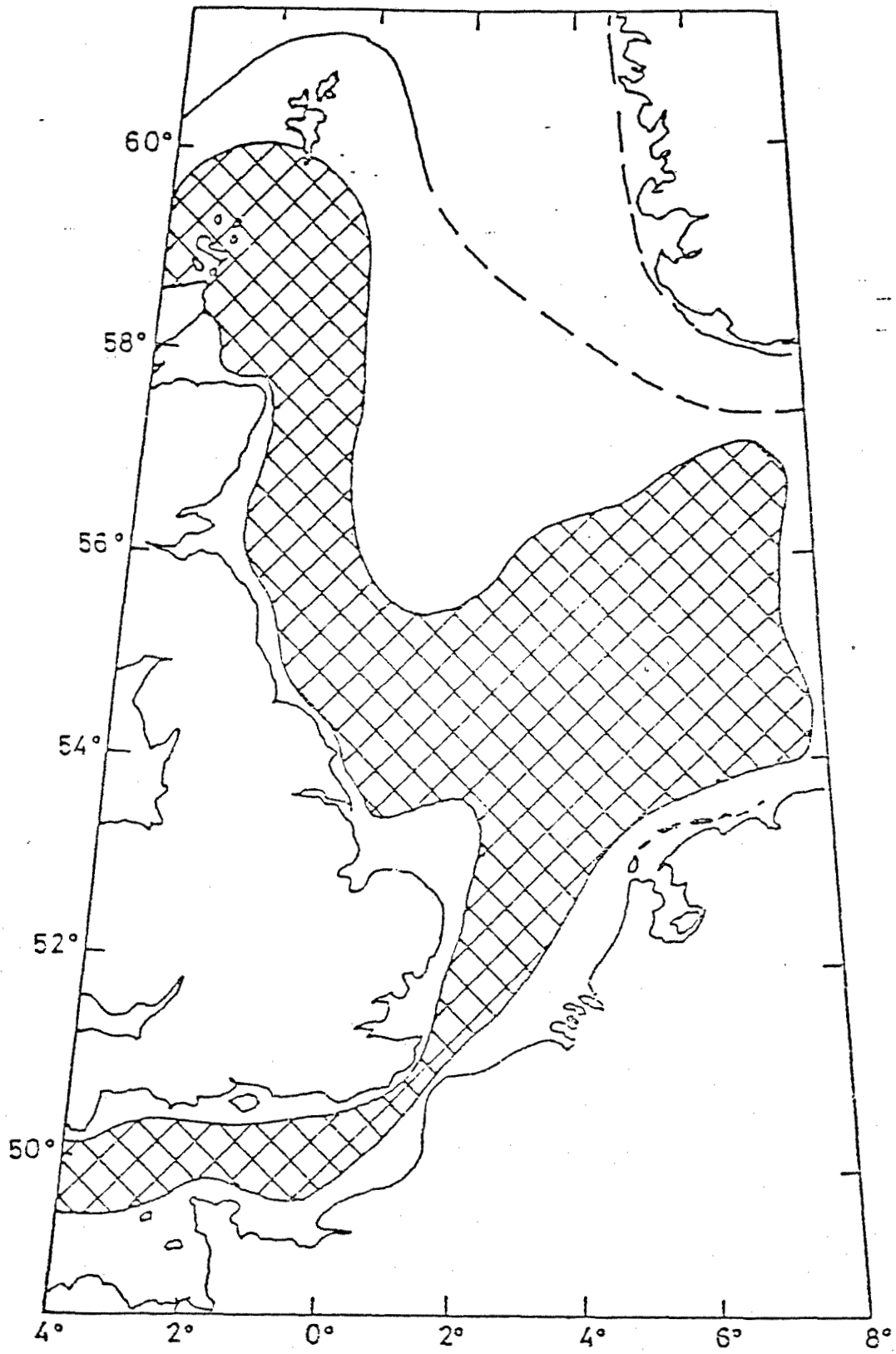
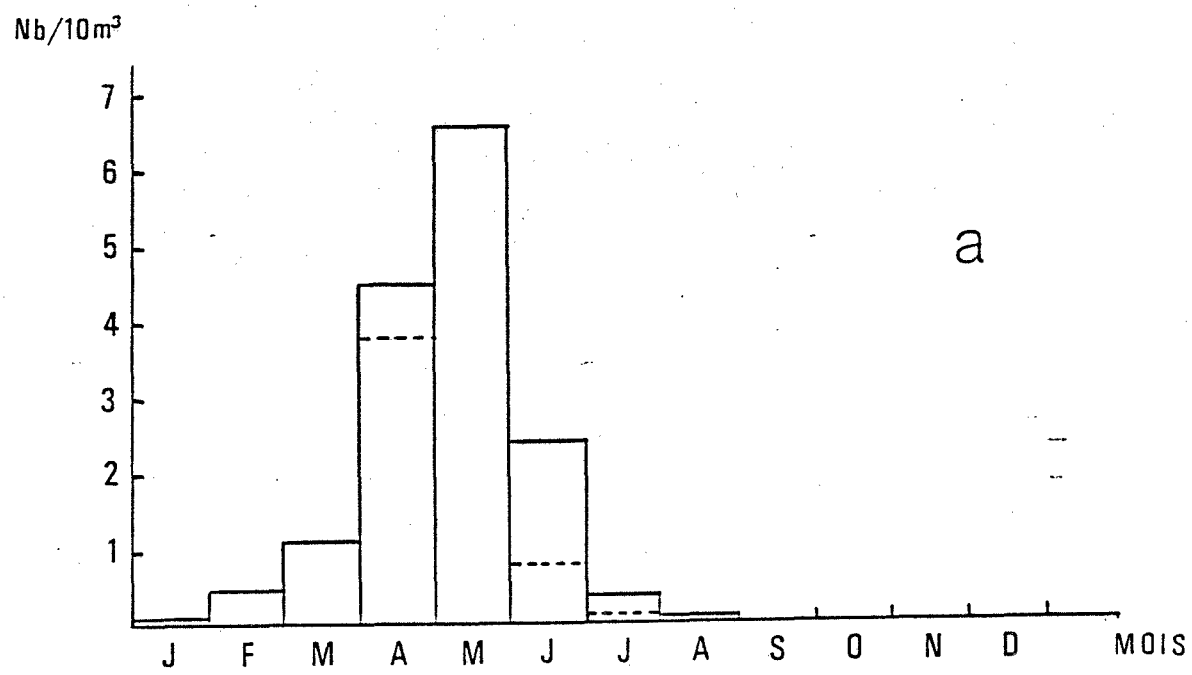


Fig. 4 - Sprat de Manche et Mer du Nord, aires principales des oeufs et larves (extrait de ANON, 1977, document CIEM).



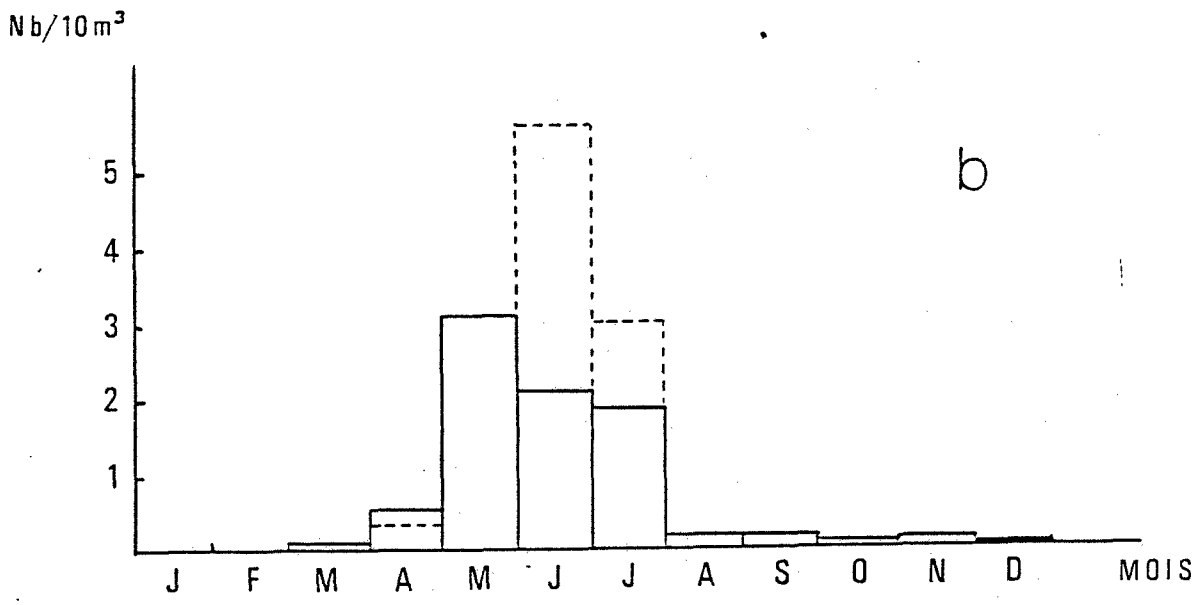


Fig. 5 - Oeufs (a) et larves (b) du sprat (Sprattus sprattus)

——————— moyennes observées depuis 1975

--------- moyennes obtenues en 1986.

Date Jour	Mois	Point	Heure	Sonde	Température Surf.	Température Fond	Salinité Surf.	Salinité Fond
17	4	Pt 1	10 H 25	19 m	8.75	7.65	34.70	34.30
		Pt 10	11 H 02	27 m	6.85	6.83	33.80	34.10
12	6	Pt 1	8 H 20	13 m	14.60	13.60	33.00	33.05
		Pt 10	9 H 13	24 m	12.60	12.60	33.50	33.55
1	7	Pt 1	12 H 31	18 m	16.80	16.00	33.45	33.55
		Pt 10	13 H 00	26 m	15.80	15.10	33.70	33.95

Valeurs des paramètres hydrologiques.

Date Jour	Mois			Heure	Durée	Volume
17	4	Pt 1	REP 1	10 H 13	2 MN	121.07 m3
		Pt 1	REP 2	10 H 19	2 MN	150.35 m3
		Pt 10	REP 1	10 H 50	3 MN	114.67 m3
		Pt 10	REP 2	10 H 56	3 MN	156.82 m3
12	6	Pt 1	REP 1	8 H 28	1 MN	79.00 m3
		Pt 1	REP 2	8 H 35	1 MN	94.00 m3
		Pt 10	REP 1	8 H 56	4 MN	187.00 m3
		Pt 10	REP 2	9 H 05	4 MN	212.00 m3
1	7	Pt 1	REP 1	12 H 36	2 MN	128.00 m3
		Pt 1	REP 2	12 H 43	2 MN	121.00 m3
		Pt 10	REP 1	13 H 07	3 MN	153.00 m3
		Pt 10	REP 2	13 H 13	3 MN	148.00 m3

Volume d'eau de mer filtre en m³ à chaque prélèvement.

Jour	Mois			Larves
17	4	PT 1	REP 1	0.17
		PT 1	REP 2	1.60

Nombre par 10 m³ de larves de hareng.

Jour	Mois			Larves	Oeufs St.1	Oeufs St.2	Total
17	4	PT 1	REP 1	0.17	1.40	0.00	1.40
		PT 1	REP 2	0.00	3.06	0.20	3.26
		PT 10	REP 1	0.44	2.79	1.40	4.19
		PT 10	REP 2	0.57	4.08	1.98	6.06
12	6	PT 1	REP 1	5.57	1.77	0.00	1.77
		PT 1	REP 2	8.94	1.06	0.00	1.06
		PT 10	REP 1	4.49	0.21	0.00	0.21
		PT 10	REP 2	3.68	0.09	0.00	0.09
1	7	PT 1	REP 1	0.86	0.00	0.00	0.00
		PT 1	REP 2	1.98	0.00	0.00	0.00
		PT 10	REP 1	4.71	0.00	0.20	0.20
		PT 10	REP 2	4.86	0.00	0.20	0.20

Nombre par 10 m³ d'oeufs et larves de sprat.

- Tableau I -

1986

JJ	MM	AA	NPT	REP	LARVES
16	4	75	1	1	0.34
16	4	75	1	1	0.05
16	4	75	3	1	0.03
16	4	75	3	1	0.07
16	4	75	4	1	0.04
17	4	75	5	1	0.14
17	4	75	5	1	0.16
22	4	78	10	1	0.04
17	2	81	2	1	0.11
12	3	81	10	1	0.12
9	4	81	2	1	0.05
9	4	81	10	1	0.02
2	2	82	10	1	0.01
1	4	82	2	1	0.04
1	4	82	10	1	0.07
8	3	83	2	1	0.08
8	3	83	10	1	0.12
17	4	86	1	1	0.17
17	4	86	1	2	1.60

Larves de hareng (Clupea harengus)

MOIS	OCC	OEUFS MINI	OEUFS MAXI	OEUFS MOY	LARVES MINI	LARVES MAXI	LARVES MOY
5	40	0.07	0.58	0.050	0.00	0.14	0.004
6	32	0.00	5.81	0.171	0.00	0.13	0.011
7	33	0.00	0.09	0.005	0.00	0.98	0.095
8	33	0.00	0.00	0.000	0.04	0.33	0.039
9	20	0.00	0.00	0.000	0.03	0.19	0.034
10	27	0.00	0.06	0.002	0.00	0.05	0.004
11	8	0.00	0.00	0.000	0.07	0.07	0.009
12	16	0.00	0.00	0.000	0.02	0.03	0.003

Oeufs et larves de sardine (Sardina pilchardus)

MOIS	OCC	OEUFS MINI	OEUFS MAXI	OEUFS MOY	LARVES MINI	LARVES MAXI	LARVES MOY
1	20	0.05	0.66	0.072	0.00	0.00	0.000
2	20	0.07	5.51	0.435	0.00	0.00	0.000
3	37	0.03	10.75	1.130	0.00	0.24	0.006
4	36	0.00	51.14	4.428	0.00	4.14	0.549
5	40	0.00	30.42	6.500	0.00	50.92	3.163
6	32	0.00	24.94	2.363	0.00	8.94	2.105
7	33	0.00	2.94	0.374	0.00	10.97	1.904
8	33	0.00	0.11	0.003	0.03	1.30	0.112
9	20	0.00	0.00	0.000	0.03	2.57	0.170
10	27	0.00	0.00	0.000	0.08	0.11	0.007
11	8	0.00	0.00	0.000	0.41	0.41	0.051
12	16	0.00	0.00	0.000	0.01	0.03	0.002

Oeufs et larves de sprat (Sprattus sprattus)

Minima, maxima, moyennes, observés depuis 1975

- Tableau 2 -

1986

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 1	REP 1	0.33
		PT 10	REP 2	0.06
1	7	PT 1	REP 1	0.16
		PT 1	REP 2	0.41
		PT 10	REP 1	0.52
		PT 10	REP 2	0.27

MONSTRILLIDES

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 10	REP 2	1.28
12	6	PT 10	REP 1	0.21
		PT 10	REP 2	0.19
1	7	PT 1	REP 1	1.56
		PT 1	REP 2	0.83
		PT 10	REP 1	0.65
		PT 10	REP 2	0.27

CALANUS SP.

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 1	REP 1	0.33
		PT 10	REP 1	0.09
		PT 10	REP 2	0.06

CUMACES

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 10	REP 1	0.26
		PT 10	REP 2	0.19
12	6	PT 1	REP 1	2.28
		PT 1	REP 2	0.85
		PT 10	REP 1	3.64
		PT 10	REP 2	3.96
1	7	PT 10	REP 1	0.39
		PT 10	REP 2	0.54

CHAETOGNATHES

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 1	REP 1	0.33
		PT 10	REP 1	0.09
		PT 10	REP 2	0.06
12	6	PT 10	REP 1	1.50
		PT 10	REP 2	2.08
1	7	PT 1	REP 1	0.08
		PT 1	REP 2	0.17
		PT 10	REP 1	0.13
		PT 10	REP 2	0.27

AMPHIPODES

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 1	REP 1	1.32
		PT 1	REP 2	0.53
		PT 10	REP 2	0.19
12	6	PT 1	REP 1	0.25
1	7	PT 1	REP 1	1.56
		PT 1	REP 2	2.23
		PT 10	REP 1	1.44
		PT 10	REP 2	2.43

PLEUROBRACHIA PILEUS

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 1	REP 1	31.39
		PT 1	REP 2	37.78
		PT 10	REP 1	19.36
		PT 10	REP 2	15.43
1	7	PT 1	REP 1	0.39
		PT 1	REP 2	0.58
		PT 10	REP 1	2.61
		PT 10	REP 2	2.30

HYDROMEDUSES

Jour	Mois			Nb. individus
17	4	PT 1	REP 1	36.01
		PT 1	REP 2	23.94
		PT 10	REP 1	4.71
		PT 10	REP 2	8.86
12	6	PT 1	REP 1	7.34
		PT 1	REP 2	4.47
		PT 10	REP 1	5.99
		PT 10	REP 2	2.26
1	7	PT 1	REP 1	0.39
		PT 1	REP 2	0.83
		PT 10	REP 1	1.70
		PT 10	REP 2	1.89

ANNELIDES

- Tableau 3 - **1986**

2ème partie

Suivi de la truite de mer

G. DESCHAMPS et I. SCHLAICH
IFREMER - DRV - Ouistreham

INTRODUCTION

Les salmonidés migrateurs constituent l'une des richesses naturelles des eaux côtières et des cours d'eaux de Haute-Normandie.

Deux espèces les fréquentent : la truite de mer (Salmo trutta trutta L.) et le saumon atlantique (Salmo salar L.) qui sont d'un grand intérêt, aussi bien pour les pêcheurs professionnels en mer que pour les pêcheurs amateurs en eau douce.

Le programme de recherche développé dans le cadre de l'étude de projet du site de Paluel avait permis de mettre en évidence, une pêcherie composée de seize filets capturant les salmonidés, située à proximité de l'émissaire de la Durdent, sur la zone de balancement des marées.

L'étude engagée sur cette pêcherie depuis 1980 a pour but d'estimer l'importance des captures de salmonidés à proximité du site, en particulier des captures de truites de mer et d'obtenir pour cette espèce des connaissances plus complètes sur sa pêche, sa biologie et son comportement.

A. - LA PECHERIE DE TRUITES DE MER DE VEULETTES

La pêcherie aux filets fixes de Veulettes est l'une des plus importantes du littoral de Haute-Normandie. Elle est située à l'embouchure de la Durdent. Cette rivière n'a de comparable avec une rivière à truites que sa température assez basse et sa teneur en oxygène dissous.

La tenderie de filets est implantée sur l'estran rocheux de part et d'autre de la plage de sable :

- un groupe d'une vingtaine de filets est situé à l'Ouest de la plage en direction de St Martin-aux-Buneaux,

- un groupe de 16 filets est établi à l'Est de la plage en direction de St Valéry-en-Caux, à 200 mètres de la sortie de l'émissaire de la Durdent.

Une zone dite de protection des salmonidés migrateurs (arrêté des Affaires Maritimes n° 39 du 3 juin 1977) a été instaurée et s'étend sur un rayon de 200 mètres autour de l'émissaire (fig. 1).

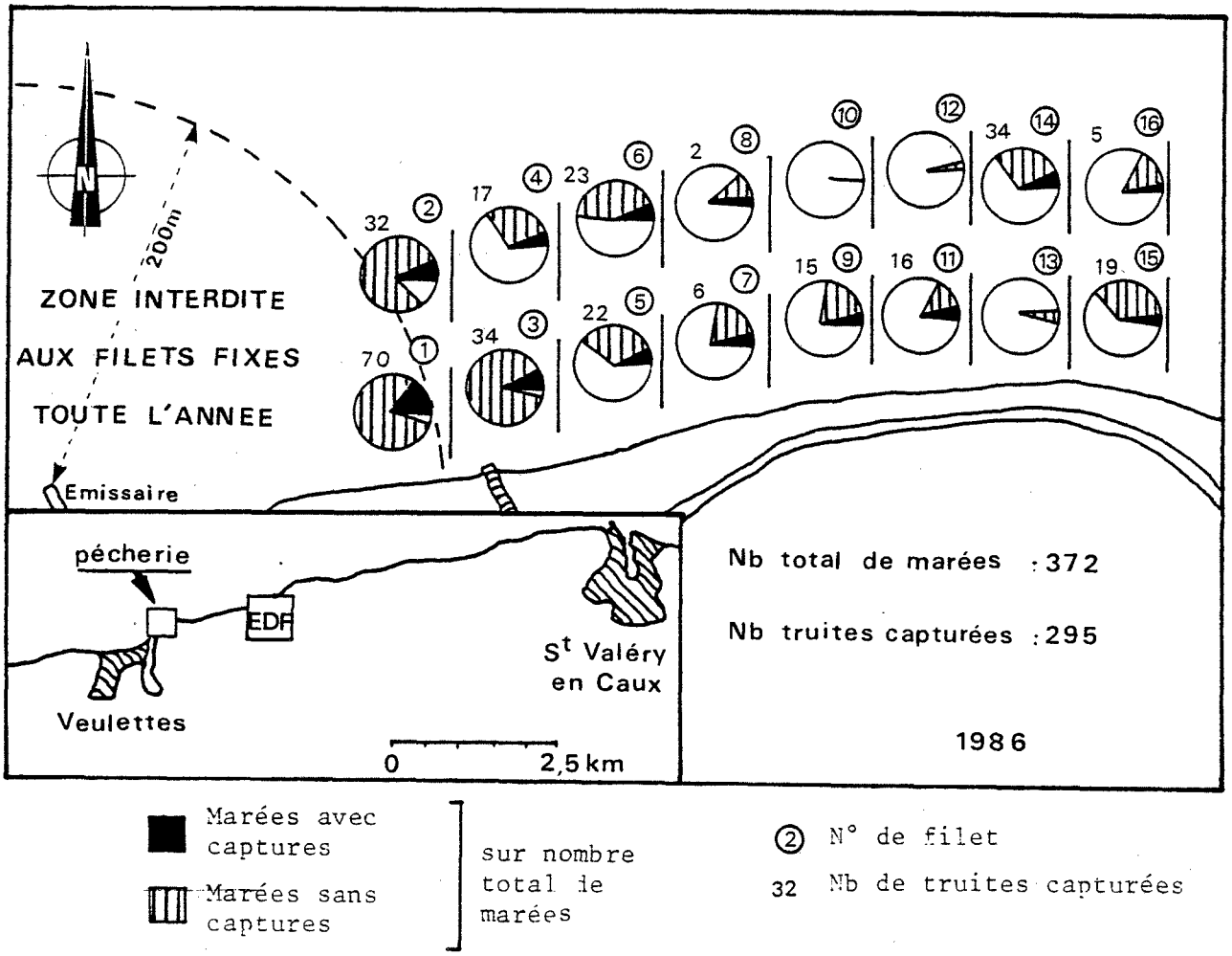
1. - Collecte des données

Depuis 1980, l'étude a plus particulièrement porté sur le second groupe de filets en raison d'une part de la proximité du site de Paluel et d'autre part de son activité réglementée : la répartition des différents emplacements se faisant par tirage au sort au début de chaque saison de pêche. En collaboration avec le Quartier des Affaires Maritimes de Fécamp, un système de collecte de données par fiches de pêche a été mis en place sur ce secteur ; le pêcheur s'étant vu attribuer le meilleur emplacement (n° 1) acceptant de remplir les fiches mises à sa disposition.

Les renseignements demandés sur ces fiches sont, par marée :

. le nombre de filets tendus et non tendus,
. les captures de salmonidés, en nombre,
. les caractéristiques individuelles des poissons capturés (taille, poids, sexe, prélèvements d'écailles),
. des informations sur les conditions météorologiques.

En 1986, les observations portent sur la période comprise entre le 5 mai et le 5 décembre.



Marées avec captures
Marées sans captures
sur nombre total de marées

② N° de filet
32 Nb de truites capturées

Fig. 1 - Activité de pêche et importance des captures par filet.

L'obtention d'une information de qualité par le système de fiches de pêche dépend d'une parfaite collaboration des pêcheurs. Dans le cas de la pêcherie de Veulettes, il semblerait, après vérification, que les données ainsi recueillies soient parfois incomplètes (déclarations partielles des captures) voire erronées (erreurs de mensurations, de pesées, ...) (tabl. 1).

Malgré cela, les renseignements obtenus, même incomplets, nous permettent, sur le plan qualitatif, d'améliorer les connaissances sur la biologie de cette espèce et notamment de mettre en evidence l'influence de divers facteurs liés à la biologie, au comportement, et à la capture de la truite par la pêcherie aux filets fixes de Veulettes.

2. - Type de filet utilisé

Au cours de la saison de pêche 1986, le pêcheur a utilisé un filet droit maillant de 48 mètres de longueur et d'un maillage de 65 mm au carré. Le montage a été réalisé par le pêcheur lui-même (fig. 2).

Le rapport d'armement est égal à 0,44 soit 109 mètres d'alèze étirée montée sur 48 mètres de ralingue. L'alèze est constituée de multimonofil. Les flotteurs (6,5 gf) inclus dans la ralingue supérieure tous les vingt centimètres assurent la flottaison de l'ensemble. La ralingue inférieure plombée est maintenue à vingt centimètres au dessus du substrat par des crochets espacés de 3 mètres.

Cinq ralingues longues de quatre brasses maintiennent le filet : deux latérales et trois médianes. Ces trois dernières sont nécessaires pour que le filet se pose bien à plat lors du jusant et ne s'emmêle pas.

3. - Résultats

a. - Effort de pêche

Bien que la truite de mer puisse être pêchée toute l'année en milieu marin, on distingue néamoins deux grandes périodes de captures.

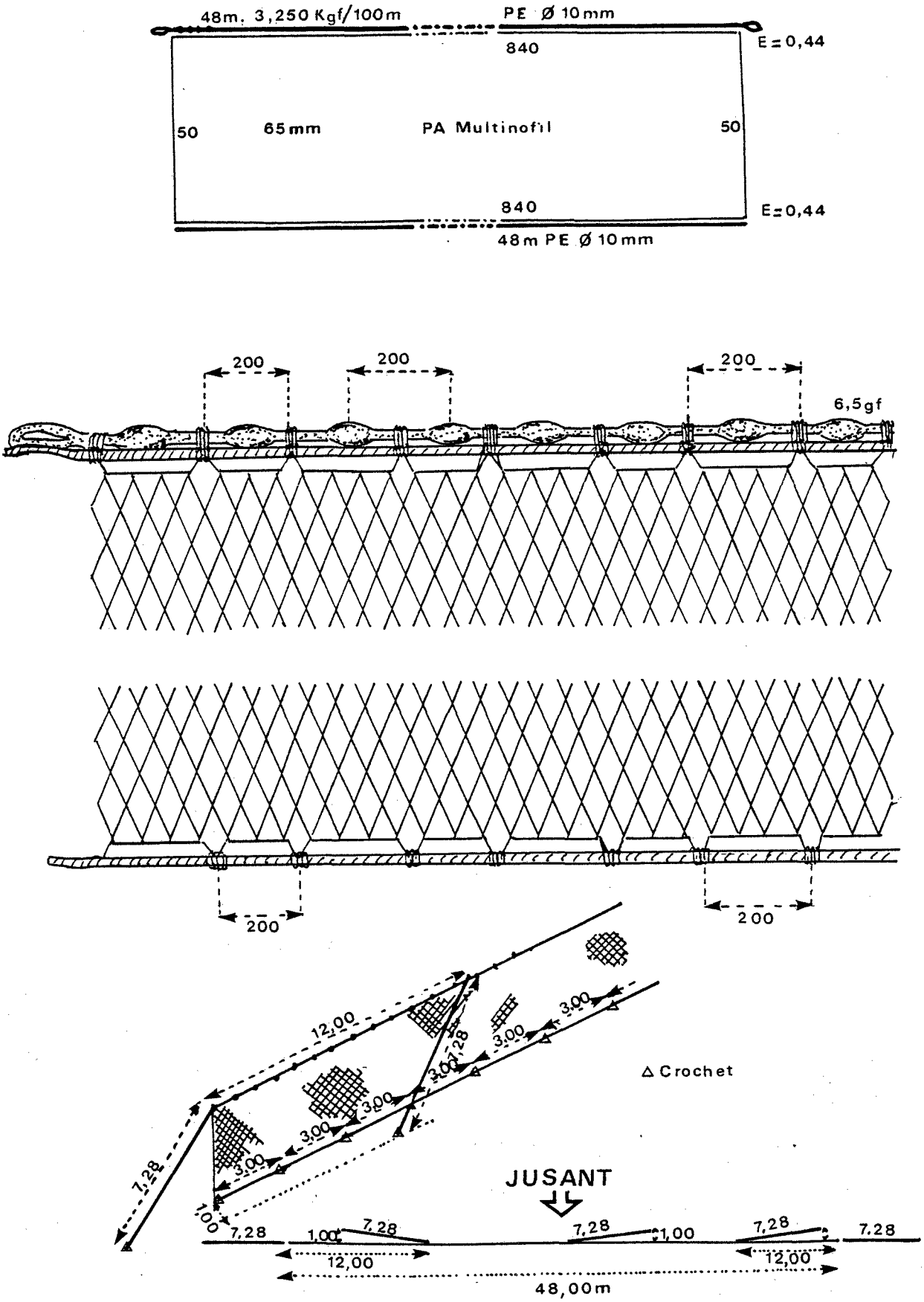


Fig. 2 - Filet maillant utilisé en 1986 pour la capture des salmonidés.

NUMERO DE FILET		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
"A"	Nb de marées contrôlées	359	297	361	108	139	179	77	49	82	-	43	0	12	120	112	56
	Nb de marées non contrôlées	-	29	8	16	2	4	2	2	2	-	13	4	6	14	27	9
	Nb de truites	70	32	34	17	22	23	6	2	15	-	16	0	0	34	19	5
	Nb de saumons	4	2	0	0	2	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0
C.S.P.	Nb de truites	70	45	3	?	13	20	20	?	?	-	25	0	9	11	?	0
	Nb de saumons	2	0	0	?	2	3	0	?	?	-	2	0	0	2	?	0

TABL. 1 - Comparaison des renseignements recueillis (en 1986) entre les observations du pêcheur n° 1 (A) et des déclarations faites au Conseil Supérieur de la Pêche (C.S.P.).

. De la mi-avril à la fin juillet, avec un maximum entre la mi-juin et la mi-juillet, c'est l'époque la plus importante qui correspond à la migration d'un grand nombre d'adultes en eau douce en vue de la reproduction hivernale. A ces géniteurs s'ajoutent d'autres truites de mer parfois immatures ne cherchant l'eau douce que pour perdre leurs parasites (poux de mer).

. En octobre-novembre apparait une deuxième vague de migrateurs. Ces poissons sont en général plus gros et leur livrée tachetée et colorée témoigne de leur maturité sexuelle et de l'approche de la phase de reproduction. A cette saison les femelles contiennent beaucoup d'oeufs mais présentent aussi une chair amollie qui, d'un point de vue commercial, en fait un produit moins prisé.

En 1986, quinze emplacements sur les seize concédés, ont été exploités. Au cours de cette année, les quatre filets situés à 200 et 300 mètres de la buse de l'émissaire et considérés par les professionnels comme les plus productifs, ont été tendus respectivement trois (filet n°4), huit (filet n°2) et neuf (filets n°1 et n°3) marées sur dix (fig. 1).

Durant cette saison de pêche 295 truites ont été capturées. Cette quantité représente une prise par unité d'effort (p.u.e.) de 0,14 truite par filet et par marée.

Sur l'ensemble des sept saisons de pêche étudiées (1980 - 1986), cette p.u.e. a évolué (tabl. 2), ces fluctuations dépendant de nombreux facteurs, dont :

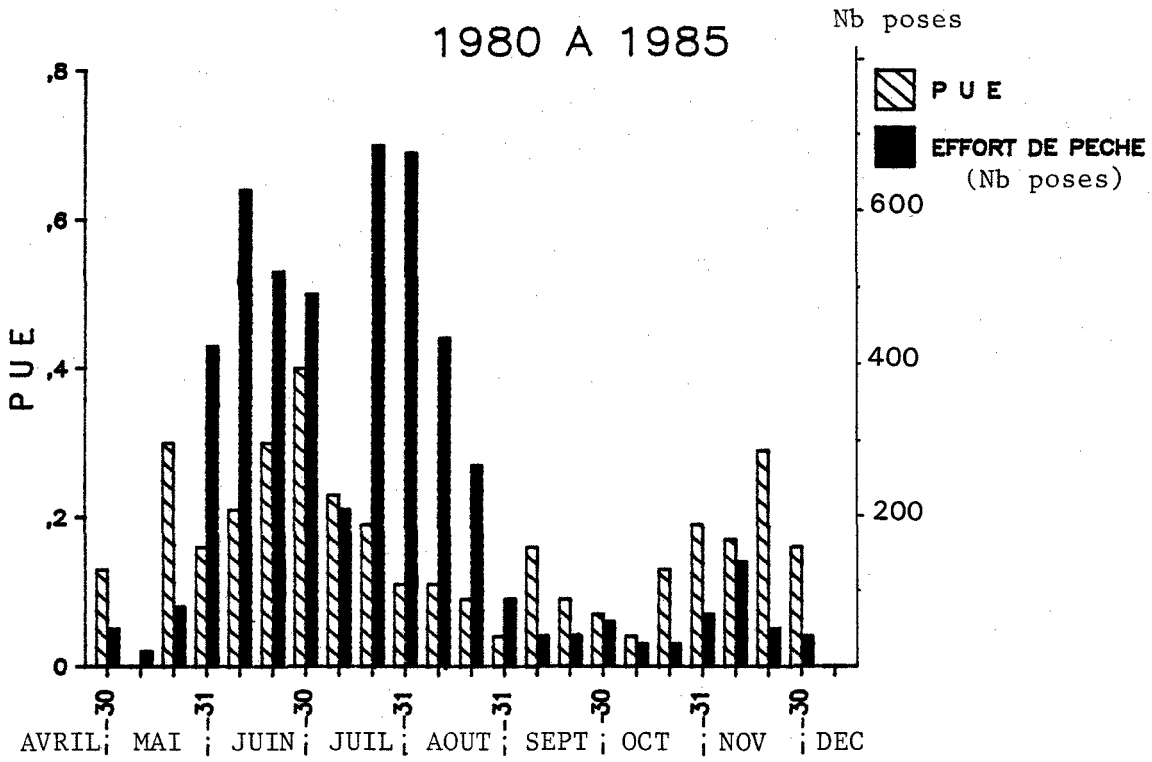
- l'accessibilité et la vulnérabilité du poisson
- les conditions météorologiques

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
p.u.e. moyenne	0,13	0,17	0,21	0,25	0,21	0,14	0,14
p.u.e. maximale	0,38	0,25	0,36	0,56	0,66	0,35	0,29

Tabl. 2 - Variations annuelles de la prise par unité d'effort.

Les observations faites cette année confirment que la p.u.e. la plus élevée est toujours situé au cours du mois de juin tandis que l'effort de pêche déployé est le plus souvent maximal dans le courant du mois de juillet (fig. 3).

De façon générale, les filets situés à proximité de la sortie de l'émissaire et ceux placés les plus hauts sur l'estran ont les rendements les plus importants (tabl. 3).



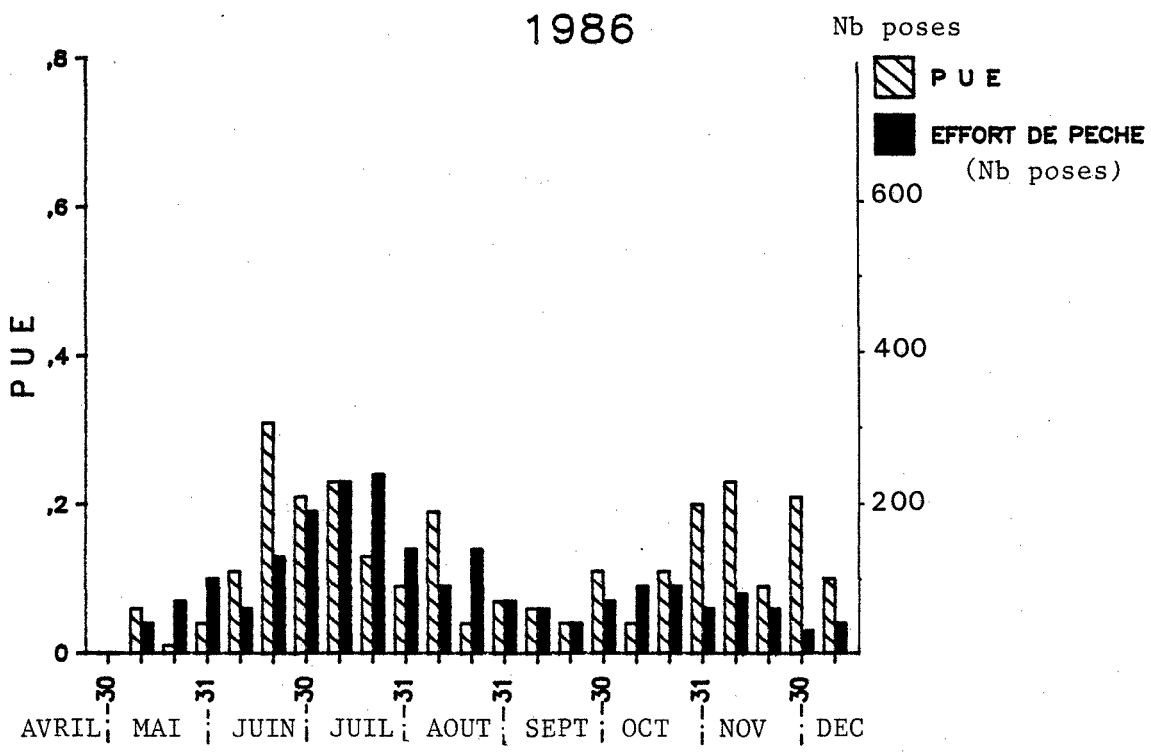


Fig. 3 - Evolution par décade de l'effort de pêche et des prises par unité d'effort.

FILET N°	1980 à 1985			1986		
	Nb de poses	Nb de truites	P.U.E.	Nb de poses	Nb de truites	P.U.E.
1	1367	510	0,37	359	70	0,19
2	568	81	0,14	326	32	0,10
3	769	161	0,21	369	34	0,09
4	549	63	0,11	124	17	0,14
5	405	64	0,16	141	22	0,16
6	245	18	0,07	183	23	0,13
7	460	43	0,09	79	6	0,08
8	220	25	0,11	51	2	0,04
9	434	43	0,10	84	15	0,18
10	210	18	0,09	0	0	0
11	335	41	0,12	56	16	0,29
12	12	0	0	4	0	0
13	28	6	0,21	18	0	0
14	2	0	0	134	34	0,25
15	51	14	0,28	139	19	0,14
16	101	16	0,16	65	5	0,08

- Numéros de filets impairs : haut de l'estran.
- Numéros de filets pairs : bas de l'estran.

TABL. 3 - Activité de pêche et importance des captures par filets.

b - Environnement et comportement

Les informations acquises par les fiches de pêche, notamment les renseignements concernant l'état de la mer, les conditions météorologiques et hydrologiques ainsi que l'emplacement dans le filet du poisson capturé, permettent d'établir certaines relations entre :

captures et
- rythme nycthéméral
- cycle de marée
- état de la mer, force et direction du vent
- pluviométrie
- hydrologie (T°)

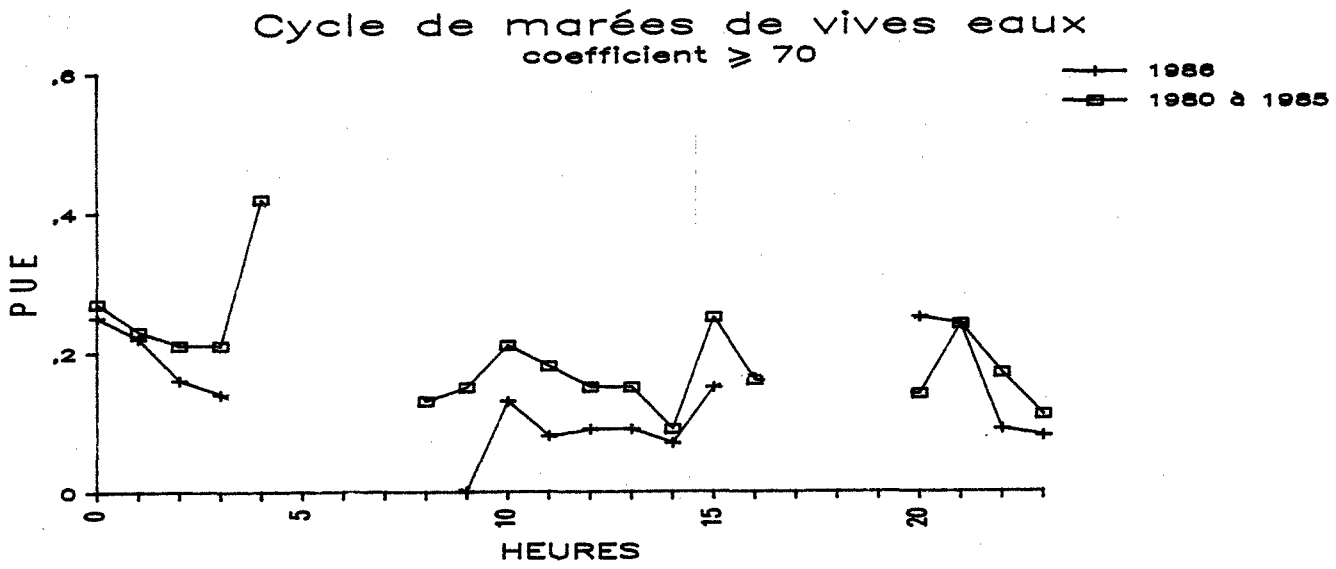
. Rythme nycthéméral

Sur les 295 individus pêchés en 1986, 121 ont été capturés la nuit (tabl. 4).

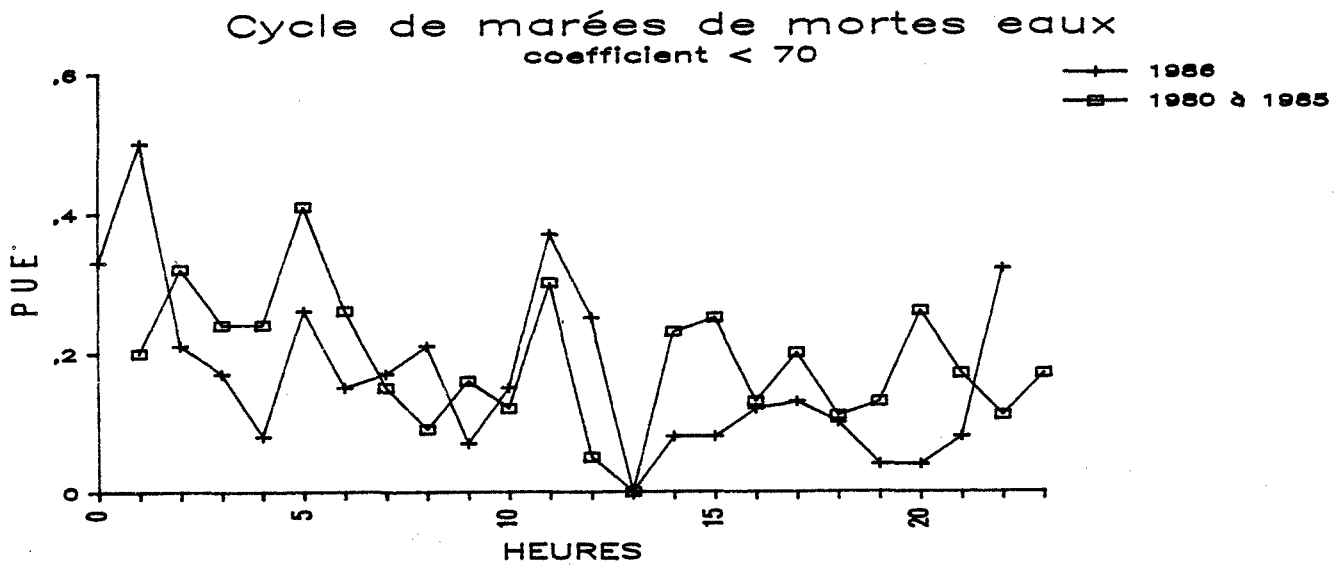
	JOUR		NUIT	
PERIODES	NOMBRE	%	NOMBRE	%
1980 - 1985	605	54,9	498	45,1
1986	174	59,0	121	41,0
1980 - 1986	779	55,7	619	44,3

Tabl. 4 - Variations jour/nuit dans les captures de truites de mer.

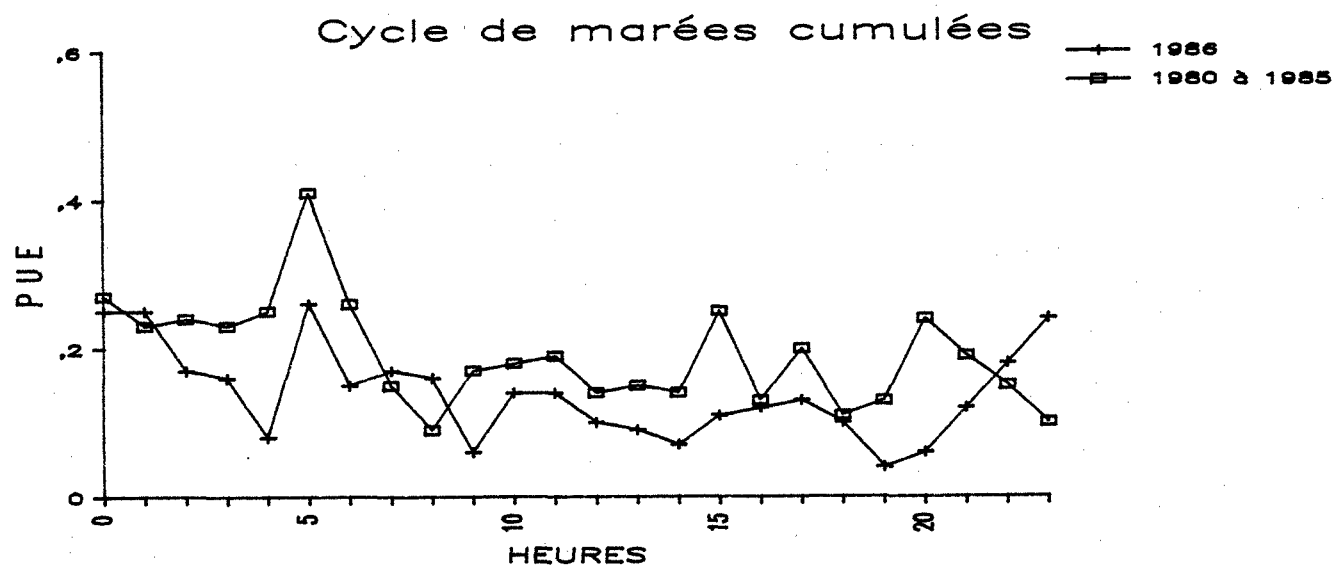
Les observations faites au cours de ces sept années montrent que les truites peuvent être prises dans les filets à tout moment de la journée. Cependant les captures apparaissent plus importantes entre une heure et huit heures du matin et entre vingt heures et minuit (fig. 4 et tabl. 5).



(Pleine mer à St Valéry en Caux)



(Pleine mer à St Valéry en Caux)



(Pleine mer à St Valéry en Caux)

Fig. 4 - P.u.e. en fonction du cycle des marées.

(P.u.e. = nombre de truites/Nombre de poses de filets).

	1980 - 1985			1986			1980 - 1986		
Heures	NP	NT	NT/NP	NP	NT	NT/NP	NP	NT	NT/NP
01 h à 04 h	1137	272	0,24	398	67	0,17	1535	339	0,22
05 h à 08 h	678	160	0,24	248	45	0,18	920	205	0,22
09 h à 12 h	1088	185	0,17	425	46	0,11	1513	231	0,15
13 h à 16 h	1057	177	0,17	386	35	0,09	1443	212	0,15
17 h à 20 h	688	121	0,18	274	22	0,08	962	143	0,15
21 h à 24 h	1068	187	0,18	401	80	0,20	1462	267	0,18

Tabl. 5 - Importance des captures selon les heures de la journée.

NP = Nombre de poses
NT = Nombre de truites

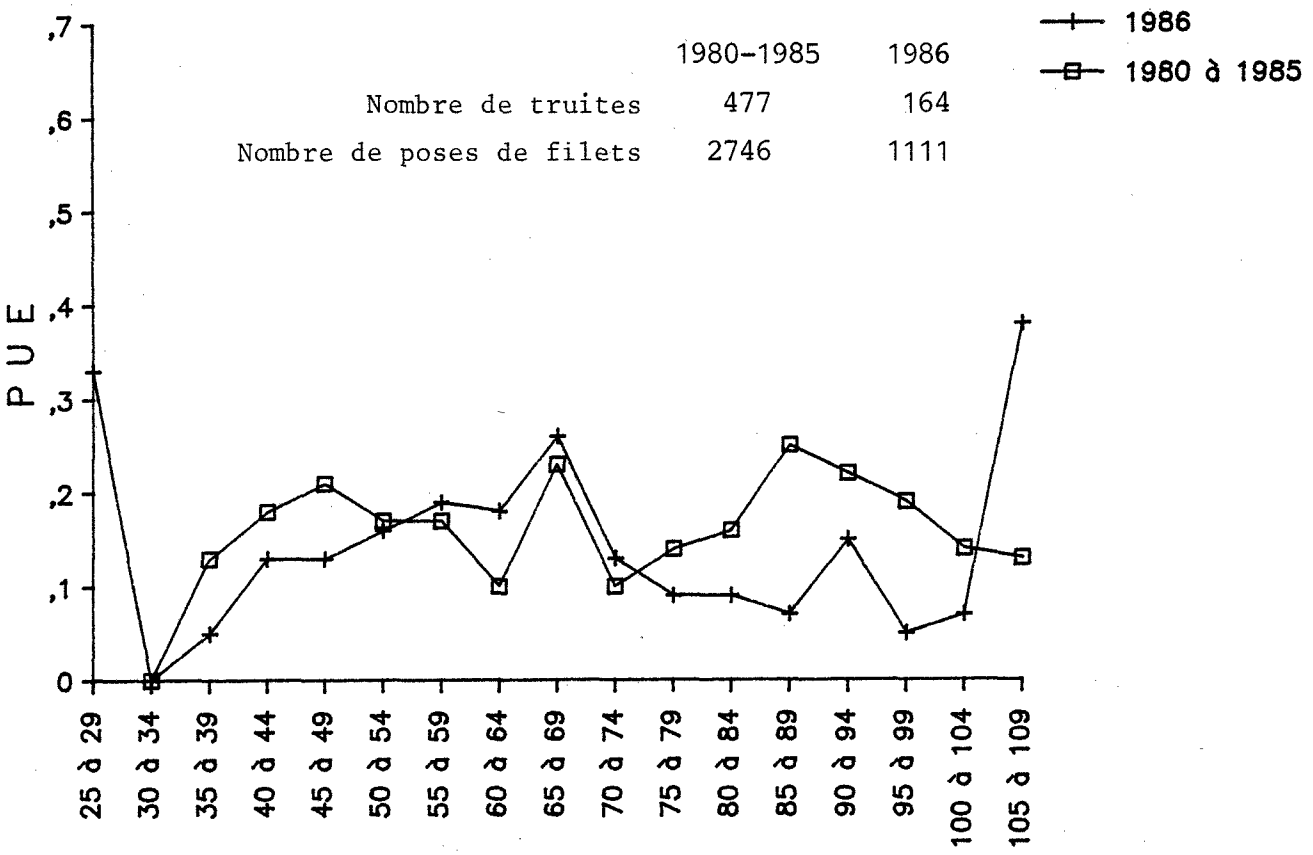
. **Cycles de marées**

Entre 1980 et 1985, on constate que près de 57 % des poissons sont pêchés pendant la période où le coefficient de marée décroît. En 1986, au contraire la probabilité de capture et optimale lorsque le coefficient augmente (fig. 5 et tabl. 6).

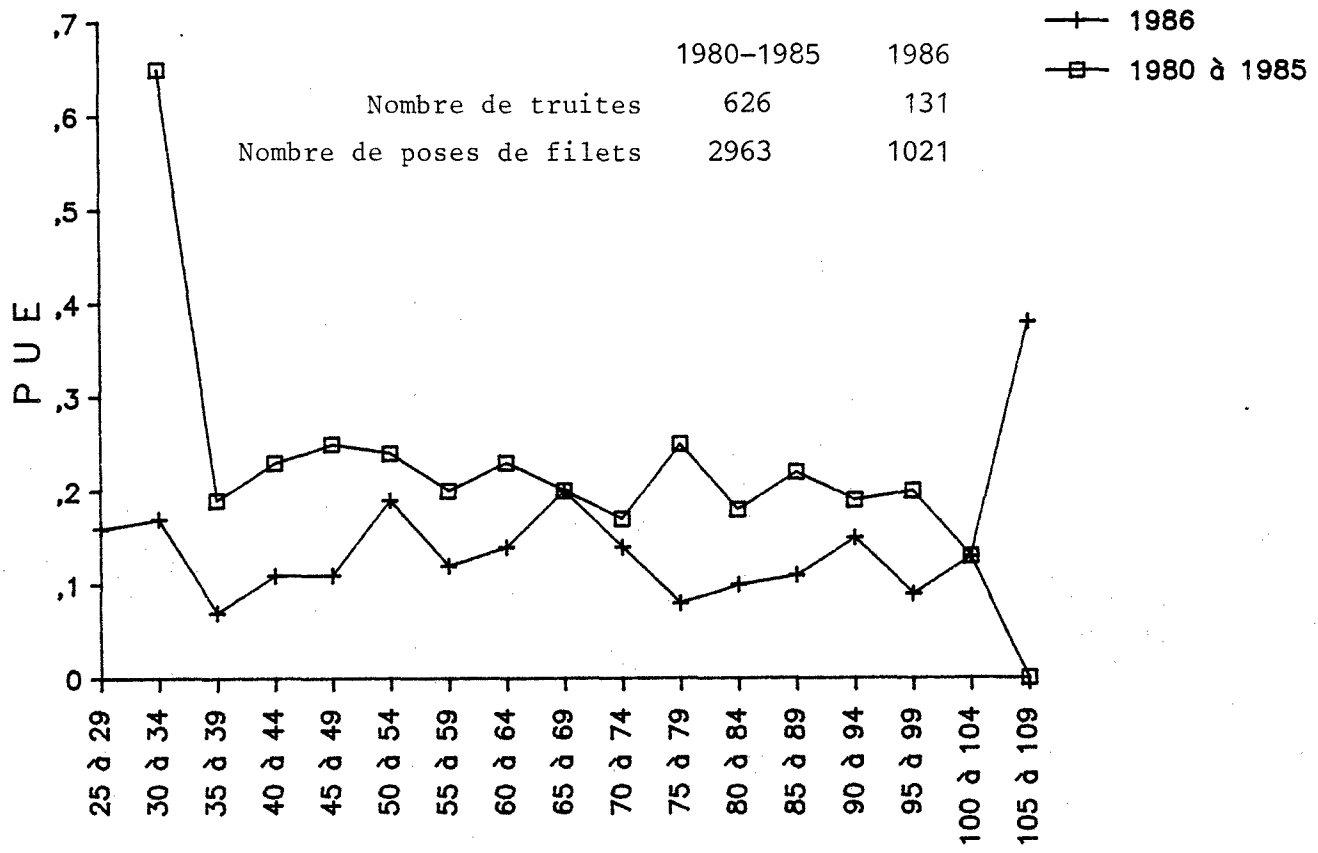
Au cours des sept années d'observation, 42,9 % des poissons pris dans les filets, l'ont été lors des marées ayant un coefficient compris entre 60 et 79 (tabl. 7).

COEFFICIENTS	1980 à 1985	1986	1980 à 1986
30 à 59	30,1 %	32,5 %	30,6 %
60 à 79	43,9 %	39,0 %	42,9 %
80 à 117	26,0 %	28,5 %	26,5 %

Tabl. 7 - Taux de captures des truites de mer en fonction de la valeur des coefficients de marées.



Marées à coefficients croissants



Marées à coefficients décroissants

Fig. 5 - Evolution de la p.u.e. selon les marées.

	COEFFICIENT CROISSANT				COEFFICIENT DECROISSANT			
	NT	%	NP	NT/NP	NT	%	NP	NT/NP
1980	42	37,5	404	0,10	70	62,5	436	0,16
1981	79	44,6	531	0,15	98	55,4	521	0,19
1982	83	38,1	436	0,19	135	61,9	571	0,24
1983	115	44,4	479	0,24	144	55,6	520	0,28
1984	110	46,6	521	0,21	126	53,4	583	0,22
1985	48	47,5	375	0,13	53	52,5	332	0,16
1986	164	55,6	1111	0,15	131	44,4	1021	0,13

TABL. 6 - Variations des captures de truites de mer en fonction de la tendance évolutive du coefficient de marée.

(NT = nombre de truites capturées).

(NP = nombre de poses de filets).

. **Etat de la mer - Direction du vent**

En 1986, la majeure partie des captures de truites de mer a été réalisée lors de conditions météorologiques similaires à celles mises en évidence les années précécentes : mer calme à belle (tabl. 8).

ETAT DE LA MER	HAUTEUR DES VAGUES (m)	1980 à 1985		1986	
		Nb de truites	%	Nb de truites	%
calme à belle	0 à 0,5	770	69,8	206	69,8
peu agitée à agitée	0,5 à 2,5	327	29,7	82	27,8
forte	2,5 à 4	6	0,5	7	2,4

Tabl. 8 - Captures de truites de mer selon l'état de la mer.

Sur l'ensemble des saisons de pêche comprises entre 1980 et 1984, 34,1 % des captures ont eu lieu soit par des vents de sud-ouest (12,5 %), soit par des vents d'ouest (10,9 %) ou par des vents d'est (10,7 %). En 1986, 56,9 % des prises ont été effectuées principalement par vent de sud-ouest (28,8 %), d'ouest (10,8 %) de nord-ouest (9,2 %) et de nord-est (8,1 %).

Il semble donc qu'il n'existe aucune dépendance entre la présence des captures dans les filets et la direction du vent (tabl.9 et fig. 6).

. **Pluviométrie**

En 1986 durant la période comprise entre le début du mois de juin et la mi-juillet, les précipitations ont été relativement abondantes (tabl. 10) et comme les années précédentes, on constate une relation entre les hauteurs des marées de Saint Valéry-en-Caux, la pluviométrie (données fournies par la station météorologique de Dieppe) et les captures enregistrées à Veulettes : les prises semblent en effet plus importantes après une pluviosité associée à une marée de vives eaux (fig. 7).

. **Conditions hydrologiques**

Depuis le début de cette étude, la gamme de températures du milieu marin dans laquelle des captures de truites de mer ont pu être observées est relativement vaste : de 4° à 19°. Lors de la remontée printanière (15 mai - fin juillet), la température de l'eau se situe, suivant les années, entre 9° et 19° (tabl. 11).

L'analyse de la figure 8 montre que les p.u.e., les plus importantes relevées en 1986 se situent entre 13° et 17°.
Il est probable que le passage du milieu marin à l'eau douce ne s'effectue que lorsqu'un équilibre est établi, pour de nombreux paramètres, entre les deux masses d'eau ; notamment un équilibre entre les températures, l'écart thermique entre les deux milieux devant être pratiquement nul pour permettre la remontée.

En 1986, les salinités relevées au cours de la saison de pêche ont varié entre 32 pour mille et 34 pour mille et aucune relation entre ce paramètre et les captures, s'il en existe une, n'a pu être mise en évidence.

. **Positions des captures dans le filet**

Comme de nombreux salmonidés, la truite de mer semble se déplacer de préférence dans la tranche d'eau comprise entre trois et quatre mètres au dessous de la surface. Ce type de comportement est en partie confirmé par les observations recueillies auprès des pêcheurs et qui montrent que près de 69 % des poissons se maillent dans la partie supérieure du filet (tabl. 12).

DIRECTIONS DU VENT	1980 - 1984				1986			
	Marées		Truites		Marées		Truites	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
N	47	3,8	46	4,6	21	5,6	17	5,8
NNE	39	3,2	21	2,1	10	2,7	2	0,7
NE	73	5,9	57	5,7	29	7,8	24	8,1
ENE	109	8,8	64	6,4	18	4,8	10	3,4
E	127	10,3	107	10,7	14	3,8	17	5,8
ESE	55	4,4	24	2,4	10	2,7	5	1,7
SE	68	5,5	49	4,9	12	3,2	4	1,4
SSE	45	3,6	38	3,8	8	2,2	3	1,0
S	100	8,1	42	4,2	18	4,8	17	5,8
SSW	70	5,7	62	6,2	9	1,3	5	1,7
SW	108	8,7	126	12,5	99	26,6	85	28,8
WSW	71	5,7	69	6,9	22	5,9	28	9,5
W	137	11,1	109	10,9	31	8,3	32	10,8
WNW	55	4,4	54	5,4	21	5,6	15	5,1
NW	65	5,3	60	6,0	39	10,5	27	9,2
NNW	44	3,6	20	2,0	6	1,6	1	0,3
Vent Nul	25	4,0	54	5,4	5	1,3	3	1,0

Tabl. 9 - Captures de truites de mer selon la direction du vent.

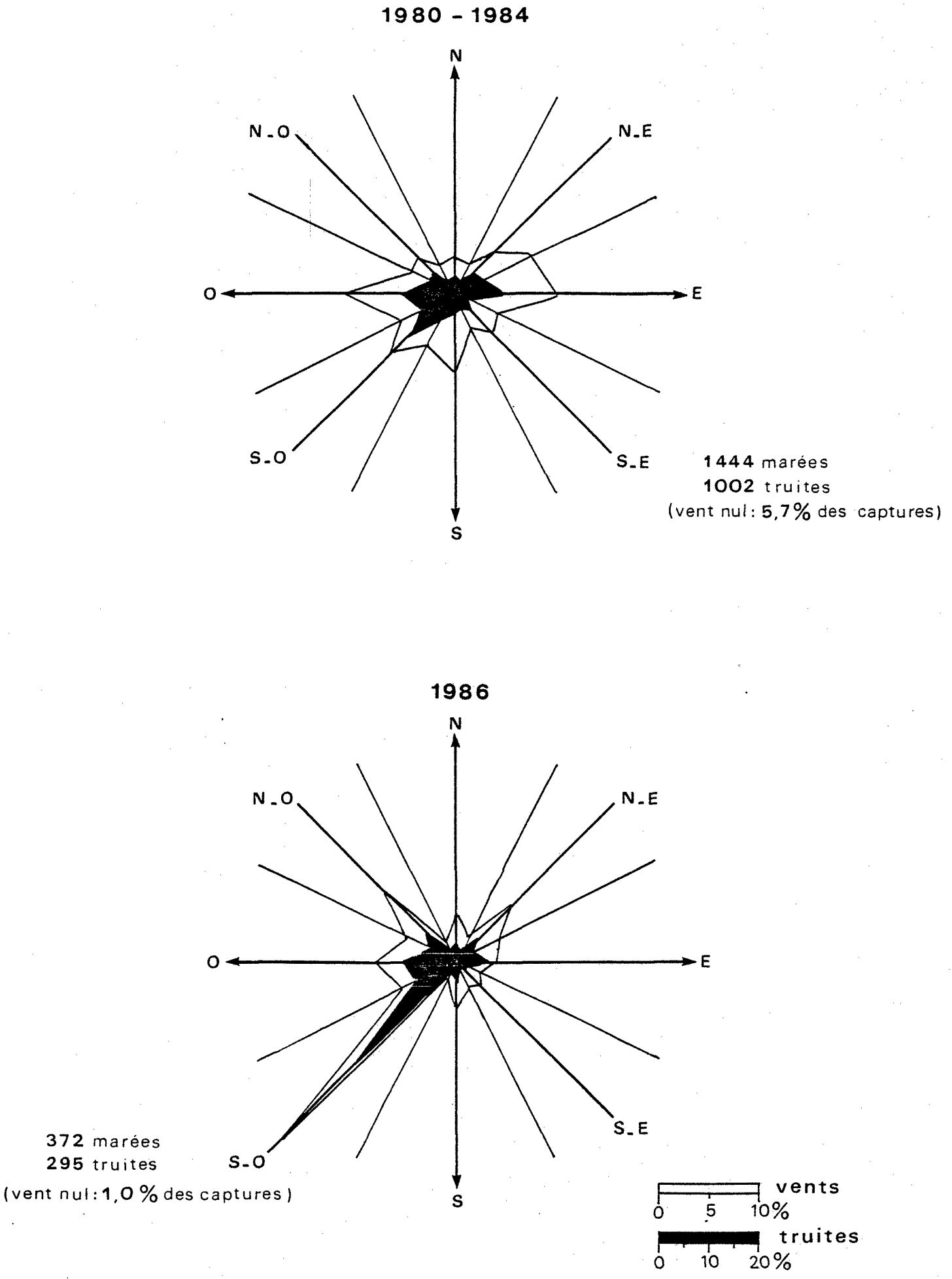


Fig. 6 - Captures de truites de mer selon la direction du vent.

MOIS	1981			1982			1983				1984			1985	1986			
	P.u.e.	T° air (°C)	Pluie (mm)	P.u.e.	T° air (°C)	Pluie (mm)	P.u.e.	T° air (°C)	Pluie (mm)	S°/°°	P.u.e.	T° air (°C)	Pluie (mm)	P.u.e.	P.u.e.	T° air (°C)	Pluie (mm)	S°/°°
AVRI	0,11	5,2	76,5	0,16	8,3	28,5												
MAI	0,16	9,9	101,8	0,16	12,2	48,7	0,20	10,8	99,8	29,0	0,16	9,5	80,3	0,16	0,04	11,6	35,5	33,2
JUIN	0,23	11,8	82,9	0,36	15,3	101,2	0,39	13,9	70,0	30,5	0,28	13,5	27,3	0,20	0,23	15,3	27,1	34,0
JUIL	0,16	15,3	28,6	0,16	16,3	28,2	0,23	17,8	43,7	29,9	0,21	15,9	19,3	0,13	0,15	15,9	45,0	34,0
AOUT	0,09	16,1	16,0	0,17	16,3	95,3	0,09	17,4	22,2	32,1	0,12	16,8	14,0	0,02	0,09	15,4	116,5	33,8
SEPT	0,12	15,6	96,1	0,06	16,5	50,3								0,05	0,07	-	-	33,7
OCT	0,06	9,6	202,9	0,18	11,3	164,5	0,15	12,1	84,1	30,1					0,12	13,1	106,8	33,2
NOV	0,29	8,4	50,0	0,13	8,7	131,2	0,17	8,4	51,6						0,19	-		
DEC															0,1	-		
MOY	0,17			0,21			0,25				0,21			0,14	0,14			

Tabl. 10 - Captures de truites de mer et conditions climatiques et hydrologiques.

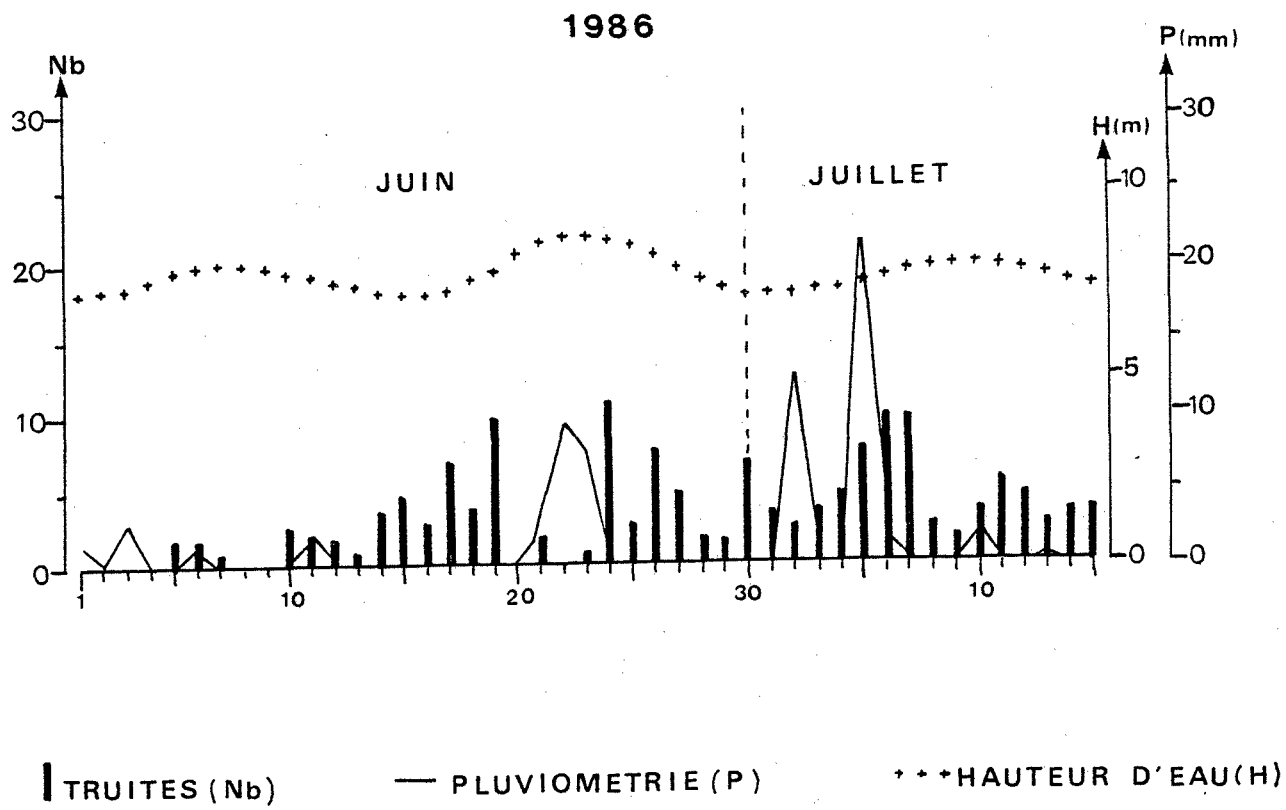


Fig. 7 - Relations entre les captures de truites de mer, l'amplitude des marées et la pluviométrie en 1986.
(Heures de pleine mer à St Valéry en Caux).

MOIS	DECADES	1981		1982		1983		1984		1985		1986	
		T°	P.u.e.	T°	P.u.e.	T°	P.u.e.	T°	P.u.e.	T°	P.u.e.	T°	P.u.e.
AVRIL	21 - 30	8,25	0,11	13,00	0,16								
MAI	1 - 10	9,00	0,00		0,00							10,5	0,06
	11 - 20	9,33	0,18	12,5	0,21	10,0	1,75	10,0	0,24			10,8	0,01
	21 - 31	10,00	0,17	14,5	0,17	11,9	0,13	11,2	0,13	13,3	0,16	11,6	0,05
JUIN	1 - 10	13,10	0,14	15,5	0,12	13,0	0,41	12,2	0,15	14,5	0,21	12,8	0,12
	11 - 20	11,66	0,13	15,25	0,67	13,8	0,44	14,7	0,28	14,8	0,19	16,0	0,32
	21 - 30	13,10	0,40	13,8	0,54	15,2	0,43	16,4	0,44	14,5	0,16	16,1	0,22
JUILLET	1 - 10	16,30	0,17	14,86	0,26	16,8	0,26	16,5	0,31	16,2	0,11	16,9	0,23
	11 - 20	17,78	0,22	15,75	0,10	17,9	0,26	17,9	0,16	18,0	0,10	18,2	0,13
	21 - 31	16,00	0,08	17,50	0,15	19,0	0,14	17,6	0,14	17,4	0,17	18,1	0,08
AOUT	1 - 10	16,50	0,08	18,33	0,23	17,8	0,17	17,8	0,12			18,2	0,19
	11 - 20	16,17	0,09	17,00	0,07	18,0	0,07	18,0	0,08	17,0	0,05	18,1	0,05
	21 - 31	16,00	0,07	17,00	0,21		0,00			-	0,00	18	0,07
SEPTEMBRE	1 - 10	15,50	0,16	16,33	0,16							15,7	0,05
	11 - 20	14,00	0,06	17,00	0,16							13,9	0,02
	21 - 30	12,50	0,13	-	0,00					-	0,05	13,9	0,12
OCTOBRE	1 - 10	13,00	0,50	-	0,00							14,4	0,05
	11 - 20		0,00	13,00	0,21							14,5	0,12
	21 - 31		0,00	7,80	0,33	11,0	0,15					14,5	0,2
NOVEMBRE	1 - 10	10,00	0,26	4,25	0,15	11,8	0,13					13,0	0,24
	11 - 20	6,50	0,31		0,20	11,0	0,27					12,7	0,09
	21 - 30	5,00	0,25	4,00	0,06		0,17					14,5	0,21
DECEMBRE	1 - 10											9,3	0,1
	11 - 20												
	21 - 30												

TABL. 11 - Evolution par décades des captures de truites de mer en fonction de la température de l'eau.

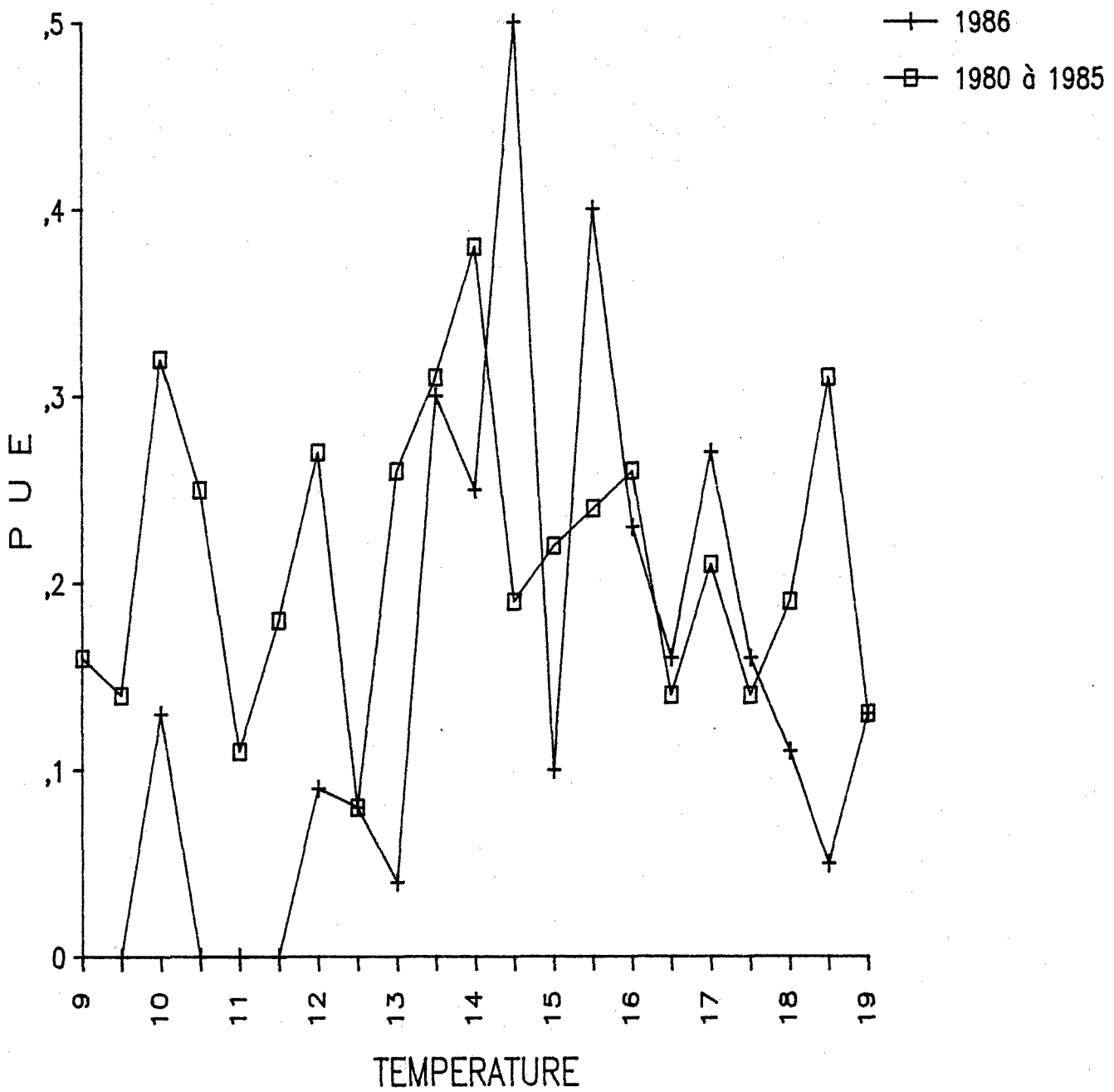


Fig. 8 - Relation entre la P.u.e. et la température de l'eau au cours de la période comprise entre le 15 mai et le 31 juillet.

ANNEE	1980	1983	1984	1985	1986	TOTAL
Haut du filet	67,3 %	72,2 %	79,2 %	54,3 %	54,4 %	68,6 %
Milieu du filet	30,6 %	20,8 %	19,8 %	34,8 %	45,4 %	27,6 %
Bas du filet	2,0 %	6,9 %	1,0 %	10,9 %	0	3,8 %
NB TOTAL DE TRUITES	49	72	101	46	44	312

Tabl. 12 - Répartition des captures dans la nappe de filet.

c. Biologie

Sur les 295 truites de mer capturées au cours de cette année sur la pêcherie de Veulettes, 70 ont été échantillonnées.

Les gammes de tailles et de poids de ces 70 truites échantillonnées sont relativement larges : longueurs comprises entre 460 et 720 mm (fig. 9) et poids compris entre 1250 et 5100 grammes. La taille et le poids moyen calculés sur cet échantillon sont respectivement de 560 mm et 2341 grammes (tabl. 13).

. Relations taille - poids

Elles sont données par l'équation :

$P = aL^b$ (P = poids plein en grammes - L = longueur totale en cm)

et les différentes relations obtenues sont exprimées dans le tableau 13.

Coefficient de condition

Le coefficient de condition d'ALLEN (1951) ou rapport poids - longueur caractérise l'état d'embonpoint des poissons :

$$K = \frac{100\ P}{L}$$

P = poids plein (en grammes)

L = longueur totale (en cm)

Sur les 70 poissons étudiés en 1986, ce coefficent varie entre 0,92 et 1,90. Mais cette dernière valeur est tout à fait excessive en regard des valeurs couramment observées et pourrait être dûe à des erreurs de mensurations. L'état d'embonpoint des truites est maximal pendant les mois de juin et de juillet. Pendant ces deux mois le coefficent peut atteindre la valeur de 1,6 et exceptionnellement 1,7. En 1986, la moyenne annuelle de ce rapport est de 1,31 (tabl. 13).

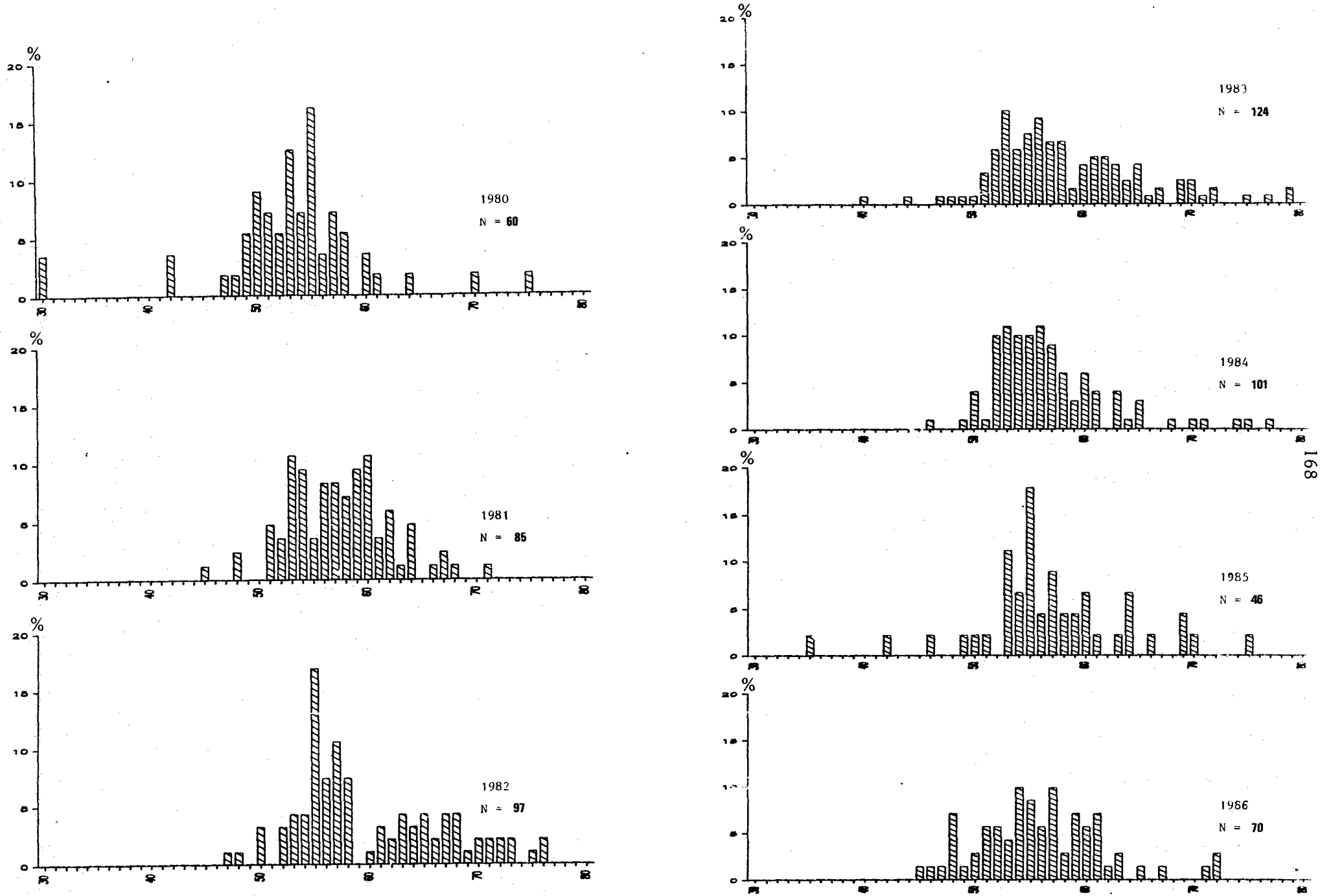


Fig. 9 - Distributions annuelles des fréquences de tailles des truites de mer capturées à Veulettes.

ANNEE	SEXE	N	L max.	L min.	L moy.	L	P max.	P min.	P moy.	P	K	b	a	$P = a.L^b$
1980	♀	16	61	42	52,9	4,8	2800	1160	2046	507	1,36	2,709	0,043	$P = 0,043 . L^{2.709}$
	♂	5	56	49	52,0	3,4	2650	1800	2170	307	1,39			
	TOTAL	60	75	30	53,3	6,8	6100	400	2236	829	1,40	2,863	0,024	$P = 0,024 . L^{2.863}$
1981	♀	47	67	45	56,6	4,7	3880	1190	2492	648	1,35	2,928	0,018	$P = 0,018 . L^{2.928}$
	♂	38	71	51	55,9	9,3	4980	1800	2645	694	1,33	2,408	0,146	$P = 0,146 . L^{2.408}$
	TOTAL	85	71	45	57,3	4,7	4980	1190	2560	674	1,34	2,756	0,036	$P = 0,036 . L^{2.756}$
1982	♀	61	76	47	59,2	7,0	5240	1450	2766	987	1,30	2,718	0,041	$P = 0,041 . L^{2.718}$
	♂	36	75	53	61,1	6,3	5925	1820	2926	940	1,27	2,396	0,149	$P = 0,149 . L^{2.396}$
	TOTAL	97	76	47	59,8	6,9	5925	1450	2825	968	1,29	2,548	0,081	$P = 0,081 . L^{2.548}$
1983	♀	103	79	44	57,3	6,2	7500	1300	2685	950	1,39	2,677	0,051	$P = 0,051 . L^{2.677}$
	♂	21	79	56	66,5	7,3	6600	2400	3771	1221	1,29	2,566	0,078	$P = 0,078 . L^{2.566}$
	TOTAL	124	79	44	58,8	7,2	7500	1300	2872	1077	1,37	2,601	0,069	$P = 0,069 . L^{2.601}$
1984	♀	82	75	46	56,2	4,9	6100	1600	2510	759	1,39	2,879	0,023	$P = 0,023 . L^{2.879}$
	♂	19	80	52	61,0	8,2	7200	1700	3134	1519	1,30	3,148	0,007	$P = 0,007 . L^{3.148}$
	TOTAL	101	80	46	57,1	6,0	7200	1600	2627	958	1,37	2,880	0,022	$P = 0,022 . L^{2.880}$
1985	♀	40	75	35	56,2	7,0	5600	500	2584	906	1,41	3,004	0,014	$P = 0,014 . L^{3.004}$
	♂	6	69	54	62,7	5,2	4700	2400	3583	755	1,45			
	TOTAL	46	75	35	57,0	7,1	5600	500	2714	944	1,41	2,993	0,014	$P = 0,014 . L^{2.993}$
1986	♀	61	72	45	55,5	5,4	5100	1250	2319	697	1,34	2,458	0,116	$P = 0,116 . L^{2.458}$
	♂	9	71	49	59,7	7,0	4200	1500	2489	832	1,14			
	TOTAL	70	72	45	56,0	5,8	5100	1250	2341	716	1,31	2,416	0,136	$P = 0,136 . L^{2.416}$

Tabl. 13 - Caractéristiques des truites de mer capturées à Veulettes entre 1980 et 1986.

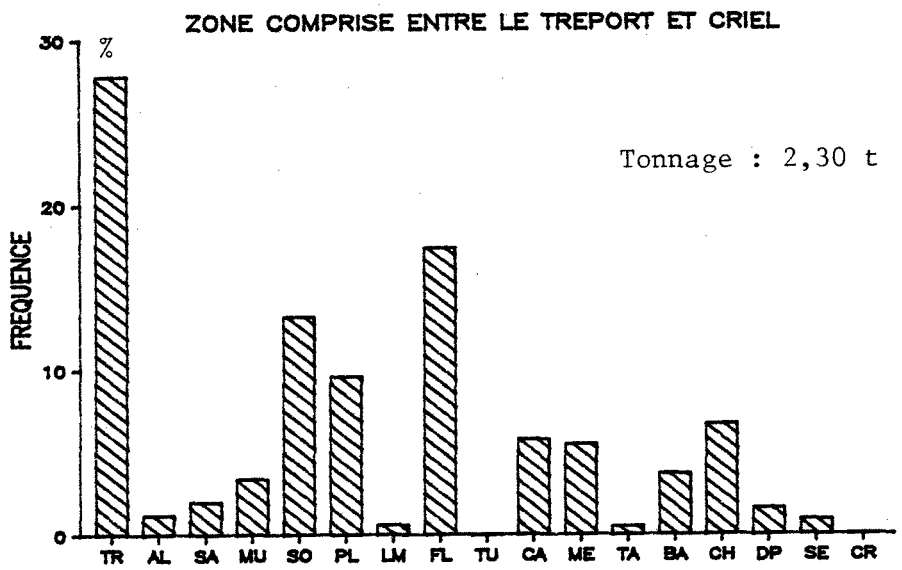
B. - VEULETTES ET LES AUTRES PECHERIES

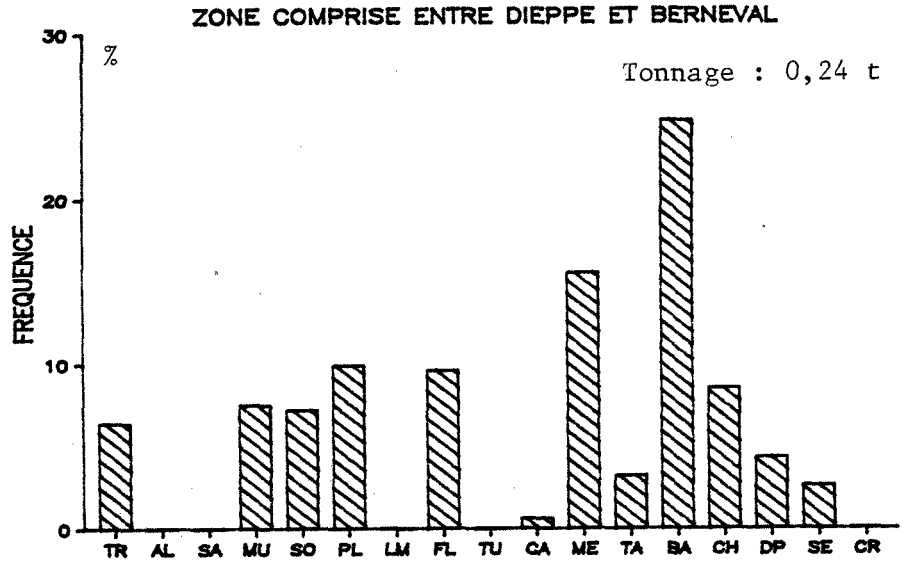
Dans le quartier maritime de Dieppe, il existe une dizaine de pêcheries regroupées en trois grands secteurs :

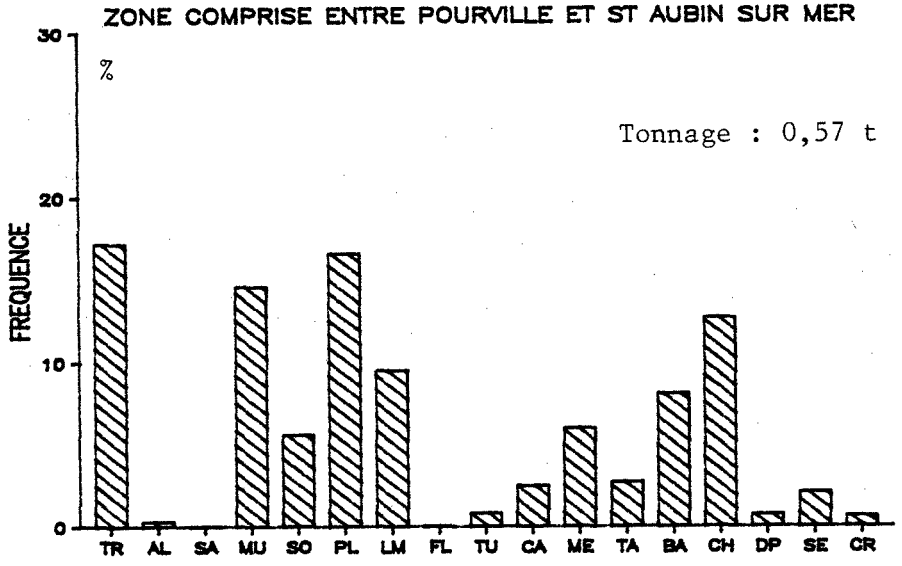
- Zone comprise entre le TREPORT et CRIEL
- Zone comprise entre DIEPPE et BERNEVAL
- Zone comprise entre POURVILLE et SAINT AUBIN.

Les Affaires Maritimes de ce quartier collectent les fiches de captures bien après la saison de pêche (pendant les mois d'avril et de mai de l'année suivante). La comparaison entre la pêcherie de Veulettes et les autres pêcheries ne peut évidement s'établir qu'à partir des données de l'année précédente. Donc en 1985, les 105 fiches de pêches recueillies auprès des pêcheurs aux filets fixes du quartier de Dieppe indiquent que parmi les captures se trouvent des poissons amphialins (saumons, truite, alose, ...) et des espèces strictement marines. L'étude de ces fiches montre que les truites et les saumons constituent près de 30 % du tonnage pêché par les 65 filets du secteur du Tréport-Criel. Cependant ces salmonidés ne représentent respectivement que 5,4 % et 17,2 % des captures des secteurs de Dieppe - Berneval et de Pourville - St Aubin sur Mer. Le faible chiffre enregistré sur le secteur Dieppe - Berneval peut s'expliquer par des déclarations fantaisistes de certains pêcheurs (fig. 10).

En 1985, il semble que les captures de truites de mer enregistrées sur la pêcherie aux filets fixes de Veulettes, soient supérieures à celles déclarées par les autres pêcheries haut-normandes (tabl. 14), mais ces chiffres sont à prendre à titre relatif car toutes les captures ne sont pas signalées. En effet un certain nombre de pêcheurs amateurs capturent plus de vingt truites et déclarent un chiffre inférieur à la dizaine. Il est probable qu'ils en commercialisent une partie, ce qui constitue pour eux un apport financier non négligeable qui s'ajoute à celui émanant de leur activité principale.







TR = Truite de mer
AL = Alose
SA = Saumon
MU = Mulet
SO = Sole
PL = Plie
LM = Limande
FL = Flet
TU = Turbot
CA = Cabillaud
ME = Merlan
TA = Tacaud
BA = Bar
CH = Chinchard
DP = Divers Poissons
SE = Seiche
CR = Crustacés

Fig. 10 - Importance des captures selon les pêcheries en 1985 (Source Affaires Maritimes).

RIVIERES	BRESLE	-	YERES	-	-	ARQUES	SCIE	SAANE	DUN	DURDENT
Pêcheries filets fixes	Le Tréport	Mesnil val	Criel	Le Tréport à Criel *	Berneval Biville	Puy Dieppe	Pourville	Ruiber-ville	St Aubin sur Mer	Veulettes (est)
Nb de filets posés	13	16	10	26	8	4	4	23	1	13
Nb de truites capturées	150	58	87	102	7	0	6	49	1	101
Nb de poses	1875	1300	967	1960	814	184	120	2078	6	707
P.u.e.	0,08	0,05	0,09	0,05	0,01	0,00	0,05	0,02	0,17	0,14

Tabl. 14 - Prise par unité d'effort (P.u.e.) d'après les déclarations des captures enregistrées par les Affaires Maritimes de dieppe et de Fécamp en 1985.

P.u.e. = nombre de truites sur nombres de poses de filets (50 mètres).

* Lieu de poses non connu.

CONCLUSION

Le suivi de la pêche de la truite de mer engagé depuis 1980 sur le site de Paluel a pour objectifs principaux :

- d'estimer l'importance des captures de salmonidés à proximité du site, avant et pendant le fonctionnement de la centrale.

- d'améliorer les connaissances sur la pêche, la biologie et le comportement de la truite de mer.

Il se confirme que c'est entre le 1er juin et le 15 juillet que l'effort de pêche déployé sur le secteur de Veulettes est le plus élevé. Cette époque correspond à la période la plus intense de retour vers les eaux douces de la truite de mer, en vue de sa reproduction.

Le nombre de poissons capturés par filet varie en fonction de l'emplacement. En général, les prises par unités d'effort sont les plus élevées pour les filets fixes situés sur le haut de l'estran et ceux tendus à proximité de l'émissaire.

Entre 1980 et 1983, la p.u.e. sur l'ensemble de la pêcherie était en nette progression, passant de 0,[illegible] à [illegible],28. Au cours de ces deux dernières années, la valeur estimée est revenue au niveau de celles enregistrées au début de l'étude (0,14).

Cette diminution est difficile à expliquer : d'une part l'étude est géographiquement très ponctuelle, d'autre part l'importance des captures dépend de la disponibilité des pêcheurs. Les valeurs obtenues en 1986 ne peuvent actuellement être comparées avec celles d'autres pêcheries : les fiches de captures de ces dernières ne seront collectées par les Affaires Maritimes de Dieppe qu'au cours des mois d'avril et mai 1987.

Cette étude est basée essentiellement sur l'obtention d'informations auprès des pêcheurs. En raison de l'importance économique de la truite, mais aussi des difficultés habituellement rencontrées dans toute collecte d'informations de ce type, on peut raisonnablement estimer que les données acquises ne correspondent pas à la réalité (déclarations fantaisistes des pêcheurs) et qu'en conséquence, les captures sont très certainement sous-évaluées. D'autre part, les données biologiques présentent également des inexactitudes (des incohérences entre la longueur de la truite et son poids).

Si certains éléments reccueillis donnent l'ordre de grandeur de l'importance de l'activité de pêche dirigée vers la truite de mer et peuvent aider à mieux connaître la biologie et le comportement de cette espèce, l'ensemble de ces informations doit cependant n'être utilisé qu'avec beaucoup de réserve.

CONCLUSION GENERALE

Cette année 1986 a été marquée par une importante période de dessalure allant d'avril à juin, liée aux conditions climatiques. De ce phénomène résultent des apports telluriques ressentis au niveau des teneurs en silicates, en nitrites et en nitrates de l'eau de mer.

En microbiologie, l'échantillonnage du premier semestre fait apparaître une diminution générale du nombre de germes totaux, mais les deux dernières campagnes (juin et septembre) indiquent un redressement de cette tendance. La mise en évidence des vibrio-halophiles s'est montrée plus riche que les années précédentes avec en particulier Vibrio parahaemolyticus identifié en mars sur le site de la centrale.

L'évolution de la biomasse chlorophyllienne et des populations phytoplanctoniques n'amène pas, dans le cadre des variations naturelles, de remarques particulières. On constate l'absence de Phaeocystis de l'échantillonnage, ce qui laisse supposer, en raison des dates des campagnes pélagiques, à l'absence ou tout au moins à la faible présence de cette espèce en 1986.

L'étude du zooplancton confirme les observations sur les cycles saisonniers déjà observés. On remarque une forte proportion de femelles ovigères pour les espèces concernées. On enregistre un "déficit" en Oikopleura dioica, en Pleurobrachia pileus (peut-être à relier à l'absence de Phaeocystis) et en larves de Polydora ciliata. On ne retrouve pas, comme en 1985, d'exceptionnelles quantités de larves de Cirripèdes Cypris.

L'ensemble des prélèvements effectués sur le domaine benthique subtidal montre un bonne stabilité globale de la zone étudiée. Les résultats tant granulométriques que faunistiques sont proches de ceux des années précédentes.

L'étude du domaine benthique intertidal donne lieu à des résultats qui retiennent notre attention. Le suivi de la démographie d'Idotea granulosa, espèce nordique en limite sud de répartition, révèle un décalage entre les populations présentes à Saint-Valery-en-Caux et à Veulettes, station de "référence". L'appauvrissement constaté à Saint-Valery se devra d'être confirmé à l'avenir pour conclure à un effet d'impact, d'autant que l'on y observe en même temps une diminution de la ceinture à Fucus vesiculosus, zone d'abondance maximale des Idotea. De plus, l'absence de prélèvement lors du pic estival (le maximum de densité d'Idotea étant très régulièrement observé en août - début septembre) gêne cette année nos conclusions sur ces observations.

L'étude halieutique n'apporte pas en 1986 de remarques particulières :

- la faune ichthyoplanctonique rencontrée sur le site correspond bien à ce qui est observé en Manche. On y rencontre principalement le frai des poissons pélagiques : hareng, sardine et sprat.

- le suivi de la capture des truites de mer fait porter des réserves sur l'interprétation des données acquises, compte-tenu du caractère peu organisé de ce type de pêche.

Il se confirme que c'est entre le 1er juin et le 15 juillet que l'effort de pêche déployé sur le secteur de Veulettes est le plus élevé. Cette époque correspond à la période la plus intense de retour vers les eaux douces de la truite de mer, en vue de sa reproduction.

Entre 1980 et 1983, la prise par unité d'effort sur l'ensemble de la pêcherie était en nette progression, passant de 0.13 à 0.25. Au cours de ces deux dernières années, la valeur estimée est revenue au niveau de celles enregistrées au débutde l'étude (0.14).

Cette diminution est difficile à expliquer : d'une part l'étude est géographiquement trop ponctuelle, d'autre part l'importance des captures dépend de la disponibilité des pêcheurs.

Pour toutes ces observations, les seuls effets sensibles et significatifs de l'impact de la centrale sur le milieu marin (si l'on excepte le cas d'Idotea qui demande confirmation) sont observés en milieu pélagique.

En hydrologie :

* Effet thermique constaté sur zone :

- la méthodologie employée ne permet pas de connaître l'extension de la tache thermique. Seules les photographies aériennes à infra-rouges fournissent une information précise sur cette extension en surface.

- on n'a pas relevé d'échauffement supérieur à 3°C dans la turbulence même du rejet, au niveau de laquelle le profil vertical de température exprime cette turbulence.

- la station site (ou contrôle) exprime une tendance à la formation d'une thermocline, dans les conditions d'observations du 29 septembre, aux environs de 4 - 5 m. Cette observation accrédite la possibilité de l'étalement du rejet échauffé en surface, donc de stratification verticale de la masse d'eau.

* Effet sur la teneur en matières en suspension :

Il apparaît clairement à l'observateur que la centrale de Paluel, pompant à la côte des eaux de refroidissement par nature très turbides (en général chargées des matériaux de la falaise) rejette cette turbidité dans une zone où elle est naturellement moindre. Ainsi, le panache turbide est le premier critère d'observation du rejet. Pour ce paramètre comme pour la température, les échantillons analysés renforcent l'hypothèse de l'étalement du rejet des tranches en surface, du moins lorsque la mer n'est pas trop agitée.

En productivité phytoplanctonique :

L'impact du transit dans la centrale ne se fait pas ressentir de façon sensible sur les teneurs en chlorophylle.

Par contre, les mesures de production primaire indiquent un effet sensible : la biomasse, qui n'est pas (ou peu) affectée est par contre nettement perturbée dans sa capacité productive.

Celle-ci est exprimée par le rapport Production/Biomasse chlorophyllienne pour lequel les deux campagnes du mois de mai illustrent le scénario de l'impact déjà présenté en 1985. En mai, période du maximum de production observé, on constate une chute de 90 % de productivité de l'eau dans la turbulence du rejet, de même qu'à la station site, en surface, la productivité est réduite de 40 % par rapport à celle de l'eau du canal d'amenée. Par contre, à - 10 m à cette station, elle est supérieure de 40 % à celle entrant dans la centrale.

Ces résultats, comparés à ceux fournis par l'analyse des tempérarures et des teneurs en MES, confortent l'hypothèse que l'eau issue des têtes de rejets, remontant en surface (phénomène de turbulence nettement perceptible) tend à s'étaler ensuite en créant des gradients verticaux de certains paramètres, voire même des discontinuités, comme la thermocline identifiée en septembre, qui peuvent isoler en surface des eaux impactées moins productives au niveau primaire (phytoplancton).