

Type de rapport : RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : DEL/CR/RST/97/09	date de publication : mai 1997
Diffusion : <u>libre X</u> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/>	nombre de pages : 108 + annexes
Validé par :	bibliographie : Oui
Adresse électronique :	illustration(s) : Oui
- chemin UNIX :	langue du rapport : Français
Titre et sous-titre du rapport :	
<i>Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville - année 1996</i>	
Titre traduit :	
<i>Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant - 1996</i>	
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
DREVÈS Luc	IFREMER / BREST / DEL / CR
ERARD LE DENN Evelyne	IFREMER / BREST / DEL / EC-PP
LUNVEN Michel	IFREMER / BREST / DEL / EC-PP
MARTIN Jocelyne	IFREMER / NANTES / DRV / RH
MIOSSEC Dominique	IFREMER / PORT EN BESSIN / DRV / RH
QUINTIN Jean-Yves	IFREMER / BREST / DEL / CR
Collaborateur(s) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
COCHARD Marie Laure	IFREMER / BREST / DEL / EC-PP
CRASSOUS Marie Pierre	IFREMER / BREST / DEL / EC-PP
DESCHAMPS Serge	Laboratoire départementale Caen
GAFFET Jean Dominique	IFREMER / BREST / DEL / EC-BB
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse	
<i>Electricité de France (EDF) - Production Transport - C.N.P.E. de Flamanville B.P. 4 - 50 340 Les Pieux</i>	
Titre du contrat :	n° de contrat Ifremer
Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s)	
IFREMER Centre de BREST, B.P. 70, 29 280 PLOUZANE	
IFREMER Centre de NANTES, B.P. 21 105, 44 311 NANTES CEDEX 03	
IFREMER Station de PORT-EN-BESSIN, Av. du Général DE GAULLE, 14 520 PORT-EN-BESSIN	
Laboratoire départemental Frank DUNCOMBE, 14 053 CAEN CEDEX	
LAPHY - Centre d'études et de recherches halieutiques, B.P. 89, 64 200 BIARRITZ	
Responsable scientifique : Luc DRÉVÈS - IFREMER / BREST / DEL / CR	
Cadre de la recherche :	
Programme :	Convention : 1) générale ; 2) particulière
<i>Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin</i>	1) EDF / IFREMER n° ST 64 T 7001
	2) CNPE Flamanville / IFREMER n° 95.F.0095
Projet : I.G.A.	Autres (préciser) :
<i>Impact des Grands Aménagements</i>	
Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)	
IGA 1-2-3, 1996, N/O Gwen Drez et N/O THALIA.	

Résumé :

L'étude de surveillance n°14 du site électronucléaire de FLAMANVILLE (département de la Manche) concerne l'année 1996. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique. L'année 1996 est la 11^{ème} année de fonctionnement de la Centrale.

Abstract :

Monitoring n°14 of the FLAMANVILLE nuclear power plant takes into account studies conducted between March and September 1996. Impacts on hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos are reported. This power plant has been in operation for eleven years.

Mots-clés :

*Centrale nucléaire, Flamanville, Surveillance ;
Benthos, Halieutique, Pelagos.*

Keywords :

*Flamanville, Monitoring, Nuclear power plant ;
Benthos, Fisheries, Pelagos.*

Commentaire :

Ce document doit être cité de la manière suivante :

Référence générale

DREVES L. (coordinateur) et al. (1997) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1996. Rapp. IFREMER DEL/CR/RST/97/09, mai 1997, 108 p. + annexes.

Référence particulière

MARTIN J. (1997). - Le domaine halieutique. In : DREVES L. (coordinateur) et al. (1997) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1996. Rapp. IFREMER DEL/CR/RST/97/09, mai 1997, 108 p. + annexes.

Conformément à la convention générale passée entre EDF et IFREMER (document référencé n° 64 T 7001), trois documents contractuels sont établis chaque année par IFREMER pour chacun des cinq sites littoraux (Gravelines, Penly, Paluel, Flamanville) et estuarien (Le Blayais).

Ces documents sont :

- un état d'avancement des travaux réalisés au cours du premier semestre de l'année N, document remis au plus tard le 15 juillet suivant ;

- un rapport préliminaire de synthèse, remis au plus tard le 31 janvier de l'année N+1 ;

- un rapport final, dont l'édition définitive est remise au plus tard le 15 juin de l'année N+1.

Concernant la surveillance du CNPE de Flamanville au cours de l'année 1996, l'état d'avancement a fait l'objet de deux notes adressées à EDF les 28 juin (DEL/EC/LD/9620, 1p.) et 17 juillet 1996 (DEL/EC/LD/9621, 9 p.).

Le rapport préliminaire a été adressé le 28 janvier 1997 (DREVES L. (coordinateur) et al. (1997) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1996. Rapp. IFREMER DEL/Brest - 97.02, janvier 1997, 57 p.)

Le rapport scientifique annuel fait l'objet du présent document, une édition provisoire ayant été soumise à E.D.F. le 29 avril dernier.

SOMMAIRE

	PAGE
Préambule	1
Partie 1. Le fonctionnement de la Centrale de Flamanville et programme d'intervention d'IFREMER	
1.1. Fonctionnement de la centrale _____	5
1.2. Travaux réalisés par l'IFREMER _____	7
Partie 2. Les caractéristiques environnementales de l'année 1996	
2.1. Climatologie _____	13
2.2. Température de l'eau de mer _____	16
2.3. Synthèse environnementale 1986-1996 _____	17
Partie 3. Le domaine pélagique	
3.1. Méthodologie _____	23
3.2. Hydrobiologie _____	23
3.3. Phytoplancton _____	33
3.4. Zooplancton _____	39
3.5. Microbiologie _____	57
3.6. Trihalométhanes _____	63
Partie 4. Le domaine benthique	
4.1. Phytobenthos intertidal _____	67
4.2. Zoobenthos intertidal - substrats durs _____	76
Partie 5. Le domaine halieutique	
5.1. Larves de crustacés _____	85
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés _____	95
Partie 6. Conclusion générale _____	103
BIBLIOGRAPHIE _____	107
ANNEXES _____	109

PREAMBULE

Dans le cadre de l'implantation d'une Centrale électronucléaire sur le littoral de la commune de Flamanville (département de la Manche) et du contexte législatif en vigueur, Electricité de France a confié à l'IFREMER¹ les études écologique et halieutique du milieu marin encadrant ce site.

Une étude essentiellement bibliographique, dite d'Avant-projet, fut réalisée en 1975 par le CNEXO², pour la partie écologique, et l'ISTPM³, pour la partie halieutique.

L'étude de Projet, menée par ces deux organismes de juillet 1976 à août 1978 (étude écologique), et d'avril 1977 à septembre 1979 (étude halieutique), eut pour but d'établir un état de référence avant l'implantation de la centrale électronucléaire. Seule la composante de l'étude halieutique traitant de la pêche des crustacés a été maintenue entre les deux phases de Projet et de Surveillance (de 1980 à 1982).

L'étude de Surveillance a commencé en 1983, soit deux années avant la date théorique de mise en fonctionnement de la première tranche de la Centrale (janvier 1985). La mise en route s'étant effectuée progressivement à partir de 1986, le contenu de cette étude est resté inchangé au cours des sept premières années de fonctionnement réel de la Centrale.

Cette étude de surveillance devait permettre dans un premier temps d'apprécier les fluctuations naturelles pluriannuelles des principaux paramètres retenus à partir de l'étude de Projet. Dans un deuxième temps, elle doit permettre d'analyser l'incidence éventuelle de la Centrale sur le milieu marin environnant et ses ressources.

¹Organisme issu de la fusion en 1984 du CNEXO et de l'ISTPM

²Centre National pour l'Exploitation des Océans

³Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

A partir de 1993, le programme de Surveillance est allégé. Conformément à la stratégie déjà adoptée sur le site de Paluel, par exemple, l'étude du domaine pélagique est réalisée en trois points au lieu de quatre comme précédemment, le point "contrôle" étant abandonné.

Au cours de 1996, 11^{ème} année de fonctionnement de la Centrale, les études réalisées sur le site de Flamanville ont été menées sous la responsabilité de :

Luc Drévès, DEL/CR/Brest⁴, pour les caractéristiques environnementales (climatologie, température de l'eau de mer), la microbiologie, les trihalométhanes, le phytobenthos et le zoobenthos, ainsi que la coordination de l'ensemble des études sur ce site ;

Evelyne Erard Le Denn, DEL/EC-PP/Brest⁵, pour le phytoplancton ;

Michel Lunven, DEL/EC-PP/Brest, pour l'hydrologie ;

Jocelyne Martin, DRV/RH/Nantes⁶, pour les larves de crustacés ;

Dominique Miossec, DRV/RH/Port-en-Bessin, pour la surveillance de la pêche côtière des crustacés ;

Jean Yves Quintin, DEL/CR/Brest, pour le zooplancton.

⁴ *Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral (DEL) / Cellule Etudes et Expertises Régionales (CR)*

⁵ *Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral (DEL) / Département Ecologie Côtière (EC) / Laboratoire Proliférations Phytoplanctoniques (PP)*

⁶ *Direction des Ressources Vivantes (DRV) / Département Ressources Halieutiques (RH)*

**1. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE DE FLAMANVILLE
ET
PROGRAMME D'INTERVENTION DE L'IFREMER
AU COURS DE L'ANNEE 1996**

par Luc DRÉVÈS (DEL/CR)

1.1. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE.

La centrale de Flamanville, située sur la côte ouest du Cotentin, comporte deux tranches de puissance électrique de 1 300 Mwe, mises en service en décembre 1985 pour la tranche 1, et juillet 1986 pour la tranche 2.

Pour le refroidissement de ses condenseurs, la centrale aspire de l'eau de mer dans le canal d'aménée à raison d'un débit moyen de $47 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Les eaux échauffées sont évacuées par un bassin de rejet communiquant avec une galerie souterraine creusée à -75 m, d'une longueur de 460 m pour la tranche 1, de 604 m pour la tranche 2. Les têtes de rejet, situées à l'extrémité ouest de ces galeries, sont localisées sur l'isobathe 10 m.

L'année 1996 est la onzième année de fonctionnement de la centrale de Flamanville, la quatorzième année consécutive des études de Surveillance menées par IFREMER.

Au cours de l'année, les principaux arrêts de tranches ont eu lieu du 19 mai au 8 juin et du 29 juin au 11 août pour la tranche 1 (figure 1.1), du 6 septembre au 15 octobre pour la tranche 2 (figure 1.2). A ceux-ci s'ajoutent quelques arrêts de courte durée (1 à 3 jours) et baisses momentanées de puissance.

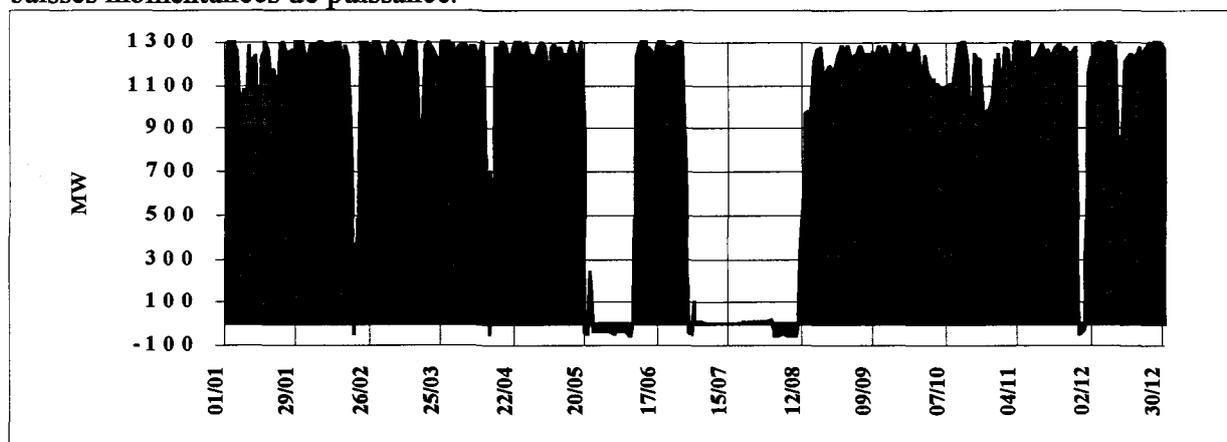


Fig. 1.1 : Puissance nette moyenne de la tranche 1 du CNPE de Flamanville en 1996

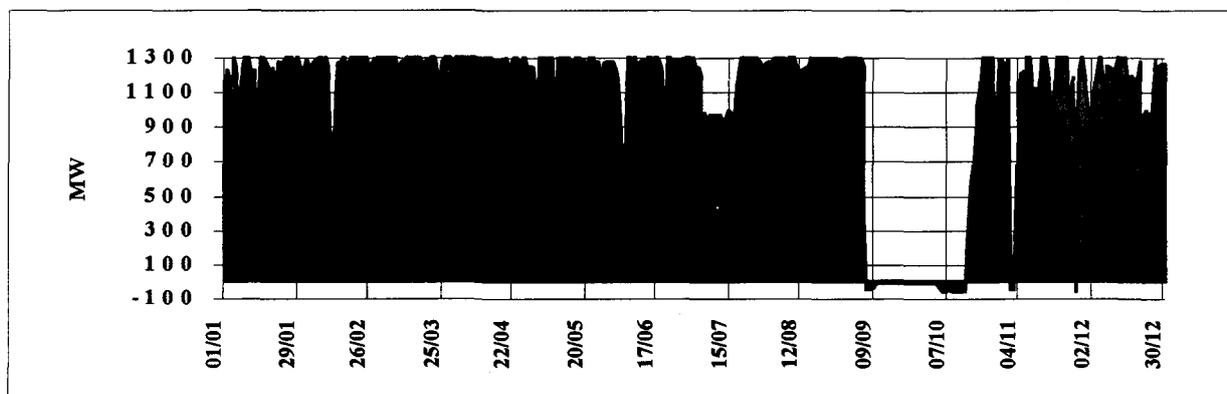


Fig. 1.2 : Puissance nette moyenne de la tranche 2 du CNPE de Flamanville en 1996

Le relevé quotidien, effectué par EDF (à 16 h), de la température de l'eau de mer dans le canal d'amenée (à l'entrée des pompes) et à la sortie des deux condenseurs est transmis chaque mois à l'IFREMER. Un premier traitement de ces données est présenté sous forme graphique (figures 1.3 à 1.5). Les arrêts de tranche se traduisent par une diminution de la température de l'eau de mer à la sortie du condenseur de la tranche concernée.

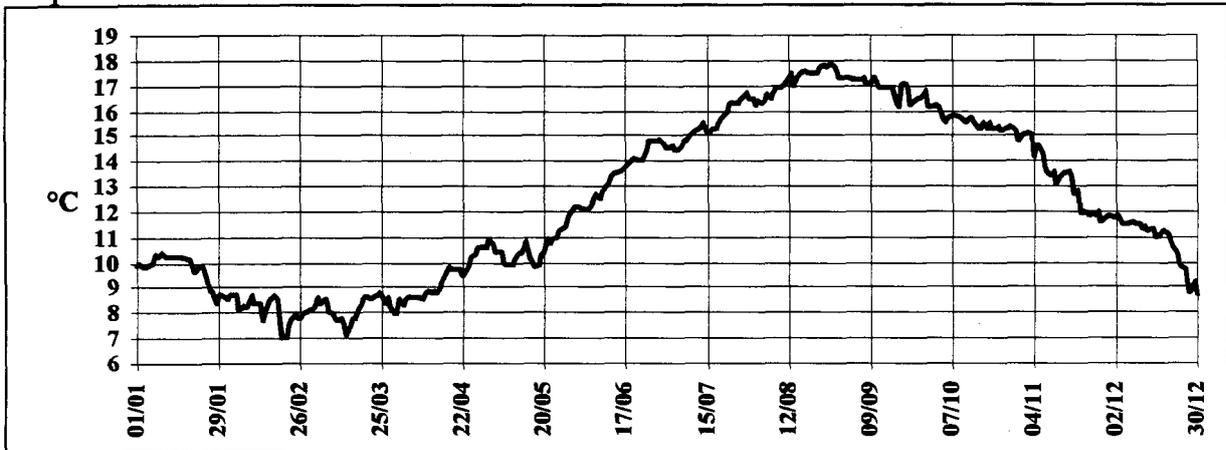


Fig. 1.3 : Température journalière (à 16h) de l'eau de mer dans le canal d'amenée en 1996

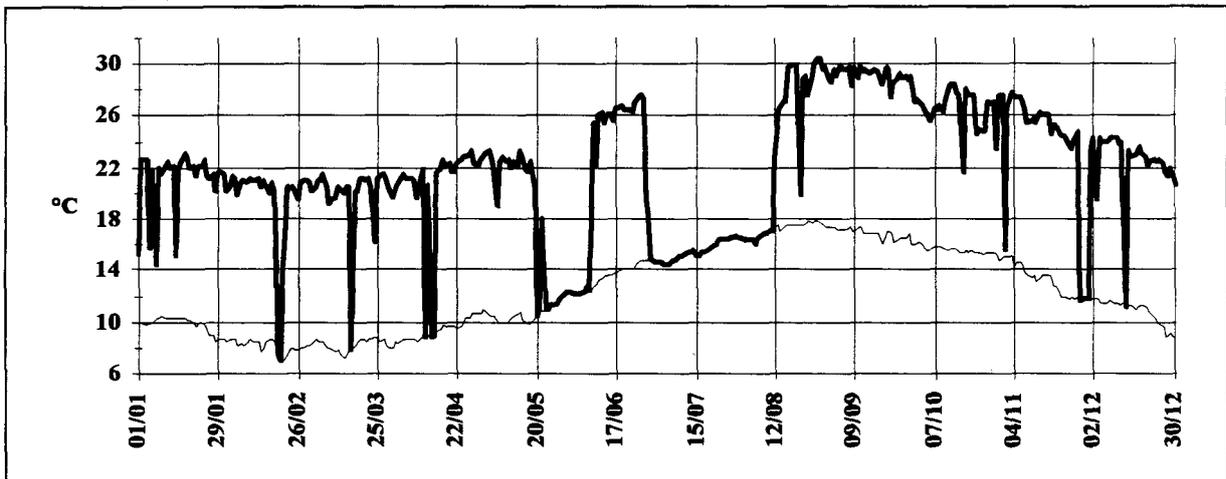


Fig. 1.4 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie du condenseur de la tranche 1, en 1996

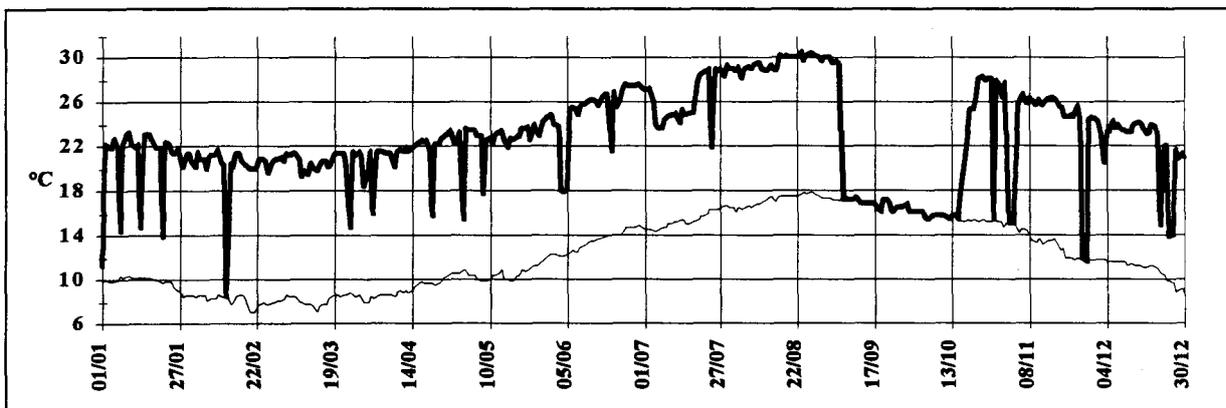


Fig. 1.5 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie du condenseur de la tranche 2, en 1996

L'arrêt de la tranche 1 du 19 mai au 8 juin est dû au colmatage des tambours filtrants, disposés devant les pompes, par des macroalgues en épave.

L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'aménée peut ainsi être calculé (figure 1.6).

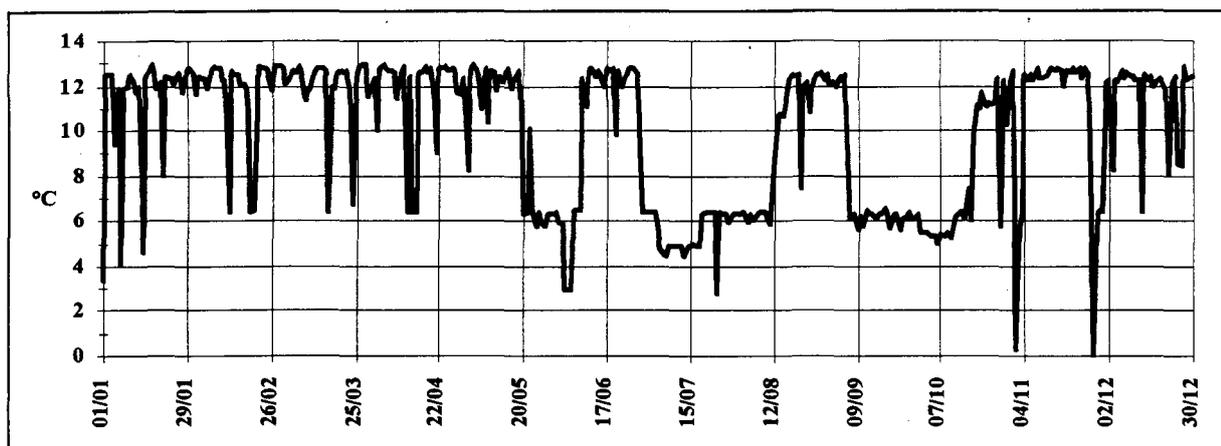


Fig. 1.6 : Ecarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'aménée, en 1996

Le processus antisalissure par électrochloration a fonctionné de mai à septembre. Comme l'indique le tableau 1.1 ci-dessous, 146 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans le circuit de refroidissement en 1996, la majeure partie (129 t) en tranche 2, entre juin et août.

Kg chlore	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	Total
Tranche 1	0	0	4 276	0	0	12 568	0	16 844
Tranche 2	0	10 919	37 552	36 839	38 491	5 378	0	129 179
Total	0	10 919	41 828	36 839	38 491	17 946	0	146 023

Tableau 1.1 : Récapitulatif du tonnage mensuel de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du CNPE de Flamanville en 1996

Ce tonnage est faible comparé à celui injecté les années antérieures (tableau 1.2).

Année	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Chlore en T	424	580	570	805	365	191	209	243	371	146

Tableau 1.2 : Récapitulatif du tonnage annuel de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du CNPE de Flamanville

1.2. TRAVAUX REALISES PAR L'IFREMER

Les travaux réalisés en 1996 se sont déroulés conformément au contrat. Ils sont présentés dans le tableau 1.3. Les points de prélèvements sont localisés sur la carte de la figure 1.7.

1996	Paramètres étudiés	Points de prélèvements	Nbre répliqués à chaque point	Dates missions
DOMAINE PELAGIQUE	Température	Référence	Référence 1 à -10m Rejet 1 subsurf. C.amenée 1 subsurf.	12 avril 24 juin 6 septembre
	Salinité		1 subsurface	
	Haloformes		2 subsurface	
	Sels nutritifs NH4		Référence 2 subsurf. 2 à -10m	
	Chlorophylle Phaeopigments Production primaire Identification des espèces		Rejet 4 subsurf. C.amenée 4 subsurf.	
	Biomasse Composition chimique (carbone, azote) Identification des espèces		Canal d'aménée	
Dénombrement des - germes totaux - germes viables Recherche des vibrions halophiles		Référence 4 Rejet 2 C.amenée 2		
DOMAINE BENTHIQUE	<i>Fucus serratus</i> - Biométrie - Longueur - Nbre de dichotomies - Fertilité - Diamètre du thalle - Biomasse	Platier de Diélette 3 Radiales dans la zone à <i>Fucus serratus</i> Secteurs 1, 2, 3	10 pieds tous les 10 m. sur chaque radiale 10 quadrats /secteur	18 - 19 mars [3 - 4 juin]* 8 - 9 septembre
Phytobenthos	Substrats durs intertidaux - Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée - Etude de recolonisation	Radiale R4 (points 1, 2, 3, 4) Point SEM Point QUEDOY Point Diélette Points 2, SEM, Quedoy, Diélette	Par point : 8 quadrats 12 comptages 4 grattages Par point : quadrats (3x25)cm ²	18 - 19 mars [3 juin]* 10 - 11 septembre
DOMAINE HALIEUTIQUE	Densité des larves d'araignée et homard - température - salinité	[Point 3] Référence Rejet Canal d'aménée	2 Bongo 1 Neuston surface 1 Neuston oblique	27 juin 9 juillet 23 juillet 7 août
Zooplancton et Hydrologie	Recueil d'informations sur la pêche professionnelle Pêches expérimentales - pour homard, tourteau, araignée, étrille (longueur, sex-ratio) - autres espèces (présence)	N.O. Cotentin 15 points (1 filière par point)	4 levées des 15 filières d'au moins 20 casiers	24-28 juin 16 - 21 septembre
Suivi de l'exploitation et de la biologie des espèces commerciales				

Tableau 1.3 : Récapitulatif de l'activité réalisée par l'IFREMER en 1996 sur le site électronucléaire de Flamanville []* : échantillonnage hors contrat

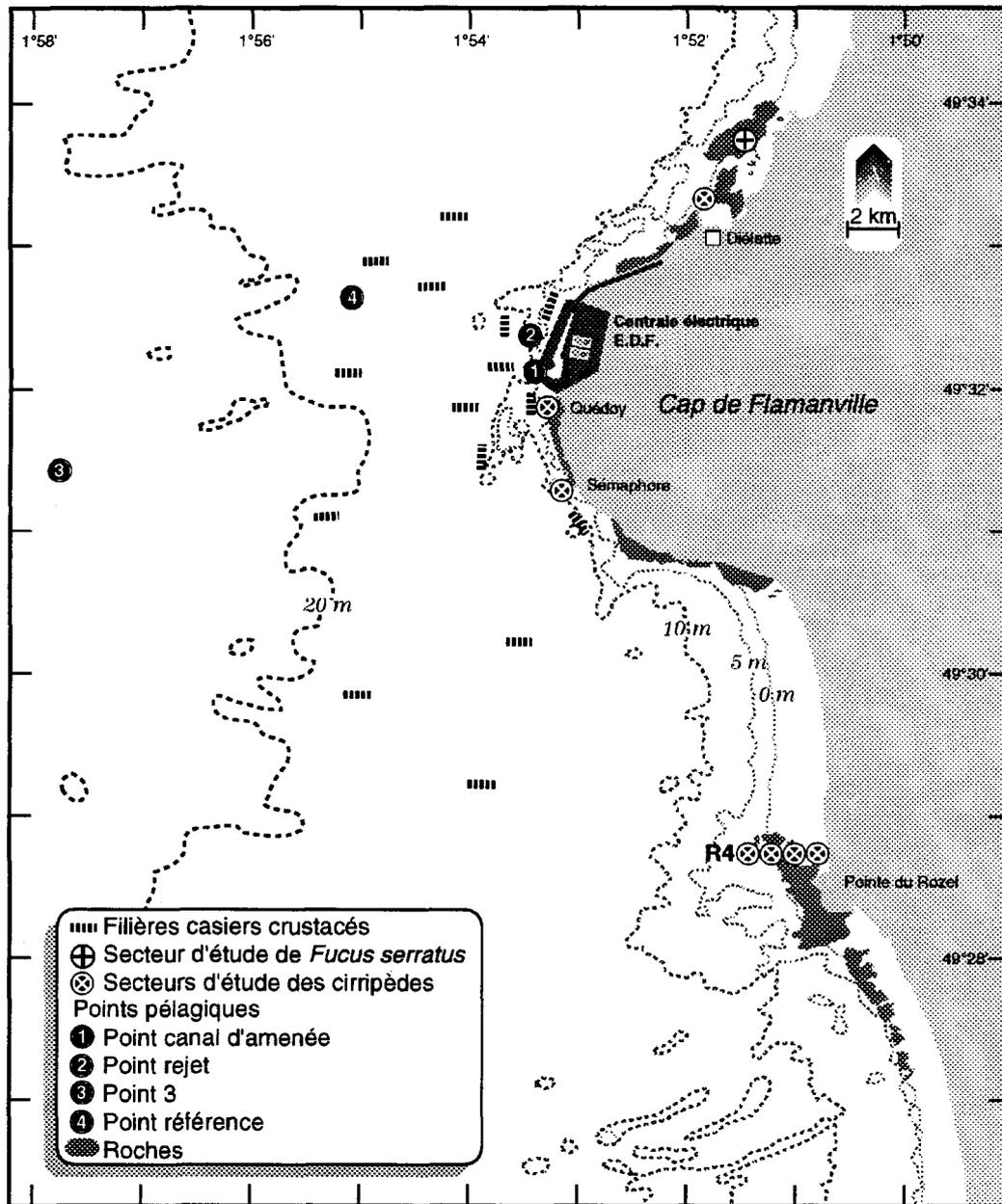


Fig. 1.7 : Carte des abords de Flamanville, indiquant l'emplacement des points de prélèvements visités en 1996

2. LES CARACTERISTIQUES ENVIRONNEMENTALES

DE L'ANNEE 1996

par **Luc DRÉVÈS** (Laboratoire DEL/CR)

2.1. CLIMATOLOGIE

Les données communiquées par le centre de METEO-FRANCE de Cherbourg proviennent d'enregistrements réalisés au sémaphore d'Auderville (température et pluviométrie) depuis janvier 1949, et à la station de Valognes (insolation) depuis janvier 1986.

2.1.1. Pluviométrie

La pluviométrie interannuelle sur le nord-ouest Cotentin (figure 2.1) est maximale d'octobre à janvier, le maximum des précipitations étant noté en novembre avec 89 mm de hauteur moyenne d'eau. La période la plus sèche s'étend d'avril à août, les valeurs moyennes mensuelles variant de 36 mm (juillet) à 44 mm (août). Le mois de septembre 1976 a été le plus humide avec 180 mm, et mars 1961 le plus sec avec 0 mm (seulement des traces). Le total annuel moyen est de 700 mm. La pluviométrie moyennée sur les 12 derniers mois (figure 2.2) permet d'apprécier depuis 1949 les « périodes de sécheresse » par exemple.

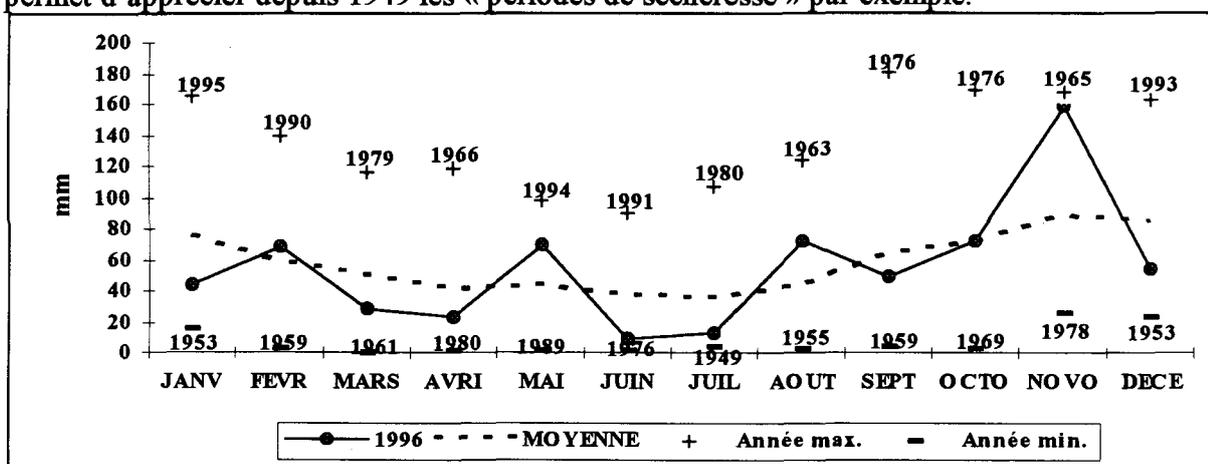


Fig. 2.1 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague, de 1949 à 1996

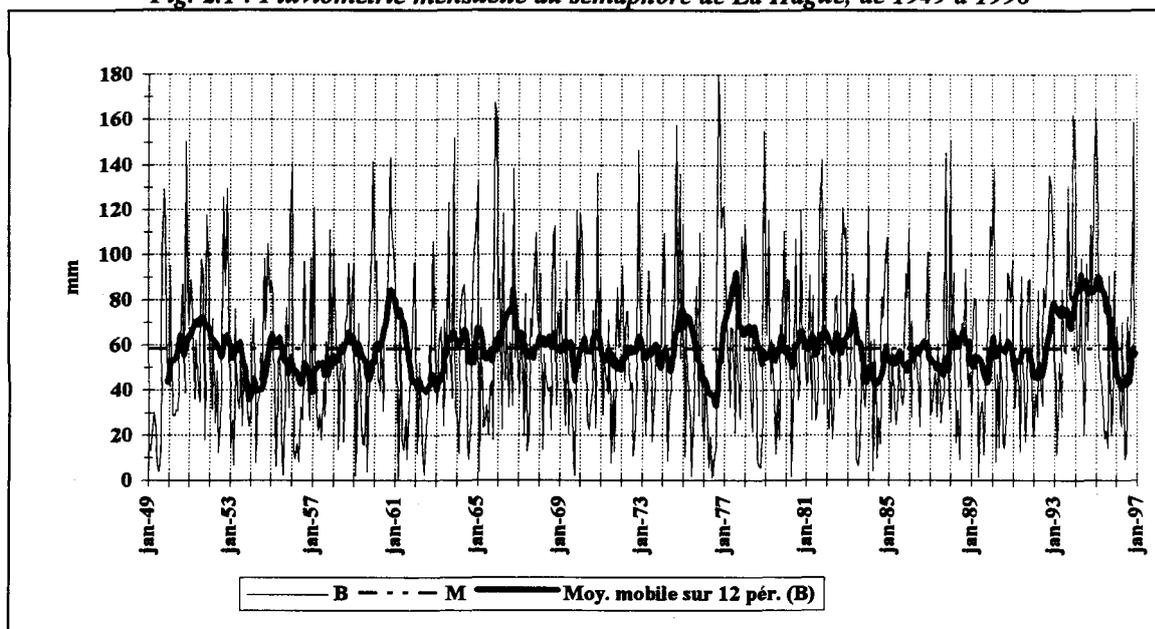


Fig. 2.2 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague, de 1949 à 1996
Cumul mensuel (B), cumul moyen sur la période totale (M), et moyenne mobile sur les 12 derniers mois

2.1.2. Insolation

L'insolation (figure 2.3) est maximale de mai à août, avec une valeur optimale moyenne en juillet (219 heures). En décembre, la durée totale n'est que de 48 heures. L'insolation annuelle moyenne de 1986 à 1996 est de 1 600 heures.

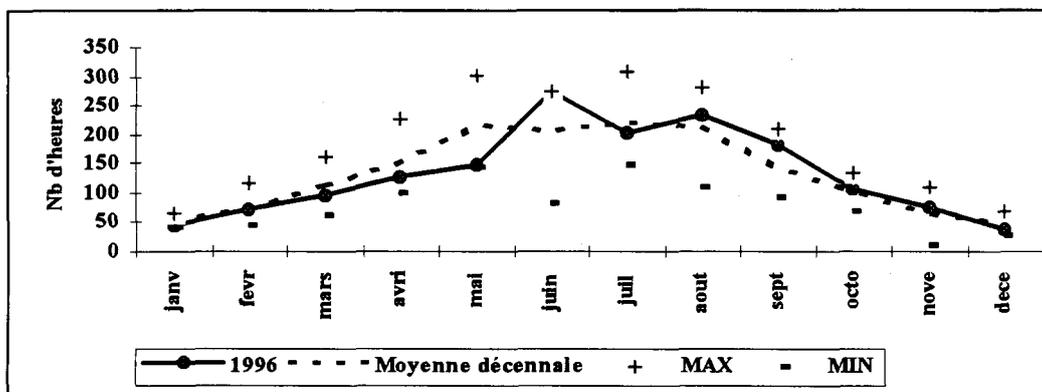


Fig. 2.3 : Insolation mensuelle à Valognes, de 1986 à 1996

2.1.3. Température de l'air

Au cours des 48 dernières années, la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.4) varie de 6,5 °C en février à 16,8 °C en août, soit une valeur moyenne annuelle de 11,38 °C et une amplitude thermique moyenne annuelle de 10,3 °C. Le minimum moyen mensuel a été enregistré en janvier 1963 (2,0 °C), le maximum en août 1995 (18,9 °C).

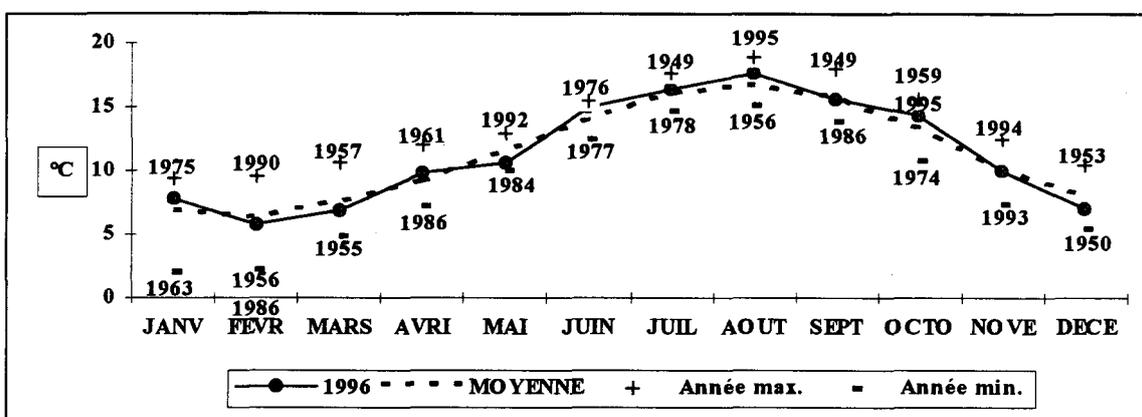


Fig. 2.4 : Moyennes mensuelles des températures de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 1996

La température de l'air moyennée sur les 12 derniers mois (figure 2.5) permet d'apprécier les successions de périodes froides ou chaudes depuis 1949, indépendamment des variations saisonnières, par rapport à la moyenne générale de l'air au cours de ces 48 années.

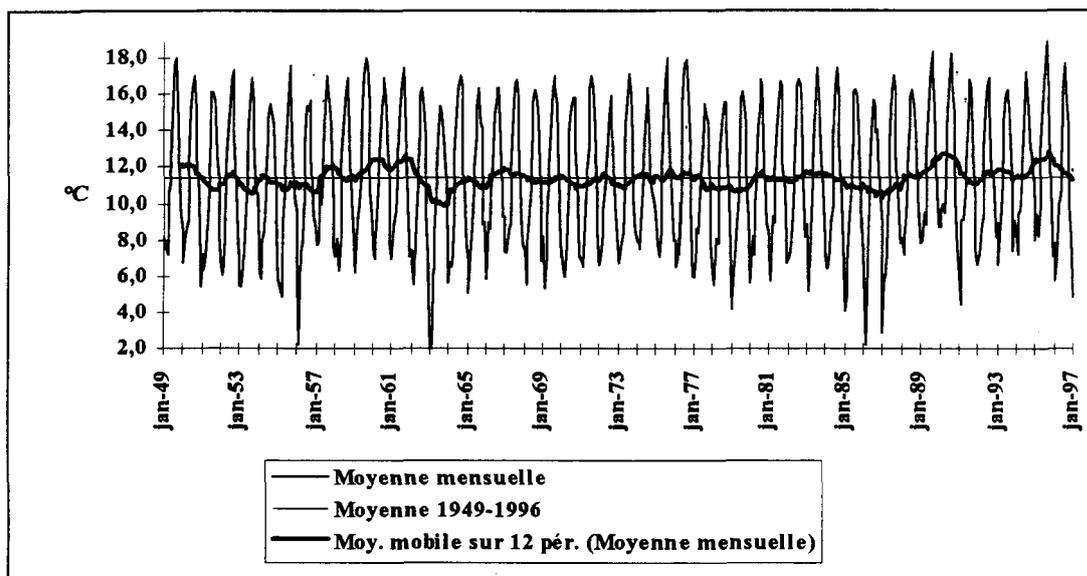


Fig. 2.5 : Evolution de la température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 1996

2.1.4. Caractéristiques de l'année 1996

L'année 1996 se caractérise principalement par :

- une pluviométrie annuelle totale de 662 mm, inférieure à la moyenne, résultant d'une alternance, régulière sur l'année, d'un mois humide succédant à deux mois secs ; juin (8,8 mm) et juillet (12,4 mm) ont été les mois les plus secs et présentent des valeurs avoisinant les minima saisonniers ; à l'opposé, novembre est fortement excédentaire (159 mm) ;
- un ensoleillement total annuel de 1 602 heures, égal, à 2 heures près, à la moyenne mentionnée plus haut ; il est déficitaire de janvier à mai, excédentaire par la suite à l'exception de juillet et décembre ;
- une température clémente ; les températures moyennes s'écartent peu des moyennes saisonnières tout au long de l'année ; notons des valeurs égales ou sensiblement supérieures à ces moyennes de juin à novembre ; la température moyenne annuelle, qui est de 11,38 °C au cours des 48 dernières années avec des valeurs extrêmes observées en 1963 (9,99 °C) et 1989 (12,43 °C), est de 11,42 °C en 1996.

2.2. TEMPERATURE DE L'EAU DE MER

De 1986 à 1996 (figure 2.6), le minimum de température moyenne de l'eau de mer dans le canal d'aménée (8,3 °C) est noté en février, les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 1995 (10,02 °C). Le maximum mensuel moyen (17,4 °C) est observé en août, oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,23 °C en 1989. L'amplitude thermique annuelle moyenne de l'eau de mer est donc de 9,1 °C devant le cap de Flamanville.

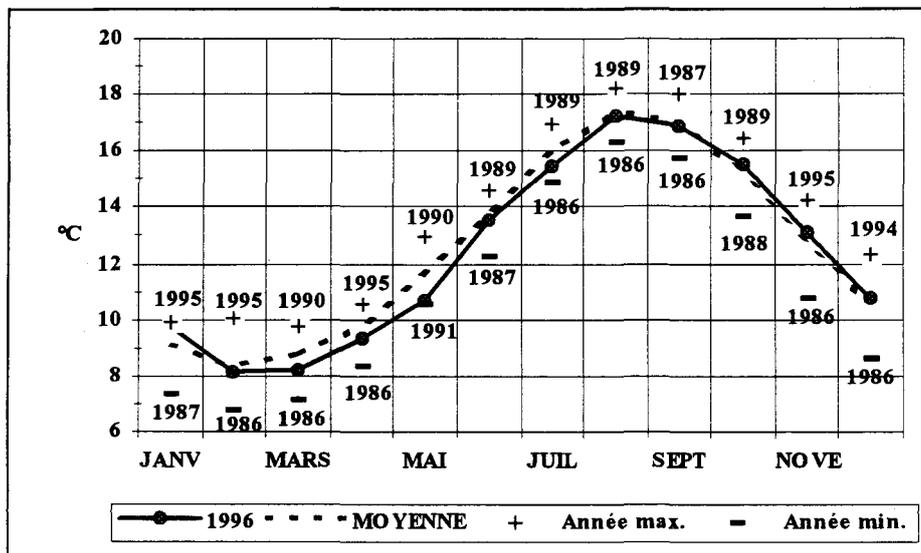


Fig. 2.6 : Moyennes mensuelles de la température de l'eau de mer dans le canal d'aménée de Flamanville de 1986 à 1996

En 1996, les températures moyennes mensuelles, obtenues de février à septembre, sont inférieures aux moyennes saisonnières estimées depuis 1986. D'octobre à décembre, elles sont par contre légèrement supérieures. Seul janvier se caractérise par une température moyenne élevée (9.2 °C) avoisinant le maximum observé en 1995 (9.9 °C).

L'observation graphique de la moyenne mobile, calculée sur les douze derniers mois (figure 2.7), par rapport à la température mensuelle moyenne enregistrée sur l'ensemble de la période (12,54 °C) permet de mieux cerner les périodes pluriannuelles « froides » (1986-1987) ou « tièdes » (1990 ; 1995-1996).

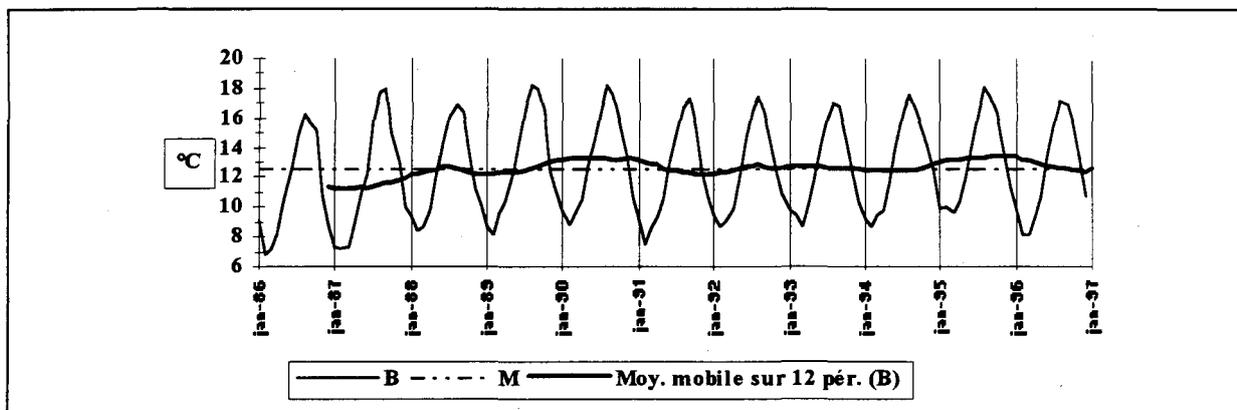


Fig. 2.7 : Température moyenne mensuelle de l'eau de mer à Flamanville de 1986 à 1996
Valeur de base (B), valeur sur la période totale (M), et moyenne mobile sur les 12 derniers mois

La comparaison des moyennes mensuelles des températures de l'air à La Hague et de l'eau de mer à Flamanville (figure 2.8), et celle des « anomalies » mensuelles (figure 2.9) montrent le lien direct entre ces deux éléments, les variations de température de l'eau suivant celles de l'air avec un léger décalage dans le temps.

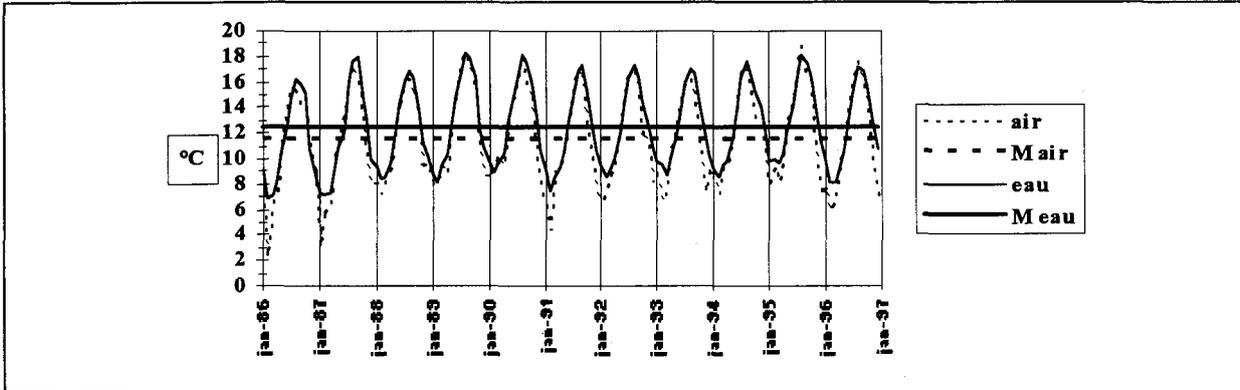


Fig. 2.8 : Evolution des moyennes mensuelles des températures de l'air à La Hague et de l'eau de mer à Flamanville, par rapport aux moyennes obtenues sur l'ensemble de la période 1986-1996.

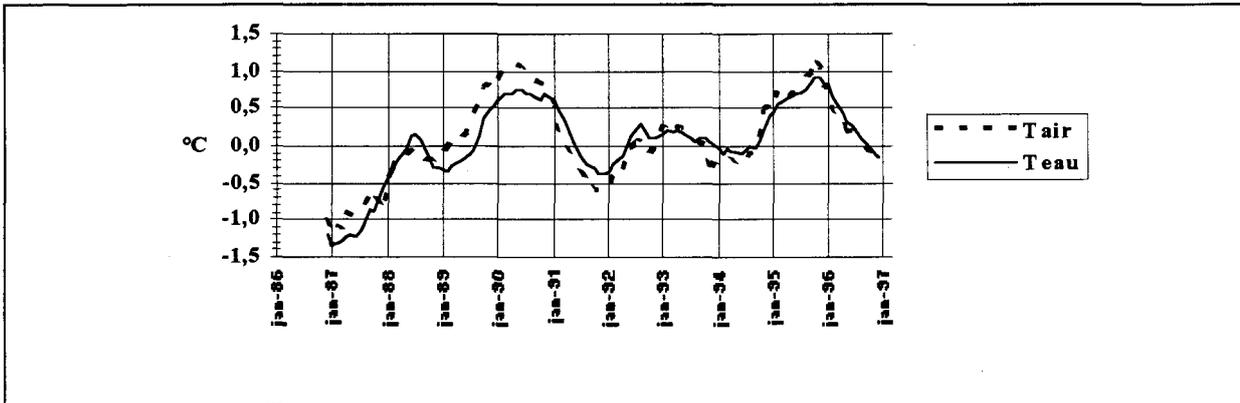


Fig. 2.9 : Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air et de l'eau à Flamanville Pour chaque paramètre, écarts entre la moyenne mobile (calculée sur les 12 derniers mois) et la moyenne générale estimée sur la période 1986-1996

Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 11 années est calculé. La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (figure 2.10). La somme de ces écarts permet d'apprécier l'excédent ou le déficit thermique mensuel au cours de l'année 1996 (tableau 2.1), d'où un « bilan thermique » annuel déficitaire pour cette année (-60 °C).

1996	janv	févr	mars	avri	mai	juin	juil	août	sept	octo	nove	déce
Bilan	17	-7	-17	-11	-31	-7	-16	-6	-4	8	10	4

Tableau 2.1 : « Bilan thermique » mensuel, en °C, de l'eau de mer à Flamanville en 1996

2.3. SYNTHÈSE ENVIRONNEMENTALE 1986-1996

L'évolution, au cours d'une année type représentative de la période 1986-1996, des quatre facteurs étudiés ci-dessus est résumée à la figure 2.11. Leur interaction est ainsi visualisée, comme, par exemple, l'élévation de la température de l'air précédant celle de l'eau.

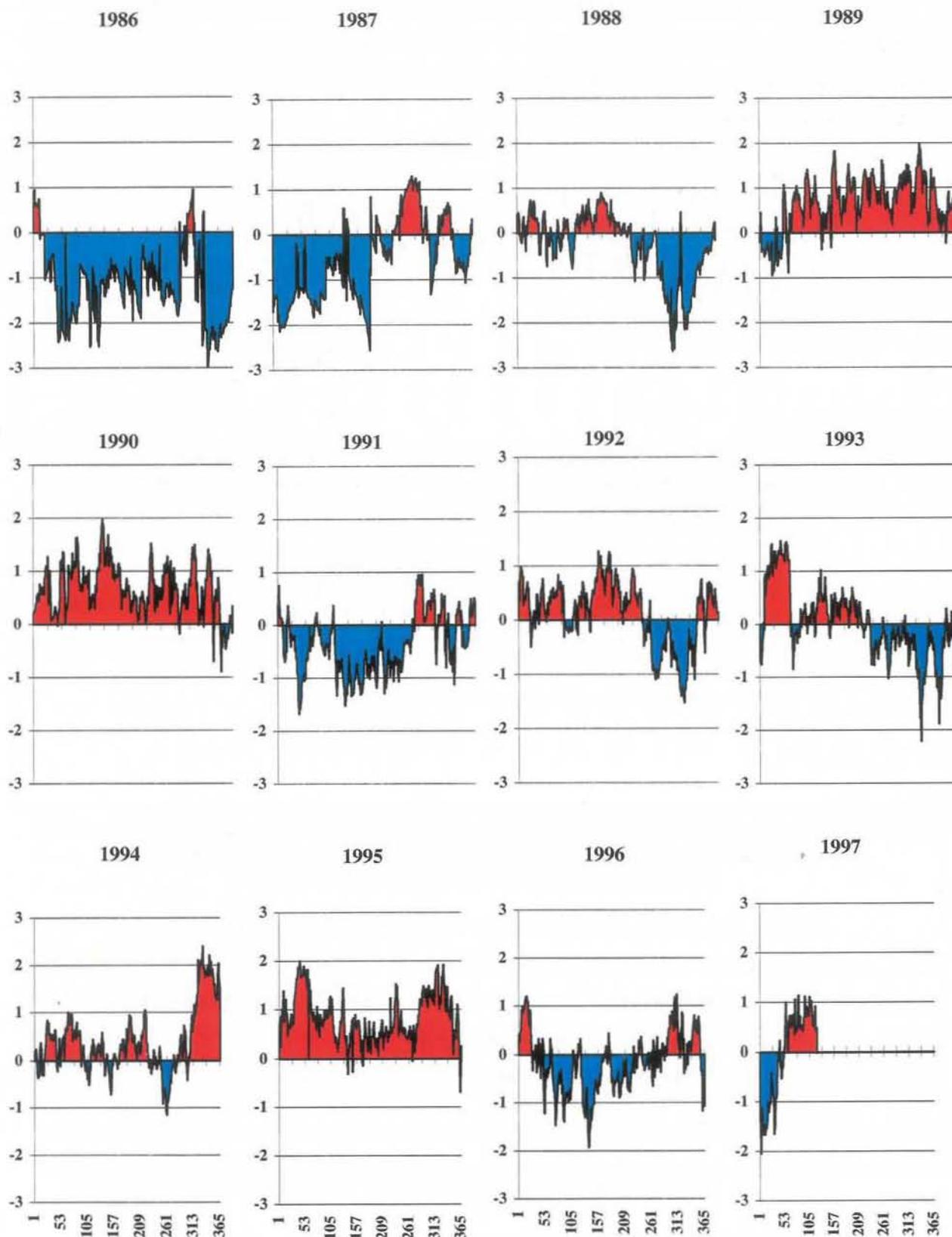


Fig. 2.10 : Centrale de Flamanville - Température de l'eau de mer
 Ecart journalier, en °C, à la moyenne quotidienne
 (moyenne du jour estimée sur la période 01/01/1986-30/04/1997)

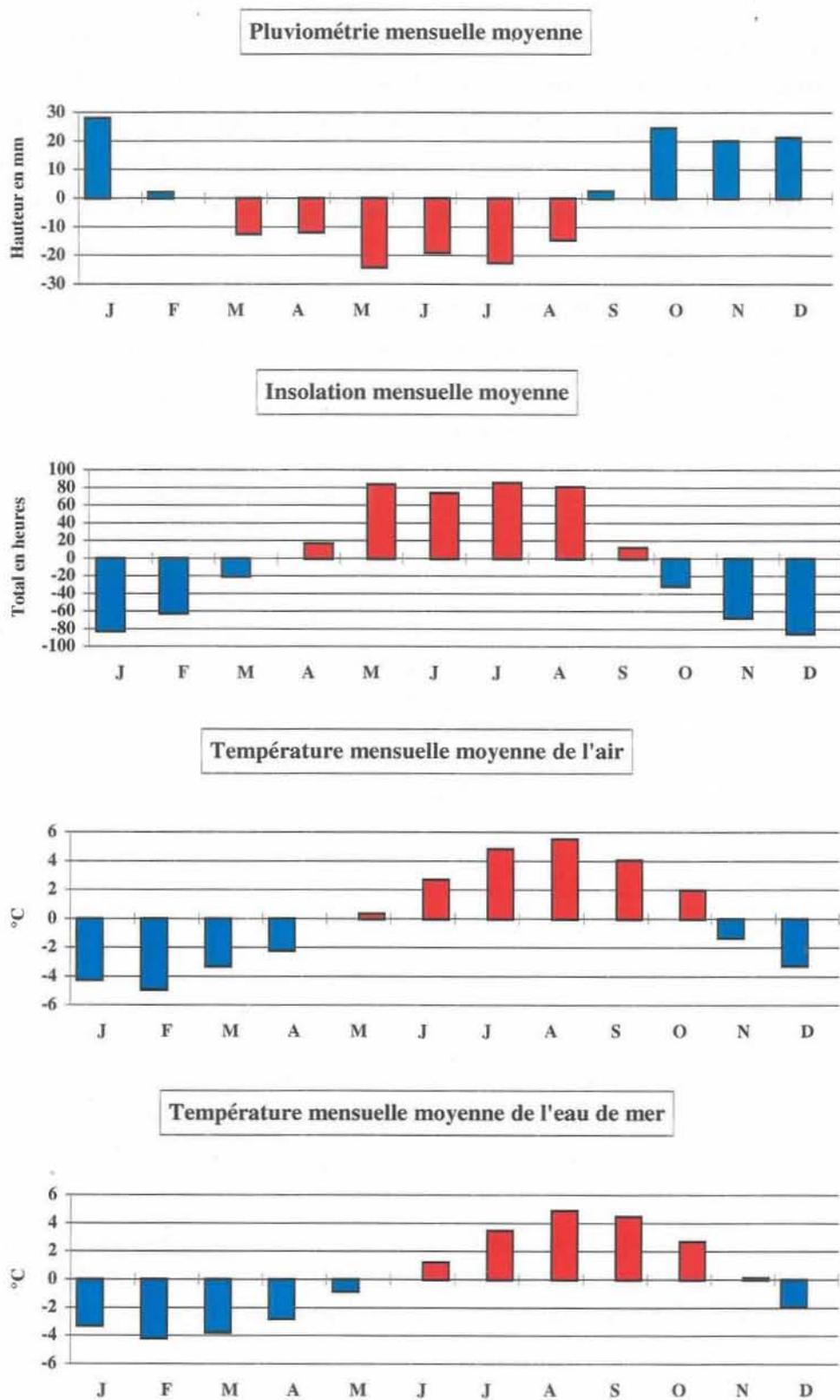


Figure 2.11 : Synthèse environnementale à Flamanville, sur la période 1986-1996
(Pour chaque paramètre, écart mensuel moyen à la moyenne annuelle)

Les températures mensuelles moyennes de l'eau au cours de l'année à Flamanville sont comparées à celles obtenues dans des conditions analogues sur les sites de Paluel et Penly situés en Manche-Est (figure 2.12) ainsi qu'à celles enregistrées à Brest au sein d'un laboratoire de la Direction des Ressources Vivantes de l'IFREMER. Le caractère plus océanique de Flamanville par rapport à Penly et Paluel apparaît nettement, à savoir plus doux en hiver, moins chaud en été.

En février, mois le plus froid en Manche, les quatre points sont bien différenciés, l'influence océanique douce s'atténuant progressivement au fur et à mesure que l'on se déplace vers l'est. En août, les points se répartissent en deux lots bien distincts Manche-ouest (Brest et Flamanville) et Manche-est (Paluel et Penly).

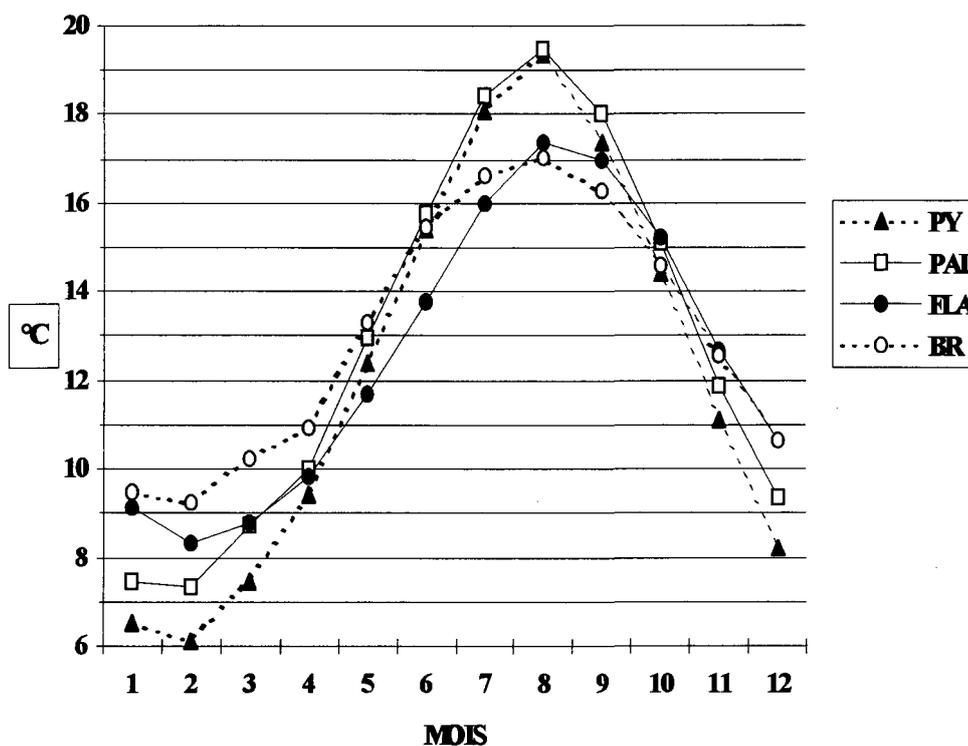


Figure 2.12 : Température de l'eau de mer - Comparaison des moyennes mensuelles obtenues au droit des C.N.P.E. de Penly (PY, 05/1990-04/1997), Paluel (PAL, 01/1991-12/1995) et Flamanville (FLA, 01/1986-04/1997), avec celles enregistrées à Brest (BR, 04/1987-03/1997)

3. LE DOMAINE PELAGIQUE

Etudes et rapport réalisés au Centre **IFREMER** de **BREST** par

Luc	DRÈVÈS ⁽¹⁾	(Microbiologie, Trihalométhanes)
Evelyne	ERARD LE DENN ⁽²⁾	(Phytoplancton)
Michel	LUNVEN ⁽²⁾	(Hydrologie)
Jean Yves	QUINTIN ⁽¹⁾	(Zooplancton)

avec la collaboration de

Philippe	CANN ⁽³⁾
Marie Laure	COCHARD ⁽⁴⁾
Marie Pierre	CRASSOUS ⁽²⁾
Agnès	YOUENOU ⁽²⁾

et du **Laboratoire départemental Frank DUNCOMBE** de **CAEN**

- (1) **IFREMER DEL/CR**
- (2) **IFREMER DEL/EC-PP**
- (3) **IFREMER DEL/EC-EB**
- (4) **IFREMER DRV/RH**

3.1. METHODOLOGIE

De 1987 à 1992, l'étude de Surveillance du domaine pélagique s'est déroulée selon la même procédure. Une année dite "lourde" (1987, 1989, 1991) alterne avec une année dite "légère" (1988, 1990, 1992). Dans le premier cas cité, le contrat prévoit l'identification des espèces tant phytoplanctoniques que zooplanctoniques.

Les principales modifications apportées à la stratégie d'échantillonnage à partir de l'année 1993 sont :

- l'abandon du point "contrôle" ; sont donc visités les points côtiers "entrée" (canal d'amenée) et "sortie" (rejet) de la centrale, ainsi qu'un point hors zone, non impacté (référence),

- un renforcement de la détermination des espèces phyto- et zooplanctoniques, paramètre qui sera mesuré chaque année.

La mesure du paramètre production primaire, interrompu en 1993, est réintroduite à compter de 1994.

Le matériel et les méthodes d'analyse utilisés en 1996 sont les mêmes que ceux appliqués les années précédentes.

Le calendrier des missions, les paramètres étudiés et le nombre d'échantillons effectués en chaque point sont donnés dans le tableau 1.3. Les campagnes se sont déroulées par un coefficient de 52 le vendredi 12 avril, 47-46 le lundi 24 juin, et 35 le vendredi 6 septembre, à partir du N/O THALIA (hydrobiologie, phytoplancton et zooplancton) et du zodiac de la station SNSM de Diélette (bactériologie et trihalométhanes). Le positionnement des points est mentionné sur la carte des abords de Flamanville (Fig. 1.7).

3.2. HYDROLOGIE

3.2.1. Température

Les températures moyennes de l'eau de mer relevées par EDF au canal d'amenée sont inférieures, de février à septembre 1996, aux moyennes saisonnières estimées depuis 1986 (figure 2.6). Ceci explique les températures basses relevées lors des 2 premières campagnes de prélèvement au point Référence, situé au large, non soumis au réchauffement induit par la centrale. Il a ainsi été relevé en ce point une température de 8°43 le 12 Avril 1996, ce qui correspond à la température la plus basse mesurée sur le site depuis 1987 (figure 3.1).

12 avril	Température °c	Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
Canal amenée	8.68 ±0.04	34.85	0.07 ±0.07	11.22 ±0.21	0.14 ±0.00	0.49 ±0.02	1.56 ±0.17
Rejet	9.19 ±0.19	34.90	1.59 ±0.24	12.10 ±1.48	0.15 ±0.01	0.52 ±0.03	1.81 ±0.31
Référence	8.43 ±0.01	35.06 ±0.07	0.15 ±0.15	9.99 ±0.58	0.14 ±0.01	0.69 ±0.43	1.73 ±0.51
24 juin	Température °c	Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
Canal amenée	14.27 ±0.10	35.03	0.08 ±0.06	0.36 ±0.31	0.02 ±0.01	0.09 ±0.02	0.01 ±0.01
Rejet	16.09 ±0.56	35.01	0.00 ±0.00	0.38 ±0.55	0.01 ±0.00	0.08 ±0.07	0.03 ±0.07
Référence	13.46 ±0.13	34.95 ±0.06	0.06 ±0.13	0.42 ±0.13	0.10 ±0.05	0.08 ±0.03	0.00 ±0.00
06 septembre	Température °c	Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
Canal amenée	17.49 ±0.00	34.95	0.06 ±0.01	2.47 ±1.11	0.20 ±0.00	0.20 ±0.03	1.39 ±0.20
Rejet	17.95 ±0.11	35.05	0.10 ±0.02	2.00 ±0.23	0.22 ±0.00	0.29 ±0.05	1.32 ±0.13
Référence	17.02 ±0.06	34.95 ±0.01	0.14 ±0.01	2.60 ±0.43	0.24 ±0.03	0.33 ±0.06	1.30 ±0.40

Tableau 2.1. : Moyennes et écarts-types des paramètres hydrologiques à Flamanville en 1996

Ces observations sont à relier à la climatologie de l'année 1996. Etablie à partir des données recueillies au sémaphore de La Hague, la figure 2.4 superpose les moyennes mensuelles de l'air de 1949 à 1996 et les moyennes mensuelles de l'année 1996. Elle met en évidence des températures de l'air relativement basses au cours du premier semestre 1996.

Concernant l'impact thermique de la centrale sur le milieu, il est possible de calculer la proportion d'eau échauffée au point Rejet en appliquant la formule issue du rapport DERO/86.07/EL (équation simplifiée adaptée au site de Flamanville).

$$\pi = \frac{T^{\circ} \text{ Rejet} - T^{\circ} \text{ CA}}{T^{\circ} \text{ SC} - T^{\circ} \text{ CA}}$$

avec

- π : proportion d'eau échauffée
- $T^{\circ} \text{ Rejet}$: température moyenne de l'eau mesurée au Rejet (surface)
- $T^{\circ} \text{ CA}$: température moyenne de l'eau mesurée au Canal d'Amenée (surface)
- $T^{\circ} \text{ SC}$: température de l'eau mesurée à la sortie du condenseur
(échauffement maximal - données E.D.F - figures 1.4 à 1.6)

A partir des mesures de températures relevées au Canal d'Amenée et sur le Rejet lors des 3 campagnes effectuées au cours de l'année 1996, il est possible d'établir le tableau suivant :

Date	$T^{\circ} \text{ CA}$	$T^{\circ} \text{ SC}$	$T^{\circ} \text{ Rejet}$	π
12 Avril 1996	8.68	20.7	9.45	0.064
24 Juin 1996	14.27	27.1	16.63	0.184
6 Septembre 1996	17.49	29.6	18.06	0.047

Les proportions d'eau échauffée ainsi calculées sont très variables pour l'année 1996. Ces variabilités sont essentiellement dues aux conditions rencontrées lors du positionnement du navire au dessus du Rejet de la Centrale. Le brassage important généré par les forts courants rencontrés sur la zone, la force du vent et de la mer provoquent des mouvements d'évitage du navire sur son mouillage lors des stations de prélèvement au-dessus des émissaires d'eau échauffée. Il est ainsi difficile d'échantillonner précisément 4 réplicats en surface au maximum thermique.

Cette variabilité des températures relevées lors des prélèvements confirme une dilution rapide des eaux échauffées rejetées par la centrale.

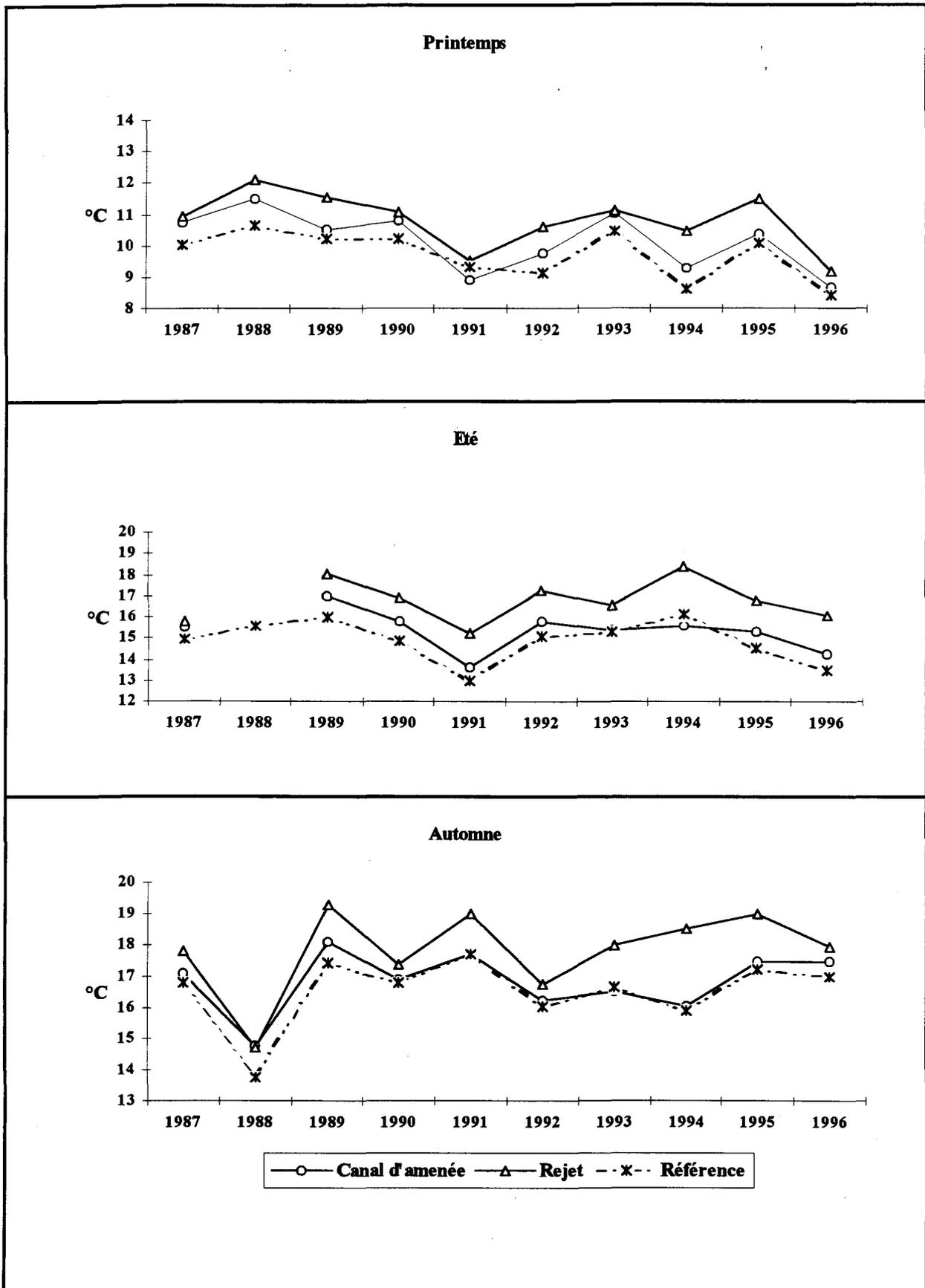


Fig. 3.1 : Evolution de la température de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.2. Salinité

Les valeurs de salinité obtenues sur les 3 stations lors de l'année 1996 sont à relier aux mesures de pluviométrie enregistrées au sémaphore de La Hague (figure 2.1). Après l'année 1995 particulièrement pluvieuse, l'année 1996 aura été marquée par une pluviométrie annuelle totale de 662 mm, inférieure à la moyenne. Ce déficit d'apport d'eau douce se traduit par une augmentation sensible des valeurs de salinité mesurées dans les eaux côtières sur le site de Flamanville (figure 3.2). Ces valeurs restent cependant dans l'intervalle de celles mesurées depuis l'année 1987.

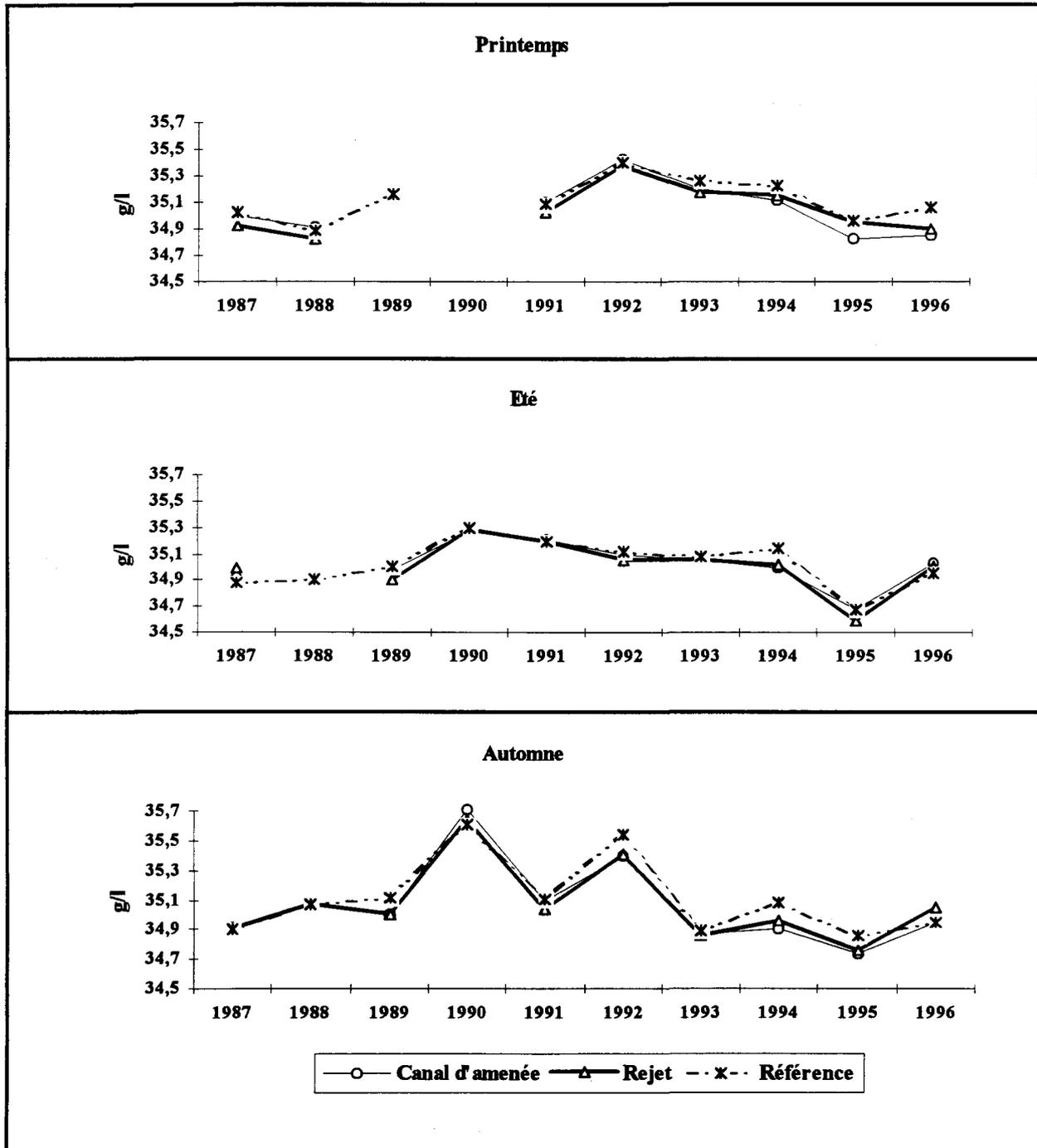


Fig. 3.2 : Evolution de la salinité de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.3. Ammonium

Les teneurs en Ammonium mesurées lors des trois campagnes effectuées en 1996 sont toutes faibles (inférieures à 0.2 $\mu\text{mole/litre}$) excepté un maxima de 1.59 $\mu\text{mole/litre}$ observé sur le Rejet au mois d'Avril (figure 3.3).

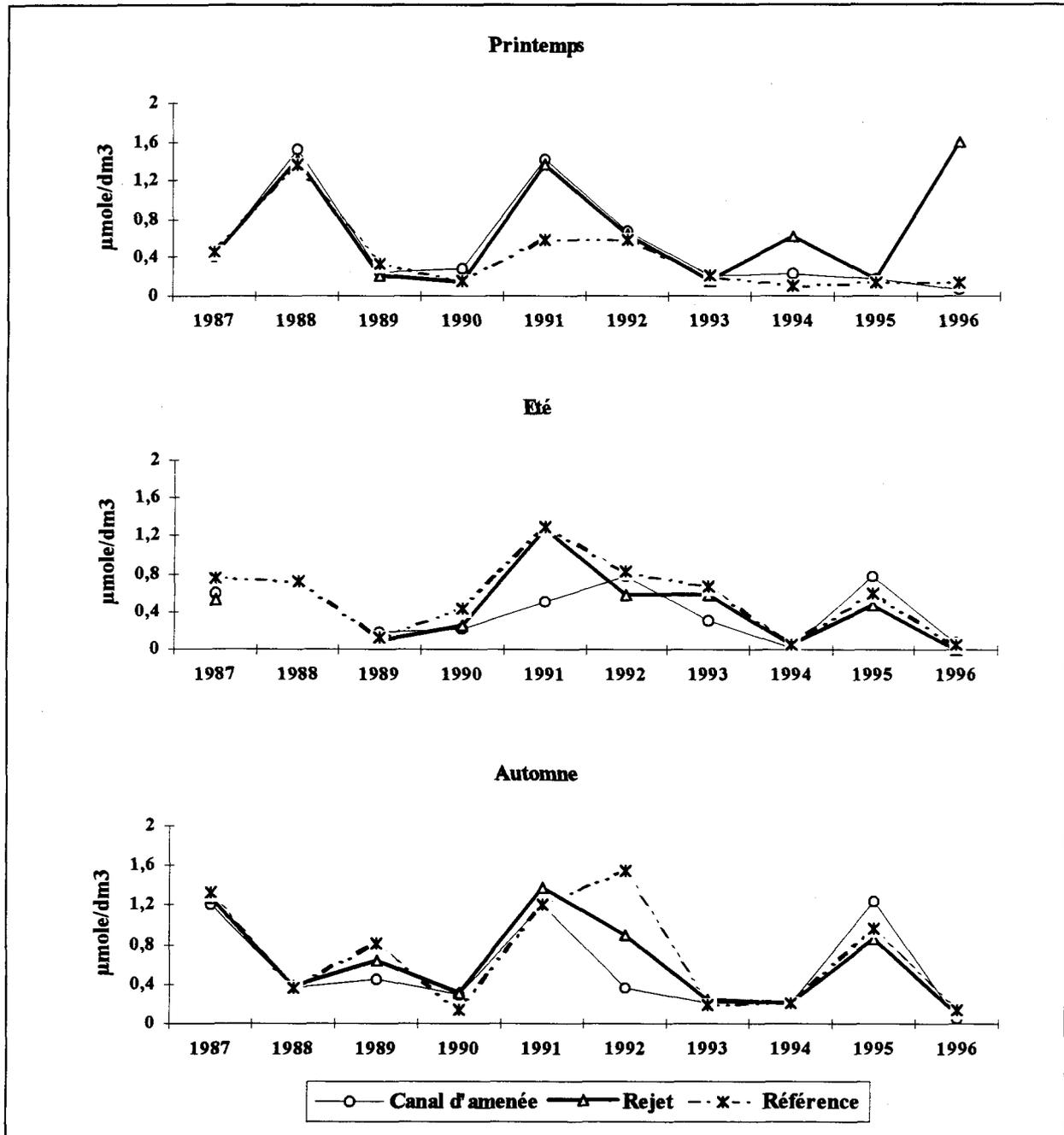


Fig. 3.3 : Evolution de la teneur en ammonium de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

De fortes teneurs en Ammonium dans l'eau de mer peuvent être dues à des contamination par des rejets type "urbain". La station d'épuration implantée sur le site de la Centrale rejette après traitement ses eaux dans le Canal d'Amenée. Ces eaux sont ensuite

pompées afin de refroidir les réacteurs de la Centrale pour être ensuite évacuées en mer. Un déversement ponctuel d'eaux usées provenant de la Centrale peut être à l'origine de cette augmentation très localisée au niveau des rejets. Les valeurs de salinité plus faibles au niveau du rejet par rapport au large confirmerait un apport d'eau douce chargée d'Ammonium.

3.2.4. Nitrate

Les valeurs de Nitrate mesurées en fin d'hiver sont en constante progression depuis 1987. La concentration moyenne calculée sur l'ensemble du site est de 11.10 $\mu\text{mole/litre}$ pour la campagne de prélèvement de fin Avril.

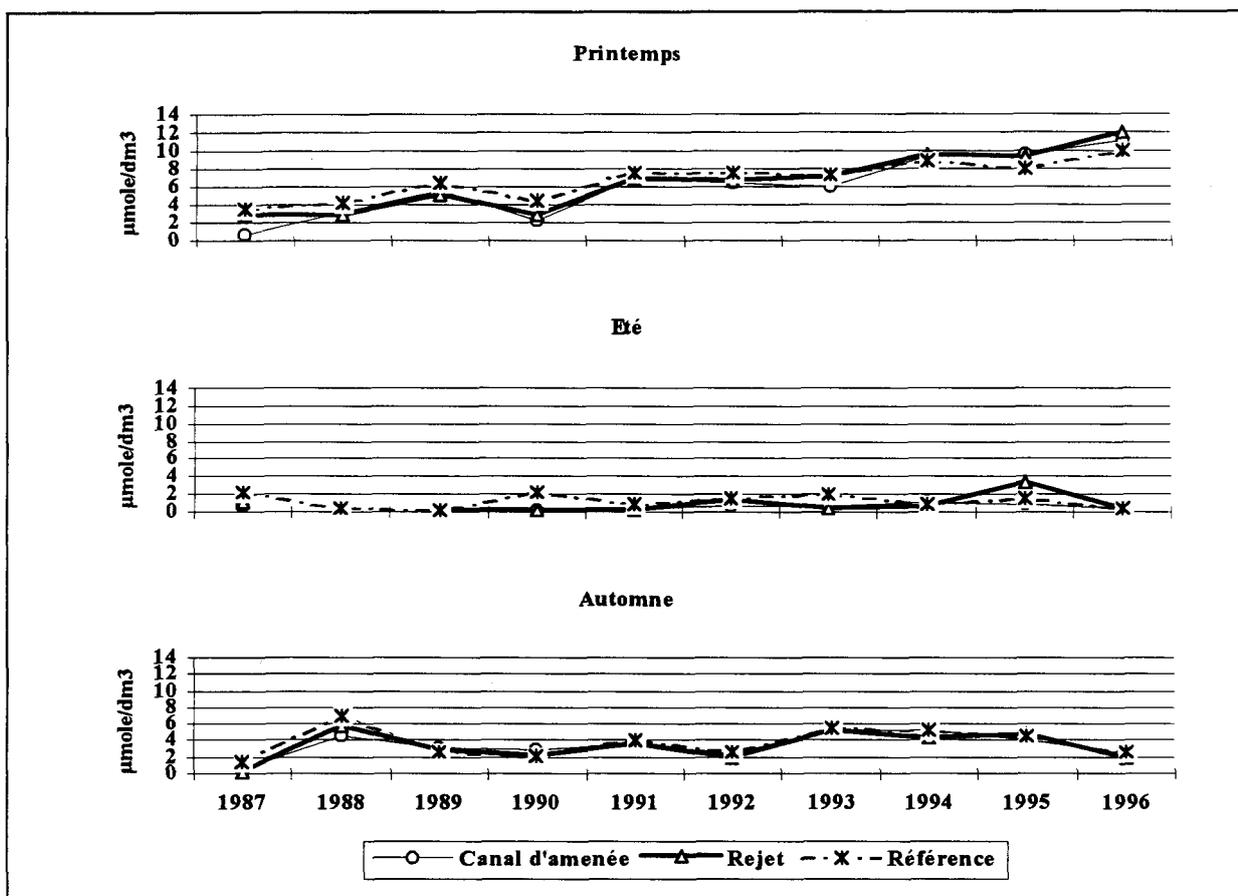


Fig. 3.4 : Evolution de la teneur en nitrate de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

Il s'agit de la plus forte valeur observée depuis 1983, année de démarrage de l'étude de surveillance. Cette augmentation est observable sur les trois points étudiés y compris à la station la plus au large (figure 3.4) ; elle ne peut donc être attribuée au fonctionnement de la centrale.

Les Nitrates proviennent de la minéralisation de la matière organique azotée durant l'hiver mais aussi des rejets terrestres par lessivage des sols. La consommation de cet élément

nutritif par le phytoplancton marin étant réduite pendant la période hivernale, il se produit donc une augmentation naturelle en Nitrate dans le milieu tout au long de l'hiver. La progression régulière et constante observée depuis 1983 pourrait être attribuée à une augmentation en Nitrate d'origine terrestre due aux activités humaines dans la zone Nord et Ouest Cotentin (hypothèse à vérifier).

En Juillet, les valeurs faibles mesurées ($0.4 \mu\text{mole/litre}$), correspondent à la consommation des sels nutritifs par le phytoplancton printanier. Cette concentration va ensuite en croissant et atteint la valeur de $2.4 \mu\text{mole/l}$ au début de l'automne.

3.2.5. Nitrite

Les concentrations en nitrites mesurées au cours de l'année 1996 sont dans l'intervalle de celles mesurées lors des années précédentes (figure 3.5). Les teneurs très faibles de l'ordre de $0.02 \mu\text{mole/litre}$ mesurées en fin Juin correspondent à l'assimilation printanière de l'azote qui fait disparaître les nitrites du milieu. Le maximum mesuré en Septembre ($0.24 \mu\text{mole/litre}$) correspond à la phase de régénération des stocks d'éléments minéraux dissous.

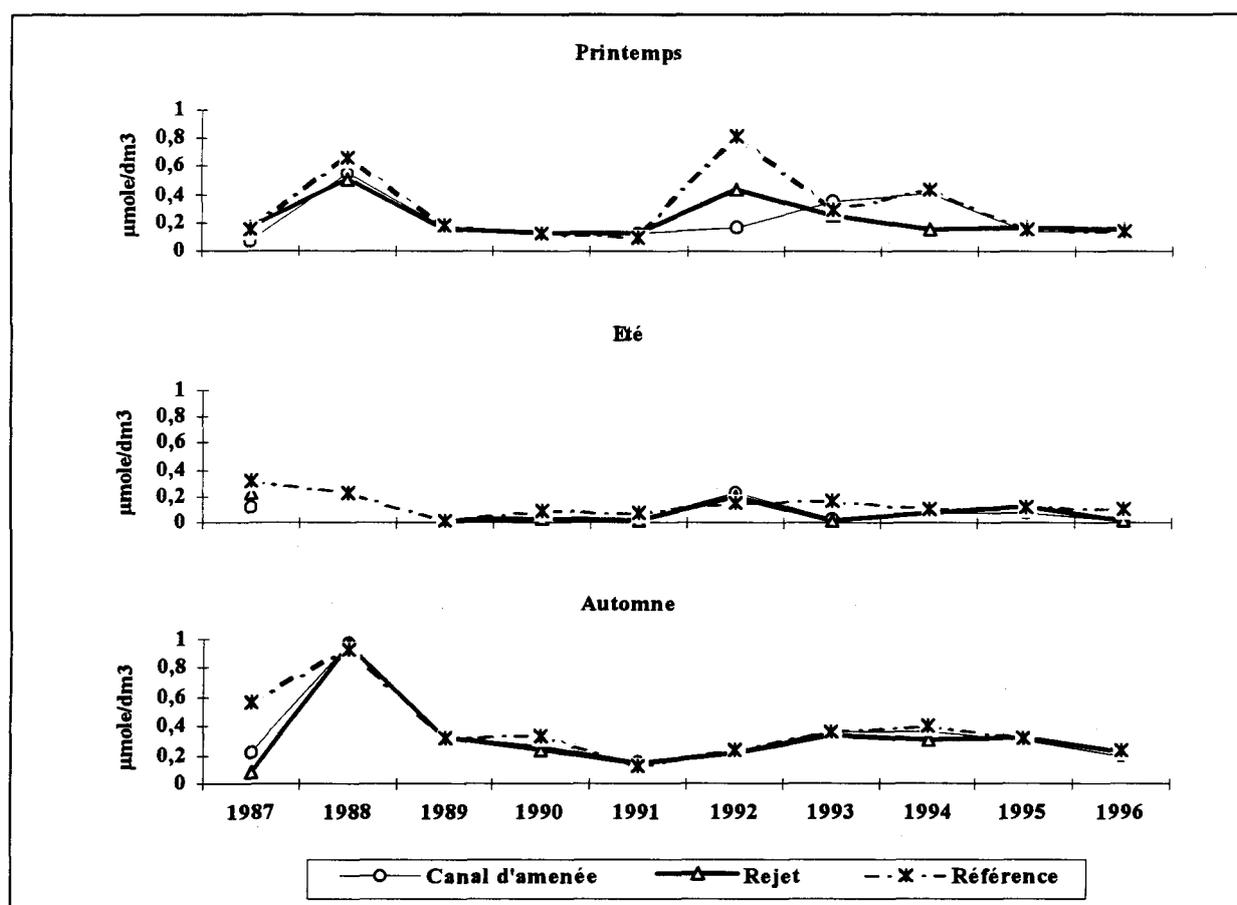


Fig. 3.5 : Evolution de la teneur en nitrite de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.6. Phosphate

Sur les dix dernières années d'étude (figure 3.6), on peut constater une augmentation des valeurs de concentration en phosphates en fin d'hiver ($0.69 \mu\text{mole/litre}$). L'évolution annuelle de ce sel nutritif en milieu marin est en général comparable à celle des Nitrates. L'augmentation des teneurs en NO_3 et PO_4 sur la zone en fin d'hiver est assez bien corrélée.

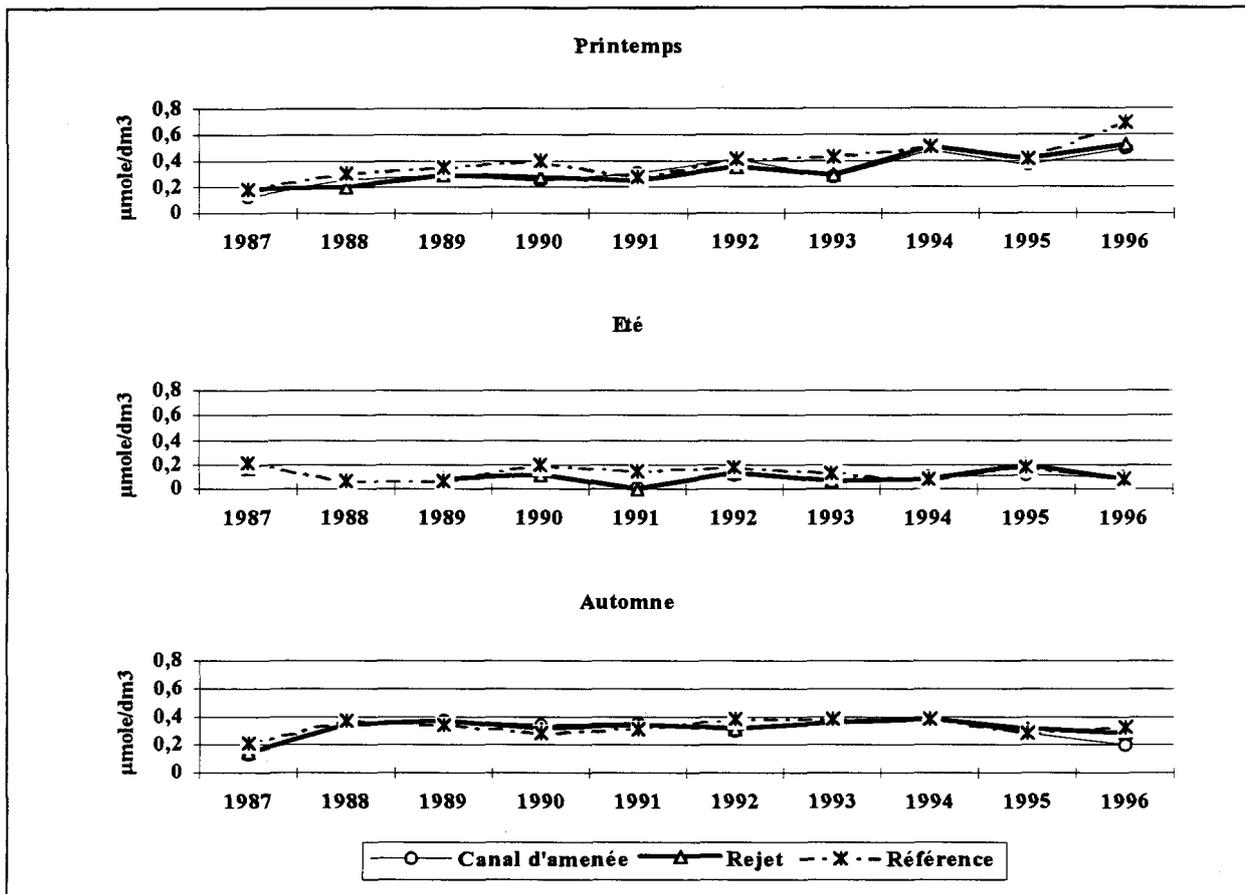


Fig. 3.6 : Evolution de la teneur en phosphate de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.7. Silicate

Les teneurs moyennes en silicate (figure 3.7) sont conformes aux normales saisonnières. Élément nutritif indispensable au développement du phytoplancton marin, il présente une teneur maximale en fin de période hivernale (moyenne de $1.70 \mu\text{mole/litre}$ pour les 3 stations). On le retrouve sous forme de traces ($0.01 \mu\text{mole/litre}$) au mois de juillet après le bloom phytoplanctonique. Sa teneur augmente durant l'été pour atteindre $1.33 \mu\text{mole/litre}$ lors de la dernière campagne du mois de septembre.

12 avril	Chlorophylle $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Phaéopigments $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Production primaire $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{h}$	Microplancton nbre/cm^3	Nanoplancton nbre/cm^3
Canal amenée	0.67 ± 0.06	0.64 ± 0.24	3.73 ± 0.37	54	246
Rejet	0.60 ± 0.21	0.82 ± 0.27	4.80 ± 0.59	44	198
Référence	0.38 ± 0.30	0.49 ± 0.28	5.58 ± 0.61	69.50 ± 3.54	241.50 ± 58.69
24 juin	Chlorophylle $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Phaéopigments $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Production primaire $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{h}$	Microplancton nbre/cm^3	Nanoplancton nbre/cm^3
Canal amenée	1.76 ± 0.49	0.69 ± 0.35	8.27 ± 1.61	379	532
Rejet	2.09 ± 0.57	0.50 ± 0.23	8.73 ± 0.66	377	699
Référence	3.96 ± 0.13	1.00 ± 0.43	19.11 ± 2.68	366.50 ± 34.65	565.50 ± 47.38
06 septembre	Chlorophylle $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Phaéopigments $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Production primaire $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{h}$	Microplancton nbre/cm^3	Nanoplancton nbre/cm^3
Canal amenée	1.38 ± 0.16	0.46 ± 0.11	12.08 ± 1.15	139	965
Rejet	1.07 ± 0.29	0.28 ± 0.07	9.86 ± 1.09	141	998
Référence	0.39 ± 0.20	0.34 ± 0.08	5.21 ± 0.72	65.50 2.12	566.00 ± 0.00

Tableau 2.2 : Moyennes et écarts-types des paramètres phytoplanctoniques au droit du CNPE de Flamanville en 1996

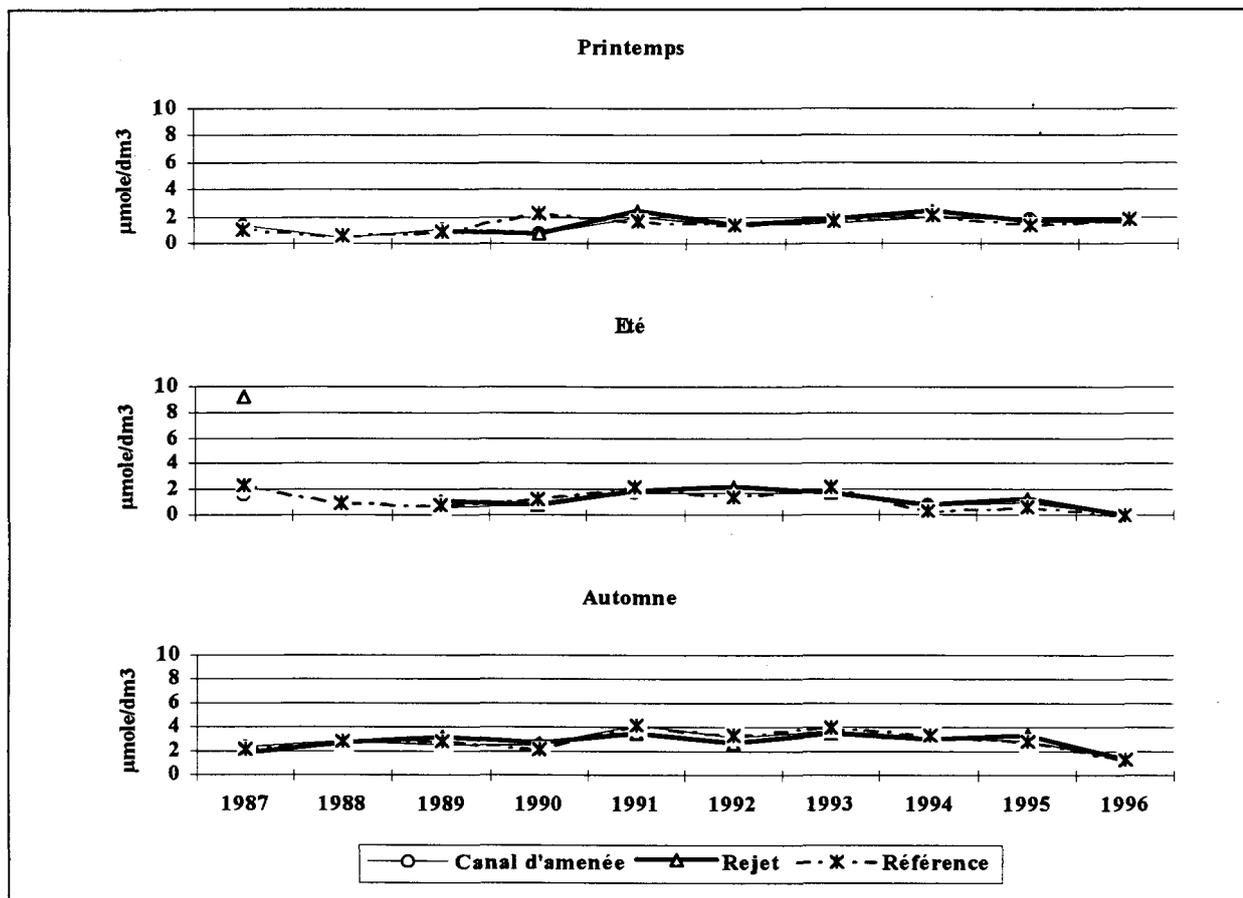


Fig. 3.7 : Evolution de la teneur en silicate de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.3 PHYTOPLANCTON

En 1996, tous les paramètres globaux, chlorophylle, production primaire et microplancton ont été mesurés pour estimer "l'impact" de l'échauffement de la masse d'eau. A chaque point de prélèvement les mesures des réplicats sont moyennées et représentées sous forme de tableau (3.2) et de figures (3.8 à 3.11). Les valeurs observées servent à suivre aussi bien les éventuelles variations côte-large dues à la centrale durant l'année 1996, que l'évolution des variations temporelles depuis 1987.

Dans le cas présent, les échauffements sont faibles (*cf.* 3.2.1), particulièrement en avril et en septembre, périodes durant lesquelles les taux de dilution élevés (environ 95 %) laissent supposer une faible variation de la biomasse phytoplanctonique par rapport au canal d'amenée. Les calculs de déficit aussi bien pour la biomasse chlorophyllienne que pour le microplancton sont dans ce cas simplifiés et correspondent à :

$$(V_a - V_r) * 100 / V_a \quad \text{avec} \quad V_a : \text{valeur observée au canal d'amenée} \\ V_r : \text{valeur observée au point rejet}$$

	Chlorophylle	Production primaire	Microplancton
12 avril	-10.45 %	+28.69 %	-18.52 %
24 juin	+18.75 %	+5.56 %	-0.53 %
6 septembre	-22.46 %	-18.38 %	+1.44 %

Tableau 3.3 : Déficients phytoplanctoniques en 1996

Dans l'ensemble les déficits sont de l'ordre de 20 % et sont relativement peu élevés au vu des écarts-types calculés.

3.3.1 Biomasse chlorophyllienne

Au cours des trois campagnes réalisées en 1996, les moyennes des biomasses algales évoluent, en μg de chlorophylle *a* par dm^3 , entre 0.38 ± 0.30 (en avril au point référence) et 2.09 ± 0.57 (en juin au point rejet).

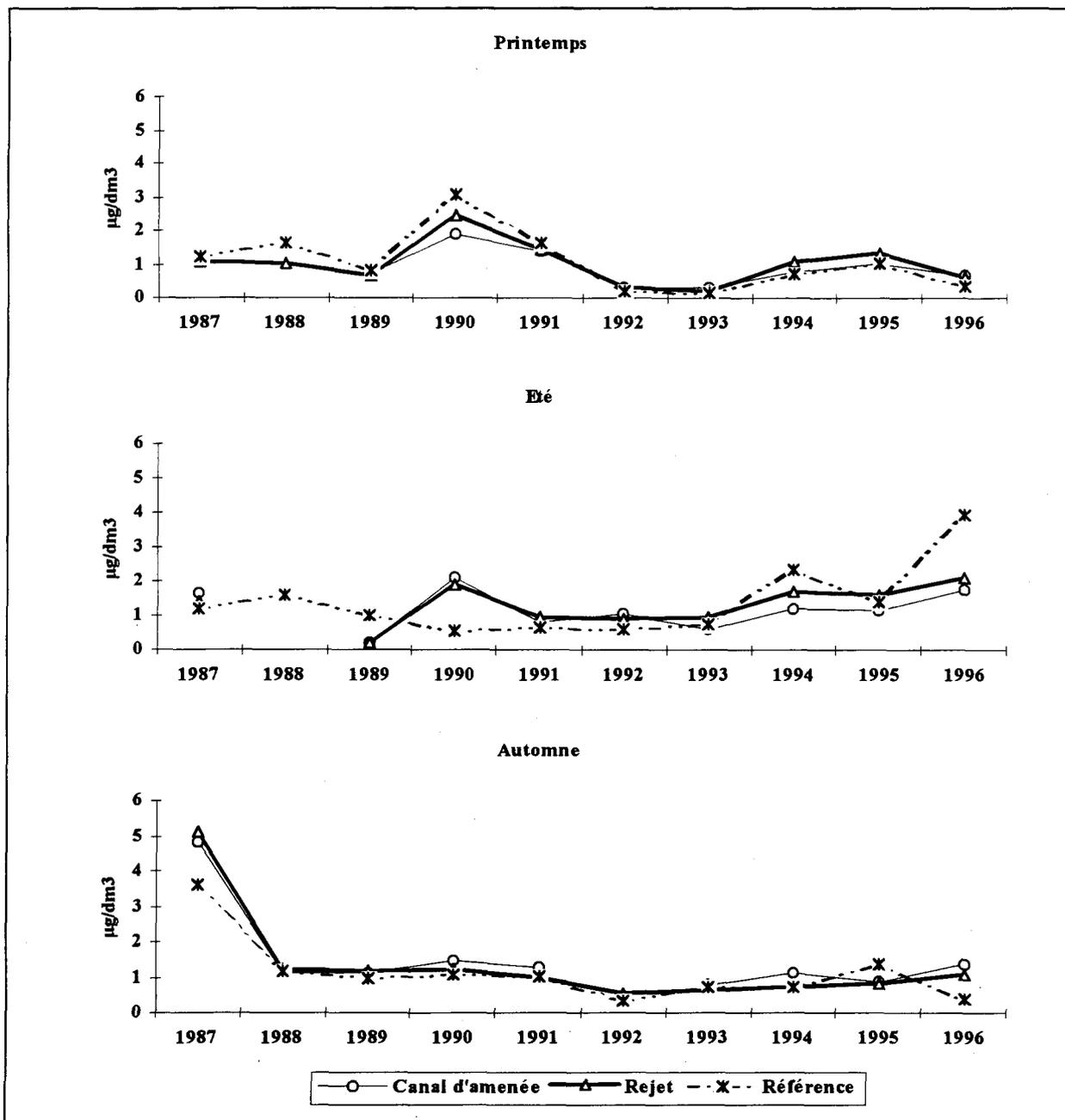


Fig. 3.8 : Evolution de la chlorophylle de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

Les valeurs relevées en avril sont faibles et inférieures d'environ 50 % à celles relevées en 1995 à la même période. Ces valeurs s'expliquent par les basses températures relevées lors de la campagne de prélèvement. Ces valeurs restent néanmoins situées dans l'intervalle des valeurs observées depuis 1987 puisque les prélèvements effectués en 1992 (0.31 μg) et 1993 (0.21 μg) enregistrent des valeurs identiques.

En Juin la station référence présente la valeur la plus élevée 2.09 μg par dm^3 . Cette valeur est à relier au bon état physiologique des cellules présentes.

3.3.2 Phaeopigments

Dépendantes des valeurs de la chlorophylle, les valeurs des pigments de dégradation suivent les mêmes fluctuations, excepté lors de la campagne d'avril pour laquelle les valeurs sont élevées par rapport à celles de la chlorophylle. Lors de cette campagne le taux de chlorophylle active varie de 42 à 52 %, indiquant la présence de cellules en fin de croissance et en mauvais état physiologique.

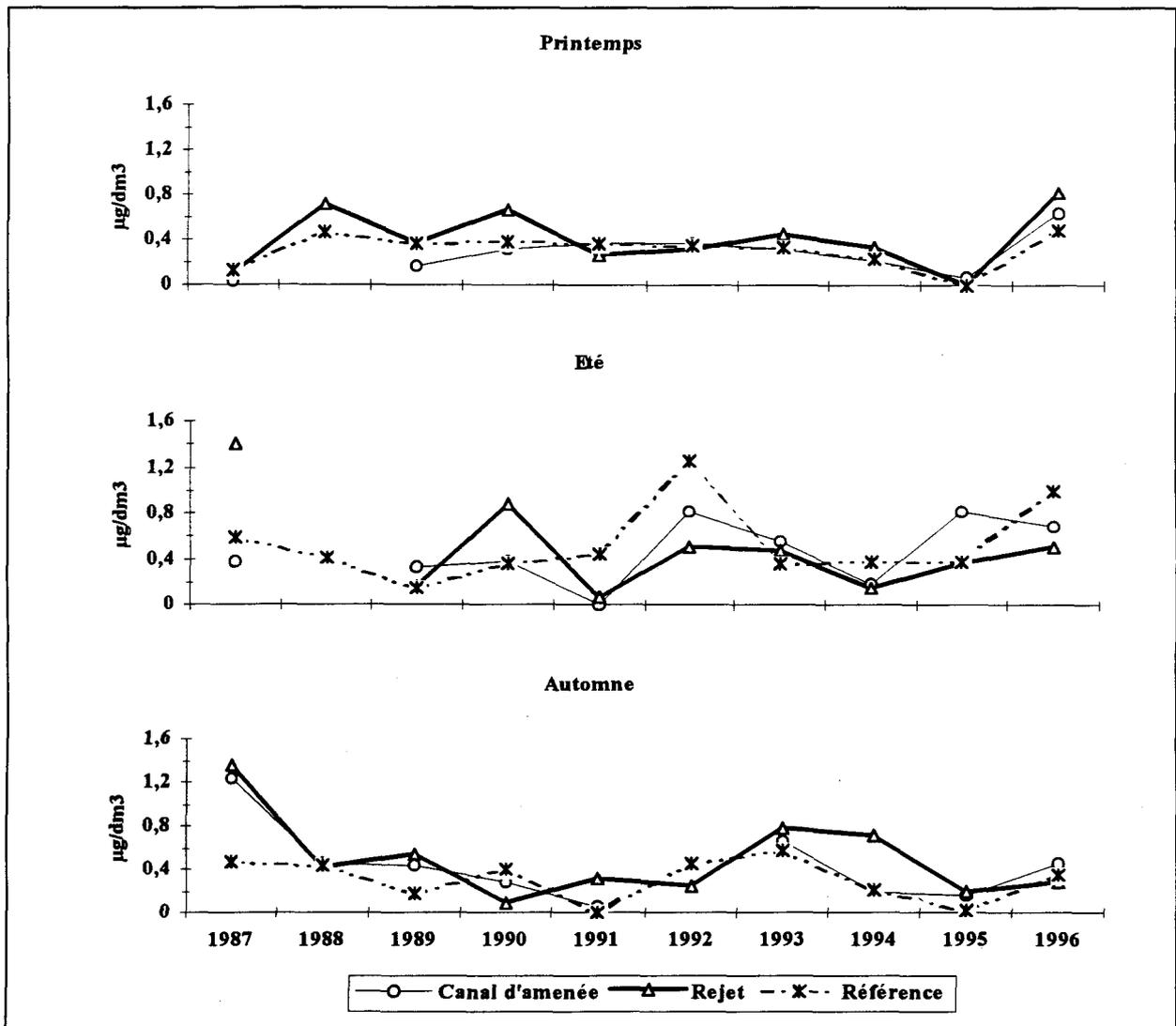


Fig. 3.9 : Evolution des phaeopigments de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.3.3 Production primaire

En 1996 tous les prélèvements réalisés montrent des valeurs en production primaire plus élevées qu'en 1995. Les valeurs comprises entre 3.73 ± 0.37 et 19.11 ± 2.68 mgC/m³/h sont cependant comprises dans la fourchette des fluctuations saisonnières relevées depuis 1987. En juin la campagne présente les valeurs les plus élevées au point référence où prolifèrent des cellules très productives comme *Rhizosolenia spp.*

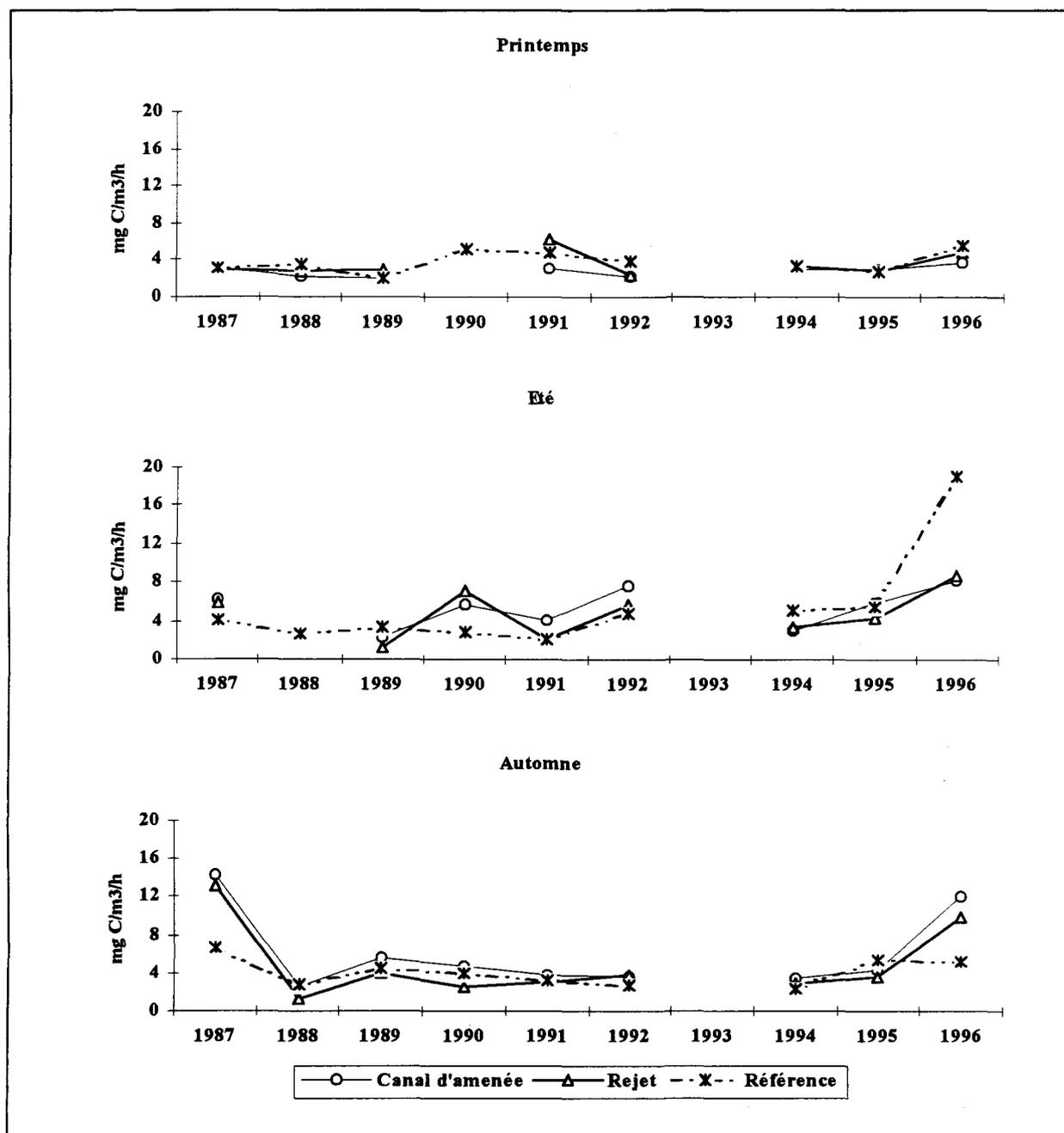


Fig. 3.10 : Evolution de la production primaire de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville.

3.3.4 Microplancton

Au vu des résultats les prélèvements ont été effectués à des périodes durant lesquelles le phytoplancton était relativement abondant (de 44 000 à 379 000 cellules au litre). Ces valeurs sont représentatives du site.

La campagne "estivale" présente les valeurs les plus élevées (≈ 370 000 cellules au litre), quatre fois plus importantes que celles de l'année précédente explicable par la différence qualitative de la population phytoplanctonique.

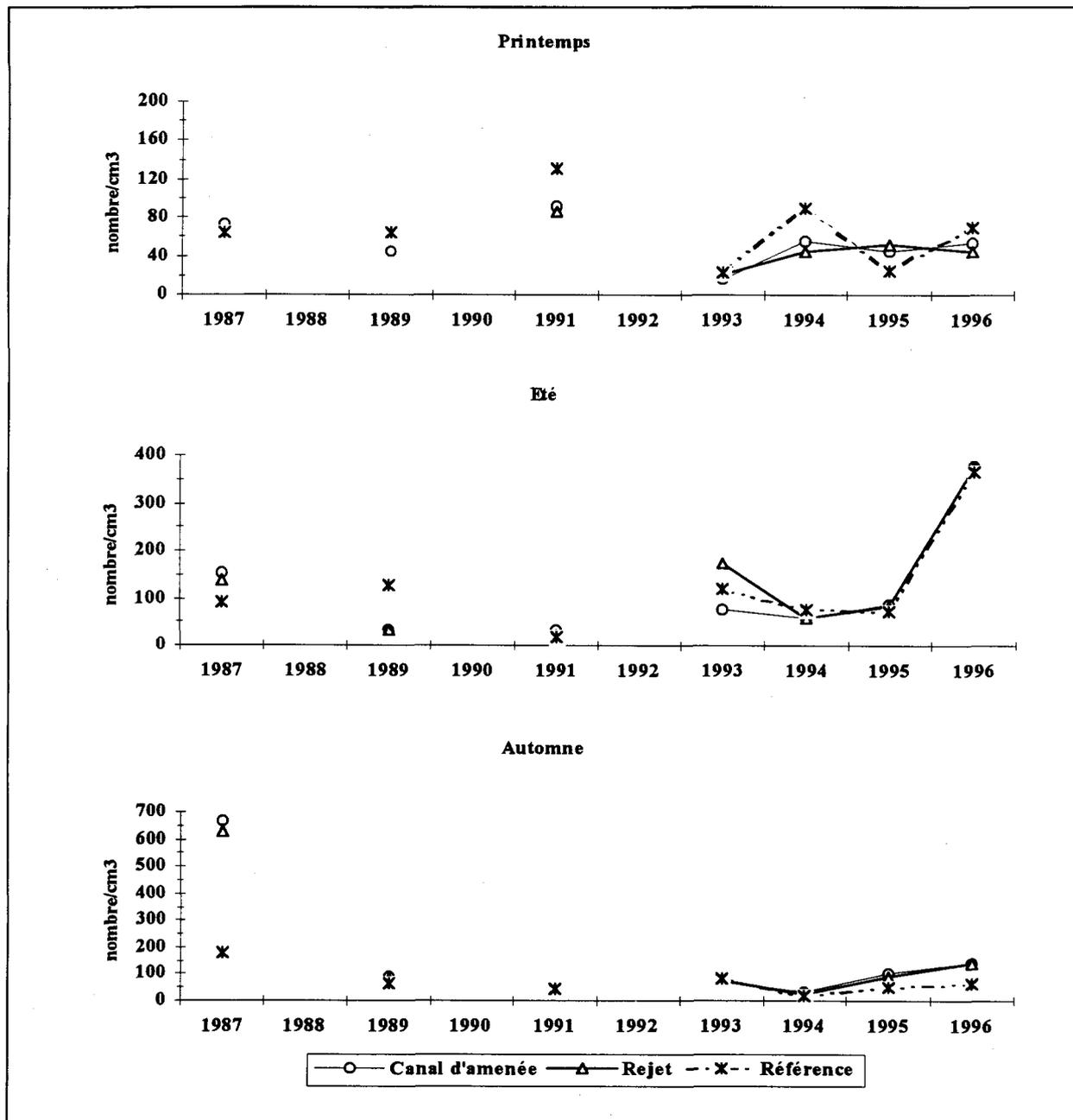


Fig. 3.11 : Evolution du microplancton de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville.

Taxons	12 avril 1996						24 juin 1996						6 septembre 1996					
	canal amenée		rejet		référence		canal amenée		rejet		référence		canal amenée		rejet		référence	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
<i>Chaetoceros</i> spp.	0.3	0.6	0.4	0.9	0.7	2.1	2.0	0.5	2.2	0.6	0.8	0.2	51.0	36.7	67.0	47.6	30.6	54.3
<i>Navicula</i> spp.	11.3	20.7	13.6	31.2	19.5	28.0					0.2	0.1	1.2	0.9	2.2	1.6	1.7	2.6
<i>Nitzschia</i> spp.	8	14.7	6.2	14.2	7.1	10.2	1.2	0.3	0.6	0.2	3.9	1.0	4.3	3.1	2.2	1.6	2.9	4.4
<i>Paralia</i> <i>sulcata</i>	1.9	3.5	1.8	4.2	0.3	0.4									1	0.7	0.6	0.9
<i>Rhizosolenia</i> <i>delicatula</i>					0.3	0.4	131.3	34.7	88.7	23.5	85.4	23.3	40.6	29.2	31.3	22.2	8.7	13.3
<i>Rhizosolenia</i> <i>fragilissima</i>					0.1	0.1	57.3	15.1	78.1	20.7	114	31.2					0.1	0.2
<i>Rhizosolenia</i> <i>setigera</i>	0.4	0.7	0.6	1.4	0.3	0.4	2.0	0.5	2.0	0.5	0.7	0.2	2.2	1.6	1	0.7	0.6	0.9
<i>Rhizosolenia</i> <i>shrubsolei</i>							6.1	1.6	6.1	1.6	5.4	1.4						
<i>Rhizosolenia</i> <i>stolterfortii</i>											0.2	0.1			0.6	0.4		
<i>Rhizosolenia</i> spp.	0.4	0.7	0.6	1.4	0.7	0.9	196.7	51.9	174.9	46.3	205.7	56.2	42.8	30.8	32.9	23.3	9.4	14.4
<i>Skeletonema</i> <i>costatum</i>	22.1	40.7	5.3	12.1	21.8	31.4					2.8	0.8	21.9	15.8	16.6	11.8	5.7	8.6
<i>Thalassionema</i> <i>nitzschoïdes</i>	0.8	1.5	2.2	5.1	0.4	0.6	0.6	0.2	0.4	0.1	0.3	0.1			0.4	0.3		
<i>Thalassiosira</i> spp.	9	16.7	11.5	26.6	12.9	16.6	172.4	45.5	193.5	51.3	145	39.6	13.2	9.5	13.8	9.8	5	7.6
<i>Diatomées</i>	53.8	99.1	41.6	95.7	63.4	90.2	372.9	98.4	371.6	98.5	358.7	98	134.4	96.8	136.1	96.7	55.9	92.8
<i>Dinoflagellés</i>			0.1	0.2	2.9	4.2	2.2	0.6	2.6	0.7	1.3	0.4	0.4	0.3	1.2	0.9	1.3	2

Tableau 3.4 : Nombre en cm³ et pourcentage de dominance des espèces et genres dominants supérieurs à 0.1 %

3.3.5 Evolution des populations phytoplanctoniques

Le tableau 3.4 regroupe les taxons prédominants à plus de 0.1 % durant l'année d'étude. Les diatomées représentent toujours plus de 90 % de la population, et les différentes espèces sont le reflet des valeurs mesurées en chlorophylle et en production primaire.

Dans l'ensemble les populations observées correspondent à une succession saisonnière classique du phytoplancton en Manche occidentale.

- En période avant bloom (avril) : présence de taxons à préférendum hivernal et côtier dominants comme *Navicula* spp qui culmine à plus de 31 %. L'espèce *Skeletonema costatum* est également représentée et atteint 40 % au canal d'aménée.

- En période estivale les genres *Rhizosolenia* et *Thalassiosira* sont dominants, représentant plus de 95 % de la population. Ces taxons caractéristiques de la période estivale sont essentiellement composés par les espèces *Rhizosolenia delicatula* et *R. fragilissima* et *Thalassiosira gravida*.

Durant la campagne de Juin le point référence se distingue par sa forte productivité explicable par la densité importante en *Rhizosolenia* spp.(56 %) cellules très productives en cette période.

- En période automnale, la population se diversifie et est représentée par *Chaetoceros* spp (54.3 % au canal d'aménée) comprenant, *C. perpusillum* et *C.didymus*. D'autres taxons ont également été dénombrés comme *Rhizosolenia delicatula* (29 % au canal d'aménée) et *Skeletonema costatum* (16 %).

3.4. ZOOPLANCTON

Les études de projet et celles de la première phase de surveillance ont mis en évidence une assez bonne homogénéité spatiale due au brassage intense du milieu. La mise en fonctionnement de la centrale peut-elle rompre cette homogénéité ? Si oui, les échantillons de quels points sont responsables de l'hétérogénéité ?

Le mode de prélèvement au filet triple WP2, à vide de maille de 200 µm, reste inchangé : six échantillons pour la mesure de la biomasse, du carbone total et de l'azote, un échantillon pour la détermination et la numération des principales espèces zooplanctoniques.

La méthodologie analytique est identique à celle de l'année antérieure. L'étuve MEMMERT UL40 et la balance METTLER MK160 sont utilisées pour la mesure de la biomasse zooplanctonique. L'analyseur LECO-CHN 800 et sa balance LECO-350 sont utilisés pour la mesure du carbone total et de l'azote. La détermination des espèces zooplanctoniques est effectuée à la loupe binoculaire.

3.4.1. Méthodologie de traitement.

La méthode statistique nous permet d'étudier les variations spatiales sur le site de Flamanville. Pour tester l'homogénéité spatiale, l'utilisation de l'analyse de variance à un critère de classification suivie d'un test de comparaisons multiples, pour identifier au niveau des valeurs de chaque paramètre les moyennes qui diffèrent les unes des autres, suppose des échantillons de grande taille, des populations normales et une égalité des variances.

Planche 3.1

FLAMANVILLE 12 avril 1996

BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

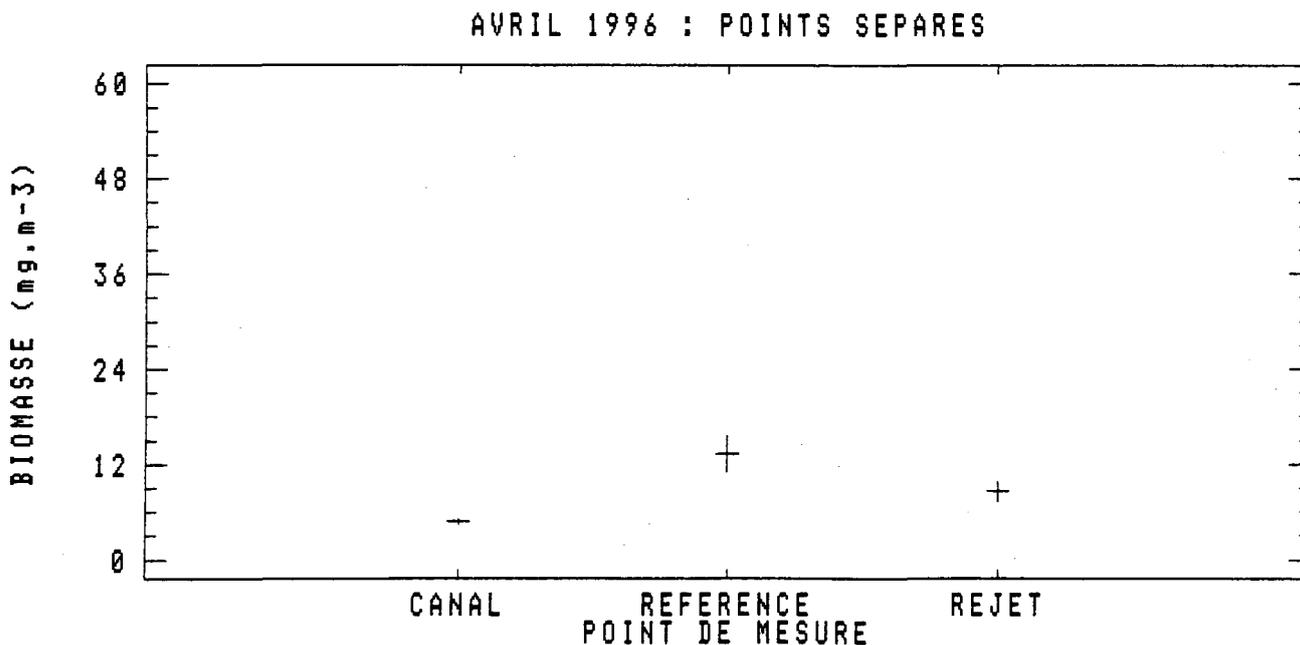
Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	4,78	0,36	4,0
REFERENCE	6	13,33	2,24	14,7
REJET	6	8,58	1,3	9,8
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 12,01				
Niveau de signification = 2,46 E-3				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;0C; p'}$	Hypothèse d'égalité
1	REFERENCE - CANAL	4,89	3	3,314	REJETEE
2	REJET - CANAL	3,96	2	2,772	REJETEE
3	REFERENCE - REJET	3,28	2	2,772	REJETEE

Station	Groupes homogènes
CANAL	*
REJET	*
REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



Nous avons donc préféré utiliser le test non paramétrique de Kruskal-Wallis suivi d'un test de comparaisons multiples appliqué au rang qui ne nécessite aucune condition particulière (QUINTIN, 1990).

Le traitement suivant est appliqué pour chaque paramètre (biomasse, carbone total, azote), et pour chacune des trois campagnes de mesures de l'année 1996, entre les points Canal, Rejet, Référence :

- un test non paramétrique de Kruskal-Wallis ou test H utilisé dans les cas de liaison entre un caractère quantitatif et un caractère qualitatif à k classes ($k > 2$) permet de déterminer si les k rangs moyens se révèlent trop disparates pour retenir l'hypothèse H_0 d'unicité de la population d'origine des échantillons, c'est-à-dire d'homogénéité spatiale¹.

- un tracé des moyennes (barre horizontale) des effectifs de chacune des k classes correspondant aux points de prélèvements et l'intervalle de deux erreurs-standards (barre) pour chacune de ces moyennes.

- dans le cas où le test H indique une hétérogénéité au sein du groupe d'échantillons, l'hypothèse H_1 est acceptée. Un test non paramétrique de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls (SNK), appliqué au rang, permet d'identifier le groupe d'échantillons qui se révèle significativement différent des autres et cause l'hétérogénéité.

Les k sommes des rangs sont ordonnées par ordre croissant de valeurs. Nous effectuons la série des comparaisons pas à pas des différences entre les sommes de rangs prises deux à deux en commençant par la plus grande. Nous calculons la variable auxiliaire :

$$q_{kw} = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{SR} \text{ avec } SR = \sqrt{\frac{n_j (n_j \cdot p') (n_j \cdot p' + 1)}{12}}$$

(NEMENYI, 1963 ; WILCOXON et WILCOX, 1964 cités dans SCHERRER, 1984).

$R_{\max} - R_{\min}$ = différence entre les sommes de rang

SR = erreur type

n_j = effectif du j^{ème} échantillon (constant d'un échantillon à l'autre)

p' = k (au premier pas), k-1 (au deuxième pas).

Si la valeur q_{kw} est supérieure à celle critique $q_{\alpha, \infty, p'}$ de l'étendue de Student, avec $\alpha = 0,05$, alors l'hypothèse d'égalité est rejetée pour les échantillons considérés.

¹ Subroutine ANOVA de STATGRAPHICS^R, PLUS * WARETM, STSC inc (USA).

Planche 3.2

FLAMANVILLE 12 avril 1996

CARBONE TOTAL

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

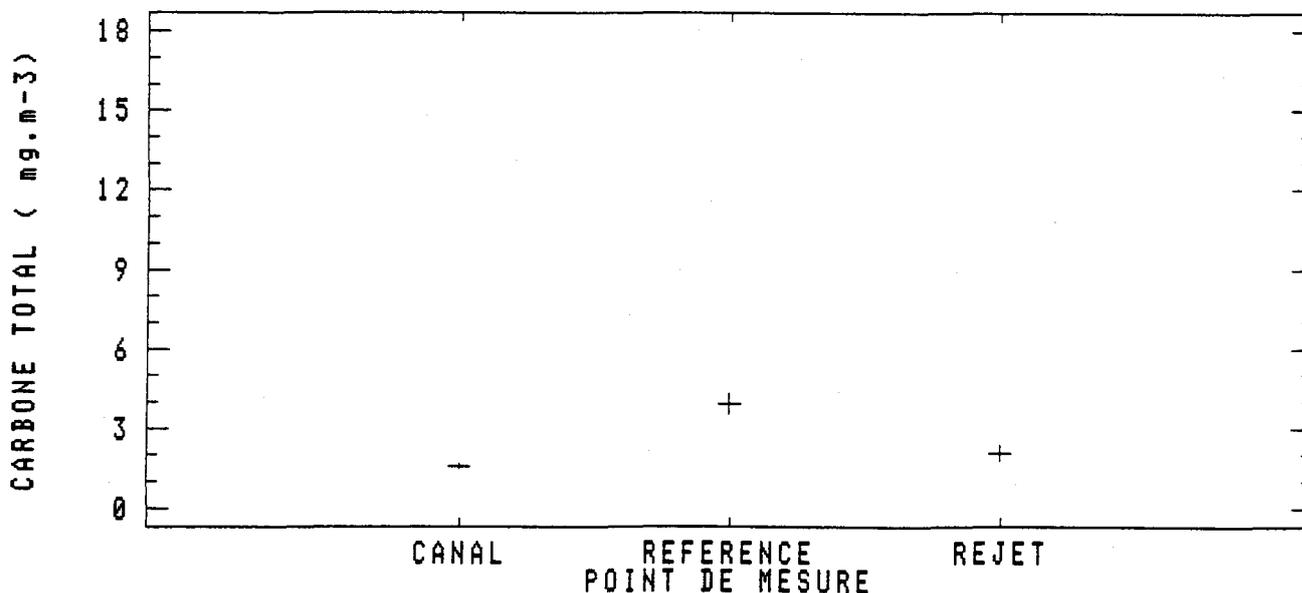
Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	1,59	0,12	5,2
REFERENCE	6	3,93	0,40	15,3
REJET	6	2,07	0,31	8,0
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 11,59 Niveau de signification = 3,04 E-3				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;oc; p'}$	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - CANAL	4,66	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - REJET	4,98	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET - CANAL	1,93	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

AVRIL 1996 : POINTS SEPARES



3.4.2. Variation spatiale en avril des biomasse, carbone total et azote (pl.3.1 à 3.3)

Le test de Kruskal-Wallis dépasse la valeur critique $\chi^2_{0,05(2)} = 5,99$ pour la biomasse ($H = 12,01$), le carbone total ($H = 11,59$) et l'azote ($H = 11,94$). L'hypothèse (H_0) d'homogénéité spatiale est rejetée.

Le test de comparaison multiple montre que le point référence se distingue des autres points pour les trois paramètres étudiés. Les moyennes y sont plus élevées. Le point rejet présente des résultats proches de ceux du point canal, sauf pour la biomasse.

Les tracés des moyennes font apparaître au point rejet, pour les trois paramètres, des résultats situés dans la fourchette de ceux des points non impactés (canal, référence).

3.4.3. Variation spatiale en juin des biomasse, carbone total et azote (pl.3.4 à pl. 3.6)

La valeur critique de 5,99 n'est pas dépassée pour les trois paramètres étudiés. Nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse H_0 d'homogénéité spatiale pour la biomasse ($H = 0,43$), le carbone total ($H = 0,25$) et l'azote ($H = 5,98$).

Les tracés des moyennes par paramètre montrent des résultats équivalents pour chacun des trois points.

3.4.4. Variation spatiale en septembre des biomasse, carbone total et azote (pl. 3.7 à 3.9)

La valeur critique du test H est dépassée pour la biomasse ($H = 15,16$), le carbone total ($H = 14$) et l'azote ($H = 13,13$).

Le test de comparaison multiple montre une hétérogénéité spatiale pour les trois paramètres étudiés. Les trois points sont distincts.

Le tracé des moyennes par paramètre présente, pour le point rejet, des valeurs légèrement supérieures à celles des autres points.

3.4.5. Interprétation biologique des variations spatiales en 1996 :

l'influence du facteur thermique (pl. 3.10 à 3.12)

Le diagramme température-salinité par colonne d'eau, codé pour les points canal (1), rejet (2), référence (4), groupés pour les mois d'avril, juin et septembre 1996 montre un rassemblement des données dans les gammes de températures respectives de 8,5 -9,5 °C, 13,5-16,0°C, et 17,0-18,0 °C. Pour chaque période de temps considérée, le point rejet présente l'écart thermique (dT) le plus grand par rapport aux points référence. Ce dT ne dépasse pas 0,8 °C en avril, 2,6 °C en juin, et 0,9 °C en septembre.

Planche 3.3

FLAMANVILLE 12 avril 1996

AZOTE

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,33	0,02	5,3
REFERENCE	6	0,86	0,08	15,5
REJET	6	0,39	0,06	7,7
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 11,94 Niveau de signification = 2,55 E-3				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q _{kw}	p'	q _{0,05;cc; p'}	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - CANAL	4,66	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - REJET	5,32	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET - CANAL	1,59	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

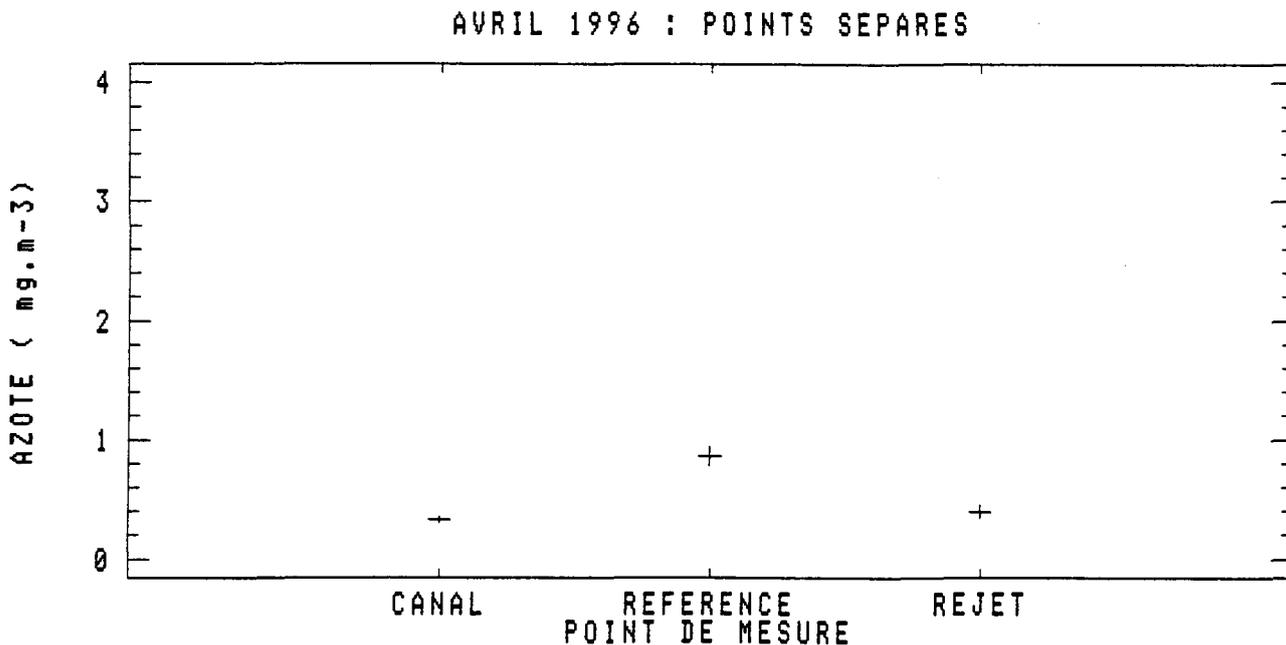


Planche 3.4

FLAMANVILLE 24 juin 1996

BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	10,63	2,10	10,7
REFERENCE	6	9,23	0,68	8,8
REJET	6	9,23	1,09	9,0
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 0,43$ Niveau de signification = 0,81				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

JUIN 1996 : POINTS SEPARES

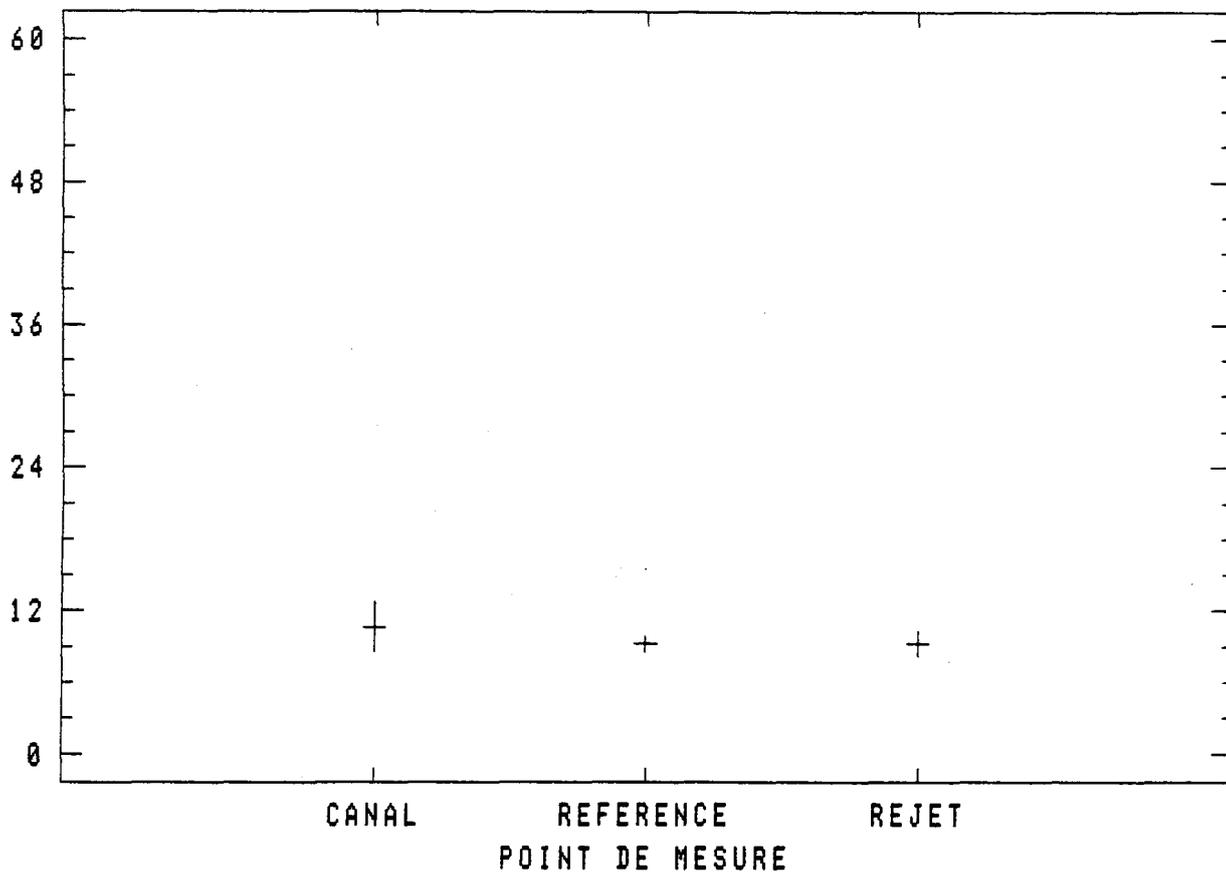


Planche 3.5

FLAMANVILLE 24 juin 1996

CARBONE TOTAL

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	3,14	0,58	9,7
REFERENCE	6	3,34	0,27	10,2
REJET	6	3,06	0,37	8,7
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 0,25$ Niveau de signification = 0,88				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

JUIN 1996 : POINTS SEPARES

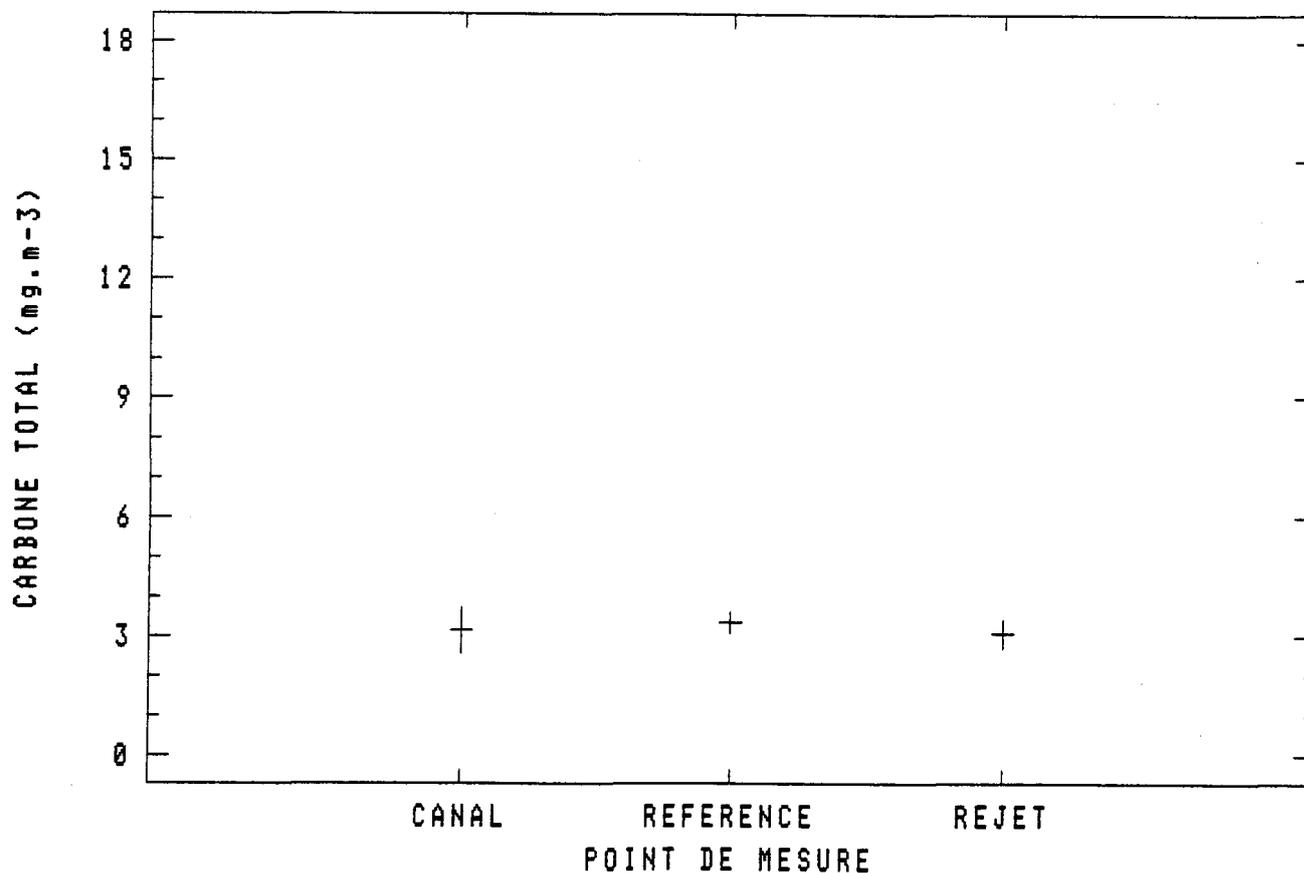


Planche 3.6

FLAMANVILLE 24 juin 1996

AZOTE

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,49	0,08	5,3
REFERENCE	6	0,82	0,07	12,7
REJET	6	0,67	0,09	10,5
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 5,98$ Niveau de signification = 0,05				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

JUIN 1996 : POINTS SEPARES

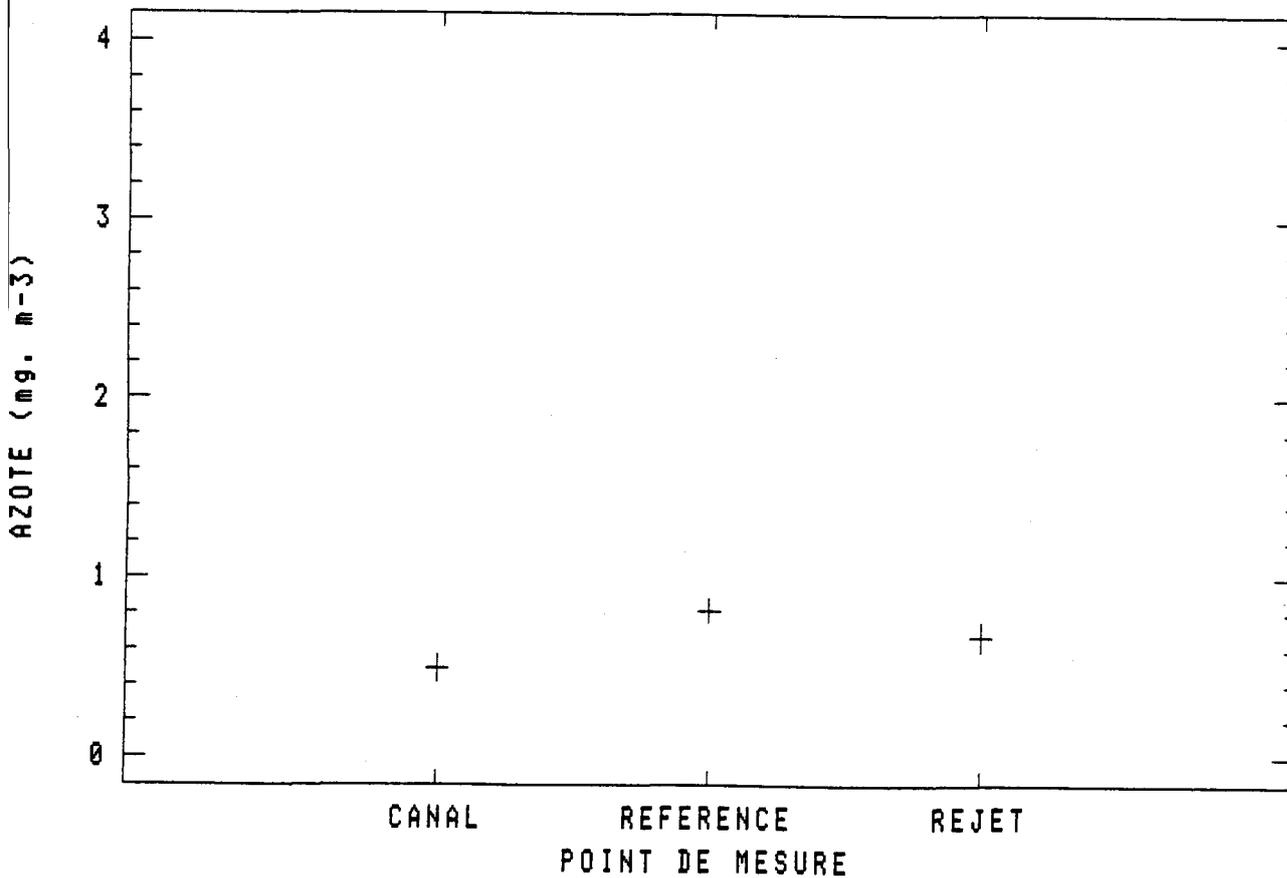


Planche 3.7

FLAMANVILLE 6 Septembre 1996
BIOMASSE ZOOPLANCTONIQUE

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	8,69	0,25	9,5
REFERENCE	6	6,96	0,30	3,5
REJET	6	11,37	0,61	15,5
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 15,16$ Niveau de signification = $5,11 E-4$				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;cc; p'}$	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REJET - REFERENCE	5,50	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REJET - CANAL	4,08	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	CANAL - REFERENCE	4,08	2	2,772	REJETEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

SEPTEMBRE 1996 : POINTS SEPARES

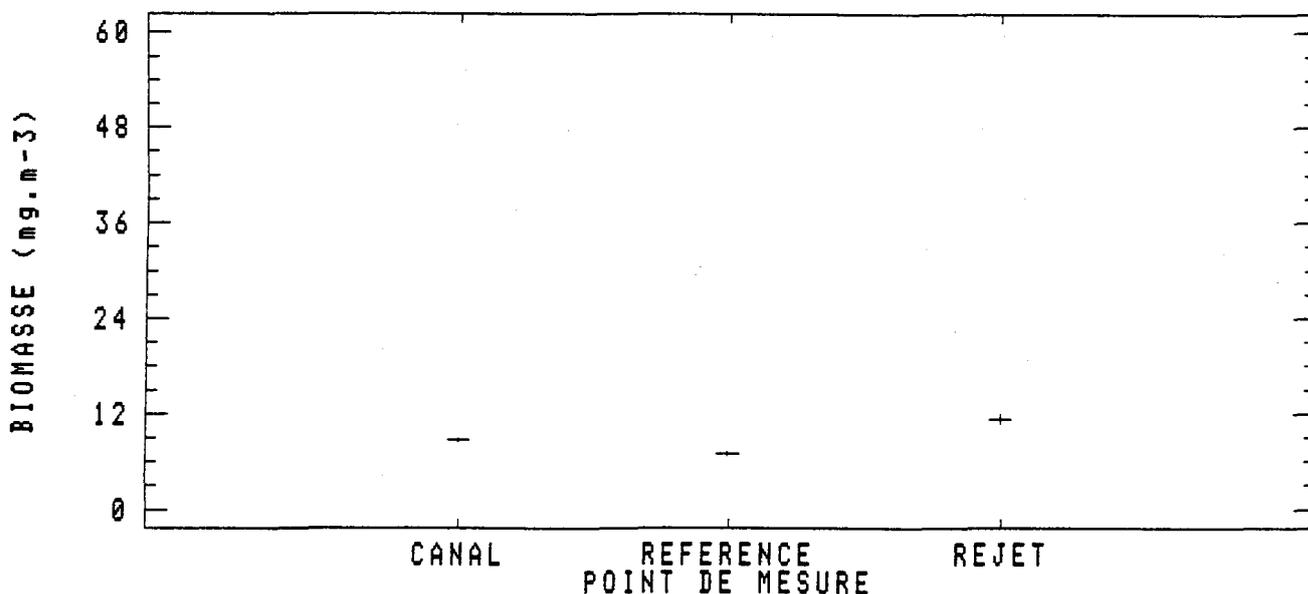


Planche 3.8

FLAMANVILLE 6 septembre 1996

CARBONE TOTAL

Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	3,20	0,12	10,0
REFERENCE	6	2,62	0,08	3,5
REJET	6	3,91	0,17	15,0
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 14 Niveau de signification = 9,12 E-4				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;0C; p'}$	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REJET - REFERENCE	5,28	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	CANAL - REFERENCE	4,42	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET - CANAL	3,40	2	2,772	REJETEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

SEPTEMBRE 1996 : POINTS SEPARES

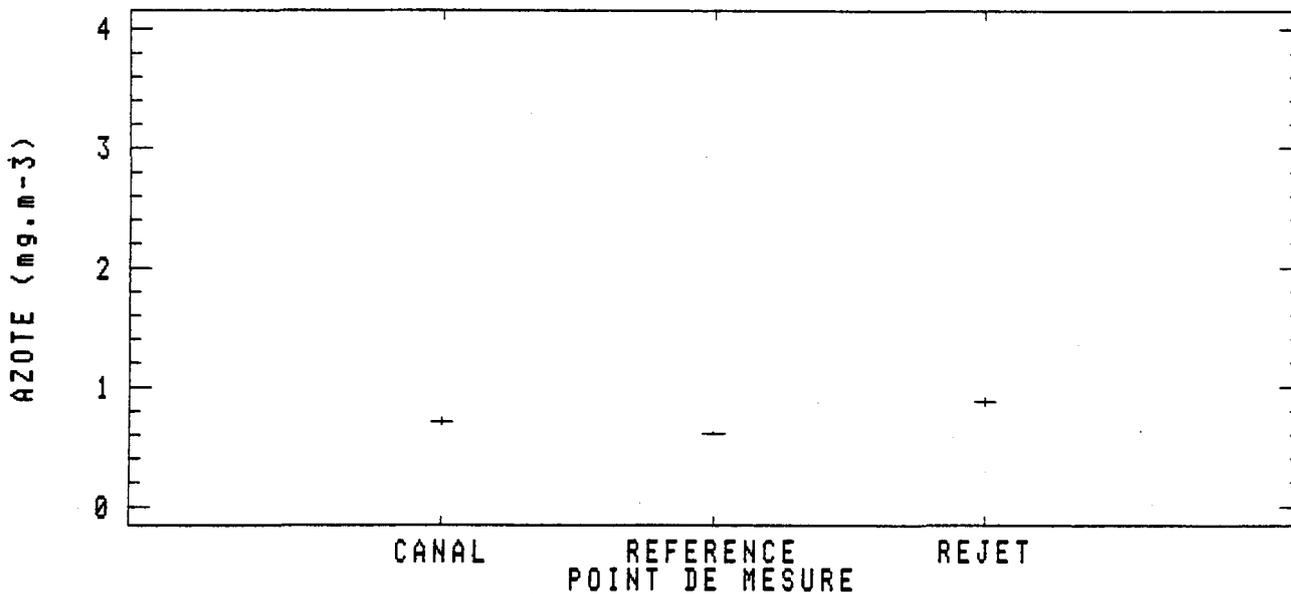


Planche 3.9

FLAMANVILLE 6 septembre 1996

AZOTE

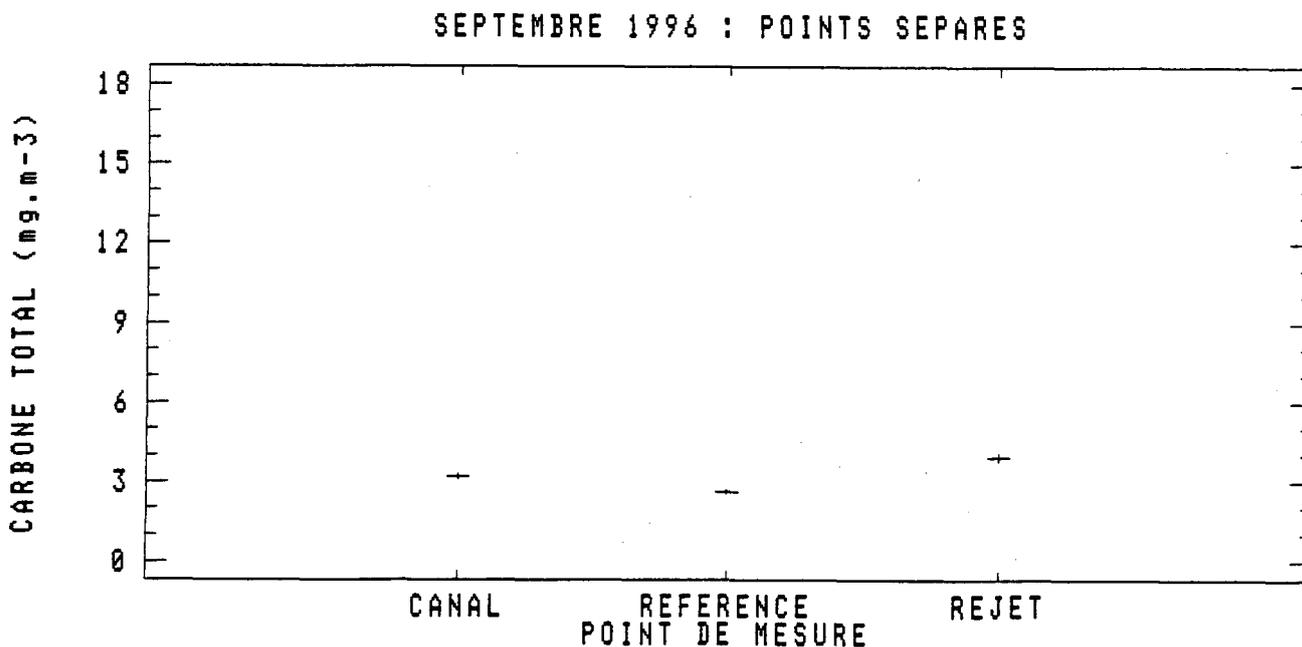
Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,71	0,03	9,3
REFERENCE	6	0,61	0,01	4,0
REJET	6	0,88	0,03	15,2
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 13,13 Niveau de signification = 1,41 E-3				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;0C;p'}$	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REJET - REFERENCE	5,12	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REJET - CANAL	3,96	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	CANAL - REFERENCE	3,62	2	2,772	REJETEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



D'un point de vue paramètres pondéraux globaux, nous constatons que :

- En avril, le point rejet présente des résultats en position intermédiaire entre ceux des points référence et canal. Il ne se distingue du point canal que pour la biomasse. Le point référence est le principal responsable de l'hétérogénéité spatiale.

- En juin, les moyennes du point rejet sont du même ordre de grandeur que celles des autres points, et ne s'en distinguent statistiquement pas, bien que le dT soit le plus élevé observé en 1996. Il y a homogénéité spatiale.

- En septembre, une hétérogénéité spatiale apparaît pour les trois points. Le point rejet diffère des autres points par de plus fortes valeurs en biomasse, carbone total et azote.

D'un point de vue quantitatif global, la plus grande variation d'abondance zooplanctonique totale, pour chacune de ces périodes, concerne les points suivants :

- En avril, le point référence avec 25 000 individus par 10 m^3 , et le point rejet avec 16 000 ind. 10 m^{-3} . Le point canal présente une valeur intermédiaire de 20 000 ind. 10 m^{-3} .

- En juillet, le point canal avec 2 100 ind. 10 m^{-3} et le point référence avec 1 400 ind. 10 m^{-3} . Le point rejet présente un résultat intermédiaire avec 1 500 ind. 10 m^{-3} .

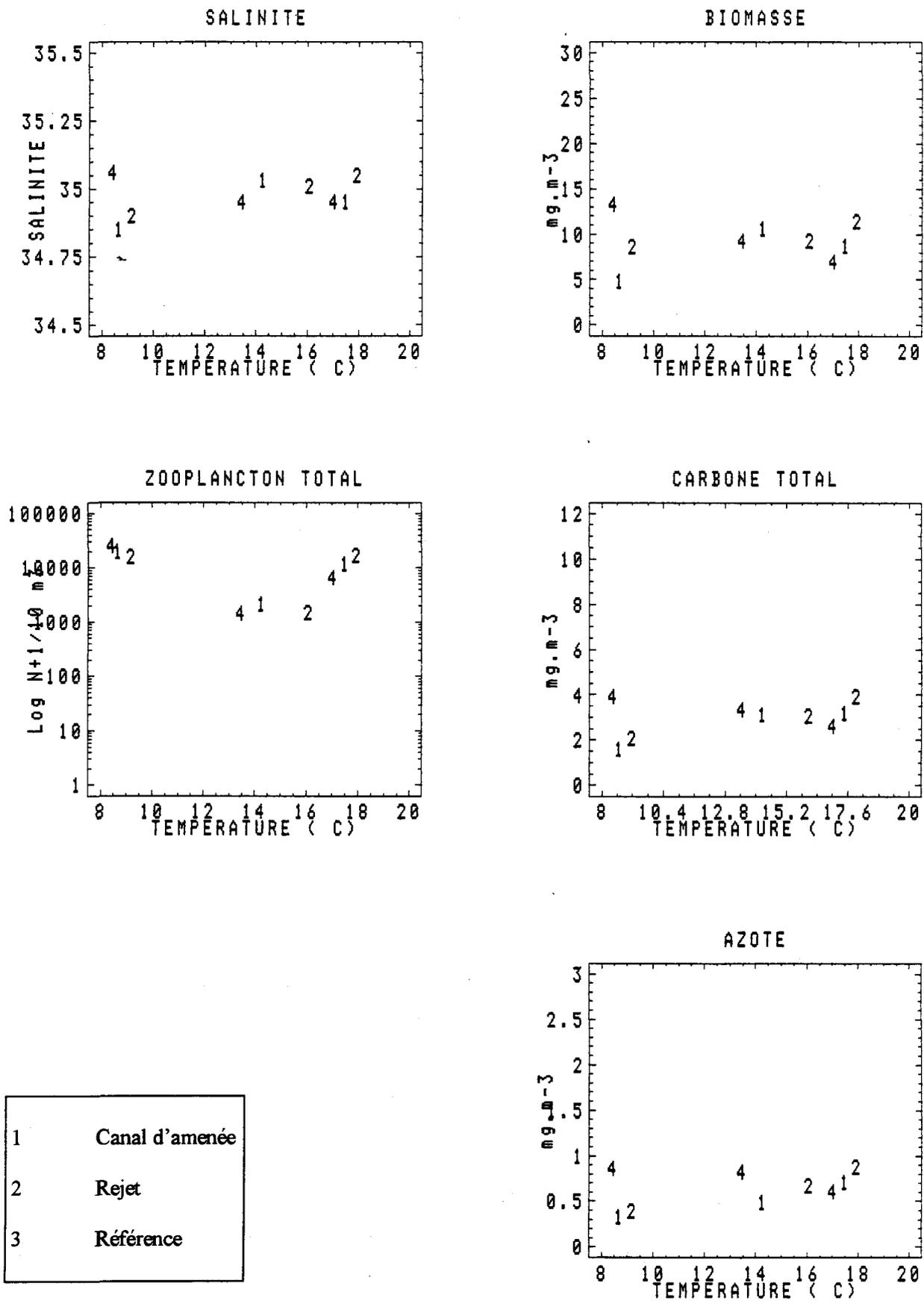
- En septembre, le point rejet avec 17 000 ind. 10 m^{-3} et le point référence avec 6 600 ind. 10 m^{-3} . Le point canal présente une valeur intermédiaire avec 12 000 ind. 10 m^{-3} .

La quantification du zooplancton total montre que le rejet présente des abondances légèrement inférieures aux autres points en avril, et supérieure en septembre. L'observation des espèces du zooplancton montre que quantitativement les trois principaux groupes, que sont les Copépodes, les Cirripèdes et les Appendiculaires, représentent plus de 90 % de la faune planctonique totale pour chacun de ces deux mois, ce qui est conforme au pourcentage d'abondance naturellement constaté sur cette zone étudiée.

3.4.5.1. Avril 1996

Les moyennes pondérales (biomasse, carbone total, azote) du point rejet sont situées dans la fourchette de celles des points non impactés (canal, référence). Le zooplancton total y est cependant un peu moins abondant. Ce point se caractérise par une situation pondérale et quantitative globalement plus proche du point canal. Le point référence est le plus différent.

Planche 3.10 : Diagrammes des différents paramètres en fonction de la température de l'eau au droit du CNPE de Flamanville en 1996



Au point référence, les abondances sont en général plus fortes pour tous les groupes étudiés, à l'exception des Cnidaires, 3 fois plus abondants au rejet qu'aux autres points (93 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 34 ind. 10 m^{-3} au point référence, 32 ind. 10 m^{-3} au point canal).

Au point rejet, la moindre abondance du zooplancton total est principalement due aux Cirripèdes (14 000 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 18 000 ind. 10 m^{-3} au point canal, 22 000 ind. 10 m^{-3} au point référence). Lorsqu'on observe les abondances en stade *cypris*, (70 ind. 10 m^{-3} au point canal, 90 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 100 ind. 10 m^{-3} au point référence), il y a proportionnellement plus de *cypris* au point rejet qu'aux autres points, ce qui tendrait à montrer une stimulation thermique conduisant à un passage plus rapide du stade *nauplii* au stade *cypris* en ce point.

Le gradient canal, rejet, référence constaté sur le plan pondéral est principalement lié aux Copépodes (230 ind. 10 m^{-3} au point canal, 440 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 660 ind. 10 m^{-3} au point référence), et aux Décapodes (230 ind. 10 m^{-3} au point canal, 440 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 660 ind. 10 m^{-3} au point référence) et aux Appendiculaires (360 ind. 10 m^{-3} au point canal, 410 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 660 ind. 10 m^{-3} au point référence).

Cirripèdes, Copépodes et Appendiculaires constituent au moins 95% du zooplancton total en avril 1996 pour chacun des points étudiés. Nous pouvons remarquer que les Cténares, très peu nombreux, n'apparaissent qu'au point référence (2 ind. 10 m^{-3}).

3.4.5.2. Juin 1996

Les moyennes, pondérales (biomasse, carbone total, azote) sont proches pour les trois points étudiés (canal, rejet, référence), et l'étude statistique n'a pas permis de distinguer le point impacté (rejet) des points non impactés (canal, référence).

La quantité du zooplancton total au point rejet étant intermédiaire à celles des autres points, l'hypothèse d'un effet globalement néfaste du panache échauffé est écartée. Nous pouvons cependant noter la faible abondance de Décapodes, d'un facteur 3 à 5, au point rejet en comparaison des autres points (50 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 360 ind. 10 m^{-3} au point référence, 180 ind. 10 m^{-3} au point canal), ainsi que des Cirripèdes d'un facteur 2 à 6 (30 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 70 ind. 10 m^{-3} au point référence, 190 ind. 10 m^{-3} au point canal).

Les trois groupes principaux représentent 86% de la faune planctonique au point rejet, alors qu'elle est de 64% au point référence et 77% au point canal, indicateur de leur moindre dominance aux autres points. Les Cténares très peu nombreux ne sont présents qu'au point référence (3 ind. 10 m^{-3}).

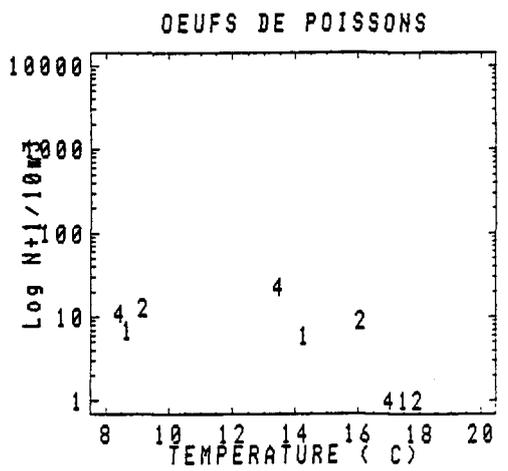
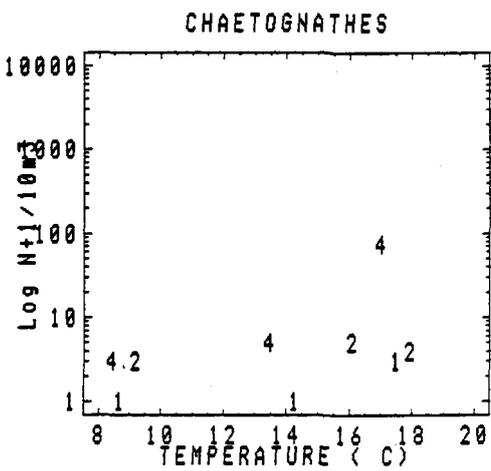
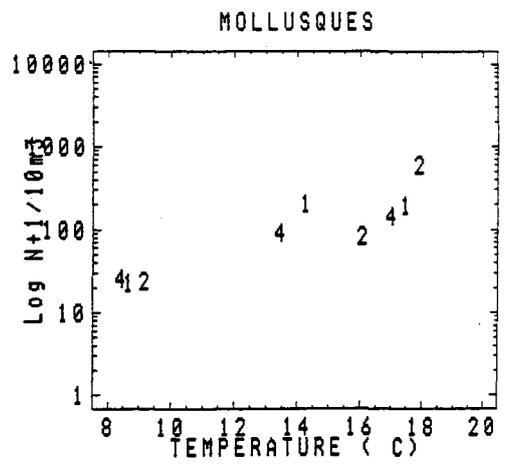
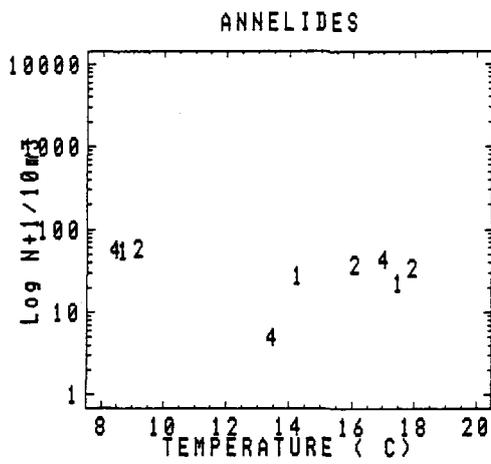
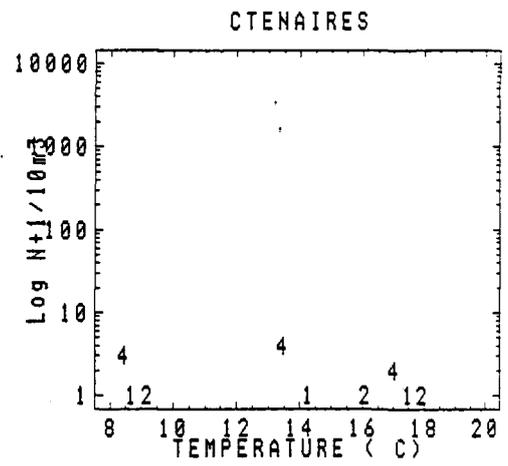
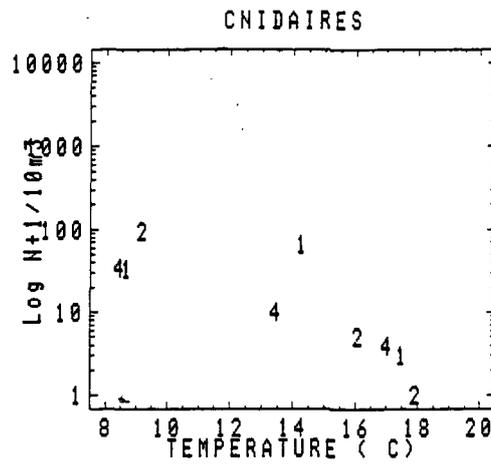


Planche 3.11 : Diagrammes des différents paramètres en fonction de la température de l'eau de mer au droit du CNPE de Flamanville en 1996

1 - Canal d'amenée 2 - Rejet 3 - Référence

3.4.5.3. Septembre 1996

Une tendance à l'hétérogénéité spatiale apparaît pour les paramètres pondéraux globaux en septembre 1996.

Globalement, les écarts quantitatifs et pondéraux les plus importants correspondent aux points référence et rejet. Ce dernier point présentent les valeurs les plus élevées. Copépodes, Cirripèdes et Mollusques sont les principaux responsables de la plus forte abondance, d'un facteur 2 à 4, au point rejet par rapport au canal et au point référence :

- Copépodes : 9 200 ind.10 m⁻³ au point rejet, 5 400 ind.10 m⁻³ au point canal, 2 600 ind.10 m⁻³ au point référence.

- *Nauplii* et *cypris* de Cirripèdes : 6 600 ind.10 m⁻³ au point rejet, 5 800 ind.10 m⁻³ au point canal, 3 000 ind.10 m⁻³ au point référence.

- Mollusques : 600 ind.10 m⁻³ au point rejet, 200 ind.10 m⁻³ au point canal, 150 ind.10 m⁻³ au point référence.

Plus de 90% de la faune planctonique est constituée de Copépodes, Cirripèdes et Appendiculaire sur les trois points.

L'embranchement des Cténaïres n'apparaît qu'au point référence (1 ind. 10 m⁻³).

3.4.6. En résumé

L'étude statistique des variations spatiales en 1996 pour les paramètres pondéraux globaux du zooplancton a montré une hétérogénéité spatiale en avril, et septembre. En avril, l'hétérogénéité spatiale est due principalement au point référence, qui montre les moyennes les plus fortes pour les trois paramètres (biomasse, carbone total, azote). En septembre, l'hétérogénéité spatiale concernent l'ensemble des points, et le point rejet montre les moyennes les plus fortes. L'homogénéité spatiale est constatée en juin.

En ce qui concerne les populations zooplanctoniques, Copépodes, Cirripèdes et Appendiculaires sont toujours les groupes les mieux représentés, de 64% à 97% sur l'ensemble des points. Quelques rares Cténaïres ont été observés uniquement au point référence.

En avril, le point référence se différencie des autres points par une plus grande abondance d'individus, sauf les Cnidaires plus abondants au rejet. Pour les Cirripèdes au point rejet, une accélération du passage au stade *Cypris* semble apparaître du fait de l'échauffement.

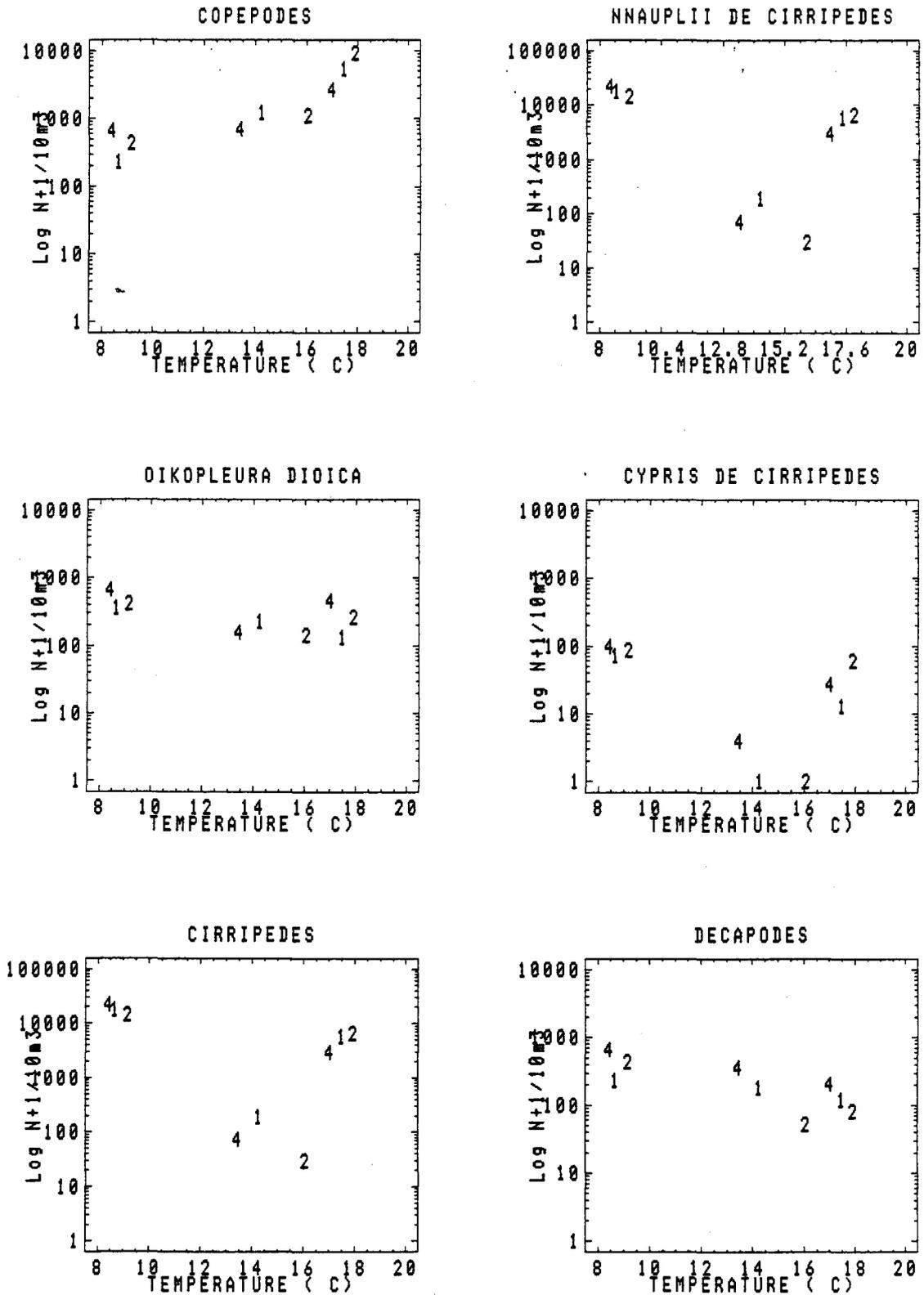


Planche 3.12 : Diagrammes des différents paramètres en fonction de la température de l'eau de mer au droit du CNPE de Flamanville en 1996

1 - Canal d'amenée 2 - Rejet 3 - Référence

En juin, bien que d'un point de vue global la situation semble homogène entre les trois points, le dt est le plus fort enregistré en 1996 et se traduit au point rejet par des abondances en Décapodes et en Cirripèdes inférieures à celles des autres points. La dominance des trois principaux groupes (Copépodes, Cirripèdes, Appendiculaires) y est supérieure.

En septembre, l'échauffement au point rejet pourrait avoir un effet favorable sur l'abondance en Copépodes, Cirripèdes et Mollusques par rapport aux autres points.

L'existence d'un dt maximum peut ne pas détruire l'homogénéité du milieu sur le plan global, mais peut agir au niveau d'une espèce ou d'un groupe d'espèces cibles (juin). Lorsque l'hétérogénéité du milieu est constatée sur le plan global, il peut ne pas y avoir d'effet néfaste avéré (septembre).

3.5. MICROBIOLOGIE

3.5.1. Matériel et méthode

3.5.1.1. Moyens à la mer

Les campagnes sont effectuées avec le zodiac de la S.N.S.M. de Diélette depuis 1985. Les trois points de prélèvements étant identiques à ceux de l'étude du domaine pélagique, les campagnes se font au même moment que celles du navire océanographique THALIA depuis 1987.

3.5.1.2. Analyses.

Les méthodes d'analyse sont les mêmes que celles employées antérieurement.

Le milieu de ZOBELL-OPPENHEIMER est préparé avec de la bactopeptone Difco, de l'agar Pasteur A et de l'eau vieillie durant deux semaines (3/4 du mélange).

Le milieu TCBS de AKIYAMA est également fabriqué au laboratoire en utilisant de la bactopeptone Difco. Une partie est gélosée au moyen d'agar Difco (15 g/dm³).

L'enrichissement, l'isolement, le tri et l'identification des colonies suspectes sont réalisés comme les années précédentes.

3.5.2. Résultats (tableau 3.5)

		Dénombrement dans 1 ml d'eau des germes totaux en Zobell 9 jours à 25 °C			Vibrions halophiles dans 1 litre d'eau			Dénombrement en épifluorescence des germes colorés à l'acridine dans 1 ml d'eau		
1996		12/04	24/06	06/09	12/04	24/06	06/09	12/04	24/06	06/09
Canal d'amenée	I	238	76	304	-	<i>V.p</i>	<i>V.a.</i>	925 000	875 000	843 750
	J	234	120	252	-	<i>V.a. + V.p.</i>	-	846 875	906 250	::
	Moyenne Ec. - type	236 3	98 31	278 37	-	+	+	885 938 55 243	890 625 22 097	843 750 ::
	T eau °C	8,5	14,2	17,4						
Rejet	K	176	36	206	-	<i>V.a.</i>	<i>V.a.</i>	809 375	909 375	993 750
	L	142	72	272	-	<i>V.a.</i>	<i>V.a.</i>	881 250	890 625	::
	Moyenne Ec. - type	159 24	54 25	239 47	-	+	+	845 313 50 823	900 000 13 258	993 750 ::
	T eau °C	10,5	17,2	17,3						
Référence	E	138	50	68	-	-	-	625 000	540 625	425 000
	F	202	66	88	-	-	-	443 750	471 875	378 125
	G	120	64	70	-	<i>V.a.</i>	-	462 500	531 250	425 000
	H	110	54	60	-	-	-	556 250	584 375	381 250
	Moyenne Ec. - type	143 41	59 8	72 12	-	+	-	521 875 84 548	532 031 46 307	402 344 26 192
T eau °C	8,3	13,5	16,8							

V.a. = *Vibrio alginolyticus* *V.p.* = *Vibrio parahaemolyticus*

Tableau 3.5 : Analyses microbiologiques réalisées en 1996 au droit du CNPE de Flamanville

3.5.2.1. Bactéries hétérotrophes

Le dénombrement des germes revivifiables en milieu de Zobell fournit des valeurs moyennes par cm³ comprises entre 54 germes au point rejet en juin et 278 au point canal d'amenée en septembre.

Sur la période 1987-1996 (Fig. 3.12), le principal constat effectué sur l'abondance des bactéries hétérotrophes porte sur la présence d'un gradient numérique croissant large-côte (à l'exception d'avril 1992), généralement plus évident en début de printemps et en fin d'été.

Les valeurs observées au-dessus des rejets s'intègrent dans l'intervalle des mesures côte-large. La plus grande richesse du canal d'aménée en toute saison pourrait être attribuée à la position de ce point dans une zone d'influence du fond et des berges.

Aucune évolution significative de ce paramètre sur le site n'est observée.

3.5.2.2. Germes totaux

Le dénombrement microscopique des germes colorés à l'acridine orange montre une augmentation des valeurs moyennes par cm^3 d'avril à juin aux trois points, puis une diminution en septembre à l'exception du Rejet.

Les valeurs, quoique du même ordre de grandeur, sont plus fortes à la côte (canal d'aménée et rejet) qu'au large (référence) aux trois périodes, au-dessus des rejets qu'au canal d'aménée en juin et en septembre.

L'examen de l'évolution de ce paramètre de 1987 à 1995 (fig. 3.13) met en évidence :

- la particularité de l'année 1991, où de très faibles densités ($< 10^5 \cdot \text{cm}^{-3}$) sont notées aux trois points et aux trois périodes ;

- une certaine uniformité dans le temps et dans l'espace de la masse d'eau devant le cap de Flamanville, un gradient côte-large n'étant détectable que depuis 1993.

3.5.2.3. Vibrions halophiles

La présence de vibrions halophiles n'est notée en chaque point qu'à partir de juin. Ils ne sont observés en septembre qu'à la côte.

La présence de *Vibrio cholerae* n'a pas été détecté cette année, comme cela avait été le cas dans le canal d'aménée en mars 1995. La présence de ce vibrion dans le canal d'aménée peut être le signe d'un mauvais fonctionnement de la station d'épuration, de la Centrale, dont les eaux sont rejetées dans ce canal.

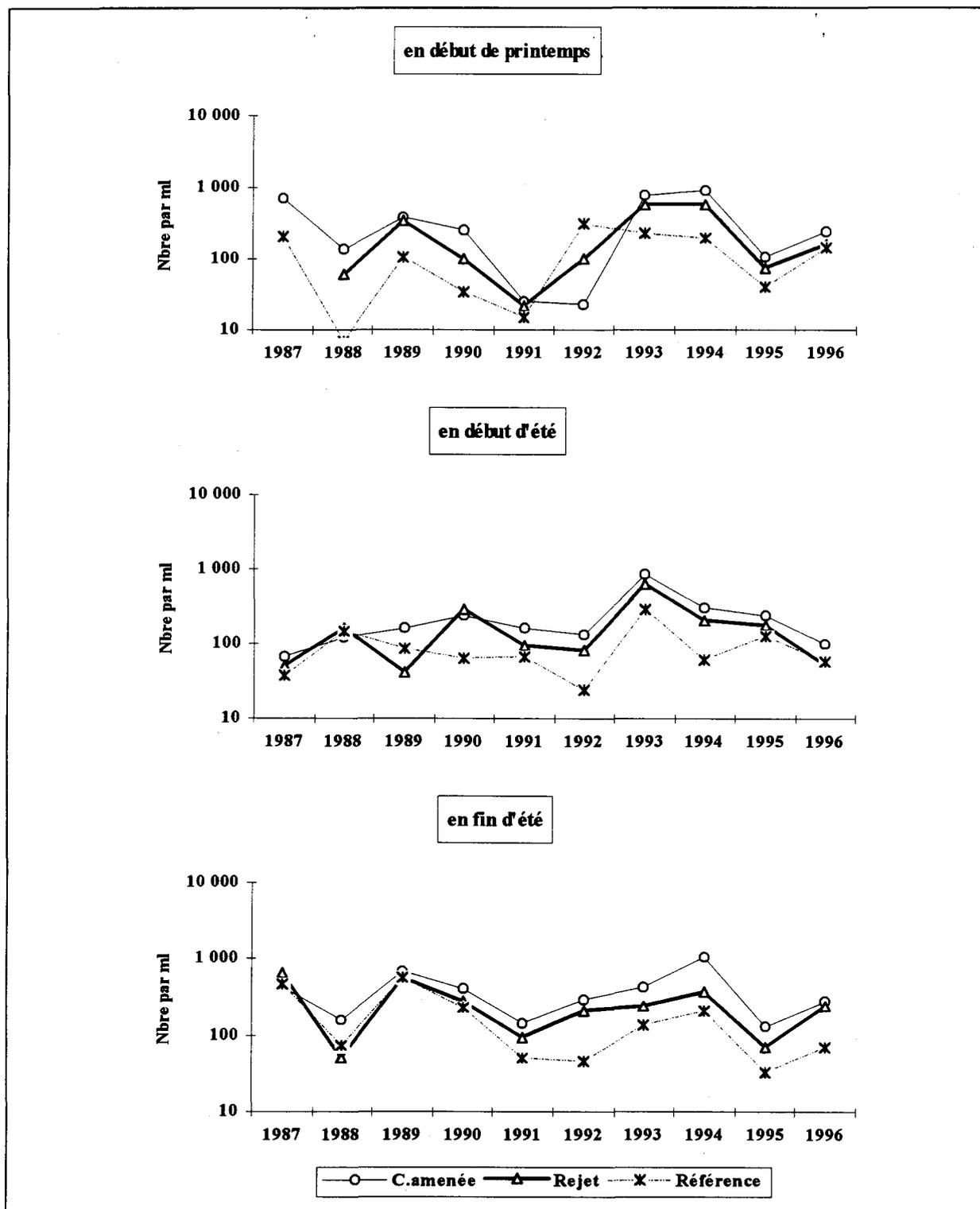


Fig. 3.12 : Evolution des germes totaux de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

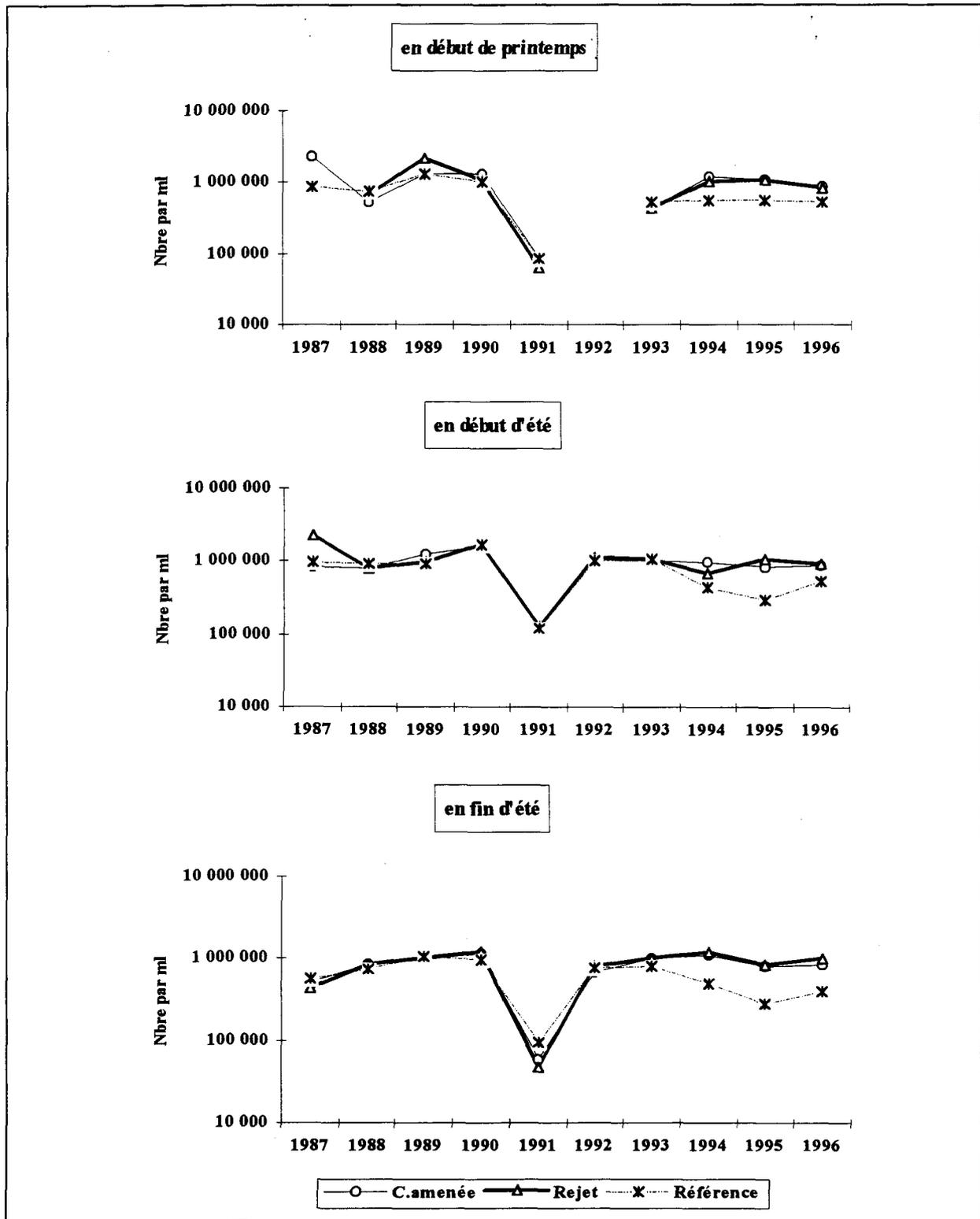


Fig. 3.13 : Evolution des germes colorés à l'acridine de 1987 à 1996 au droit du CNPE de Flamanville

Trihalométhanes 1996	Limite de détection	Canal d'aménée	Rejet	Référence
12 avril				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)
24 juin				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(R)	(/)
6 septembre				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)

Résultats exprimés en microgrammes par litre

(/) = composé non détecté

(R) = Traces

Tableau 3.6 : Analyses des trihalométhanes en 1996 sur le site du C.N.P.E. de Flamanville

Deux espèces de vibrions, faisant partie de la flore marine autochtone, sont identifiées :

- *Vibrio alginolyticus* ;

- *Vibrio parahaemolyticus*, pathogène pour l'homme ; ce vibron peut en effet être la cause de gastro-entérite à la suite d'ingestion de coquillages contaminés.

3.6. TRIHALOMETHANES

La chloration de l'eau de mer donne lieu à la formation de dérivés halogénés parmi lesquels sont identifiés les trihalométhanes. Le bromoforme est le composé qui se forme de façon prépondérante ; ses durées de demi-vie dans l'eau de mer sont comprises entre 1/2 heure et 1 heure (ABARNOU, 1981). Ces composés très volatils ont une toxicité potentielle et des propriétés carcinogènes. Dans le cas d'une chloration expérimentale à 1 mg de chlore par litre, la concentration en bromoforme varie entre 20 et 45 µg/l, avec une moyenne de 25 µg/l). Cette concentration varie selon la charge en matière organique et la quantité d'ammoniaque dissous.

La recherche de ces composés halogénés, dont le chloroforme et le bromoforme, est entreprise depuis 1994 au droit du site de Flamanville.

D'après les documents transmis chaque mois par EDF, nous notons que l'électrochloration ne fonctionnait pas le 12 avril.

Le 24 juin, par contre, 1 361 kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 2 (la tranche 1 étant en arrêt), soit une concentration de 0,383 mg de chlore par litre d'eau de mer.

De même, le 6 septembre, 778 kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 1, et 713 kg dans celui de la tranche 2, soit une concentration dans les deux cas de 0,191 mg de chlore par litre d'eau de mer.

Les résultats obtenus en 1996 (tableau 3.6) montrent la détection de bromoforme le 24 juin au-dessus des rejets. Des traces de ce composé sont notées dans les deux échantillons prélevés en ce point.

4. LE DOMAINE BENTHIQUE

Etude et rapport réalisés au Centre **IFREMER** de **BREST** par :

Luc DRÉVÈS ⁽¹⁾ (Phytobenthos et Zoobenthos)

avec la collaboration de

Jean-Dominique GAFFET ⁽²⁾

et la participation pour les missions de terrain de :

Erwan LE GALL ⁽²⁾

Gilles YOUENOU ⁽¹⁾

(1) IFREMER DEL/CR

(2) IFREMER DEL/EC-BB

(Cellule Etudes et Expertises Régionales)

(Département Ecologie Côtière / Laboratoire Biodiversité Benthique)

4.1. PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La population de *Fucus serratus* du platier de Diélette (fig. 1.7 et 4.1), située au nord de la Centrale électronucléaire de Flamanville dans la zone d'influence de la tache thermique, fait l'objet d'une surveillance depuis 1977. Étudiée une première fois d'août 1977 à août 1978, elle est suivie en continu depuis mars 1983, en fin d'hiver et en fin d'été.

L'espèce *Fucus serratus* devait être un indicateur des perturbations éventuelles induites par les rejets de la Centrale sur le macrophytobenthos local. Celles-ci pourraient être de plusieurs ordres : évolutions différées de la croissance estivale et de la dépopulation hivernale, déplacement saisonnier et quantitatif de la fertilité des pieds, évolution géographique de la population.

4.1.1. Méthodologie

4.1.1.1. Evolution du stock

Des prélèvements réguliers sont effectués depuis septembre 1983 dans trois secteurs de référence de la population de *Fucus serratus* sur le platier de Diélette. Ces secteurs, très proches les uns des autres mais situés à des niveaux bathymétriques légèrement différents, ont été choisis dans des zones à densité algale faible (secteur 1), forte (secteur 2), et moyenne (secteur 3). La moyenne de dix quadrats de 0,50 m x 0,50 m prélevés au hasard dans chaque secteur fournit ainsi une estimation de la biomasse algale locale.

4.1.1.2. Baguages sur radiales

Sur chacune des radiales repérées, 10 points, espacés l'un de l'autre de 10 mètres, sont échantillonnés. En chaque point, 10 pieds de *Fucus serratus* sont bagués grâce à un collier numéroté de couleur blanche, serré entre le disque basal et la première dichotomie. Seuls les pieds pouvant soutenir une bague sont considérés. C'est pourquoi toute une catégorie, parmi les plus jeunes individus ayant une longueur inférieure à 20 cm, n'est pas prise en compte dans ces mesures.

En mars 1983, 394 pieds de *Fucus serratus* ont ainsi été bagués. Parmi ceux-ci, 21 seulement ont été retrouvés en mars 1985. Deux nouvelles radiales ont été considérées en mars 1985 dans une zone centrale où la végétation est plus dense. 286 pieds ont été bagués.

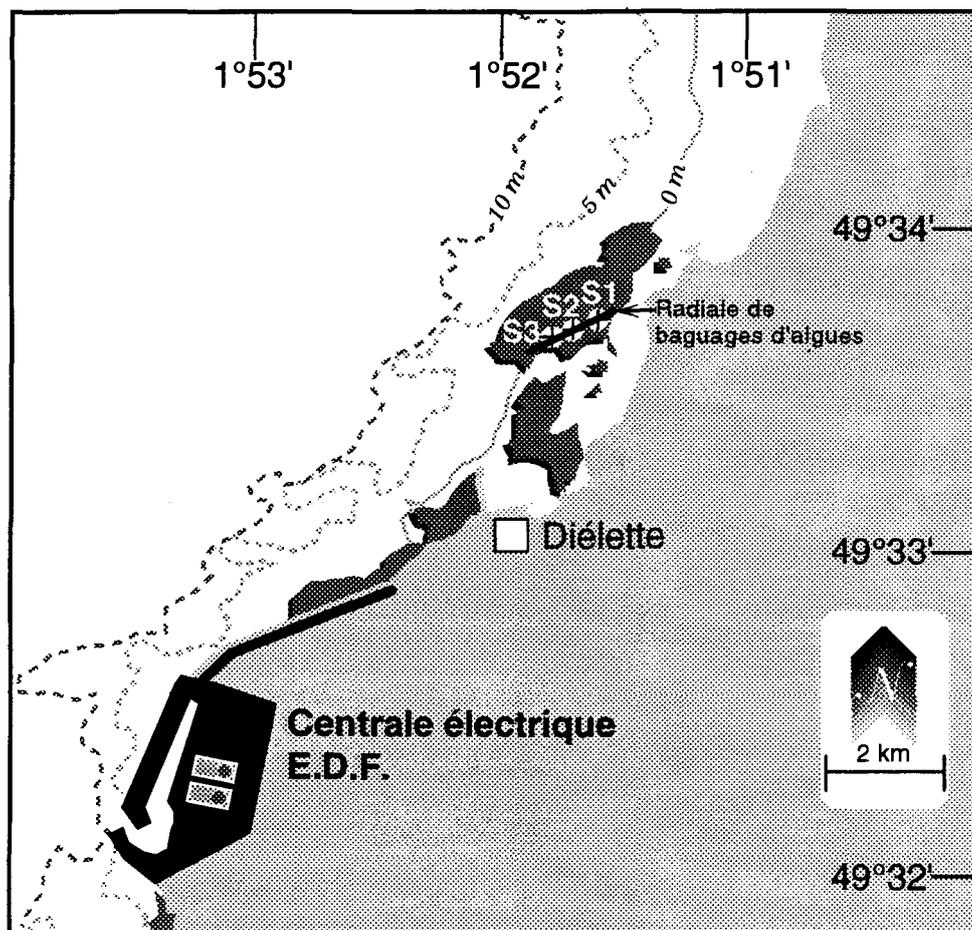


Fig. 4.1 : Flamanville - Platier de Diélette
 S1, S2, S3 : Secteurs d'étude de *Fucus serratus*

La méthodologie est ensuite la même pour le baguage de 300 pieds en 1987, de 287 en 1989, de 248 en mars 1991, de 250 en mars 1993, de 200 en mars 1994 et 1995, et enfin de 100 en mars 1996. Le baguage systématique d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 devrait permettre un suivi plus serré de cette population algale.

Pour chaque série de baguages, l'observation s'effectue généralement pendant deux ans, au bout desquels la population étudiée disparaît en quasi-totalité.

Les problèmes d'application de cette méthodologie sur le site de Paluel ont conduit à réaliser sur cet autre site des mesures sur des individus non bagués mais repérés dans un quadrat. Afin de poursuivre la comparaison des populations de *Fucus serratus* de Paluel et de Flamanville, la méthodologie du quadrat a également été testée à partir de mars 1996 sur le platier de Diélette. Un quadrat en PVC d'un m², divisé en 25 carrés de 0,20 m x 0,20 m

(numérotés A1, A2, ..., E5) est posé sur les algues en un point fixe repéré par deux tiges (représentant une des diagonales du quadrat) enfoncées dans le substrat rocheux.

4.1.1.3. Paramètres mesurés

Au cours de chaque mission, quatre paramètres sont mesurés sur chaque individu de *Fucus serratus* :

- la longueur (L) exprimée en cm et mesurée du disque basal au sommet de la dernière dichotomie,
- le nombre de dichotomies (D) : les dichotomies principales sont comptées, de la première rencontrée en partant de la base jusqu'à la dernière avant l'extrémité supérieure de l'individu,
- le diamètre (\emptyset) en cm : le diamètre maximal est mesuré à la base, juste au-dessus de l'épatement formé par le système de fixation,
- la fertilité : présence ou non de conceptacles.

4.1.2. Résultats

4.1.2.1. Evaluation du stock de *Fucus serratus*

Le stock de *Fucus serratus* évalué en 1996 (Fig.4.2) se situe, en poids sec exprimé par quart de m², entre 28 g (secteur 1) et 161 g (secteur 2) en mars, 181 g (secteur 1) et 379 g (secteur 3) en septembre.

L' accroissement de la biomasse de cette population algale est normalement observé de mars à septembre dans les trois secteurs. Le phénomène est proportionnellement plus important au niveau bathymétrique le plus élevé (facteur multiplicatif de 6 entre ces deux périodes).

La comparaison de ces données avec celles déjà notées sur ce site de Diélette depuis 1983 conduit à modérer le constat de baisse du stock de cette espèce algale fait les années précédentes.

Chaque secteur échantillonné étant représentatif du tiers de la population, l'estimation globale du stock sur l'ensemble du platier est réalisable. Tous secteurs confondus, les valeurs les plus importantes de poids sec sont enregistrées en début d'étude (200 à 225 g par quart de m² en mars 1984 et 1985 ; aux environs de 500 g par quart de m² en septembre 1983 et 1984).

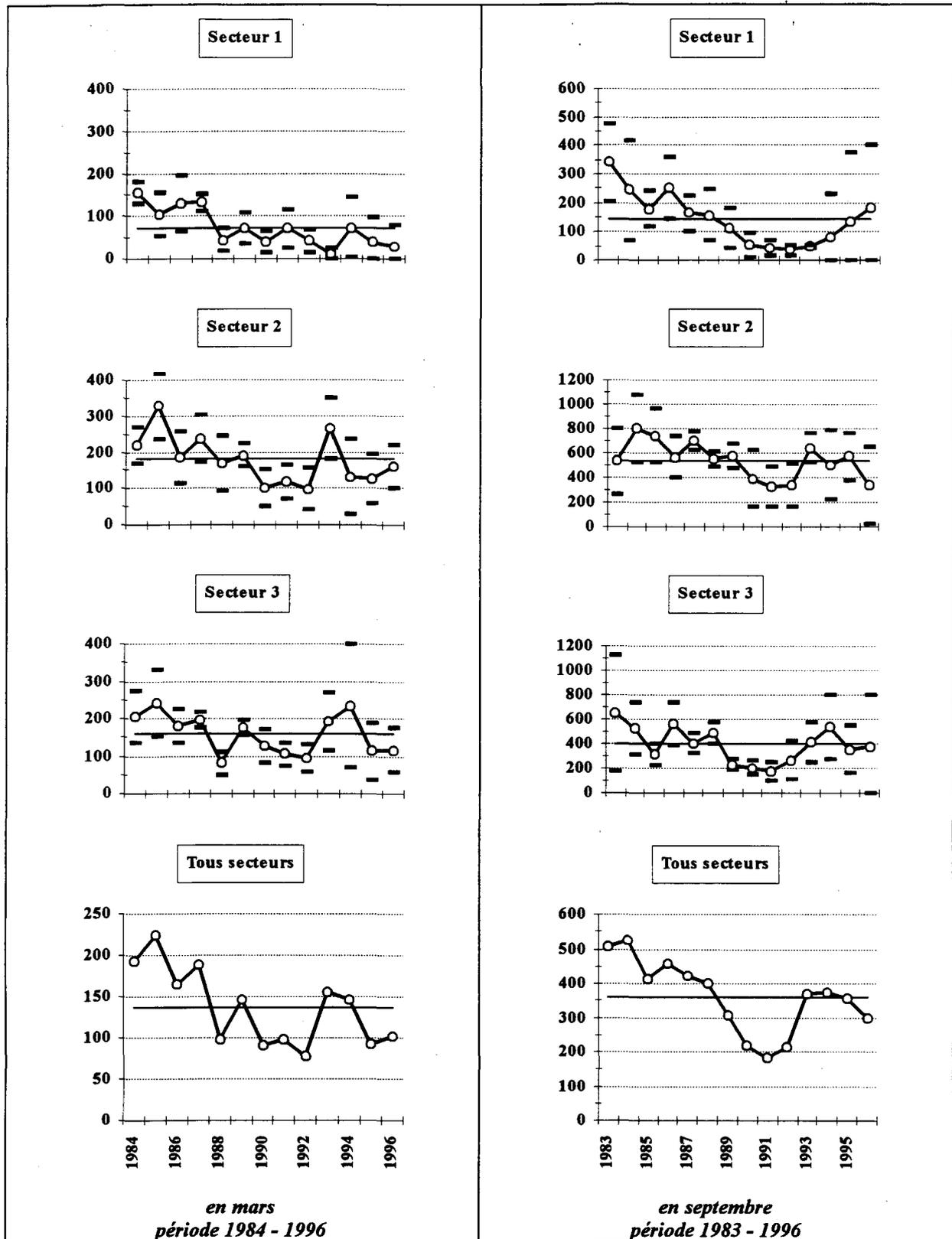


Fig. 4.2 : Evolution du poids sec de *Fucus serratus* (en g / 0,25 m²) (moyenne et écart-type, comparés au stock moyen estimé sur la totalité de la période)

Les estimations décroissent par la suite, les valeurs minimales étant enregistrées de 1990 à 1992, tant en fin d'hiver (70 g / 0,25 m²) qu'en fin d'été (200 g / 0,25 m²). En 1993, le phénomène s'inverse très nettement, une augmentation importante du stock est enregistrée. En mars, les poids secs notés en 1993 et 1994 sont légèrement supérieurs à la moyenne saisonnière estimée sur la période 1984-1996 (137 g / 0,25 m²), mais la nouvelle diminution observée en 1995 se confirme en 1996 (101 g / 0,25 m²). En septembre, le stock reste constant de 1993 à 1996, avoisinant la moyenne saisonnière estimée de 1983 à 1996 (360 g / 0,25 m²), mais décroît en 1996 (298 g / 0,25 m²).

Les fluctuations du stock de *Fucus serratus* sont plus régulières en septembre qu'en mars. La dépopulation générale de la ceinture à *Fucus serratus* du platier de Diélette entre 1983 et 1992 est évidente. On peut s'interroger sur la faiblesse du stock, enregistrée notamment de 1990 à 1992, et sur les raisons expliquant l'augmentation notée à partir de 1993, surtout en fin d'été.

4.1.2.2. Dénombrement des algues baguées

Les trois lots d'algues baguées, respectivement en mars 1993, mars 1994 et mars 1995, ont pu être suivis en complément du lot bagué en 1996.

Sur les 250 pieds de *Fucus serratus* bagués en mars 1993, 5 (soit près de 2 % du lot initial) ont encore été retrouvés en mars 1995, et 2 (1 %) en septembre. Depuis 1987, aucun lot n'avait pu être suivi plus de deux ans.

Sur les 200 individus bagués en mars 1994, 47 (soit 24 % du lot initial) sont recensés en mars 1995, et 18 (9 %) en septembre suivant.

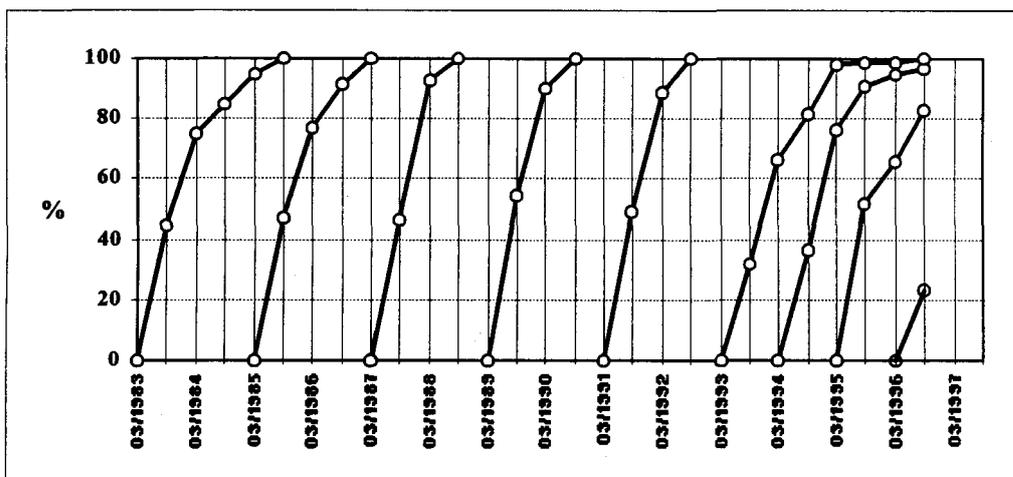


Fig. 4.3 : Dépopulation, en pourcentage, des individus bagués

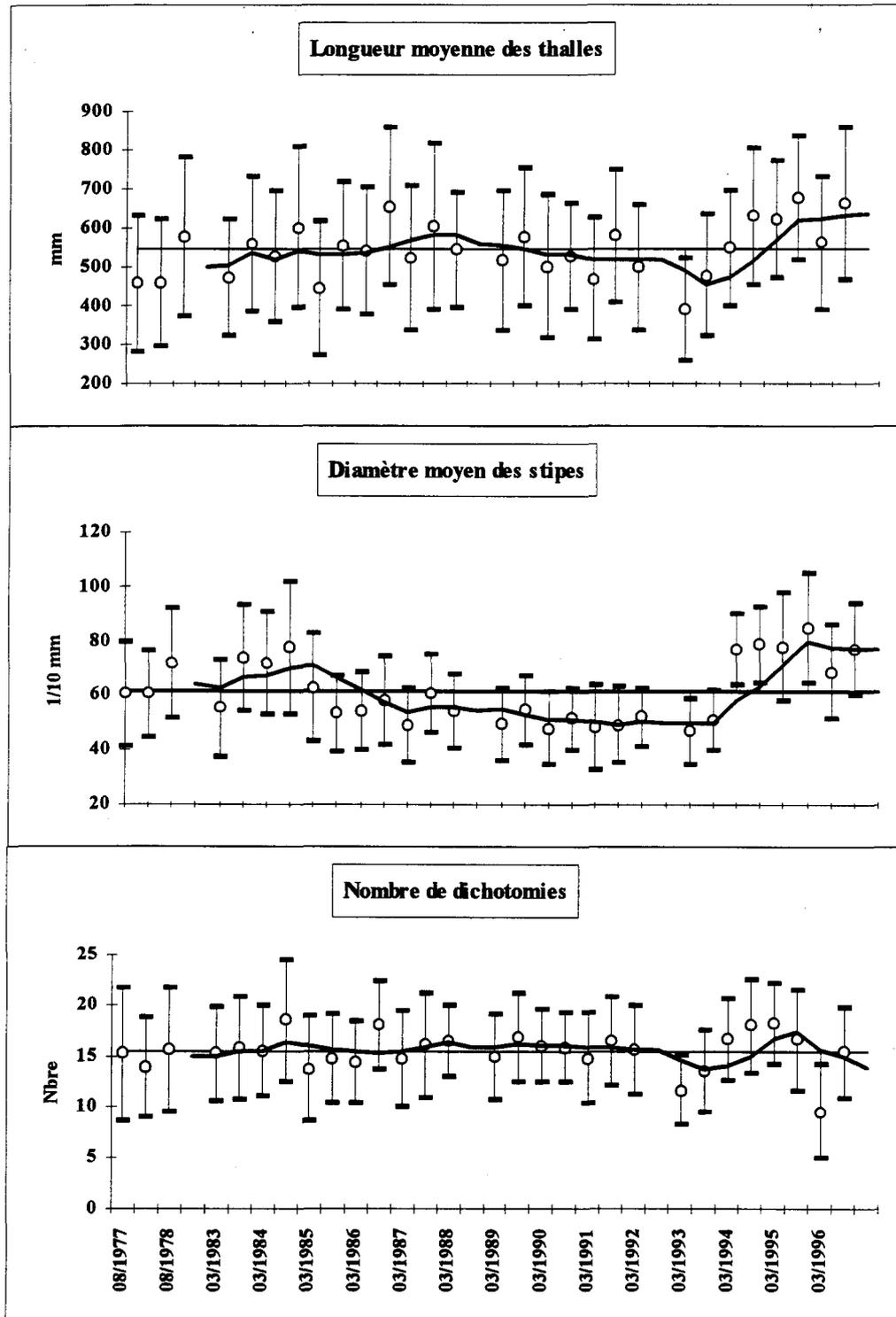


Fig. 4.4 : Evolution saisonnière des paramètres mesurés chez *Fucus serratus* à Délette (moyenne et écart-type par rapport à la mesure moyenne estimée de 1983 à 1996)

Le taux de dépopulation au bout des 6 premiers mois n'est que de 23 % en 1996. Ce taux varie entre 42 % et 58 % depuis 1983, à l'exception des années 1993 et 1994 où il était plus faible (respectivement 32 % et 36 %). Ces derniers pourcentages sont à rapprocher de l'observation effectuée sur les variations du stock mentionnées au chapitre 4.1.2.1.

4.1.2.3. Biométrie des algues baguées (Fig. 4.4)

* Longueur des thalles.

La croissance des algues se fait entre mars et septembre ; ceci explique l'augmentation de la longueur moyenne à cette période. Les pieds les plus grands, qui sont également les plus fertiles, sont aussi les plus fragiles. Arrachés facilement en période hivernale, ils induisent une baisse de la longueur moyenne des thalles en mars suivant, suivie d'une nouvelle augmentation en fin d'été.

L'observation des données de longueurs moyennes acquises depuis 1977 ne permet pas, pour l'instant, de conclure à une évolution de ce paramètre en relation avec le fonctionnement de la Centrale. La moyenne mobile calculée sur les quatre dernières mesures montre une courbe de tendance positive depuis 1993.

* Diamètre des stipes.

A l'exception des diamètres moyens notés en 1983 et 1984 (7 mm et plus), ceux-ci se situaient depuis 1985 aux alentours de 5 mm.

Depuis mars 1994, le diamètre moyen des individus bagués est supérieur à la valeur moyenne obtenue sur ce site depuis 1977 (6,1 mm). Notons une diminution du diamètre entre septembre 1995 (8,5 mm) et mars 1996 (6,9 mm).

* Nombre de dichotomies.

La jeunesse de la population baguée en 1993 se voyait confirmée par le nombre moyen de ramifications des pieds de *Fucus serratus* noté tant en mars (11,7) qu'en septembre (13,6).

Par la suite, ce nombre croît régulièrement de mars 1994 (16,7) à mars 1995 (18,2). La baisse observée en septembre 1995 du nombre de dichotomies (16,6) est confirmée en mars 1996 (10,0). La valeur observée en septembre (15) est conforme à la moyenne sur ce site.

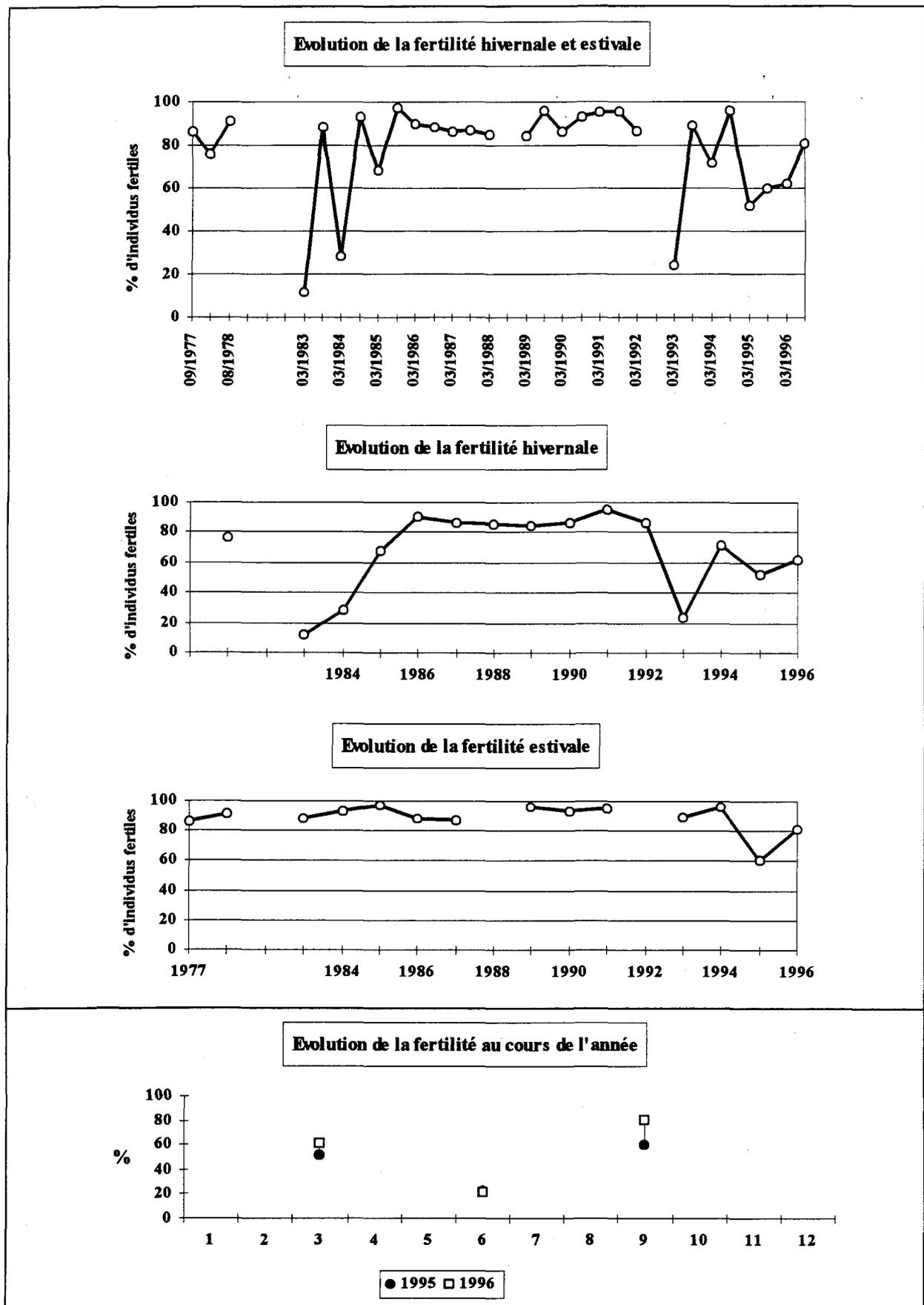


Fig. 4.5 : Evolution du pourcentage moyen de fertilité de *Fucus serratus* à Diélette

4.1.2.4. Fertilité (fig.4.5)

Le pourcentage de thalles fertiles de *Fucus serratus* au sein des lots bagués depuis 1993 est, en 1996 de 62 % en mars et de 81 % en septembre. La variation de ce paramètre entre ces deux périodes de l'année est faible comparée à celle relevée au cours des années 1983-1984.

Les derniers lots ont fait l'objet d'une observation (non contractuelle) en juin 1995 et 1996. Le but était de vérifier le taux de fertilité printanier, période au cours de laquelle ce taux devrait théoriquement (telle est notre hypothèse) être minimal sur ce site. L'observation a porté respectivement sur 162 et 157 individus. La fertilité moyenne globale en fin de printemps est de 23 % en 1995 et 22 % en 1996.

L'examen de l'évolution du taux de fertilité de l'espèce *Fucus serratus* du platier de Diélette en 1977-1978 et de 1983 à 1996 amène deux constats :

- le pourcentage de pieds fertiles est quasi-stable en fin de période estivale, oscillant de 80 % à 98 %, à l'exception de 1995 où il n'est que de 60 % ;
- des variations importantes de ce taux sont relevées en fin de période hivernale selon les années ; en 1978, de 1985 à 1992, en 1994 et en 1996, le taux moyen oscille entre 62 % et 95 % ; en 1983, 1984 et 1993, il varie de 12 % à 28 % ; en 1995, il est de 52 %.

L'observation faite en juin 1995 et 1996 permet de préciser le cycle annuel de l'évolution de la fertilité chez l'algue *Fucus serratus* à Flamanville. Le nombre de pieds fertiles présente un maximum, supérieur ou égal à 90 %, en automne et un minimum, inférieur ou égal à 20 % en fin de printemps (fig. 4.5). Entre ces deux périodes, la variation du taux, décroissance en hiver et croissance en été, serait fonction des conditions naturelles du milieu. Mais les liens avec des variations naturelles ou non de la température du milieu, par exemple, restent cependant à démontrer.

Ainsi, les variations hivernales du taux de fertilité de cette espèce sur le platier de Diélette s'expliqueraient plus par le fait que la période de mesures choisie (mars) se situerait dans une période charnière dans la décroissance de la fertilité.

L'étude comparable initiée à partir de 1994 sur le site électronucléaire de Paluel devrait permettre une comparaison inter-sites de cette espèce, une meilleure compréhension du phénomène observé, et de préciser la part des différents facteurs influençant la fertilité.

4.1.2.5. Premiers résultats de la méthodologie par quadrat d'un m²

En mars 1996, un quadrat d'un m² est positionné dans chacun des trois secteurs d'étude de l'évolution du stock de *Fucus serratus*. La qualification d'individu adulte est attribuée arbitrairement à toute algue de longueur supérieure à 15 cm.

Cette méthodologie donne une indication sur les densités globales : 172 individus par m² dans le quadrat n°1, situé dans le secteur 1, 56 dans le quadrat n°2 et 52 dans le troisième, soit une densité moyenne de 93 pieds de *Fucus* par m². Le nombre d'individus adultes est respectivement de 12, 36 et 43. Ces 91 individus plus âgés ont, en moyenne, une longueur de 55,6 cm, un diamètre de 7.5 mm, et 14 dichotomies. Le taux de fertilité est de 54 %, sensiblement inférieur à celui observé chez les individus bagués (62 %). Aucun des 189 individus de taille inférieure à 15 cm n'est fertile, ce qui donne un taux de fertilité de 17 % pour l'ensemble des trois quadrats. Ce dernier pourcentage ne peut être comparé à aucune valeur antérieure, les petits individus n'étant jamais pris en compte dans les baguages.

En septembre 1996, seul le quadrat n°3 a fait l'objet d'une observation. La densité totale y est de 73 pieds au m², dont 59 % sont fertiles. Le taux de fertilité des 48 individus adultes est de 90 %.

4.2. ZOOBENTHOS DES SUBSTRATS DURS INTERTIDEAUX

Le développement des peuplements animaux de mode battu traduit la forte intensité des actions hydrodynamiques de ce secteur côtier. Au cap de Flamanville, constitué d'une succession d'éperons rocheux granitiques, les peuplements sont essentiellement représentés par une ceinture de cirripèdes à *Balanus balanoides*. A la pointe du Rozel, constituée d'un vaste platier de dalles de schistes, les peuplements sont représentés par une ceinture (largeur : 200 m) à *Balanus balanoides* prolongée en bas niveaux par une ceinture (largeur : 50 m) à *Balanus perforatus*.

L'étude de Surveillance, menée depuis 1983, a pour objectif de contrôler les variations d'abondance des principales espèces de cirripèdes de la ceinture à *Balanus balanoides* à la pointe du Rozel (radiale R4 ; voir figure 1.7 page 9) ainsi qu'au droit du sémaphore du cap de Flamanville (point SEM) ; cette étude est complétée par une évaluation sommaire des densités des principales espèces accompagnatrices et par un suivi de la recolonisation du substrat par les cirripèdes.

A partir de 1993, deux points de mesures sont ajoutés aux précédents, un dans l'anse de Quédoy située immédiatement au sud de la centrale, l'autre dans le port de Diélette (platier rocheux au nord de la sortie du port).

4.3.1. Méthodologie

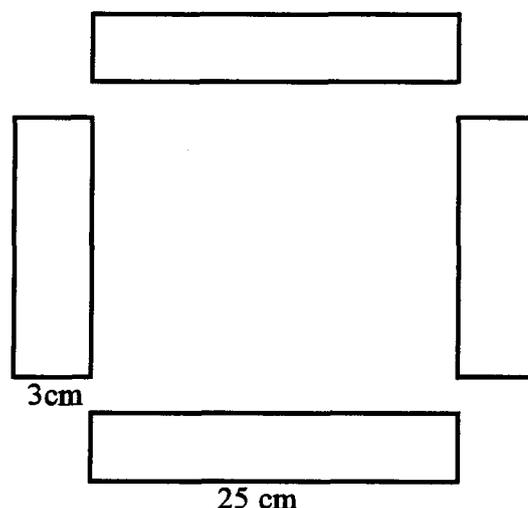
A la pointe du Rozel, quatre points de la radiale R4 sont échantillonnés dans la ceinture à *Balanus balanoides* à raison d'un point par strate. Au cap de Flamanville, les trois points "sémaphore" (ou SEM ; depuis 1983), "Quédoy" et "Diélette" (à partir de 1993) sont retenus comme représentatifs de l'ensemble de la ceinture à l'exception de la frange supérieure.

En septembre, la densité de cirripèdes est évaluée à l'aide de quadrats 0,05 m x 0,05 m (8 quadrats par point) ; le pourcentage de recouvrement du substrat par ces crustacés est noté. L'échantillonnage est stratifié pour tenir compte de l'hétérogénéité de colonisation (zone à forte densité, faible densité, absence totale de cirripèdes), phénomène constaté essentiellement aux limites de la ceinture. Des échantillons de substrat sont rapportés au laboratoire pour l'évaluation des pourcentages des différentes espèces.

Les densités des principales espèces accompagnatrices sont évaluées à chaque point à partir d'une surface unitaire de 1/16 m² (quadrat 0,25 m x 0,25 m) ; les patelles sont dénombrées sur le terrain à raison de 12 comptages par point alors que les autres espèces sont récoltées par grattage (4 par point), puis déterminées et comptées au laboratoire.

Les points Rozel (n°2), SEM , Quédoy et Diélette servent également à une étude de recolonisation du substrat par les cirripèdes.

Dans ce but, des comptages puis des grattages sont réalisés sur les mêmes séries de quadrats à trois périodes de l'année, en fin d'hiver (mars-avril), fin de printemps (juin) et fin d'été (septembre). Ceci permet de cerner l'importance de la fixation des recrues selon les saisons et d'établir le bilan global de recolonisation annuelle. Afin de limiter l'invasion des surfaces mises à nu par les espèces d'épifaune vagile (patelles, littorines) les quadrats rectangulaires sont de faible largeur.



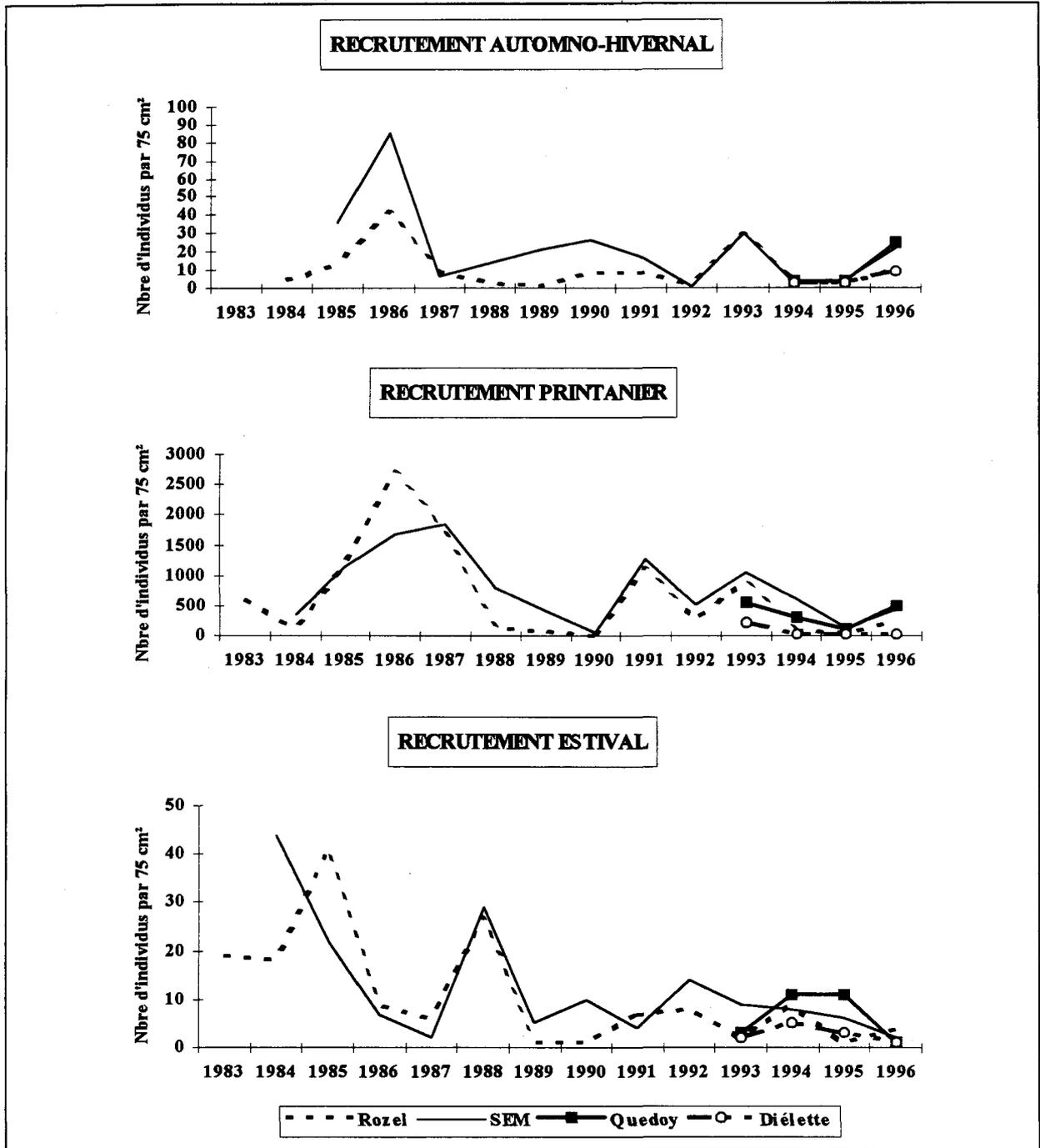


Fig. 4.6 : Recrutement saisonnier des crustacés cirripèdes intertidaux aux abords du cap de Flamanville

4.3.2. Résultats

4.3.2.1. Etude de recolonisation par les cirripèdes

Les premiers résultats sont présentés à la figure 4.6, qui montre les variations moyennes de recolonisation observées sur 75 cm² à la pointe du Rozel et au cap de Flamanville depuis 1983, dans l'anse de Quedoy et à Diélette depuis 1993. La recolonisation notée lors d'une mission donnée est le résultat du recrutement saisonnier en cours, diminué d'une mortalité (non quantifiée) intervenue entre la date de fixation des cypris (larves métamorphosées) sur le substrat et la date d'observation.

Les variations importantes du recrutement annuel des cirripèdes s'expliquent par les fluctuations du recrutement printanier. Ce dernier représente en effet, selon les années, de 77 % à 99.6 % du phénomène annuel, à l'exception toutefois du printemps 1990 où il n'atteint que 48 % à la pointe du Rozel et 61 % au cap de Flamanville.

Le corollaire de l'ampleur, en pourcentage, de la recolonisation printanière est évidemment la faiblesse aux deux points des deux autres recrutements, tant en période estivale (2 % en moyenne du recrutement annuel sur la période 1983-1996 ; de 1 à 50 individus par 75 cm²) qu'automno-hivernale (2 % ; de 1 à 90 individus par 75 cm²). Notons que le recrutement estival concerne quasi exclusivement *Elminius modestus*.

L'importance numérique du recrutement printanier confirme la relation entre l'importance du recrutement printanier et la rigueur de l'hiver (température moyenne de l'air et/ou de l'eau du mois le plus froid de l'année ; figure 4.7).

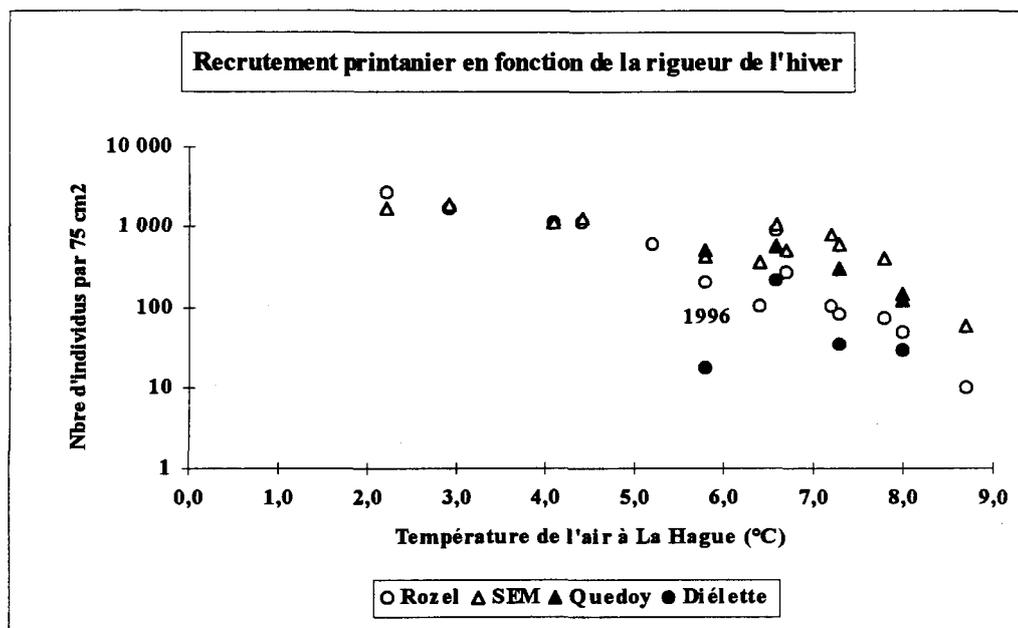


Fig. 4.7 : Recrutement printanier des crustacés cirripèdes intertidaux en fonction de la rigueur de l'hiver (Température moyenne mensuelle minimale de l'air à La Hague)

4.3.2.2. Evaluation des densités et des pourcentages des différentes espèces de cirripèdes

L'observation des densités de cirripèdes (tabl 4.1) montre des variations pluriannuelles importantes à la pointe du Rozel, moindres au cap de Flamanville, en fonction de la surface colonisée du substrat rocheux d'une part, de l'importance du recrutement (surtout printanier) d'autre part.

A l'exception des points 1 et 4 du Rozel, le substrat rocheux est toujours colonisé à 100 % chaque année. En 1996, seul le point 4 n'est pas entièrement colonisé (50 %).

Les proportions des différentes espèces de cirripèdes sont calculées à chaque point. Quatre espèces sont en compétition pour l'espace, à savoir : *Balanus balanoides*, *Elminius modestus*, *Chthamalus stellatus* et *Chthamalus montagui*. Les variations des densités totales des individus d'une année à l'autre se répercutent principalement sur *Balanus balanoides*. Ainsi le recrutement du printemps 1996 supérieur à celui de l'année précédente entraîne une hausse des pourcentages de cette espèce. Cette hausse est très irrégulière selon les points : quasi nulle à Diélette (86 %), faible au Rozel (+ 2 % ; 88 %), forte au sémaphore (+ 10 % ; 86 %) et à Quédoy (+ 19 % ; 93 %).

4.3.2.3. Evaluation des densités des principales espèces accompagnatrices

Seuls sont pris en compte pour cette étude les espèces ou groupes d'espèces appartenant à l'embranchement des mollusques (tabl. 4.2). Selon l'espèce et le point considérés, la fluctuation des effectifs par rapport aux années antérieures diffère, sans toutefois qu'une évolution se dégage.

		S.O.	D/S	D	S.O.	D/S	D	S.O.	D/S	D
		Septembre 1994			Septembre 1995			Septembre 1996		
Rozel	Pt 1	70	48 000	33 600	50	32 450	16 225	50	31 750	15 875
Rozel	Pt 2	100	50 800		100	36 900		100	50 250	
Rozel	Pt 3	100	44 800		100	31 300		100	45 200	
Rozel	Pt 4	100	43 200		80	38 600	30 880	100	41 550	
Flamanville	SEM sup	100	34 400		100	23 267		100	40 133	
Flamanville	SEM inf	100	47 200		100	44 533		100	44 933	
Flamanville	Quédoy	100	38 800		100	44 000		100	46 050	
Flamanville	Diélette	100	42 000		100	44 600		100	36 000	

S.O. = surface occupée du substrat (en %)

D/S = densité par strate

D = densité moyenne

	Rozel	Sémaphore	Quedoy	Diélette
1977	46 401			
1978	48 556			
1983	43 276	66000		
1984	28 313	60100		
1985	74 650	74400		
1986	64 455	75300		
1987	91 681	77000		
1988	46 863	60000		
1989	35 089	40868		
1990	18 240	26700		
1991	73 136	72000		
1992	38 233	38000		
1993	74 605	76700	72300	48960
1994	43 100	47200	38800	42000
1995	28 826	44533	44000	44600
1996	38 219	44 933	46 050	36 000

Tableau 4.1 : Comparaison des densités globales de cirripèdes (nbre d'individus par m²)

Septembre 1996	PATE sp	LITT SAX	LITT NER	GIBB UMB	GIBB PEN	THAI LAP	OCEN ERI	LASE RUB	MODI BAR
ROZEL 1	4	1492	50	0	4	0	0	140	0
ROZEL 2	12	1488	56	4	24	0	0	1500	8
ROZEL 3	40	580	16	0	28	0	0	2284	0
ROZEL 4	29	726	45	0	10	0	0	3866	3
Moy. 1-4	21	1072	42	1	17	0	0	1948	3
Sémaphore sup	48	3088	80	0	0	0	0	344	0
Sémaphore inf	120	4240	104	0	0	0	0	136	16
Moy	84	3664	92	0	0	0	0	240	8
Quédoy	52	172	24	0	0	0	0	200	0
Diélette	104	1412	32	4	8	0	0	224	0

PATE sp	=	<i>Patella sp</i>	LITT SAX	=	<i>Littorina saxatilis</i>
LITT NER	=	<i>Littorina neritoïdes</i>	GIBB UMB	=	<i>Gibbula umbilicalis</i>
GIBB PEN	=	<i>Gibbula pennanti</i>	THAI LAP	=	<i>Thais lapillus</i>
OCEN ERI	=	<i>Ocenebra erinaceus</i>	LASE RUB	=	<i>Lasea rubra</i>
MODI BAR	=	<i>Modiolus barbatus</i>			

Tableau 4.2 : Densités moyennes, par m², des différentes espèces de mollusques

5. LE DOMAINE HALIEUTIQUE

Etude et rapport réalisés, au sein de la Direction des Ressources Vivantes par

Jocelyne MARTIN DRV / RH / NANTES

Dominique MIOSSEC DRV / RH / PORT-EN-BESSIN

avec la collaboration de :

Paul BOURRIAU DRV / RH / NANTES

Liliane FIANC DRV / RH / PORT-EN-BESSIN

Patrick GRELLIER DRV / RH / NANTES

Daniel HALGAND DRV / RH / NANTES

Jérôme HUET DRV / RH / BREST

Joël VIGNEAU DRV / RH / PORT-EN-BESSIN

pour les missions en mer

et de

**Jean d'ELBEE (Laboratoire d' Analyses de
Prélèvements hydrologiques - LAPHY)**

pour le tri et l'identification du plancton

5.1. LARVES DE CRUSTACES

5.1.1. Matériel et méthodes

5.1.1.1. Nature et fréquence des observations.

Localisation des points de mesures

Comme pour les autres sites étudiés, les observations effectuées à Flamanville comprennent des pêches de zooplancton auxquelles sont associés des relevés hydrologiques. Le calendrier des missions est donné dans la première partie du rapport (tableau 1.3). Les quatre missions prévues au contrat ont été réalisées de juin à août à bord du chalutier artisanal *le Cap de Carteret*.

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points : le point "Canal d'amenée", le point "Rejet" et deux points hors tache thermique (le point 3 étudié depuis le début des études et le point "Référence" plus côtier et commun à l'étude du domaine pélagique,). La position de ces points est indiquée sur la carte de la page 9 (figure 1.7).

Dans la mesure du possible, la date des campagnes est choisie en fonction des coefficients de marée les plus faibles et, au moins pour les points "Canal d'amenée" et "Rejet" très proches l'un de l'autre, les mesures sont faites aux alentours de la renverse de courant (renverse de flot qui a lieu approximativement trois heures après la pleine mer du port de Saint-Malo ; annexe 5.1).

5.1.1.2. Paramètres hydrologiques

Depuis 1984, deux paramètres seulement sont mesurés à chaque point : la température de l'eau et sa salinité. Les relevés sont faits à deux niveaux (sub-surface et voisinage du fond) à l'aide d'une sonde VALEPORT, modèle CTDS 600 ; la précision des mesures est toujours de 10^{-1}°C pour la température et $50.10^{-2}\text{g.kg}^{-1}$ pour la salinité, exprimée en grammes par kilogramme d'eau de mer.

En raison d'un problème technique lié à la sonde au cours de la première mission, seule la température de surface a pu être mesurée à l'aide d'un thermomètre de précision.

5.1.1.3. Zooplancton

L'engin utilisé pour les pêches de larves d'araignée est un échantillonneur de type Bongo grand modèle conçu pour l'échantillonnage de l'ichtyoplancton. Ses caractéristiques et ses performances ont été notamment décrites par SHERMAN et HONEY (1971), SMITH (1974), SCHNACK (1974), ALDEBERT (1975), ARBAULT et LACROIX (1975).

Pour les pêches de larves de homard, nous avons utilisé un échantillonneur neustonique d'ouverture plus large et de maillage supérieur.

5.1.1.3.1. Description des échantillonneurs

Bongo grand modèle

L'échantillonneur Bongo grand modèle utilisé pour les études de sites comporte deux filets de maillage 505 μm montés sur une même armature et pêchant en même temps. Chaque filet a un diamètre d'ouverture de 0,61 m, mesure 3 m de longueur et présente une partie cylindrique à l'avant du cône de filtration terminal. A chaque embouchure du couple de filets est fixé un débitmètre (2030 "Digital Flowmeter" 10 à 500 cm.s^{-1} de General Oceanics) permettant le calcul des volumes filtrés. Un dépresseur en V de 40 kg environ assure la plongée et la stabilité de l'engin en pêche. Chaque filet se termine par un collecteur à oreilles où les organismes se rassemblent dans un volume d'environ 2 litres empêchant leur détérioration.

Neuston

Cet engin, utilisé par NICHOLS et coll. (1980), se compose d'un cadre en tube d'aluminium (2 m x 0,80 m) sur lequel est monté un filet de forme conique ayant une longueur de 3 m ; le filet se termine aussi par un collecteur à oreilles. La maille utilisée, tant sur le filet que sur les oreilles du collecteur, est de 1 250 μm . Comme le Bongo, l'ouverture du Neuston est équipée d'un débitmètre ("Digital Flowmeter") afin de calculer le volume d'eau filtré.

5.1.1.3.2. Méthode d'échantillonnage

La méthodologie d'échantillonnage du Bongo s'inspire du manuel de standardisation des méthodes (JOSSI et coll., 1975) édité par le North East Fishery Center des Etats-Unis ; les modalités d'utilisation décrites par HERAL et coll. (1976) pour adapter cet engin aux études de sites effectuées en eau côtières peu profondes, ont été abandonnées en 1984.

Depuis 1984, la pêche se fait ainsi en trait oblique sans palier, depuis le fond jusqu'à la surface à une vitesse de 2 noeuds environ (1 m.s^{-1}). Le volume filtré au cours d'un simple traict oblique (comprenant la descente puis la remontée du filet) a varié cette année entre 130 m^3 et 411 m^3 . Les données concernant chaque traict (sonde, durée, volume filtré) sont indiquées dans l'annexe 5.1.

Le Neuston, utilisé à partir de 1983 en trait de surface, est totalement immergé depuis 1984, ceci afin d'obtenir des volumes filtrés plus réalistes (par mer agitée, même faiblement, l'immersion aux 2/3 préconisée ne pouvait être effective).

Depuis 1988, un deuxième Neuston est utilisé simultanément pour étudier l'ensemble de la colonne d'eau ; selon la profondeur, 2 ou 3 traits obliques sont réalisés à la suite de façon à réaliser un traict de durée suffisante (environ 15 minutes) et similaire à celle du traict de surface.

Les prélèvements sont toujours effectués de jour (annexe 5.1.) ce qui s'avère important, surtout pour les prélèvements de surface.

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

5.1.1.3.3. Conservation des échantillons

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

5.1.1.3.4. Dépouillement des échantillons

Comme le prévoit le contrat depuis 1986, l'étude halieutique (partie oeufs et larves) ne porte plus que sur le homard et l'araignée.

Les larves de ces deux espèces sont comptées sur la totalité des échantillons et leur stade est identifié.

5.1.1.4. Saisie, stockage et traitement des données

Les données brutes du comptage sont saisies au Centre IFREMER de Nantes sur micro-ordinateur où les effectifs, par espèce et stade de développement, sont ramenés à l'unité de volume filtrée (10 m³). L'ensemble des données est archivé à Nantes sur la mini-base créée spécialement pour la partie «oeufs et larves» du domaine halieutique.

Figure 5.1.- *Homarus gammarus*, larves prélevées au Neuston en surface.

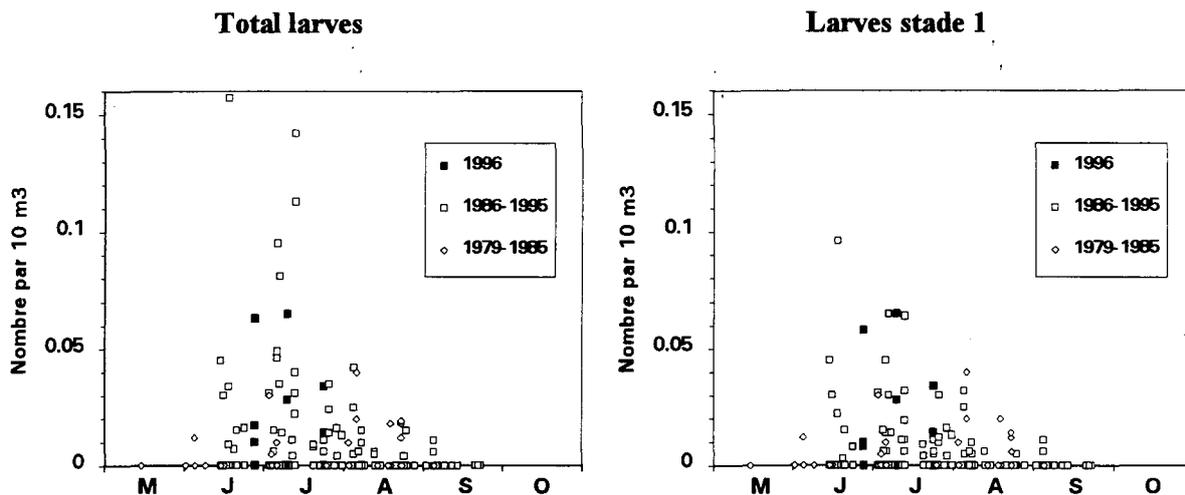


Figure 5.2.- *Homarus gammarus*, larves prélevées au Neuston sur toute la colonne d'eau.

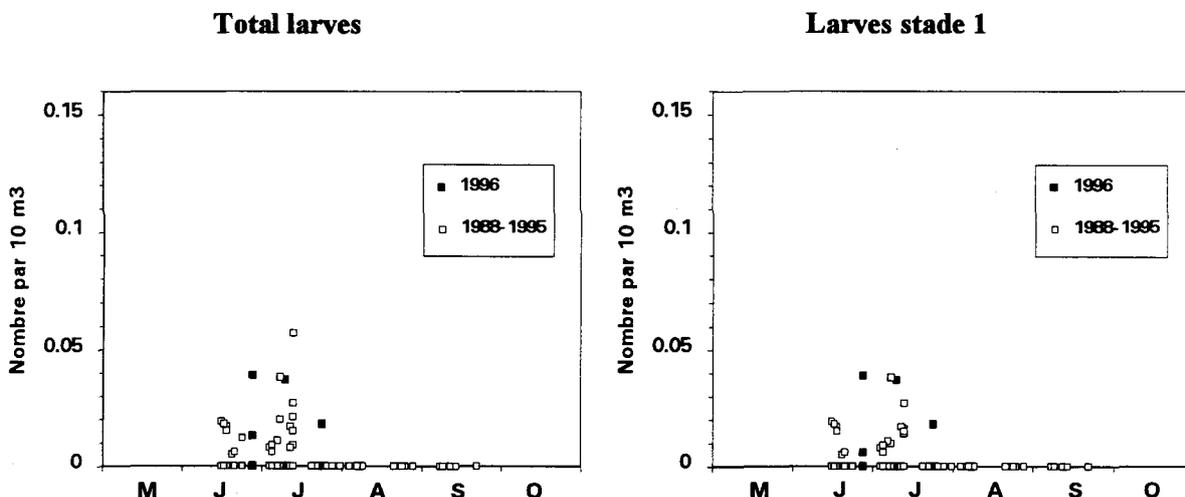
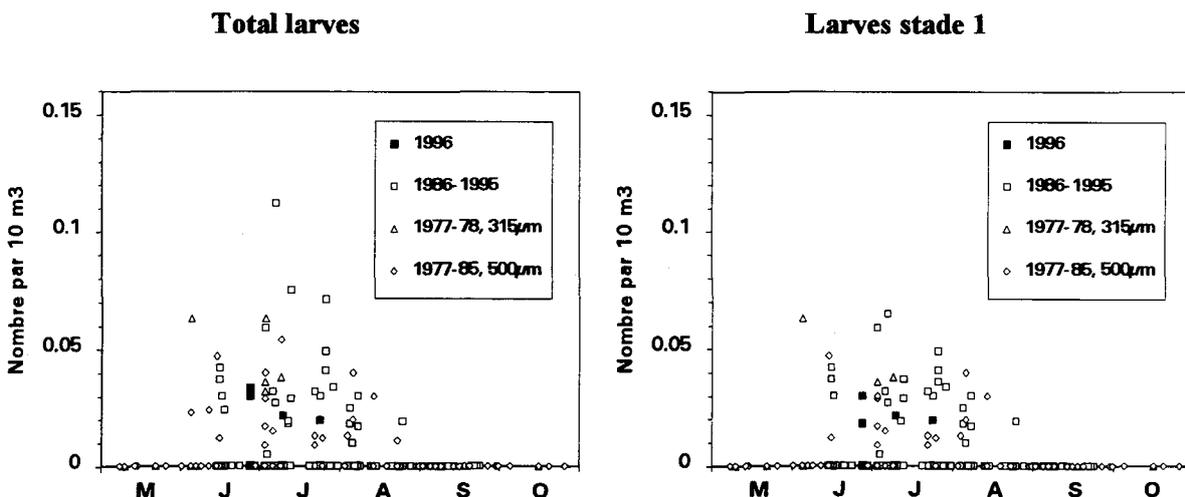


Figure 5.3.- *Homarus gammarus*, larves prélevées au Bongo sur toute la colonne d'eau.



5.1.2. Résultats

Les résultats des paramètres hydrologiques (température et salinité), mesurés dans le cadre de l'étude halieutique, figurent annexe 5.2.

5.1.2.1. Larves de homard, *Homarus gammarus* L. (annexe 5.3)

Les figures 5.1 à 5.3 permettent de situer les résultats obtenus depuis 1986 par rapport aux résultats antérieurs correspondant à la période avant fonctionnement (1977-1985). Toutes les densités observées y figurent, sans distinction du point où elles ont été trouvées.

La figure 5.1 présente les densités obtenues par prélèvement en sub-surface au moyen du Neuston, tandis que les deux autres montrent les résultats des prélèvements effectués sur toute la colonne d'eau, au moyen du même échantillonneur (figure 5.2) ou au moyen du Bongo (figure 5.3). Chaque figure montre les densités de larves tous stades confondus (à gauche) et les densités de larves au premier stade (à droite).

L'observation de ces figures montre que nous avons récolté une quantité notable de larves au cours de l'été 1996 ; les densités maximales sont de l'ordre de 0,06 par 10 m³. Si ces densités n'atteignent pas les plus importantes, comprises entre 0,08 et 0,16 par 10 m³ et observées en 1986, 1988, 1993 et 1994, elles sont aussi trouvées en surface.

En 1996 (figures 5.4 à 5.6 ci-après) des larves de homard ont été récoltées lors des trois premières missions, soit du 27 juin au 23 juillet. L'évolution des densités de larves au stade 1 (figures 5.7 à 5.9) suggère que le pic d'éclosion se situe entre fin juin et début juillet.

Comme chaque année depuis 1989, aucune larve n'a été récoltée dans le canal d'aménée. Dans les environs du rejet, nous en avons pêché début juillet en surface.

Sur un total de 49 larves récoltées au Neuston, 37 l'ont été par prélèvement de surface ; quelle que soit la couverture nuageuse, la proportion de larves pêchées en surface a toujours été supérieure cette année à celle pêchée sur l'ensemble de la masse d'eau, excepté au point 3 fin juin. Par ailleurs, 5 larves ont été récoltées au Bongo.

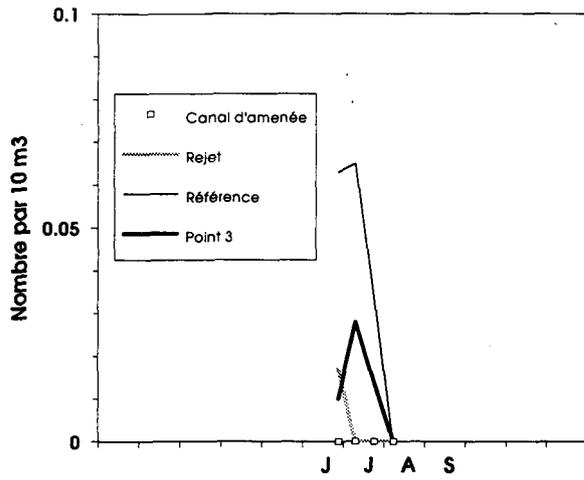


Figure 5.4.- *Homarus gammarus*, Total Larves
Prélèvement en surface au Neuston

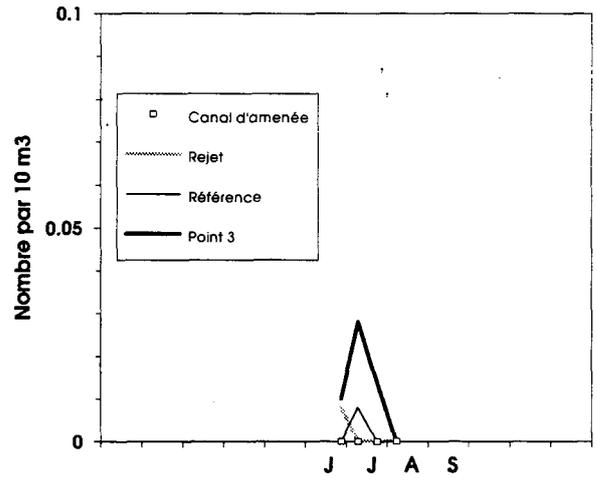


Figure 5.7.- *Homarus gammarus*, Larves stade 1
Prélèvement en surface au Neuston

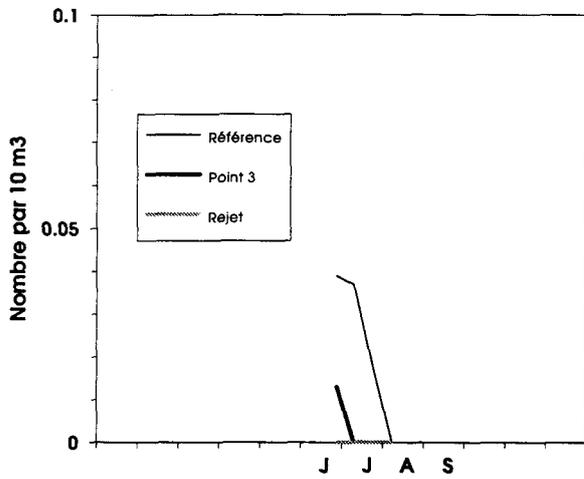


Figure 5.5.- *Homarus gammarus*, Total Larves
Prélèvement sur toute la colonne d'eau, au Neuston

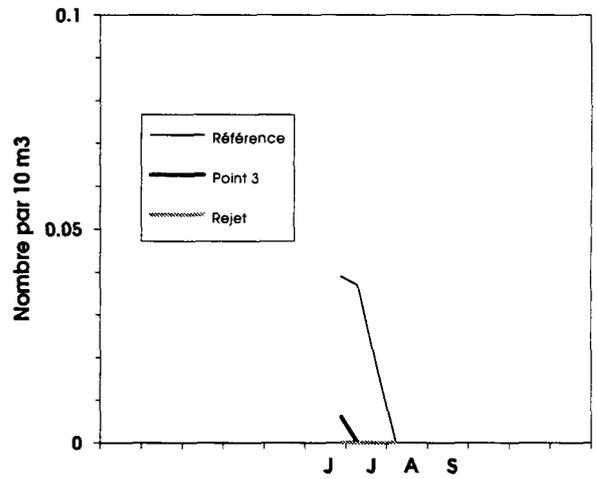


Figure 5.8.- *Homarus gammarus*, Larves stade 1
Prélèvement sur toute la colonne d'eau, au Neuston

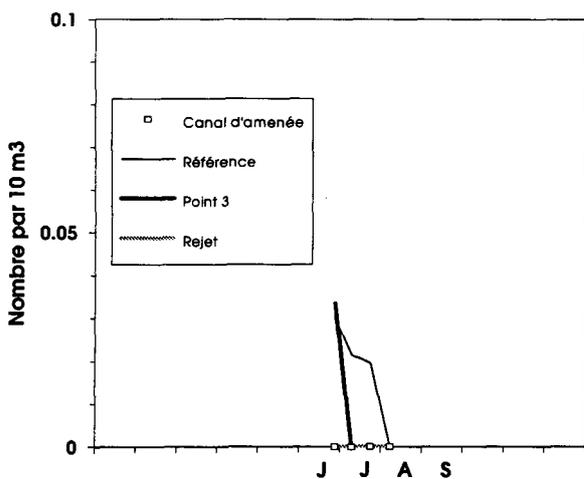


Figure 5.6.- *Homarus gammarus*, Total Larves
Prélèvement sur toute la colonne d'eau, au Bongo

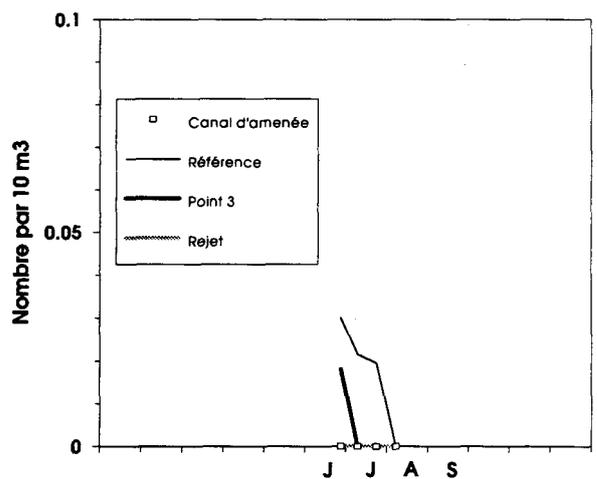


Figure 5.9.- *Homarus gammarus*, Larves stade 1
Prélèvement sur toute la colonne d'eau, au Bongo

5.1.2.2. Larves d'araignée, *Maja squinado* Herbst (annexe 5.4)

Les récoltes réalisées au point du large (point 3), régulièrement le plus riche en zoés d'araignée et situé en dehors de la tache thermique, sont le reflet de l'influence du climat sur la période d'éclosion de cette espèce.

La mesure de la température de l'eau effectuée quotidiennement à l'entrée de la Centrale depuis sa mise en fonctionnement (mesure E.D.F. "source amont site") est une donnée précieuse pour connaître l'influence du climat sur des organismes vivants à proximité. Reflétant la moindre évolution de température, elle permet de connaître, de façon relativement précise, la quantité d'énergie reçue par les oeufs lors de l'incubation, voire même par les femelles avant la ponte ; les données ne sont pas absolues puisque la température de l'eau d'un secteur aussi peu profond que l'entrée de la Centrale est plus sensible au climat que celle du large, mais elle permet de comparer les cycles annuels avec une bonne précision.

La figure 5.10 montre, pour chaque année étudiée depuis 1986 l'évolution saisonnière des zoés d'araignée et de la température de l'eau. Par souci de clarté dans les graphes, nous n'avons pas reproduit cette année les températures mesurées par nos soins au point 3.

On y observe des années où les zoés d'araignée au stade 1 ne sont récoltées qu'à partir de fin juillet comme 1986 et 1987 et des années plus précoces où la présence de zoés est constatée dès le mois de juin (c'est le cas en 1990, 1993 et 1995) et, plus particulièrement l'année 1989, où la densité maximale de stades 1 se situe dès le début juillet. Parallèlement à cette précocité d'éclosion des zoés, il apparaît que la quantité d'énergie reçue matérialisée par les surfaces bleues des courbes de température soit plus importante au cours du printemps de ces années précoces.

Le calcul plus précis du nombre de degrés-jours au cours de la période précédant l'éclosion des zoés a montré dans une première étude (MARTIN, 1993) qu'il existait une relation entre ceux-ci et la date d'apparition des zoés 1 ; parmi les périodes testées (allant toutes jusqu'au 15 juin et débutant au plus tôt le 1er avril), la période « 21 avril-15 juin » était celle qui donnait le meilleur coefficient de corrélation.

Une deuxième approche plus poussée (MARTIN, 1996) a permis de mettre en évidence, par la prise en compte cette fois des températures régnant dès le début de l'année, l'existence de deux périodes sensibles, la première se situant probablement au moment de la maturation des ovaires et la deuxième au cours de l'incubation. Rappelons toutefois que les femelles araignée ne vivent pas dans le même secteur lors de la maturation, les températures mesurées à la Centrale reflètent de façon moins précise la température réellement subie à cette période.

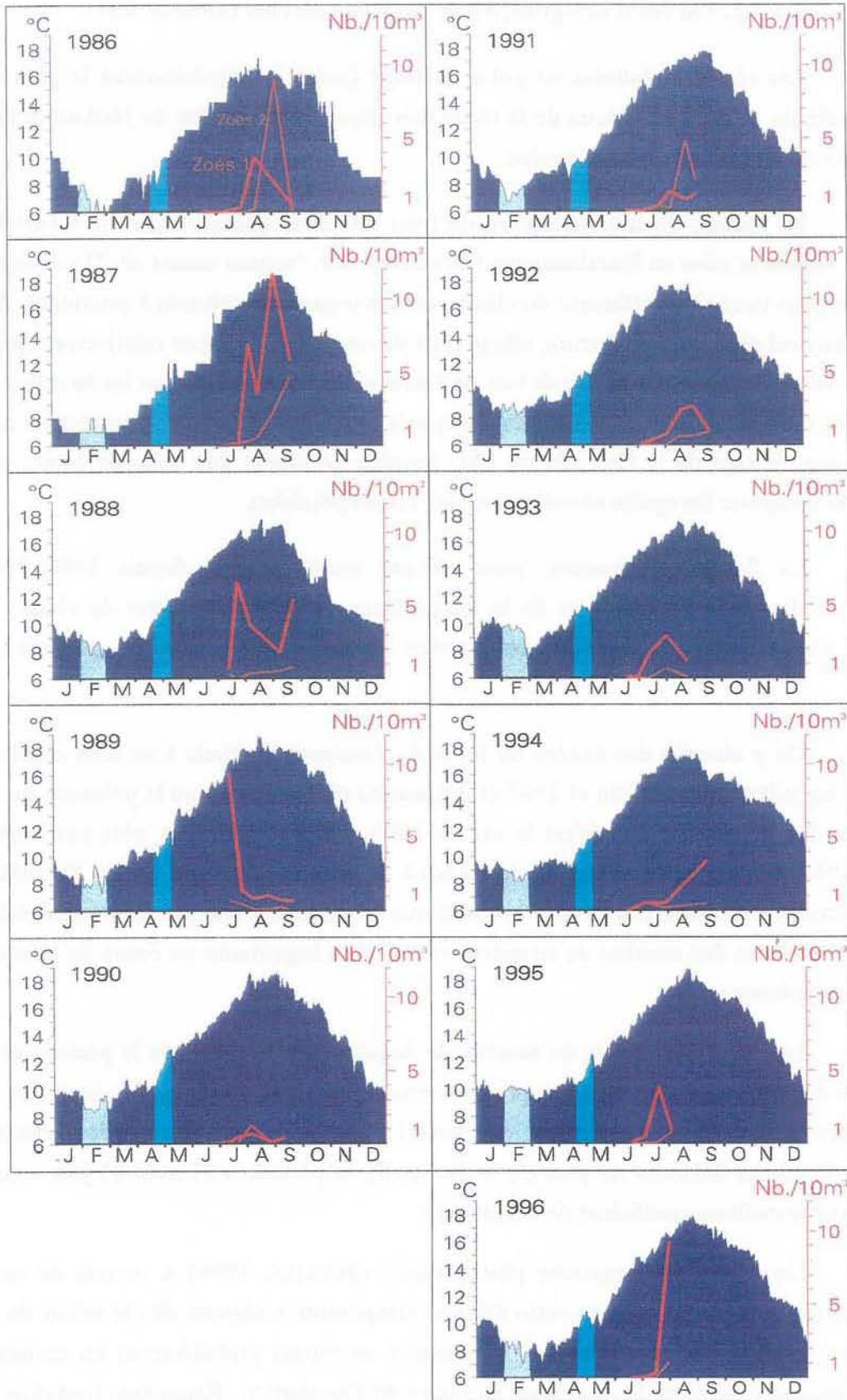


Figure 5.10.- Zoés d'araignée de mer (stades 1 et 2 en rouge, en nombre par 10 m³) récoltées au point 3 et température de l'eau (en °C, aires bleues) à l'entrée de la Centrale.

Le tableau 5.1 ci-après montre les coefficients de corrélation obtenus pour les différentes périodes testées dans le cadre de cette étude après mise à jour avec les résultats 1996. Quelle que soit la longueur des périodes testées (10, 20 ou 30 jours), on constate une meilleure corrélation pour les périodes avoisinant le mois de février et celles situées vers fin avril-début mai (cases en jaune). La baisse très sensible des coefficients de corrélation pour les périodes situées entre les deux peut s'expliquer par l'existence d'une période de diapause quelques jours après la ponte chez cette espèce (WEAR, 1974), période pendant laquelle les oeufs cessent de se développer indépendamment de la température de l'eau.

Début des périodes testées	Janvier			Fevrier			Mars			Avril			Mai			
	1 ^{er}	11	21	1 ^{er}												
Périodes allant jusqu'au 15 Juin	0.76	0.77	0.77	0.75	0.73	0.70	0.67	0.69	0.70	0.70	0.69	0.67	0.64	0.59	0.55	0.51
Périodes de 10 jours	0.02	0.25	0.55	0.64	0.72	0.72	0.39	0.53	0.58	0.67	0.59	0.62	0.74	0.57	0.56	
Périodes de 20 jours			0.43		0.72		0.60		0.57		0.66		0.75		0.60	
				0.63		0.75		0.47		0.63		0.66		0.69		
Périodes de 30 jours				0.30		0.75		0.52		0.71			0.67			
					0.53		0.68		0.61		0.74					
						0.72		0.60		0.65		0.73				

Tableau 5.1.- Coefficients de corrélation entre le nombre de degrés-jours à certaines périodes et la date d'apparition des zoés d'araignée.

La figure 5.11 qui illustre l'influence de la température de l'eau au cours des deux périodes sensibles sur la date d'apparition des zoés, montre que l'année 1996 se situe plutôt parmi les années tardives.

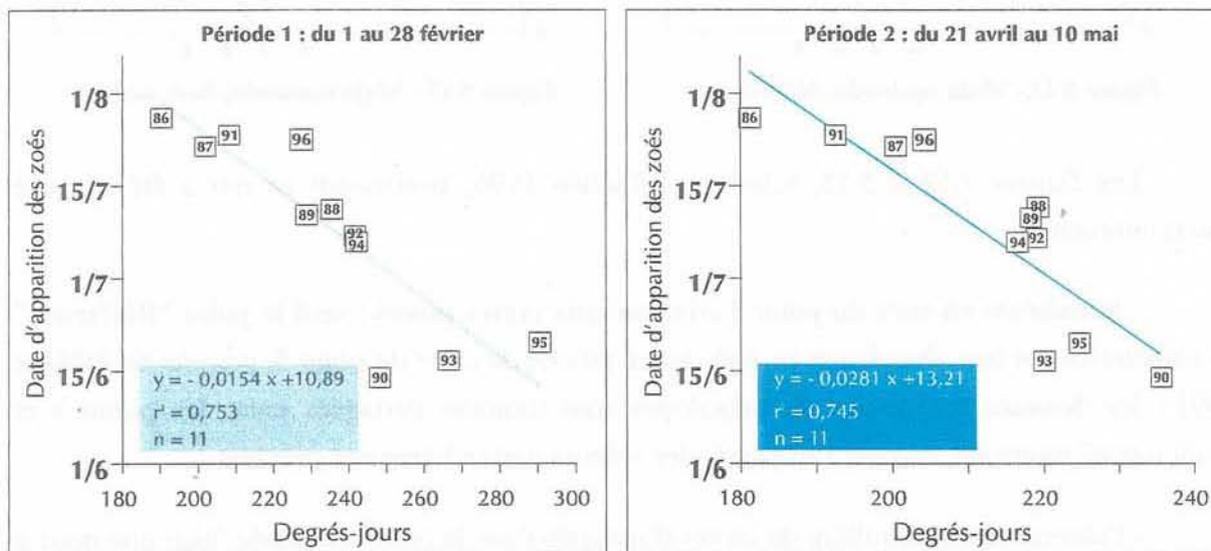


Figure 5.11.- Relation entre le nombre de degrés-jours calculé sur les deux périodes sensibles et la date d'apparition des zoés d'araignée de mer.

La courbe de variation de la densité de zoés stade 1 (fig. 5.12) semble esquisser un pic d'abondance début août, mais l'absence de mission après cette date nous empêche de connaître le pic réel, qui s'est peut-être produit un peu plus tard.

Après quelques années d'abondance modeste, la densité maximale de zoés relevée en 1996 (10,4 par 10 m³) rejoint celles notées de 1986 à 1989. A moins d'une forte augmentation après le 7 août (1996), l'année 1983 demeurerait exceptionnelle avec 61 zoés par 10 m³.

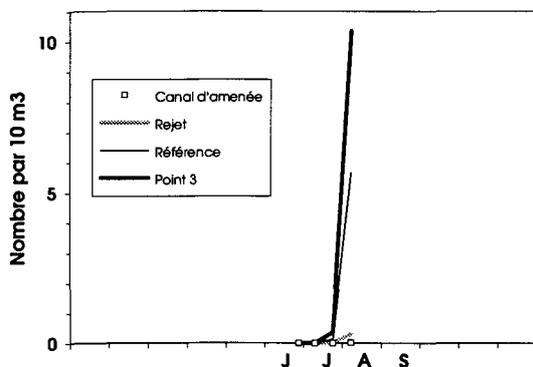


Figure 5.12.- Maja squinado, Total Zoés

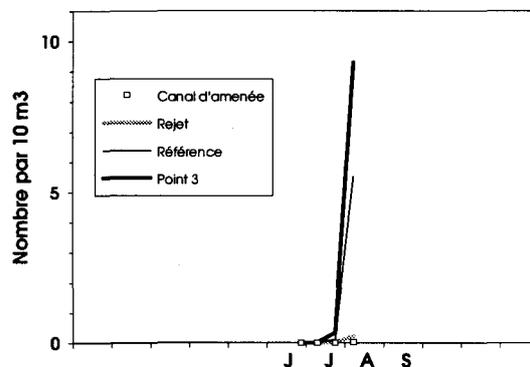


Figure 5.14.- Maja squinado, Zoés stade 1

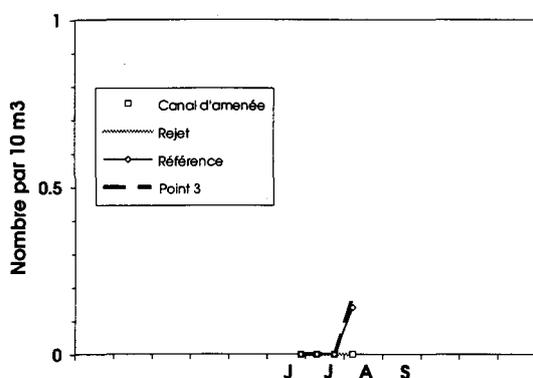


Figure 5.13.- Maja squinado, Mégalopes

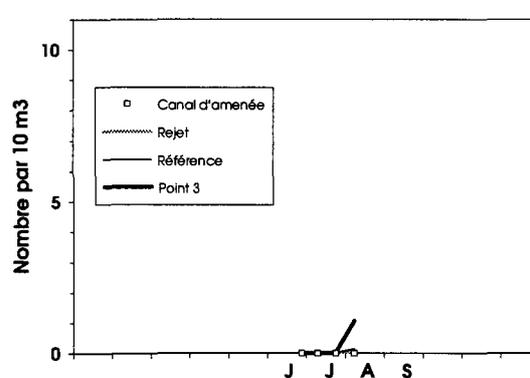


Figure 5.15.- Maja squinado, Zoés stade 2

Les figures 5.12 à 5.15, relatives à l'année 1996, confirment ce qui a été observé antérieurement :

- la richesse en zoés du point 3 comparé aux autres points ; seul le point "Référence" se caractérise par une abondance en zoés assez proche de celle du point 3, comme en 1990 et 1991 ; les densités maximales de mégalopes sont toujours partagées entre les points 3 et "Référence" montrant, comme l'an passé, des valeurs particulièrement proches ;

- l'absence quasi régulière de larves d'araignée dans le canal d'amenée, bien que nous y ayons pêché une larve au stade 1 cette année ;

- le peu de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; les quelques zoés pêchées en 1996 (une au stade 1 fin juillet et quelques-unes début août avec une au stade 2) donnent une densité maximale (0,30 par 10 m³) comparable à celles des années antérieures (0,07 à 1,7 par 10 m³).

5.2. SURVEILLANCE DE LA PECHE COTIERE DES CRUSTACES

L'étude de Projet relative aux ressources halieutiques du site de Flamanville a mis en évidence l'intérêt de la pêcherie de crustacés du nord-ouest Cotentin pour la flottille artisanale travaillant au casier dans ce secteur. Les observations se poursuivent donc depuis 1980.

5.2.1. Pêche professionnelle.

5.2.1.1. Flottille

En 1996, les travaux effectués dans le port de Diélette, rendant l'accès aux bateaux plus facile (pontons flottants), ont attirés un bateau de Goury et un de Carteret qui se sont basés là de façon permanente. Le nombre global de bateaux de pêche dans le secteur n'a cependant pas varié.

L'effort de pêche déployé par les caseyeurs reste concentré dans les zones du cap de Flamanville et de Carteret en marées de vives-eaux, dans les secteurs du cap de la Hague ou des Erehous en marées de mortes-eaux.

5.2.1.2. Activité

Seule une partie de cette flottille est armée toute l'année, un tiers environ des bateaux ne travaillant que d'avril à octobre. En période estivale (période d'activité maximum de la flottille), environ 75 marins sont embarqués.

5.2.1.3. Production

La mise en place progressive de déclarations mensuelles de captures conjointement par le comité régional des pêches et l'administration des pêches maritimes va permettre l'amélioration du suivi de la production, des crustacés notamment.

5.2.2. Pêches expérimentales

Depuis 1993, les pêches expérimentales aux casiers n'ont été réalisées qu'au cours des mois de juin et septembre.

5.2.2.1. Matériel et méthode

Le principe de 15 points définis dans le secteur proche du site de la Centrale a été conservé (figure 5.15).

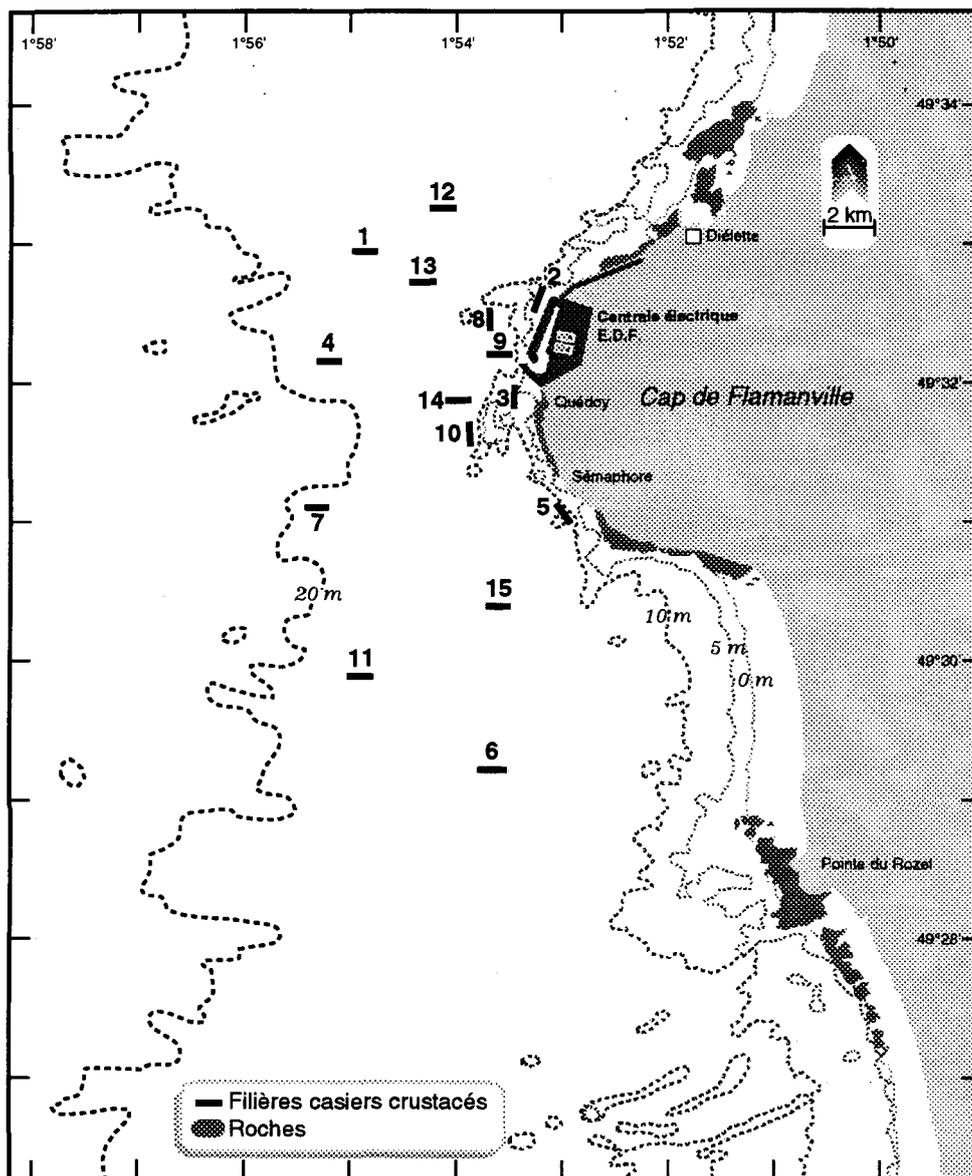


Figure 5.15 - Carte de positionnement des filières

Chaque campagne comporte 4 jours de pêche consécutifs (sauf conditions météorologiques défavorables) au cours d'une marée de mortes-eaux. Les 15 filières de 20 casiers sont relevées, dans la mesure du possible, à chaque sortie.

Les casiers utilisés sont identiques à ceux employés les années précédentes. L'appât utilisé est essentiellement du chinchard décongelé.

5.2.2.1.1. Chronologie des embarquements

Le tableau ci-dessous donne les dates de campagne ainsi que le nombre de filières relevées chaque jour :

MISSIONS	DATE	NOMBRE DE FILIERES
JUN	24	15
	25	15
	26	13
	27	15
SEPTEMBRE	17	12
	18	7
	19	5
	20	15

5.2.2.1.2. Observations réalisées

Les observations réalisées en 1996 reposent sur 1940 casiers relevés (annexe 5.9). Le nombre d'individus capturés par casier est noté pour les espèces suivantes: homard, tourteau, araignée, étrille, buccin et pagure. Les données biologiques prises en compte pour les crustacés (excepté les paguridés) concernent la taille, le sexe, la dureté de la carapace, la présence éventuelle d'oeufs et la maturité (pour l'araignée).

5.2.2.1.3. Traitement des données

Les données, recueillies sur bordereaux "pré-codés" au cours des pêches expérimentales, ont été saisies puis traitées grâce à un système de gestion de base de données à la station IFREMER de Port-en-Bessin.

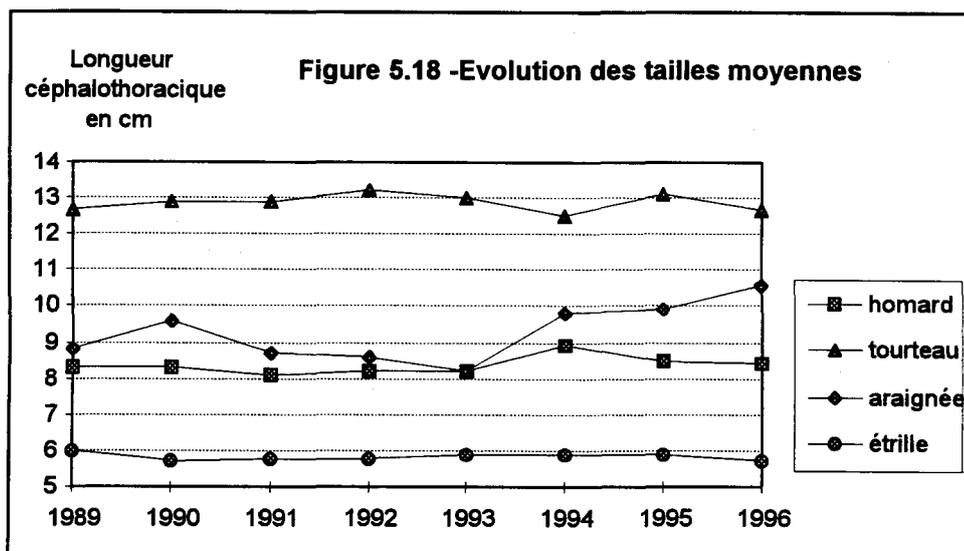
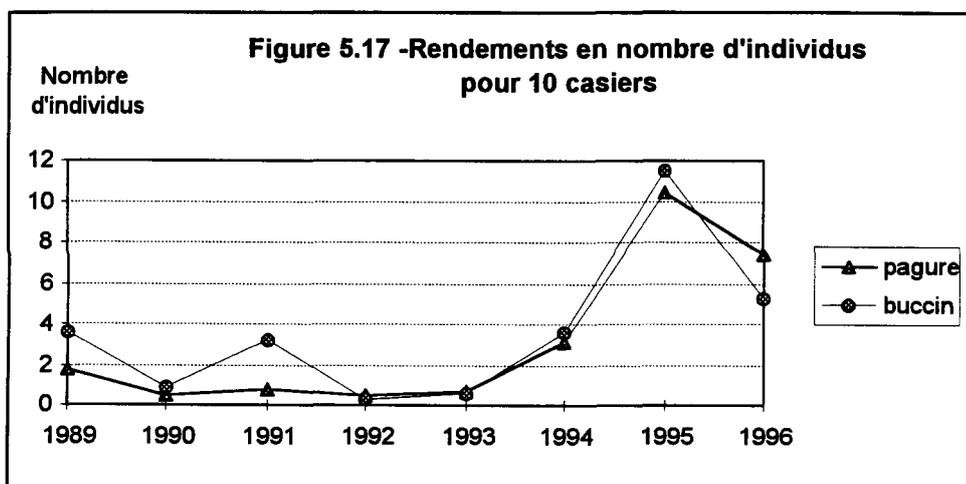
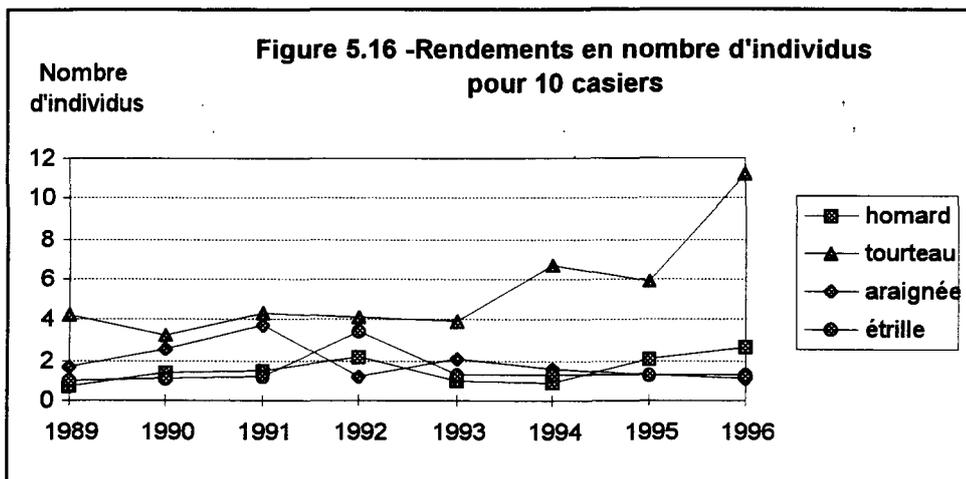
5.2.2.2. Principaux résultats

Les résultats de l'année 1996 présentés concernent les paramètres biologiques définis au cours des années 1980 à 1985, années de référence avant la mise en service de la Centrale EDF. Ils sont comparés aux résultats des missions de juin et septembre des années antérieures.

5.2.2.2.1. Homard (annexe 5.5)

- Rendements (figure 5.16)

Les rendements du mois de juin 1996 (nombre d'individus pêchés pour 10 casiers relevés) sont plus élevés que ceux observés au cours des années précédentes et le rendement moyen calculé pour l'ensemble de la saison de pêche est de 2,7 individus pour 10 casiers contre 2,15 en 1995, bien que les résultats du mois de septembre 1996 soient beaucoup plus faibles que ceux de l'année passée.



- Répartition des tailles (figure 5.18)

La taille moyenne (longueur céphalothoracique) des homards capturés en 1996 est de 8,4 cm. C'est une valeur voisine de celles qui ont été observées les années précédentes, un peu plus faible que celle de 1995.

- Poids individuel

Le poids individuel est calculé à partir de la relation taille - poids élaborée en 1983 par les biologistes du Comité Régional des Pêches et Cultures marines de Bretagne (CORPECUM), du Comité Local des Pêches de Blainville, des Stations ISTPM de Roscoff et de Ouistreham et utilisée depuis pour l'ensemble de la Manche Ouest :

$$W = a L^b$$

avec W = poids en g
et L = longueur céphalothoracique en mm

pour les mâles : $a = 187.10^{-6}$ et $b = 3,289$

pour les femelles : $a = 371.10^{-6}$ et $b = 3,122$

Comme la taille moyenne, le poids moyen diminue depuis 1994, année exceptionnelle : 491 g en 1994 et 414 g en 1996.

- Proportion des sexes

La moyenne saisonnière du pourcentage de mâles sur le nombre total de captures est très stable d'une année à l'autre et toujours voisine de celle observée lors des années de référence : 53 % des individus sont de sexe mâle.

5.2.2.2.2. Tourteau (annexe 5.6)

Cette année, les rendements mensuels calculés pour le tourteau sont beaucoup plus élevés que lors des années précédentes avec 10 et 12 individus pour 10 casiers respectivement en juin et septembre. Cette valeur n'était que de 6 individus en juin et septembre 1995.

Comme fréquemment lorsque les rendements sont plus importants, la taille moyenne des individus capturés (largeur du céphalothorax) est plus faible. Elle est de 12,7 cm en 1996 contre 13,1 cm en 1995 (figure 5.18).

Le sex-ratio des captures varie plus d'une année sur l'autre que pour le homard : 65 % d'individus de sexe mâle en 1996, 63 en 1995, 58 en 1994.

5.2.2.2.3. Araignée (annexe 5.7)

Comme les années précédentes, le rendement moyen est faible en 1996 : 1,1 araignée pour 10 casiers (figure 5.16) mais les missions ont lieu avant et après la période d'abondance maximale observée lors des années de référence.

La taille moyenne des captures augmente depuis 1993 : les captures de nombreuses jeunes araignées immatures pendant l'été provoquait une diminution de la taille moyenne ; or en juin et septembre, on ne capture plus que des individus adultes. C'est ainsi qu'en 1996 la longueur céphalothoracique moyenne des individus pêchés a été de 10,6 cm (figure 5.18).

L'évolution mensuelle du rapport des sexes varie toujours dans les limites de celles déjà observées. En juin, la proportion de mâles est de 91 % et elle diminue pour atteindre 46 % en septembre.

5.2.2.2.4. Etrille (annexe 5.8)

Le rendement moyen est stable par rapport aux années 1994 et 1995, soit 1,3 individu pour 10 casiers (figure 5.16).

La taille moyenne (5,7 cm) est légèrement plus basse que lors des années passées (figure 5.18).

En 1996, comme pendant les années précédentes, le sex-ratio est déséquilibré : 80 % des individus sont des mâles.

5.2.2.2.5. Buccin et Paguridés (annexe 5.9 et figure 5.17)

Les rendements de pêche sont assez élevés en 1996 pour les deux espèces, particulièrement en juin. Ce sont des espèces dont les rendements varient fortement d'une filière à l'autre en fonction de la nature du fond, d'une saison à l'autre et d'une année à l'autre.

Cette année, les rendements annuels moyens de 5,3 individus pour 10 casiers pour le buccin et de 7,4 pour les pagures sont en baisse par rapport aux résultats exceptionnels de 1995.

6. CONCLUSION

L'année 1996 se caractérise par un climat proche de la moyenne (une pluviosité légèrement déficitaire, un ensoleillement moyen, des températures de l'air s'écartant peu des moyennes saisonnières).

La température de l'eau de mer à proximité de la côte est, dans ces conditions, également légèrement inférieure à la moyenne (déficit thermique moyen de 0,16 °C / jour).

Les résultats de la surveillance biologique et halieutique du site de Flamanville montrent, à quelques variations près s'expliquant par les fluctuations climatiques mentionnées plus haut, une stabilité des différents paramètres mesurés. Aucune variation significative provenant de l'effluent thermique et chloré n'est remarquée.

6.1 LE DOMAINE PELAGIQUE

Dans l'ensemble, les résultats sont proches de ceux des années précédentes. Les variations annuelles des paramètres du domaine pélagique (hydrobiologie, phytoplancton, zooplancton, microbiologie, trihalométhanes) sont fortement influencées par les fluctuations climatiques (pluviosité, insolation, température de l'air).

L'étude de ces divers paramètres ne permet pas de mettre en évidence une influence des rejets liquides échauffés et chlorés de la Centrale de Flamanville sur le milieu. Les écarts observés d'une année à l'autre peuvent être attribués aux évolutions et aux cycles naturels des divers paramètres ; la variabilité mesurée pour chaque paramètre peut être reliée aux hétérogénéités spatio-temporelles du milieu.

A noter comme particularités pour cette année 1996 :

- *Vibrio cholerae*, recensé dans le canal d'amenée en mars 1995, n'est pas détecté cette année ; la présence de ces vibrions en ce point peut être le signe d'un mauvais fonctionnement de la station d'épuration de la centrale, dont les eaux sont rejetées dans ce canal ;
- la détection de bromoforme en juin, comme en septembre 1995, au niveau d'une des têtes de rejet, au cours de la recherche des trihalométhanes, dérivés halogénés formés lors de la chloration de l'eau de mer ; la recherche des composés halogénés n'est entreprise par IFREMER que depuis 1994.

L'analyse des résultats acquis en fin d'hiver depuis une dizaine d'année montre l'enrichissement régulier des eaux côtières en nitrates et en phosphates par les apports terrigènes.

6.2 LE DOMAINE BENTHIQUE

L'étude de la ceinture de *Fucus serratus* du platier de Diélette permet de préciser l'évolution de deux des paramètres étudiés : la biomasse et la fertilité.

Le stock d'algues est inférieur aux moyennes saisonnières tant en fin d'hiver, où la situation est identique à celle observée en 1995, qu'en fin d'été, où le stock diminue après trois années d'une relative stabilité.

Le taux de fertilité observé en septembre (81 %) est conforme à celui noté en cette période de l'année depuis 1977 (de 86 % à 98 %), exception faite de l'année 1995 (60 %).

Le pourcentage de thalles fertiles noté en mars (62 %) confirme bien la grande fluctuation de ce taux en fin de période hivernale, de faible en 1983 et 1984 (12 % à 28 %) à élevé en 1978 et de 1985 à 1992 (67 % à 95 %).

L'observation du taux de fertilité en fin de printemps 1995 et 1996 (23 %) permet de préciser le cycle annuel de reproduction de *Fucus serratus* sur ce site : la fertilité est maximale à l'automne, minimale au printemps. Entre ces deux périodes, le taux croît ou décroît plus ou moins vite selon la précocité ou non des saisons. Ainsi, les variations importantes du taux de fertilité des pieds de *Fucus serratus* observées en fin d'hiver (mars) trouveraient une explication. Les liens avec des variations naturelles, comme la température du milieu par exemple, restent cependant à démontrer.

Le recrutement printanier des crustacés cirripèdes intertidaux, de la pointe du Rozel et du cap de Flamanville, est conforme à la corrélation inverse mise en évidence entre son importance numérique et la température minimale hivernale : la température moyenne de l'air ayant été plus froide en février 1996 (5,8 °C) qu'en janvier 1995 (8 °C), la recolonisation du substrat rocheux est de ce fait plus importante en juin 1996.

A l'exception du point situé à proximité immédiate du port de Diélette (perturbé par le chantier en cours), les densités totales de cirripèdes sont, du fait du recrutement printanier, en augmentation en septembre. La part du recrutement estival reste faible.

6.3 LE DOMAINE HALIEUTIQUE

Comme l'illustre bien la figure 2.10, l'année 1996 s'est avérée plutôt froide, notamment au printemps, malgré un début d'hiver très chaud. Ceci se retrouve sur la figure 5.10 où les aires bleues représentent la température de l'eau : au mois de janvier l'eau a reçu une quantité de chaleur quasiment aussi élevée qu'en 1995, alors qu'en février, mars et avril l'aire bleue est nettement moins importante que la plupart des années antérieures, sans toutefois être aussi faible qu'en 1986 et 1987.

Il s'ensuit que les larves d'araignée (*Maja squinado*, HERBST) apparaissent assez tardivement, le 23 juillet. Les études réalisées sur la relation entre la température de l'eau et l'apparition de ces larves (MARTIN, 1993 et 1996) montrent en effet, pour la région considérée, l'existence de deux périodes plus sensibles à la température de l'eau : la première vers le mois de février et la seconde entre fin avril et début mai.

La densité maximale observée le 6 août au point 3 (10,4 zoés par 10 m³) se rapproche des plus importantes notées depuis 1986, mais l'absence de mission après cette date ne permet pas de savoir si le maximum observé correspond au pic réel d'abondance, peut-être plus important. Rappelons la densité exceptionnelle de 61 zoés par 10 m³ observée en 1983.

La répartition des zoés selon les points reste identique : le point 3 est toujours le plus riche, le point "Référence" est généralement nettement moins riche que le point 3 (deux fois moins cette année au moment du maximum d'abondance) ; au niveau du canal d'aménée, la récolte d'une seule zoé début août confirme le caractère sporadique de leur présence à cet endroit ; aux environs des bouches de rejet, les densités calculées sont toujours faibles, avec cette année une densité maximale de 0,3 par 10 m³ comprise dans la fourchette de valeurs observées jusqu'à présent (0,07 à 1,7 par 10 m³).

Les larves de homard (*Homarus gammarus*, L.) sont relativement abondantes cette année et, si la densité maximale observée (0,06 par 10 m³) n'atteint pas celles de 1986, 1988, 1993 et 1994 comprises entre 0,08 et 0,16 par 10 m³, la plupart (les 3/4 des larves pêchées au Neuston) ont été trouvées en surface.

Depuis 1989, aucune larve de homard n'a été observée dans le canal d'aménée ; par contre, comme certaines années, quelques larves ont été pêchées aux environs des bouches de rejet début juillet.

Les travaux du nouveau port de Diélette vont sans doute conduire à un léger recentrage des activités des caseyeurs du Nord Ouest Cotentin sur la zone du cap de Flamanville. Par contre, le nombre et la capacité de capture de la flottille en général n'a pas

évolué beaucoup depuis 1991, date de l'arrivée de deux catamarans qui pratiquent une pêche intensive aux crustacés toute l'année.

Quelques résultats obtenus au cours des pêches expérimentales de l'année 1996 sont à noter:

- captures importantes de homard (2,7 individus pour 10 casiers soit supérieures aux prises de 1995).
- captures de tourteaux très élevées (quasiment doubles des années précédentes) mais taille moyenne en diminution.
- des rendements élevés pour le buccin et les pagures, sans doute dus au petit maillage des casiers utilisés.

BIBLIOGRAPHIE

ABARNOU (A.), 1981.- Trihalométhanes formés par chloration de l'eau de mer. *In* : 2èmes journées de la thermo-écologie, Nantes, 14-15 novembre 1979. Electricité de France Ed., 247-266.

ALDEBERT (Y.), 1975.- Comparaison des rendements du "Bongo".- Rapport FAO - ISTPM.

ARBAULT (S.) et LACROIX (N.), 1975.- Essais comparatifs des pouvoirs de capture de deux filets à plancton (GULF III encasé et Bongo).- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité des poissons pélagiques (sud), **J:8**.

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**.

DREVES (L.), 1992.- Le domaine benthique. *In* : DREVES (L.), ARZUL (G.), ERARD-LE DENN (E.), MARTIN (J.), MIOSSEC (D.), PIRIOU (J.Y.) et QUINTIN (J.Y.), 1992.- Surveillance écologique et halieutique [du] site de Flamanville, année 1991.- Rapp. IFREMER DEL/BREST-92.23, juin 1992, 161 p.

HERAL (M.), WOEHLING (D.), HALGAND (D.) et LASSUS (P.), 1976.- Utilisation du filet à plancton du type "Bongo".- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité du Plancton, **L:19**.

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

MARTIN (J.), 1993.- Période d'éclosion des larves d'araignée de mer *Maja squinado* Herbst en Manche et température de l'eau au printemps.- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité des mollusques et crustacés CM 1993/K : **50**.

MARTIN (J.), 1996.- Hatching period of the larvae of spider crab *Maja squinado* Herbst in the English Channel according to seawater temperature. Poster presented at the 2nd European Crustacean Conference, Liège (september 2-6).

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**.

NICHOLS (J.H.), BENNET (D.B.) et LAWRENCE (A.), 1980.- A study of some problems relating to quantitative sampling of lobster larvae, *Homarus gammarus* (L.) - *Cons. int. Explor. Mer*, Comité des Crustacés, L:14.

QUINTIN (J.Y.), 1990.- Zooplancton. In : Martin (J.), ARZUL (G.), DREVES (L.), ERARD-LE DENN (E.), MIOSSEC (D.), PIRIOU (J.Y.) et QUINTIN (J.Y.), 1990.- Site de Flamanville, Surveillance écologique et halieutique, année 1987.- [Edition définitive] Rapp. interne IFREMER DRV-89.017-RH, DERO-89.12-EL, novembre 1990, 182 p.

SCHNACK (D.), 1974.- On the reliability of methods for quantitative surveys of fish larvae.- In : The early life history of Fish, BLAXTER J.H.S. rédacteur, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York.

SHERMAN (K.) et HONEY (A.), 1971.- Size selectivity of the Gulf III and Bongo zooplankton Samplers.- ICNAF, research bulletin, n°8 : 45-48.

SMITH (E.), 1974.- Manual of methods for fisheries resource survey and appraisal.- Part 4, Standard techniques for pelagic fish eggs and larvae surveys.- National Marine Fisheries Service édit., Washington.

WEAR (R.), 1974.- Incubation in british Decapod Crustacea, and the effects of temperature on the rate and success of embryonic development.- *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 54 (3) : 745-762.

Mission	Date	Coefficient marée	Point	Nuages	Sonde (m)	Engin	Heure début (T.U.)	Durée	Temps ap.P.M St.Malo	Volume (m ³)
125	27 Juin	53	Point 3	4	25	Bongo 1	9h 28	4mn	7h 37	276
						Bongo 2	9h 42	4mn30	7h 51	327
						Neuston S	9h 53	16mn	8h 02	2083
						Neuston W	9h 54	12mn	8h 03	1562
			C. Amenée (Pt 6)	8	6	Bongo 1	6h 30	2mn15	4h 39	130
						Bongo 2	6h 42	3mn30	4h 51	224
						Neuston S	6h 55	11mn	5h 04	1503
			Rejet (Pt 7)	7	14	Bongo 1	7h 15	3mn30	5h 24	245
						Bongo 2	7h 25	3mn	5h 34	202
						Neuston S	7h 40	12mn	5h 49	1200
			Référence (Pt 11)	6	22	Neuston W	7h 41	10mn	5h 50	381
						Bongo 1	8h 30	6mn	6h 39	411
Bongo 2	8h 48	5mn				6h 57	335			
Neuston S	8h 09	15mn				6h 18	1907			
Neuston W	8h 10	10mn				6h 19	1271			
126	9 Juillet	53	Point 3	7	26	Bongo 1	19h 45	5mn	7h 36	293
						Bongo 2	19h 50	5mn	7h 21	288
						Neuston S	20h 05	17mn	7h 36	1767
						Neuston W	20h 05	13mn	7h 16	1271
			C. Amenée (Pt 6)	8	6	Bongo 1	16h 59	3mn	4h 30	172
						Bongo 2	17h 08	3mn	4h 39	173
						Neuston S	17h 18	11mn	4h 49	1386
			Rejet (Pt 7)	7	17	Bongo 1	17h 42	4mn	5h 13	222
						Bongo 2	17h 51	4mn	5h 22	282
						Neuston S	18h 01	13mn	5h 32	1288
			Référence (Pt 11)	7	22	Neuston W	18h 02	10mn	5h 33	987
						Bongo 1	19h 12	4mn30	6h 43	233
Bongo 2	19h 20	4mn				6h 51	242			
Neuston S	18h 54	12mn				6h 25	1232			
Neuston W	18h 54	10mn				6h 25	821			
127	23 Juillet	55	Point 3	3	25	Bongo 1	17h 56	4mn30	7h 32	281
						Bongo 2	18h 05	5mn	7h 41	281
						Neuston S	18h 17	?	7h 53	1417
						Neuston W	18h 17	13mn	7h 53	1138
			C. Amenée (Pt 6)	6	6	Bongo 1	15h 05	3mn	4h 41	187
						Bongo 2	15h 15	3mn30	4h 51	205
						Neuston S	15h 27	12mn	5h 03	1487
			Rejet (Pt 7)	3	17	Bongo 1	15h 58	3mn30	5h 34	218
						Bongo 2	16h 05	3mn	5h 41	194
						Neuston S	16h 15	12mn	5h 51	1357
			Référence (Pt 11)	3	22	Neuston W	16h 15	9mn30	5h 51	977
						Bongo 1	17h 15	4mn	6h 51	259
Bongo 2	17h 24	4mn30				7h 00	270			
Neuston S	16h 56	13mn				6h 32	1767			
Neuston W	16h 57	11mn				6h 33	1142			
128	7 Août	47	Point 3	2	26	Bongo 1	17h 54	2mn45	6h 16	171
						Bongo 2	18h 00	2mn45	6h 22	175
						Neuston S	18h 08	15mn	6h 30	1546
						Neuston W	18h 08	13mn15	6h 30	1715
			C. Amenée (Pt 6)	2	7	Bongo 1	14h 54	2mn30	3h 16	156
						Bongo 2	15h 30	2mn	3h 52	108
						Neuston S	15h 35	9mn	3h 57	1177
			Rejet (Pt 7)	2	16	Bongo 1	16h 00	3mn15	4h 22	222
						Bongo 2	16h 10	2mn10	4h 32	150
						Neuston S	16h 27	?	4h 49	1559
			Référence (Pt 11)	2	24	Neuston W	16h 28	11mn	4h 50	1173
						Bongo 1	17h 20	3mn	5h 42	187
Bongo 2	17h 28	2mn30				5h 50	175			
Neuston S	16h 58	16mn				5h 20	1538			
Neuston W	16h 59	13mn				5h 21	1280			

Annexe 5.1.- Caractéristiques des prélèvements effectués en 1996.

Mission	Date	Point	Température (°C)		Salinité (10 ⁻³)		Densité	
			Surface	Fond	Surface	Fond	Surface	Fond
125	27 Juin	Point 3	13.9					
		C. Amenée (Pt 6)	14.6					
		Rejet (Pt 7)	17.3					
		Référence (Pt 11)	14.1					
126	9 Juillet	Point 3	14.4	14.4	35.21	35.26	26.28	26.32
		C. Amenée (Pt 6)	15.1	15.1	35.01	34.96	25.98	25.94
		Rejet (Pt 7)	16.6	15.0	35.08	35.06	25.70	26.03
		Référence (Pt 11)	14.7	14.6	35.09	35.16	26.12	26.20
127	23 Juillet	Point 3	15.4	15.4	35.11	35.18	25.98	26.04
		C. Amenée (Pt 6)	16.4	16.3	34.90	34.97	25.60	25.66
		Rejet (Pt 7)	18.5	16.3	34.95	34.98	25.13	25.68
		Référence (Pt 11)	15.6	15.6	35.06	34.14	25.91	25.21
128	7 Août	Point 3	16.3	16.2	35.33	35.32	25.95	25.96
		C. Amenée (Pt 6)	16.8	16.8	34.98	35.00	25.56	25.58
		Rejet (Pt 7)	16.8	16.8	35.18	35.18	25.71	25.73
		Référence (Pt 11)	16.6	16.6	35.23	35.28	25.80	25.85

Annexe 5.2.- Résultats des mesures hydrologiques effectuées en 1996.

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total Larves	Larves Stade 1	Larves Stade 2	Larves Stade 3	Larves Stade 4				
125	27 Juin	Point 3	4	Bongo 1 Bongo 2 Moy. Bongo Neuston S Neuston W	0.036 0.031 0.034 0.010 0.013	0.036 0.018 0.010 0.006	0.006		0.031 0.016				
			8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S									
			7	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W	0.017 0.008	0.008							
			6	Bongo 1 Bongo 2 Moy. Bongo Neuston S Neuston W	0.060 0.030 0.063 0.039	0.060 0.030 0.058 0.039				0.005			
		126	9 Juillet	Point 3	7	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W	0.028	0.028					
					8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S							
					7	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W	0.043	0.043					
					7	Bongo 1 Bongo 2 Moy. Bongo Neuston S Neuston W	0.022 0.065 0.037	0.022 0.065 0.037					
				127	23 Juillet	Point 3	3	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W	0.014	0.014			
							6	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
							3	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W	0.039	0.039			
							3	Bongo 1 Bongo 2 Moy. Bongo Neuston S Neuston W	0.020 0.034 0.018	0.020 0.034 0.018			
128	7 Août					Point 3	2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					
							2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
							2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					
							2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					

Annexe 5.3.- Densité de larves de homard (en nombre par 10 m³)

Mission	Date	Point	Engin	Mégaloques	Total Zoés	Zoés Stade 1	Zoés Stade 2	
125	27 Juin	Point 3	Bongo 1					
			Bongo 2					
			C. Amenée (Pt 6)	Bongo 1				
			Bongo 2					
126	9 Juillet	Point 3	Bongo 1					
			Bongo 2					
			C. Amenée (Pt 6)	Bongo 1				
			Bongo 2					
127	23 Juillet	Point 3	Bongo 1		0.18	0.18		
			Bongo 2		0.53	0.50	0.04	
			Moy. Bongo		0.36	0.34	0.02	
			C. Amenée (Pt 6)	Bongo 1				
128	7 Août	Point 3	Bongo 1	0.12	9.59	8.36	1.23	
			Bongo 2	0.23	11.12	10.21	0.91	
			Moy. Bongo	0.17	10.36	9.29	1.07	
			C. Amenée (Pt 6)	Bongo 1		0.06	0.06	
			Bongo 2					
			Moy. Bongo		0.03	0.03		
			Rejet (Pt 7)	Bongo 1	0.14	0.14		
			Bongo 2	0.47	0.33	0.13		
			Moy. Bongo		0.30	0.23	0.07	
			Rejet (Pt 7)	Bongo 1				
			Bongo 2					
			Moy. Bongo					
			Rejet (Pt 7)	Bongo 1	0.05	1.98	1.87	0.11
			Bongo 2	0.23	9.36	9.19	0.17	
			Moy. Bongo	0.14	5.67	5.53	0.14	
			Référence (Pt 11)	Bongo 1				
			Bongo 2					
			Moy. Bongo					
			Référence (Pt 11)	Bongo 1				
			Bongo 2					
			Moy. Bongo					

Annexe 5.4.- Densité de zoés et mégaloques d'araignée en 1996 (en nombre par 10 m³)

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	29	14	15		8,3	388	48%
filière 2	23	12	11		8,1	365	52%
filière 3	40	23	16	1	8,1	369	57%
filière 4	10	4	6		9,6	666	40%
filière 5	29	15	14		8,2	370	52%
filière 6	29	15	12	2	8,6	452	52%
filière 7	7	2	5		9,8	641	29%
filière 8	32	20	11	1	8,6	454	62%
filière 9	44	23	21		8,2	381	52%
filière 10	25	15	10		8,6	427	60%
filière 11	13	6	7		10,1	802	46%
filière 12	44	24	20		8,2	365	55%
filière 13	14	6	8		8,4	407	43%
filière 14	46	29	17		8,2	378	63%
filière 15	8	3	5		8,1	366	37%
Sous total	393	211	178	4	8,4 cm	417 g	54%
SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	12	5	5	2	8,7	437	42%
filière 2	7	4	3		8,2	373	57%
filière 3	15	11	4		8,0	356	73%
filière 4	1	1			9,3	557	100%
filière 5	19	6	13		7,6	285	32%
filière 6	16	10	6		8,8	467	62%
filière 7	2	1	1		10,9	998	50%
filière 8	14	8	6		8,3	383	57%
filière 9	4	1	3		8,3	391	25%
filière 10	7	3	4		8,8	465	43%
filière 11	13	4	9		8,0	357	31%
filière 12	8	7	1		8,2	393	87%
filière 13	3	1	2		9,7	671	33%
filière 14	5	3	1	1	9,1	510	60%
filière 15	6	3	3		8,2	377	50%
Sous total	132	68	61	3	8,3 cm	405 g	52%
Total	525	279	239	7	8,4 cm	414 g	53%

Annexe 5.5. - Résultats des pêches expérimentales de homard en 1996

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuves	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	87	58	29		13,6	67%
filière 2	99	55	44		11,8	56%
filière 3	67	53	14		12,2	79%
filière 4	53	33	20		14	62%
filière 5	136	70	66		11,6	51%
filière 6	24	20	4		13,9	83%
filière 7	39	21	18		15,3	54%
filière 8	221	139	82		11,8	63%
filière 9	68	41	27		13	60%
filière 10	72	38	34		13,1	53%
filière 11	31	25	6		15,3	81%
filière 12	65	42	23		13,9	65%
filière 13	122	72	50		13,1	59%
filière 14	87	52	35		12,7	60%
filière 15	37	25	12		14,1	68%
Sous total	1208	744	464	0	12,8 cm	62%
SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuves	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	18	14	4		13,8	78%
filière 2	67	45	22		12,4	67%
filière 3	52	41	11		11,1	79%
filière 4	8	6	2		15,8	75%
filière 5	200	130	70		11,6	65%
filière 6	41	32	9		14,9	78%
filière 7	48	29	19		14,6	60%
filière 8	117	86	31		11,7	73%
filière 9	92	59	33		11,6	64%
filière 10	103	67	36		11,6	65%
filière 11	63	45	18		14,4	71%
filière 12	30	20	10		14,6	67%
filière 13	9	6	3		11,9	67%
filière 14	41	26	15		13,8	63%
filière 15	76	53	23		13,5	70%
Sous total	965	659	306	0	12,5 cm	68%
Total	2173	1403	770	0	12,7 cm	65%

Annexe 5.6. - Résultats des pêches expérimentales du tourteau en 1996

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	2	2			10	0%	100%
filière 2	18	17	1		10,3	6%	94%
filière 3	26	22	3	1	10,7	15%	85%
filière 4	4	4			11,2	25%	100%
filière 5	6	6			10,8	0%	100%
filière 6	5	4		1	7	0%	80%
filière 7	5	5			11,5	40%	100%
filière 8	13	12		1	12	54%	92%
filière 9	14	14			12,1	57%	100%
filière 10	8	7	1		11,4	37%	87%
filière 11	12	11		1	10,7	33%	92%
filière 12							
filière 13	1	1			12,5	100%	100%
filière 14	6	6			12	83%	100%
filière 15	8	5	3		9,1	12%	62%
Sous total	128	116	8	4	10,9 cm	29%	91%
SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	3	3			9	0%	100%
filière 2	1	1			7,2	0%	100%
filière 3	1		1		5	0%	0%
filière 4							
filière 5	1	1			8,1	0%	100%
filière 6	10	5	5		8,7	20%	50%
filière 7	8	3	5		11,2	37%	37%
filière 8	3	1	2		9,5	0%	33%
filière 9	2	2			9,8	0%	100%
filière 10	3		3		9,9	0%	0%
filière 11	19	8	10	1	11	26%	42%
filière 12	15	6	9		9,8	20%	40%
filière 13							
filière 14	1		1		11,5	0%	0%
filière 15	9	5	4		11,8	33%	56%
Sous total	76	35	40	1	10,2 cm	21%	46%
Total	204	151	48	5	10,6 cm	26%	74%

Annexe 5.7. - Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 1996.

JUN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	12	7	5		5,6	17%	58%
filière 2	19	19			5,7	21%	100%
filière 3	5	5			5,9	0%	100%
filière 4	17	12	3	2	5,4	12%	71%
filière 5	8	7	1		5,9	25%	87%
filière 6	1		1		4,1	0%	0%
filière 7	1		1		5	0%	0%
filière 8	14	12	1	1	5,7	21%	86%
filière 9	8	5	1	2	5,7	0%	62%
filière 10							
filière 11	3	3			4,9	33%	100%
filière 12	8	7	1		5,6	37%	87%
filière 13	17	10	7		5,5	18%	59%
filière 14	9	4	5		5,8	0%	44%
filière 15	4	3	1		5,8	50%	75%
Sous total	126	94	27	5	5,6	17%	75%
SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	3	3			5,8	0%	100%
filière 2	18	16	2		6,1	0%	89%
filière 3	10	9	1		5,8	0%	90%
filière 4	2	1	1		5,7	0%	50%
filière 5	45	43	2		5,6	2%	96%
filière 6							
filière 7	1	1			5,7	0%	100%
filière 8	18	13	5		6	22%	72%
filière 9	10	6	4		5,8	0%	60%
filière 10	10	9	1		5,7	0%	90%
filière 11	3	1	2		5,8	0%	33%
filière 12	6	4	1	1	5,6	17%	67%
filière 13	1	1			6,5	0%	100%
filière 14							
filière 15	1	1			6,2	0%	100%
Sous total	128	108	19	1	5,8	6%	84%
Total	254	202	46	6	5,7	11%	80%

Annexe 5.8. - Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 1996

	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total
filière 1	80	40	120	2	0	2	3	5	8
filière 2	80	60	140	7	0	7	9	1	10
filière 3	80	60	140	0	0	0	4	1	5
filière 4	80	20	100	59	0	59	78	31	109
filière 5	80	80	160	1	0	1	23	7	30
filière 6	60	60	120	476	19	495	52	70	122
filière 7	60	60	120	5	1	6	2	102	104
filière 8	80	60	140	2	0	2	16	3	19
filière 9	80	40	120	1	0	1	11	1	12
filière 10	80	60	140	2	0	2	15	1	16
filière 11	80	60	140	309	6	315	782	11	793
filière 12	80	80	160	5	2	7	9	7	16
filière 13	80	20	100	10	1	11	14	3	17
filière 14	80	40	120	0	0	0	15	6	21
filière 15	80	40	120	125	0	125	146	2	148
Total	1160	780	1940	1004	29	1033	1179	251	1430

Annexe 5.9. - Autres résultats des pêches expérimentales.

**RAPPORTS DE SURVEILLANCE DU DOMAINE MARIN CÔTIÈRE
DU SITE ELECTRONUCLEAIRE DE FLAMANVILLE**

LEAUTE J.P. et C. LE BEC, 1984.

- **Etude de Surveillance écologique des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Zooplanctonologie, ANNEE 1983.**
Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, mai 1984, 182 p.

VERON G., D. MIOSSEC et P. NOEL, 1985.

- **Etude de Surveillance écologique des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Surveillance de la pêche côtière des crustacés, ANNEE 1983.** Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes, janvier 1985, 151p.

ARNAL O, T. BELSHER, C. CHEVALIER, L. DREVES, E. ERARD, P. GENTIEN, F. GRESSELIN, B. GUILLAUMONT, D. HAMON, R. LOARER, M. OBATON, J.Y. PIRIOU, J.Y. QUINTIN et P. WALKER, 1985.- **Etude de Surveillance écologique sur le site de Flamanville, ANNEE 1983.** Rapp. CNEXO/COB/DELGMM, mars 1985, 124 p.

GENTIEN P., L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, B. GUILLAUMONT, R. LOARER, A. MENESGUEN, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1986.- **Surveillance écologique sur le site de Flamanville, ANNEE 1984.** Rapp. IFREMER DERO-86.12 EL, 131 p.

MARTIN J. et D. HALGAND, 1986.- **Etude de surveillance des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Zooplanctonologie, avril-octobre 1984.** Rapp. interne IFREMER DRV-86.008-RH, décembre 1986, 286 p.

GUILLAUMONT B., J.P. AUFFRET, S. BERNE, F. GRESSELIN et P. WALKER, 1987.- **Surveillance écologique, Site de Flamanville, Le domaine benthique, Etude par sonar latéral et prises de vue sous-marines, 1983-1984.**
Rapp. IFREMER DERO-87.05-EL, 35 p. + 14 cartes.

VERON G. et D. MIOSSEC, 1987.- **Etude de Surveillance écologique des ressources halieutiques, Site de Flamanville, Surveillance de la pêche côtière des crustacés, ANNEE 1984.** Rapp. interne IFREMER DRV-86.008-RH, mai 1987.

MARTIN J., L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, P. GENTIEN, J.Y. PIRIOU, J.Y. QUINTIN et G. VERON, 1988.

- **Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, ANNEE 1985.**
Rapp. IFREMER DRV-87.19-RH, DERO-87.28-EL, décembre 1988, 311p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, J.Y. QUINTIN et G. VERON, 1990

- **Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, ANNEE 1986.**
Rapp. IFREMER DRV-88.06-RH, DERO-88.14-EL, novembre 1990, 136 p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1990.

- **Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, ANNEE 1987.**
[Edition définitive] Rapp. IFREMER DRV-89.017-RH, DERO-89.12-EL, novembre 1990, 182 p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1991.

- **Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, ANNEE 1988.**
Rapp. IFREMER RIDRV-90.46-RH, RIDRO-90.14-EL, mai 1991, 134 p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1991.

- **Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, ANNEE 1989.**
Rapp. IFREMER RIDRV-90.47-RH, RIDRO-90.15-EL, septembre 1991, 148 p.

DREVES L., G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC et J.Y. QUINTIN, 1991.

- **Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, ANNEE 1990.**
Rapp. IFREMER DRO.EL-91.15, juillet 1991, 122 p.

DREVES L., G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1992.

- **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1991.**
Rapp. IFREMER DEL/Brest-92.23, juin 1992, 161 p.

DREVES L., G. ARZUL, E. ERARD-LE DENN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1993.

- **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1992.**
Rapp. IFREMER DEL/Brest-93.14, juillet 1993, 146 p.

DREVES L., E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, J. MARTIN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y. QUINTIN, 1994.

- **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1993.**
Rapp. IFREMER DEL/Brest-94.09, juin 1994, 105 p.

DREVES L., J.Y. QUINTIN, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, J. MARTIN et D. MIOSSEC, 1995.

- **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1994.**
Rapp. IFREMER DEL/Brest-95.09, juin 1995, 112 p. + annexes.

DREVES L., J. MARTIN, E. ERARD-LE DENN, M. LUNVEN, D. MIOSSEC et J.Y. QUINTIN, 1996.

- **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1995.**
Rapp. IFREMER DEL/Brest-96.07, juin 1996, 114 p. + annexes.

DREVES L. (coordinateur) et al. (1997) - **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1996.**

Rapp. IFREMER DEL/CR/RST/97/09, mai 1997, 108 p. + annexes.
