

ifremer

Luc Drévès
Evelyne Erard-Le Denn, Michel Lunven, Jocelyne Martin,
Dominique Miossec, Jean Yves Quintin

Juin 1999 - R. INT. DEL/ /99.09/Brest

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville - Année 1998

Rapport scientifique annuel

Convention de marché EDF 95.F.0160

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de rapport : RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : <i>DEL/99.09/BREST</i>	date de publication : juin 1999
Diffusion : libre - restreinte - interdite	nombre de pages : 126
Validé par :	bibliographie : Oui
Adresse électronique :	illustration(s) : Oui
- chemin UNIX :	langue du rapport : Français
- adresse WWW :	
Titre et sous-titre du rapport : <i>Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville année 1998 - Rapport scientifique annuel</i>	
Titre traduit : <i>Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant - 1998</i>	
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
<i>DRÉVÈS Luc</i>	<i>IFREMER / Brest / DEL / CR</i>
<i>ERARD-LE DENN Evelyne</i>	<i>IFREMER / Brest / DEL / EC-PP</i>
<i>LUNVEN Michel</i>	<i>IFREMER / Brest / DEL / EC-PP</i>
<i>MARTIN Jocelyne</i>	<i>IFREMER / Nantes / DRV / RH</i>
<i>MIOSSEC Dominique</i>	<i>IFREMER / Port-en-Bessin / DRV / RH</i>
<i>QUINTIN Jean-Yves</i>	<i>IFREMER / Brest / DEL / CR</i>
Collaborateur(s) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
<i>CRASSOUS Marie Pierre</i>	<i>IFREMER / BREST / DEL / EC-PP</i>
<i>DESCHAMPS Serge</i>	<i>Laboratoire départementale Caen</i>
<i>GAFFET Jean Dominique</i>	<i>IFREMER / BREST / DEL / EC-BB</i>
<i>RUMEBE Myriam</i>	<i>IFREMER / Saint-Malo / DEL / SM</i>
<i>YOUENOU Agnès</i>	<i>IFREMER / BREST / DEL / EC-PP</i>
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) <i>IFREMER Centre de Brest, B.P. 70, 29 280 Plouzané</i> <i>IFREMER Centre de Nantes, B.P. 21 105, 44 311 Nantes Cedex 03</i> <i>IFREMER Station de Port-en-Bessin, Av. du Général de Gaulle, 14 520 Port-en-Bessin</i> <i>IFREMER Station de Saint-Malo, BP 46, 35 402 Saint-Malo Cedex</i> <i>LABORATOIRE DEPARTEMENTAL Frank DUNCOMBE, 14 053 Caen Cedex</i> <i>LAPHY - Centre d'études et de recherches halieutiques, B.P. 89, 64 200 Biarritz</i>	
Responsable scientifique : <i>Luc DRÉVÈS - IFREMER / Brest / DEL / CR</i>	
Cadre de la recherche :	
Programme : <i>Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin</i>	Convention de marché <i>EDF 95.F.0160</i>
Projet : <i>I.G.A. Impact des Grands Aménagements</i>	Autres (préciser) :
Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire) <i>IGA 1-2-3, 1998, N/O THALIA.</i>	

FICHE DOCUMENTAIRE

Résumé :

L'étude de surveillance n°16 du site électronucléaire de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 1998. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique. L'année 1998 est la 13^{ème} année de fonctionnement de la Centrale.

Abstract :

Monitoring n°16 of the Flamanville nuclear power plant takes into account studies conducted between March and September 1998. Impacts on hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos are reported. This power plant has been in operation for thirteen 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.* (1999) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1998 - Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER DEL/99.09/BREST, juin 1999, 126 p.

Référence particulière

MARTIN J. (1999). - Le domaine halieutique. *In* : DREVES L. (coordinateur) *et al.* (1999) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1998 - Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER DEL/99.09/BREST, juin 1999, 126 p.

Conformément à l'**accord tarifaire** passé entre **EDF** et **IFREMER** (document référencé n° S 68 T 0020) pour les quatre années 1998/2001, trois documents contractuels sont établis chaque année par IFREMER pour chacun des cinq sites littoraux (Gravelines, Penly, Paluel, Flamanville) et d'estuaire (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 C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 1998, régie par la convention de marché EDF 95.F.0160, l'**état d'avancement** a été adressé à EDF le 3 juillet 1998 [DREVES L., 1998. - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1998, état d'avancement des travaux du premier semestre. Rapp. IFREMER DEL/CR/98.10/Brest, juillet 1998, 21 p.].

Le **rapport préliminaire** a été adressé le 29 janvier 1999 [DREVES L. (coordinateur) *et al.*, 1999 - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1998 - Rapport préliminaire. Rapp. IFREMER DEL/CR/99-02/BREST, janvier 1999, 104 p.].

Le **rapport scientifique annuel** fait l'objet du présent document, son édition provisoire, à l'exception des deux chapitres traitant de l'hydrologie et du phytoplancton (*in* Partie 3 - Le domaine pélagique), étant le rapport préliminaire de janvier 1999.

C.N.P.E. de Flamanville - Année 1998

Sommaire

	PAGE
Préambule	1
Partie 1. Le fonctionnement de la Centrale de Flamanville et programme d'intervention d'Ifremer en 1998	
1.1. Fonctionnement de la centrale	5
1.2. Travaux réalisés par l'Ifremer	7
Partie 2. Les caractéristiques environnementales de l'année 1998	
2.1. Climatologie	13
2.2. Température de l'eau de mer	16
3. Le domaine pélagique	
3.1. Méthodologie	23
3.2. Hydrobiologie	23
3.3. Phytoplancton	34
3.4. Zooplancton	44
3.5. Microbiologie	63
3.6. Trihalométhanes	67
3.7. Conclusion	68
4. Le domaine benthique	
4.1. Phytobenthos intertidal	73
4.2. Zoobenthos intertidal - substrats durs	81
4.3. Conclusion	90
5. Le domaine halieutique	
5.1. Larves de crustacés	93
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés	103
6. Conclusion générale	121
Bibliographie	125

Préambule

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'**IFREMER**¹ 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.

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. Pour le domaine benthique, l'étude de la faune des substrats meubles intertidaux de l'anse de Sciottot (espèce cible : *Urothoë brevicornis*) et celle du macrobenthos sublittoral proche du cap de Flamanville (espèce cible : *Nucula nucleus*) sont abandonnées. Pour le domaine halieutique, le nombre de campagnes à la mer pour le suivi des larves de crustacés (homard et araignée) est ramené de 6 à 4, pour être rétabli à 6 à compter de 1998.

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

Au cours de 1998, 13^{ème} année de fonctionnement de la Centrale, les études réalisées sur le site de Flamanville sont 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
du C.N.P.E. de Flamanville
et programme d'intervention de
l'Ifremer au cours de l'année 1998**

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'amenée 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 aux alentours de l'isobathe 10 m.

L'année 1998 est la treizième année de fonctionnement de la centrale de Flamanville, la seizième année consécutive des études de Surveillance menées par l'IFREMER.

Au cours du premier semestre, les principaux arrêts de tranches ont eu lieu du 1 au 16 janvier pour la tranche 1 (figure 1.1 ; cette tranche était en arrêt depuis le 30 août 1997), et du 12 février au 25 mai pour la tranche 2 (figure 1.2).

Le second semestre est surtout marqué par l'arrêt de la tranche 2, du 31 octobre au 31 décembre. Le principal arrêt de la tranche 1 a eu lieu du 18 septembre au 1 octobre.

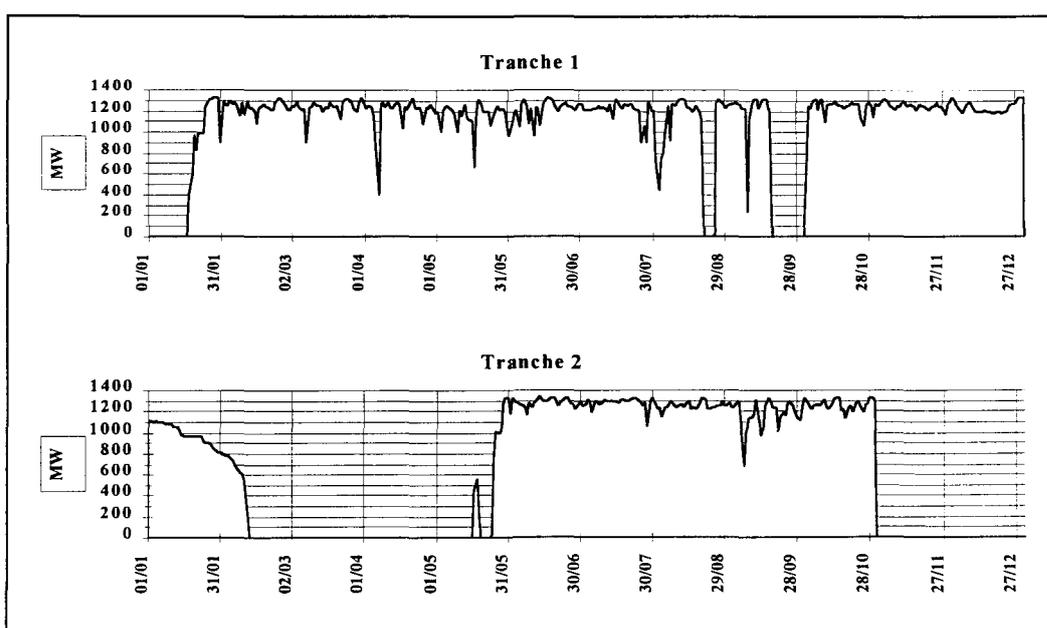


Figure 1. 1 : Puissance nette moyenne des tranches 1 et 2 de Flamanville en 1998

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 1.2 et 1.3). 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.

Figure 1. 2 : Evolution de la température journalière (à 16 h.) de l'eau de mer dans le canal d'amenée du C.N.P.E. de Flamanville au cours de l'année 1998

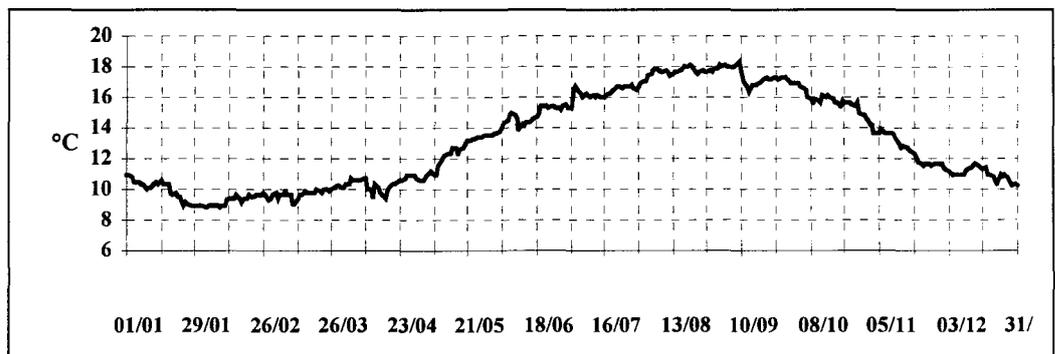
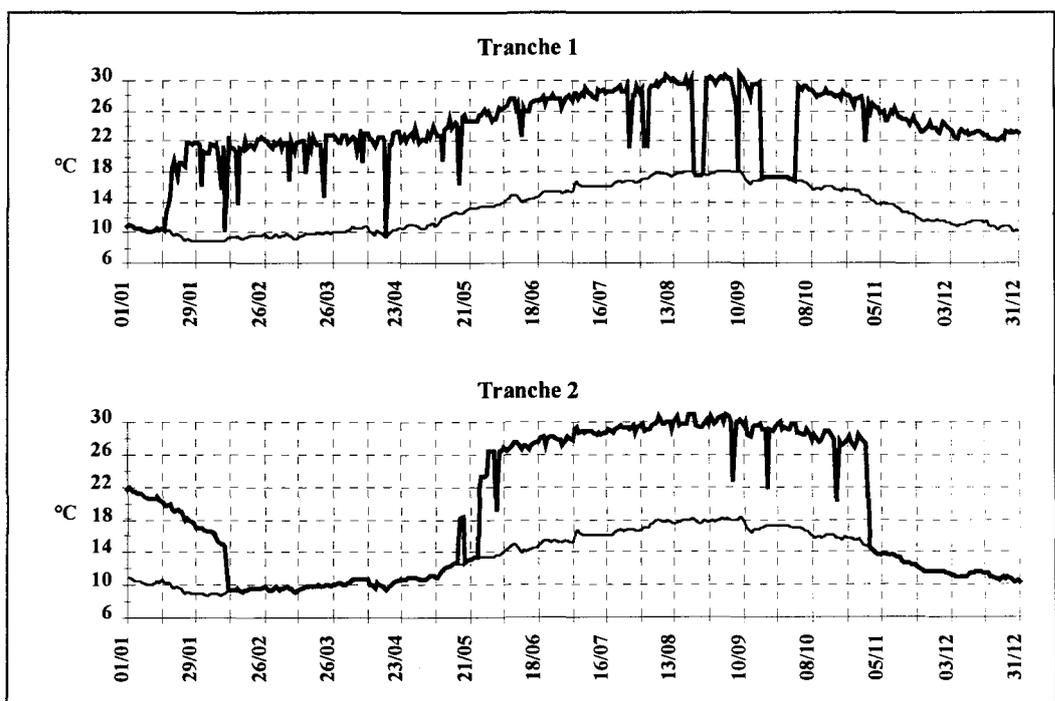
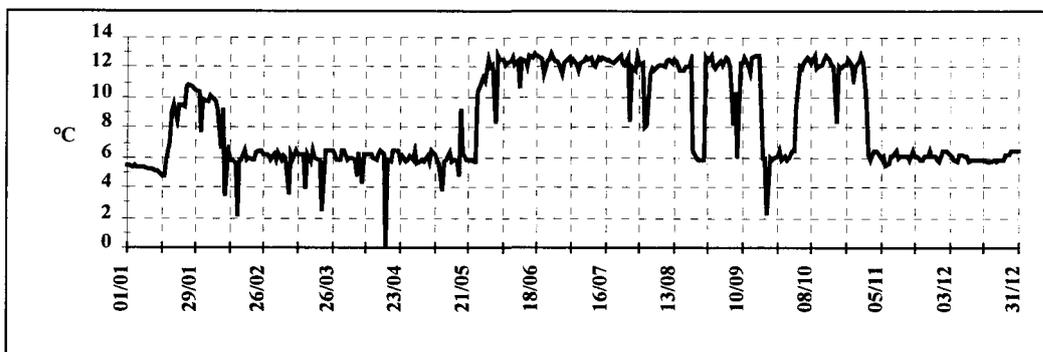


Figure 1. 3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 1998



L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'amenée peut ainsi être calculé (figure 1.4).

Figure 1.4 : Ecart journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'amenée, au cours de l'année 1998.



La procédure antisalissure par électrochloration n'a pas fonctionné en février et mars. Rappelons que ce procédé n'a fonctionné les années antérieures à 1997 qu'à partir du mois de mai.

Comme l'indique le tableau 1.1 ci-dessous, 428 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans le circuit de refroidissement au cours de l'année 1998, principalement dans celui de la tranche 2.

Tableau 1.1 : Récapitulatif du tonnage mensuel de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville en 1998

T chlore	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Tranche 1	37	0	0	8	17	14	22	29	29	26	29	30	243
Tranche 2	21	0	0	0	13	27	28	30	28	25	12	0	185
Total	58	0	0	8	31	41	50	59	57	51	42	30	428

Ce tonnage est supérieur à la moyenne annuelle (385 t) injectée depuis 1987 (tableau 1.2).

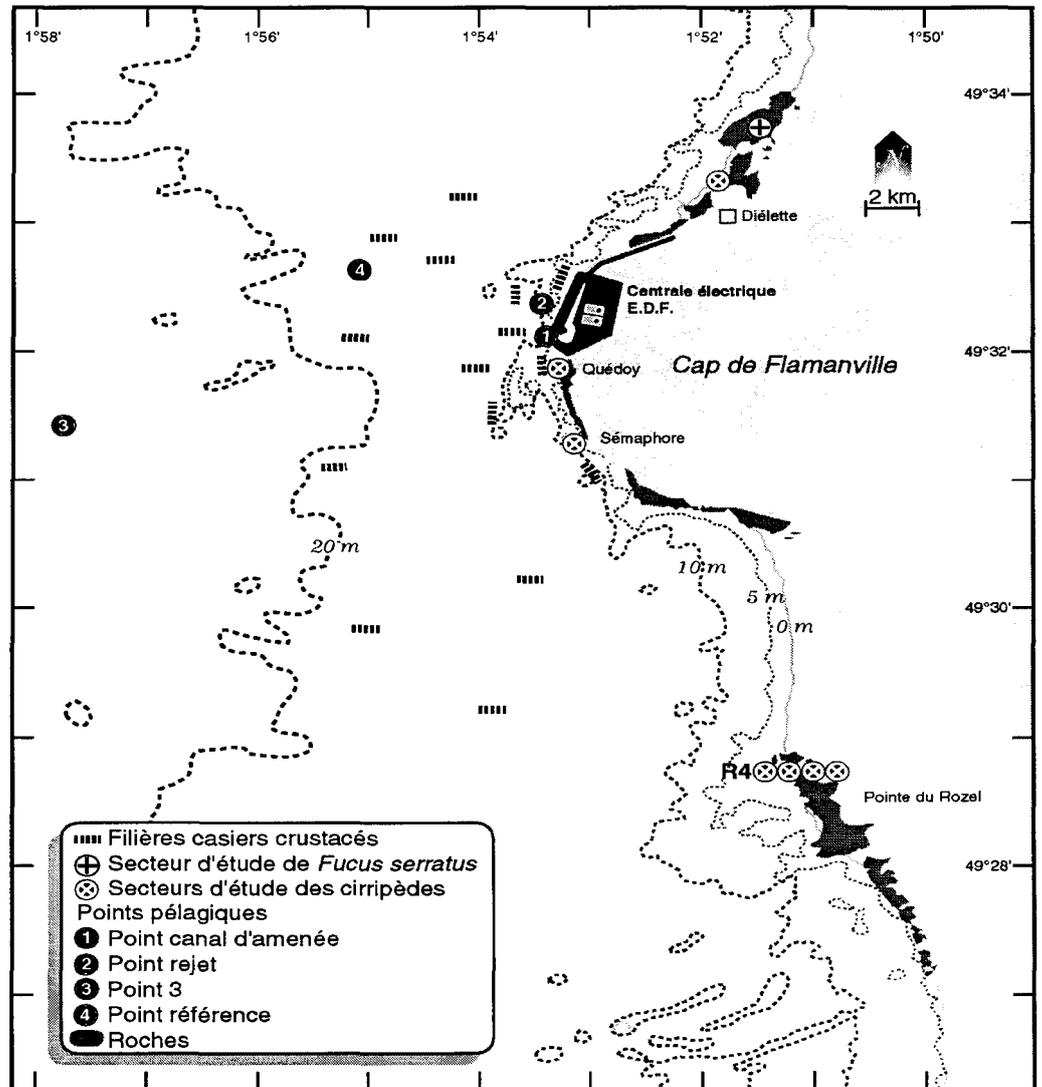
Tableau 1.2 : Récapitulatif du tonnage annuel de chlore injecté dans le circuit de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville

Année	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	Moy.
Chlore en T	424	580	570	805	365	191	209	243	371	173	266	428	385

1.2. Travaux réalisés par l'Ifremer

Les travaux réalisés au cours l'année 1998 se sont déroulés conformément au contrat. Ils sont présentés dans le tableau 1.3. Les points de prélèvements sont inchangés, et localisés sur la carte de la figure 1.5.

Les diverses interventions de l'IFREMER sur le site de Flamanville depuis 1986 sont récapitulées, pour information, dans le tableau 1.4.



1998	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.	20 / 03
	Salinité		1 subsurface 2 subsurface	
	Hydrobiologie Haloformes		Référence 2 subsurf. 2 à -10m	
	Sels nutritifs NH4		Rejet 4 subsurf.	
	Phytoplancton		Chlorophylle Phaeopigments Production primaire Identification des espèces	
Zooplancton	Biomasse Composition chimique (carbone, azote) Identification des espèces	Canal d'amenée	6 WP2 congelés (2 triples) 1 WP2 formolé	
Microbiologie	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	Platier de Diélette 3 Radiales Dans la zone à <i>Fucus serratus</i>	10 pieds tous les 10 m. sur chaque radiale	13-16 / 03 [22 / 06*] 6-7 / 09
Phytobenthos - Biomasse Substrats durs intertidaux	Secteurs 1, 2, 3 Radiale R4 (points 1, 2, 3, 4)	10 quadrats /secteur	
Zoobenthos	- Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée - Etude de recolonisation	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	13-16 / 03 [22 / 06]* 6-7 / 09
DOMAINE HALIEUTIQUE	Densité des larves d'araignée et homard	[Point 3] Référence Rejet	2 Bongo 1 Neuston surface 1 Neuston oblique	17 / 06 01 / 07 21 / 07 05 / 08
Zooplancton et Hydrologie	- température - salinité	Canal d'amenée		19 / 08 31 / 08
Suivi de l'exploitation et de la biologie des espèces commerciales	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 15-19 / 06 17-20 / 09

Tableau 1.3 :
Récapitulatif de
l'activité réalisée par
l'Ifremer au cours de
l'année 1998 devant
le C.N.P.E. de
Flamanville

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
P E L A G O S	11/03	07/05	08/05	22/04	21/04	07/05	11/04	29/04	20/03	09/04	12/04	19/04	20/03
	23/05												
	11/06												
	22/07	17/07	14/07	13/07	02/07	02/07	09/07	29/06	02/07	04/07	24/06	30/06	01/07
	23/09	01/09	05/11	23/09	27/09	17/09	20/09	26/09	01/10	18/09	06/09	29/09	15/09
P H Y T O S	25-26 /03	30-31 /03	21 /03	07-09 /03	28-29 /03	19-20 /03	19-20 /03	08-09 /03	13-15 /03	14-16 /03	18-19 /03	08-09 /03	14-15 /03
										12-13 /06	03-04 /06	06 /06	22 /06
	17-18 /09	07-08 /09	29 /09	18-19 /09	19-20 /09	09/10 /09	28-30 /09	01-02 /09	19-22 /09	08-10 /09	08-09 /09	15-17 /09	06-07 /09
B Z O H O S	25-26 /03	14-15 /03	21-22 /03	07-08 /03	11-12 /03	15-18 /03	16-19 /03	23-24 /03	12-13 /03	15-16 /03	18-19 /03	07-08 /03	14-15 /03
	22-23 /06	12-13 /06	31/05 01/06	03-04 /06	23-24 /06	12-15 /06	02-04 /06	23 /06	23-24 /06	12-13 /06	03 /06	07 /06	22 /06
	17-18 /09	22-25 /09	28-29 /09	18-19 /09	19-20 /09	24-27 /09	22-25 /09	01-02 /09	20-21 /09	09/10 /09	10-11 /09	15-17 /09	06-07 /09
H A L I E + T H I Y Q U R E O	14/06	02/07	12/07	11/07	15/06	19/06	23/06	17/06	16/06	20/06	27/06		17/06
	05/07	23/07	21/07	25/07	11/07	03/07	07/07	29/06	06/07	04/07	09/07	01/07	01/07
	28/07	04/08	05/08	08/08	19/07	25/07	21/07	12/07	27/07	19/07	23/07	21/08	21/07
	12/08	14/08		24/08	04/08	07/08	06/08	30/07		03/08	07/08	26/08	05/08
	04/09	01/09	07/09	07/09	27/08	24/08	20/08	23/08	13/09			09/09	19/08
H A L I E C U H T I S Q U E	12-15 /05	18-21 /05	24-27 /05	24-27 /05	15-18 /05	21-24 /05	12-15 /05						
	11-14 /06	22-25 /06	20-23 /06	06-09 /06	05-07 /06	25-28 /06	15-19 /06	14-18 /06	30/05 04/06	06-09 /06	24-28 /06	09-12 /06	15-19 /06
	15-18 /07	20-23 /07	20-23 /07	03-06 /07	02-07 /07	22-25 /07	07-10 /07						
	12-15 /08	18-21 /08	22-27 /08	07-10 /08	30/07 02/08	19-22 /08	10-14 /08						
	10-13 /09	15-18 /09	05-08 /09	04-07 /09	03-07 /09	16-19 /09	21-22 /09	20-24 /09	12-16 /09	18-21 /09	16-21 /09	08-11 /09	17-20 /09

Tableau 1.4 :
Récapitulatif
des
interventions
de l'Ifremer
depuis 1986
sur le site de
Flamanville

 absence d'intervention par évolution du contrat
 échantillonnage hors contrat

2. Les caractéristiques environnementales de l'année 1998

par Luc DRÉVÈS (DEL/CR)

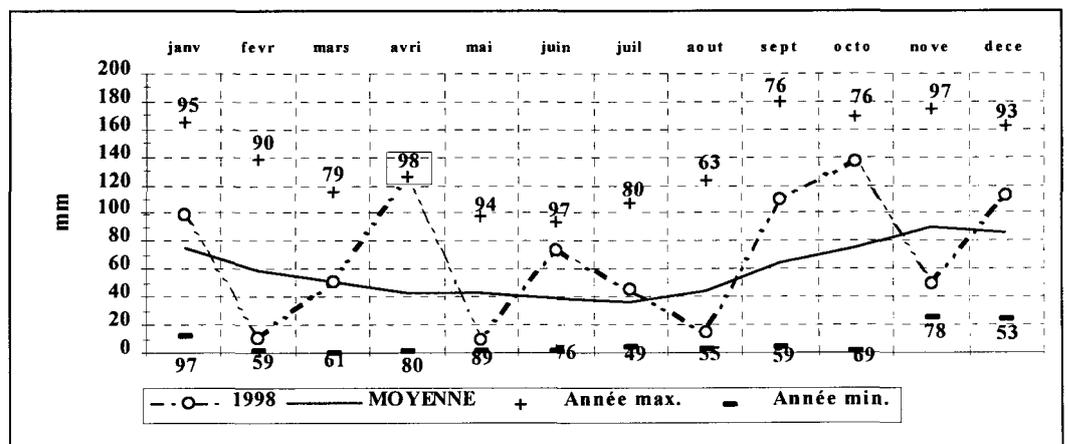
2.1. climatologie

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

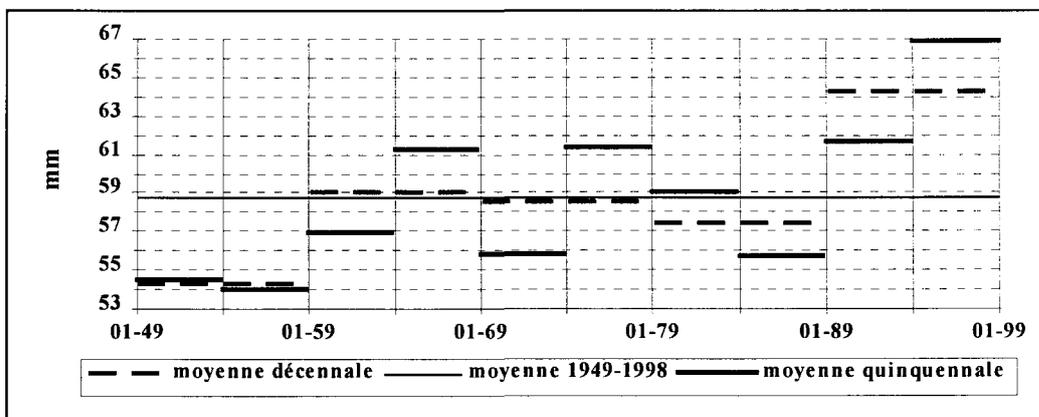
Depuis 1949, la pluviométrie interannuelle moyenne sur le nord-ouest Cotentin (figure 2.1) est maximale d'octobre à janvier, le maximum des précipitations étant noté en novembre avec 90 mm de hauteur moyenne d'eau. La période la plus sèche s'étend d'avril à août, les valeurs moyennes mensuelles variant 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 705 mm.

Figure 2.1
Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague en 1998, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues depuis 1949



L'observation des cumuls moyens mensuels par période quinquennale ou décennale (figure 2.2), comparés au cumul moyen mensuel des cinquantes dernières années (58,7 mm) permet d'apprécier la forte pluviométrie mensuelle moyenne de la dernière décennie (64,2 mm), et surtout de la dernière période quinquennale (66,9 mm). Cela représente 13 mm de plus que pendant la période 1954-1959 (54 mm), la plus sèche.

Figure 2.2 :
Pluviométrie au
sémaphore de La
Hague de 1949 à
1998.
Cumuls moyens
mensuels,
calculés sur 5 et
10 ans, comparés
au cumul moyen
mensuel observé
sur la période
totale (58,7 mm)

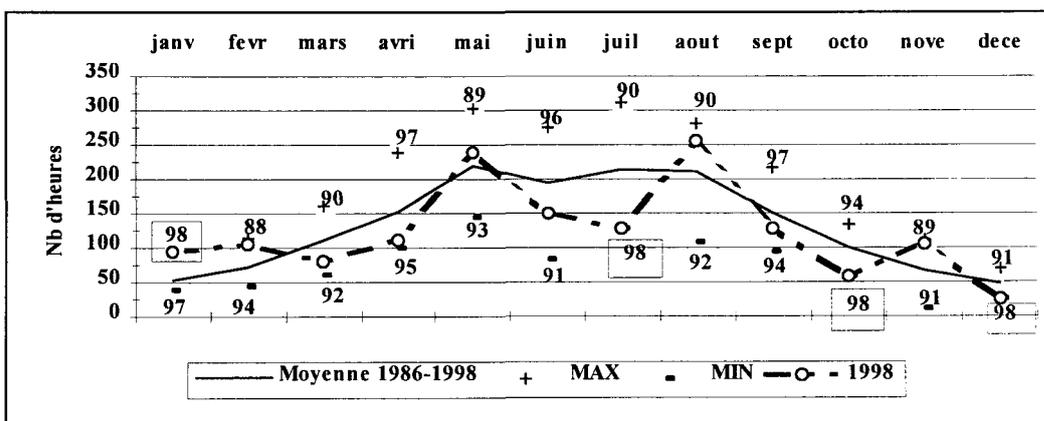


2.1.2. Insolation

L'importance de l'insolation mensuelle moyenne (figure 2.3) est directement dépendante de la durée même du jour. Elle est de ce fait minimale en décembre (47 heures) et en janvier (53 heures), et maximale en mai (219 heures). La couverture nuageuse peut perturber ce schéma. Ainsi, le mois de juin présente une durée d'insolation moyenne (194 heures) inférieure à celle enregistrée en mai et en juillet (214 heures). Ce comportement particulier de juin, depuis 1986, s'explique par le caractère plus pluvieux de ce mois par rapport à mai et juillet.

L'insolation annuelle moyenne depuis 1986 est de 1 591 heures, les années extrêmes étant 1990 (2 034 heures) et 1991 (1 241 heures).

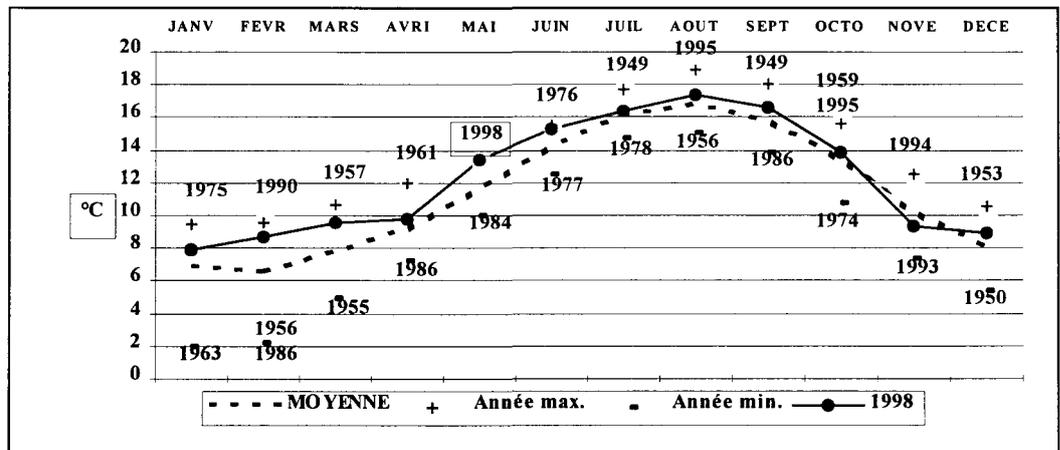
Figure 2.3 :
Insolation mensuelle
à Valognes au cours
de l'année 1998,
comparée aux
moyenne et valeurs
extrêmes mensuelles
obtenues depuis 1986



2.1.3. Température de l'air

Au cours des 50 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. Les moyennes mensuelles extrêmes ont été enregistrées en janvier 1963 (2,0 °C) et en août 1995 (18,9 °C).

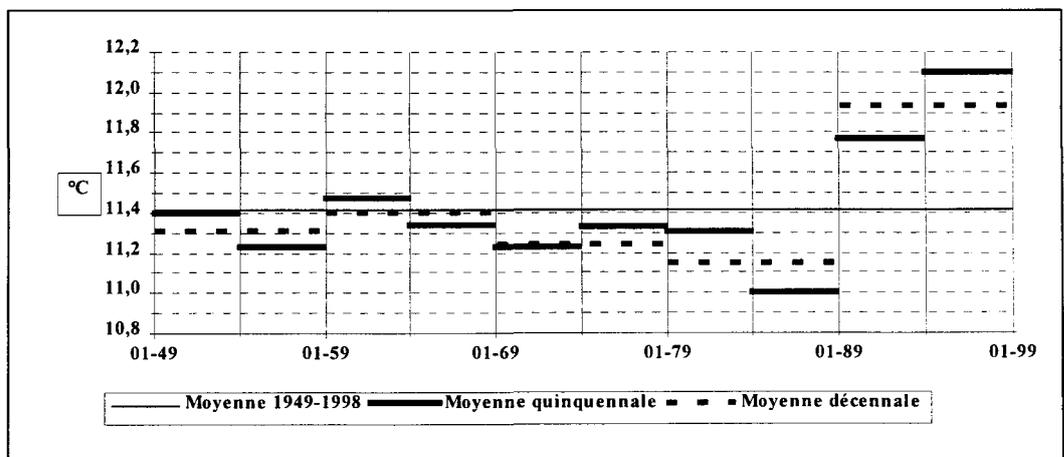
Figure 2.4 :
Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 1998, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées depuis 1949



La température moyenne annuelle est de 11,4 °C, avec un écart thermique moyen de 10,3 °C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud. Sur cette période, l'année la plus chaude a été 1989 avec 12,43 °C ; la plus froide, 1963 avec 9,99 °C. Le plus grand écart thermique annuel est noté en 1987 avec 14,1 °C.

L'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période quinquennale ou décennale (figure 2.5) permet d'apprécier l'échauffement de la dernière décennie (11,9 °C), et surtout de la dernière période quinquennale (12,1 °C). Au cours des cinquantes dernières années, la période 1984-1989 est la plus froide (11,0 °C). Cette dérive thermique à la hausse est à juxtaposer avec celle similaire de la pluviométrie (cf. figure 2.2).

Figure 2.5 :
Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 1998. Comparaison des moyennes mensuelles quinquennales et décennales à la moyenne sur la période totale (11,41 °C)



2.1.4. Caractéristiques de l'année 1998

L'année 1998, comme 1997, a été chaude et humide. Elle se caractérise par :

- un cumul annuel des précipitations (841 mm) supérieur au total moyen annuel sur l'ensemble de la période (705 mm) ; 4 mois présentent des valeurs inférieures aux moyennes saisonnières, notamment février, mai et août ; le mois d'avril se singularise avec l'enregistrement d'une nouvelle valeur mensuelle maximale (126,4 mm ; le précédent record pour ce mois était de 118,5 mm enregistré en 1966) ; 1998 est la sixième année la plus humide depuis 1949¹

- quatre nouveaux « records » d'insolation mensuelle : un maximum en janvier (95 heures) ; un minimum en juillet (127 h), en octobre (58 h) et en décembre (26 h) ; le total d'insolation annuelle (1 481 h) est inférieur à la moyenne enregistrée pour ce paramètre (1 591 h) sur la période 1986-1998 ;

- des températures moyennes mensuelles supérieures aux moyennes saisonnières, exception faite du seul mois de novembre ; la température annuelle moyenne est de 12,26 °C, avec un faible écart thermique de 9,50 °C entre le mois le plus froid et le plus chaud ; c'est la cinquième année la plus chaude depuis 1949² ; à noter l'établissement d'une nouvelle température mensuelle maximale en mai (13,4 °C).

2.2. Température de l'eau de mer

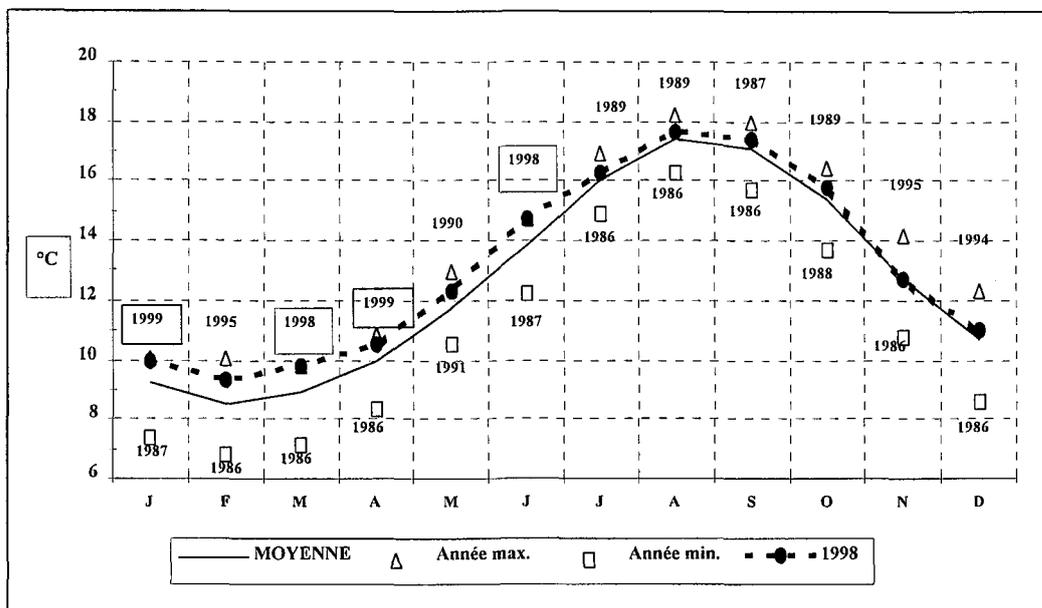
Depuis 1986 (figure 2.6), le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'amenée (8,4 °C) est noté en février, les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 1995 (10,02 °C). Le maximum mensuel moyen (17,4 °C) est observé en août, oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,23 °C en 1989. L'amplitude thermique annuelle moyenne de l'eau de mer est donc de 9,04 °C devant le cap de Flamanville.

Au cours de l'année 1998, les températures moyennes mensuelles de l'eau de mer sont supérieures aux moyennes saisonnières à l'exception du seul mois de novembre. Cette observation est à rapprocher de celle faite sur l'air. Le mois le plus froid fut février. La température journalière la plus basse (8,8 °C) fut notée les 2 et 3 février, l'eau se réchauffant plus ou moins régulièrement par la suite jusqu'au 9 septembre (18,3 °C). Notons de nouvelles valeurs saisonnières records en mars (9,77 °C) et juin (14,72 °C).

¹ Les six années les plus humides sont dans l'ordre : 1994, 1960, 1992, 1974, 1993 et 1998.
Les plus sèches sont : 1953, 1983, 1949, 1961, 1962 et 1956.

² Les six années les plus chaudes sont, dans l'ordre, 1989, 1995, 1990, 1961, 1998 et 1959.
Les plus froides sont 1963, 1956, 1986, 1987, 1985 et 1979.

Figure 2.6 :
Evolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'aménée du CNPE de Flamanville en 1998, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées de janvier 1986 à mars 1999



Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 13 années est calculé. Les valeurs oscillent entre $-3,1\text{ °C}$ (le 15/11/1986) et $+2,3\text{ °C}$ (le 27/11/1994). La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (figure 2.7), ou, par exemple, les conditions thermiques des périodes précédant les jours de prélèvements.

L'évolution, au cours d'une année type représentative de la période 1986-1998, des quatre facteurs étudiés ci-dessus est résumée à la figure 2.8. Leur interaction est ainsi visualisée, comme, par exemple, l'élévation de la température de l'air précédant celle de l'eau.

Ces températures de l'eau de mer observées à Flamanville (Manche-ouest) sont comparées à celles enregistrées devant les deux autres sites de Penly et Paluel situés en Manche-est (figure 2.9). Le caractère plus océanique de Flamanville apparaît nettement, à savoir plus doux en hiver que les autres sites plus continentales, plus frais en été. L'observation des écarts journaliers moyens de 1991 à mars 1999 (figure 2.10) entre les deux sites les plus éloignés de Penly et Flamanville montrent bien l'inversion de ces écarts aux deux périodes de fin avril - début mai, puis de fin septembre - début octobre.

La même comparaison entre Penly et Paluel montre l'aspect plus frais du site le plus à l'est, à l'exception toutefois de 2 à 3 jours début juillet. On s'attendait à une inversion des écarts plus longue dans le temps, même si ceux-ci sont plus faibles. Ce phénomène naturel mériterait une explication.

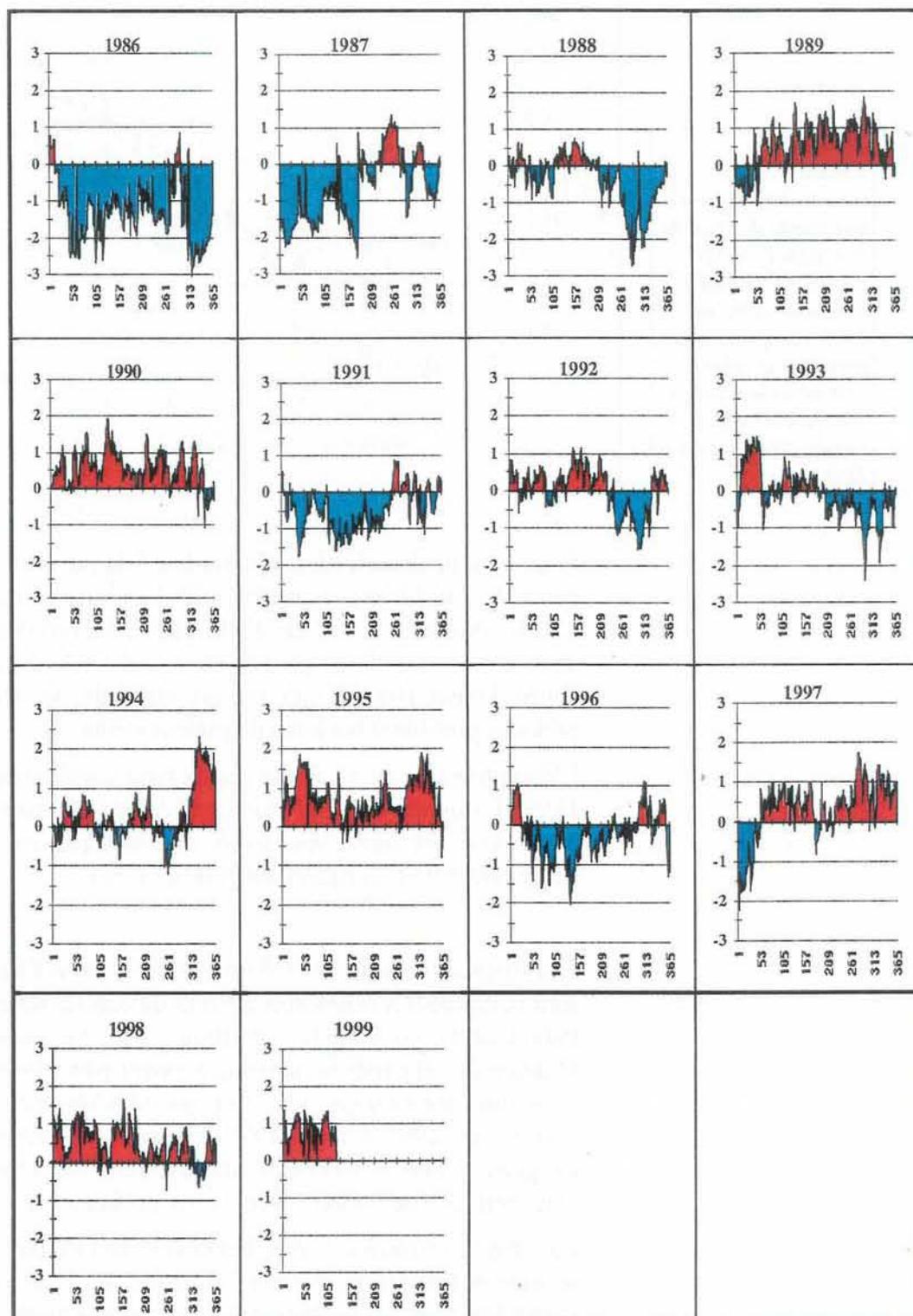


Figure 2.7 : CNPE de Flamanville. Anomalies de la température de l'eau de mer - Ecart journalier, en °C, à la moyenne quotidienne (moyenne du jour estimée sur la période 01/01/86 - 30/04/99)

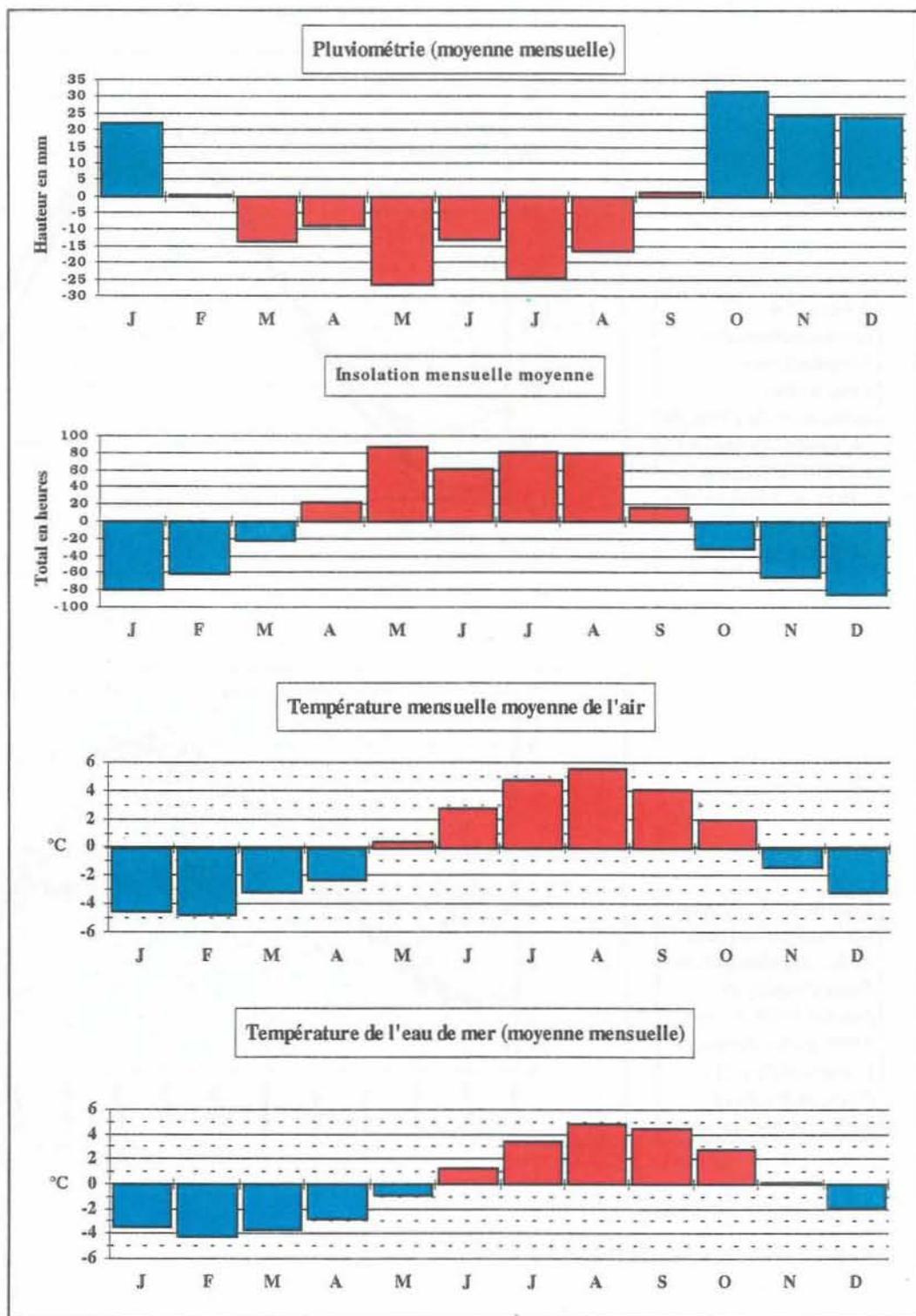


Figure 2.8 : Synthèse environnementale au cap de Flamanville, sur la période 1986-1998 (pour chaque paramètre, écart mensuel moyen à la moyenne annuelle)

Figure 2.9 :
Comparaison des
températures
mensuelles
moyennes de l'eau de
mer entre Penly (PY,
1990), Paluel (PAL,
1991), et Flamanville
(FLA, 1986)
jusqu'en avril 1999

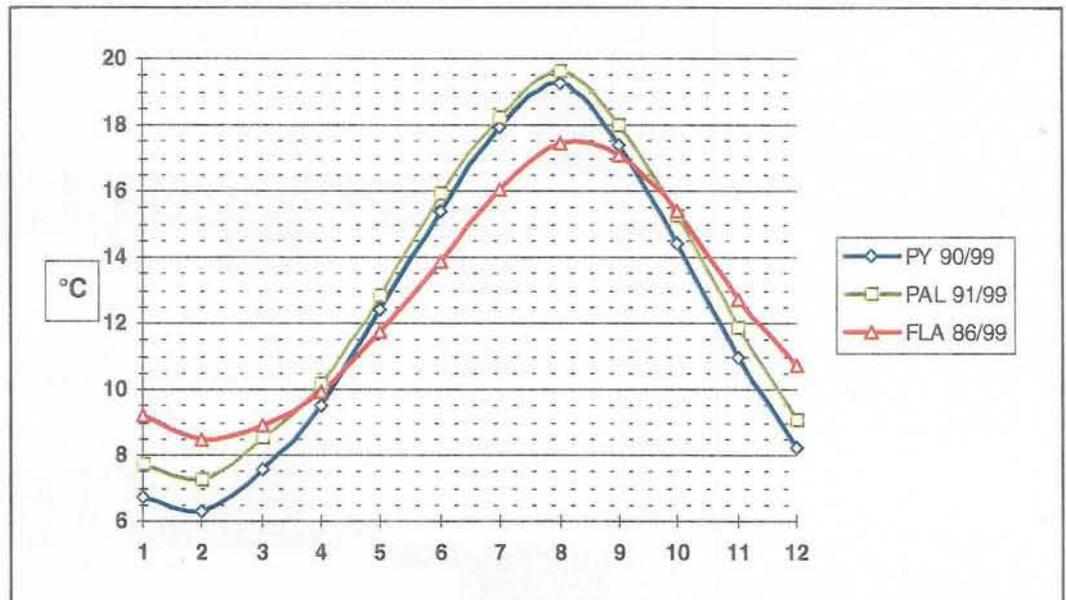
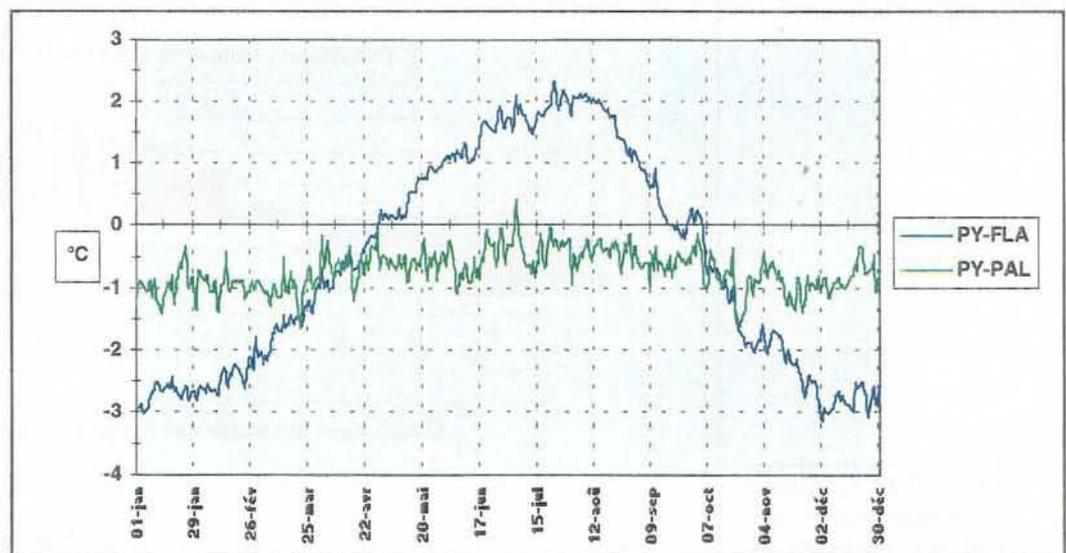


Figure 2.10 : Ecarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer, de janvier 1991 à mars 1999, entre Penly et Flamanville (PY-FLA) et Penly et Paluel (PY-PAL)



3. Le domaine pélagique

Etudes et rapport réalisés au Centre IFREMER de BREST par

<i>Luc</i>	<i>DRÈVÈS</i>	<i>(Microbiologie, Trihalométhanes)</i>
<i>Evelyne</i>	<i>ERARD LE DENN</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Michel</i>	<i>LUNVEN</i>	<i>(Hydrologie)</i>
<i>Jean Yves</i>	<i>QUINTIN</i>	<i>(Zooplancton)</i>

avec la collaboration de

<i>Philippe</i>	<i>CANN</i>	<i>(Zooplancton)</i>
<i>Marie Pierre</i>	<i>CRASSOUS</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Myriam</i>	<i>RUMEBE</i>	<i>(Zooplancton)</i>
<i>Agnès</i>	<i>YOUENOU</i>	<i>(Hydrologie)</i>

*et du Laboratoire départemental et régional de Biologie et
d'Hygiène Frank DUNCOMBE de CAEN*

3.1. Méthodologie

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 1998 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 des coefficients de 52-46 le vendredi 20 mars, 50-47 le mercredi 1^{er} juillet, et 46-47 le mardi 15 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. 1.5).

3.2. Hydrologie

Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau 3.1.

3.2.1. Température

Les températures des eaux côtières relevées sur le site de Flamanville au cours des trois campagnes de surveillance de l'année 1998 présentent les mêmes caractéristiques que celles relevées les années précédentes. Le maximum est mesuré au point rejet, la température la plus extrême étant 18,07 °C en septembre, et le minimum au niveau du canal d'amenée ou du point référence : 9,9 °C observé au mois d'avril.

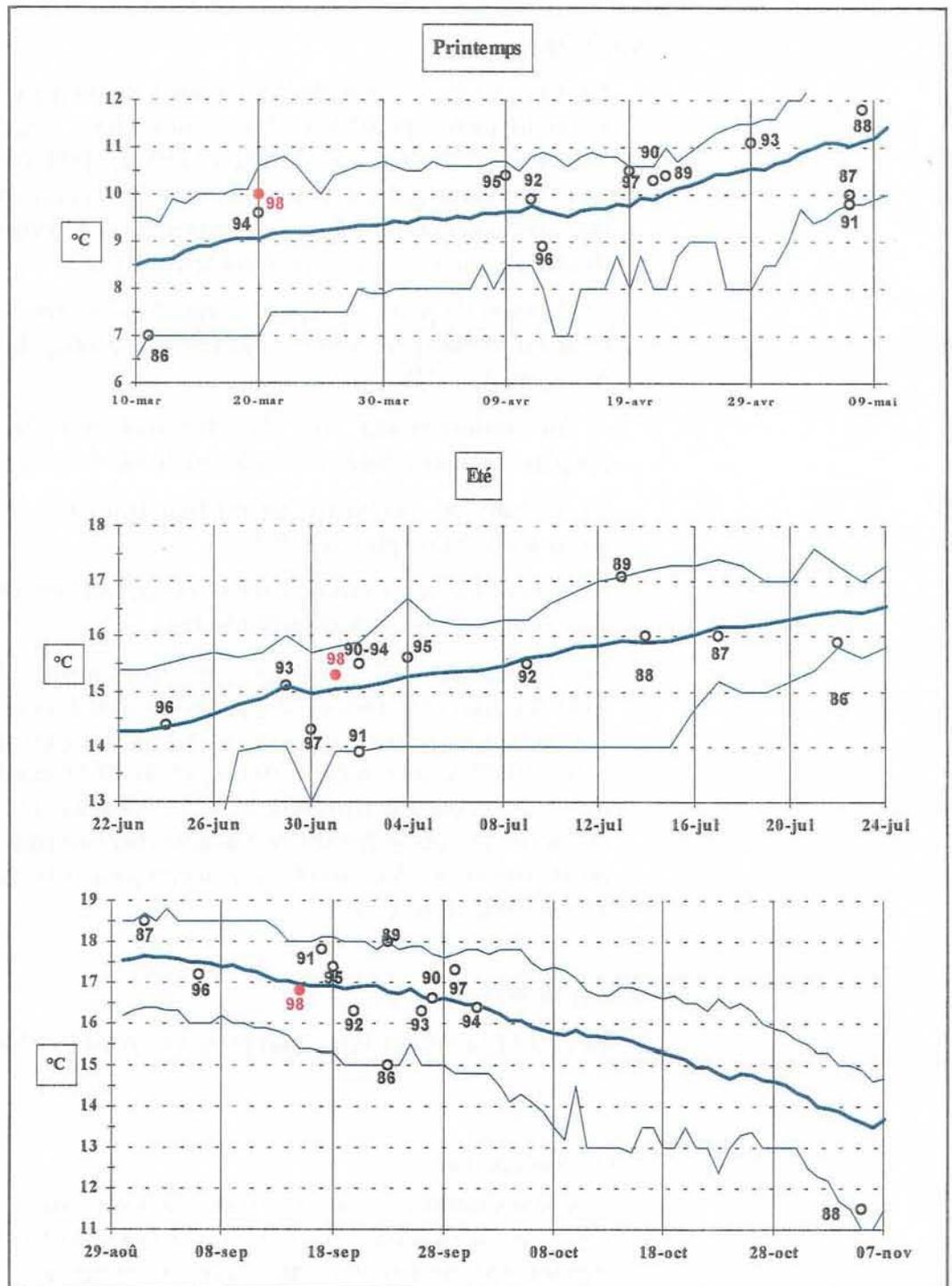


Figure 3.1 : Evolution de la température de l'eau de mer dans le canal d'amenée. Comparaison de la valeur observée le jour de la mission (86 = année 1986) à la moyenne journalière 1986-1998

Les dates des campagnes pouvant être décalées d'un à deux mois suivant l'année il est important de pouvoir les situer par rapport aux années précédentes. La figure 3.1 permet de recaler les données de température obtenues au Canal d'Amenée lors des trois campagnes de l'année 98 par rapport à la moyenne des données de température sur 12 ans relevées par E.D.F dans le Canal d'Amenée. Pour la première campagne de l'année, on peut noter que la température relevée le 20 Mars 1998 est nettement au-dessus des moyennes obtenues sur 12 ans. Cette température de l'eau de mer élevée est à relier aux températures de l'air particulièrement clémentes relevées par le sémaphore de La Hague au cours des deux mois précédents (cf. figure 2.4). Les températures relevées dans le Canal d'Amenée au mois de Juillet et au mois de Septembre sont proches des valeurs moyennes obtenues sur 12 ans.

L'élévation de température mesurée entre le Canal d'amenée et le Rejet est de l'ordre de 2 °C pour les campagnes de printemps et d'Automne.

Par contre, lors de la campagne d'Eté, les températures moyennes relevées sur le Rejet et au Canal d'Amenée sont proches (15,61°C au Canal et 15,71°C au Rejet). Les réplicats de températures réalisés sont :

- peu variables au Canal : 15,61 - 15,61 - 15,61 - 15,60°C
- plus variables et décroissantes au Rejet : 16,31 - 15,69 - 15,55 - 15,29°C.

Il apparaît également que, pour cette campagne, les températures relevées au point Référence sont plus faibles que celles mesurées au Rejet et au Canal d'Amenée :

Référence : 14,97°C et 14,81°C en surface, 14,75°C et 14,79°C à -10 mètres.

Le gradient thermique côte-large est donc particulièrement marqué en cette période de l'année : les eaux les plus froides se trouvant au large.

La variabilité en température relevées au Rejet lors de cette campagne sont essentiellement dues aux conditions de vent et de mer rencontrées lors du positionnement du navire au dessus du Rejet de la Centrale (Vent force 4 à 5, mer agitée). Il est ainsi difficile d'échantillonner précisément 4 réplicats en surface au maximum thermique. Cette variabilité des températures relevées lors des prélèvements sur les Rejets est à attribuer également à une dilution rapide des eaux échauffées rejetées par la centrale.

20 mars	Température °c	Salinité g/l	NH4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	NO3 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	NO2 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	PO4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	Si $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$
Canal amenée (surface)	9,938 $\pm 0,015$	-	0,13 $\pm 0,03$	7,74 $\pm 0,05$	0,18 $\pm 0,01$	0,45 $\pm 0,01$	1,99 $\pm 0,05$
Rejet (surface)	12,254 $\pm 0,699$	35,316	0,25 $\pm 0,08$	7,86 $\pm 0,08$	0,17 $\pm 0,01$	0,46 $\pm 0,03$	1,97 $\pm 0,03$
Référence (surface)	9,579 $\pm 0,014$	35,356	0,10 $\pm 0,04$	7,51 $\pm 0,60$	0,16 $\pm 0,02$	0,45 $\pm 0,01$	1,84 $\pm 0,04$
Référence (- 10 m)	9,568 $\pm 0,002$	35,357	0,04 $\pm 0,05$	7,87 $\pm 0,01$	0,17 $\pm 0,01$	0,46 $\pm 0,01$	1,94 $\pm 0,01$
1 juillet	Température °c	Salinité g/l	NH4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	NO3 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	NO2 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	PO4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	Si $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$
Canal amenée (surface)	15,61 $\pm 0,01$	35,092	0,25 $\pm 0,09$	0,18 $\pm 0,03$	0,03 $\pm 0,03$	0,06 $\pm 0,01$	1,47 $\pm 0,09$
Rejet (surface)	15,71 $\pm 0,43$	35,116	0,19 $\pm 0,03$	0,24 $\pm 0,09$	0,02 $\pm 0,01$	0,07 $\pm 0,02$	1,24 $\pm 0,12$
Référence (surface)	14,89 $\pm 0,11$	35,188	0,38 $\pm 0,00$	1,04 $\pm 0,07$	0,10 $\pm 0,00$	0,14 $\pm 0,02$	1,51 $\pm 0,06$
Référence (- 10 m)	14,77 $\pm 0,03$	35,146	0,47 $\pm 0,01$	1,07 $\pm 0,08$	0,13 $\pm 0,01$	0,11 $\pm 0,01$	1,26 $\pm 0,06$
15 septembre	Température °c	Salinité g/l	NH4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	NO3 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	NO2 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	PO4 $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$	Si $\mu\text{mol}/\text{dm}^3$
Canal amenée (surface)	16,609 $\pm 0,107$	35,114	0,31 $\pm 0,02$	2,64 $\pm 0,33$	0,20 $\pm 0,04$	0,19 $\pm 0,02$	2,06 $\pm 0,18$
Rejet (surface)	18,07 $\pm 0,03$	35,151	0,58 $\pm 0,05$	3,02 $\pm 0,76$	0,22 $\pm 0,03$	0,17 $\pm 0,02$	2,12 $\pm 0,36$
Référence (surface)	17,032 $\pm 0,445$	35,136	0,84 $\pm 0,10$	2,70 $\pm 0,52$	0,26 $\pm 0,06$	0,21 $\pm 0,05$	2,29 $\pm 0,46$
Référence (- 10 m)	16,811 $\pm 0,003$	35,158	0,99 $\pm 0,11$	2,78 $\pm 0,33$	0,27 $\pm 0,04$	0,22 $\pm 0,01$	2,04 $\pm 0,11$

Tableau 3.1 :
Moyennes et écarts-
types des
paramètres
hydrologiques à
Flamanville en
1998

Concernant l'impact thermique de la centrale sur le milieu, il est possible de calculer la proportion d'eau réchauffée 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)

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 1998, il est possible d'établir le tableau suivant :

Tableau 3.2 :
Echauffement de l'eau calculé au rejet de la centrale de Flamanville en 1998

20 Mars 1998	9,94	22,0	12,25	0,192
01 Juillet 1998	15,61	28,1	15,71	0,029
15 Septembre 1998	16,61	29,6	18,07	0,112

- En Mars : $\pi = 0,192$, ce qui correspond à une dilution de 80 %
- En Juillet : $\pi = 0,029$, ce qui correspond à une dilution de 97 %
- En Septembre : $\pi = 0,112$, ce qui correspond à une dilution de 89 %.

Les proportions d'eau échauffée ainsi calculées sont très variables pour les 3 campagnes effectuées en 1998. En comparant les valeurs de température obtenues en 1998 à celles obtenues lors des années précédentes, on peut constater que les élévations de température relevées au Rejet restent dans l'intervalle de celles mesurées les années précédentes. En considérant les températures moyennes mesurées aux deux stations non impactées par le Centrale (Référence et Canal d'Amenée), on ne peut quantifier aucun échauffement particulier attribuable au fonctionnement de la Centrale en ces points pour les trois campagnes .

3.2.2. Salinité

L'ensemble des valeurs de salinité mesurées au cours des trois campagnes de l'année 1998 sont relativement élevées par rapport aux années précédentes : entre 35.1 et 35.4. Elles peuvent être reliées à la climatologie de l'année 1998. Les fortes salinités observées à la fin de l'hiver, sont attribuables à la faible pluviosité enregistrées par le sémaphore de La Hague, aux mois de Février et de Mars. Lors des 3 campagnes, on observe un faible gradient côte-large : lié aux apports d'eaux douces, on trouve les salinités les plus basses à la côte dans le canal d'Amenée ; les salinités les plus fortes sont rencontrées au point Référence situé plus au large.

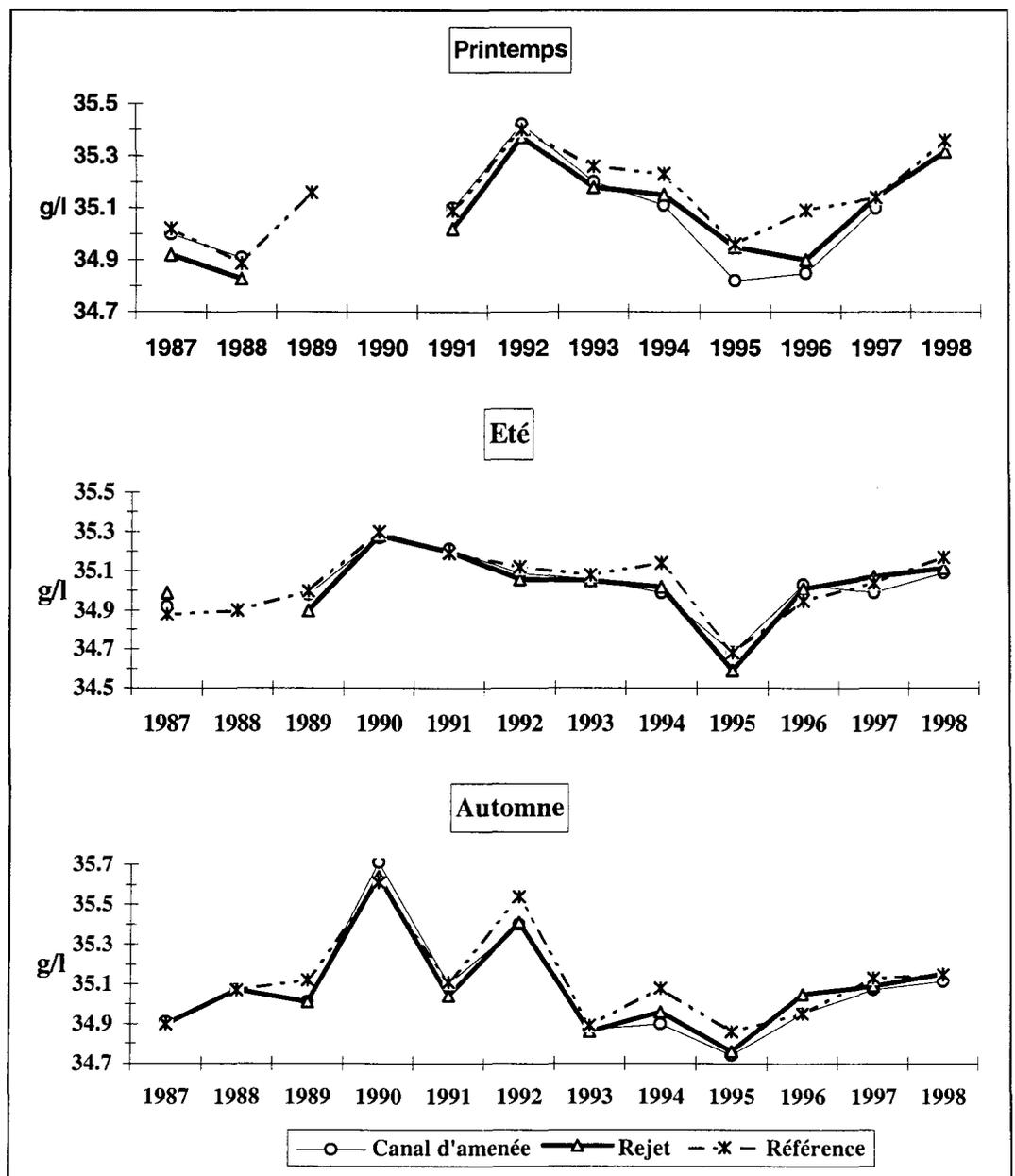


Figure 3.2 : Evolution de la salinité de 1987 à 1998 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.3. Ammonium

Les concentrations en ammonium au printemps et en été sont identiques aux situations antérieures, et correspondent à des teneurs faibles, inférieures à $0,5 \mu\text{mole/dm}^3$. En septembre, les concentrations sont relativement élevées et présentent un gradient croissant entre le canal d'amenée ($0,31 \mu\text{mole/dm}^3$) et le point référence plus au large ($0,91 \mu\text{mole/dm}^3$).

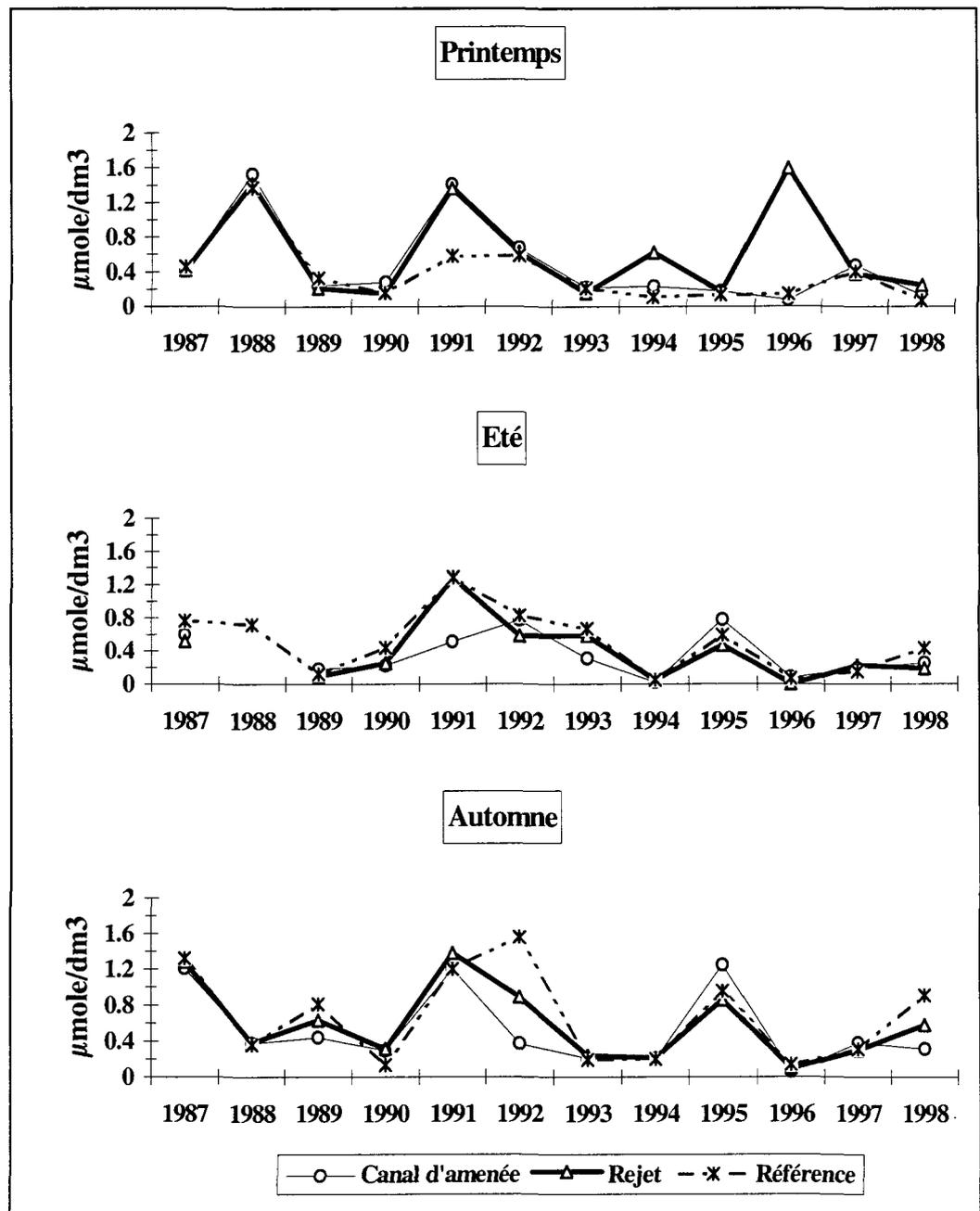


Figure 3.3 : Evolution de la teneur en ammonium de 1987 à 1998 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.4. Nitrate

Les variations de nitrate en milieu côtier sont fortement reliées aux développements des populations phytoplanctoniques.

Les concentrations en nitrate mesurées sur les eaux côtières de Flamanville sont maximales au mois de mars, elles sont homogènes sur l'ensemble de la zone (autour de $7,7 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$). Par rapport à l'année 1997, les teneurs printanières sont plus élevées ; ceci peut s'expliquer par la faible quantité de cellules phytoplanctoniques alors présentes dans le milieu. Les concentrations les plus faibles sont mesurées après le bloom printanier: $0,17 \mu\text{mole}/\text{dm}^3$ au Canal au mois de Juin. En septembre, on remarque une élévation des concentrations sur les trois stations : $2,7 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$, probablement en relation avec la minéralisation des substances organiques produites durant l'été.

Pour les trois campagnes de prélèvement, on observe une bonne similitude entre les mesures effectuées dans le Canal d'Amenée, au Rejet et à la station Référence. La centrale n'a donc aucune influence sur les teneurs en nitrates mesurées sur la zone.

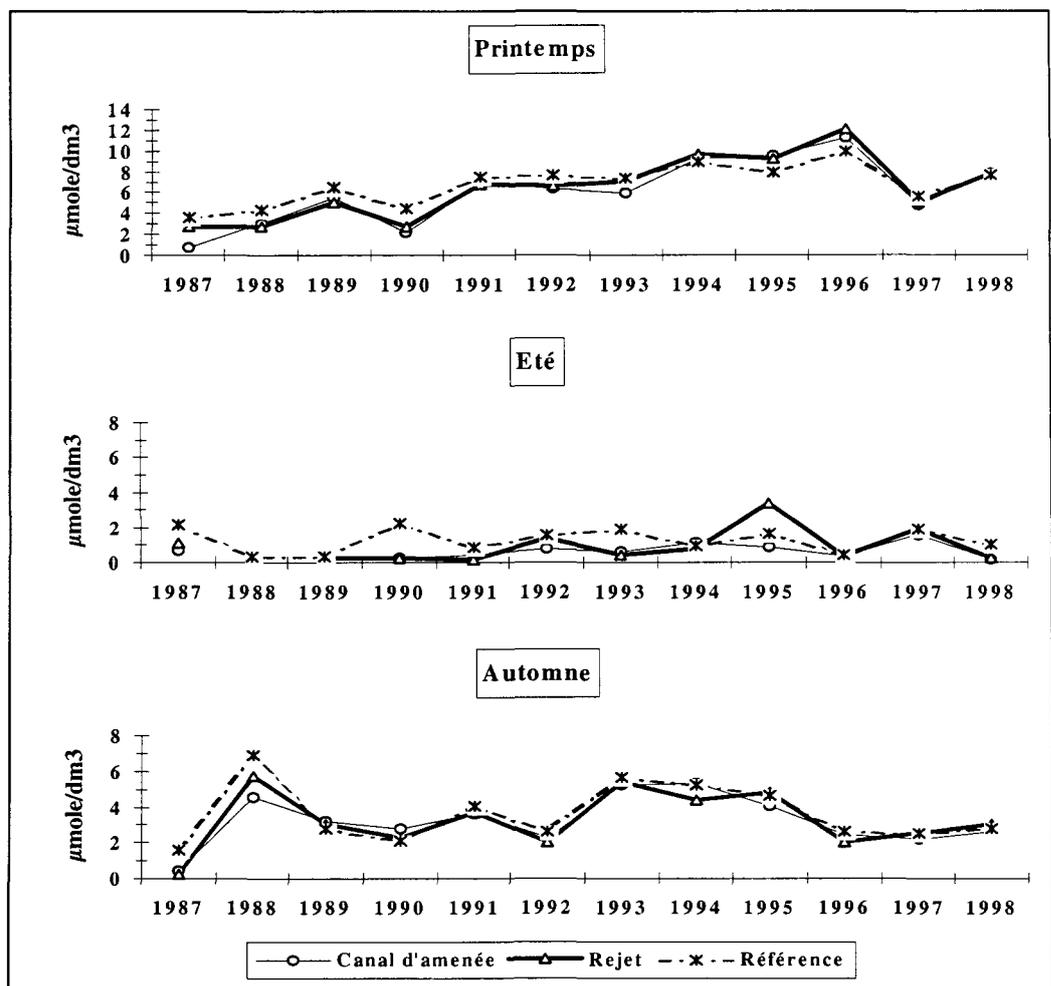


Figure 3.4 : Evolution de la teneur en nitrate de 1987 à 1998 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.5. Phosphate

Le comportement et le rôle du Phosphate minéral dissous en milieu côtier est comparable à celui du Nitrate. L'observation de la figure met en évidence des concentrations élevées en Mars ($0,45 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$) avant l'apparition du bloom phytoplanctonique printanier. Les teneurs en Phosphate sont pratiquement nulles au mois de Juillet. Elles augmentent au cours de l'été pour atteindre des teneurs voisines de $0,2 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$.

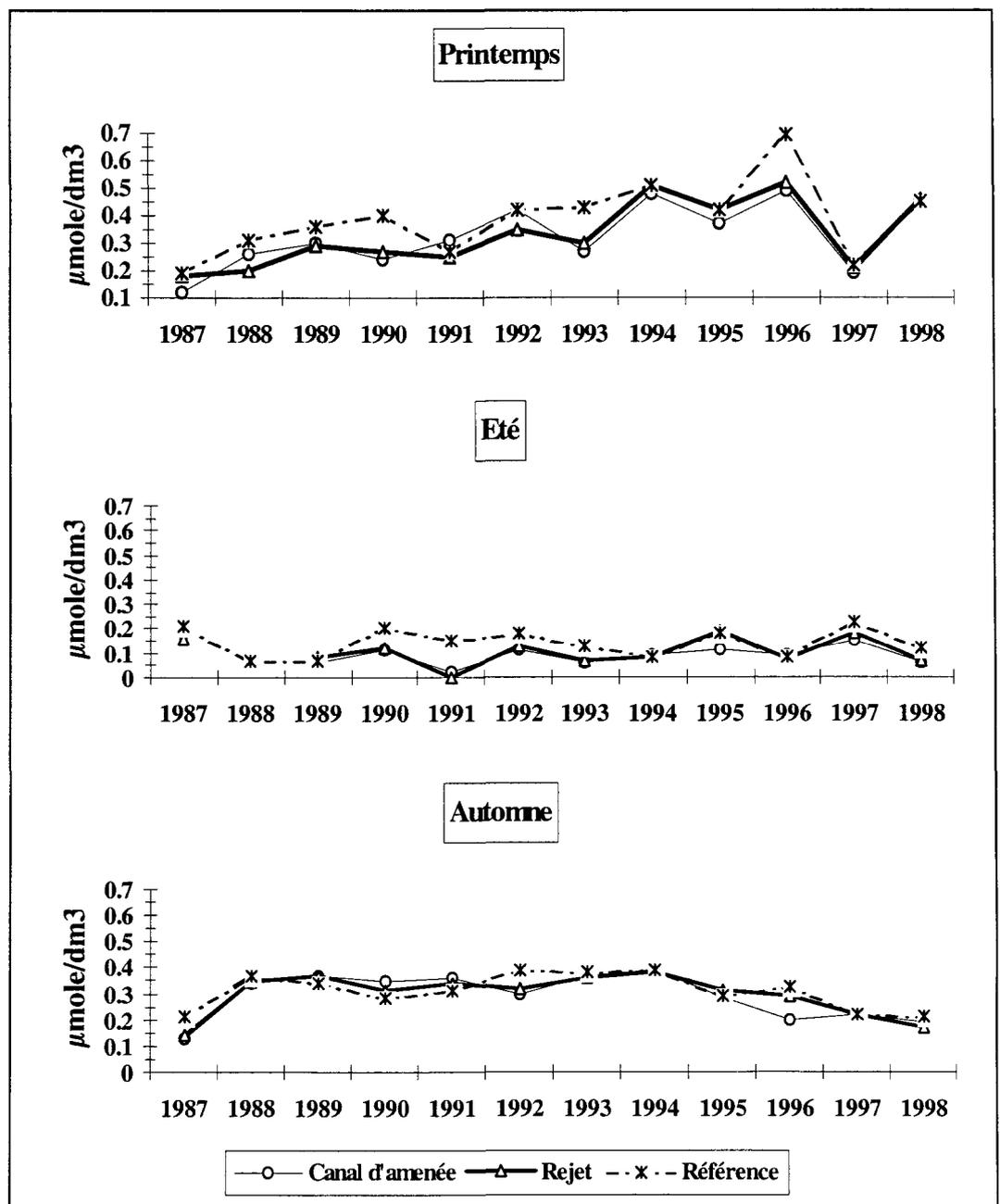


Figure 3.5 : Evolution de la teneur en phosphate de 1987 à 1998 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.6. Silicate

Les teneurs moyennes en silicate sont conformes aux normales saisonnières. Élément nutritif indispensable au développement du phytoplancton marin, il présente une teneur élevée au mois de Mars avant le bloom printanier (moyenne de $1,95 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$ pour les 3 stations). Consommé par certaines cellules phytoplanctoniques (diatomées) au cours du printemps, sa teneur diminue pour atteindre $1,36 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$ lors de la campagne de Juillet. On le retrouve à des concentrations élevées au mois de Septembre ($2,12 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$). On peut également noter la faible variabilité des mesures sur l'ensemble de la zone.

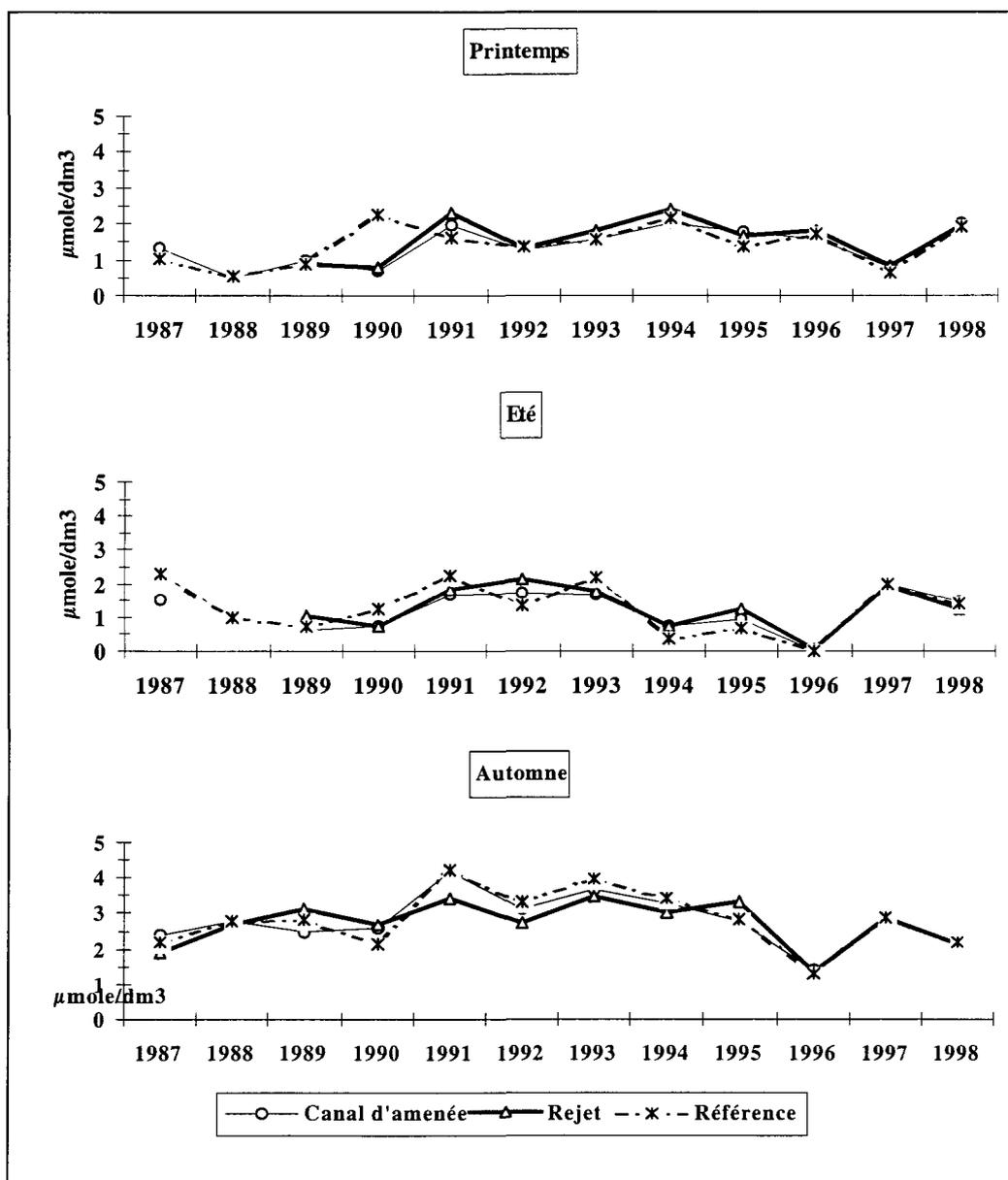


Figure 3.6 : Evolution de la teneur en silicate de 1987 à 1998 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.7. Nitrite

Les concentrations en nitrites mesurées au cours de l'année 1998 sont faibles pour les 3 campagnes (entre 0,11 et 0,26 $\mu\text{mole}/\text{dm}^3$). Elles sont homogènes sur l'ensemble de la zone et restent dans l'intervalle de celles mesurées lors des années précédentes.

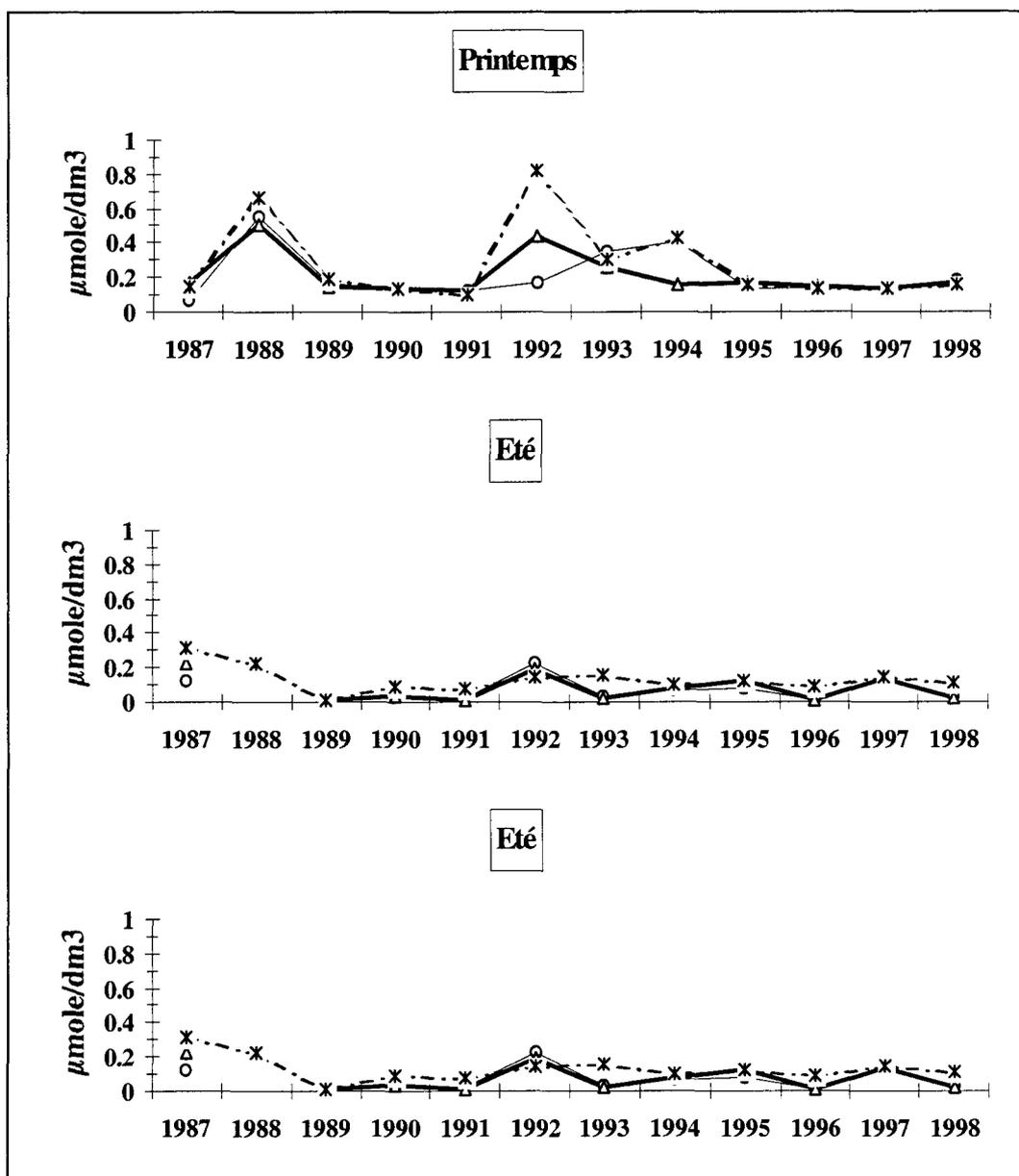


Figure 3.7 :
Evolution de la
teneur en nitrite de
1987 à 1998 au droit
du CNPE de
Flamanville

3.3. Phytoplancton

Comme les années précédentes, 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 (3.3) et de figures (3.9 à 3.12). Les valeurs observées servent à suivre aussi bien les éventuelles variations côte-large dues à la centrale, que l'évolution des variations temporelles depuis 1987.

20 mars	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	Ciliés nbre/cm^3
Canal amenée (surface)	0,03 $\pm 0,04$	0,82 $\pm 0,24$	3,73 $\pm 0,64$	71	400	0,41
Rejet (surface)	0,00 $\pm 0,00$	1,07 $\pm 0,16$	3,83 $\pm 0,49$	71	287	0,61
Référence (surface)	0,25 $\pm 0,22$	0,35 $\pm 0,11$	4,81 $\pm 1,17$	96	760	0,61
Référence (- 10 m)	0,26 $\pm 0,01$	0,54 $\pm 0,01$	6,66 $\pm 0,11$	115	330	1,00
1 juillet	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	Ciliés nbre/cm^3
Canal amenée (surface)	0,71 $\pm 0,13$	0,45 $\pm 0,20$	4,91 $\pm 0,52$	31	647	4,00
Rejet (surface)	1,03 $\pm 0,16$	0,46 $\pm 0,22$	7,72 $\pm 0,97$	52	767	5,00
Référence (surface)	0,03 $\pm 0,01$	0,13 $\pm 0,06$	6,35 $\pm 1,32$	44	913	8,00
Référence (- 10 m)	0,07 $\pm 0,01$	0,04 $\pm 0,01$	7,33 $\pm 1,00$	43	780	4,00
15 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	Ciliés nbre/cm^3
Canal amenée (surface)	2,67 $\pm 0,12$	0,61 $\pm 0,13$	12,31 $\pm 0,92$	129	233	2,00
Rejet (surface)	1,89 $\pm 0,19$	0,85 $\pm 0,16$	9,98 $\pm 1,82$	94	276	2,00
Référence (surface)	1,15 $\pm 0,03$	0,21 $\pm 0,01$	4,50 $\pm 1,08$	82	727	3,00
Référence (- 10 m)	1,26 $\pm 0,16$	0,14 $\pm 0,17$	4,82 $\pm 0,67$	79	297	2,00

Tableau 3.3 :
Moyennes et écarts-
types des paramètres
phytoplanctoniques
au droit du CNPE de
Flamanville en 1998

Les échauffements de la masse d'eau ne sont pas significatifs au vue des forts taux de dilution qui sont en moyenne de 80 à 97 %. Dans ce cas les calculs de déficit en biomasse microalgale au point rejet par rapport au canal d'amenée correspondent à :

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

$$V_r : \text{valeur observée au canal rejet}$$

Tableau 3.4 :
Déficits
phytoplanctoniques
en 1998

	Chlorophylle	Production primaire	Microplancton
20 mars 1998	0%	+ 2.6 %	0%
30 juin 1997	+ 45.1 %	+ 57.2%	+ 67.7%
29 septembre 1997	- 29.2 %	- 18.9 %	- 27.1%

Sur l'ensemble de l'année, seule la campagne de septembre présente des déficits de l'ordre de 25% au point rejet. Ce déficit pourrait être lié, soit à la quantité plus importante de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement, soit à la variation spatiale naturelle en cette période.

3.3.1. Biomasse chlorophyllienne (fig. 3.9)

Au cours des trois campagnes, les valeurs moyennées s'échelonnent entre 0.03 ± 0.04 et $2.67 \pm 0.13 \mu\text{g}$ de chlorophylle *a* par dm^3 au canal d'amenée. Les valeurs relevées le 20 mars se situent à la limite de détection de l'appareillage de mesures de la chlorophylle *a*, qui est de l'ordre de $0.02 \mu\text{g}$. Ces valeurs très faibles sont néanmoins représentatives de la population phytoplanctonique composée de cellules de faible volume cytoplasmique et de surcroît en mauvais état physiologique (3.5 à 35.7 % de chlorophylle *a* active). Les faibles concentrations en biomasse du mois de mars expliquent ainsi les valeurs élevées en sels nutritifs.

En juillet et en septembre, les valeurs se situent dans l'intervalle des valeurs observées sur ce site depuis 1987. Un gradient croissant de la côte vers le large est observé tout particulièrement en septembre, période pendant laquelle les valeurs varient de 2.67 ± 0.13 à $1.20 \pm 0.11 \mu\text{g}/\text{dm}^3$.

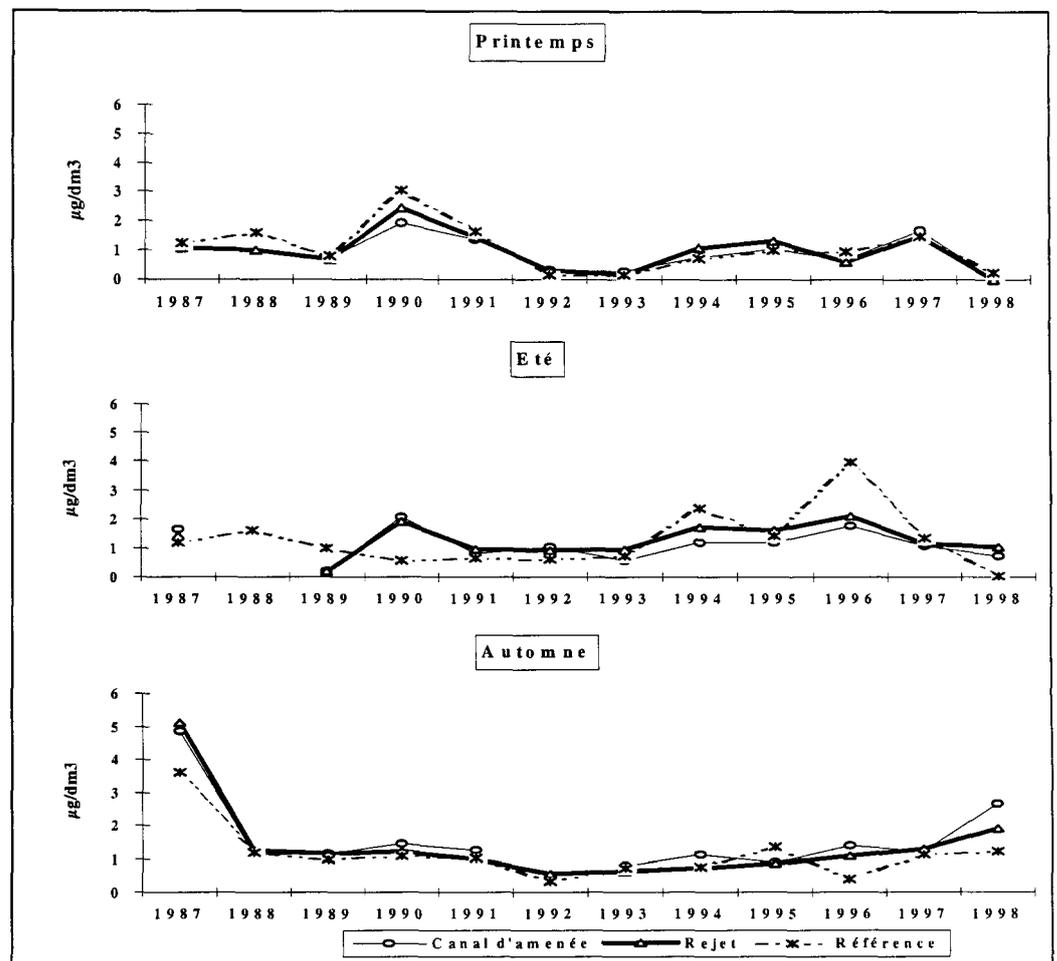


Figure 3.9 :
Evolution de la
chlorophylle de 1987
à 1998

3.3.2. Phaeopigments (fig.3.10)

Les phaeopigments, pigments de dégradation de la chlorophylle, sont recherchés comme indicateurs de l'état physiologique du phytoplancton. Les deux premières campagnes (mars et juillet) présentent des valeurs élevées indiquant par ce fait le mauvais état des cellules qui contiennent entre 3.5 et 69 % de chlorophylle active. Ce mauvais état cellulaire est confirmé également par les observations microscopiques. Certaines valeurs plus élevées, observées au point rejet, pourraient refléter une légère influence de la centrale. Cette supposition est cependant soumise à controverse puisque la productivité algale ne présente aucune variation similaire, les variations observées correspondent à des variations naturelles.

Tableau 3.5 Pourcentages de
chlorophylle active
(chlorophylle a*100/
chlorophylle a+phaeopigment)

	canal d'amenée	rejet	référence
20 mars 1998	3.53	0	35.71
01 juillet 1998	61.21	69.13	38.46
15 septembre 1998	81.40	68.98	87.59

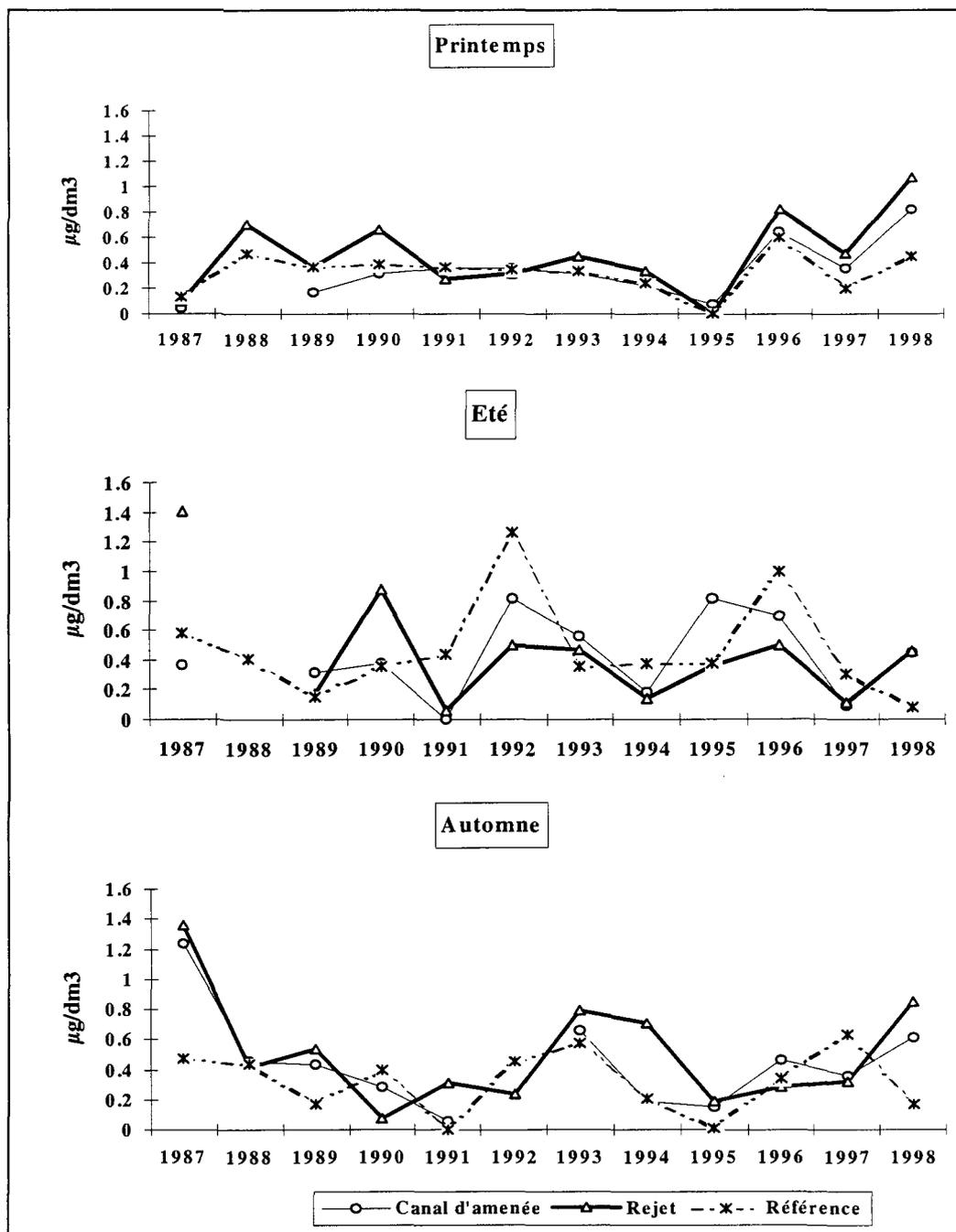


Figure 3.10 : Evolution des phaeopigments de 1987 à 1998

3.3.3. Production primaire (fig.3.11)

Les fluctuations de la production primaire en 1998 sont nettement liées à celles observées en chlorophylle, et montrent ainsi un même gradient côte-large pour les trois campagnes. Dans l'ensemble, les valeurs variant entre $3.73 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en mars et $12.31 \text{ mgC/m}^3/\text{h}$ en septembre, se situent dans la fourchette des fluctuations naturelles décrites depuis 1987.

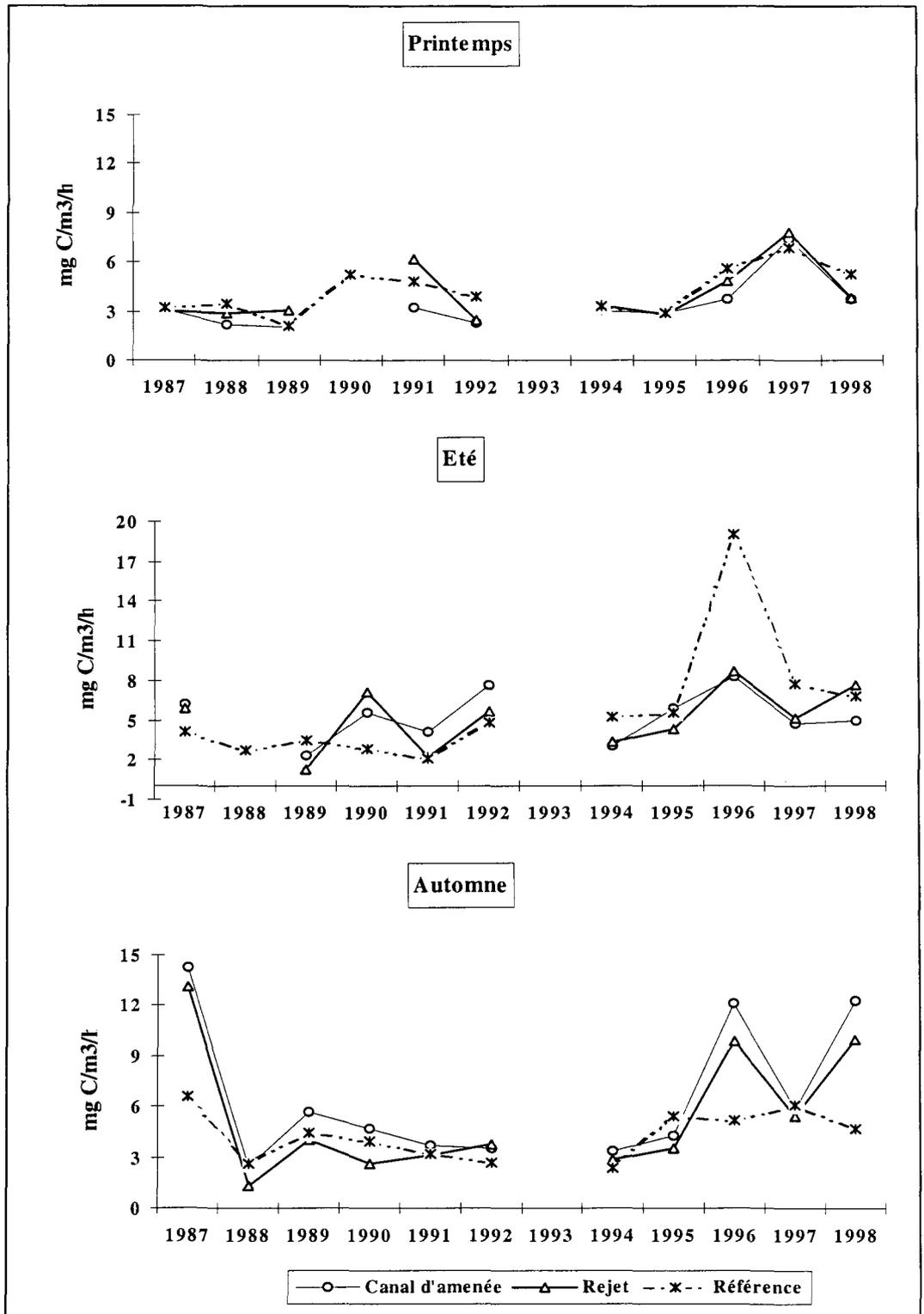


Figure 3.11 : Evolution de la production primaire de 1987 à 1998

3.3.4. Microplancton (fig.3.12)

Dans l'ensemble de l'année les valeurs sont peu élevées et varient de 31 cellules par cm^3 en juillet à 105 cellules en mars. Dans la limite des dénombrements effectués depuis 1987, les valeurs enregistrées en 1998 s'insèrent également dans l'intervalle des valeurs observées durant les années précédentes.

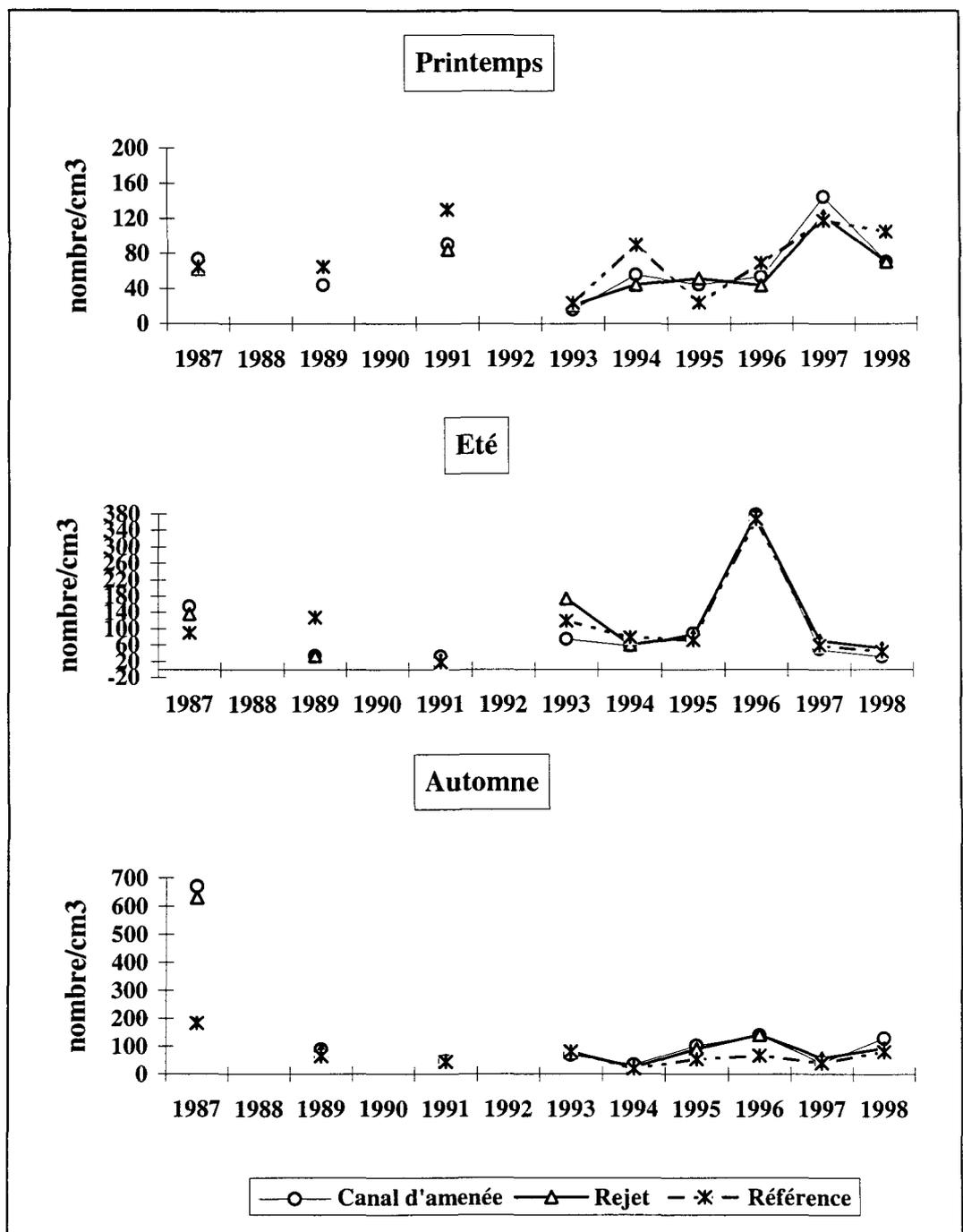


Fig. 3.12 : Evolution du microplancton de 1987 à 1998

3.3.5. Evolution des populations phytoplanctoniques

Comme il a été décrit l'année précédente, les taxons ont été codés afin de les insérer dans la base de données informatiques Quadrige (projet Ifremer/Del, regroupant les réseaux de surveillance RNO, REPHY, REMI et IGA).

Le tableau 3.6 présente les codes des espèces recensées pour les 3 campagnes. En 1998, 49 taxons ont été dénombrés. Cette liste s'appuie sur le Rubin code utilisé par le NCC (Nordic Code Center), appartenant au Muséum d'Histoire Naturelle de Suède. Certaines espèces ont été regroupées car elles sont difficilement identifiables par microscopie optique et les anciens libellés ont été reportés par souci d'harmonisation avec les études antérieures.

Nouveau libellé	Code	Ancien libellé
<i>Actinoptychus senarius</i>	ACTNSEN	
<i>Asterionella glacialis</i>	ASTEGLA	<i>Asterionella japonica</i>
<i>Bacillaria paxillifer</i>	BACIPAX	
<i>Biddulphia alternans</i>	BIDDALT	
<i>Cerataulina pelagica</i>	CERAPEL	
<i>Chaetoceros sociale</i>	CHAESOC	
<i>Chaetoceros</i> sp.	CHAE	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	COSC	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	CYLICLO	<i>Nitzschia closterium</i>
<i>Dictyocha speculum</i>	DICTSPE	
Dinoflagellés nus	CLDINOP	
<i>Ditylum brightwellii</i>	DITYBRI	
<i>Eucampia zodiacus</i>	EUCPZOD	
Euglenophycées	CLEUGL	
<i>Gymnodinium</i> sp.	GYMN	
<i>Gyrodinium</i> sp.	GYRO	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	LEPTDAN	
<i>Leptocylindrus minimus</i>	LEPTMIN	
<i>Licmophora</i> sp.	LICM	
<i>Navicula pelagica</i>	NAVIPEL	
<i>Navicula</i> sp.	NAVI	
<i>Nitzschia</i> sp.	NITZ	
<i>Odontella aurita</i>	ODONAUT	<i>Biddulphia aurita</i>
<i>Paralia marina</i>	PARAMAR	
Pennales	ORPENNA	Cellules en chaînes
<i>Pleurosigma</i> sp.+ <i>Gyrosigma</i> sp.	PLEUGYR	
<i>Prorocentrum gracile</i>	PRORGRA	
<i>Prorocentrum micans</i>	PRORMIC	
<i>Protoperdinium bipes</i>	PROIBIP	<i>Minuscula bipes</i>
<i>Protoperdinium</i> sp.	PROI	
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i>	PSNZDEL	
<i>Raphoneis</i> sp.	RHAP	
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	RHIZDEL	
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	RHIZFRA	
<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>R. styliformis</i>	RHIZIMB	
<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>R. pungens</i>	RHIZSET	
<i>Rhizosolenia</i> sp.	RHIZ	
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	RHIZSTO	
<i>Scripsiella</i> sp.	SCRI	
<i>Skeletonema costatum</i>	SKELCOS	
<i>Stauroneis membranacea</i>	STAUMEM	
<i>Streptotheca thamesis</i>	STRE	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	THAANIT	
<i>Thalassiosira decipiens</i>	THALDEC	
<i>Thalassiosira gravida</i>	THALGRA	
<i>Thalassiosira levanderi</i>	THALLEV	
<i>Thalassiosira rotula</i>	THALROT	
<i>Thalassiosira</i> sp.	THAL	
<i>Torodinium robustum</i>	TOROROB	

Tableau 3.6:
Espèces
phytoplanctoniques
recensées en 1998.

Le tableau 3.7 présente les résultats des 3 campagnes en nombre de cellules par cm^3 et en pourcentage de dominance par rapport à la population phytoplanctonique totale. Les diatomées représentent toujours plus de 90% de la population, les dinoflagellés (CLDINOP, GYMN, GYRO, TOROROB, PRORGRA, PRORMIC, PROIBIP, PROI), les euglènes (CLEUGL) et les silicoflagellés (DICTSPE) complètent la flore phytoplanctonique.

TAXONS	20/03/98						01/07/98						15/09/98					
	Canal		Rejet		Référence		Canal		Rejet		Référence		Canal		Rejet		Référence	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
ACTNSEN	0.41	0.57	0.81	1.15	0.41	0.39									0.2	0.22		
ASTEGLA					0.1	0.09	0.81	2.6			1.02	2.4	1.22	0.94			1.28	1.6
BACIPAX					1.53	1.45							2.44	1.89				
BIDDALT												1.02	0.79	0.2	0.22	0.16	0.2	
CERAPEL										0.51	1.21	0.41	0.31	0.81	0.87	0.32	0.4	
CHAE			1.22	1.73	0.92	0.07	1.63	5.19					22.15	17.14	16.26	17.32	21.8	27.21
CHAESOC															2.03	2.16		
CLDINOP					0.2	0.19	0.41	1.3					0.2	0.16				
CLEUGLE			0.2	0.29			1.02	3.25	1.22	2.35	0.41	0.97	1.42	1.1	1.02	1.08	1.28	1.6
COOSC	0.81	1.15									0.2	0.47	1.83	1.42	1.22	1.3	2.08	2.6
CYLICLO	3.05	4.31	1.83	2.59	3.15	2.99	0.2	0.65			0.71	1.68	0.41	0.31	0.81	0.87	2.24	2.8
DICTSPE	0.81	1.15	0.2	0.29	0.61	0.58			0.41	0.78	0.1	0.24						
DITYBRI	0.41	0.57	1.02	1.44	1.02	0.97							0.61	0.47			0.48	0.6
EUCPZOD													1.22	0.94	0.2	0.22	0.32	0.4
GYMN	0.2	0.29					0.41	1.3	0.41	0.78	0.41	0.97					0.96	1.2
GYRO							0.2	0.65										
LEPTDAN									0.81	1.57			0.81	0.63			0.32	0.4
LEPTMIN							0.41	1.3	0.41	0.78	1.73	4.09	2.44	1.89	1.02	1.08	0.96	1.2
LICM															0.2	0.22		
NAVI	0.41	0.57	0.81	1.15	0.82	0.78	0.41	1.3			0.41	0.97	1.63	1.26	1.63	1.43	2.73	3.41
NAVIPEL	10.77	15.23	28.46	40.34	32.63	30.95											3.21	4.01
NITZ			0.61	0.86			0.41	1.3	1.42	2.75	1.22	2.89	1.83	1.42	1.42	1.52	1.92	2.4
ODONAUJ			0.81	1.15	0.51	0.48							0.41	0.31	0.81	0.87	0.96	1.2
ORPENNA					0.4	0.39												
PARAMAR	2.44	3.45			0.92	0.87					0.4	0.97			0.81	0.87		
PLEUGYR	0.2	0.29	0.2	0.29	0.41	0.39			0.2	0.39			0.81	0.63	0.41	0.43	1.28	1.6
PROI									1.02	1.96	0.51	1.21					0.96	1.2
PROIBIP	0.2	0.29	0.2	0.29			0.81	2.6	1.02	1.96			0.81	0.63	0.2	0.22	0.16	0.2
PRORGRA													0.2	0.16				
PRORMIC					0.1	0.09	1.22	3.9	0.81	1.57	0.61	1.44					0.16	0.2
PSNZDEL							0.41	1.3					1.22	0.94	0.81	0.87	0.48	0.6
RHAP	2.03	2.87			0.2	0.19									1.02	1.08	1.6	2
RHIZ											0.1	0.24						
RHIZDEL	1.22	1.72	0.61	0.86	0.2	0.19	7.52	24.03	10.98	21.18	9.76	23.09	14.63	11.32	10.16	10.82	11.22	14
RHIZFRA	1.02	1.44							2.24	4.31	0.2	0.47			0.61	0.65	0.16	0.2
RHIZIMB											0.3	0.71						
RHIZSET			0.41	0.58	0.2	0.19	0.81	2.6	0.41	0.78	0.3	0.71	1.02	0.79	0.41	0.43	0.16	0.2
RHIZSTO							1.02	3.25	1.02	1.96	1.22	2.89	0.61	0.47	0.2	0.22	0.8	1
SCRI											0.2	0.47						
SKELCOS	18.9	26.72	14.02	19.88	37.91	35.96	2.64	8.44	9.76	18.82	8.33	19.71	17.89	13.84	6.91	7.36	8.33	10.4
STAUMEM									1.22	2.35								
STRE					0.3	0.28												
THAANIT	5.28	7.47	2.64	3.75	3.36	3.19	1.83	5.84	2.64	5.1	1.02	2.4	6.3	4.87	6.3	6.71	3.53	4.41
THAL	0.2	0.29	3.66	5.19	3.26	3.09							0.41	0.31	1.22	1.3		
THALDEC	0.41	0.57											22.97	17.77	15.04	16.02	5.29	6.6
THALGRA					0.4	0.39	9.15	29.22	15.85	30.59	12.5	29.57	10.77	8.33	14.63	15.58	3.53	4.41
THALLEV	16.87	23.85	10.16	14.41	14.03	13.31							10.77	8.33	7.32	7.79	1.44	1.8
THALROT	5.03	7.18	2.64	3.75	1.63	1.55							0.61	0.47				
TOROROB					0.2	0.19					0.1	0.24	0.2	0.16				

Tableau 3.7 : Nombre (en cm^3) et pourcentage de dominance des espèces phytoplanctoniques recensées en 1998.

Dans un souci d'éclaircissement le tableau 3.8 regroupe les taxons dominants. Les diatomées, *Chaetoceros* spp., *Navicula pelagica*, *Rhizosolenia* spp., *Thalassiosira* spp., et *Skeletonema costatum* représentent au cours de l'année, 70 à 87 % de la population.

TAXONS	20/03/98						01/07/98						15/09/98					
	canal		rejet		référence		canal		rejet		référence		canal		rejet		référence	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
Ensemble des (sp,cur,soc)	0	0	1.22	1.73	0.72	0.87	1.63	5.19	0	0	0	0	22.15	17.14	18.29	19.48	21.8	27.21
Ensemble des (del,set,sto)	2.24	3.16	1.02	1.42	0.4	0.38	9.35	29.88	14.65	28.23	11.88	28.11	16.26	12.58	11.38	12.12	12.34	15.4
Ensemble des Thalassiosira (dec,gra,rot,lev)	22.56	31.89	16.46	23.35	19.32	18.34	9.15	29.22	15.86	30.59	12.5	29.57	45.53	35.21	38.21	40.69	10.16	12.81
Navicula pelagica	10.77	15.23	28.46	40.34	36.23	30.95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.21	4.01
Skeletonema costatum	18.9	26.72	14.02	19.88	37.91	35.96	2.64	8.44	9.76	18.82	8.33	19.71	17.89	13.84	6.91	7.36	8.33	10.4

Tableau 3.8 : Nombre (en cm³) et pourcentage des taxons dominants

Dans l'ensemble les taxons dénombrés en 1998 correspondent à la succession saisonnière classique du phytoplancton en Manche occidentale et les différentes espèces sont le reflet des valeurs mesurées en chlorophylle et en production primaire :

En mars, la population est surtout représentée par de petites cellules (faibles valeurs en chlorophylle) à preferendum hivernal telles que *Skeletonema costatum* (27 à 36%), *Navicula pelagica* (15 à 40%) et *Thalassiosira* spp. (18 à 32% dont 13 à 24% de *T.levanderi*).

En juillet les espèces dominantes sont surtout *Rhizosolenia* spp. (environ 29%), avec pour espèce *R.delicatula* (de 21 à 24 %), et *Thalassiosira gravida* (environ 30%).

En septembre le gradient côte-large est essentiellement dû à *Thalassiosira decipiens*, *Thalassiosira levanderi* (35 à 13%) et à espèce *Skeletonema costatum* (de 14 à 10%).

Au cours des trois campagnes, le point "rejet" ne présente aucun impact dû à la centrale aussi bien en ce qui concerne les valeurs quantitatives que qualitatives.

Aucun éventuel effet thermique de la centrale ne s'est traduit par un déséquilibre dans la composition floristique du site de Flamanville. Depuis 1987, la succession des populations phytoplanctoniques se caractérise toujours par la même variabilité algale.

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 utilisés 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.

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 1998, 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 spatiale³.

- 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 :

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

(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.

3.4.2. Variation spatiale en mars de 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 ($H = 6,95$), le carbone total ($H = 7,97$) et l'azote ($H = 8,54$). L'hypothèse (H_0) d'homogénéité spatiale est rejetée.

³ Subroutine ANOVA de STATGRAPHICS R, PLUS * WARETM, STSC inc (USA).

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.

Les tracés des moyennes font apparaître au point rejet des résultats situés dans la fourchette de ceux des autres points.

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

La valeur critique de 5,99 est dépassée pour les trois paramètres étudiés. L'hypothèse H_0 d'homogénéité spatiale est rejetée pour la biomasse ($H = 10,2$), le carbone total ($H = 10,7$) et l'azote ($H = 12,1$).

Le test de comparaison multiple montre que le point canal se distingue des autres points pour les trois paramètres étudiés. Les moyennes y sont plus faibles.

Les tracés des moyennes font apparaître au point rejet des résultats situés dans la fourchette de ceux des autres points. La variabilité d'échantillonnage est importante au point référence comparativement aux autres points.

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

La valeur critique du test H est dépassée pour la biomasse ($H = 7,05$). Le carbone total ($H = 5,24$) et l'azote ($H = 2,01$) ne montre pas de dépassement de la valeur critique de 5,99. Il y a homogénéité spatiale pour le carbone et l'azote.

Le test de comparaison multiple montre que le point canal se distingue des autres points pour la biomasse.

Le tracé des moyennes par paramètre présente, pour le point rejet, des valeurs situées dans la fourchette de celles des autres points pour la biomasse et le carbone total. Ce n'est pas le cas pour l'azote, mais la moyenne est alors très proches de celle du point référence.

3.4.5. Interprétation biologique des variations spatiales en 1998 (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 de mars, juillet et septembre 1998 montre un rassemblement des données dans les gammes de températures respectives de 10-12,5 °C, 14,5-16°C, et 16,5-18 °C. Le point rejet présente un écart thermique (dT) par rapport au point le plus froid de

2,7 °C en mars (rejet-référence), 0,9°C en juillet (rejet-référence), 1,5°C en septembre (rejet-canal).

D'un point de vue paramètres pondéraux globaux, nous constatons que le point rejet présente des résultats en position intermédiaire avec ceux des autres points pour les trois périodes considérées (mars, juillet, septembre) pour les trois paramètres (biomasse, carbone, azote), sauf pour l'azote en septembre. La valeur moyenne est alors proche de celle du point référence.

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 mars, le point référence avec 1 400 individus par 10 m^3 (ind. 10 m^{-3}) et le point rejet avec 6 200 ind. 10 m^{-3} . Le point canal présente une valeur intermédiaire de 1 700 ind. 10 m^{-3} .

- En juillet, le point canal avec 740 ind. 10 m^{-3} et le point rejet avec 3 540 ind. 10 m^{-3} . Le point référence présente un résultat intermédiaire avec 830 ind. 10 m^{-3} .

- En septembre, le point canal avec 4 800 ind. 10 m^{-3} et le point rejet avec 3 300 ind. 10 m^{-3} . Le point référence présente une valeur intermédiaire avec 4 400 ind. 10 m^{-3} .

La quantification du zooplancton total montre une plus grande abondance au point rejet qu'aux autres points en mars et juillet. Cette tendance s'inverse en septembre, mais les abondances totales aux trois points sont assez proches à l'échelle logarithmique. L'observation des espèces du zooplancton montre que quantitativement, les Copépodes et les Cirripèdes dominent à tous les points.

3.4.5.1. Mars 1998

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 plus abondant (6 200 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 1 400 ind. 10 m^{-3} au point référence, 1 700 ind. 10 m^{-3} au point canal).

Cette supériorité quantitative au point rejet apparaît dans plusieurs groupes, et plus particulièrement les *nauplii* de Cirripèdes (4 400 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 1 200 ind. 10 m^{-3} au point canal, 900 ind. 10 m^{-3} au point référence), et les copépodes (580 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 15 ind. 10 m^{-3} au point canal, 200 ind. 10 m^{-3} au point référence). Par contre, le nombre de *Cypris* de Cirripèdes (stade de développement larvaire postérieur à celui des nauplii) est légèrement plus faible au point rejet (25 ind. 10 m^{-3}) par rapport au point

canal (50 ind.10m⁻³) et au point référence (70 ind.10m⁻³). Nous pouvons également noter une absence de Cténaire à tous les points.

Cirripèdes, Copépodes et Appendiculaires constituent de 75 à 85 % du zooplancton total pour l'ensemble des points étudiés.

3.4.5.2. Juillet 1998

Les moyennes pondérales (biomasse, carbone total et azote) du point rejet sont dans la fourchette de celles des autres points. La quantité de zooplancton total au point rejet (3 540 ind.10m⁻³) est supérieure à celles des autres points (740 ind.10m⁻³ au point canal, 830 ind.10m⁻³ au point référence).

Au point rejet, cette supériorité quantitative concerne surtout les Copépodes (1 730 ind.10m⁻³ au rejet, 540 ind.10m⁻³ au canal, 520 ind.10m⁻³ au point référence), les Mollusques (690 ind.10m⁻³ au rejet, 70 ind.10m⁻³ au canal, 50 ind.10m⁻³ au point référence), les *nauplii* de Cirripèdes à preferendum thermique chaud (en nombre d'individus par 10m³, 120 au rejet, 30 au canal, 35 au point référence), et l'Appendiculaire *Oikopleura dioica* (190 ind.10m⁻³ au rejet, 35 ind.10m⁻³ au canal, 10 ind.10m⁻³ au point référence). Quelques rares Cténaires ont été observés uniquement au point rejet (2 ind.10m⁻³). Par contre, les Chaetognathes et les oeufs de poissons n'ont été observés qu'au point référence, où ils sont peu nombreux (2 ind.10m⁻³). Les Cypris de Cirripèdes sont absents à tous les points.

Copépodes, Cirripèdes et Appendiculaires représentent de 60 à 80 % de la faune planctonique aux trois points.

3.4.5.3. Septembre 1998

Les moyennes pondérales (biomasse, carbone total, azote) du point rejet, en tenant compte de la variabilité d'échantillonnage, sont situées dans la gamme de celles des points non impactés (canal, référence). Le zooplancton total est légèrement moins abondant au point rejet (3 300 ind.10m⁻³ au rejet, 4 400 ind.10m⁻³ au point référence, 4 800 ind.10m⁻³ au canal).

Cette différence quantitative concerne essentiellement les Copépodes (2 300 ind.10m⁻³ au rejet, 2 900 ind.10m⁻³ au point référence, 3 400 ind.10m⁻³ au canal), et les *nauplii* de Cirripèdes (330 ind.10m⁻³ au rejet, 870 ind.10m⁻³ au point référence, 820 ind.10m⁻³ au canal), mais aussi les annélides (10 ind.10m⁻³ au rejet, 30 ind.10m⁻³ au point référence, 40 ind.10m⁻³ au canal), les Chaetognathes (10 ind.10m⁻³ au rejet, 30 ind.10m⁻³ au canal, 110 ind.10m⁻³ au point référence), et surtout les Appendiculaires de 10 à 20 fois moins nombreux (10 ind.10m⁻³ au rejet,

110 ind.10m⁻³ au canal, 220 ind.10m⁻³ au point référence). Nous pouvons noter l'absence de *cypris* de Cirripède et de Cténaire à tous les points.

Copépodes, Cirripèdes et Appendiculaires représentent plus de 80 % du zooplancton total à chaque point.

3.4.6. En résumé

L'étude statistique des variations spatiales pour les paramètres pondéraux globaux du zooplancton a montré une hétérogénéité spatiale en mars, juillet et septembre ; sauf pour le carbone total et l'azote en septembre. Cette hétérogénéité est due au point référence en mars, et au point canal en juillet et septembre ; elle n'implique pas le rejet, dont les résultats sont globalement dans la gamme de ceux des autres points. A noter un rapport C/N de 6,7 au point canal en juillet, indiquant une possible dégradation du zooplancton avant son entrée dans la centrale.

Sur le plan quantitatif, bien qu'il n'y ait globalement pas d'effet néfaste avéré des rejets de la centrale sur le milieu, nous pouvons noter au rejet, par rapport aux autres points :

- Une abondance du zooplancton total plus grande en mars et juillet pour une biomasse intermédiaire à celles des autres points. La présence de jeunes stades larvaires, nombreux et de faible biomasse, pourrait en partie expliquer cette différence.
- Une abondance du zooplancton total légèrement inférieure en septembre, avec un faible nombre de *nauplii* de Cirripèdes (facteur 2 à 3) et d'*Oikopleura dioica* (facteur 10 à 20).

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	4,84	1,43	7,5
REFERENCE	6	9,15	0,89	14,2
REJET	6	5,36	0,50	6,8

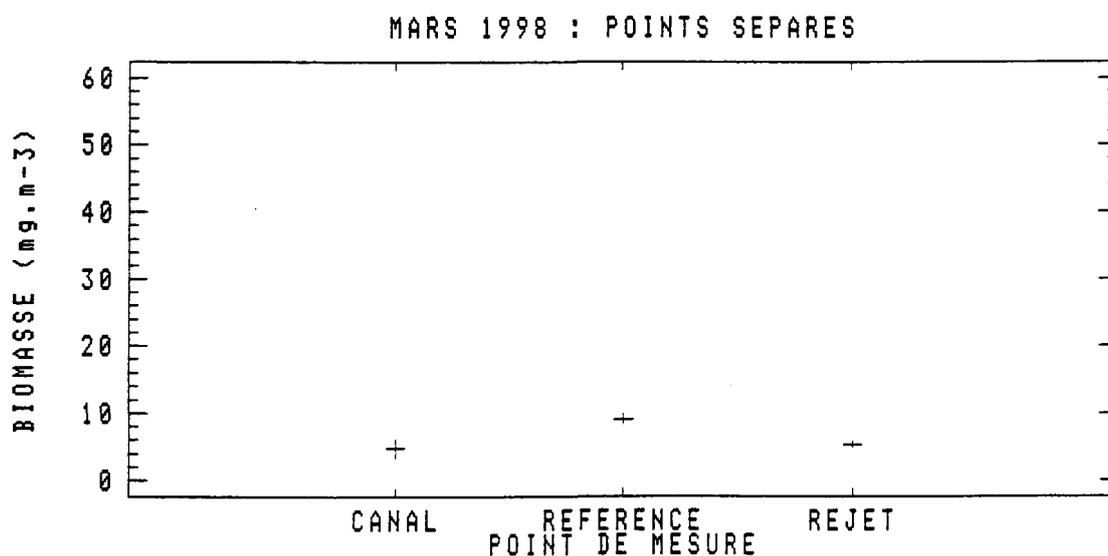
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 6,95$
Niveau de signification = 0,031

Planche 3.1 : Biomasse
Zooplanctonique,
20 mars 1998
Tableau des statistiques
et test de Kruskal-
Wallis

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;\infty}$; p'	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - REJET	3,36	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - CANAL	4,53	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	CANAL-REJET	0,45	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,98	0,35	6,7
REFERENCE	6	2,22	0,20	14,5
REJET	6	1,23	0,14	7,3

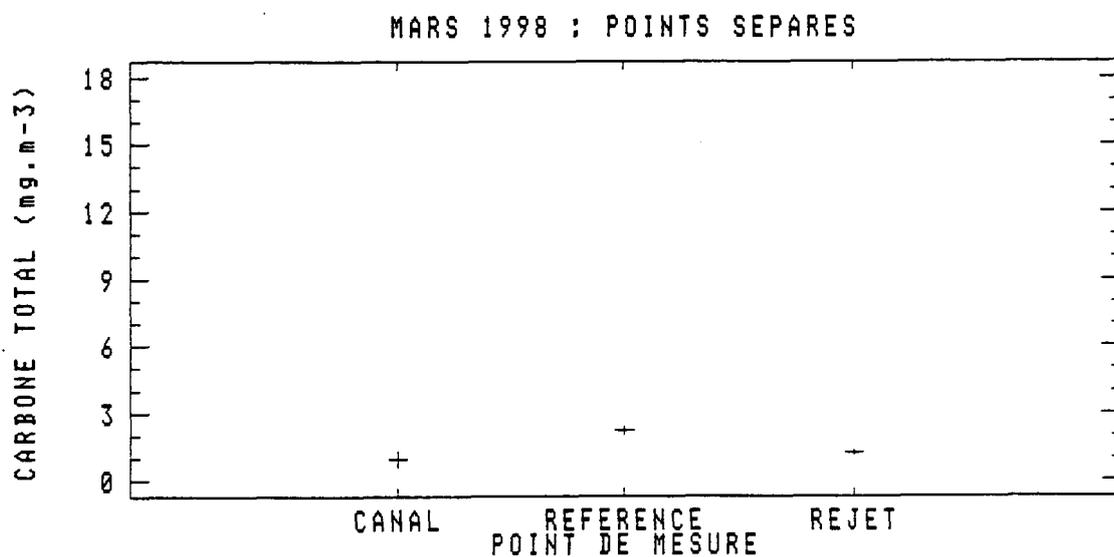
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 7,97$
Niveau de signification = 0,02

Test non paramétrique de comparaison multiple

Planche 3.2 :
Carbone total,
20 mars 1998
Tableau des
statistiques et test de
Kruskal-Wallis

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;oc}$: p'	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - CANAL	3,59	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - REJET	4,87	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET-CANAL	0,45	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,20	0,07	6,5
REFERENCE	6	0,44	0,04	14,7
REJET	6	0,25	0,03	7,3

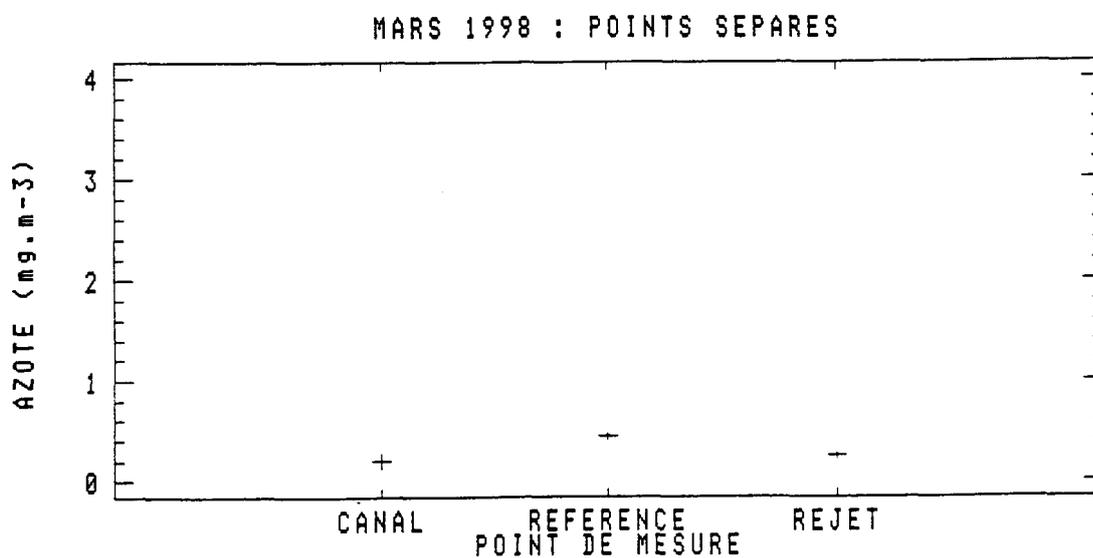
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 8,54$
Niveau de signification = 0,01

Test non paramétrique de comparaison multiple

Planche 3.3 : Azote,
20 mars 1998
Tableau des
statistiques et test de
Kruskal-Wallis

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;oc}$; p'	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - CANAL	3,75	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - REJET	4,98	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET-CANAL	0,57	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	5,66	0,57	3,5
REFERENCE	6	22,23	5,67	13,5
REJET	6	11,77	1,49	11,2

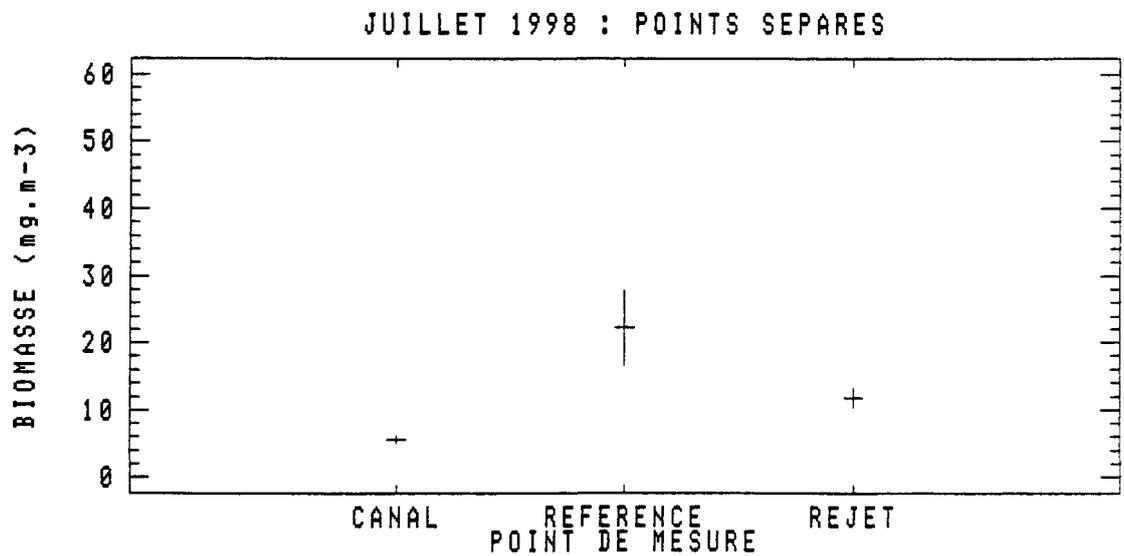
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 10,2$
Niveau de signification = $6,06 E^{-3}$

Planche 3.4 :
Biomasse
zooplanctonique,
1^{er} juillet 1998
Tableau des
statistiques et test
de Kruskal-Wallis

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	4,43	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REJET - CANAL	4,98	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REFERENCE - REJET	1,59	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



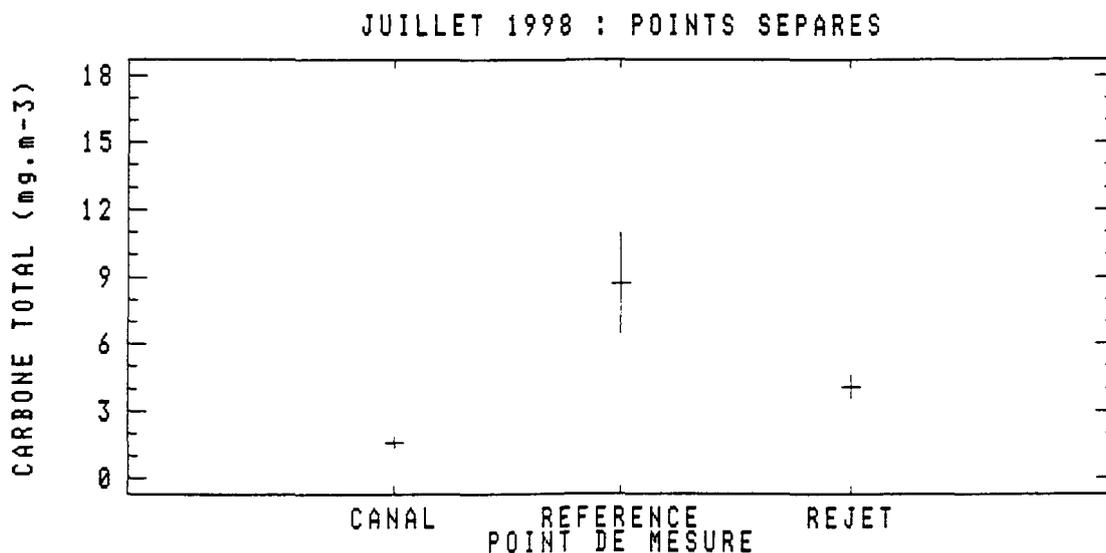
Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	1,60	0,24	3,8
REFERENCE	6	8,71	2,27	13,5
REJET	6	4,08	0,52	11,2
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 10,71 Niveau de signification = 4,7 E - 3				

Planche 3.5 :
Carbone total,
1^{er} juillet 1998
Tableau des
statistiques et test de
Kruskal-Wallis

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;\infty}$: p'	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - CANAL	4,43	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REJET - CANAL	4,98	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REFERENCE - REJET	1,59	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,24	0,03	3,5
REFERENCE	6	2,26	0,59	13,8
REJET	6	0,92	0,12	11,2

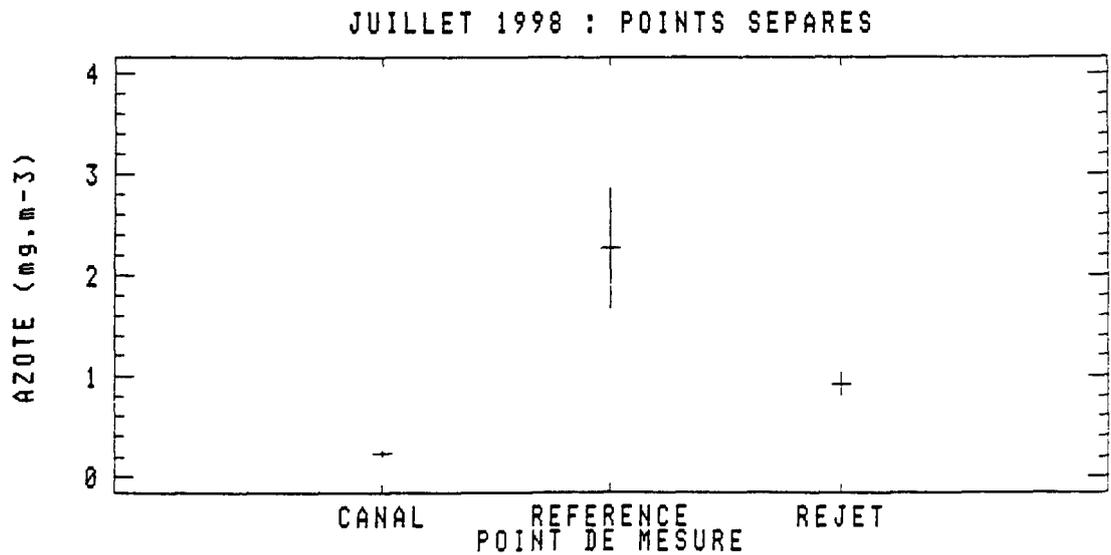
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 12,12
Niveau de signification = 2,34 E-3

Test non paramétrique de comparaison multiple

Planche 3.6 : Azote, 1^{er} juillet 1998
Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis

Etape	Station	q _{kw}	p'	q _{0,05;∞;p'}	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - CANAL	4,74	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - REJET	5,21	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REFERENCE - REJET	1,81	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	15,60	1,81	14,0
REFERENCE	6	9,60	1,21	6,0
REJET	6	11,53	1,32	8,5

Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 7,05$
Niveau de signification = 0,029

Planche 3.7 :
Biomasse
zooplanctonique,
15 septembre 1998
Tableau des
statistiques et test de
Kruskal-Wallis

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q_{kw}	p'	$q_{0,05;\infty; p'}$	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	CANAL - REFERENCE	3,67	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	CANAL - REJET	3,74	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET - REFERENCE	1,70	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

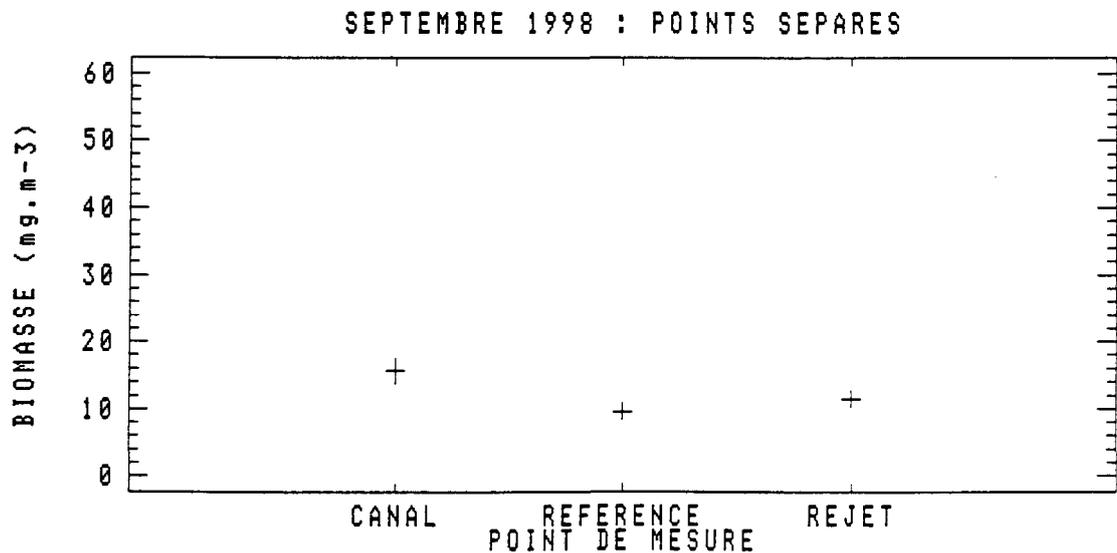


Planche 3.8 :
Carbone total,
15 septembre 1998
Tableau des
statistiques et test de
Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	3,85	0,37	13,5
REFERENCE	6	2,54	0,22	6,8
REJET	6	2,81	0,27	8,2
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 5,24$ Niveau de signification = 0,07				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

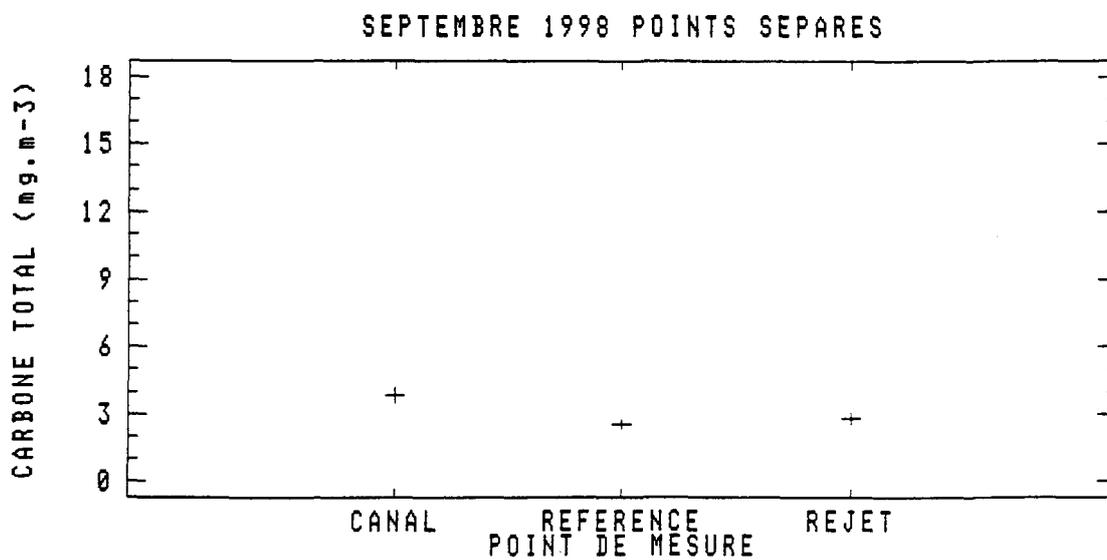


Planche 3.9 : Azote,
15 septembre 1998
Tableau des
statistiques et test de
Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,63	0,06	11,8
REFERENCE	6	0,57	0,04	9,2
REJET	6	0,54	0,04	7,5
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 2,01$ Niveau de signification = 0,37				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

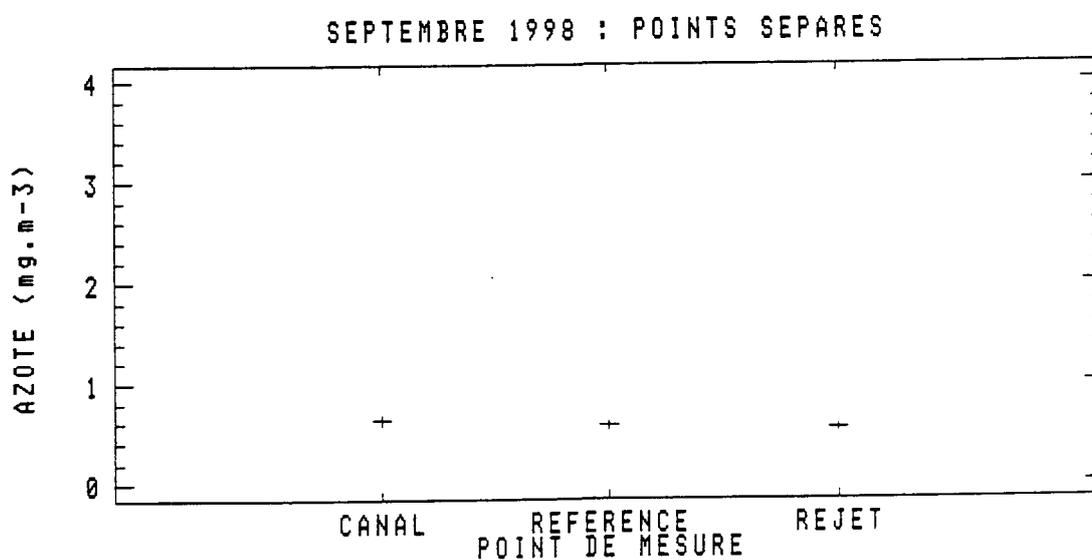


Planche 3.10

DIAGRAMMES DES DIFFERENTS PARAMETRES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE - FLAMANVILLE 1998 -

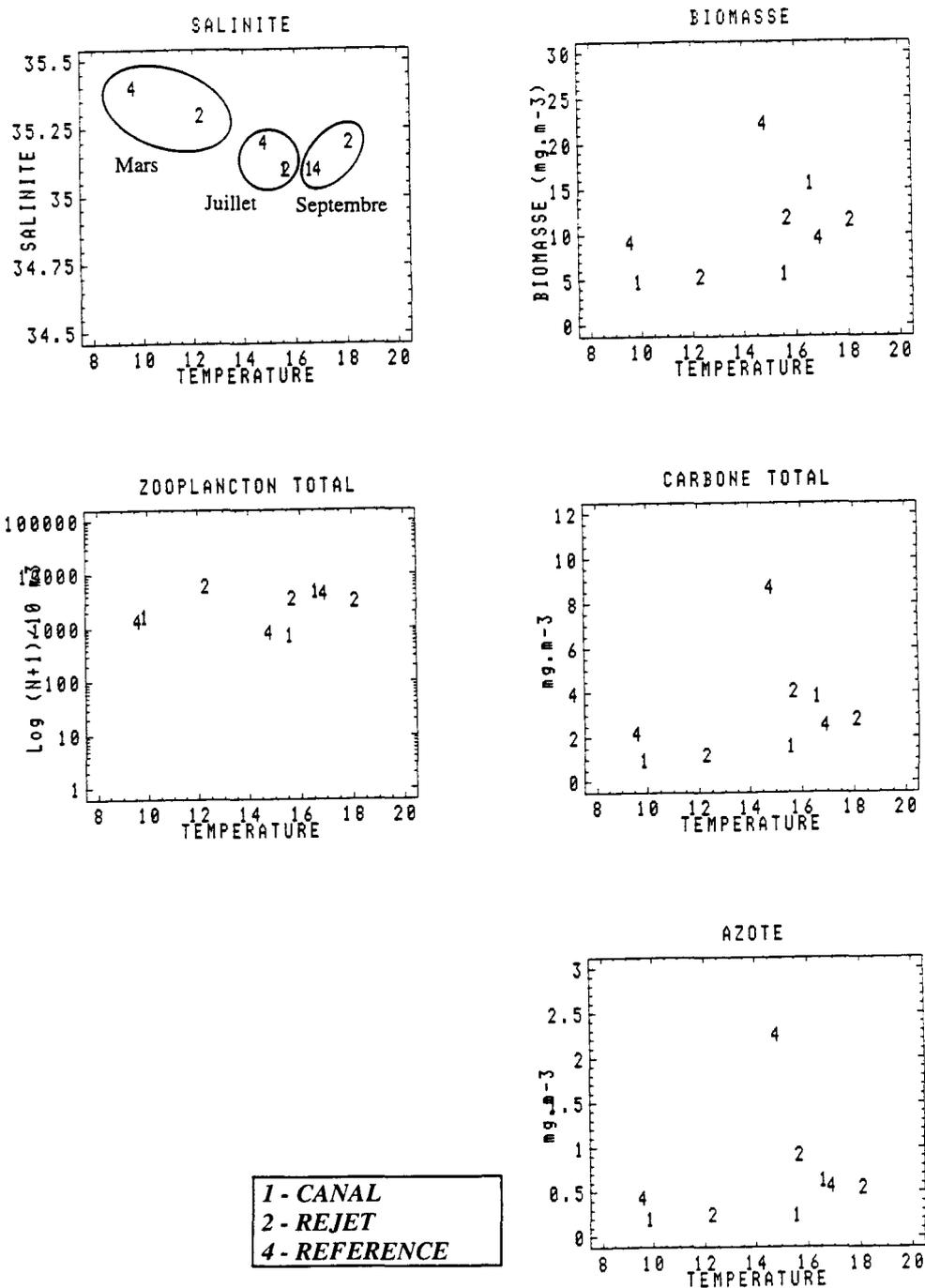


Planche 3.11

DIAGRAMMES DES DIFFERENTS PARAMETRES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE - FLAMANVILLE 1998

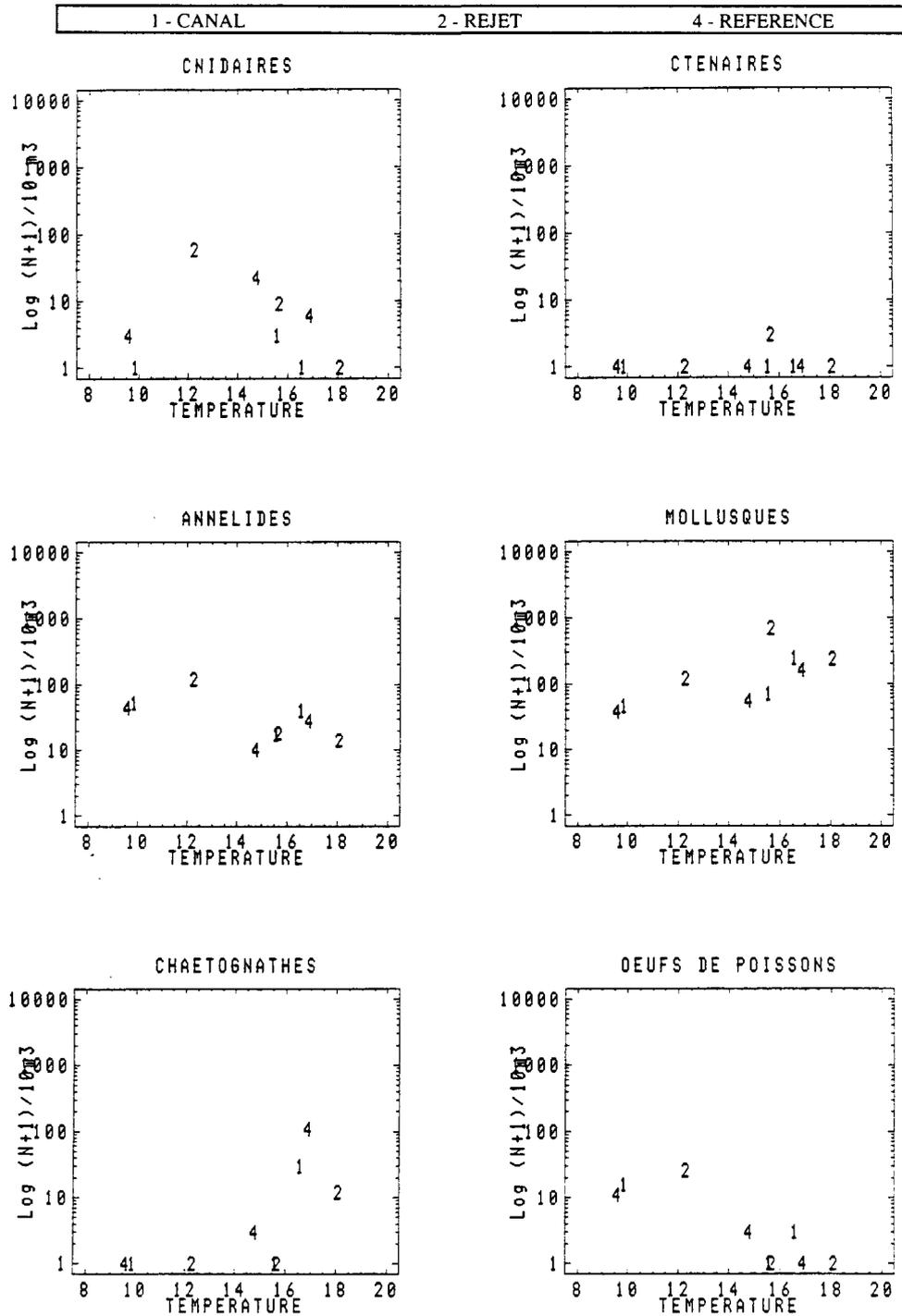
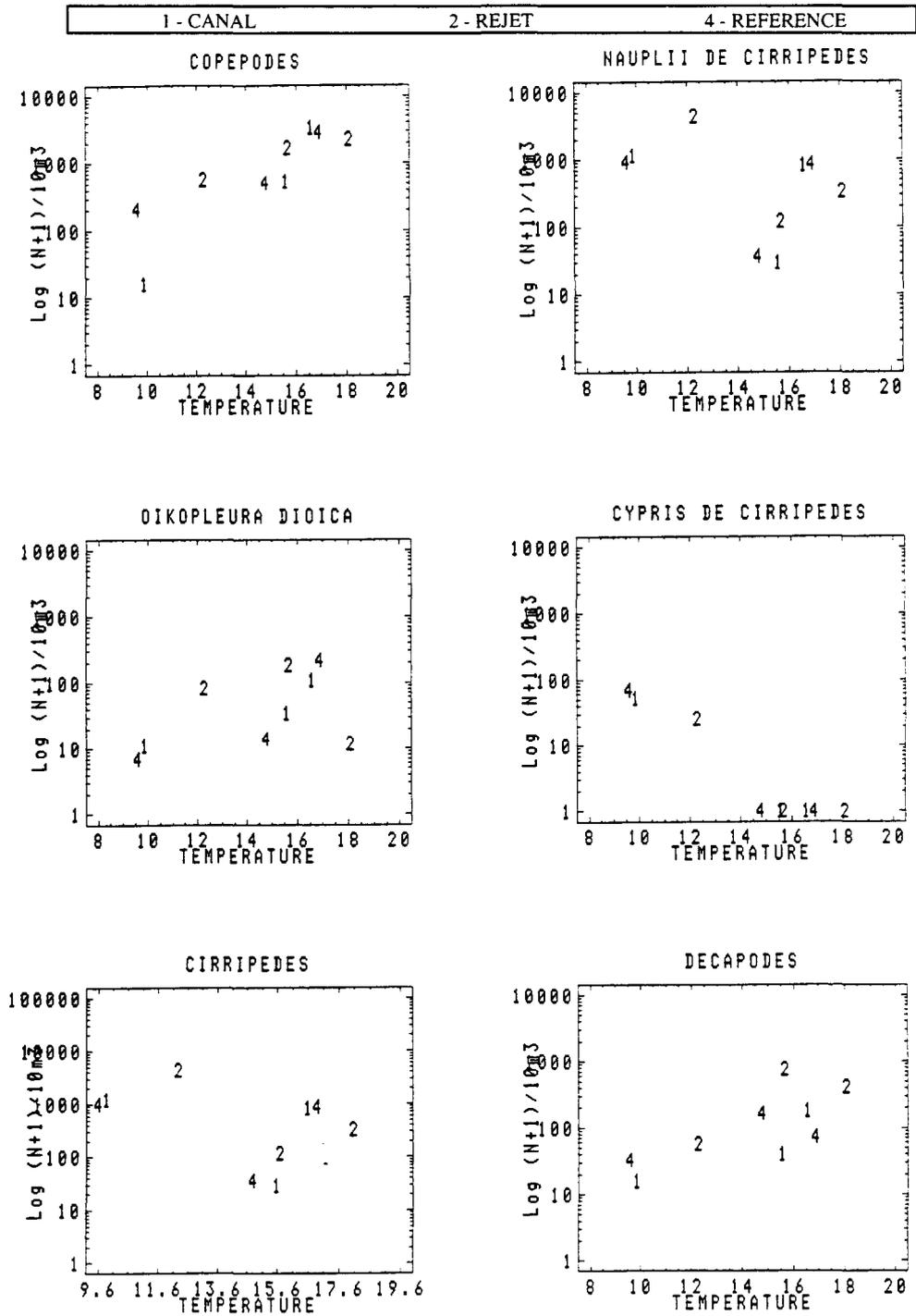


Planche 3.12

DIAGRAMMES DES DIFFERENTS PARAMETRES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE - FLAMANVILLE 1998



1998	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		
	20/03	01/07	15/09	20/03	01/07	15/09	20/03	01/07	15/09
d' I	86	214	638	V.m.	V.p.	V.a.	646 875	579 375	548 750
C A J	102	218	616	-	V.p. + V.a.	V.a.	690 625	540 000	562 500
A M									
N E Moyenne	94	216	627	+	+	+	668 750	559 688	548 750
A N Ecart	11	3	16				30 936	27 842	9 723
L E type									
E T eau °C	10,0	15,9	16,5						
P R K	24	110	216	L.d.	V.p.	V.a.	884 375	570 625	573 750
R L	22	124	190	-	V.p. + V.a.	V.a. + ?	706 250	632 500	540 000
O E									
I J Moyenne	23	117	203	+	+	+	795 313	601 563	556 875
N E Ecart	1	10	18				125 953	43 752	23 865
T T type									
E T eau °C	9,8	17,6	17,5						
R E	50	46	78	L.d.	-	L.d.	187 500	291 875	427 500
E F	40	56	66	-	-	L.d. + ?	368 750	372 500	480 000
P F G	68	46	102	L.d.	-	V.a. + L.d.	259 375	214 375	370 000
O E H	48	54	130	V.f.	-	V.a.	225 000	215 000	417 500
I R									
N E Moyenne	52	51	94	+	-	+	260 156	273 438	423 750
T N Ecart	12	5	28				78 120	75 403	45 116
C type									
E T eau °C	9,7	15,9	16,5						

Tableau 3.9 : Analyses microbiologiques réalisées en 1998 au droit du CNPE de Flamanville

L.d. = *Listonella damsela* (anciennement *Vibrio damsela*) ;

V.a. = *Vibrio alginolyticus* ; V.c. = *Vibrio cholerae* ; V.f. = *Vibrio fluvialis*

V.p. = *Vibrio parahaemolyticus* ; V.v. = *Vibrio vulnificus*

(?) Envoi de souches

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

3.5.2.1. Bactéries hétérotrophes

Le dénombrement des germes revivifiables en milieu de Zobell fournit des valeurs moyennes par cm³ (tableau 3.9) comprises entre 23 germes au point rejet en mars et 627 au point canal d'amenée en mars.

Sur la période 1987-1998 (Fig. 3.13), le principal constat effectué sur l'abondance des bactéries hétérotrophes porte sur la présence d'un gradient numérique croissant du large vers la 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, en général, dans l'intervalle des mesures côte-large. La valeur de mars 1998 correspond à l'échantillonnage du "rejet froid" de la tranche à l'arrêt. La plus grande richesse du canal d'amenée 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.

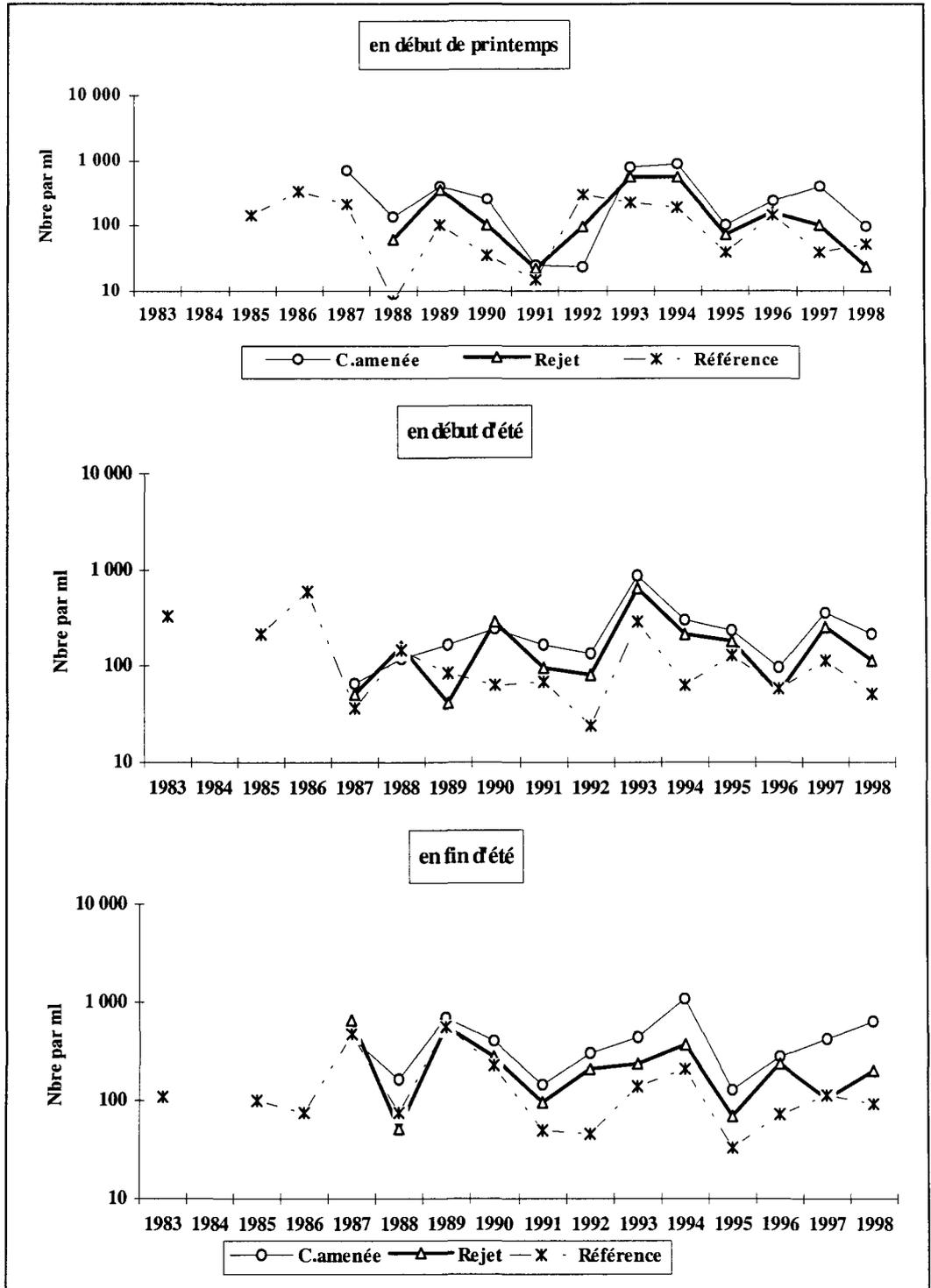


Figure 3.13
Evolution des germes
totaux de 1983 à 1998,
au droit du CNPE de
Flamanville

3.5.2.2. Germes totaux

De mars à septembre 1998, le dénombrement microscopique des germes colorés à l'acridine orange montre une diminution des valeurs moyennes par cm^3 aux deux points côtiers, mais une augmentation au point du large.

Les valeurs, quoique du même ordre de grandeur, sont sensiblement plus fortes aux trois périodes d'observation, d'une part au rejet qu'au canal d'amenée, d'autre part à la côte (canal d'amenée et rejet) qu'au large (référence).

L'examen de l'évolution de ce paramètre de 1987 à 1998 (fig. 3.14) 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 décroissant de la côte vers le large n'étant détectable que depuis 1993.

3.5.2.3. Vibrions halophiles

En 1998, des vibrions halophiles sont recensés en chacun des points de prélèvement au cours des diverses campagnes.

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

- *Listonella damsela* (anciennement *Vibrio damsela*) est détectée aux points "rejet" en mars (température de l'eau : 9,8 °C) et "référence" en mars et septembre (température de l'eau : respectivement 9,7 °C et 16,5 °C). C'est une souche pathogène pour les poissons, qui se trouve à la suite de surinfection de plaies.

- *Vibrio alginolyticus*, souche présente au point "canal d'amenée" en juillet (15,9 °C) et septembre (16,5 °C), aux deux points "rejet" en juillet (17,6 °C) et septembre (17,5 °C), et au point "référence" en septembre (16,5 °C). Ces vibrions furent les premiers répertoriés dans ce secteur, dans le cadre de ces études, en juillet 1983. Comme le montre le tableau 3.4, leur présence est très irrégulière jusqu'à 1995. *Vibrio alginolyticus*, d'après M. Fournier de l'Institut Pasteur de Paris, est pathogène pour l'homme, pouvant provoquer des otites et des septicémies.

- *Vibrio parahaemolyticus*, souche recensée en juillet aux points "canal d'amenée" (15,9 °C) et "rejet" (17,6 °C). Pathogènes pour l'homme, ces vibrions peuvent en effet être la cause de gastro-entérite à la suite d'ingestion de coquillages contaminés. A noter sa détection dès septembre 1983.

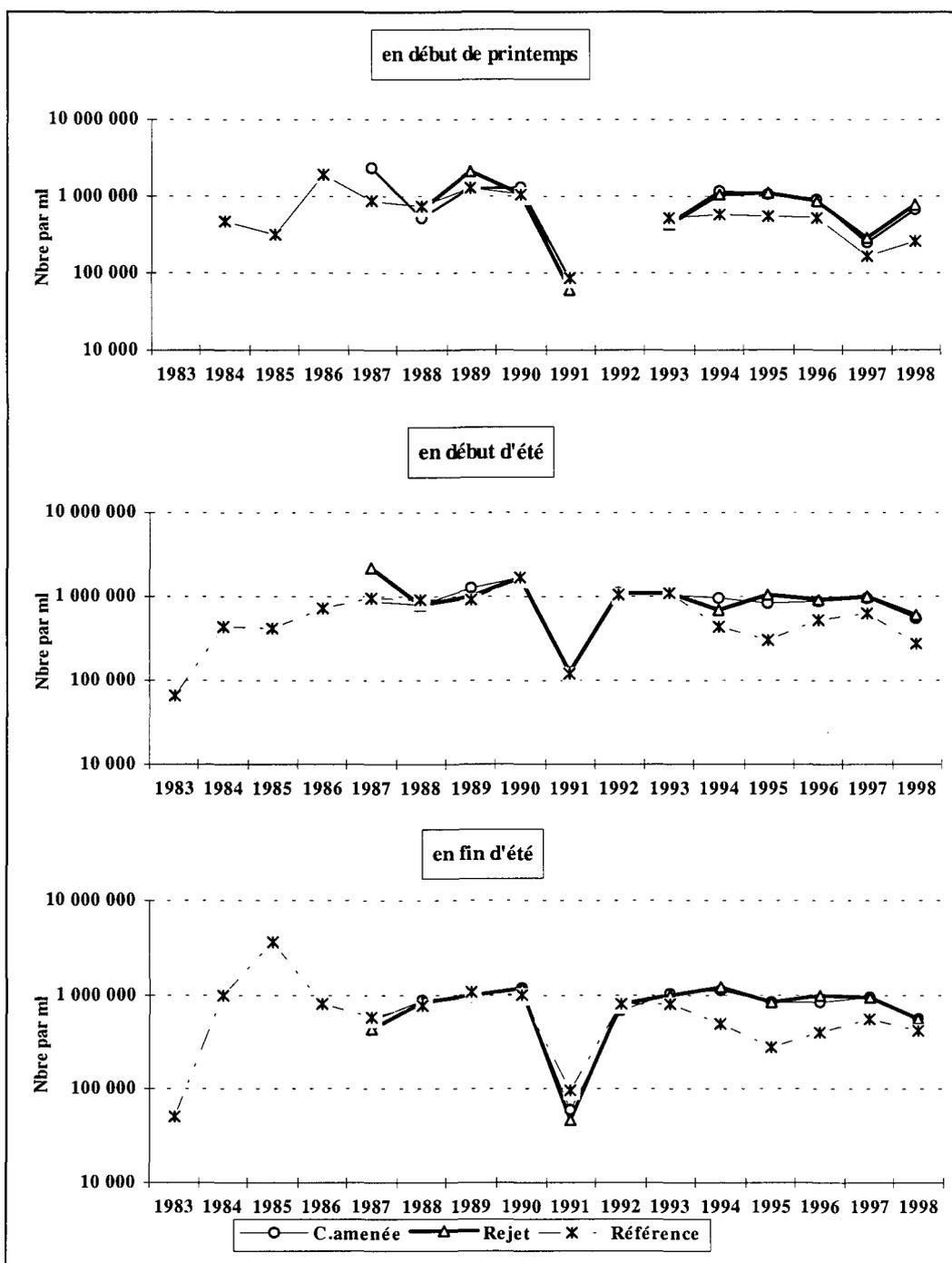


Figure 3.14 : Evolution des germes colorés à l'acridine de 1983 à 1998 au droit du CNPE de Flamanville

A ces trois vibrions, il faut ajouter *Vibrio Fluvialis* et *Vibrio metschnikovii*, recensés pour la première fois devant ce site. Ces deux vibrions, faisant partie de la flore des eaux et sédiments marins, sont également pathogènes pour l'homme. Le premier cité peut en effet être la cause de gastro-entérite.

Vibrio vulnificus, détecté en 1997, ne l'est plus en 1998. Pour rappel, aux Etats-Unis, ces vibrions ont été incriminés dans des décès humains liés à la consommation de coquillages (OLIVER, 1995) . En effet, il est pathogène pour l'homme (WHITESIDES, OLIVER, 1997).

Le constat de l'augmentation de la diversité des vibrions halophiles est fait dans ce secteur de la côte nord-ouest du Cotentin depuis 1992 (tableau 3.11). Le risque pour la santé humaine étant sous-jacent, il serait souhaitable d'entreprendre une étude approfondie de ce paramètre, avec des laboratoires compétents (Institut Pasteur par exemple, l'IFREMER n'étant pas compétent sur le sujet).

3.6. Trihalométhanes

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 $\mu\text{g/l}$, avec une moyenne de 25 $\mu\text{g/l}$. 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 20 mars. Le 1^{er} juillet, 946 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 2 (la tranche 1 était en arrêt), soit une concentration de 0,270 mg de chlore par litre d'eau de mer. De même, le 15 septembre, 940 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 1, 983 Kg dans celui de la tranche 2, soit une concentration dans les deux cas de 0,270 mg de chlore par litre d'eau de mer.

Les échantillons réalisés en 1998 (tableau 3.10) n'ont pas permis la détection d'un seul des quatre trihalométhanes.

Trihalométhanes 1998	Limite de détection	Canal d'amenée	Rejet	Référence
20 mars				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)
1 juillet				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)
15 septembre				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)

Tableau 3.10 : Analyses des trihalométhanes en 1998 sur le site du C.N.P.E. de Flamanville

Résultats exprimés en microgrammes par litre

(/) = composé non détecté

(R) = Traces

3.7. Conclusion

Les mesures des paramètres physico-chimiques obtenues lors des campagnes de surveillance 1998 sont comparables à celles obtenues les années précédentes. Les valeurs de salinité et de température aux points non impactés par la Centrale, sont à relier aux données météorologiques fournies par le sémaphore de La Hague (température de l'air, pluviométrie). Concernant l'impact thermique, l'élévation de température la plus élevée au niveau du Rejet a été constatée au mois de mars 2,26 °C. Au cours des trois campagnes, il n'a pas été détecté de transit de la tâche thermique vers le Canal d'Amenée.

Les valeurs des sels nutritifs mesurés en 1998 ont présenté des variations normales à relier aux fluctuations climatiques et à l'apparition des populations phytoplanctoniques. Tout comme en 1997, il apparaît pour les cinq éléments chimiques étudiés, une faible variabilité des mesures obtenues lors des trois campagnes. Cette homogénéité du milieu est principalement due au fort brassage généré par les courants marins présents sur la zone.

Les concentrations en sels nutritifs obtenues sur le Rejet, n'étant pas significativement différentes de celles obtenues au Canal d'Amenée ou au point Référence, il n'est donc pas possible de mettre en évidence une influence de la Centrale sur les cycles annuels des paramètres chimiques mesurés dans la zone étudiée. Les écarts observés d'une année à l'autre peuvent être attribués aux évolutions et aux cycles naturels.

Globalement pour la biomasse algale aucun impact de transit ou de tache thermique n'a été décelé en 1998. Les espèces phytoplanctoniques ont présenté des variations normales d'abondance et de dominance et les diatomées forment toujours le groupe le plus important.

Aucune variation significative due à l'échauffement de la masse d'eau par la centrale est observée. Toute hétérogénéité est attribuée aux évolutions des cycles naturels qui interfèrent sur toute signification d'impact.

Tableau 3.11 :
Présence / absence
de vibrios
halophiles au droit
de Flamanville
depuis 1983

mars ^A /avril ^B /mai ^C	1983	1984 ^B	1985 ^B	1986 ^B	1987 ^C	1988 ^C	1989 ^B	1990 ^B	1991 ^C	1992 ^B	1993 ^B	1994 ^A	1995 ^B	1996 ^B	1997 ^B	1998 ^A
<i>Vibrio alginolyticus</i>												CA			RF	
<i>Vibrio cholerae</i>													CA			
<i>Vibrio damsela</i>													RJ, RF		CA, RJ	RJ, RF
<i>Vibrio fluvialis</i>																RF
<i>Vibrio metschnikovii</i>																CA
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>																
<i>Vibrio vulnificus</i>															RF	

juin ^D /juillet ^E /août [*]	1983 ^E	1984 ^D	1985 ^B	1986 ^E	1987 ^E	1988 [*]	1989 ^E	1990 ^E	1991 ^E	1992 ^E	1993 ^D	1994 ^E	1995 ^E	1996 ^D	1997 ^D	1998 ^E
<i>Vibrio alginolyticus</i>	b, c			RF									CA, RJ	CA,RJ,RF	CA,RJ,RF	CA, RJ
<i>Vibrio cholerae</i>																
<i>Vibrio damsela</i>																
<i>Vibrio fluvialis</i>																
<i>Vibrio metschnikovii</i>																
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>													CA	CA		CA, RJ
<i>Vibrio vulnificus</i>															RJ	

septbre ^G /octbre ^H /novbre ^I	1983 ^G	1984 ^G	1985 ^B	1986 ^G	1987 ^G	1988 ^I	1989 ^G	1990 ^G	1991 ^G	1992 ^G	1993 ^G	1994 ^G	1995 ^G	1996 ^G	1997 ^G	1998 ^G
<i>Vibrio alginolyticus</i>	a, b, c, d			RF	C, RJ, RF					CA,RJ,RF			CA,RJ,RF	CA, RJ	CA,RJ,RF	CA,RJ,RF
<i>Vibrio cholerae</i>																
<i>Vibrio damsela</i>												RF			CA,RJ,RF	RF
<i>Vibrio fluvialis</i>																
<i>Vibrio metschnikovii</i>																
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	a, b											CA	RJ, RF		CA, RJ, RF	
<i>Vibrio vulnificus</i>															RJ	

CA = canal d'aménée RJ = rejets RF = référence a, b, c, d = points avant 1986

4. Le domaine benthique

Etude et rapport réalisés au Centre IFREMER de BREST par

Luc DRÉVÈS (Phytobenthos et Zoobenthos)

avec la collaboration de

Jean-Dominique GAFFET *(missions de terrain
et travaux en laboratoire)*

Jean Pierre ANNÉZO *(missions de terrain)*
Gilles YOUENOU *(missions de terrain)*

4.1. PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La population de *Fucus serratus* du platier de Diélette (fig. 1.5 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. Une observation, non contractuelle, est réalisée également en fin de printemps depuis 1995.

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.

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, 1997 et 1998. Le baguage systématique d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 doit 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 faciliter une éventuelle comparaison des populations de *Fucus serratus* de Paluel et de Flamanville, la méthodologie du quadrat a également été testée, hors contrat, à partir de mars 1996 sur le platier de Diélette. Un quadrat en PVC d'un m², divisé en 25 carrés de 0,20 cm x 0,20 cm (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.

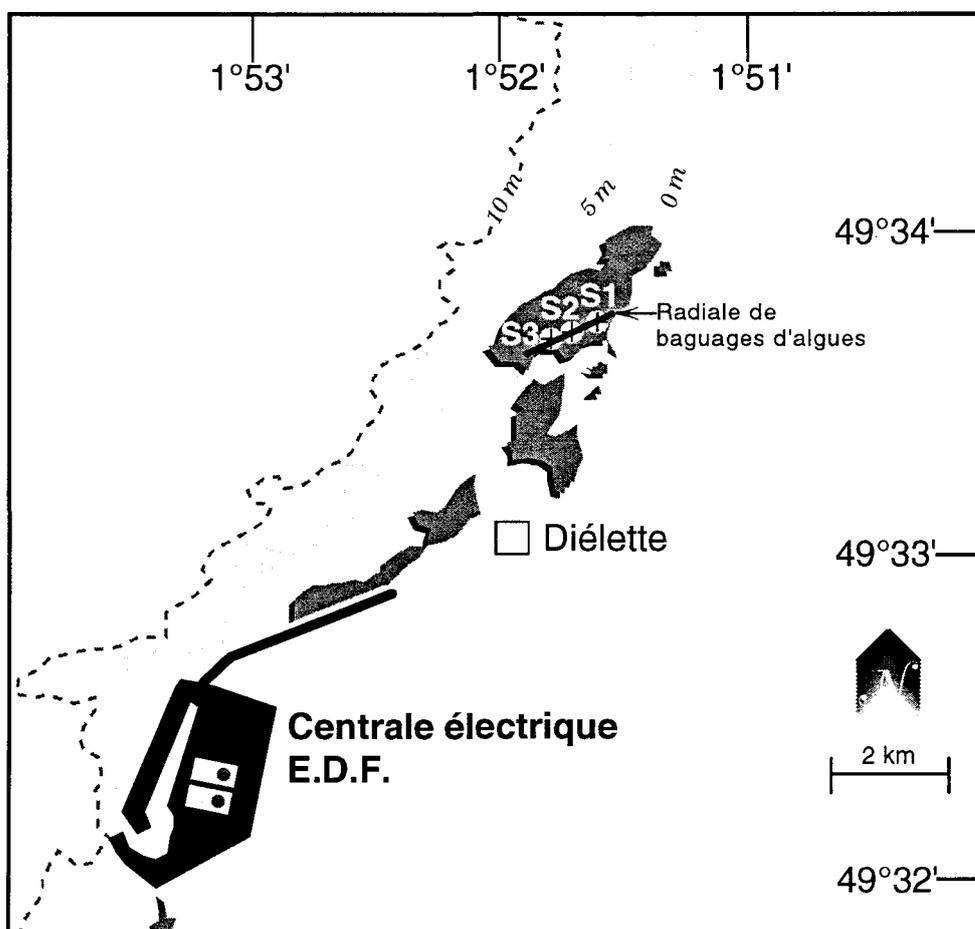


Figure 4.1 :
Flamanville -
Platier de Diélette
S1, S2 et S3 =
secteurs d'étude
de *Fucus serratus*

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*

Tous les résultats, présentés ci-après, sont exprimés en grammes par quart de m².

Le stock de *Fucus serratus* évalué en 1998 (Figure 4.2) se situe, en poids sec, entre 58 g (secteur 1) et 152 g (secteur 3) en mars, 136 g (secteur 1) et 521 g (secteur 2) en septembre. Le stock moyen global sur le platier peut ainsi être estimé, sur la même unité de surface, à 115 g en mars et 369 g en septembre. Ces valeurs, à la hausse par rapport à 1997, avoisinent les moyennes saisonnières relevées depuis 1983, à savoir, respectivement, 131 g et 353 g.

L'accroissement de la biomasse de cette population algale est observé, ce qui est normal, entre mars et septembre dans les trois secteurs. Le phénomène est proportionnellement plus important au niveau bathymétrique médian (facteur multiplicatif de 4 entre ces deux périodes).

La comparaison de ces données avec celles déjà notées sur ce site de Diélette depuis 1983 confirme le constat de baisse du stock de cette espèce algale.

Tous secteurs confondus, les valeurs les plus importantes de poids sec sont enregistrées en début d'étude (200 à 225 g en mars 1984 et 1985 ; aux environs de 500 g en septembre 1983 et 1984).

Les estimations décroissent par la suite, les valeurs minimales étant enregistrées de 1990 à 1992, tant en fin d'hiver (70 g) qu'en fin d'été (200 g). En 1993, le phénomène s'inverse très nettement, une augmentation importante du stock est enregistrée.

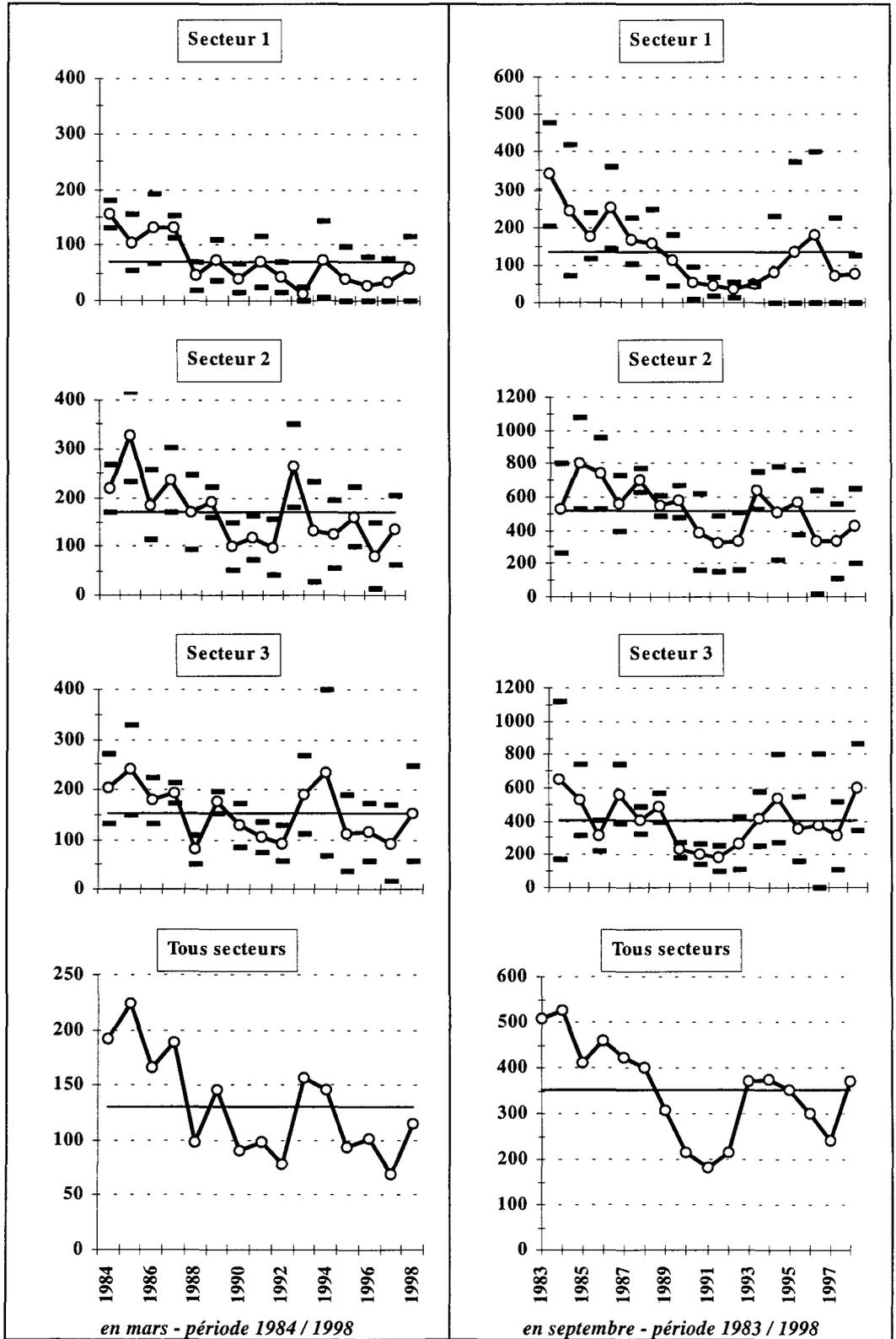


Figure 4.2 :
 Evolution du poids sec de *Fucus serratus* (en g/0,25 m²). Moyenne et écart-type, comparés au stock moyen estimé sur la totalité de la période

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), mais la nouvelle diminution observée en 1995 se confirme en 1996 (101 g) et 1997 (69 g).

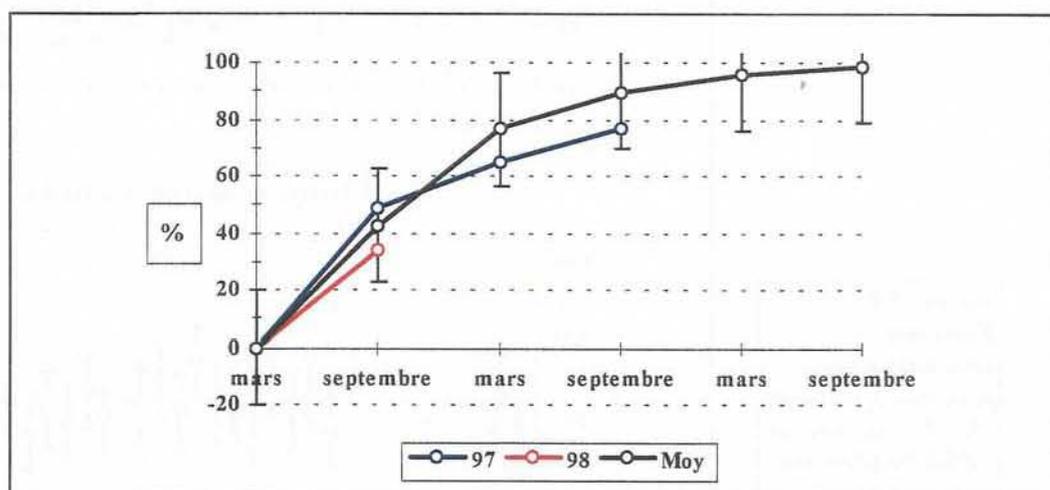
En septembre, le stock reste constant de 1993 à 1995, avoisinant la moyenne saisonnière estimée de 1983 à 1997 (353 g), mais décroît en 1996 (298 g) et 1997 (242 g).

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 son augmentation notée en 1993, surtout en fin d'été, puis sur sa dernière décroissance.

4.1.3. Dénombrement des algues baguées

Le taux de dépopulation au bout des 6 premiers mois est de 49 % en 1997, et de 34 % en 1998. Depuis 1983, ce taux varie entre 32 % en 1993 et 54 % en 1989. Le taux moyen de dépopulation sur la période 1983-1998 est de 43 % au bout de six mois, 77 % au bout d'un an, et 96 % au bout de deux ans.

Figure 4.3 :
Dépopulation, en
pourcentage, des
individus bagués



4.1.4. 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.

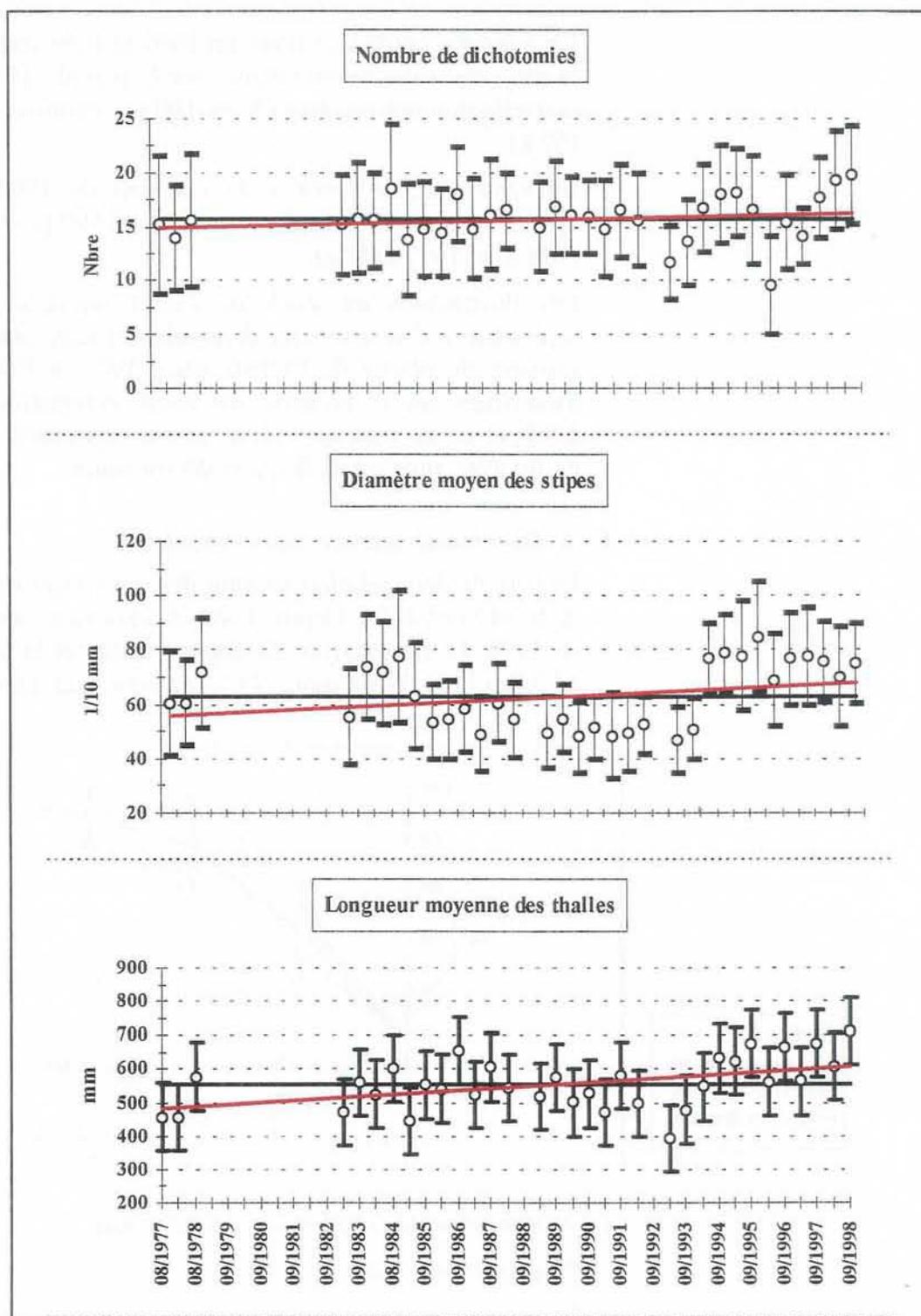


Figure 4.4 : Evolution saisonnière des paramètres mesurés chez *Fucus serratus* à Diélette (moyenne et écart-type par rapport à la mesure moyenne estimée de 1977 à 1998, et courbe de tendance = régression linéaire)

L'observation des données de longueurs moyennes acquises depuis 1977 ne permet pas, pour l'instant, de conclure à une évolution significative de ce paramètre en relation avec le fonctionnement de la Centrale.

* Diamètre des stipes.

A l'exception des diamètres moyens notés en 1983 et 1984 (7 mm et plus), ceux-ci se situaient de 1985 à 1993 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 (6,2 mm). Cet accroissement du diamètre moyen est à lier à celui de la longueur moyenne des thalles.

* Nombre de dichotomies.

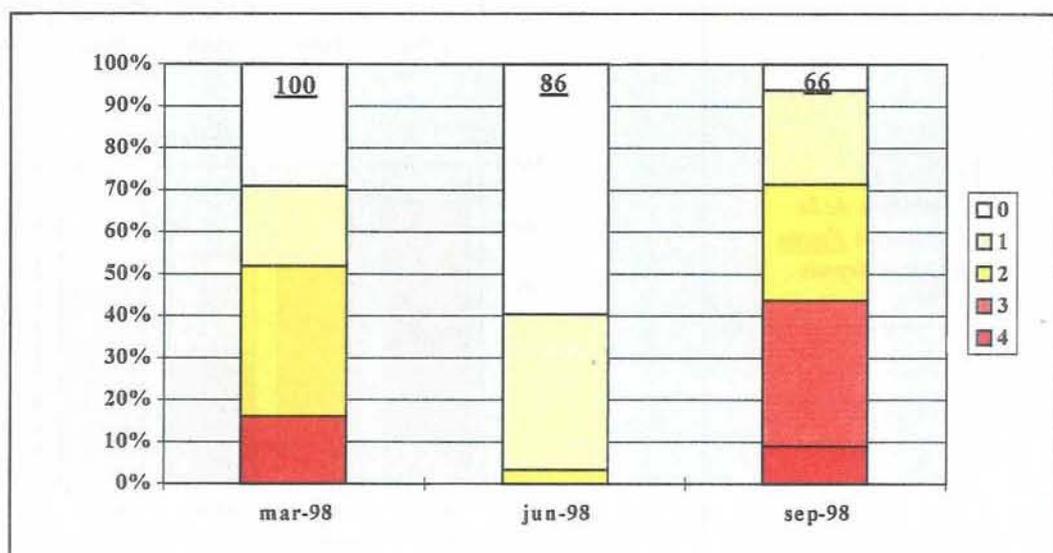
La jeunesse de la population baguée en 1993 se voyait confirmée par le nombre moyen de ramifications des pieds de *Fucus serratus* noté tant en mars (11,7) qu'en septembre (13,6).

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 1996 (15) est conforme à la moyenne sur ce site. Les valeurs observées tant en 1997 (14 et 18) qu'en 1998 (19 et 20) n'apportent aucun commentaire particulier.

4.1.5. Fertilité

Le pourcentage de thalles fertiles, au sens de la seule présence de conceptacles fertiles à l'extrémité de leurs frondes, de *Fucus serratus* au sein du lot bagué en mars 1998 est de 71 % en mars. L'examen visuel de ces frondes permet de nuancer en cinq stades différents (figure 4.5), de l'absence totale de réceptacles (stade 0) à la présence sur chaque fronde de réceptacles terminaux (stade 4). Le taux de fertilité moyen de ce lot est de 39 %.

Figure 4.5 :
Evolution de la
fertilité des pieds
de *Fucus serratus*
bagués en 1998



41 % des 86 individus retrouvés en juin sont fertiles, avec un taux moyen de fertilité du lot de 11 %. Pour les 66 pieds examinés en septembre, les pourcentages sont respectivement 94 % et 55 %.

La comparaison avec les données acquises depuis 1993 permet d'apprécier, pour chaque saison, les fluctuations tant du nombre de pieds fertiles que des différents stades de fertilité.

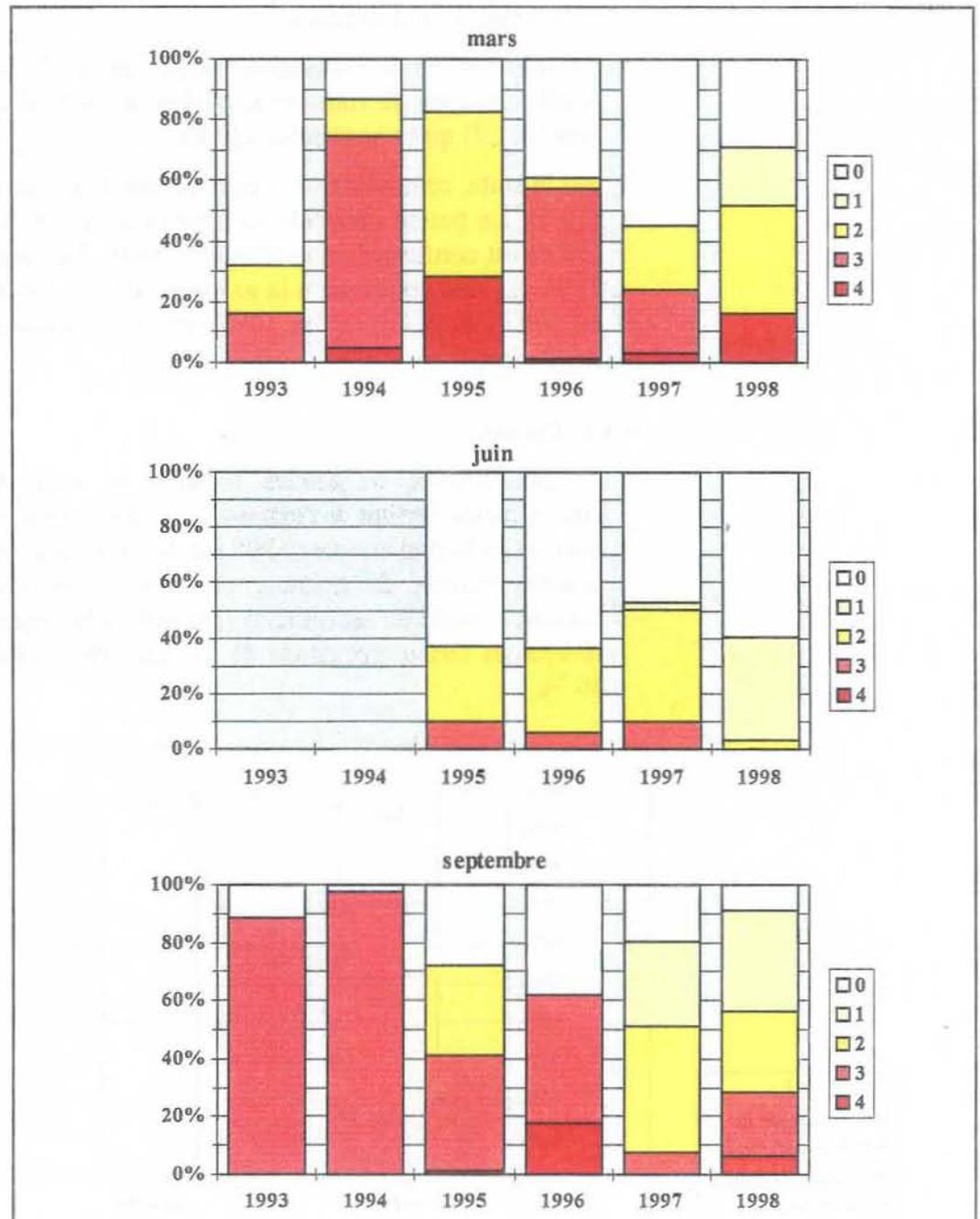


Figure 4.6 :
Evolution de la
fertilité de *Fucus
serratus* depuis
1993

Les pieds de *Fucus serratus* possèdent donc des conceptacles renfermant des organes mâles ou femelles, selon les individus, plus ou moins fertiles tout au long de l'année. La période optimale de fertilité s'étend surtout d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites en septembre. A l'opposé, en juin, le nombre de pieds fertiles est faible ; ceux qui le sont présentent des réceptacles défoliés.

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.

4.2. Zoobenthos des substrats durs intertidaux

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 1.5) 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).

4.2.1. 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.

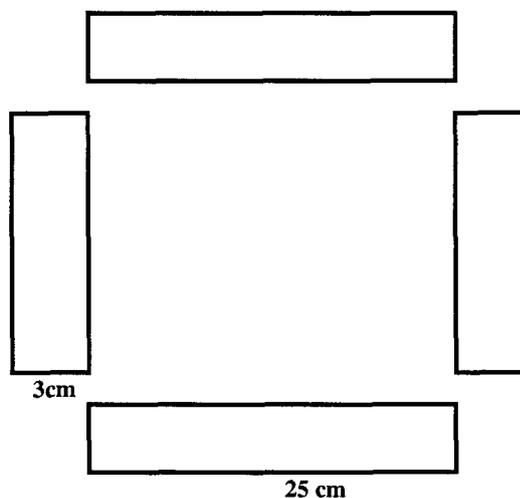
En septembre, la densité de cirripèdes est évaluée à l'aide de quadrats 0,05 m x 0,05 m (8 quadrats par point) ; le pourcentage de recouvrement du substrat par ces crustacés est noté. L'échantillonnage est stratifié pour tenir compte de l'hétérogénéité de colonisation (zone à forte densité, faible densité,

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 $1/16 \text{ m}^2$ (quadrat $0,25 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$) ; 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.



4.2.2. Résultats

4.2.2.1. Etude de recolonisation par les cirripèdes

Les premiers résultats sont présentés à la figure 4.7, qui montre les variations moyennes de recolonisation observées sur 75 cm^2 à la pointe du Rozel et au cap de Flamanville depuis 1983, dans l'anse de Quédoy 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.

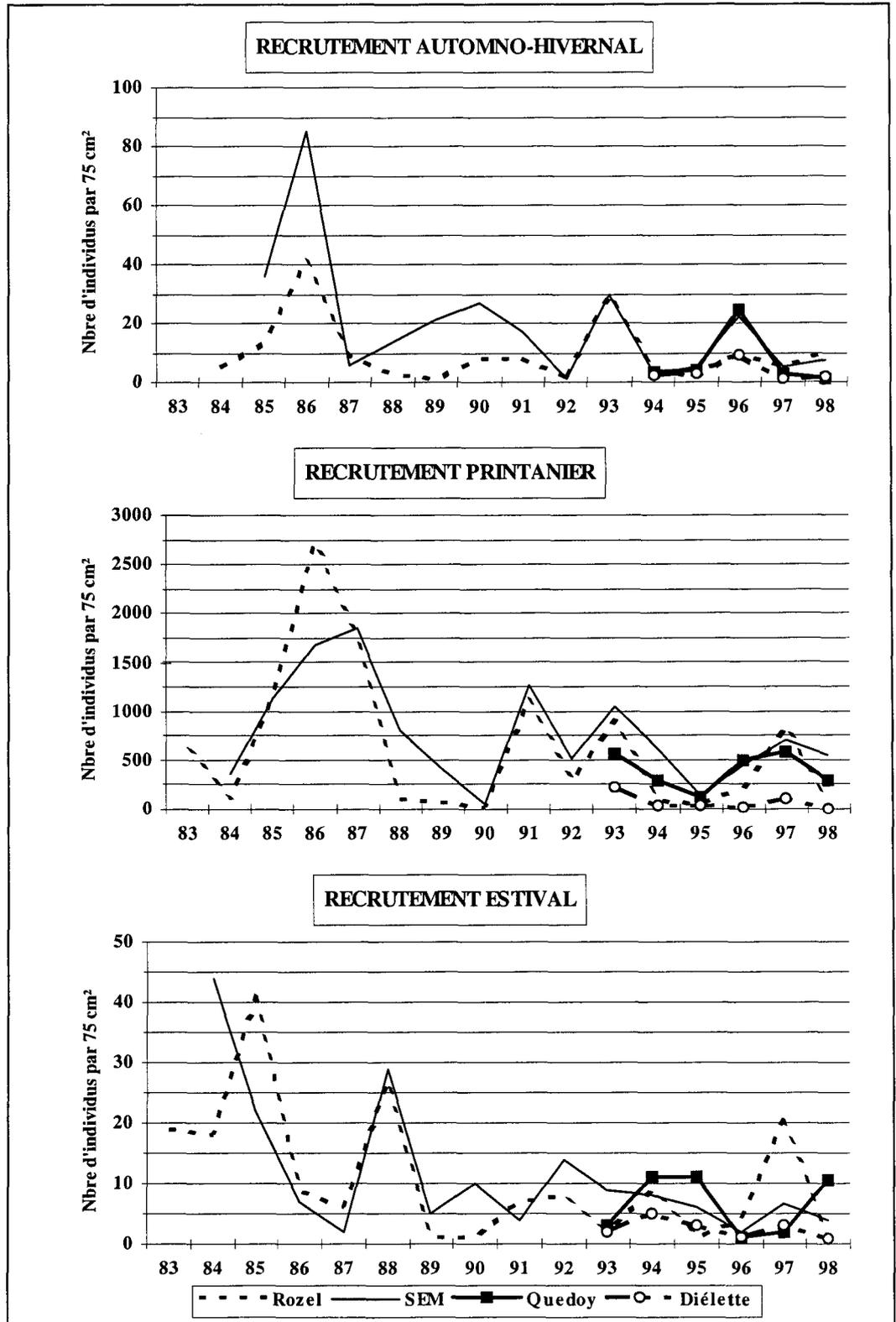


Figure 4.7 : Recrutement saisonnier des crustacés cirripèdes intertidaux aux abords de Flamanville

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 1983-1998 ; 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 (de la mi-juin à la mi-septembre) concerne en priorité *Chthamalus montagui*, *Chthamalus stellatus* et *Elminius modestus*.

Les comptages réalisés en mars 1998 sur les séries de quadrats de 75 cm² (3 cm x 25 cm) nous ont permis :

- de quantifier le recrutement automno-hivernal (faible) par comptage des quelques individus adultes fixés en septembre ou octobre 1997 ;
- d'observer de nombreux cypris et quelques jeunes individus métamorphosés ; rappelons la précocité du recrutement printanier 1997, surtout au Rozel.

Tableau 4.1 :
Nombre de cirripèdes métamorphosés par 75 cm² en mars 1998

Comptages réalisés les 14 et 15 mars 1998	Rozel	Sémaphore	Quedoy	Diélette
Automno-hivernal	9,9 ± 9,8	7,2 ± 2,1	1,2 ± 1,0	1,5 ± 0,6
Printanier	67,2 ± 26,6	29,5 ± 7,4	26,8 ± 4,2	7,7 ± 4,9

Les comptages réalisés le 22 juin 1998 montrent un complément du recrutement printanier plus faible au Rozel et à Diélette qu'aux deux autres points.

Tableau 4.2 :
Bilan du recrutement printanier par 75 cm² en 1998

	Rozel	Sémaphore	Quedoy	Diélette
Comptages réalisés le 22 juin 1998	30,5 ± 13,1	541,5 ± 86,9	287,5 ± 62,4	7,25 ± 2,2
Total du recrutement printanier 1998	97,7 ± 39,7	571,0 ± 94,3	314,3 ± 66,6	15,0 ± 7,1

L'importance numérique globale du recrutement printanier confirme la relation étroite entre l'importance du recrutement 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 4.8).

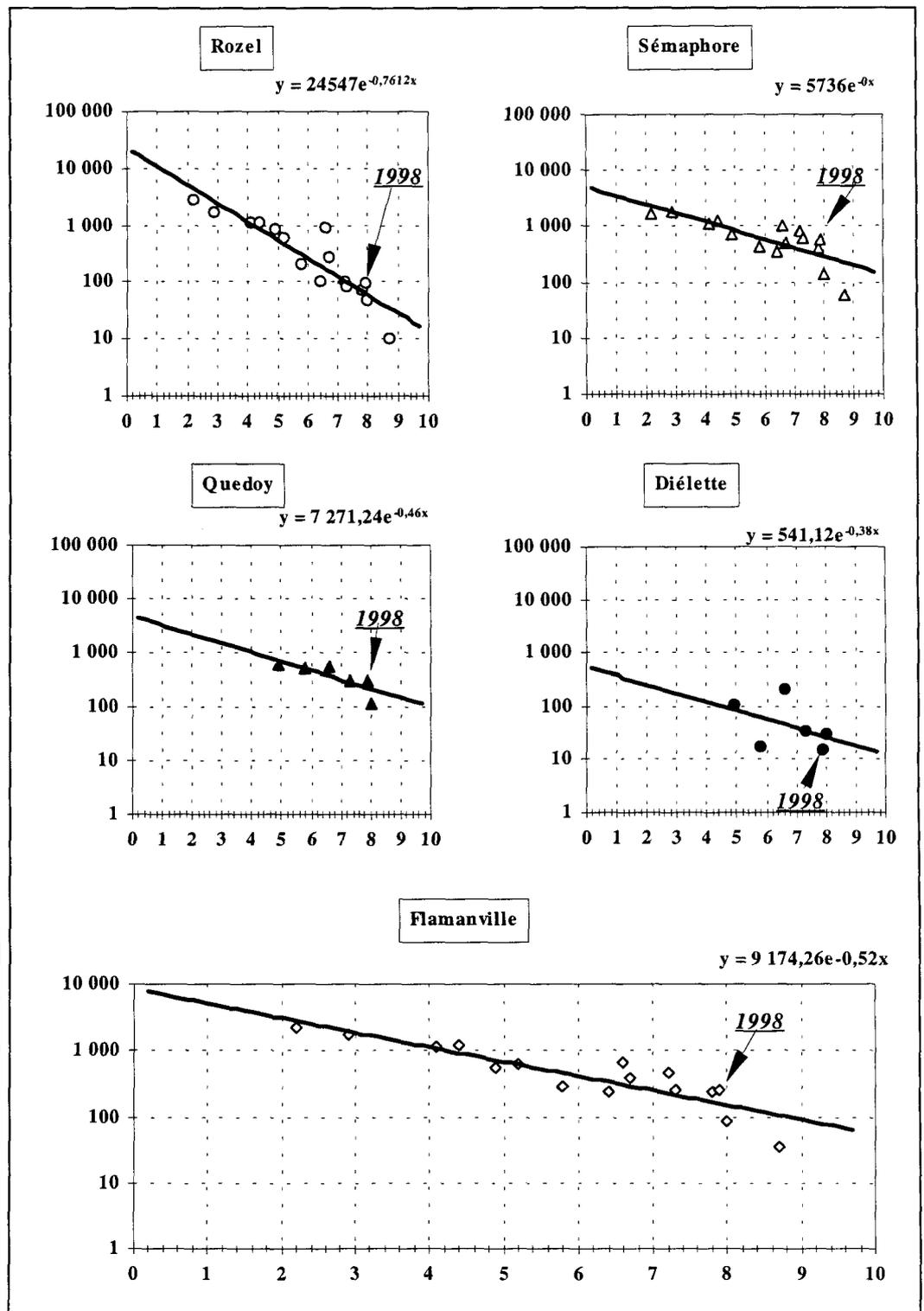


Figure 4.8 :
Recrutement
printanier des
crustacés cirripèdes
aux abords de
Flamanville (nombre
d'individus par 75
cm², exprimé en
fonction de la
température
mensuelle moyenne
de l'air du mois le
plus froid de l'hiver
[°C])

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

L'observation des densités de cirripèdes (tableaux 4.3 et 4.4) 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.

Tableau 4.3 :
Densités globales de cirripèdes en 1998 (nombre d'individus par m²)

Septembre 1998		Densité par strate	Surface occupée du substrat en %	Densité moyenne
Rozel	Point 1	42 267	70	29 587
Rozel	Point 2	47 289	100	47 289
Rozel	Point 3	51 956	100	51 956
Rozel	Point 4	57 733	100	57 733
Flamanville	Sem sup	47 800	100	47 800
Flamanville	Sem inf	55 133	100	55 133
Flamanville	Quédoy	45 800	100	45 800
Flamanville	Diélette	51 467	100	51 467

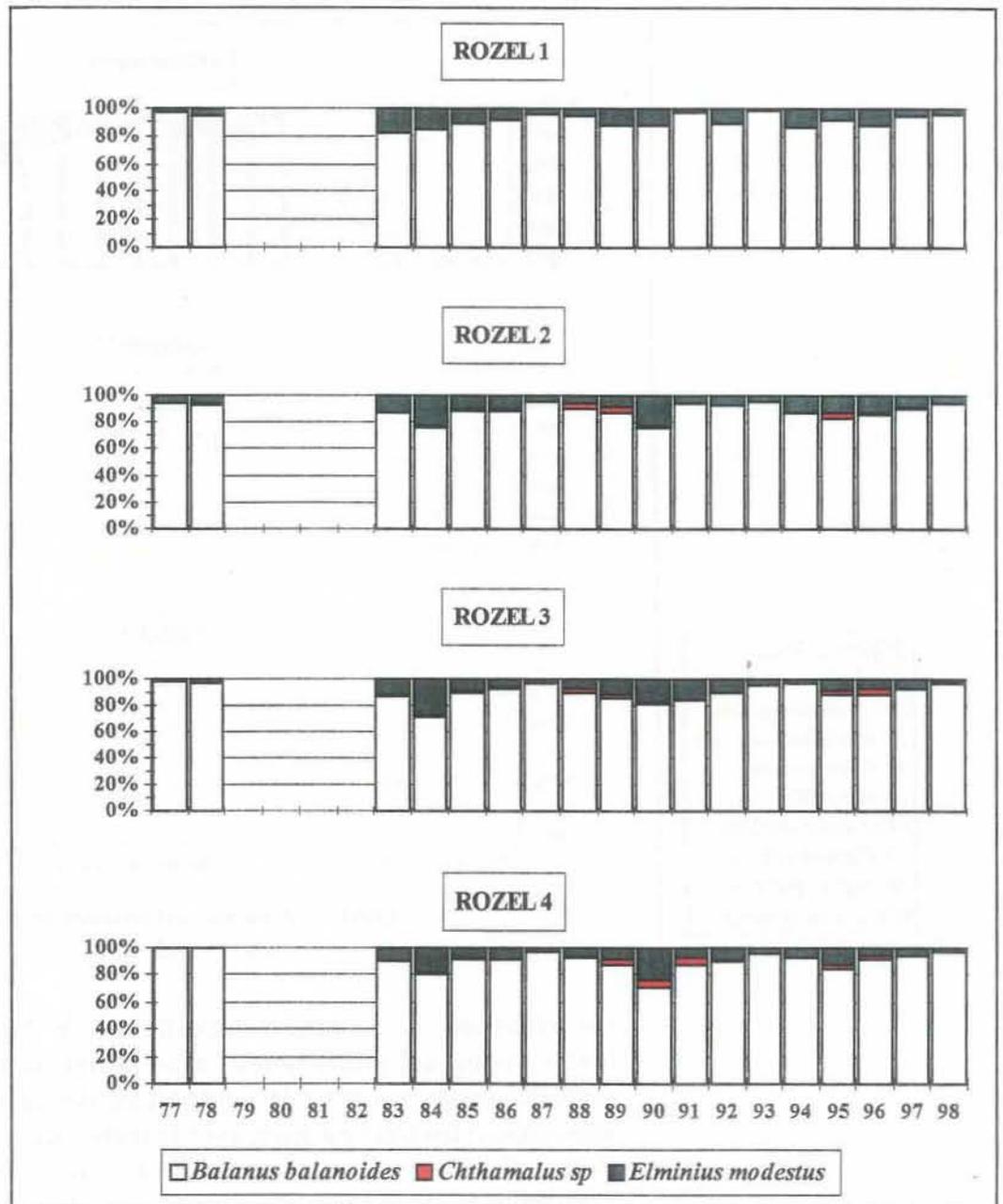
Au Rozel, à l'exception des points 1 et 4, le substrat rocheux est toujours colonisé à 100 % chaque année. En 1998, seul le point 1 n'est pas entièrement colonisé (70 %).

Tableau 4.4 :
Densités globales de cirripèdes depuis 1977 (nombre d'individus par m²)

	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
1977	46 401			
1978	48 556			
1983	43 276	66 000		
1984	28 313	60 100		
1985	74 650	74 400		
1986	64 455	75 300		
1987	91 681	77 000		
1988	46 863	60 000		
1989	35 089	40 868		
1990	18 240	26 700		
1991	73 136	72 000		
1992	38 233	38 000		
1993	74 605	76 700	72 300	48 960
1994	43 100	47 200	38 800	42 000
1995	28 826	44 533	44 000	44 600
1996	38 219	44 933	46 050	36 000
1997	56 799	55 113	56 525	53 350
1998	46 641	51 467	45 800	51 467

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*.

Malgré le faible recrutement du printemps 1998, une augmentation des pourcentages de cette espèce est observée par rapport à 1997 tant à la pointe du Rozel (figure 4.9) qu'à Diélette (figure 4.10). Cette hausse se fait au détriment quasi exclusif d'*Elminius modestus*. En ces points, les variations des Chthamales sont dans le « bruit de fond ».



Au cap de Flamanville (figure 4.10), une augmentation du pourcentage des Chthamales est observée, tant en contrebas du sémaphore que dans l'anse de Quédoy. Pour ce dernier point, le plus proche de la centrale, la série de mesures est, certes, trop récente pour tirer des conclusions.

L'échantillonnage, de part la nature granitique du substrat, y est plus difficile qu'ailleurs. Toutefois, il est intéressant d'y noter l'évolution du pourcentage des Chthamales qui double entre 1994 (13 %) et 1997 (26 %). En 1998, il avoisine les 30 %. Dans le même laps de temps ce pourcentage fluctue d'une manière beaucoup plus désordonné au sémaphore..

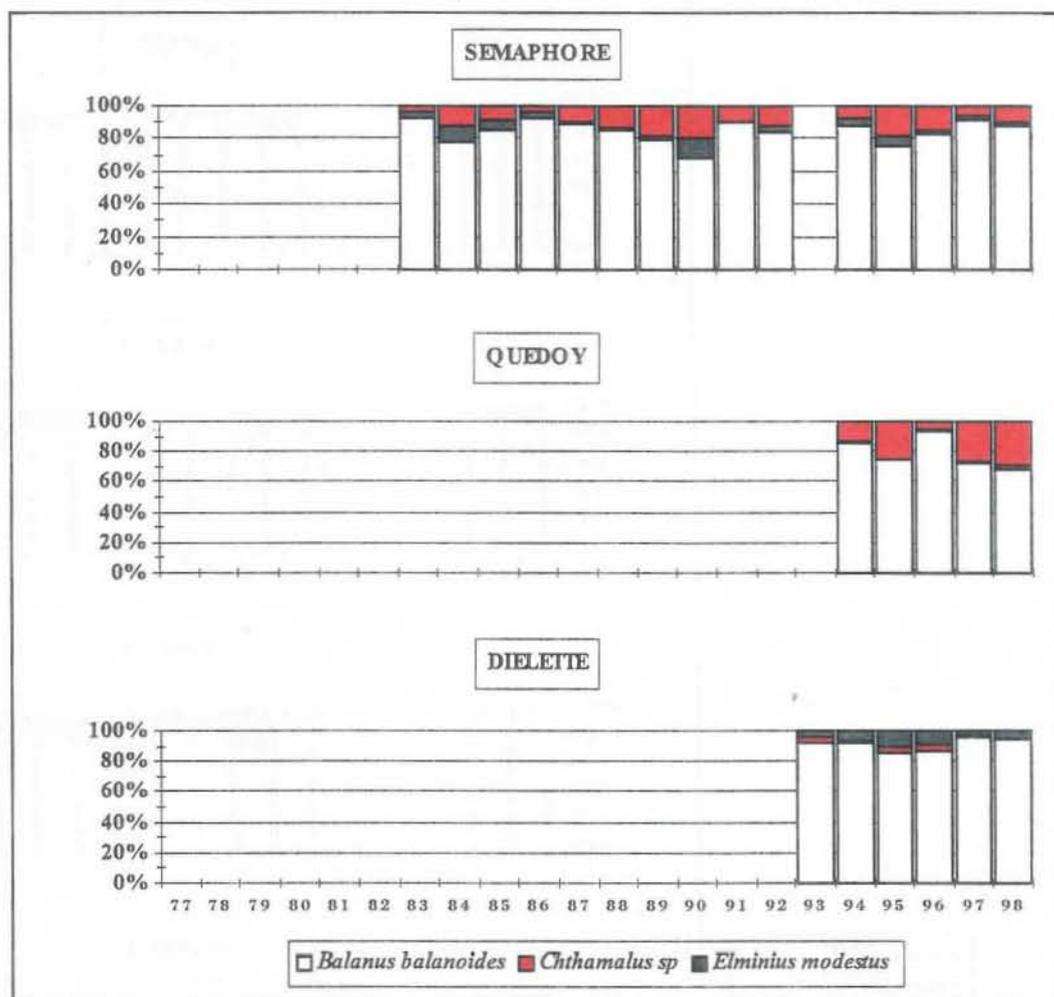
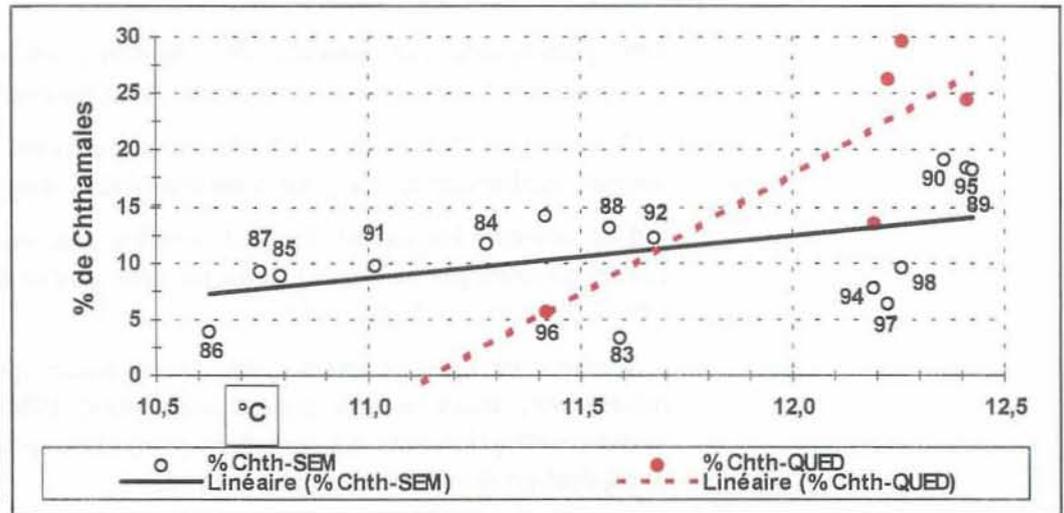


Figure 4.10 : Evolution, en %, des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983. (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre.)

De même que le recrutement printanier de *Balanus balanoides*, espèce boréo-artique, est proportionnel avec la rigueur de l'hiver (figure 4.8), un essai de corrélation entre le pourcentage des deux espèces de Chthamales présentes en fin d'été est tenté avec la température annuelle moyenne de l'air (figure 4.11). Au bas du sémaphore, une tendance à la hausse des pourcentages de Chthamales apparaît en lien avec l'augmentation de la température moyenne annuelle. Dans l'anse de Quédoy, avec la réserve d'une série de mesures plus courte, la hausse est plus brutale. La nature et le mode du substrat, ainsi que les conditions météorologiques étant identiques, il sera intéressant d'observer l'évolution de cet écart de comportement des Chthamales dans les prochaines années.

Figure 4.11 : Importance, en %, des Chthamales (Chth) au point du sémaphore (SEM) et dans l'anse de Quédoy (QUED), exprimée en fonction de la température annuelle moyenne de l'air au cap de La Hague



4.2.2.3. 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 (tableau. 4.5). Selon l'espèce et le point considérés, la fluctuation des effectifs par rapport aux années antérieures diffère, sans toutefois qu'une nette évolution se dégage.

Tableau 4.5 : Densités moyennes par m² des différentes espèces de mollusques

Septembre 1998	PATE sp	LITT SAX	LITT NER	GIBB PEN	GIBB UMB	THAI LAP	OCEN ERI	LASE RUB	MODI BAR
ROZEL 1	11	837	134	6	0	0	0	25	3
ROZEL 2	20	556	56	16	0	0	0	20	0
ROZEL 3	40	192	84	8	0	0	4	184	0
ROZEL 4	52	332	136	8	8	0	0	548	0
Moy. 1-4	31	479	103	10	2	0	1	194	1
Sémaphore sup	44	2368	132	0	0	0	0	768	0
Sémaphore inf	84	2376	148	0	0	0	0	464	4
Moy	64	2372	140	0	0	0	0	616	2
Quédoy	52	332	364	0	0	0	0	168	0
Diélette	120	900	44	0	20	0	0	936	0

PATE sp = *Patella sp*

LITT SAX = *Littorina saxatilis*

LITT NER = *Littorina neritoïdes*

GIBB UMB = *Gibbula umbilicalis*

GIBB PEN = *Gibbula pennanti*

THAI LAP = *Thais lapillus*

OCEN ERI = *Ocenebra erinaceus*

LASE RUB = *Lasea rubra*

MODI BAR = *Modiolus barbatus*

4.3. Conclusion

Les principales conclusions des mesures réalisées en 1998 dans le compartiment benthique se rapportent aux observations :

- d'une augmentation du stock de *Fucus serratus* par rapport à 1997 ; les valeurs avoisinent les moyennes saisonnières enregistrées depuis 1983 ;
- d'un nombre important de pieds fertiles aux trois périodes d'observation (71 % en mars par exemple), mais un taux global de fertilité moyen à faible (39 % en mars, 11 % en juin) ;
- d'une sensible précocité du recrutement printanier des cirripèdes intertidaux, mais moins importante qu'en 1997 ; l'importance de ce recrutement printanier est toutefois proportionnelle à la rigueur de l'hiver (température douce = recrutement faible) ;
- d'une augmentation, en pourcentage, des Chthamales dans l'anse de Quedoy située à proximité immédiate de la centrale ; au bas du sémaphore, l'augmentation est plus timide et semblerait être en rapport avec la hausse de la température annuelle moyenne de l'air. Cette observation demande cependant à être confirmée.

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,
pour les missions à la mer,*

*Paul BOURRIAU DRV / RH / Nantes
Patrick GRELLIER DRV / RH / Nantes
Daniel GUERALT DRV / RH / Nantes
Daniel HALGAND DRV / RH / Nantes
Jérôme HUET DRV / RH / Brest
Ivan SCHLAICH DRV / RH / Port-en-Bessin
Joël VIGNEAU DRV / RH / Port-en-Bessin
Daniel WOEHLING DRV / RH / Nantes*

5.1. Larves de crustacés

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 (tabl. 1.3, page 9). Les six missions prévues par le contrat depuis 1997 se sont déroulées cette année du 17 juin au 31 août avec des intervalles réguliers de quinze à vingt jours à bord du chalutier artisanal le "Cap de Carteret".

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points dont la position est indiquée sur la carte de la figure 1.5 de la page 8 : 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).

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.

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 $\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$ 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 traict oblique sans palier, depuis le fond jusqu'à la surface à une vitesse de 2 noeuds environ ($1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Le volume filtré au cours d'un simple traict oblique (comprenant la descente puis la remontée du filet) a varié cette année entre 112 m^3 et 412 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 traict 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 traicts 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 traict, les filets sont rincés à l'eau de mer afin de rassembler les planctontes dans les collecteurs ; le contenu de chaque collecteur est recueilli dans des bocaux de 2 litres.

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.

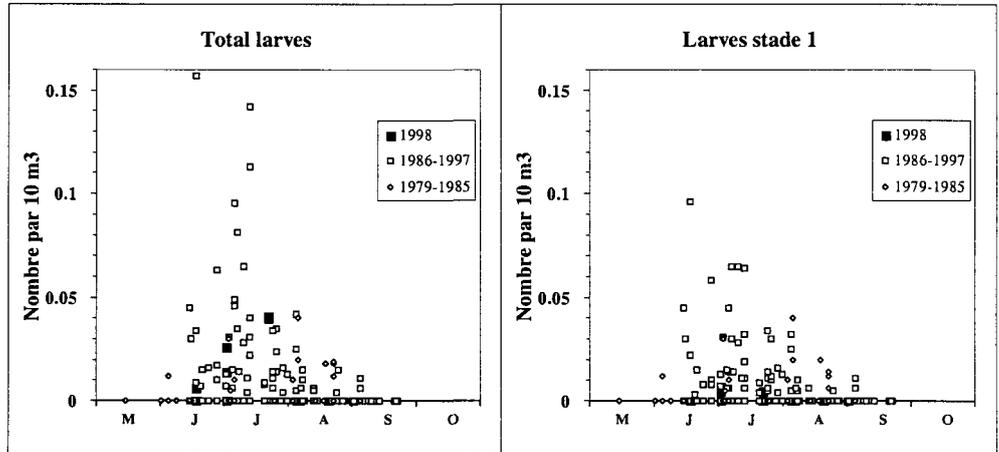


Figure 5.1.- Larves de homard, *Homarus gammarus*, prélevées au Neuston en surface.

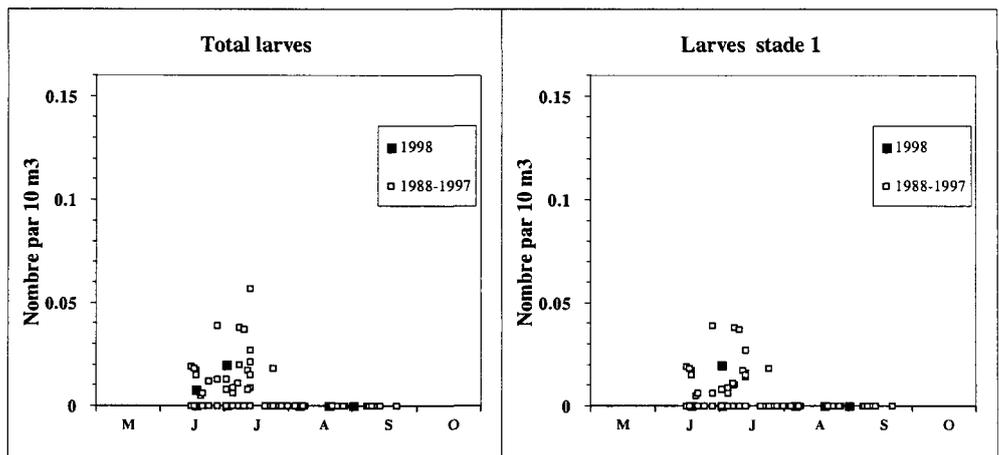


Figure 5.2.- Larves de homard, *Homarus gammarus*, prélevées au Neuston sur toute la colonne d'eau.

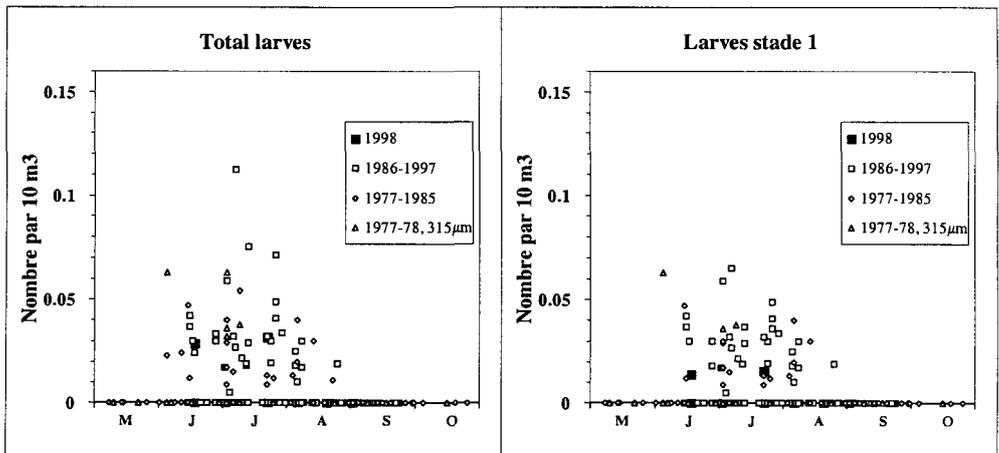


Figure 5.3. Larves de homard, *Homarus gammarus*, prélevées au Bongo sur toute la colonne d'eau.

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 de l'année par rapport aux résultats antérieurs correspondant à la période avant fonctionnement (1977-1985) ou depuis 1986. 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 (fig. 5.2) ou au moyen du Bongo (fig. 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 qu'une quantité non négligeable de larves a été récoltée au cours de l'été 1998 (densité maximale de 0,04 par 10 m^3) sans atteindre les plus fortes densités (supérieures à 0,08 par 10 m^3) relevées en 1986, 1988, 1993 et 1994.

La prépondérance des prélèvements de surface semble se confirmer après 11 années d'étude comparative entre les récoltes réalisées avec chacun des deux neustons : le neuston prélevant l'ensemble de la colonne d'eau n'a jamais pêché de quantité exceptionnelle de larves et les densités calculées à partir de ses pêches sont régulièrement plus faibles. La différence entre les récoltes des deux échantillonneurs est encore plus nette en globalisant les pêches : ainsi, cette année, sur un total de 29 larves récoltées, 25 ont été trouvées dans les prélèvements effectués au neuston en surface, dont 24 avec une couverture nuageuse très importante (8/8).

Les figures 5.4 à 5.6 relatives à l'année 1998 montrent que les larves de homard ont été récoltées lors des trois premières missions, du 17 juin au 21 juillet, tant au point 3 qu'au point Référence, avec un maximum de stades 1 le 1er juillet. Compte tenu de la proportion plus importante de stades 2 que de stades 1 le 1^{er} juillet et de la présence de stade 4 dès le 17 juin, il est probable que le pic réel d'éclosions se soit produit plus tôt.

Comme chaque année depuis 1989, aucune larve n'a été récoltée dans le canal d'aménée. Dans les environs du rejet, nous avons pêché un stade 4 en surface le 17 juin.

Figure 5.4 : *Homarus gammarus* - Prélèvements au Neuston en surface.

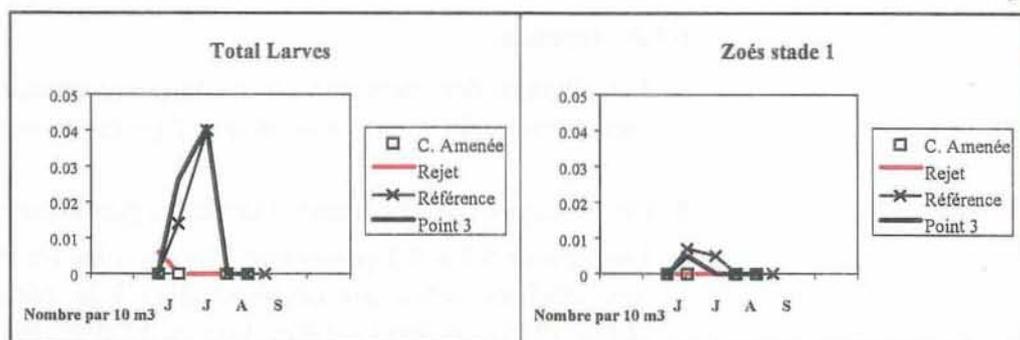


Figure 5.5 : *Homarus gammarus* - Prélèvements au Neuston sur toute la colonne d'eau

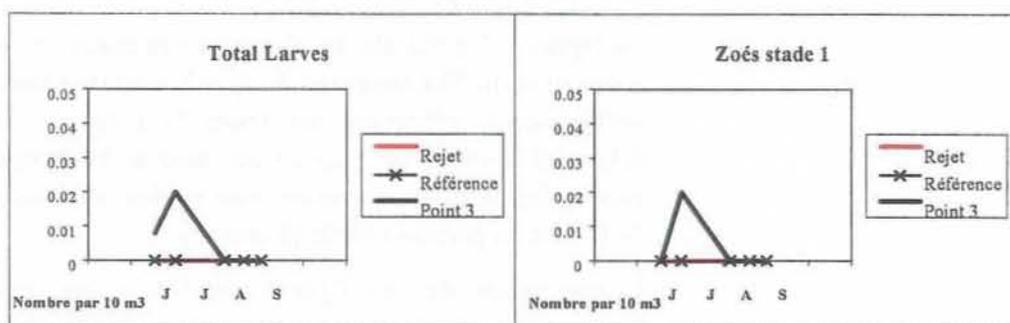
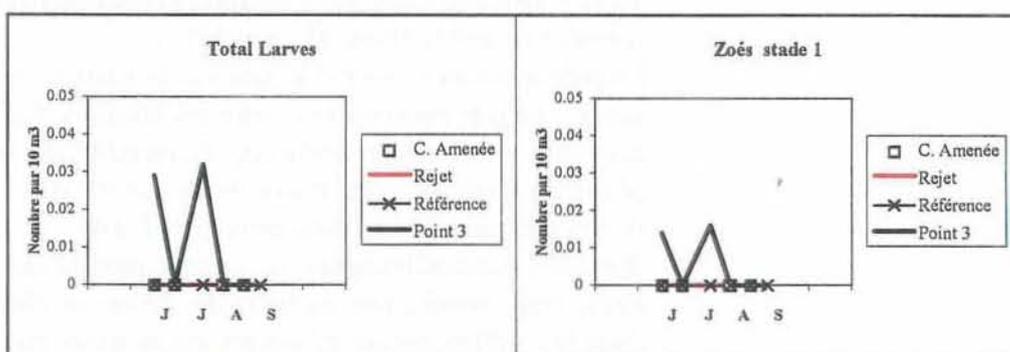


Figure 5.6 : *Homarus gammarus* - Prélèvements au Bongo sur toute la colonne d'eau.



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 et en raison du faible nombre de mesures, nous ne reproduisons plus les températures mesurées lors de chaque mission 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 1^{er} 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.

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 1996-1998 ; notons que dorénavant les calculs sont effectués en avançant la date d'éclosion des zoés en 1989 de quinze jours, ceci afin d'être plus proche de la réalité (première mission réalisée trop tard, lors du pic). 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).

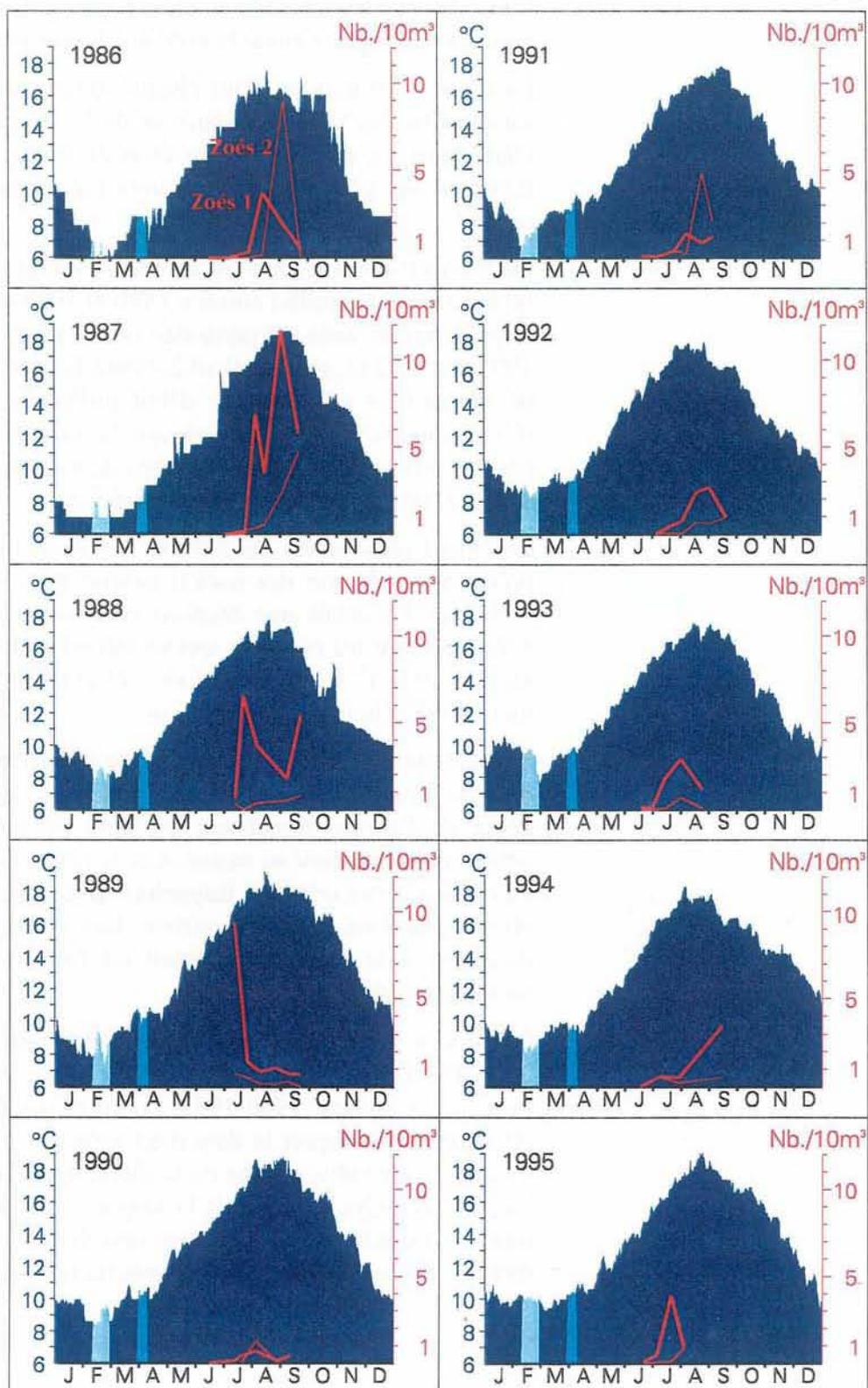
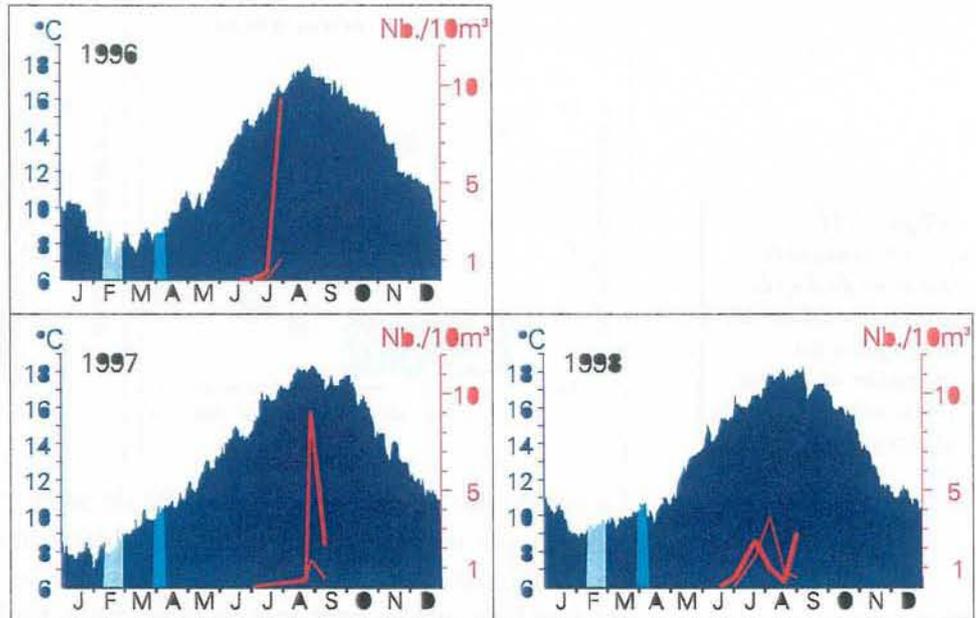


Figure 5.10 : Zoés d'araignées de mer (satdes 1 et 2 en rouge, en nombre par 10 m³) récoltés au point 3, et température de l'eau (en °C, aires bleues) à l'entrée de la Centrale.



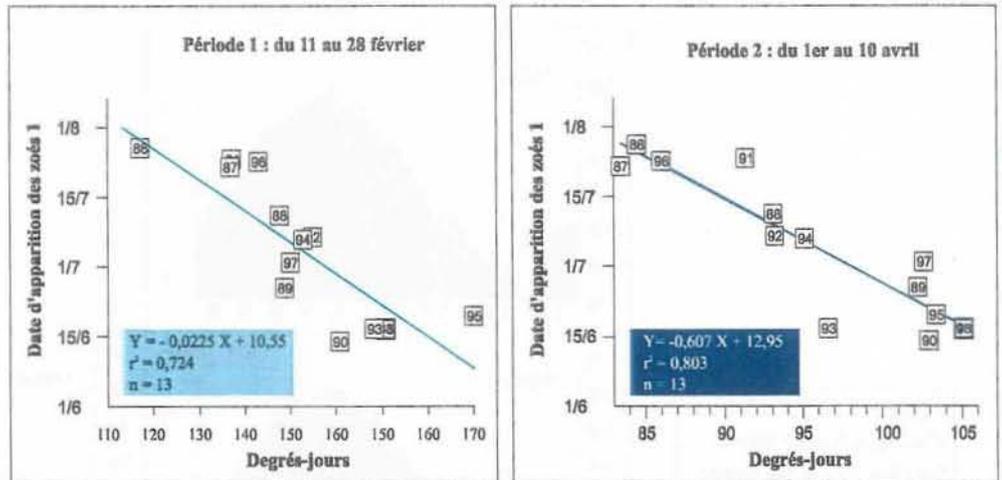
La baisse très sensible des coefficients de corrélation pour les périodes situées entre les deux peut s'expliquer par l'existence d'une période de diapause quelques jours après la ponte chez cette espèce (WEAR, 1974), période pendant laquelle les oeufs cessent de se développer indépendamment de la température de l'eau.

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

	Janvier			Février			Mars			Avril			Mai			Juin
Début période	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1
Période allant au 15/6	0.82	0.84	0.84	0.84	0.83	0.81	0.79	0.80	0.81	0.81	0.79	0.78	0.77	0.74	0.69	0.65
Période de 10 jours	0.02	0.16	0.34	0.46	0.70	0.68	0.53	0.64	0.61	0.80	0.66	0.62	0.69	0.73	0.71	
		0.27		0.62		0.66		0.66		0.78		0.72		0.76		
Période de 20 jours	0.05		0.42		0.72		0.60		0.74		0.69		0.76			
		0.17			0.68		0.64		0.79				0.78			
Période de 30 jours			0.35			0.72		0.73				0.74				
				0.57			0.68		0.75				0.78			

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 qu'avec une forte quantité de chaleur reçue en février et en avril, l'année 1998 se situe parmi les années les plus précoces pour l'éclosion des zoés d'araignée de mer.

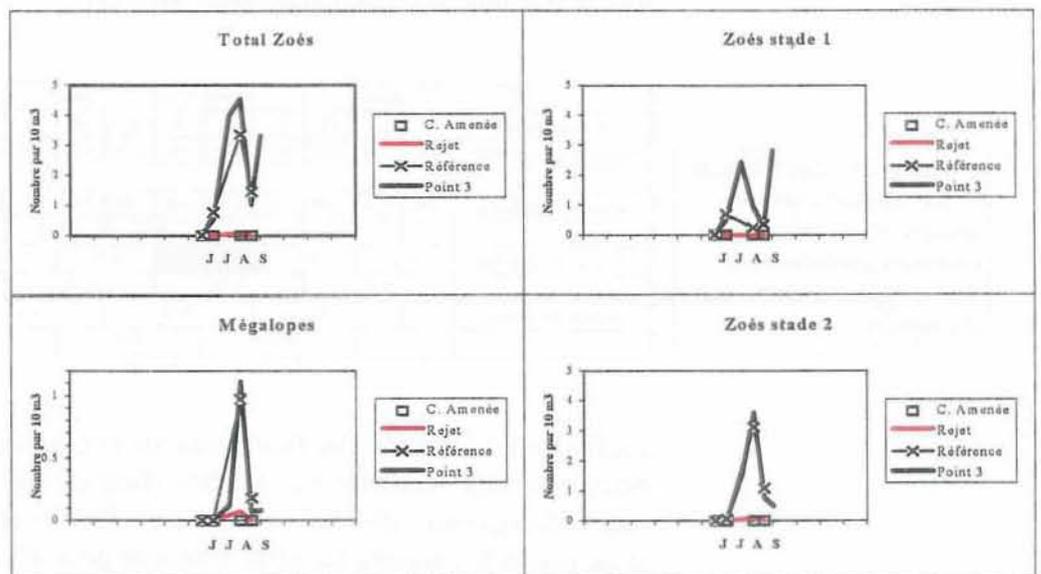
Figure 5.11.-
Relation entre le
nombre de degrés-
jours calculé sur les
deux périodes
sensibles et la date
d'apparition des zoés
d'araignée de mer.



La courbe de variation de la densité de zoés stade 1 (fig. 5.12) montre un premier pic d'abondance fin juillet, ni très précoce ni tardif par rapport à l'ensemble des années étudiées, suivi par un pic de mégalopes début août et un deuxième pic de zoés lors de la dernière mission fin août.

Après deux années d'abondance plus forte (de l'ordre de 10 par 10 m³) rappelant celles les années 1986 à 1989, la densité maximale de zoés relevée en 1998 (4,8 par 10 m³), rejoint celles notées de 1990 à 1995. L'année 1983 demeure exceptionnelle avec 61 zoés par 10 m³.

Figure 5.12 : Densité des
différents stades
larvaires d'araignée de
mer *Maia squinado*.



La figure 5.12, relative à l'année 1998, confirme 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 et 1996 ; les densités maximales de mégaloopes sont toujours partagées entre les points 3 et "Référence" montrant, comme les dernières années, des valeurs très proches ;
- l'absence quasi régulière de larves d'araignée dans le canal d'aménée ;
- le peu de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; les quelques zoés stade 2 pêchées en août 1998 correspondent à une densité maximale (0,15 par 10 m³) qui s'inscrit dans la fourchette de valeurs des années antérieures (0,07 à 1,7 par 10 m³) ; quelques mégaloopes y ont été trouvées pour la première fois.

5.1.3. Conclusion

Comme l'illustre bien la figure 2.5 de la page ?, la particularité de l'année 1998 est la douceur des températures, et en particulier celle de l'hiver et du printemps. Ceci se retrouve sur la figure 5.10 où les aires en bleu clair représentant la quantité de chaleur reçue par les araignées de mer lors des deux périodes sensibles (février et avril) sont relativement importantes cette année.

Il s'ensuit que les premières larves d'araignée éclosent précocément, dès la mi-juin. Un premier pic de zoés 1 se produit fin juillet, suivi par un pic de zoés 2 et de mégaloopes début août et un deuxième pic de stades 1 semble se dessiner fin août. La densité maximale relevée cette année (4,8 par 10 m³), rejoint les densités moyennes à faibles observées de 1990 à 1995.

La répartition des zoés selon les points se confirme d'année en année avec le point 3 le plus riche, le point Référence dont la richesse s'en approche parfois (comme cette année), la zone de rejet très pauvre et le canal d'aménée où les larves d'araignée sont très rarement représentées.

Les larves de homard, récoltées jusqu'en juillet seulement, seraient également précoces cette année. Leur abondance semble moyenne, mais il est probable que nous ayons manqué le pic d'abondance de stades 1 en raison de la faible proportion des stades 1 lors du maximum et de la présence d'un stade 4 dès le 17 juin.

5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés

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 1998, 7 bateaux de pêche sont basés dans le port de Dielette et pratiquent le casier, la palangre et les filets. Des bulotiers de Pirou se servent du nouveau port comme base avancée pendant l'été. Le nombre de bateaux de pêche des ports de Carteret et Goury ne varie pas.

L'effort de pêche déployé par les caseyeurs reste concentré dans les zones proches des caps de Flamanville et de Carteret en marées de vives-eaux, dans les secteurs plus larges du cap de la Hague ou des Ecrehous en marées de mortes-eaux. Si le nombre de casiers mouillés en mer ne varie pas beaucoup, le développement des casiers "pièges" (possédant un dispositif anti-échappement) participe à l'augmentation de l'effort de pêche. Ces casiers peuvent en effet rester en mer deux ou trois jours tout en restant efficaces.

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

Vu l'absence de statistiques fiables concernant les débarquements de crustacés, il est difficile de faire une comparaison des productions annuelles. Les pêches expérimentales nous permettent d'évaluer la tendance des captures d'une année dans le secteur de la centrale de Flamanville.

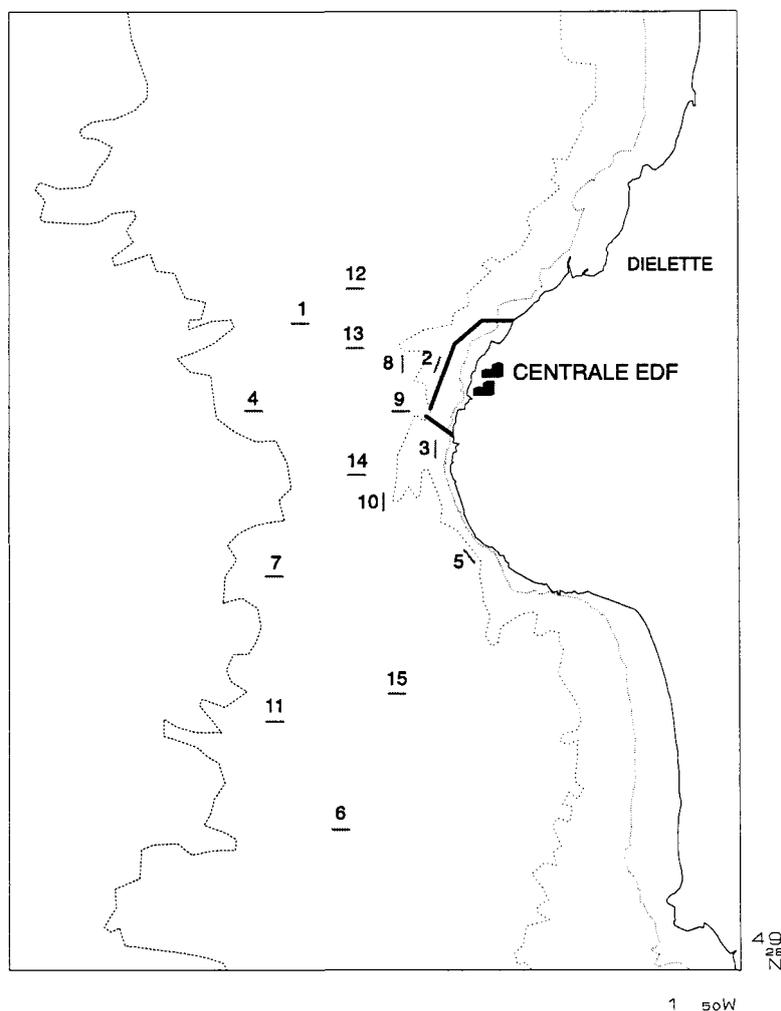
5.2.2. Pêches expérimentales

En 1998, les pêches expérimentales aux casiers ont été réalisées 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 5.16).

Figure 5.16 - 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 congelé.

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 points	Nombre de casiers
Juin	15	11	220
	16	15	300
	17	15	300
	18	15	300
Septembre	17	14	276
	18	15	296
	19	15	298
	20	15	297

5.2.2.1.2 Observations réalisées

Les observations réalisées en 1998 reposent sur 2287 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 présence éventuelle d'œufs, la dureté de la carapace (pour l'étrille) et la maturité (pour l'araignée).

5.2.2.1.3 Traitement des données

Les données recueillies sur bordereaux au cours des pêches expérimentales ont été traitées à la station de Port en Bessin grâce à un logiciel de gestion de base de données.

5.2.2.2. Principaux résultats

Les résultats de l'année 1998 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 5.6)

5.2.2.2.1.1 Rendements (figure 5.17)

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 10 casiers relevés) observés en juin et septembre 1998 sont plus faibles qu'en 1997. Le rendement moyen calculé pour l'ensemble de la saison de pêche est de 1,95 individus pour 10 casiers contre 3,1 en 1997.

5.2.2.2.1.2 Répartition des tailles (figure 5.19)

La taille moyenne des homards capturés en 1998 est de 8,7 cm (longueur céphalothoracique). C'est une valeur proche de celles qui ont été observées les années précédentes.

5.2.2.2.1.3 - Poids individuel

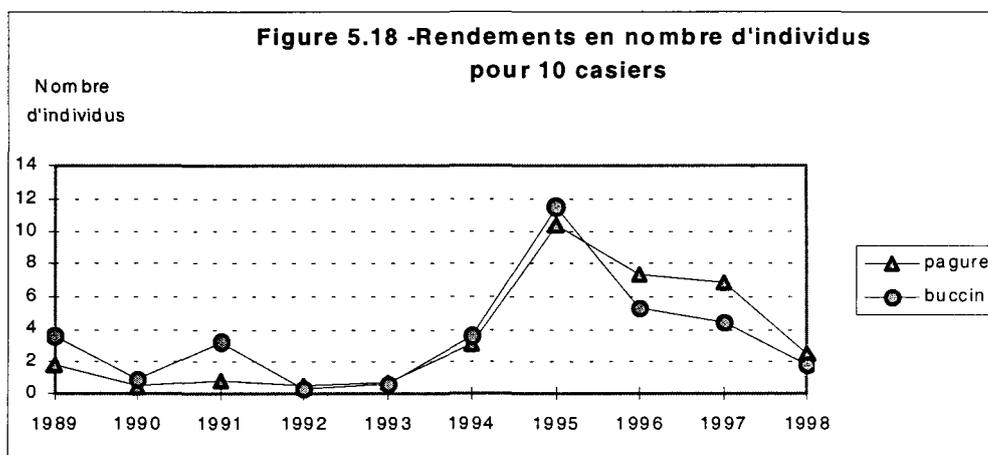
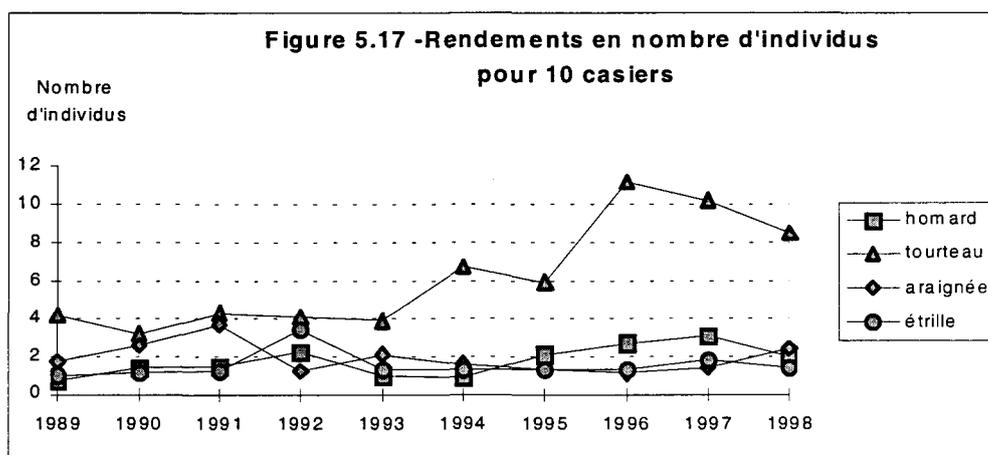
Le poids individuel est calculé à partir de la relation taille - poids élaborée en 1983 par les biologistes du Comité Régional des Pêches et Cultures marines de Bretagne (CORPECUM), du Comité Local des Pêches de Blainville, des Stations ISTPM de Roscoff et d'Ouistreham et utilisée depuis pour l'ensemble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

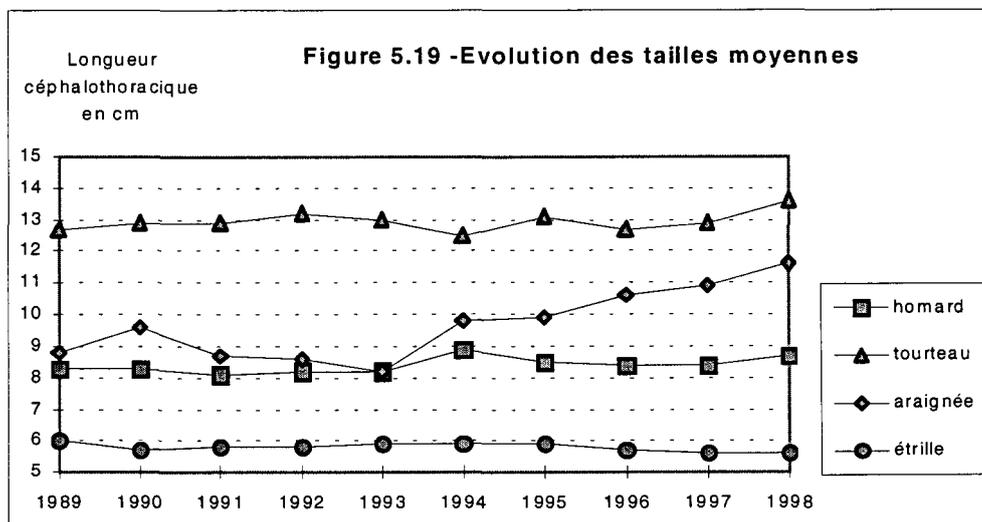
$$W = a L^b \quad \text{avec } W = \text{poids en g et } L = \text{longueur céphalothoracique en mm}$$

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

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

Le poids moyen est en légère augmentation avec 461 g contre 438 g en 1997.





5.2.2.2.1.4 - Proportion des sexes

La moyenne annuelle du pourcentage de mâles sur le nombre total de captures est très stable d'une année sur l'autre et toujours voisine de celle observée lors des années de référence : 54 % des individus sont de sexe mâle.

5.2.2.2.2 Tourteau (annexe 5.7)

Les rendements mensuels calculés pour le tourteau sont un peu plus faibles qu'en 1997 (9,6 individus pour 10 casiers en juin et 7,5 en septembre) mais ils restent élevés.

La taille moyenne des individus capturés (largeur du céphalothorax) augmente par rapport aux années antérieures. Elle est de 13,6 cm en 1998 contre 12,9 cm en 1997 (figure 5.19).

Le sex-ratio des captures est de 66 % d'individus de sexe mâle en 1998. Il était égal à 65 % en 1997.

5.2.2.2.3 Araignée (annexe 5.8)

Des pêches inhabituelles au mois de septembre provoquent une hausse du rendement moyen en 1998 : 2,4 araignées pour 10 casiers (figure 5.17).

La taille moyenne des captures est aussi en hausse : les individus pêchés en septembre étaient des adultes matures de taille marchande (longueur céphalothoracique supérieure à 12 cm) dans 50 % des cas. La longueur céphalothoracique moyenne des individus pêchés a été de 10,9 cm (figure 5.19).

Toujours une dominance de mâles dans les captures très marquée : en juin la proportion de mâles est de 93 % et elle diminue à 54 % en septembre.

5.2.2.2.4 Etrille (annexe 5.9)

Le rendement moyen est en baisse par rapport à 1997 : 1,4 individus pour 10 casiers contre 1,8 individus en 1997 (figure 5.17).

La taille moyenne (5,6 cm) n'a pas varié depuis l'année dernière (figure 5.19).

En 1998, comme pendant les années précédentes, le sex-ratio est déséquilibré : 88 % des individus sont des mâles.

5.2.2.2.5 Buccin et Paguridés (annexe 5.10 et figure 5.18)

Les rendements de pêche sont en baisse sensible depuis trois ans. Cette année, les rendements annuels moyens sont de 1,8 individus pour 10 casiers pour le buccin et de 2,5 pour les pagures.

5.3. CONCLUSION

En 1998, le comité régional des pêches a mis en application les mesures de gestion discutées les années précédentes (limitation du nombre de licences et de casiers, marquage obligatoire des casiers, limitation de l'utilisation des casiers "pièges") pour stabiliser l'effort de pêche sur la ressource en crustacés. On constate en effet que la production annuelle de crustacés en Basse Normandie diminue bien que le nombre de casiers augmente.

Dans le secteur de la centrale de Flamanville, les résultats des pêches expérimentales ont été moins bons que l'année dernière. Des captures inhabituelles d'araignées adultes au mois de septembre constituent le seul fait marquant de l'année 1998.

Annexe 5.1.- Caractéristiques des prélèvements effectués en 1998.

Mission	Date	Coeff marée	Point	Nuages	Sonde (m)	Engin	Heure début (T.U.)	Durée	Temps ap. P.M St.Malo	Volume (m ³)
133	17 Juin	62	Point 3	7	24	Bongo 1	17h 43	5mn	6h 38	351
						Bongo 2	17h 50	10mn	6h 45	378
						Neuston S	18h 10	15mn	7h 05	1749
						Neuston W	18h 11	11mn	7h 06	1270
			C. Amenée	4	6	Bongo 1	15h 07	4mn	4h 02	131
						Bongo 2	15h 19	3mn	4h 14	116
						Neuston S	15h 28	13mn	4h 23	1683
						Neuston W	15h 28	13mn	4h 23	1683
			Rejet	4	12	Bongo 1	15h 56	4mn	4h 51	254
						Bongo 2	16h 03	3mn	4h 58	234
						Neuston S	16h 13	13mn	5h 08	1579
						Neuston W	16h 13	10mn	5h 08	939
			Référence	7	22	Bongo 1	17h 05	7mn	6h 00	390
						Bongo 2	17h 16	5mn	6h 11	307
Neuston S	16h 40	20mn				5h 35	1988			
Neuston W	16h 42	12mn				5h 37	1557			
Bongo 1	17h 22	4mn				6h 42	241			
Bongo 2	17h 40	4mn30				7h 00	299			
134	1e Juillet	50	Point 3	8	24	Bongo 1	17h 22	4mn	6h 42	241
						Bongo 2	17h 40	4mn30	7h 00	299
						Neuston S	17h 40	15mn	7h 00	1890
						Neuston W	17h 40	13mn	7h 00	1495
			C. Amenée	8	6	Bongo 1	15h 04	2mn30	4h 24	144
						Bongo 2	15h 06	3mn	4h 26	173
						Neuston S	15h 21	12mn30	4h 41	1739
						Neuston W	15h 21	12mn30	4h 41	1739
			Rejet	8	16	Bongo 1	15h 50	4mn	5h 10	256
						Bongo 2	16h 00	3mn30	5h 20	203
						Neuston S	16h 07	12mn	5h 27	1383
						Neuston W	16h 08	10mn	5h 28	1003
			Référence	8	22	Bongo 1	16h 54	4mn	6h 14	214
						Bongo 2	17h 01	4mn	6h 21	270
Neuston S	16h 36	13mn				5h 56	1470			
Neuston W	16h 36	10mn				5h 56	1154			
Bongo 1	10h 47	4mn				6h 47	309			
Bongo 2	10h 57	4mn30				6h 57	272			
135	21 Juillet	72	Point 3	8	24	Neuston S	10h 20	15mn	6h 20	2251
						Bongo 1	9h 05	3mn	5h 05	157
						Bongo 2	9h 15	3mn30	5h 15	206
						Neuston S	9h 25	14mn	5h 25	1965
			Référence	8	22	Bongo 1	10h 51	5mn	7h 01	311
						Bongo 2	11h 01	4mn30	7h 11	310
136	8 Août	56	Point 3	0	24	Neuston S	11h 13	15mn	7h 23	1634
						Neuston W	11h 13	11mn	7h 23	1171
						Bongo 1	8h 21	2mn	4h 31	141
						Bongo 2	8h 27	2mn	4h 37	178
			C. Amenée	0	6	Neuston S	8h 37	8mn	4h 47	1161
						Neuston W	8h 37	8mn	4h 47	1161
						Bongo 1	8h 56	4mn	5h 06	200
						Bongo 2	9h 06	3mn30	5h 16	219
			Rejet	0	15	Neuston S	9h 15	10mn	5h 25	1633
						Neuston W	9h 15	12mn	5h 25	1355
						Bongo 1	10h 11	5mn	6h 21	412
						Bongo 2	10h 21	5mn	6h 31	369
			Référence	0	22	Neuston S	9h 47	17mn	5h 57	2023
						Neuston W	9h 47	14mn	5h 57	1618

137	19 Août	65	Point 3	4	24	Bongo 1	11h 10	4mn	7h 18	256
						Bongo 2	11h 18	5mn	7h 26	341
						Neuston S	11h 41	12mn	7h 49	999
						Neuston W	11h 41	8mn	7h 49	714
			C. Amenée	2	6	Bongo 1	8h 53	2mn30	5h 01	127
						Bongo 2	8h 59	2mn	5h 07	112
						Neuston S	9h 07	9mn	5h 15	1151
						Bongo 1	9h 32	2mn30	5h 40	191
			Rejet	3	15	Bongo 2	9h 41	3mn	5h 49	163
						Neuston S	9h 48	10mn30	5h 56	1140
						Neuston W	9h 48	8mn	5h 56	919
						Bongo 1	10h 35	4mn	6h 43	249
			Référence	4	22	Bongo 2	10h 35	4mn	6h 43	249
						Neuston S	10h 14	15mn	6h 22	1511
						Neuston W	10h 15	11mn	6h 23	1168
						Bongo 1	18h 13	4mn	6h 33	303
138	31 Août	34	Point 3	8	24	Bongo 2	18h 24	4mn30	6h 44	347
						Neuston S	17h 45	14mn	6h 05	1610
						Neuston W	17h 46	12mn	6h 06	1061
						Bongo 1	16h 25	3mn	4h 45	?
			Référence	8	22	Bongo 2	16h 36	4mn	4h 56	?
						Neuston S	16h 50	14mn30	5h 10	1626
						Neuston W	16h 50	12mn	5h 10	1248

Annexe 5.2.- Résultats des mesures hydrologiques effectuées en 1998.

Mission	Date	Point	Température (°C)		ΔT (°C)		Salinité (10 ⁻³)		Densité	
			Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond
133	17 Juin	Point 3	14,1	14,0			35,30	35,40	26,42	26,51
		C. Amenée	14,8	14,8			35,30	35,30	26,26	26,26
		Rejet	17,2	15,8	2,4	1,0	35,40	35,50	25,79	26,20
		Référence	14,6	14,1			35,30	35,30	26,31	26,42
134	1e Juillet	Point 3	14,9	14,8			35,22	35,28	26,19	26,24
		C. Amenée	15,8	15,7			34,99	35,69	25,81	26,36
		Rejet	18,1	15,2	2,3	-0,5	35,09	35,24	25,34	26,12
		Référence	15,2	15,0			35,16	35,26	26,06	26,19
135	21 Juillet	Point 3	15,9	15,8			35,30	35,33	26,03	26,06
		Référence	16,4	16,2			35,24	35,28	25,85	25,93
136	5 Août	Point 3	16,7	16,7			34,96	35,10	25,57	25,68
		C. Amenée	17,4	17,4			35,26	35,29	25,63	25,65
		Rejet	20,3	19,4	2,9	2,0	35,10	35,20	24,79	25,08
		Référence	17,3	17,0			35,10	35,10	25,50	25,61
137	19 Août	Point 3	17,3	17,3			35,10	35,18	25,54	25,61
		C. Amenée	17,9	17,9			35,24	35,24	25,49	25,49
		Rejet	20,3	20,0	2,4	2,1	34,94	34,56	24,65	24,46
		Référence	17,5	17,4			35,05	35,14	25,46	25,54
138	31 Août	Point 3	17,4	17,4			35,24	35,29	25,61	25,65
		Référence	17,8	17,6			34,98	35,12	25,33	25,47

Annexe 5.3.- Densité de larves de homard en 1998 (en nombre par 10 m3).

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total Larves	Larves St. 1	Larves St. 2	Larves St. 3	Larves St. 4	
133	17 Juin	Point 3	7	Bongo 1	0,057	0,029	0,029			
				Bongo 2						
				Moyenne						
		C. Amenée	4	Neuston S	0,029	0,014	0,014			
				Neuston W						
				Bongo 1						
		Rejet	4	Bongo 2	0,008		0,008			
				Neuston S						
				Bongo 1						
		Référence	7		Bongo 2	0,006				0,006
Neuston S										
Neuston W										
Bongo 1										
134	1e Juillet	Point 3	8	Bongo 1	0,026	0,005	0,016		0,005	
				Bongo 2						
				Neuston S						
		C. Amenée	8		Neuston W	0,020	0,020			
					Bongo 1					
					Bongo 2					
		Rejet	8		Neuston S	0,014	0,007		0,007	
					Bongo 1					
					Bongo 2					
		Référence	8		Neuston S	0,014	0,007		0,007	
					Neuston W					
					Bongo 1					
Bongo 2										
135	21 Juillet	Point 3	8	Bongo 1	0,065	0,032	0,032			
				Bongo 2						
				Moyenne						
		Référence	8		Neuston S	0,032	0,016	0,016	0,027	0,005
					Neuston S					
136	05 Août	Point 3		Bongo 1	0,040	0,005	0,005	0,025	0,005	
				Bongo 2						
				Neuston S						
		C. Amenée			Neuston W	0,040	0,005	0,005	0,025	0,005
					Bongo 1					
					Bongo 2					
		Rejet			Neuston S	0,040	0,005	0,005	0,025	0,005
					Bongo 1					
					Bongo 2					
		Référence			Neuston S	0,040	0,005	0,005	0,025	0,005
					Neuston W					
					Bongo 1					
Bongo 2										

137	19 Août	Point 3	4	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					
		C. Amenée	2	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Rejet	3	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					
		Référence	4	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					
138	31 Août	Point 3	8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston W					
		Référence	8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S Neuston W					

Annexe 5.4.- Densité de zoés et mégalopes d'araignée en 1998 (en nombre par 10 m³).

Mission	Date	Point	Engin	Mégalopes	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2	
133	17 Juin	Point 3	Bongo 1		0,08	0,08		
			Bongo 2					
			Moyenne		0,04	0,04		
		C. Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1					
			Bongo 2					
Moyenne								
Référence	Bongo 1			0,03	0,03			
	Bongo 2							
	Moyenne			0,01	0,01			
134	1 ^{er} Juillet	Point 3	Bongo 1		0,70	0,70		
			Bongo 2		0,40	0,30	0,10	
			Moyenne		0,55	0,5	0,05	
		C. Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1					
			Bongo 2					
Moyenne								
Référence	Bongo 1			0,70	0,65	0,05		
	Bongo 2			0,85	0,78	0,07		
	Moyenne			0,78	0,71	0,06		
135	21 Juillet	Point 3	Bongo 1	0,16	4,27	2,72	1,55	
			Bongo 2	0,07	3,71	2,17	1,54	
			Moyenne	0,12	3,99	2,44	1,55	
136	8 Août	Point 3	Bongo 1	1,03	4,79	0,93	3,86	
			Bongo 2	1,19	4,32	0,97	3,35	
			Moyenne	1,11	4,55	0,95	3,60	
		C. Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1	0,15	0,15		0,15	
			Bongo 2	0,14				
Moyenne	0,14		0,07		0,07			
Référence	Bongo 1	1,29	4,47	0,34	4,13			
	Bongo 2	0,65	2,25	0,14	2,12			
	Moyenne	0,97	3,36	0,24	3,12			
137	19 Août	Point 3	Bongo 1	0,08	1,17	0,39	0,78	
			Bongo 2	0,06	0,91	0,18	0,73	
			Moyenne	0,07	1,04	0,28	0,76	
		C. Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1					
			Bongo 2	0,12				
Moyenne	0,06							
Référence	Bongo 1	0,12	1,17	0,44	0,72			
	Bongo 2	0,24	1,73	0,28	1,45			
	Moyenne	0,18	1,45	0,36	1,09			
138	31 Août	Point 3	Bongo 1	0,07	3,43	3,13	0,3	
			Bongo 2	0,09	3,2	2,51	0,69	
			Moyenne	0,08	3,31	2,82	0,49	

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	12	6	6	0	9	526	50%
filière 2	32	17	14	1	8,7	456	53%
filière 3	14	11	3	0	8,2	376	79%
filière 4	14	8	6	0	8,8	475	57%
filière 5	17	9	8	0	8,5	460	53%
filière 6	12	6	6	0	9,7	671	50%
filière 7	19	12	5	2	9,9	703	63%
filière 8	14	9	5	0	8,8	474	64%
filière 9	28	19	7	2	8,6	446	68%
filière 10	30	13	17	0	8,3	387	43%
filière 11	5	5	0	0	9	513	100%
filière 12	20	10	10	0	8,5	421	50%
filière 13	14	9	5	0	8,7	462	64%
filière 14	16	6	10	0	8,3	382	38%
filière 15	7	5	2	0	8,3	493	71%

Sous total	254	145	104	5	8,7	472	57%
-------------------	------------	------------	------------	----------	------------	------------	------------

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	9	3	6	0	8,4	392	33%
filière 2	8	3	5	0	8,7	445	38%
filière 3	71	38	33	0	8,4	405	54%
filière 4	9	5	4	0	9,5	677	56%
filière 5	22	14	8	0	8,3	395	64%
filière 6	4	2	2	0	9,3	543	50%
filière 7	3	1	2	0	11	967	33%
filière 8	15	5	10	0	8,6	420	33%
filière 9	13	6	7	0	8,3	376	46%
filière 10	3	1	2	0	9	485	33%
filière 11	7	3	4	0	9,9	684	43%
filière 12	9	5	3	1	8,3	410	56%
filière 13	4	2	2	0	8,9	466	50%
filière 14	8	5	3	0	9,3	562	63%
filière 15	7	4	3	0	8,1	358	57%

Sous total	192	97	94	1	8,6	446	51%
-------------------	------------	-----------	-----------	----------	------------	------------	------------

Total	446	242	198	6	8,7 cm	461 g	54%
--------------	------------	------------	------------	----------	---------------	--------------	------------

Annexe 5.5: Résultats des pêches expérimentales de homard en 1998

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	56	48	8	0	14,9	86%
filière 2	97	57	40	0	13,2	59%
filière 3	77	41	36	0	13,4	53%
filière 4	75	44	31	0	14,8	59%
filière 5	129	80	49	0	13,9	62%
filière 6	43	22	21	0	15	51%
filière 7	64	40	24	0	14,7	63%
filière 8	66	38	28	0	14,1	58%
filière 9	89	62	27	0	13,8	70%
filière 10	104	78	26	0	12,7	75%
filière 11	24	14	10	0	15,3	58%
filière 12	61	41	20	0	14,3	67%
filière 13	74	42	32	0	13,9	57%
filière 14	77	38	39	0	13,4	49%
filière 15	39	21	18	0	15	54%
Sous total	1075	666	409	0	14 cm	62%

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	47	36	11	0	14,4	77%
filière 2	24	14	10	0	10,9	58%
filière 3	83	62	21	0	11,2	75%
filière 4	52	39	13	0	14,8	75%
filière 5	107	81	26	0	13,1	76%
filière 6	41	25	16	0	14,4	61%
filière 7	32	25	7	0	15,2	78%
filière 8	23	14	9	0	12,4	61%
filière 9	101	71	30	0	12,4	70%
filière 10	78	50	28	0	13	64%
filière 11	22	16	6	0	13,9	73%
filière 12	26	22	4	0	15,4	85%
filière 13	40	30	10	0	14,7	75%
filière 14	122	83	39	0	12,5	68%
filière 15	77	60	17	0	13,6	78%
Sous total	875	628	247	0	13,2 cm	72%
Total	1950	1294	656	0	13,6 cm	66%

Annexe 5.6 – Résultats des pêches expérimentales de tourteau en 1998

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	3	3	0	0	10,9	33%	100%
filière 2	29	27	1	1	10,6	24%	93%
filière 3	5	5	0	0	11,6	60%	100%
filière 4	12	12	0	0	10,4	8%	100%
filière 5	16	14	0	2	11,1	31%	88%
filière 6	6	5	0	1	11	17%	83%
filière 7	8	8	0	0	11,8	38%	100%
filière 8	18	17	0	1	11,1	11%	94%
filière 9	14	14	0	0	11,2	14%	100%
filière 10	22	21	0	1	11,3	5%	95%
filière 11	12	10	1	1	10,4	8%	83%
filière 12	3	3	0	0	10,9	33%	100%
filière 13	4	4	0	0	10,5	25%	100%
filière 14	8	6	0	2	11,8	13%	75%
filière 15	8	7	0	1	9,7	13%	88%

Sous total	168	156	2	10	10,9 cm	21%	93%
-------------------	------------	------------	----------	-----------	----------------	------------	------------

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	20	9	11	0	12,3	60%	45%
filière 2	9	6	2	1	8,9	0%	67%
filière 3	1	1	0	0	7,4	0%	100%
filière 4	26	17	9	0	12,9	73%	65%
filière 5	11	7	4	0	8,8	0%	64%
filière 6	62	30	31	1	11,8	37%	48%
filière 7	31	19	11	1	13,1	71%	61%
filière 8	2	2	0	0	8,6	0%	100%
filière 9	4	4	0	0	8,5	0%	100%
filière 10	19	13	6	0	11,3	37%	68%
filière 11	69	37	31	1	11,7	42%	54%
filière 12	67	34	33	0	12,1	52%	51%
filière 13	28	10	17	1	12,8	75%	36%
filière 14	7	4	3	0	10,5	14%	57%
filière 15	16	7	9	0	11,5	38%	44%

Sous total	372	200	167	5	11,8 cm	47%	54%
-------------------	------------	------------	------------	----------	----------------	------------	------------

Total	540	356	169	15	11,6 cm	39%	66%
--------------	------------	------------	------------	-----------	----------------	------------	------------

Annexe 5.7 – Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 1998

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuвées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	9	8	1	0	5,6	33%	89%
filière 2	36	33	1	2	5,6	8%	92%
filière 3	19	17	2	0	5,6	16%	89%
filière 4	2	1	1	0	6	0%	50%
filière 5	2	1	1	0	5,6	50%	50%
filière 6	0	0	0	0	0	0%	0%
filière 7	5	3	2	0	5,2	20%	60%
filière 8	29	27	1	1	5,8	10%	93%
filière 9	17	17	0	0	5,7	0%	100%
filière 10	30	28	1	1	5,5	30%	93%
filière 11	4	4	0	0	5,4	50%	100%
filière 12	9	8	0	1	5,2	0%	89%
filière 13	13	11	2	0	5,4	8%	85%
filière 14	9	8	1	0	5,3	33%	89%
filière 15	3	2	1	0	5,4	0%	67%

Sous total	187	168	14	5	5,6 cm	16%	90%
-------------------	------------	------------	-----------	----------	---------------	------------	------------

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuвées	Largeur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	7	7	0	0	5,7	0%	100%
filière 2	17	15	2	0	5,9	0%	88%
filière 3	38	34	4	0	5,7	0%	89%
filière 4	1	1	0	0	5,8	0%	100%
filière 5	12	11	1	0	5,9	0%	92%
filière 6	1	0	1	0	5,2	100%	0%
filière 7	1	0	1	0	5,5	0%	0%
filière 8	12	8	4	0	5,7	0%	67%
filière 9	9	7	2	0	5,7	0%	78%
filière 10	7	7	0	0	5,7	0%	100%
filière 11	2	2	0	0	5,4	0%	100%
filière 12	6	5	1	0	5,6	0%	83%
filière 13	2	1	1	0	5,4	50%	50%
filière 14	7	5	2	0	5,6	0%	71%
filière 15	14	13	1	0	5,6	0%	93%

Sous total	136	116	20	0	5,7 cm	1%	85%
-------------------	------------	------------	-----------	----------	---------------	-----------	------------

Total	323	284	34	5	5,6 cm	10%	88%
--------------	------------	------------	-----------	----------	---------------	------------	------------

Annexe 5.8 – Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 1998

	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total
filière 1	80	80	160	57	1	58	11	8	19
filière 2	80	75	155	0	0	0	0	1	1
filière 3	60	80	140	0	0	0	4	1	5
filière 4	80	80	160	61	0	61	22	38	60
filière 5	80	80	160	0	0	0	4	6	10
filière 6	60	80	140	31	25	56	50	38	88
filière 7	80	72	152	9	0	9	38	19	57
filière 8	80	60	140	0	0	0	1	0	1
filière 9	80	80	160	0	0	0	4	1	5
filière 10	80	80	160	0	0	0	2	10	12
filière 11	60	80	140	50	20	70	101	69	170
filière 12	80	80	160	36	29	65	9	11	20
filière 13	80	80	160	3	1	4	31	4	35
filière 14	80	80	160	4	0	4	11	0	11
filière 15	60	80	140	80	0	80	73	15	88
Total	1120	1167	2287	331	76	407	361	221	582

Annexe 5.9 – Autres résultats des pêches expérimentales en 1998

6. Conclusion

L'année 1998 a été, comme l'année 1997, globalement chaude et humide, comparée aux données météorologiques acquises dans le nord du Cotentin depuis 1949. La dernière décennie se caractérise d'ailleurs par un fort excédent moyen tant thermique que pluviométrique.

La température de l'eau de mer à proximité de la côte est, dans ces conditions, également supérieure à la moyenne 1986-1998, à l'exception du seul mois de novembre. L'excédent thermique moyen annuel de l'eau est estimé à $0,49 \text{ }^\circ\text{C.j}^{-1}$, à comparer à celui de 1997 ($0,33 \text{ }^\circ\text{C.j}^{-1}$). Les bilans thermiques extrêmes ont été enregistrés en 1986 ($-1,28 \text{ }^\circ\text{C.j}^{-1}$) et 1995 ($0,75 \text{ }^\circ\text{C.j}^{-1}$).

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 pélagique

Dans l'ensemble, les premiers résultats provisoires 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) et biologiques (assimilation des sels nutritifs par le phytoplancton marin).

L'étude de ces divers paramètres ne permet pas de mettre en évidence une influence des rejets liquides chauffés 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 à l'hétérogénéité spatio-temporelle du milieu.

L'homogénéité hydrologique du milieu est principalement due au fort brassage généré par les courants marins présents sur la zone.

La particularité de l'année 1998 est la détection de deux nouveaux vibrios halophiles, faisant également partie de la flore des eaux et sédiments marins, et pathogènes pour l'homme : *Vibrio Fluvialis* et *Vibrio metschnikovii*.

6.2. Le domaine benthique

Les principales conclusions des mesures réalisées en 1998 dans le compartiment benthique se rapportent aux observations :

- d'une augmentation du stock de *Fucus serratus* par rapport à 1997 ; les valeurs avoisinent les moyennes saisonnières enregistrées depuis 1983 ;

- d'un nombre important de pieds fertiles aux trois périodes d'observation (71 % en mars par exemple), mais un taux global de fertilité moyen à faible (39 % en mars, 11 % en juin) ;
- d'une sensible précocité du recrutement printanier des cirripèdes intertidaux, mais moins importante qu'en 1997 ; l'importance de ce recrutement printanier est toutefois proportionnelle à la rigueur de l'hiver (température douce = recrutement faible) ;
- d'une augmentation, en pourcentage, des Chthamales dans l'anse de Quedoy située à proximité immédiate de la centrale ; au bas du sémaphore, l'augmentation est plus timide et semblerait être en rapport avec la hausse de la température annuelle moyenne de l'air. Cette observation demande cependant à être confirmée.

6.3. Le domaine halieutique

Les observations réalisées au cours de l'année 1998 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 et 1996 ; les densités maximales de mégaloopes sont toujours partagées entre les points 3 et "Référence" montrant, comme les dernières années, des valeurs très proches ;
- l'absence quasi régulière de larves d'araignée dans le canal d'amenée ;
- le peu de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; les quelques zoés stade 2 pêchées en août 1998 correspondent à une densité maximale (0,15 par 10 m³) qui s'inscrit dans la fourchette de valeurs des années antérieures (0,07 à 1,7 par 10 m³) ; quelques mégaloopes y ont été trouvées pour la première fois.

Comme depuis 1989, aucune larve de homard n'a été observée dans le canal d'amenée ; de même que certaines années, quelques larves ont été pêchées aux environs des bouches de rejet début juillet.

En 1998, le comité régional des pêches a mis en application les mesures de gestion discutées les années précédentes (limitation du nombre de licences et de casiers, marquage obligatoire des casiers, limitation de l'utilisation des casiers "pièges") pour stabiliser l'effort de pêche sur la ressource en crustacés. On constate en effet que la production annuelle de crustacés en Basse Normandie diminue bien que le nombre de casiers augmente.

Dans le secteur de la centrale de Flamanville, les résultats des pêches expérimentales ont été moins bons que l'année dernière. Des captures inhabituelles d'araignées adultes au mois de septembre constituent le seul fait marquant de l'année 1998.

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**.

Chretiennot - Dinet M.J., A. Sourmia, M.Ricard and C. Billard, 1993.- A classification of the marine phytoplankton of the world from class to genus.- *Phycologia*, volume 32 (3), 159-179.

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.

Héral (M.), Woehrling (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**.

OLIVER, James D. - Sao Paulo Colloque 3 ISM 27/8-10/9/1995

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.

Scherrer (B.), 1984. - Biostatistique, Gaëtan Morin. Québec, Canada, 850 p.

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.

WHITESIDES M.D., OLIVER J.D., 1997. Studies on resuscitation of *Vibrio vulnificus* from the viable but nonculturable state. *Appl. Environ. Microbiol.* **63** : 1002-1005.

**RAPPORTS DE SURVEILLANCE DU DOMAINE MARIN CÔTIER
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. GENTHEN, 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.
- GENTHEN 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. GENTHEN, 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.
- DREVES L. (coordinateur) *et al.* (1998) - **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1997.** Rapp. IFREMER DEL/CR/98/04, mars 1998, 112 p. + annexes.
- DREVES L. (coordinateur) *et al.* (1999) - **Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1998.** Rapp. IFREMER DEL/99.09/Brest, juin 1999, 126 p.