

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

Luc Drévès

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

Juin 2000 - R. INT. DEL/00.04/Brest

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

Année 1999

RAPPORT SCIENTIFIQUE ANNUEL

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de rapport : RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : DEL/00.04/BREST	date de publication : juin 2000 nombre de pages : 122 bibliographie : Oui illustration(s) : Oui langue du rapport : Français
Diffusion : libre - restreinte - interdite Validé par : Adresse électronique : - chemin UNIX : - adresse WWW :	
Titre et sous-titre du rapport : <i>Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville année 1999 - Rapport préliminaire</i>	
Titre traduit : <i>Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant - 1999</i>	
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom DRÉVÈS Luc ERARD-LE DENN Evelyne GAFFET Jean-Dominique LUNVEN Michel MARTIN Jocelyne MIOSSEC Dominique QUINTIN Jean-Yves	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER / Brest / DEL / SR IFREMER / Brest / DEL / EC-PP IFREMER / Brest / DEL / EC / BB IFREMER / Brest / DEL / EC-PP IFREMER / Nantes / DRV / RH IFREMER / Port-en-Bessin / DRV / RH IFREMER / Brest / DEL / SR
Collaborateur(s) : nom, prénom CRASSOUS Marie Pierre DESCHAMPS Serge LE GRAND Jacqueline RUMEBE Myriam YOUENOU Agnès	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER / BREST / DEL / EC-PP Laboratoire départementale Caen IFREMER / Brest / DEL / EC / PP IFREMER / Saint-Malo / DEL / SM IFREMER / BREST / DEL / EC-PP
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 IFREMER Centre de Nantes, B.P. 21 105, 44 311 Nantes Cedex 03 IFREMER Station de Port-en-Bessin, Av. du Général de Gaulle, 14 520 Port-en-Bessin IFREMER Station de Saint-Malo, BP 46, 35 402 Saint-Malo Cedex LABORATOIRE DEPARTEMENTAL Frank DUNCOMBE, 14 053 Caen Cedex LAPHY - Centre d'études et de recherches halieutiques, B.P. 89, 64 200 Biarritz</i>	
Responsable scientifique : <i>Luc DRÉVÈS - IFREMER / Brest / DEL / SR</i>	
Cadre de la recherche :	
Programme : <i>Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin</i>	Convention de marché EDF 95.F.0160
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, 1999, N/O THALIA.</i>	

FICHE DOCUMENTAIRE

Résumé :

L'étude de surveillance n°17 du site électronucléaire de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 1999. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique. L'année 1999 est la 14^{ème} année de fonctionnement de la Centrale.

Abstract :

Monitoring n°17 of the Flamanville nuclear power plant takes into account studies conducted between March and September 1999. Impacts on hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos are reported. This power plant has been in operation for fourteen 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.* (2000) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1999 - Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER DEL/00.04/BREST, juin 2000, 122 p.

Référence particulière

MARTIN J. (2000). - Le domaine halieutique. *In* : DREVES L. (coordinateur) *et al.* (2000) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1999 - Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER DEL/00.04/BREST, juin 2000, 122 p.

Conformément à l'accord tarifaire passé entre EDF et IFREMER (document référencé n° S 68 T 0020) pour les quatre années 1998/2001, un contrat est établi annuellement entre l'Ifremer et chacun des cinq sites littoraux (Gravelines, Penly, Paluel, Flamanville) et d'estuaire (Le Blayais).

Chacun de ces contrats fait l'objet de trois documents contractuels qui 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 réalisée au cours de l'année 1999, régie par la convention de marché EDF 95.F.0160, l'**état d'avancement** a été adressé à EDF le 8 juillet 1999 [Drévès L. (1999). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1999, état d'avancement des travaux du premier semestre. Rapp. Ifremer DEL/99.11/Brest, juillet 1999, 26 p.].

Le **rapport préliminaire** a été adressé le 31 janvier 2000 [Drévès L. (coordinateur) *et al.* (2000). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 1999 - Rapport préliminaire.- Rapp. Ifremer DEL/00.01/Brest, janvier 2000, 122 p.].

Le rapport scientifique annuel fait l'objet du présent document, son édition provisoire étant le rapport préliminaire de janvier 2000.

Sommaire

	PAGE
Préambule	1
Partie 1. Le fonctionnement de la Centrale de Flamanville et programme d'intervention d'Ifremer en 1999	
1.1. Fonctionnement de la centrale _____	5
1.2. Travaux réalisés par l'Ifremer _____	8
Partie 2. Les caractéristiques environnementales de l'année 1999	
2.1. Climatologie _____	13
2.2. Température de l'eau de mer _____	16
Partie 3. Le domaine pélagique	
3.1. Méthodologie _____	23
3.2. Hydrologie _____	23
3.3. Phytoplancton _____	34
3.4. Zooplancton _____	43
3.5. Microbiologie _____	58
3.6. Trihalométhanes _____	64
Partie 4. Le domaine benthique	
4.1. Phytobenthos intertidal _____	67
4.2. Zoobenthos intertidal - substrats durs _____	75
Partie 5. Le domaine halieutique	
5.1. Larves de crustacés _____	89
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés _____	99
Partie 6. Conclusion générale _____	117
Bibliographie _____	121

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 CNEOX², 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 Sciotot (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 CNEOX et de l'ISTPM

²Centre National pour l'Exploitation des Océans

³Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

Au cours de 1999, 14^{ème} année de fonctionnement de la Centrale, les études réalisées sur le site de Flamanville sont menées sous la responsabilité de :

Luc Drévès, DEL/SR/Brest⁴, pour les caractéristiques environnementales (climatologie, température de l'eau de mer), la microbiologie, les trihalométhanes, le phytobenthos et le zoobenthos (avec la collaboration pour ces deux paramètres de **Jean-Dominique Gaffet**, DEL/EC-BB/Brest⁵), ainsi que la coordination de l'ensemble des études sur ce site ;

Evelyne Erard Le Denn, DEL/EC-PP/Brest⁶, pour le phytoplancton ;

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

Jocelyne Martin, DRV/RH/Nantes⁷, 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/SR/Brest, pour le zooplancton, en collaboration avec **Myriam Rumebe**, DEL/SM⁸.

⁴ Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral (DEL) / Service Régional de l'Environnement Littoral (SR)

⁵ Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral (DEL) / Département Ecologie Côtière (EC) / Laboratoire Biodiversité Benthique (BB)

⁶ Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral (DEL) / Département Ecologie Côtière (EC) / Laboratoire Proliférations Phytoplanctoniques (PP)

⁷ Direction des Ressources Vivantes (DRV) / Département Ressources Halieutiques (RH)

⁸ Direction de l'Environnement et de l'Aménagement littoral (DEL) / Laboratoire côtier de Saint-Malo (SM)

**1. Fonctionnement
du C.N.P.E. de Flamanville
et programme d'intervention de
l'Ifremer au cours de l'année 1999**

par Luc DREVES (DEL/SR)

1.1. Fonctionnement de la Centrale

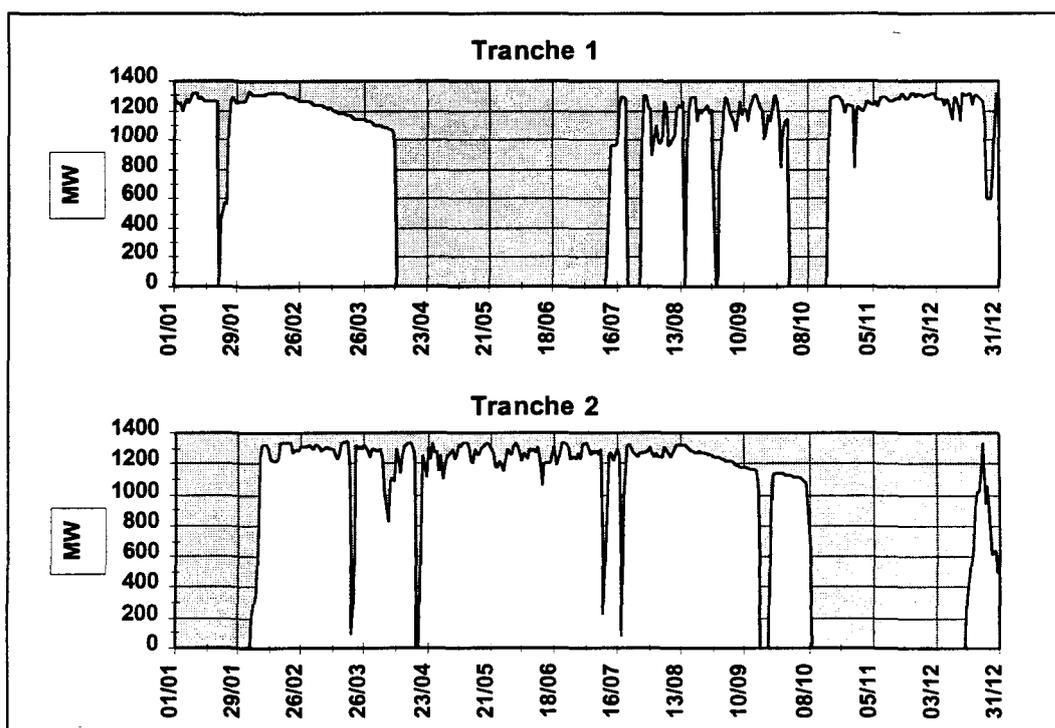
La centrale de Flamanville, située sur la côte ouest du Cotentin, comporte deux tranches de puissance électrique de 1 300 Mwe, mises en service en décembre 1985 pour la tranche 1, et juillet 1986 pour la tranche 2.

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

L'année 1999 est la quatorzième année de fonctionnement de la centrale de Flamanville, la dix-septième 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 janvier au 8 février pour la tranche 2 (figure 1.1 ; cette tranche était en arrêt depuis le 31 octobre 1998), et à compter du 10 avril pour la tranche 1.

Le second semestre est surtout marqué par le prolongement de l'arrêt de la tranche 1 jusqu'au 27 juillet, et l'arrêt de la tranche 2 à compter du 9 octobre. A noter l'arrêt simultané des deux tranches du 9 au 16 octobre inclus.



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 1999

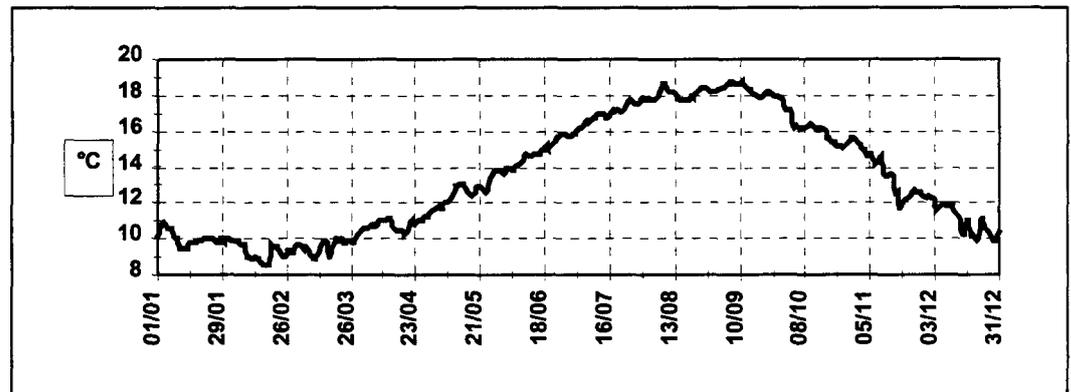
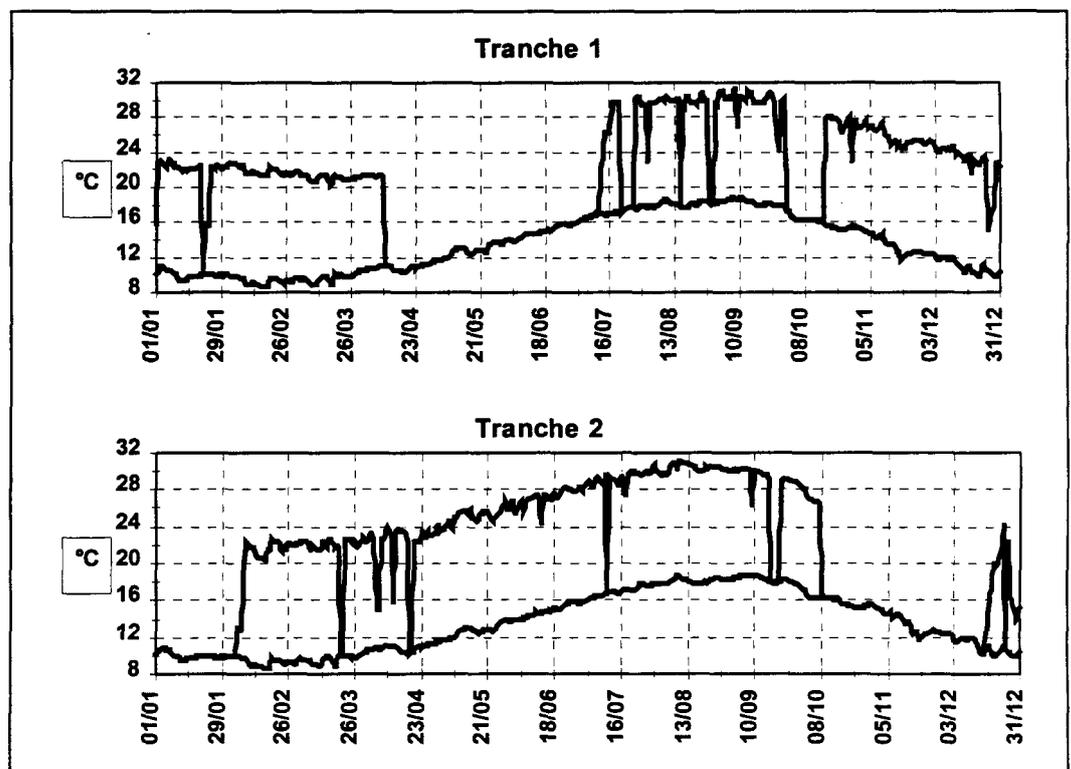


Figure 1. 3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 1999



L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'amenée peut ainsi être calculé (figure 1.4). Cet écart thermique journalier moyen est à rapprocher de la puissance nette moyenne des deux tranches (figure 1.5).

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 1999

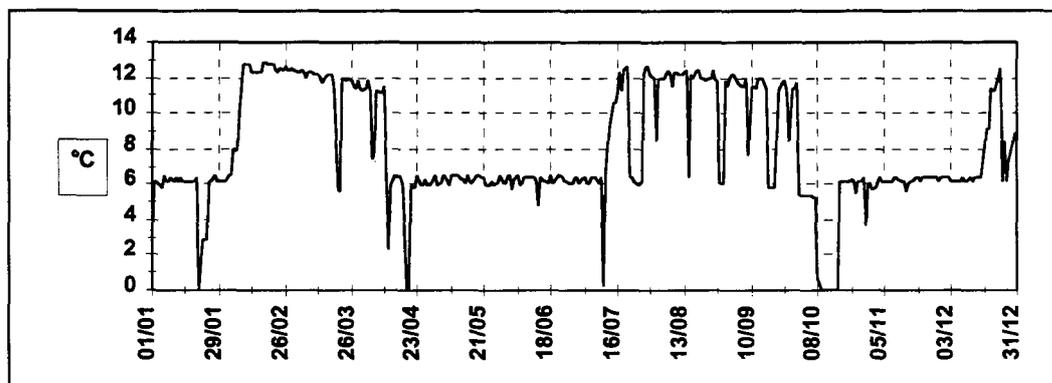
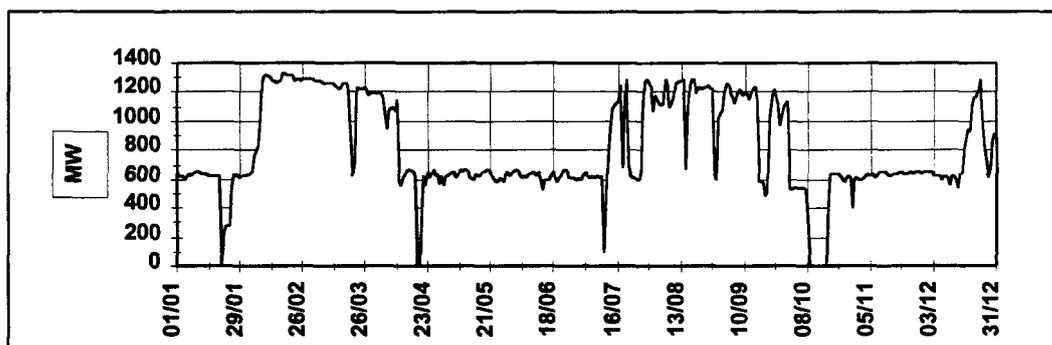


Figure 1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville au cours de l'année 1999



La procédure antisalissure par électrochloration n'a fonctionné ni en février et mars, ni en novembre. 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, 55 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans le circuit de refroidissement au cours des cinq premiers mois de l'année 1999, 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 1999

T chlore	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Tranche 1	4,7	0	0	2,6	0	0	25,1	29,2	28,9	1,7	0	0	92,2
Tranche 2	0	0	0	17,4	30,5	27,4	28,3	30,5	29,3	0	0	0	163,5
Total	4,7	0	0	20,0	30,5	27,4	53,4	59,7	58,2	1,7	0	0	255,7

Ce tonnage est inférieur à la moyenne annuelle (385 tonnes) injectée depuis 1987. Les quantités de chlore injectées annuellement sont rappelées dans le tableau 1.2 suivant

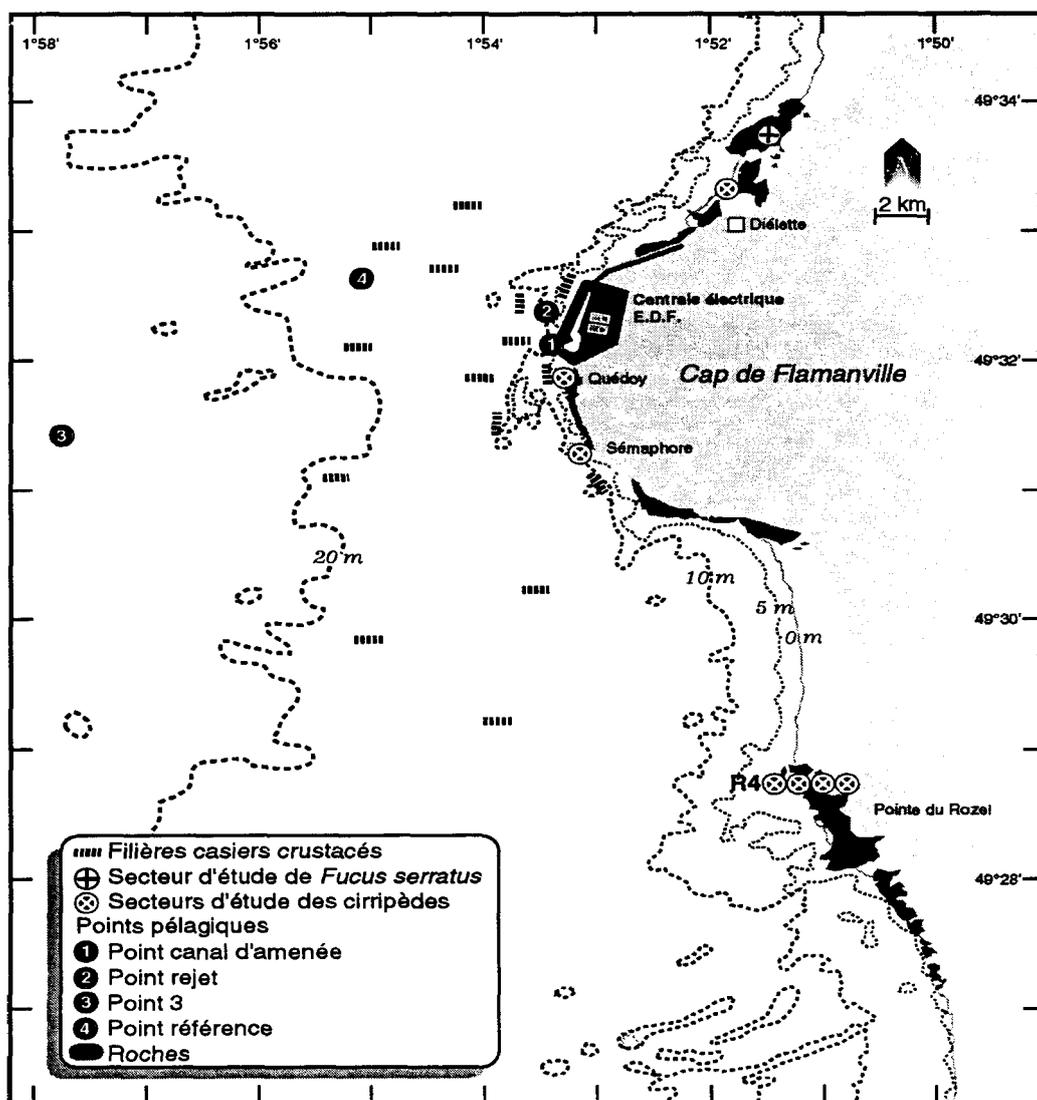
Tableau 1.2 : Récapitulatif du tonnage annuel de chlore injecté dans le circuit de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville

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 de l'année 1999 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 1.6.

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



1999	Points de prélèvements	Paramètres étudiés	Nbre répliqués à chaque point	Dates missions
DOMAINE PELAGIQUE	Référence	Température	Référence 1 à -10m Rejet 1 subsurf. C.amenée 1 subsurf.	28 / 03 27 / 06 17 / 09
		Salinité Haloformes	1 subsurface 2 subsurface	
		Sels nutritifs NH4	Référence 2 subsurf. 2 à -10m	
	Rejet	Chlorophylle Phaeopigments Production primaire Identification des espèces	Rejet 4 subsurf. C.amenée 4 subsurf.	
		Canal d'aménée	Biomasse Composition chimique (carbone, azote) Identification des espèces	
	Microbiologie		Dénombrement des - germes totaux - germes viables Recherche des vibrions halophiles	
DOMAINE BENTHIQUE	Platier de Diélette	<i>Fucus serratus</i> - Biométrie - Longueur - Nbre de dichotomies - Fertilité - Diamètre du thalle	10 pieds tous les 10 m. sur chaque radiale	19-21 / 03 [12 / 06*] 12-13 / 09
	Phytobenthos	3 Radiales Dans la zone à <i>Fucus serratus</i>	10 quadrats /secteur	19-21 / 03 [13 / 06]* 12-13 / 09
	Zoobenthos	Secteurs 1, 2, 3 Radiale R4 (points 1, 2, 3, 4) Point SEM Point QUEDOY Point Diélette Points 2, SEM, QUEDOY, Diélette	- Biomasse Substrats durs intertidaux - Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée - Etude de recolonisation	Par point : 8 quadrats 12 comptages 4 grattages Par point : quadrats (3x25)cm ²
DOMAINE HALIEUTIQUE	[Point 3] Référence Rejet Canal d'aménée N.O. Cotentin 15 points (1 filière par point)	Densité des larves d'araignée et homard - température - salinité Recueil d'informations sur la pêche professionnelle Pêches expérimentales - pour homard, tourteau, araignée, étrille (longueur, sex-ratio) - autres espèces (présence)	2 Bongo 1 Neuston surface 1 Neuston oblique 4 levées des 15 filières d'au moins 20 casiers	22 / 06 06 / 07 23 / 07 05 / 08 24 / 08 14 / 09 21-25 / 06 05-07 / 10

Tableau 1.3 :
Récapitulatif de
l'activité réalisée par
l'Ifremer au cours de
l'année 1999 devant
le C.N.P.E. de
Flamanville

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
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	28/03
	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	27/06
P H Y T H O S	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	17/09
	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	19-21 /03
										12-13 /06	03-04 /06	06 /06	22 /06	12 /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	12-13 /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	19-21 /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	13 /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	12-13 /09
H A L I E U T H I Y Q D 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	22/06
	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	06/07
	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	23/07
	12/08	14/08		24/08	04/08	07/08	06/08	30/07		03/08	07/08	26/08	05/08	05/08
H A L I E U T H I Y Q D U R E O	04/09	01/09	07/09	07/09	27/08	24/08	20/08	23/08	13/09			09/09	19/08	24/08
	23/09	20/09	22/09	21/09	11/09	05/09	08/09						31/08	14/09
H A L I E U T H I Y Q D U R E O	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	21-25 /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							
H A L I E U T H I Y Q D U R E O	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	05-07 /10

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 1999

par Luc DREVES (DEL/SR)

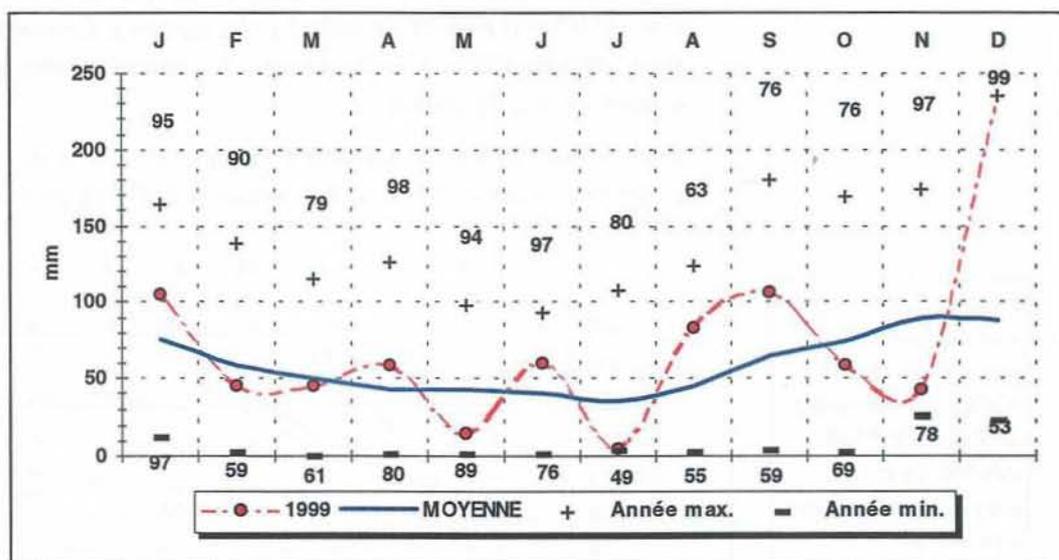
2.1. Climatologie

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

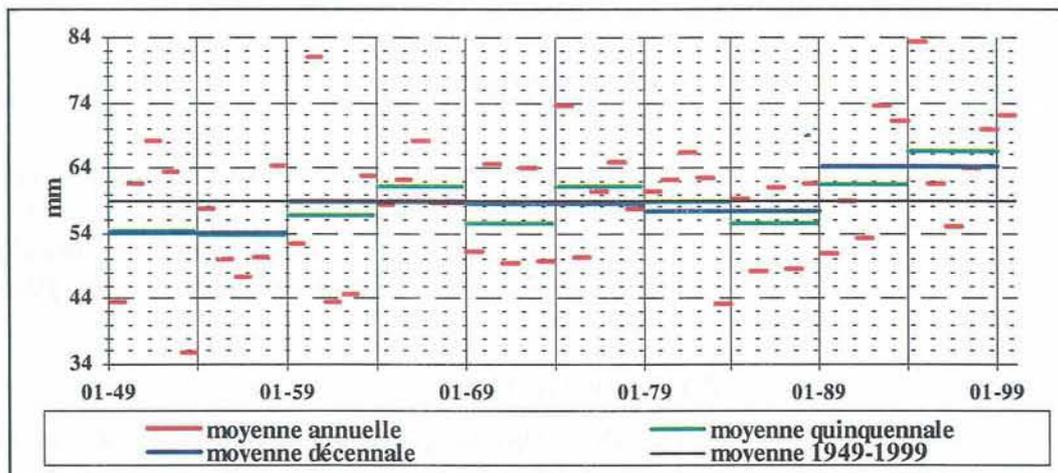
Depuis 1949, la pluviométrie interannuelle moyenne sur le nord-ouest Cotentin (figure 2.1) est maximale d'octobre à janvier, le maximum des précipitations étant noté en novembre avec 89,3 mm de hauteur moyenne d'eau. La période la plus sèche s'étend d'avril à août, les valeurs moyennes mensuelles variant de 35,4 mm (juillet) à 45 mm (août). Le mois de décembre 1999 a été le plus humide avec 236 mm (le second est septembre 1976 avec 180 mm), et mars 1961 le plus sec avec 0 mm (seulement des traces). Le total annuel moyen sur la période de 1949-1999 est de 708 mm, variant de 430 mm en 1953 à 1001 mm en 1994.

Figure 2.1
Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague en 1999, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles obtenues depuis 1949.



Sur la période 1949-1999, l'observation des cumuls moyens mensuels par période quinquennale ou décennale (figure 2.2), comparés au cumul moyen mensuel des cinquante dernières années (59,0 mm) permet d'apprécier la forte pluviométrie mensuelle moyenne de la décennie 1989/1998 (64,2 mm), et surtout de la période quinquennale 1994/1998 (66,9 mm). Cela représente 13 mm de plus que pendant la période 1954-1959 (54 mm), la plus sèche. La moyenne mensuelle observée en 1999 (72,0 mm) est supérieure à la moyenne.

Figure 2.2 :
Pluviométrie au
sémaphore de La
Hague de 1949 à
1999.
Cumuls moyens
mensuels, calculés
sur 5 et 10 ans,
comparés au
cumul moyen
mensuel observé
sur la période
totale (58,7 mm)

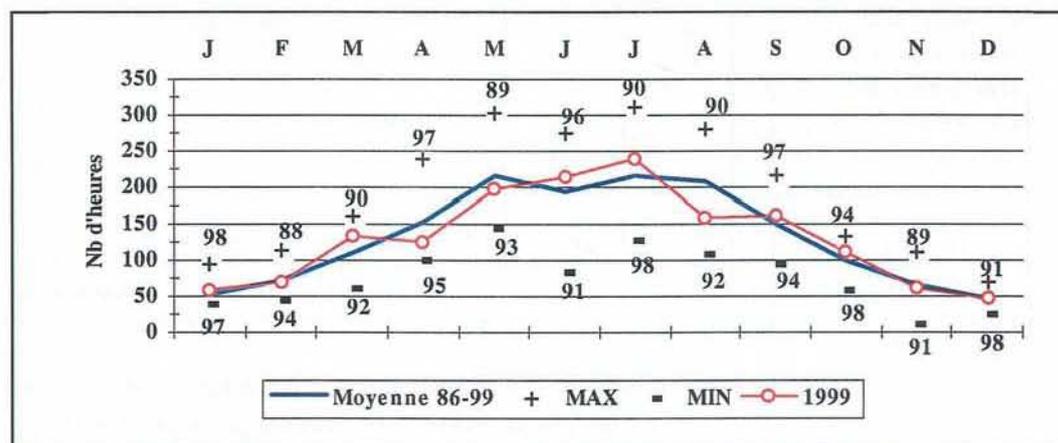


2.1.2. Insolation

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 (217 heures). La couverture nuageuse peut perturber ce schéma. Ainsi, le mois de juin présente une durée d'insolation moyenne (195 heures) inférieure à celle enregistrée en mai et en juillet (215 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 1 590 heures, les années extrêmes étant 1990 (2 034 heures) et 1991 (1 241 heures).

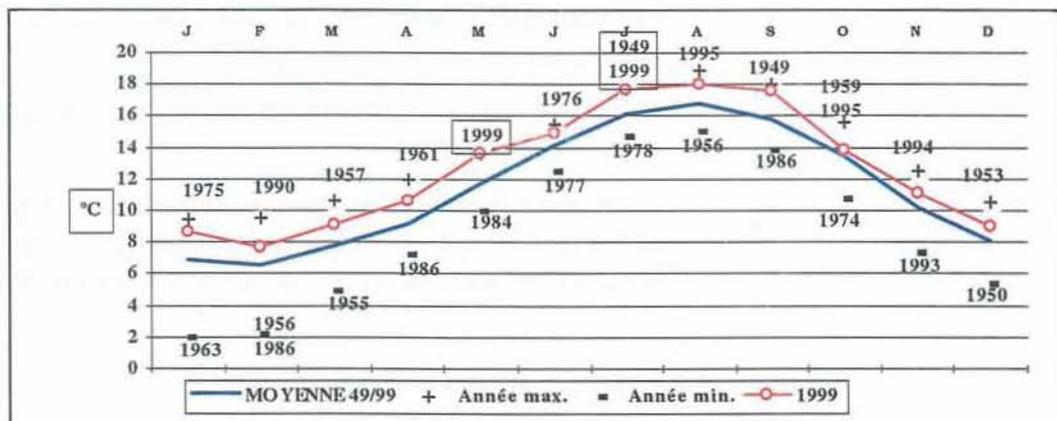
Figure 2.3 :
Insolation
mensuelle à
Valognes au cours
de l'année 1999,
comparée aux
moyenne et valeurs
extrêmes
mensuelles
obtenues depuis
1986



2.1.3. Température de l'air

Au cours des 51 dernières années, la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.4) varie de 6,6 °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).

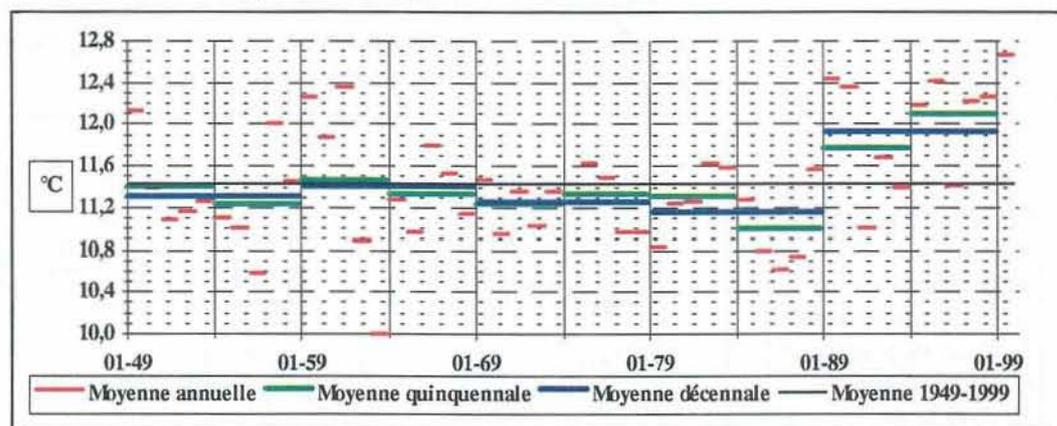
Figure 2.4 :
Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 1999, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées depuis 1949



La température moyenne annuelle est de 11,44 °C, avec un écart thermique moyen de 10,28 °C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud. Sur la période 1949/1999, l'année la plus chaude est 1999 avec 12,67 °C (succédant à 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.

Sur la période 1949-1999, 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 décennie 1989/1998 (11,9 °C), et surtout de la période quinquennale 1994/1998 (12,1 °C). Au cours des cinquante 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 1999. Comparaison des moyennes mensuelles quinquennales et décennales à la moyenne sur la période totale (11,44 °C)



2.1.4. Caractéristiques de l'année 1999

L'année 1999 se caractérise par :

- un cumul annuel des précipitations (863,6 mm) supérieur au total moyen annuel enregistré depuis 1949 (707,7 mm) ; 6 mois présentent des valeurs inférieures aux moyennes saisonnières, notamment juillet très sec (4,4 mm) avoisinant le minimum de 1949 (3,8 mm) ; le record de

précipitations observées en décembre est le fait de la 3^{ème} décade (131 mm) ;

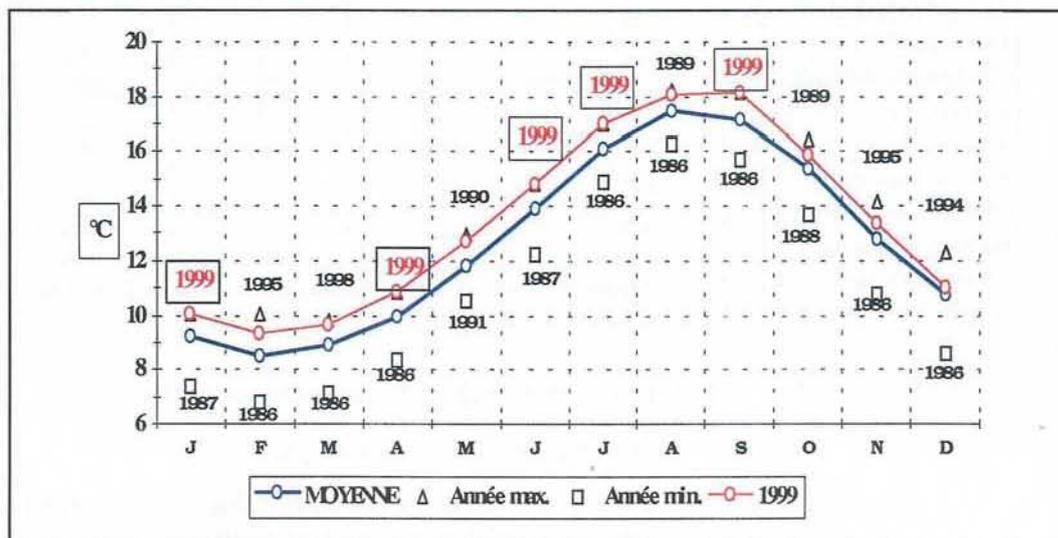
- une insolation annuelle (1576 heures) inférieure à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1590 h.) ;
- des températures moyennes mensuelles supérieures aux moyennes saisonnières tout au long de l'année, avec l'établissement de nouvelle température mensuelle maximale en mai (13,6 °C) et juillet (17,7 °C).

2.2. Température de l'eau de mer

Depuis 1986, EDF effectue un relevé quotidien (à 16h00) de la température de l'eau de mer dans le canal d'aménée. Le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'aménée (8,47 °C) est noté en février (figure 2.6), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 1995 (10,02 °C). Le maximum mensuel moyen (17,5 °C) est observé en août, oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,23 °C en 1989. La température moyenne annuelle est de 12,67 °C, les extrêmes étant 11,34 °C en 1986 et 13,40 °C en 1999.

Au cours de l'année 1999, les températures moyennes mensuelles de l'eau de mer sont supérieures aux moyennes saisonnières. Cette observation est à rapprocher de celle faite sur l'air. De nouvelles valeurs mensuelles moyennes maximales sont enregistrées pour les mois de janvier (10,01 °C), avril (10,84 °C), juin (14,85 °C), juillet (17,00 °C) et septembre (18,11 °C). Le mois le plus froid fut février. La température moyenne journalière la plus basse (8,6 °C) fut notée du 16 au 18 février, l'eau se réchauffant plus ou moins régulièrement par la suite.

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

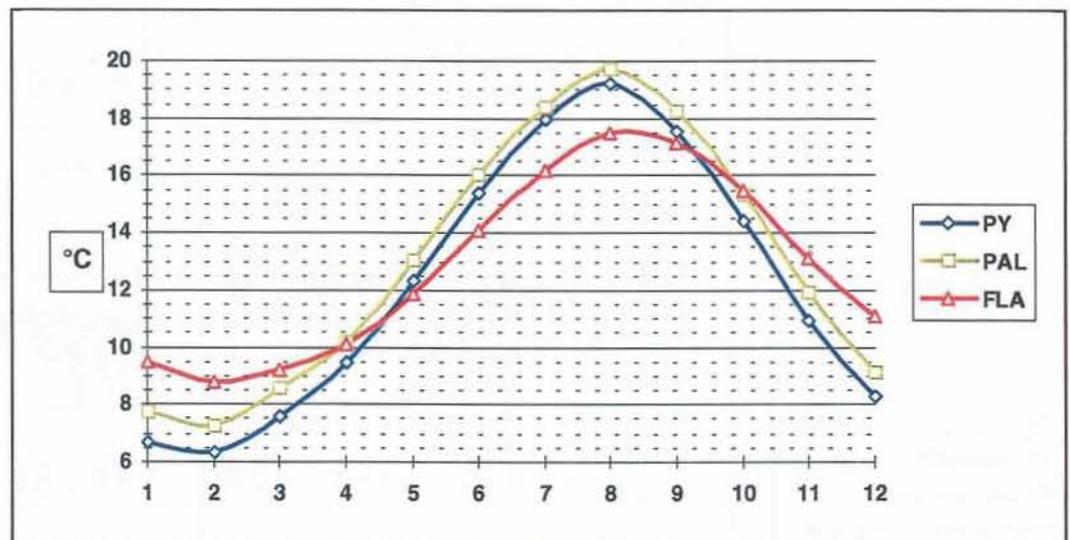


Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 14 années est calculé. Les valeurs oscillent entre $-3,1\text{ °C}$ (le 15/11/1986) et $+2,3\text{ °C}$ (le 27/11/1994). La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (figure 2.7), ou, par exemple, les conditions thermiques des périodes précédant les jours de prélèvements.

Ces écarts, moyennés sur l'année, permettent d'apprécier l'excédent thermique de l'année 1999 ($+0,72\text{ °C.j}^{-1}$, ce qui la situe au premier rang juste devant 1995 ($+0,70\text{ °C.j}^{-1}$) et 1990 ($+0,53\text{ °C.j}^{-1}$). A l'opposé, les années déficitaires sont 1986 ($-1,34\text{ °C.j}^{-1}$) et 1987 ($-0,71\text{ °C.j}^{-1}$).

Ces températures de l'eau de mer observées à Flamanville (Manche-ouest) sont comparées à celles enregistrées, depuis 1991, dans le canal d'aménée des deux autres sites de Paluel et Penly situés en Manché-est (figure 2.8). Le caractère plus océanique de Flamanville apparaît nettement, à savoir plus doux en hiver que les autres sites plus continentaux, et plus frais en été.

Figure 2.8 :
Comparaison des températures mensuelles moyennes de l'eau de mer entre Penly (PY), Paluel (PAL), et Flamanville (FLA) de janvier 1991 à décembre 1999



Sur cette période 1991/1999, la température moyenne annuelle de l'eau de mer à proximité immédiate de la côte est de $12,22\text{ °C}$ à Penly, $12,98\text{ °C}$ à Paluel, et $12,85\text{ °C}$ à Flamanville.

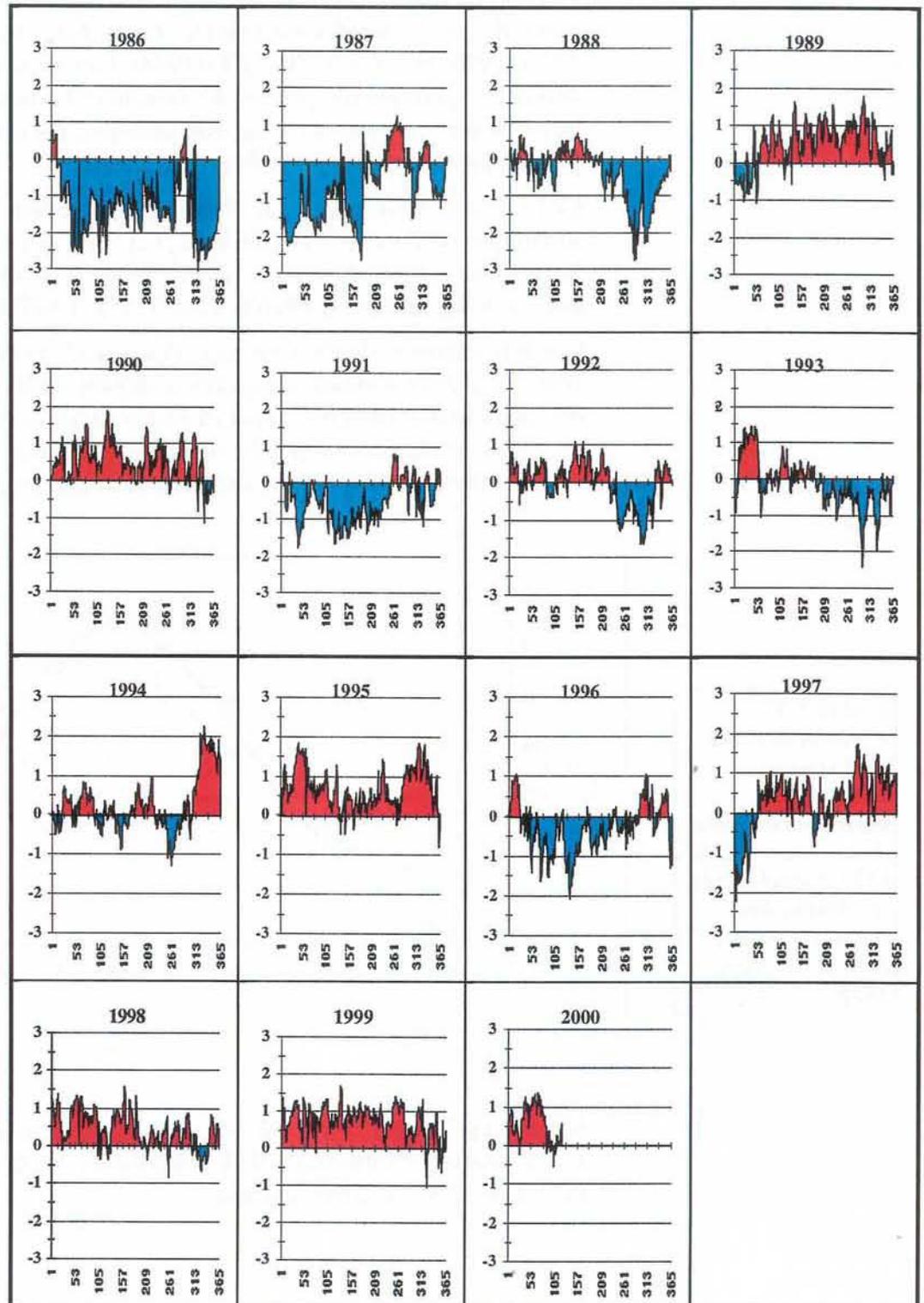
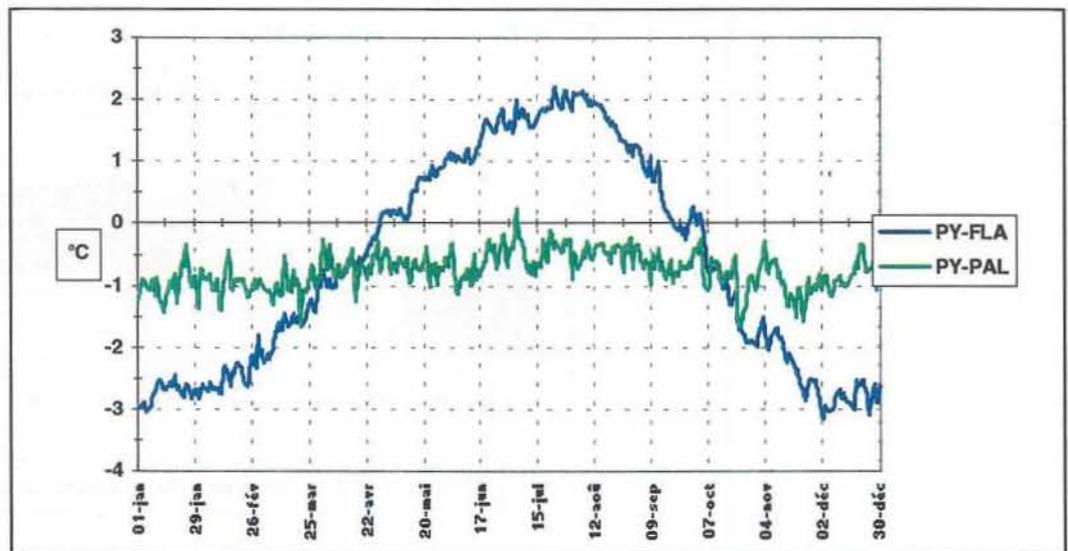


Figure 2.7 : CNPE de Flamanville. Anomalies de la température de l'eau de mer - Ecart journalier, en °C, à la moyenne quotidienne (moyenne du jour estimée sur la période 1986 - 1999). La période janvier - avril 2000 est présentée à titre indicatif

L'observation des écarts journaliers moyens de 1991 à novembre 1999 (figure 2.9) 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.

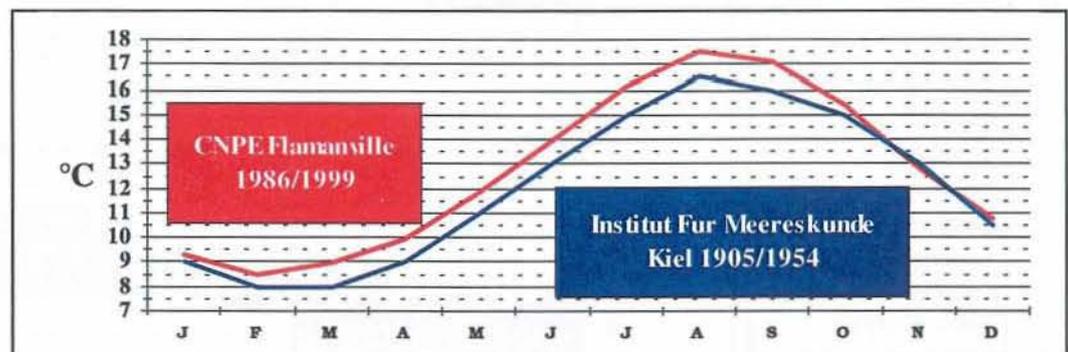
La même comparaison entre Penly et Paluel montre l'aspect plus frais du site le plus à l'est, à l'exception toutefois de 2 à 3 jours début juillet. On s'attendait à une inversion des écarts plus longue dans le temps, même si ceux-ci sont plus faibles. Ce phénomène naturel mériterait une explication.

Figure 2.9 : Ecart journaliers moyens de la température de l'eau de mer, de janvier 1991 à décembre 1999, entre Penly et Flamanville (PY-FLA) et Penly et Paluel (PY-PAL)



La comparaison des données de température de l'eau acquises par EDF avec celles acquises de 1905 à 1954 par l' Institut Fur Meereskunde KIEL montre un échauffement de l'eau de mer au cours des trois premiers trimestres.

Figure 2.10 : Comparaison des données de température de l'eau acquises dans le secteur nord-ouest Cotentin



L'évolution, au cours d'une année type représentative de la période 1986-1999, des quatre paramètres étudiés dans ce secteur du nord-ouest Cotentin est résumée à la figure 2.11. Leur interaction est ainsi visualisée, comme, par exemple, l'élévation de la température de l'air précédant celle de l'eau.

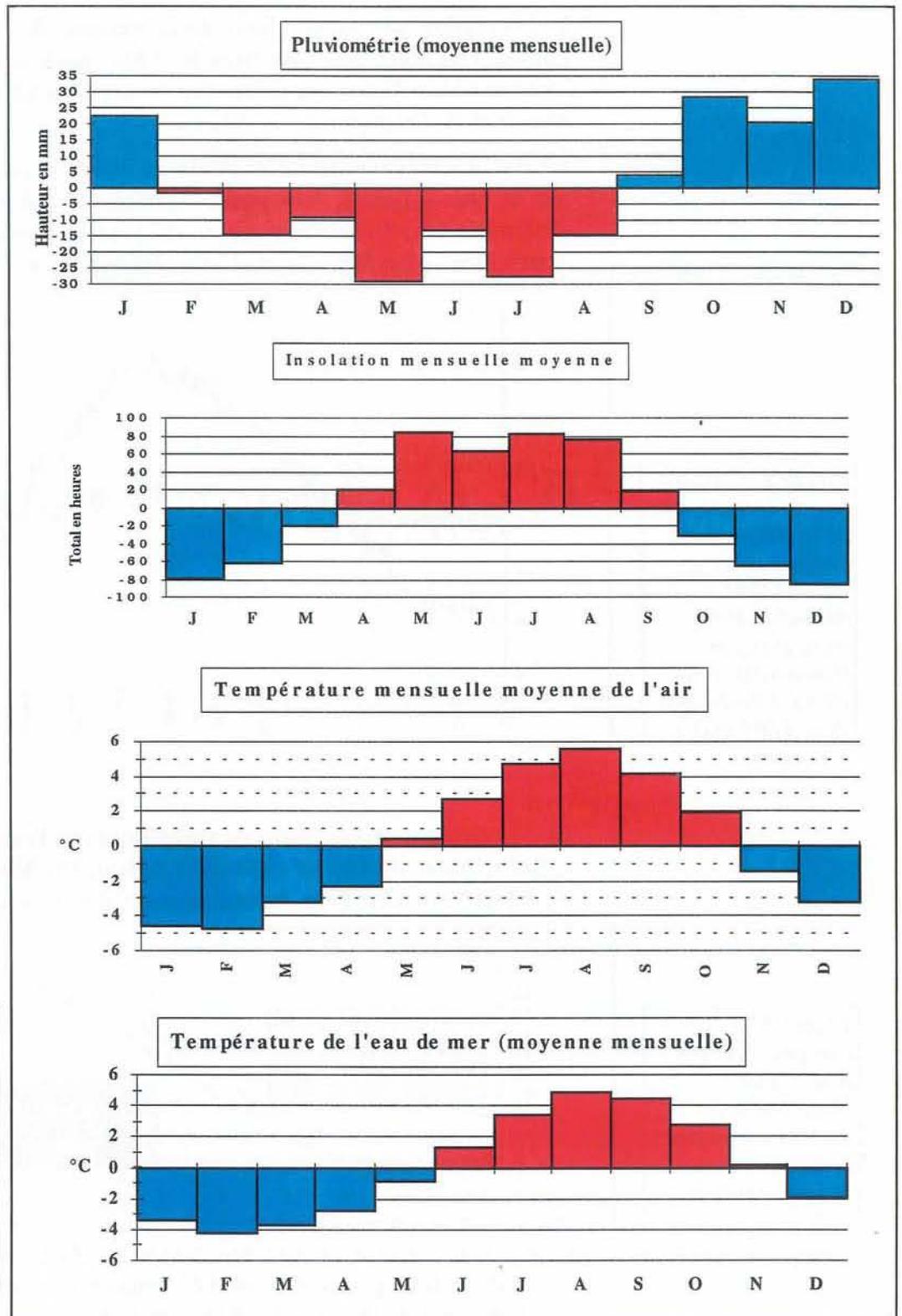


Figure 2.11 : Synthèse environnementale au Cap de Flamanville, sur la période 1986-1999 (pour chaque paramètre, écart mensuel moyen à la moyenne annuelle).

3. Le domaine pélagique

Etudes et rapport réalisés au Centre IFREMER de BREST par

<i>Luc</i>	<i>DRÉVÈS</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>Jacqueline</i>	<i>LE GRAND</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Myriam</i>	<i>RUMEBE</i>	<i>(Zooplancton)</i>
<i>Agnès</i>	<i>YOUENOU</i>	<i>(Hydrologie)</i>

et des

*Laboratoire d'Analyses de Prélèvements Hydrobiologiques - LAPHY
de BIARRITZ*

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

3.1 Méthodologie

De 1987 à 1992, l'étude de la 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 1999 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 à la page 9. Les campagnes se sont déroulées par des coefficients de 61-67 le dimanche 28 mars, 67-69 le dimanche 27 juin, et 28-28 le vendredi 17 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. 1.6, page 8).

3.2 Hydrologie

En 1999, tous les paramètres hydrologiques, température, salinité, sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, phosphate, silicate) ont été mesurés lors de trois campagnes. A chaque point de prélèvement, les mesures des réplicats sont moyennées et représentées sous forme de tableau (3.1) et de figures (3.2 à 3.7).

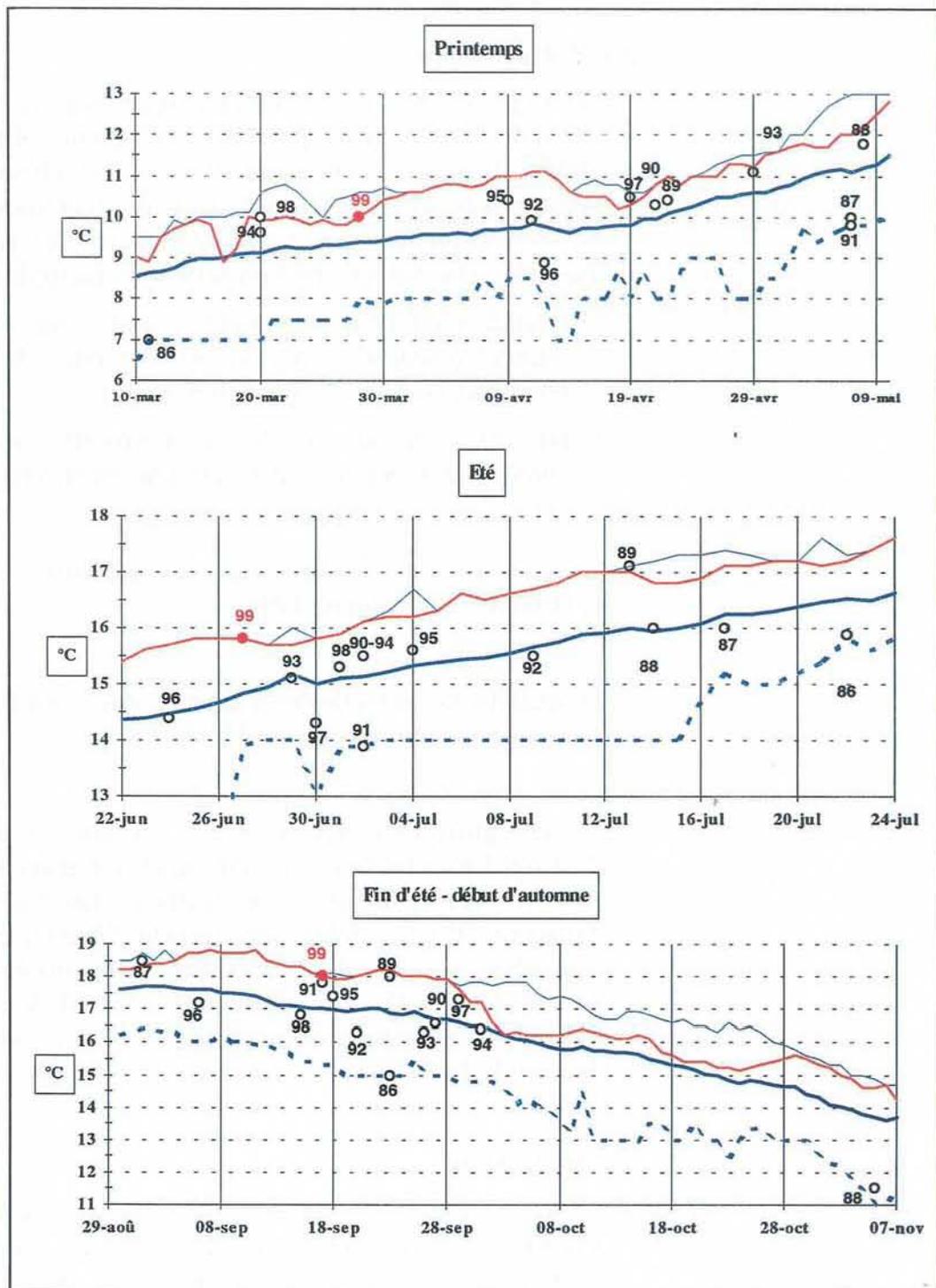


Figure 3.1 :
 Température de l'eau
 de mer dans le canal
 d'amenée de
 Flamanville - Valeur
 observée en 1999
 (courbe rouge) et le
 jour de la mission
 (99 = année 1999)
 comparée à la
 moyenne journalière,
 et valeurs mini -
 maxi, sur la période
 1986-1999

3.2.1 Température

Les températures de l'eau de mer relevées au cours des trois campagnes de l'année 1999 sont conformes à celles des années précédentes. Elles sont à relier à la climatologie de l'année 1999 qui a présenté des températures clémentes, lors des trois premiers trimestres, avec une valeur record en mai (13,60°C). Ceci explique les températures d'eau de mer relativement élevées, mesurées sur les points non impactés par la centrale (Canal d'Amenée et Référence), à la fin du printemps et surtout au mois de septembre (18°). Cette dernière valeur est la plus forte observée depuis 10 ans.

Lors de la deuxième campagne, effectuée à la fin du mois de juin, on peut noter une valeur de température plus élevée au Canal d'Amenée qu'à la station Référence. De même, l'observation de la série de température relevée en début d'été (figure 3.1), montre que ce phénomène est assez reproductible d'une année sur l'autre. Ceci s'explique par l'existence en cette période de l'année, d'un gradient côte-large des températures de l'eau de mer (Rapport d'Avant-Projet 1^{er} cycle, octobre 1977) : les eaux les plus chaudes se trouvant alors à la côte.

Les échauffements de température moyens relevés sur le Rejet, lors des trois campagnes, sont inférieurs à 1,5 °C. Le maximum d'échauffement est mesuré au mois de mars (1,23 °C). A partir de ces valeurs, il est possible de calculer la proportion d'eau réchauffée au point Rejet en appliquant l'équation 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)

28 mars	Température °c	Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
Canal amenée (surface)	10,3 ±0.01	35,21	0,11 ±0.06	7,2 ±0.82	0,16 ±0.03	0,48 ±0.16	2,7 ±0.33
Rejet (surface)	11,53 ±0.11	35,18	0,2 ±0.19	7,56 ±1.00	0,2 ±0.07	0,81 ±0.16	3,78 ±0.36
Référence (surface)	9,7 ±0.01	35,27	0,07 ±0.03	5,93 ±2.02	0,12 ±0.05	0,79 ±0.32	2,95 ±1.13
Référence (- 10m)	9,65 ±0.01	35,30	0,13 ±0.06	4,9 ±0.83	0,11 ±0.01	0,72 ±0.49	2,32 ±0.78

27 juin	Température °c	Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
Canal amenée (surface)	15,79 ±0.49	35,13	0,06 ±0.02	0,11 ±0.11	0,01 ±0.01	0,08 ±0.07	1,85 ±0.30
Rejet (surface)	16,36 ±0.17	35,16	0,03 ±0.01	0,05 ±0.04	0,01 ±0.01	0,09 ±0.06	2,01 ±0.30
Référence (surface)	14,84 ±0.01	35,26	0,08 ±0.00	0,22 ±0.00	0,06 ±0.05	0,11 ±0.03	1,55 ±0.00
Référence (- 10m)	14,85 ±0.01	35,26	0,2 ±0.16	0,08 ±0.01	0,03 ±0.00	0,1 ±0.01	4,22 ±3.03

17 septembre	Température °c	Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
Canal amenée (surface)	18,04 ±0.07	35,01	0,21 ±0.03	2,91 ±0.37	0,25 ±0.04	0,295 ±0.05	3,89 ±0.48
Rejet (surface)	19,02 ±0.36	34,98	0,24 ±0.02	3,35 ±0.45	0,275 ±0.01	0,31 ±0.03	4,4 ±0.50
Référence (surface)	17,65 ±0.00	35,05	0,26 ±0.03	2,68 ±0.54	0,24 ±0.05	0,3 ±0.06	3,66 ±0.58
Référence (- 10m)	17,79 ±0.01	35,18	0,26 ±0.00	3,24 ±0.25	0,26 ±0.01	0,29 ±0.01	4 ±0.18

Tableau 3.1 :
Moyennes et
écarts-types des
paramètres
hydrologiques à
Flamanville en
1999

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 1999, il est possible d'établir le tableau suivant :

Tableau 3.2 :
Echauffement de l'eau de mer calculé au rejet de la centrale de Flamanville en 1999

<i>Date</i>	<i>T° CA</i>	<i>T° SC</i>	<i>T° Rejet</i>	<i>π</i>
28 Mars	10.30	20.9	11.53	0,116
27 Juin	15,79	27.8	16.36	0,054
17 Septembre	18.04	29,7	19.02	0,084

- En mars : $\pi = 0,116$, ce qui correspond à une dilution de 88 %
- En juillet : $\pi = 0,054$, ce qui correspond à une dilution de 95 %
- En septembre : $\pi = 0,084$, ce qui correspond à une dilution de 92 %.

Les dilutions ainsi calculées sont sensiblement inférieures à celles obtenues les années précédentes. Ceci peut être attribué à la dispersion rapide des eaux échauffées à la sortie du Rejet. En considérant les températures moyennes relevées au point Référence et au Canal d'Amenée, on ne peut estimer aucun échauffement particulier attribuable au fonctionnement de la Centrale en ces points. De même, il n'apparaît pas de recyclage de l'eau du point Rejet par échauffement de l'eau du Canal d'Amenée.

3.2.2 Salinité

Les valeurs de salinité mesurées lors des trois campagnes de prélèvement en 1999 sont comparables à celles mesurées les années précédentes. Lors de la campagne de juin, on peut noter la présence d'un gradient côte-large avec des eaux plus dessalées et plus chaudes à la côte. On ne peut constater aucune modification notable de la Salinité au point Rejet liée au fonctionnement de la centrale.

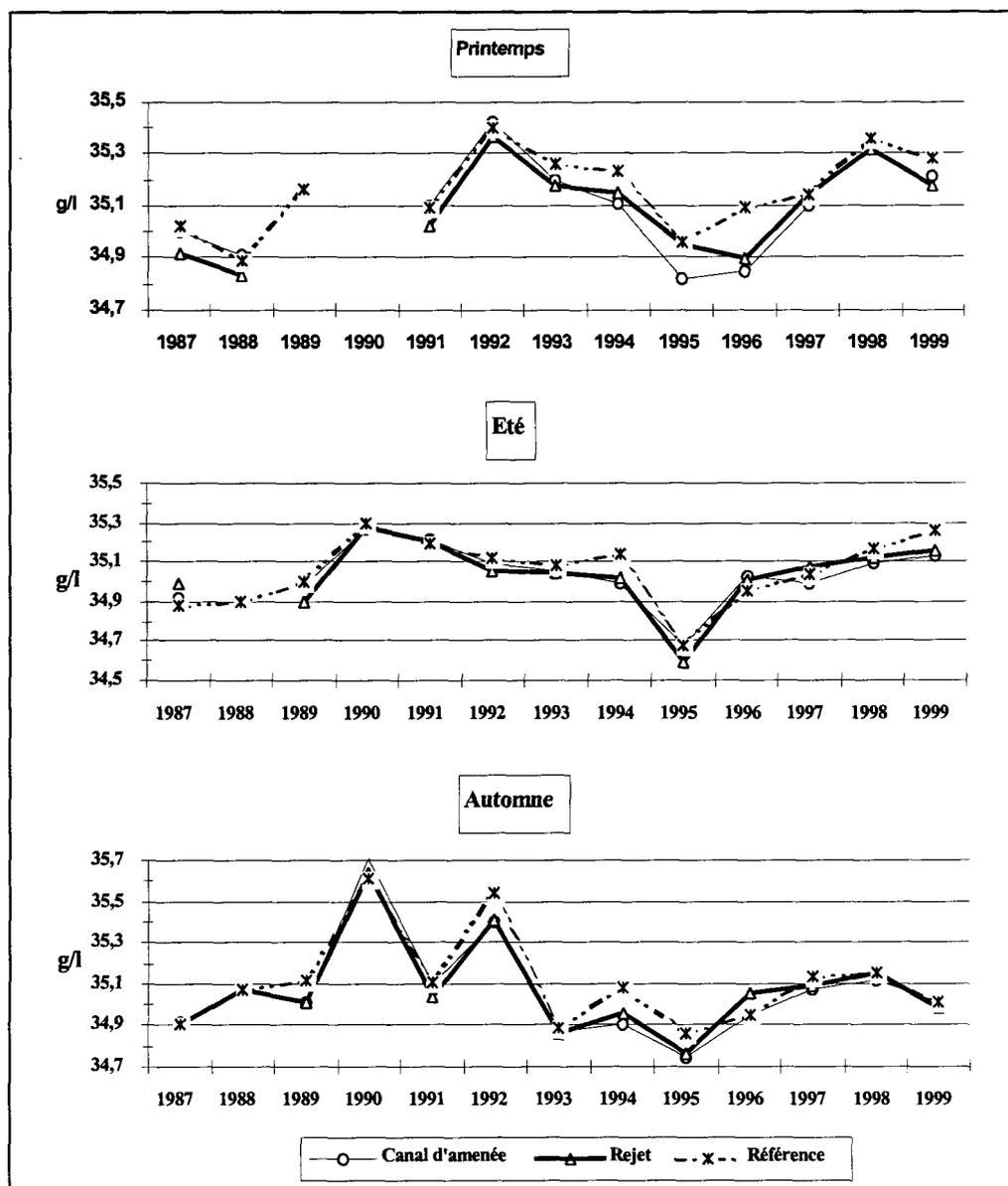


Figure 3.2 :
Evolution de la
salinité de 1987 à
1999 au droit du
CNPE de
Flamanville

3.2.3 Ammonium

Les teneurs en Ammonium mesurées lors des trois campagnes effectuées en 1999 sont faibles. La concentration maximale a été mesurée en fin de période estivale avec 0.25 $\mu\text{mole/litre}$.

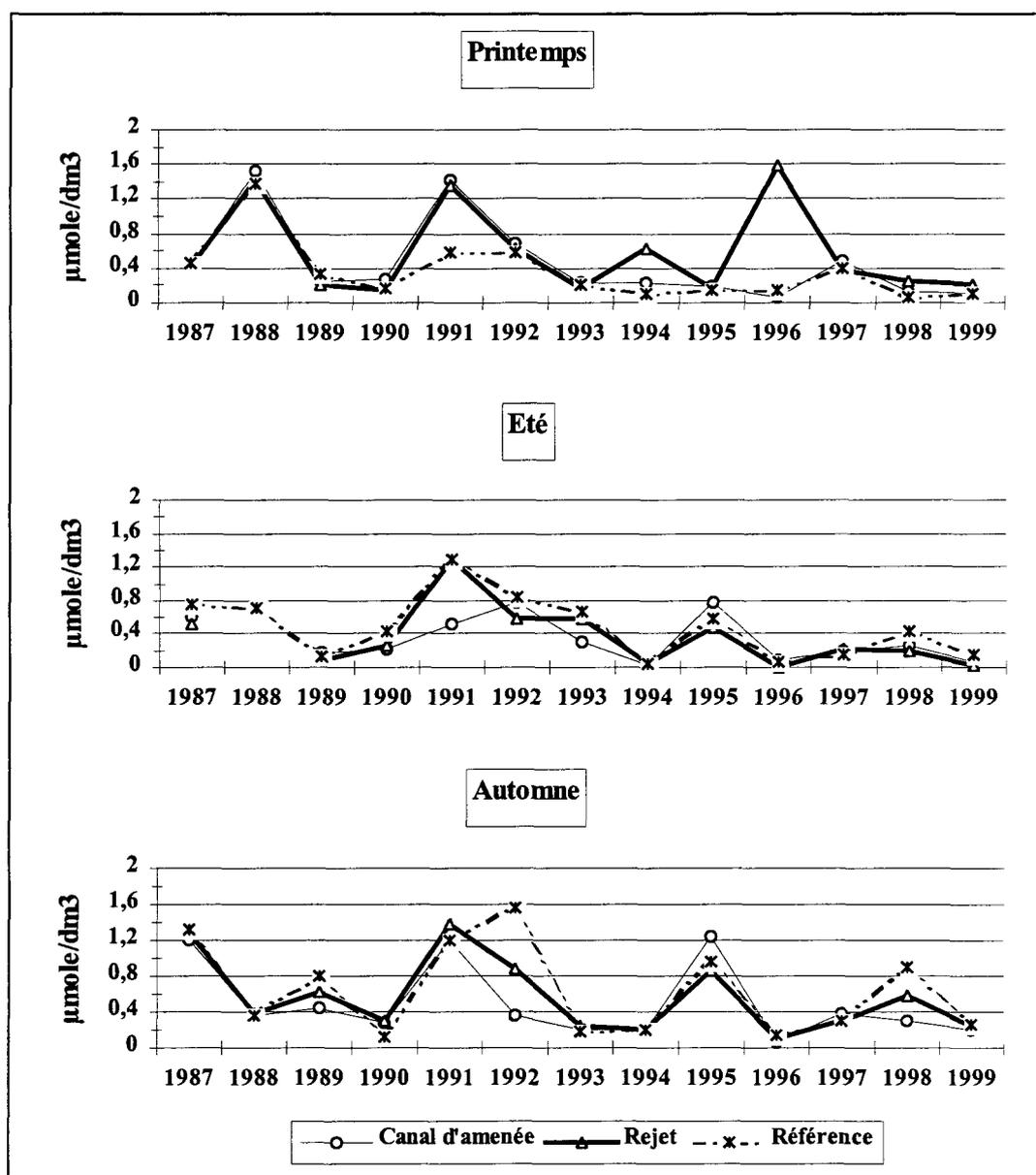


Figure 3.3 : Evolution de la teneur en ammonium de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.4 Nitrate

Conformément au cycle naturel de cet élément nutritif en milieu marin, on observe une forte concentration en Nitrate au début du printemps (environ $7 \mu\text{atg./l}$). Ces teneurs élevées sont à relier à la minéralisation de la matière organique accumulée pendant l'hiver.

En début d'été, les valeurs en Nitrate, sont pratiquement nulles. Elles correspondent bien à la consommation des éléments nutritifs par le phytoplancton printanier.

La concentration va ensuite en croissant et atteint la valeur de $3 \mu\text{mole/l}$ au début de l'automne.

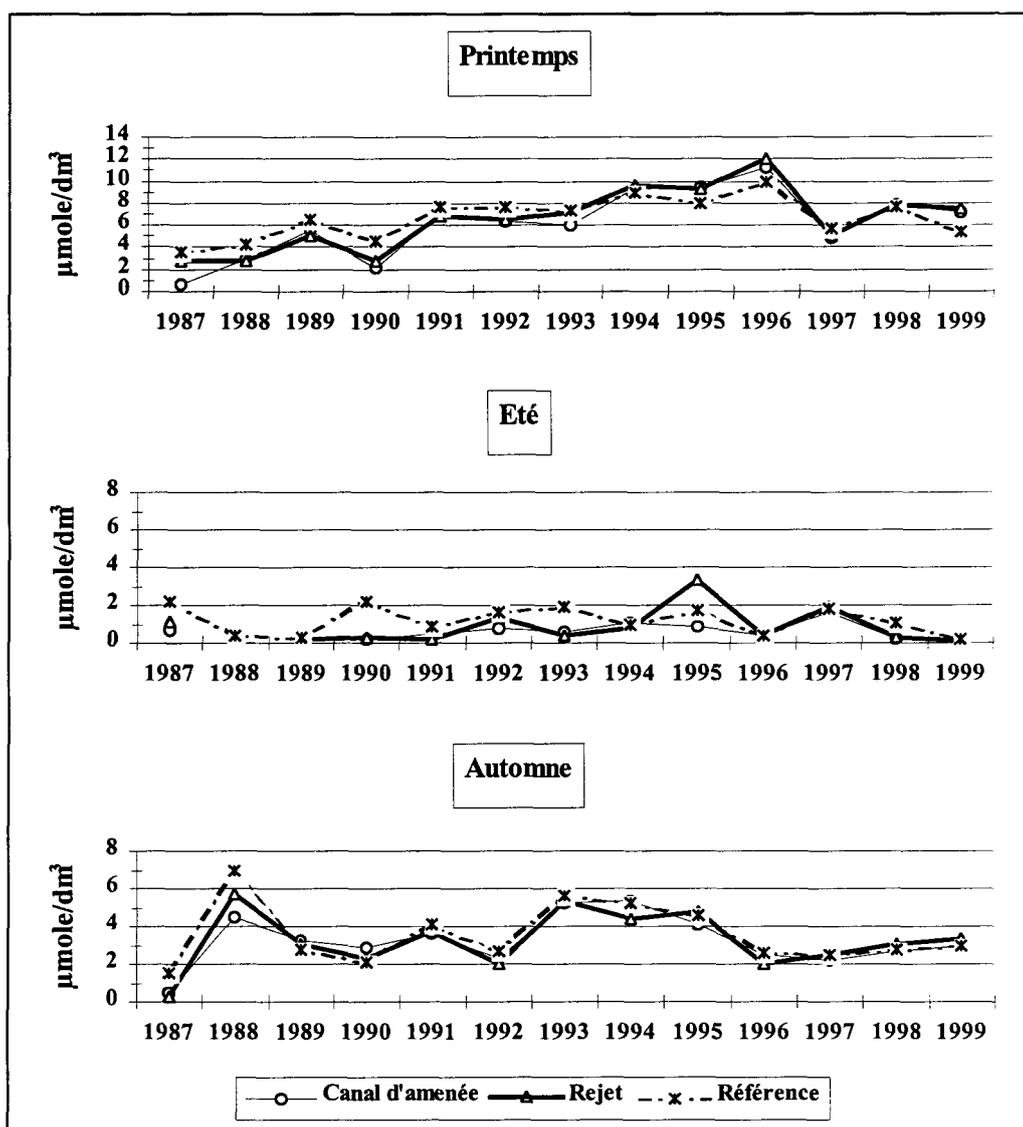


Figure 3.4 : Evolution de la teneur en nitrate de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

3.2.5 Phosphate

Le comportement et le rôle du Phosphate minéral dissous en milieu côtier sont comparables à celui du Nitrate. L'observation de la figure met en évidence des concentrations élevées en Mars ($0,80 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$) avant l'apparition du bloom phytoplanctonique printanier.

Les concentrations en phosphate mesurées lors des deux autres campagnes sont plus faibles (entre $0,1$ et $0,3 \mu\text{atg./litre}$) et sont comprises dans les normales saisonnières.

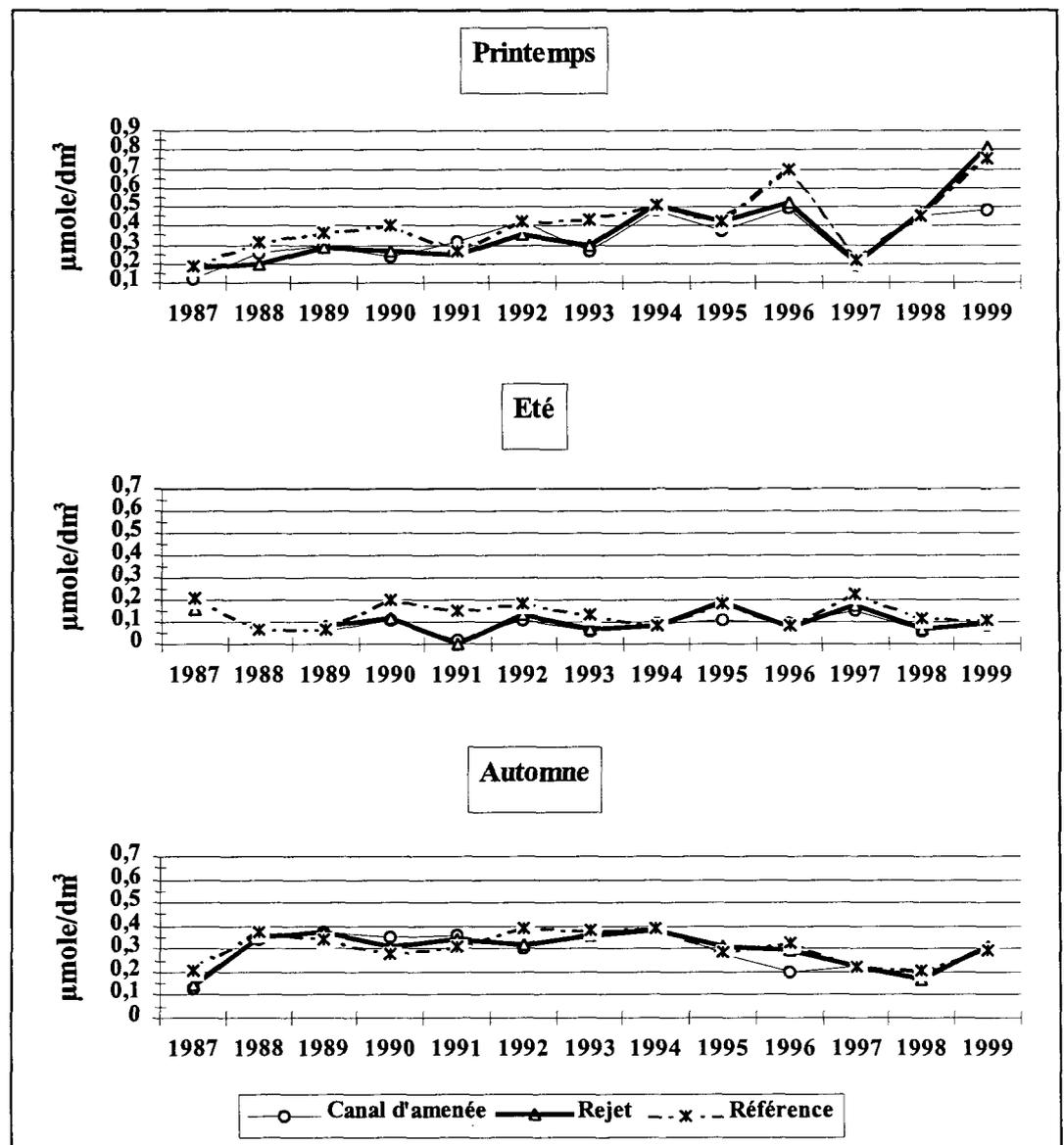


Figure 3.5 : Evolution de la teneur en phosphate de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

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 début du printemps avant le bloom phytoplanctonique (moyenne de 3.04 $\mu\text{mole/litre}$ pour les 3 stations).

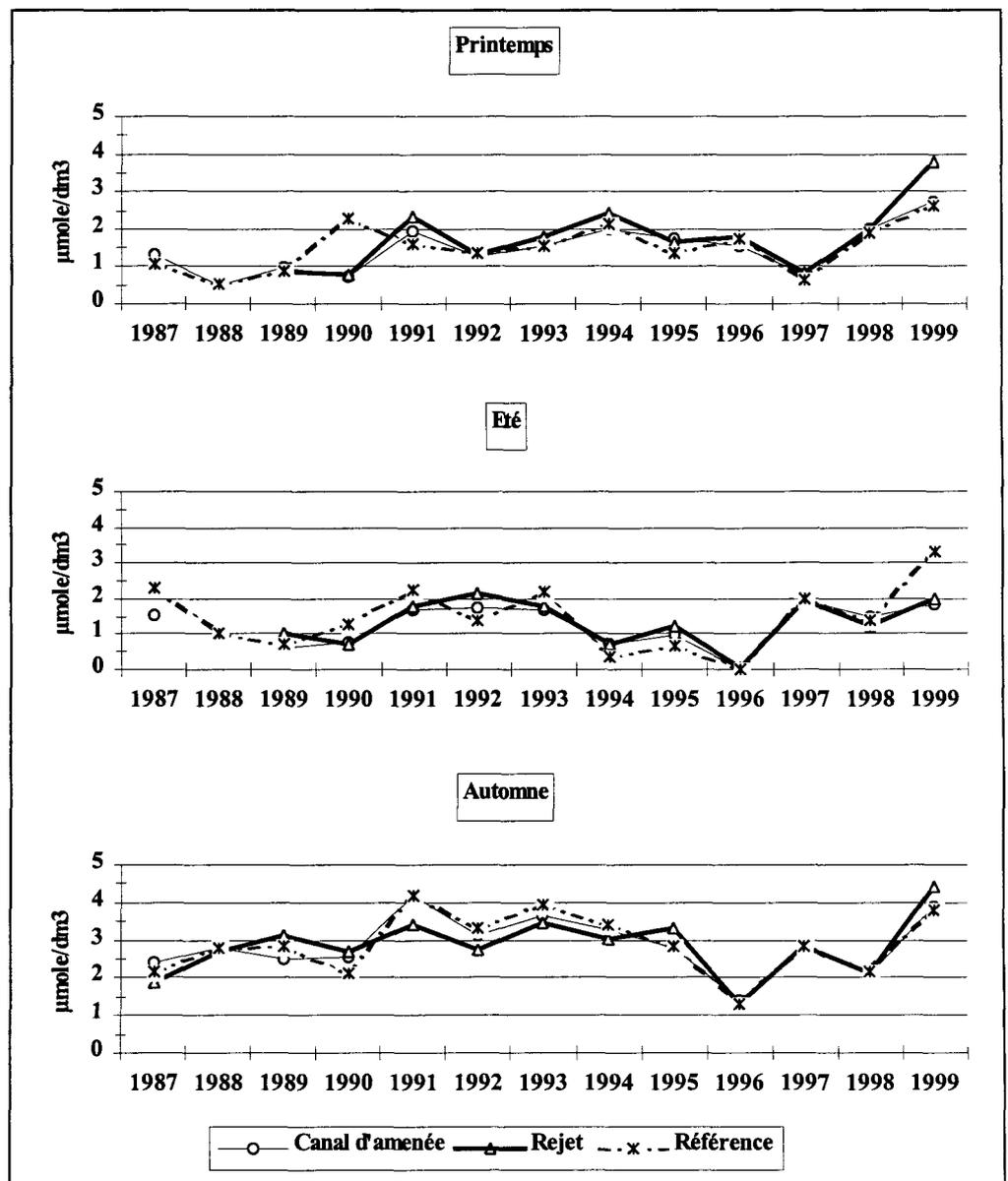


Figure 3.6 :
Evolution de la
teneur en silicate de
1987 à 1999 au droit
du CNPE de
Flamanville

3.2.7 Nitrite

Le nitrite correspond à un état d'oxydation instable en milieu marin. Les concentrations ne pourront donc être élevées qu'en période de régénération active (automne). Il est donc normal que les concentrations les plus importantes aient été observées lors de la campagne de Septembre (0,21-0,26 $\mu\text{mole/l.}$).

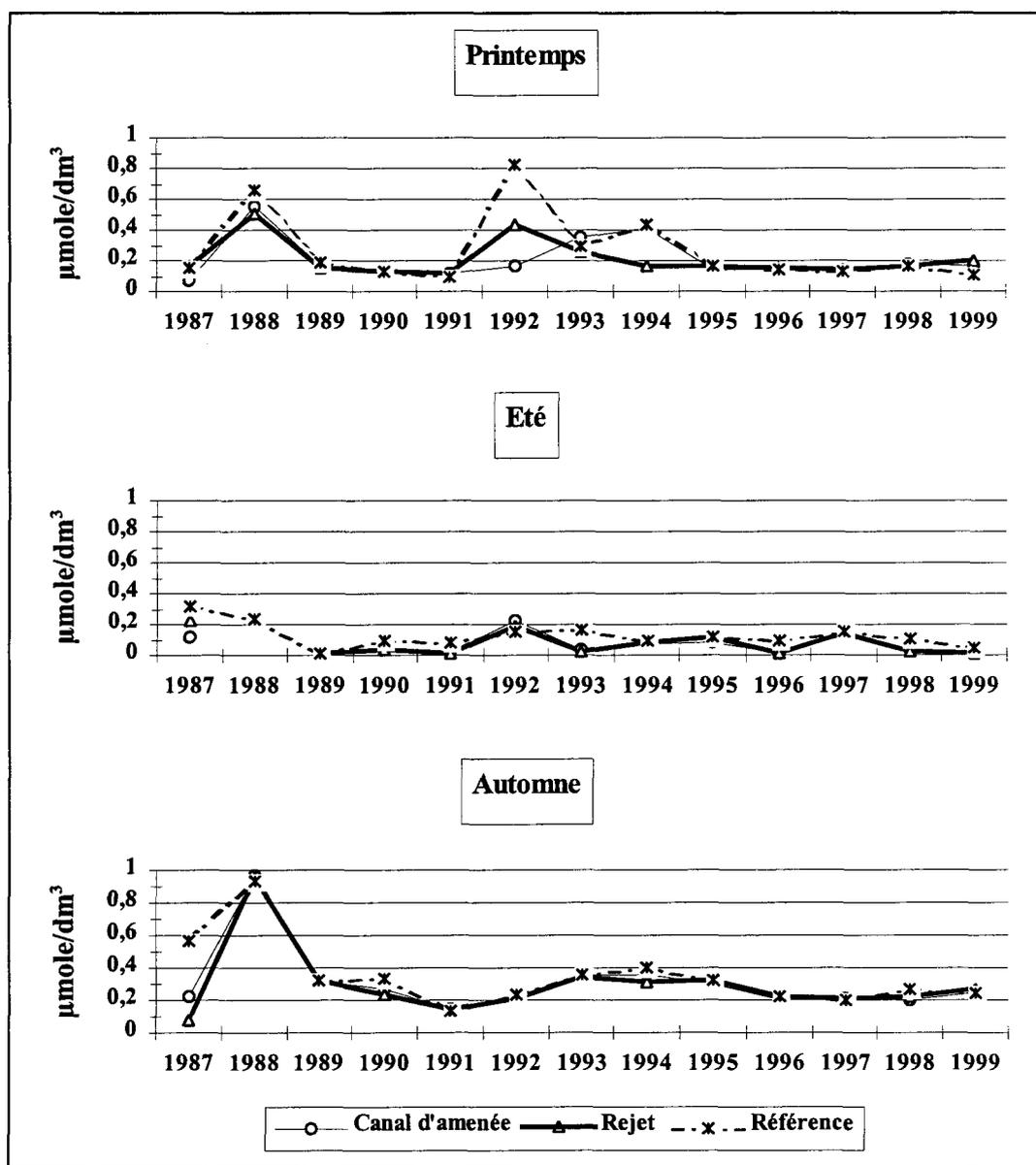


Figure 3.7 : Evolution de la teneur en nitrite de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

3.3 Phytoplancton

En 1999, 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 (3.8 à 3.11). Les valeurs observées servent à suivre aussi bien les éventuelles variations côte-large dues à la centrale pendant l'année, que l'évolution des variations temporelles depuis 1987.

28 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
Canal amenée (surface)	0,66 ± 0.09	0,34 ± 0.10	3,24 ± 0.24	47,00	68,00
Rejet (surface)	0,80 ± 0.14	0,37 ± 0.16	4,01 ± 0.76	81,00	73,00
Référence (surface)	0,69 ± 0.11	0,31 ± 0.03	3,13 ± 0.48	44,00	62,00
Référence (- 10m)	0,75 ± 0.08	0,41 ± 0.12	3,64 ± 0.10	74,00	82,00
27 juin	Chlorophylle $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Phaéopigments $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Production primaire $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{h}$	Microplancton nbre/cm^3	Nanoplancton nbre/cm^3
Canal amenée (surface)	1,06 ± 0.15	0,21 ± 0.15	3,59 ± 0.64	97,00	333,00
Rejet (surface)	1,19 ± 0.16	0,39 ± 0.20	3,74 ± 0.61	59,00	527,00
Référence (surface)	2,97 ± 0.16	0,56 ± 0.07	3,30 ± 0.31	75,00	353,00
Référence (- 10m)	2,88 ± 0.23	0,50 ± 0.02	3,36 ± 1.29	72,00	433,00
17 septembre	Chlorophylle $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Phaéopigments $\mu\text{g}/\text{dm}^3$	Production primaire $\text{mg C}/\text{m}^3/\text{h}$	Microplancton nbre/cm^3	Nanoplancton nbre/cm^3
Canal amenée (surface)	1,68 ± 0.21	0,80 ± 0.18	8,60 ± 1.16	101,00	313,00
Rejet (surface)	1,57 ± 0.16	1,01 ± 0.21	7,82 ± 1.33	83,00	357,00
Référence (surface)	0,98 ± 0.08	0,53 ± 0.08	5,42 ± 0.26	80,00	403,00
Référence (- 10m)	0,90 ± 0.11	0,47 ± 0.08	5,72 ± 1.61	85,00	323,00

Tableau 3.3 :
Moyennes et écarts-
types des paramètres
phytoplanctoniques
au droit du CNPE de
Flamanville en 1999

Les échauffements de la masse d'eau ne sont pas significatifs au vue des forts taux de dilution qui sont en moyenne de 88 à 95 %. Dans ce cas les calculs de déficit en biomasse microalgale au point rejet par rapport au canal d'amenée correspondent à :

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

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

Tableau 3.4 :
Déficits
phytoplanktoniques
en 1999

	Chlorophylle	Production primaire	Microplancton
28 mars	+21.2 %	+23.8 %	+72.3 %
27 juin	+12.3 %	+41.2 %	-39.2 %
17 septembre	-6.5 %	-9.1 %	-17.8 %

Sur l'ensemble de l'année, les déficits sont très faibles et ne sont observés qu'en septembre, période de plus grande productivité phytoplanktonique. Les déficits relevés en microplancton sont par contre moins représentatifs, les calculs n'étant effectués qu'à partir d'un seul échantillon.

3.3.1 Biomasse chlorophyllienne (fig. 3.8)

Au cours des trois campagnes réalisées en 1999, les valeurs moyennées en μg de chlorophylle a par dm^3 , s'échelonnent entre 0.66 ± 0.09 au canal d'amenée et 2.97 ± 0.16 au point référence.

Les valeurs calculées du mois de mars sont peu élevées, inférieures à $1 \mu\text{g}$ par dm^3 et aucun gradient n'est à noter. Ces valeurs comprises dans la fourchette des moyennes calculées depuis 1987 correspondent à une population avant le "bloom" printanier.

En juin un gradient positif (1.06 ± 0.15 à 2.92 ± 0.17) de la côte vers le large est observé, correspondant à la prolifération, dans des eaux plus chaudes et plus dessalées, d'espèces à plus grand volume cellulaire.

Une situation inverse (1.68 ± 0.21 à 0.94 ± 0.09) est observée en septembre. Dans l'ensemble aucune modification notable de la biomasse chlorophyllienne au point rejet, liée au fonctionnement de la centrale, n'est relevée.

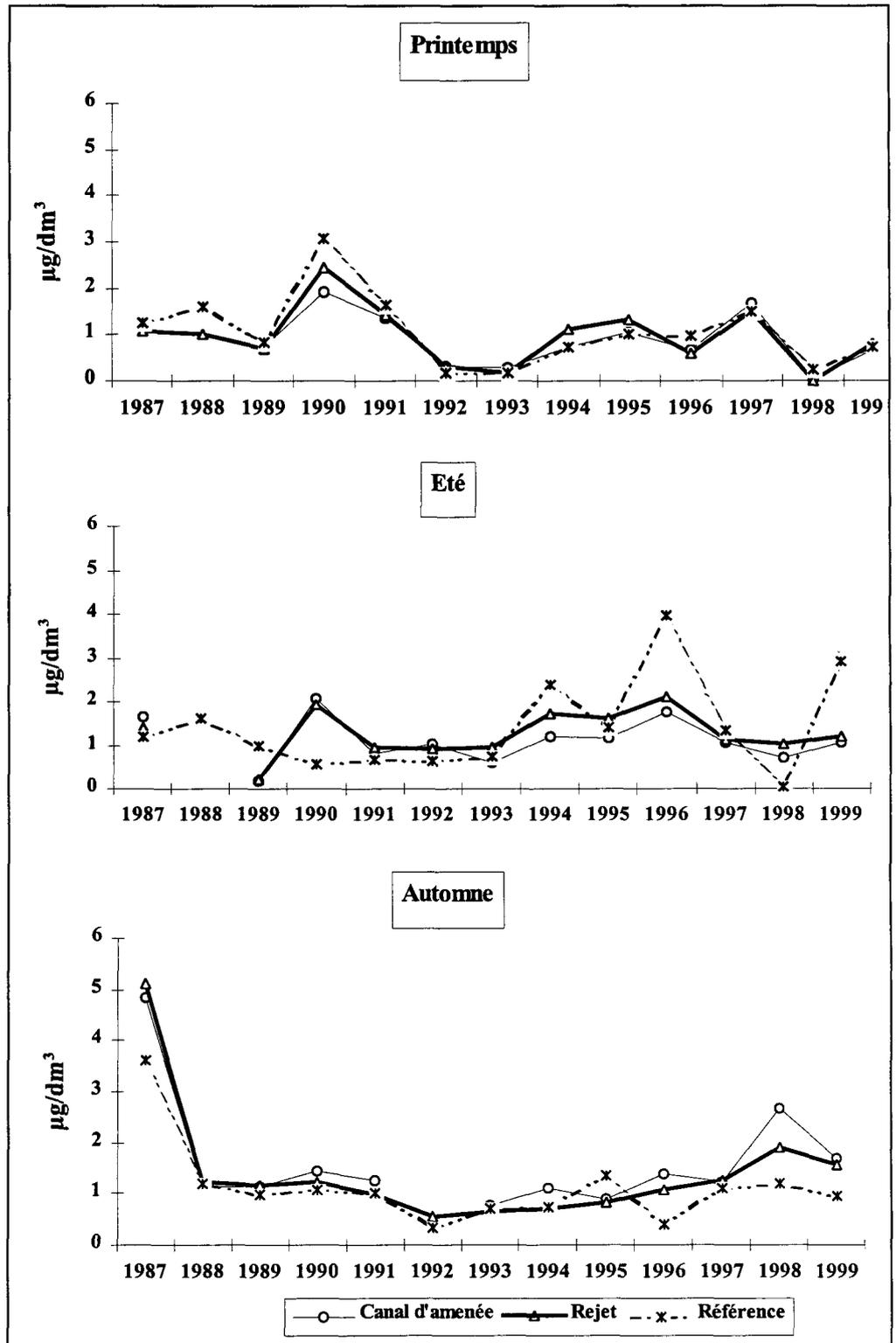


Figure 3.8 : Evolution de la chlorophylle de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

3.3.2 Phaéopigments (fig.3.9)

Dans l'ensemble de l'année les valeurs relevées, inférieures à 1 μg par dm^3 indiquent le bon état physiologique des populations dont le pourcentage de chlorophylle active s'échelonne entre 65,1 et 75,3 % au point rejet.

Tableau 3.5 :
Pourcentages de chlorophylle active (chlorophylle a*100/ chlorophylle a+ phaéopigment

	canal d'aménée	rejet	référence
28mars 1999	66.0	68.4	66.7
27juillet 1999	83.5	75.3	84.6
17 septembre 1999	67.7	65.1	65.3

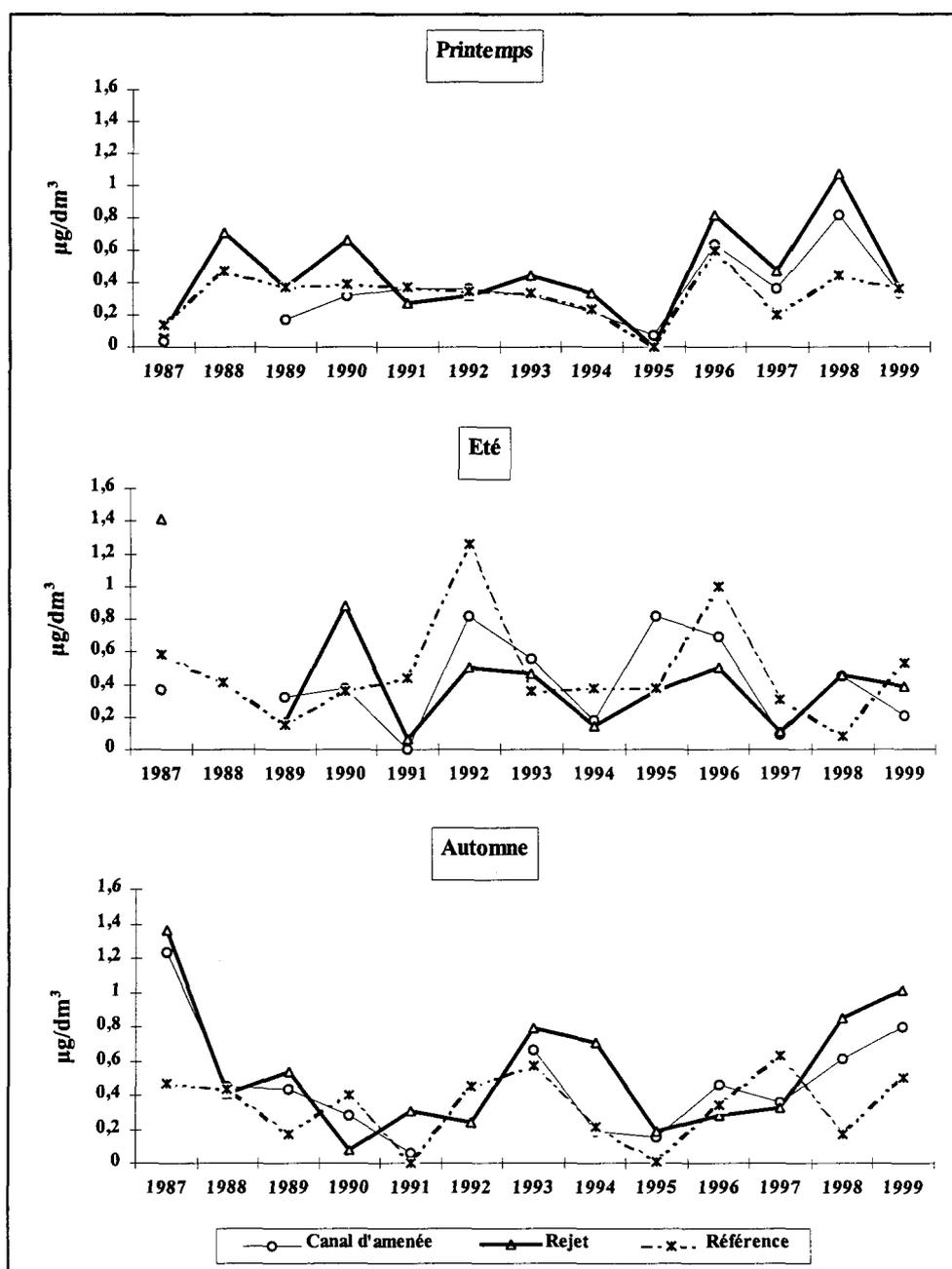


Figure 3.9 :
Evolution des phaéopigments de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

3.3.3 Production primaire (fig.3.10)

Dans l'ensemble, les valeurs de 1999, comprises entre 3.13 ± 0.48 et 8.60 ± 1.16 mg de carbone par m^3 et par heure, sont incluses dans les écarts des moyennes saisonnières relevés depuis 1987. Seule la campagne de septembre présente au point rejet un déficit de 9 % lié, comme les autres paramètres globaux, à la composition de la communauté algale.

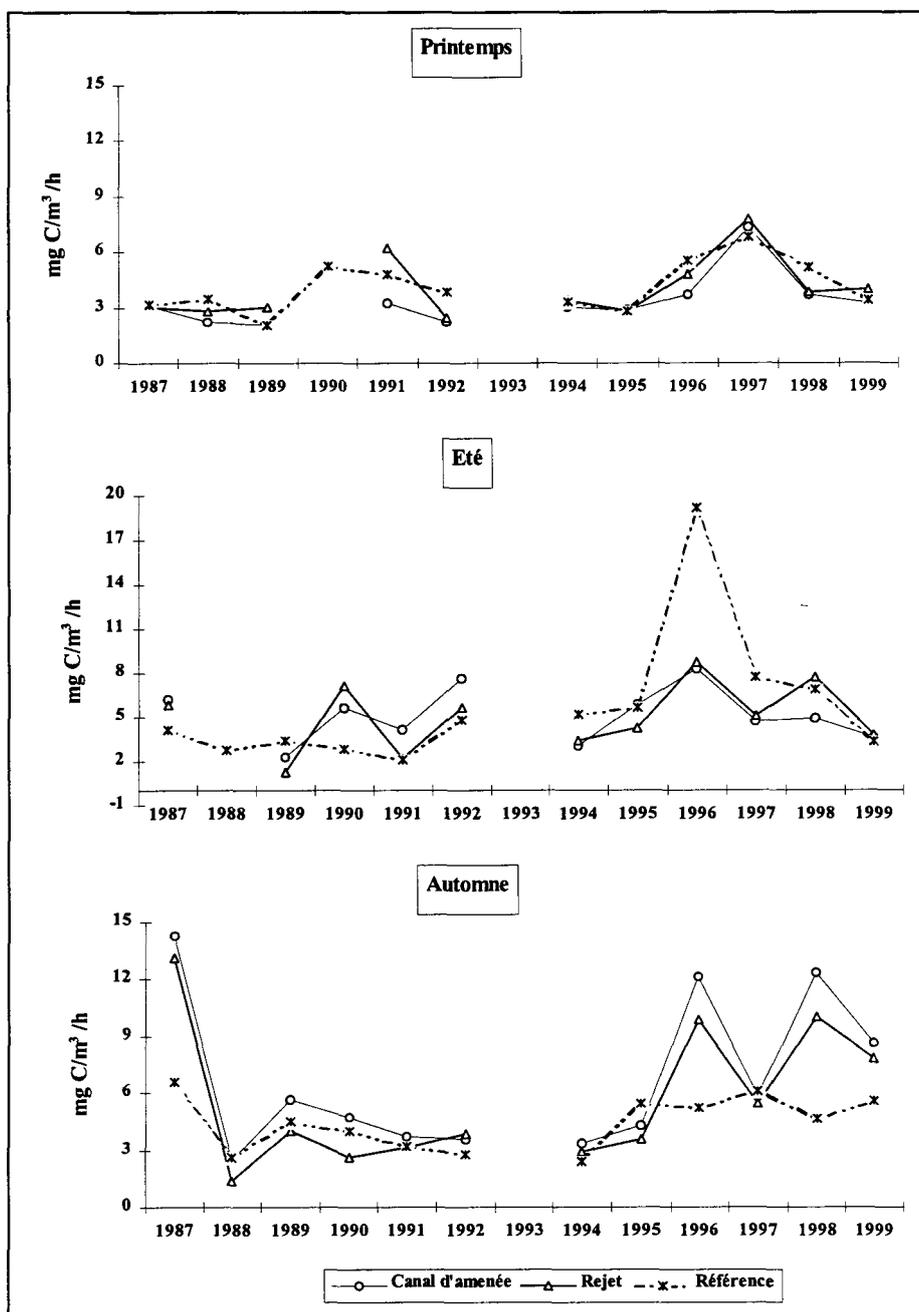


Figure 3.10 : Evolution de la production primaire de 1987 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

3.3.4 Microplancton (fig.3.11)

Comme l'année précédente les valeurs sont peu élevées, de 47 à 101 cellules par cm^3 entre mars et septembre. Dans la limite de l'échantillonnage les valeurs reflètent les valeurs obtenues en biomasse et en productivité et s'insèrent dans l'intervalle des valeurs observées durant les années précédentes.

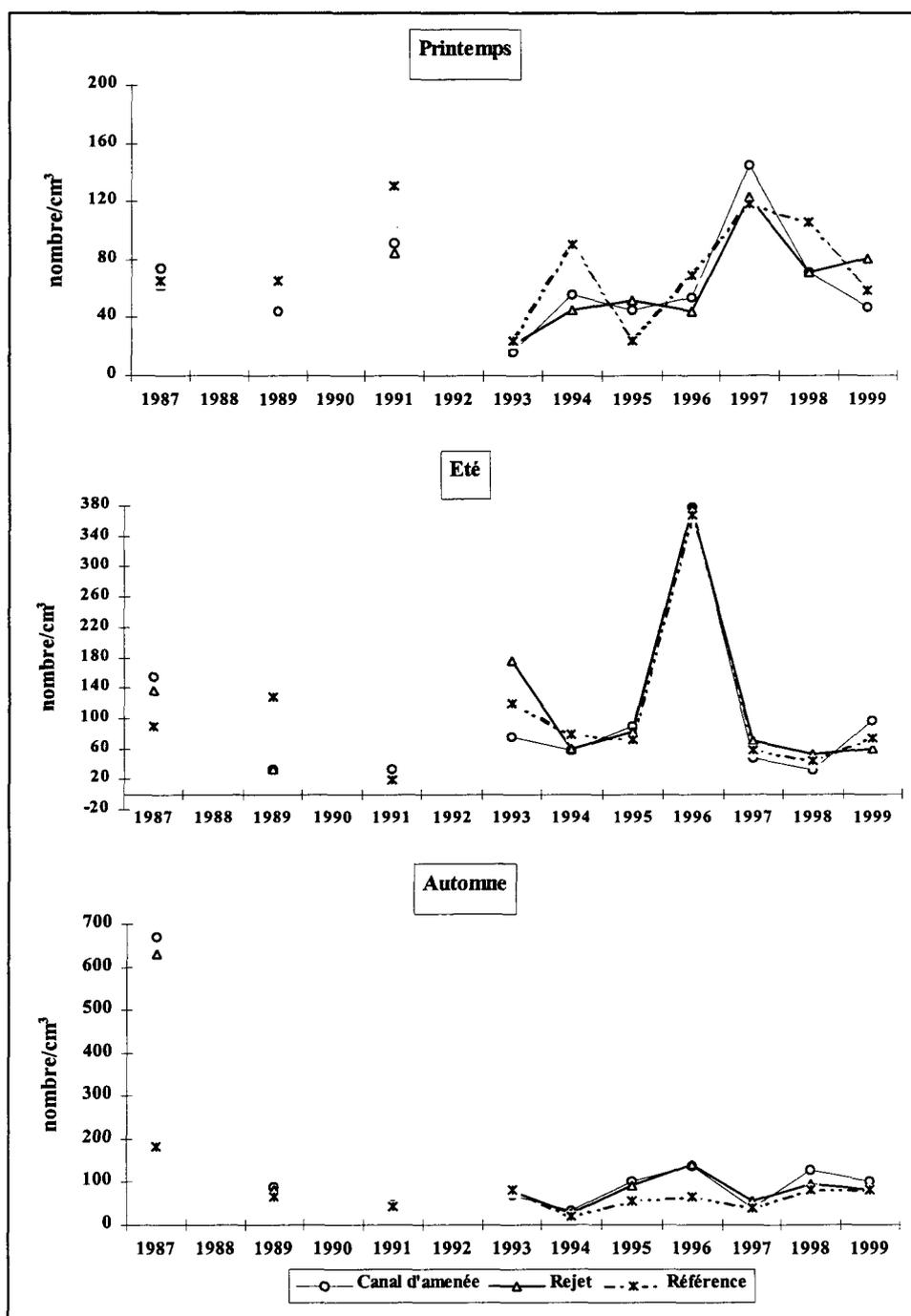


Figure 3.11 :
Evolution du
microplancton de
1987 à 1999 au
droit du CNPE de
Flamanville

3.3.5 Populations phytoplanctoniques observées en 1999

Comme les deux années précédentes les espèces ont été rassemblées de telle sorte à s'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 l'ensemble des espèces recensées pour les 3 campagnes. En 1999, 43 taxons ont été dénombrés. 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.

Les résultats des 3 campagnes sont donnés en nombre de cellules par cm³ et en pourcentage de dominance par rapport à la population phytoplanctonique totale. Les diatomées représentent toujours plus de 90 % de la population, seuls 7 taxons de dinoflagellés ont été recensés (*Gymnodinium sp.*, *Gyrodinium sp.*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium bipes*, *Peridinium sp.*, *Scrippsiella sp.* et *Torodinium robustum*), les euglènes et les silicoflagellés (*Dictyocha speculum*) complètent la flore phytoplanctonique.

TAXONS	28/03/99						27/06/99						17/09/99					
	Canal		Rejet		Référ.		Canal		Rejet		Référ.		Canal		Rejet		Référ.	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
<i>Actinoptychus senarius</i> (= <i>A. undulatus</i>)													0,20	0,20	0,20	0,24	0,21	0,25
<i>Bacillaria paxillifer</i> (= <i>B. paradoxa</i>)			3,25	4,04														
<i>Cerataulina pelagica</i>	0,20	0,43	0,41	0,51			0,61	0,63					0,20	0,20	0,41	0,49	0,41	0,50
<i>Chaetoceros perpusillum</i>							40,04	41,30	7,52	12,85	5,19	7,05	8,13	8,02	7,32	8,78	2,54	3,08
<i>Chaetoceros sociale</i> + <i>C. radians</i>			1,22	1,52													4,88	5,92
<i>Chaetoceros sp.</i>	0,41	0,87	2,85	3,54	1,94	3,29	3,86	3,98	0,61	1,04	3,15	4,28	4,67	4,61	3,86	4,63	2,64	3,20
<i>Cylindrotheca closterium</i> (= <i>Nitzschia closterium</i>)	2,85	6,06	8,13	10,10	7,42	12,58					0,10	0,14	1,63	1,60	1,63	1,95	0,50	0,61
<i>Dictyocha speculum</i>	0,61	1,30	0,61	0,76	0,20	0,34					0,10	0,14					0,10	0,12
<i>Ditylum brightwellii</i>			1,83	2,27	0,41	0,70							1,02	1,00	0,81	0,98	0,51	0,62
<i>Eucampia zodiacus</i>																	0,20	0,24
Euglénophycées							0,20	0,21	0,41	0,69	0,10	0,14	0,20	0,20	0,61	0,73	1,63	1,98
<i>Guinardia flaccida</i>							5,89	6,08	13,82	23,61	17,07	23,17						
<i>Gymnodinium sp.</i>													0,20	0,20			0,10	0,12
<i>Gyrodinium sp.</i>					0,20	0,34									0,61	0,73		
<i>Lauderia sp.</i> + <i>Schroederella sp.</i>					0,10	0,17												
<i>Leptocylindrus danicus</i>													0,41	0,40	1,22	1,46		
<i>Leptocyl. minimus</i>							1,22	1,26	0,81	1,39			1,83	1,80	0,41	0,49	2,13	2,59

TAXONS	nb	%																
<i>Navicula pelagica</i>	3,05	6,49	7,72	9,60	7,12	12,07												
<i>Navicula sp.</i>	0,20	0,43	0,20	0,25	0,31	0,53	0,41	0,42			0,30	0,41	1,63	1,60	2,44	2,93	2,54	3,08
<i>Nitzschia sp.</i> + <i>Hantzschia sp.</i>	0,20	0,43					0,20	0,21	0,41	0,69			2,24	2,20	1,83	2,20	0,31	0,38
<i>Odontella aurita</i> (= <i>Biddulphia aurita</i>)											0,20	0,27	5,49	5,41	2,24	2,68	1,94	2,35
<i>Paralia marina</i> (= <i>Paralia sulcata</i> = <i>Melosira sulcata</i>)	0,81	1,73			4,27	7,24			1,22	2,08	0,40	0,54	1,42	1,40	1,22	1,46	0,51	0,62
<i>Pleurosigma sp.</i> + <i>Gyrosigma sp.</i>					0,20	0,34					0,20	0,27					0,21	0,25
<i>Prorocentrum micans</i> + <i>P. arcuatum</i> + <i>P. gibbosum</i>											0,30	0,41			0,20	0,24		
<i>Protoperdinium bipes</i> (= <i>Minuscula bipes</i>)							0,61	0,63			0,10	0,14						
<i>Protoperdinium sp.</i> + <i>Peridinium sp.</i>									0,41	0,69			0,20	0,20			0,20	0,24
<i>Pseudonitzschia delicatissima</i> (= <i>Nitzschia delicatissima</i>)			1,42	1,77	1,22	2,07			0,81	1,39	0,51	0,69	1,63	1,60	3,25	3,90	3,86	4,69
<i>Rhaphoneis sp.</i>													5,69	5,61	4,47	5,37	6,10	7,40
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	0,20	0,43	0,41	0,51			30,69	31,66	15,45	26,39	28,76	39,04	5,08	5,01	5,89	7,07	3,91	4,75
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>			0,61	0,76	0,10	0,17	5,08	5,24	6,50	11,11	8,95	12,15	1,02	1,00	1,42	1,71	0,51	0,62
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (= <i>R. shrubsolei</i>) + <i>R. styliformis</i>			0,41	0,51	0,10	0,17	1,83	1,89	0,41	0,69	0,20	0,27						
<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>R. pungens</i>	0,20	0,43							0,41	0,69	0,10	0,14			0,41	0,49	0,10	0,12
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>							3,05	3,14	5,89	10,07	6,20	8,42					0,10	0,12
<i>Scripsiella sp.</i> + <i>Peridinium trochoideum</i>					0,10	0,17												
<i>Skeletonema costatum</i>	21,34	45,46	24,59	30,55	22,87	38,78	2,85	2,94	3,66	6,25	1,53	2,08	38,62	38,08	30,89	37,07	32,12	38,99
<i>Streptotheca sp.</i>					0,20	0,34												
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	4,27	9,09	8,94	11,11	5,59	9,48							3,86	3,81	2,24	2,68	4,27	5,18
<i>Thalassiosira decipiens</i>	1,02	2,16	0,81	1,01							0,20	0,27	3,25	3,21	0,61	0,73	2,95	3,58
<i>Thalassiosira gravida</i>	4,67	9,96	2,64	3,28	2,14	3,63							7,72	7,62	7,72	9,27	4,98	6,04
<i>Thalassiosira levanderi</i>	1,63	3,46	8,54	10,61	2,54	4,31							3,66	3,61	1,22	1,46	1,22	1,48
<i>Thalassiosira rotula</i>	5,29	11,26	5,89	7,32	1,94	3,29							0,20	0,20			0,71	0,86
<i>Thalassiosira</i> + <i>Coscinosira</i> + <i>Coscinodiscus eccentricus</i>													1,22	1,20				
<i>Torodinium robustum</i>							0,41	0,42	0,20	0,35					0,20	0,24		

Tableau 3.6 :
Nombre (en cm³)
et pourcentage de
dominance des
espèces phyto
planctoniques
recensées en
1999

Dans un souci de clarté, le tableau 3.7 regroupe les taxons dominants supérieurs à 10 %. Les diatomées, *Chaetoceros spp.*, *Rhizosolenia spp.*, *Thalassiosira spp.*, *Guinardia flaccida*, *Navicula pelagica*, *Cylindrotheca*

closterium, *Thalassionema nitzschiodes* et *Skeletonema costatum* représentent au cours de l'année entre 77 et 96 % de la population.

Taxons	28-mars-99						27-juin-99						17-sept-99					
	canal		rejet		référence		canal		rejet		référence		canal		rejet		référence	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%	Nb	%
Ensemble des <i>Chaetoceros</i>	0,4	0,9	4,17	5,1	1,9	3,3	43,9	45,3	8,1	13,9	8,3	11,3	12,8	12,6	11,2	13,4	10,1	12,2
Ensemble des <i>Rhizosolenia</i>	0,4	0,9	1,4	1,8	0,2	0,3	40,7	41,3	28,7	49,0	44,2	60,4	6,1	5,0	7,7	9,3	4,6	5,6
Ensemble des <i>Thalassiosira</i>	12,6	26,8	17,9	22,2	6,6	11,2	0	0	0	0	0,2	0,3	16,1	15,8	9,5	11,5	9,9	12,0
<i>Guinardia flaccida</i>							5,89	6,1	13,8	23,6	17,1	23,2						
<i>Navicula pelagica</i>	3,1	6,5	7,7	9,6	7,1	12,1												
<i>Cylindrotheca closterium</i>	2,8	6,1	8,1	10,1	7,4	12,6					0,1	0,1	1,6	1,6	1,6	1,9	0,5	0,6
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	4,3	9,1	8,9	11,1	5,6	9,5							3,9	3,8	2,2	2,7	4,3	5,2
<i>Skeletonema costatum</i>	21,3	45,5	24,6	30,6	22,9	38,8	2,85	2,9	3,7	6,25	1,5	2,1	38,6	38,1	30,9	37,1	32,1	39,0

Tableau 3.7 : Nombre en cm^3 et pourcentage des taxons dominants

Dans l'ensemble les taxons dénombrés en 1999 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 côtière est surtout représentée par de petites cellules (faibles valeurs en chlorophylle) à *preferendum* hivernal telles que *Skeletonema costatum* (30 à 45 %), *Thalassiosira spp.* (11 à 27 %), *Navicula pelagica* (7 à 12 %), *Cylindrotheca closterium* (6 à 13 %) et *Thalassionema nitzschiodes* (9 à 11 %).

En juin les espèces à faible volume cellulaire sont répertoriées principalement à la côte comme *Chaetoceros spp.* dont la dominance est supérieure à 45 % au canal d'aménée. Les espèces "estivales" telles que *Rhizosolenia spp.* et *Guinardia flaccida* sont quant à elles présentes dans des eaux plus chaudes et plus dessalées, aux points rejet (41 % et 24 %) et référence (60 et 23 %).

En septembre la flore phytoplanctonique encore représentée par *Rhizosolenia spp.* (5 à 9 %) se diversifie et les espèces à *preferendum* hivernal sont notées, comme *Skeletonema costatum* (38 %), *Thalassiosira spp.* (12 à 16 %), *Cylindrotheca closterium* (2 %) et *Thalassionema nitzschiodes* (5 %).

Au cours des trois campagnes 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 méthode de traitement des données permet de tester le maintien de cette homogénéité après mise en fonctionnement de la centrale.

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 zoo planctoniques.

La méthodologie analytique est identique à celle de l'année antérieure. L'étuve MEMMERT UL40 et la balance SARTORIUS BA 110 S sont utilisés pour la mesure de la biomasse zoo planctonique. 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 zoo planctoniques est effectuée à la loupe binoculaire.

Les résultats du mois de septembre 1999 ont été éliminés, du fait d'un dysfonctionnement de l'engin de prélèvement détecté à posteriori pour ce site.

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 chaque campagne de mesures de l'année 1999, entre les points Canal, Rejet, Référence :

- un test non paramétrique de Kruskal - Wallis ou test H utilisé dans les cas de liaison entre un caractère quantitatif et un caractère qualitatif à k classes ($k > 2$) permet de déterminer si les k rangs moyens se révèlent trop

disparates pour retenir l'hypothèse H_0 d'unicité de la population d'origine des échantillons, c'est-à-dire d'homogénéité spatiale¹.

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

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

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

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

(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 (planches 3.1 à 3.3)

Le test de Kruskal- Wallis dépasse la valeur critique $\chi^2_{0,05(2)} = 5,99$ pour la biomasse ($H = 8,29$), le carbone total ($H = 11,57$) et l'azote ($H = 12,06$). L'hypothèse (H_0) d'homogénéité spatiale est rejetée.

Le test de comparaison multiple montre que le point rejet se distingue des autres points pour la biomasse ; le point référence se distingue des autres points pour le carbone et l'azote.

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

Les tracés des moyennes font apparaître au point rejet des résultats plus faibles en biomasse. Ces résultats sont cependant assez proches de ceux du point canal, qui présente la variabilité la plus importante. Ils restent dans la gamme des valeurs observées lors des études de projet (10 à 40 mg.m⁻³, exceptionnellement 60 mg.m⁻³). Un gradient côte - large apparaît avec des moyennes plus élevées pour le point référence, pour les trois paramètres. Les études de projet ont montré que le rapport C/N varie au cours de l'année. Faible au printemps et élevé en hiver, ce rapport présente une valeur moyenne de 4,78 caractéristique du zooplancton de Flamanville, résultats observés pendant l'étude de projet (1977 - 1978), et qui oscille entre les extrêmes de 3 à 6, selon ARNAL & al (1979). En 1999, il est en moyenne de 4,6 au point référence, de 5,8 au point rejet, et de 7,1 au point canal. Ce rapport C/N, élevé au point canal, laisse entrevoir une possible modification de la composition de l'échantillon par un apport de seston².

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

La valeur critique de 5,99 n'est pas dépassée pour les trois paramètres étudiés. L'hypothèse H₀ d'homogénéité spatiale est acceptée pour la biomasse (H = 0,95), le carbone total (H = 1,09) et l'azote (H = 1,13).

Les tracés des moyennes font apparaître au point rejet des résultats semblables à ceux des autres points, à l'avantage du point canal. Ce dernier présente une dispersion de valeurs autour de la moyenne plus importante qu'aux autres points, sans que le milieu puisse être considéré comme perturbé.

3.4.4. Interprétation biologique des variations spatiales en 1999 (planches 3.7 à 3.9)

Le diagramme température - salinité par colonne d'eau, codé pour les points canal (□), rejet (0), référence (x), groupés pour les mois de mars et juillet 1999, montre un rassemblement des données dans les gammes de températures respectives de 9,5 - 11,5 °C et 14,5 - 16,5°C. Le point rejet présente un écart thermique (dT) par rapport au point le plus froid de 1,8 °C en mars (rejet - référence) et 1,6 °C en juin (rejet - référence).

D'un point de vue paramètres pondéraux globaux, nous constatons que le point rejet n'est responsable de l'hétérogénéité spatiale qu'en mars pour la biomasse.

² Seston = ensemble des particules en suspension dans l'eau, vivantes (plancton) ou non vivantes (tripon). Exemple : présence de débris d'algues.

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

- En mars, le point référence avec 10 600 individus par 10 m^3 (ind. 10 m^{-3}) et le point rejet avec 3 100 ind. 10 m^{-3} . Le point canal présente une valeur intermédiaire de 5 300 ind. 10 m^{-3} .

- En juin, le point canal avec 6 500 ind. 10 m^{-3} et le point référence avec 4 000 ind. 10 m^{-3} . Le point rejet présente un résultat intermédiaire avec 6 400 ind. 10 m^{-3} .

La quantification du zooplancton total montre que l'écart quantitatif côte - large de mars se situe entre les points rejet et référence. Cet écart quantitatif correspond à l'écart thermique le plus grand. Le point référence présente la plus grande abondance. En juin, les abondances totales entre les trois points sont assez proches à l'échelle logarithmique. L'observation des espèces du zooplancton montre que quantitativement, et à tous les points, les Cirripèdes dominent en mars et les Copépodes dominent en juin. Aucun Cténaire n'a été observé cette année.

3.4.4.1. Mars 1999

Les moyennes pondérales (biomasse, carbone total, azote) du point rejet sont proches de celles du point canal, sauf pour la biomasse. Le point référence présente les moyennes les plus élevées. Le zooplancton total est également plus abondant au point référence (10 600 ind. 10 m^{-3} au point référence, 5 300 ind. 10 m^{-3} au point canal, 3 100 ind. 10 m^{-3} au point rejet).

Cette supériorité quantitative au point référence apparaît dans plusieurs groupes. Chez les Cnidaires (100 ind. 10 m^{-3} au point référence, 12 ind. 10 m^{-3} au canal, 5 ind. 10 m^{-3} au rejet). Chez les Copépodes (4 500 ind. 10 m^{-3} au point référence, 120 ind. 10 m^{-3} au point canal, 430 ind. 10 m^{-3} au point rejet), elle concerne plus particulièrement le genre *Pseudocalanus* (4 300 ind. 10 m^{-3} au point référence, 300 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 40 ind. 10 m^{-3} au point canal). Elle apparaît aussi chez les Appendiculaires, représentés par l'espèce *Oikopleura dioica* (1400 ind. 10 m^{-3} au point référence, 33 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 35 ind. 10 m^{-3} au point canal), les bryozoaires (280 ind. 10 m^{-3} au point référence, 130 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 100 ind. 10 m^{-3} au point canal), et les Décapodes (53 ind. 10 m^{-3} au point référence, 33 ind. 10 m^{-3} au point rejet, 12 ind. 10 m^{-3} au point canal).

Concernant le point rejet, nous constatons une présence plus importante de Cirripèdes à un stade de développement larvaire plus avancé qu'aux autres points. En effet, les *Nauplii* de Cirripèdes y sont moins nombreux (4 700 ind. 10 m^{-3} au point canal, 4 100 ind. 10 m^{-3} au point référence,

2 000 ind. 10 m^{-3} au point rejet), situation qui s'inverse pour le stade *Cypris* (25 ind. 10 m^{-3} au point référence, 130 ind. 10 m^{-3} au point canal, 320 ind. 10 m^{-3} au point rejet). Les œufs de Téléostéens (16 ind. 10 m^{-3} au point référence, 15 ind. 10 m^{-3} au point canal, 9 ind. 10 m^{-3} au point rejet) et alevins de Téléostéens (7 ind. 10 m^{-3} au point référence, 4 ind. 10 m^{-3} au point canal, absence au point rejet) sont moins abondants qu'aux autres points.

Cirripèdes, Copépodes et Appendiculaires constituent de 90 à 95 % du zooplancton total pour l'ensemble des points étudiés.

3.4.4.2. Juin 1999

Les moyennes pondérales (biomasse, carbone total et azote) du point rejet sont dans la gamme de celles des autres points. La quantité de zooplancton total au point rejet (6 400 ind. 10 m^{-3}) est intermédiaire à celles des points référence (4 000 ind. 10 m^{-3}) et canal (6 500 ind. 10 m^{-3}).

Les Copépodes sont les mieux représentés (2970 ind. 10 m^{-3} au point référence, 5660 ind. 10 m^{-3} au point canal, 5180 ind. 10 m^{-3} au point rejet) ; surtout les espèces *Acartia clausi* (1000 ind. 10 m^{-3} au point référence, 3400 ind. 10 m^{-3} au point canal, 2650 ind. 10 m^{-3} au point rejet), et *Centropages hamatus* (1370 ind. 10 m^{-3} au point référence, 1420 ind. 10 m^{-3} au point canal, 1070 ind. 10 m^{-3} au point rejet). Les Appendiculaires sont bien représentés par l'espèce *Oikopleura dioica* (600 ind. 10 m^{-3} au point référence, 300 ind. 10 m^{-3} au point canal, 730 ind. 10 m^{-3} au point rejet),

Le point rejet présente des résultats quantitatifs souvent proches de ceux du point canal. Cependant, nous y remarquons un nombre plus important de *Nauplii* de Cirripèdes à preferendum thermique chaud (10 ind. 10 m^{-3} au point référence, 90 ind. 10 m^{-3} au point canal, 190 ind. 10 m^{-3} au point rejet). Le stade *Cypris* est absent à tous les points, ce qui marque le passage de la cohorte précédente à la vie benthique. Le nombre de Décapodes y est moins abondant (320 ind. 10 m^{-3} au point référence, 190 ind. 10 m^{-3} au point canal, 90 ind. 10 m^{-3} au point rejet), ainsi que les Annélides (absents au point référence, 50 ind. 10 m^{-3} au point canal, 20 ind. 10 m^{-3} au point rejet).

Copépodes, Cirripèdes et Appendiculaires représentent de 90 à 95 % de la faune planctonique aux trois points.

3.4.5. En résumé

L'étude statistique des variations spatiales pour les paramètres pondéraux globaux du zooplancton a montré une hétérogénéité spatiale en mars pour les trois paramètres (biomasse, carbone total, azote). Les résultats restent cependant dans la gamme des valeurs moyennes observées lors des études

de projet. En mars, un rapport C/N assez fort pour le canal, pourrait indiquer un apport de seston dans les échantillons à l'entrée du canal.

Sur le plan quantitatif global, le rejet se différencie des autres points uniquement au mois de mars. Sur l'ensemble des périodes étudiées, nous pouvons noter :

- En mars, une abondance du zooplancton total plus faible au rejet qu'aux autres points, principalement du aux *Nauplii* de Cirripèdes. Une plus forte abondance de *Cypris* de Cirripèdes au rejet semble indiquer une précocité du développement de ces Crustacées par rapport aux autres points non impactés.
- En juillet, l'abondance du zooplancton total est comparable pour les trois points.
- Les Cirripèdes, Copépodes et Appendiculaires constituent plus 90 % du zooplancton total sur chacune des périodes étudiées.

Planche 3.1 :
Biomasse zooplanctonique,
28 mars 1999
Tableau des statistiques et
test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	15,58	2,07	10,0
REFERENCE	6	18,78	0,86	13,7
REJET	6	10,88	1,48	4,8
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 8,29 Niveau de signification = 0,016				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q _{kw}	p'	q _{0,05;oc} ; p'	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - REJET	4,05	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	CANAL - REJET	3,51	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REFERENCE - CANAL	2,49	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

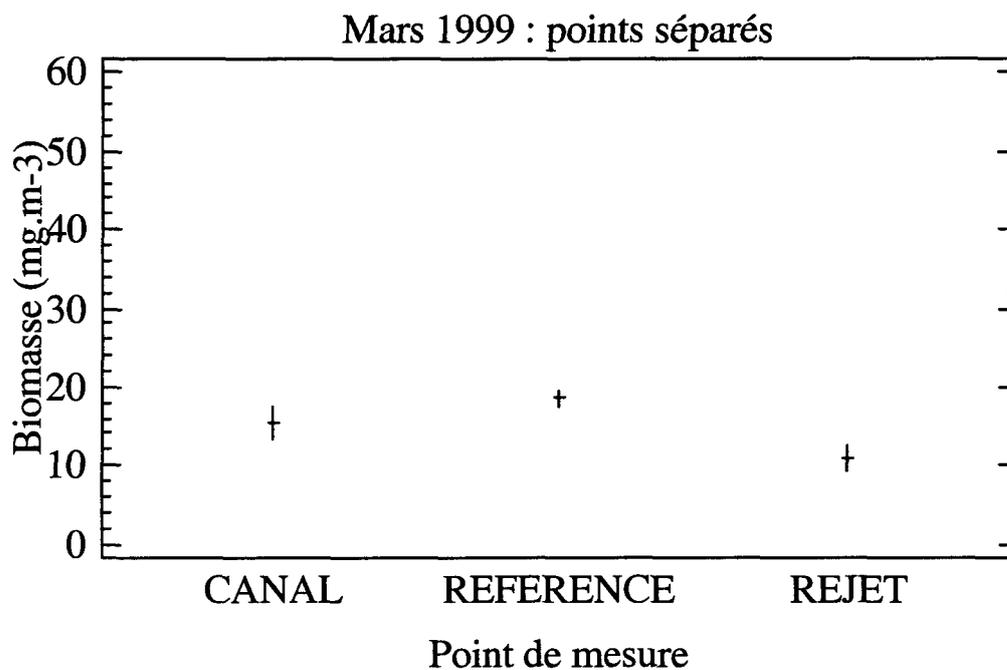


Planche 3.2 :
Carbone total,
28 mars 1999
Tableau des statistiques
et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	2,50	0,28	7,2
REFERENCE	6	6,60	0,27	15,5
REJET	6	2,37	0,28	5,8
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 11,57 Niveau de signification = 0,003				

Test non paramétrique de comparaison multiple

Etape	Station	q _{kw}	p'	q _{0,05;oc ; p'}	Hypothèse d'égalité	Station	Groupes homogènes
1	REFERENCE - REJET	4,43	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - CANAL	5,66	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	CANAL - REJET	0,91	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

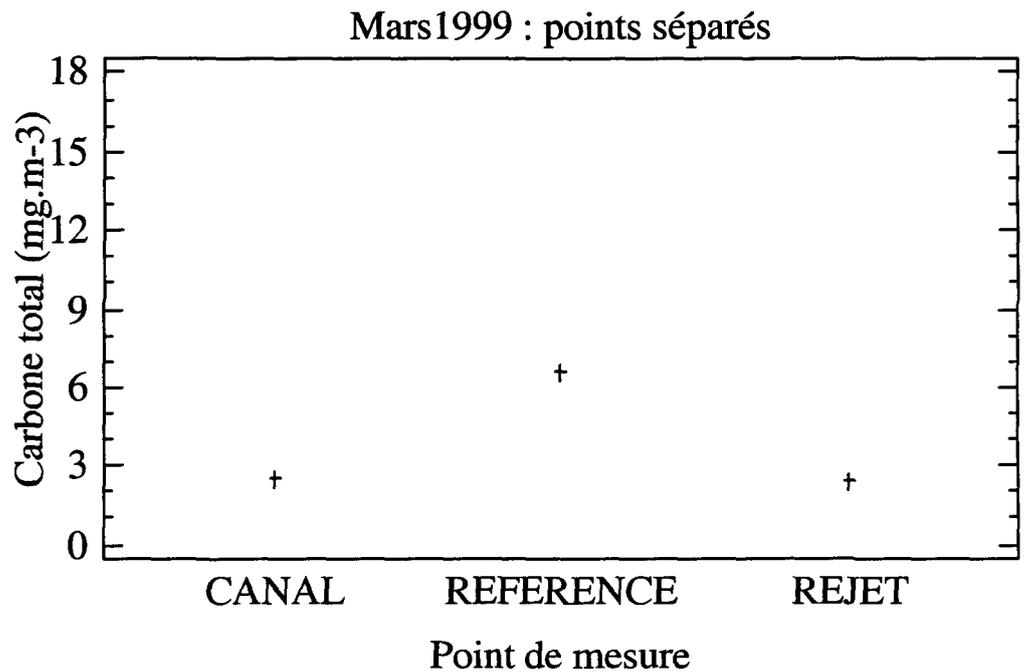


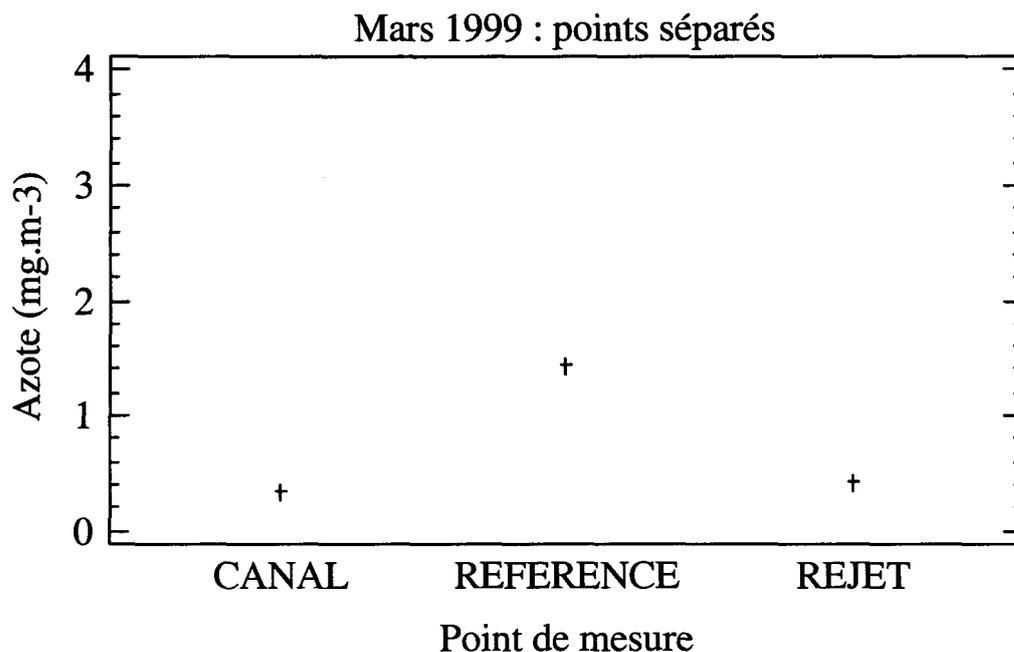
Planche 3.3 : Azote,
28 mars 1999
Tableau des statistiques
et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	0,35	0,04	5,3
REFERENCE	6	1,44	0,06	15,5
REJET	6	0,41	0,04	7,8
Test statistique de Kruskal-Wallis : H = 12,06 Niveau de signification = 0,002				

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	4,70	3	3,314	REJETEE	CANAL	*
2	REFERENCE - REJET	5,27	2	2,772	REJETEE	REJET	*
3	REJET-CANAL	1,70	2	2,772	ACCEPTEE	REFERENCE	*

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



*Planche 3.4 : Biomasse zooplanctonique, 27 juin 1999
Tableau des statistiques et test de Kruskal-Wallis*

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	20,21	2,92	11,0
REFERENCE	6	16,33	0,87	8,0
REJET	6	18,57	1,80	9,5
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 0,95$ Niveau de signification = 0,62				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

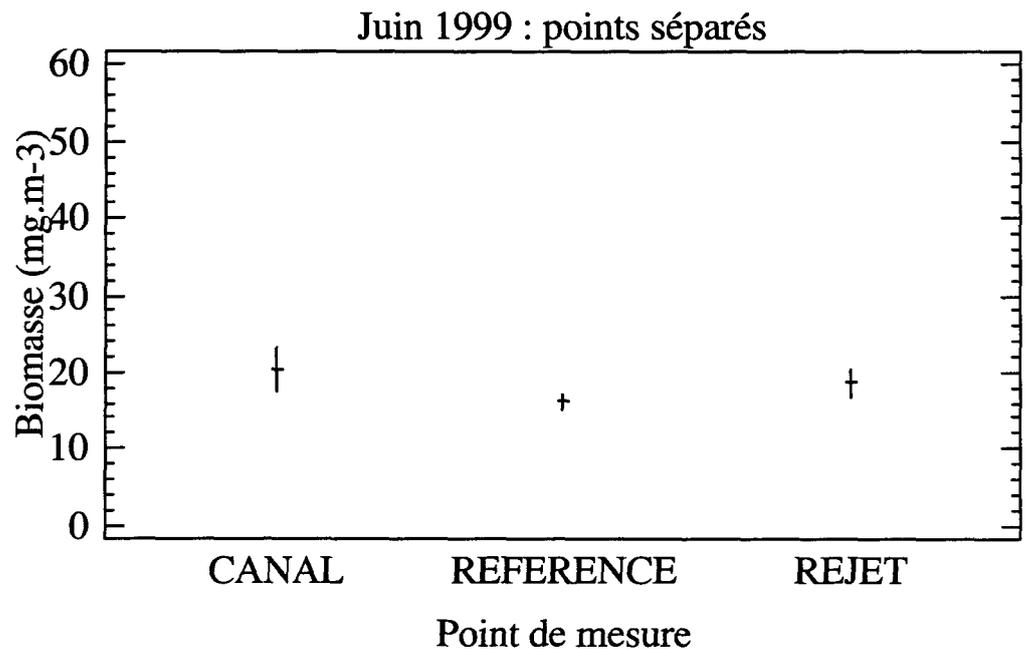


Planche 3.5 : Carbone total,
27 juin 1999
Tableau des statistiques
et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	6,48	0,98	11,3
REFERENCE	6	5,55	0,36	8,3
REJET	6	5,71	0,33	8,8

Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 1,09$
Niveau de signification = 0,58

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard

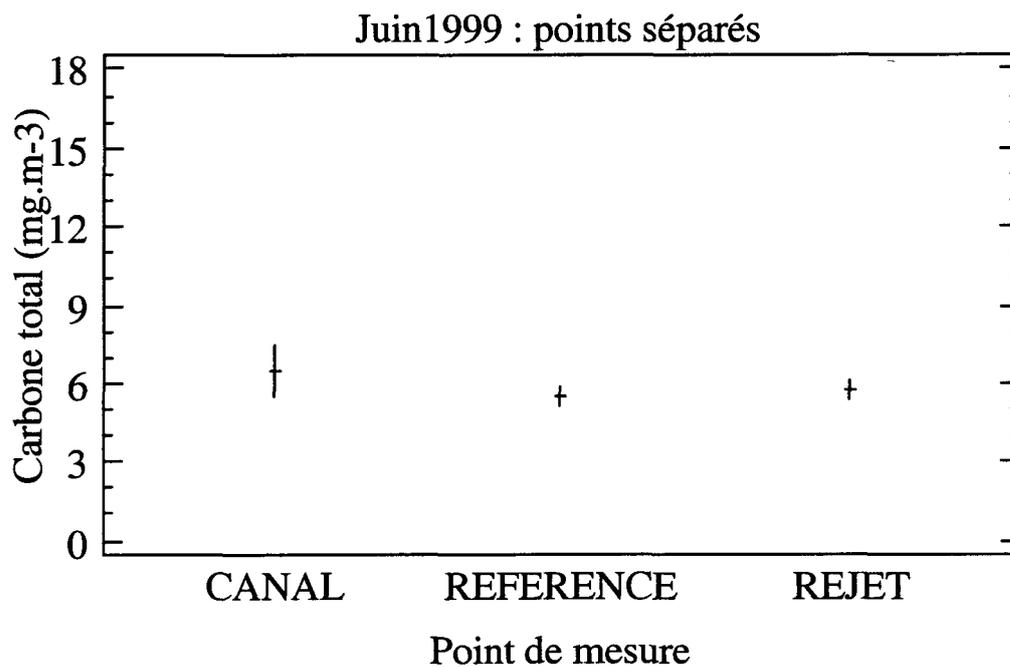
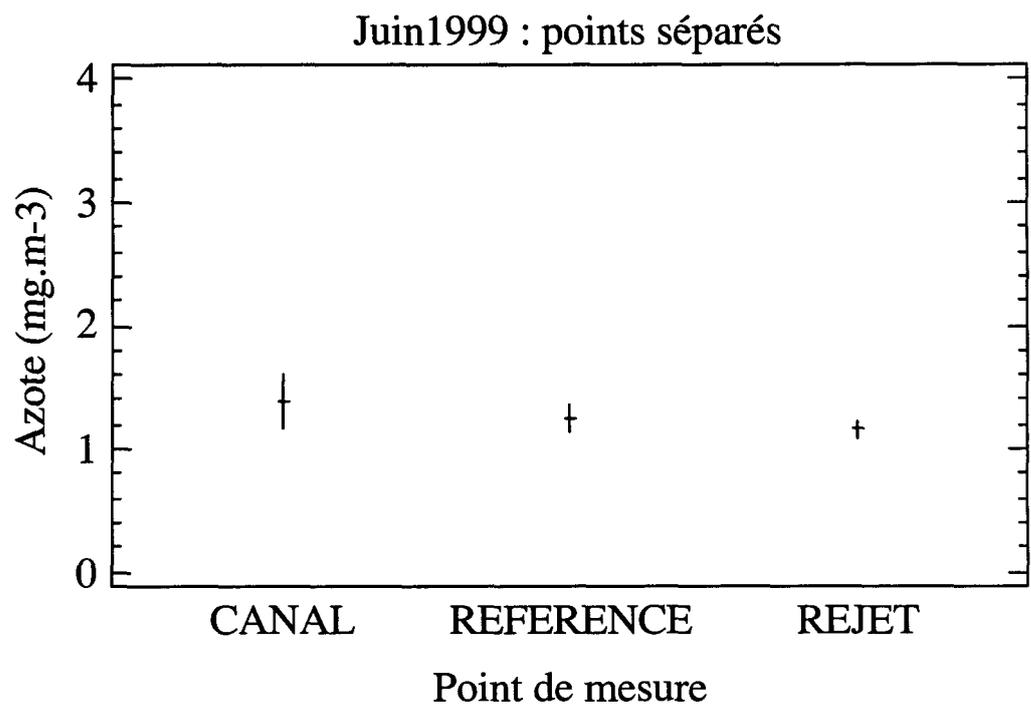


Planche 3.6 : Azote,
27 juin 1999
Tableau des statistiques
et test de Kruskal-Wallis

Station	N	Moyenne (mg.m-3)	et Erreur standard	Rang moyen
CANAL	6	1,38	0,22	11,0
REFERENCE	6	1,25	0,11	9,8
REJET	6	1,18	0,05	7,8
Test statistique de Kruskal-Wallis : $H = 1,13$ Niveau de signification = 0,57				

Tracés des moyennes + ou - une erreur standard



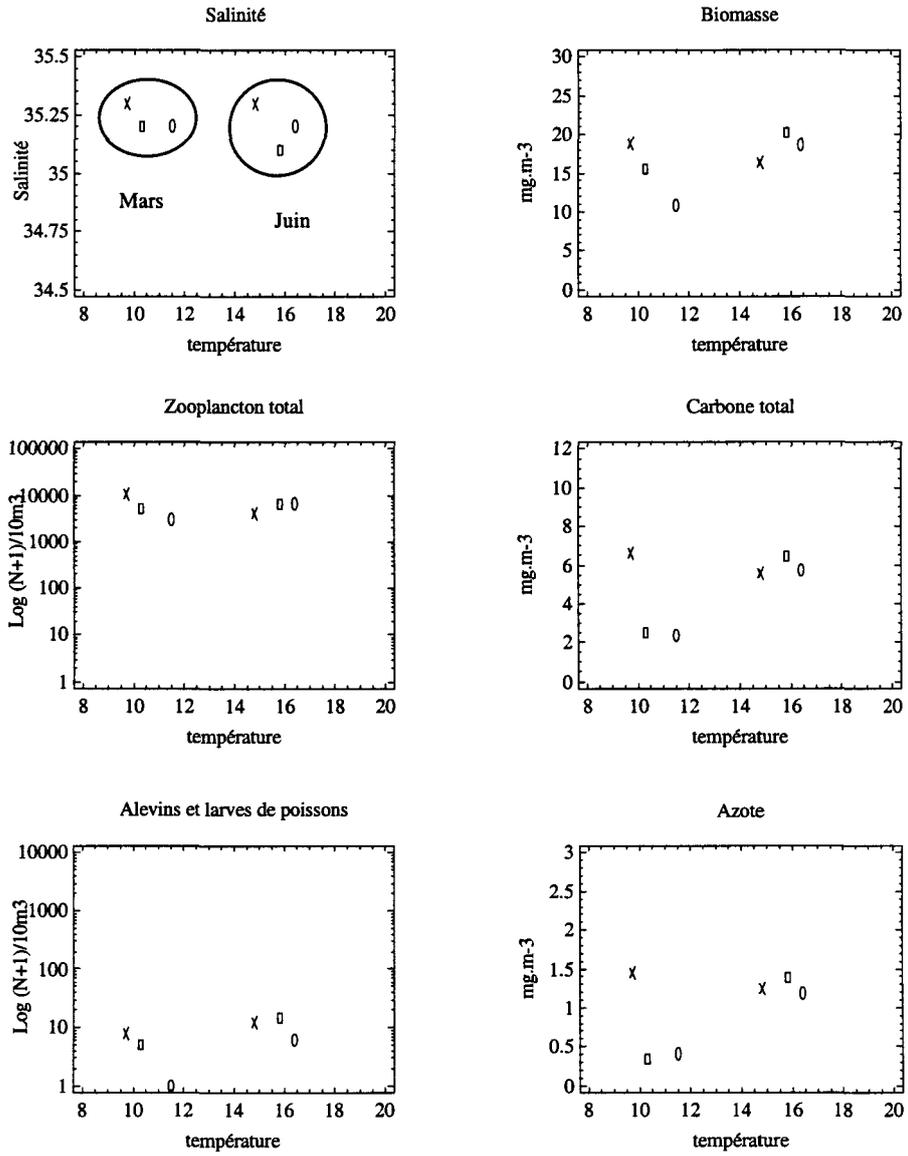


Planche 3.7 :
Diagramme
des différents
paramètres
en fonction de la
température -
Flamanville 1999

X Réfrence
□ Canal
○ Rejet

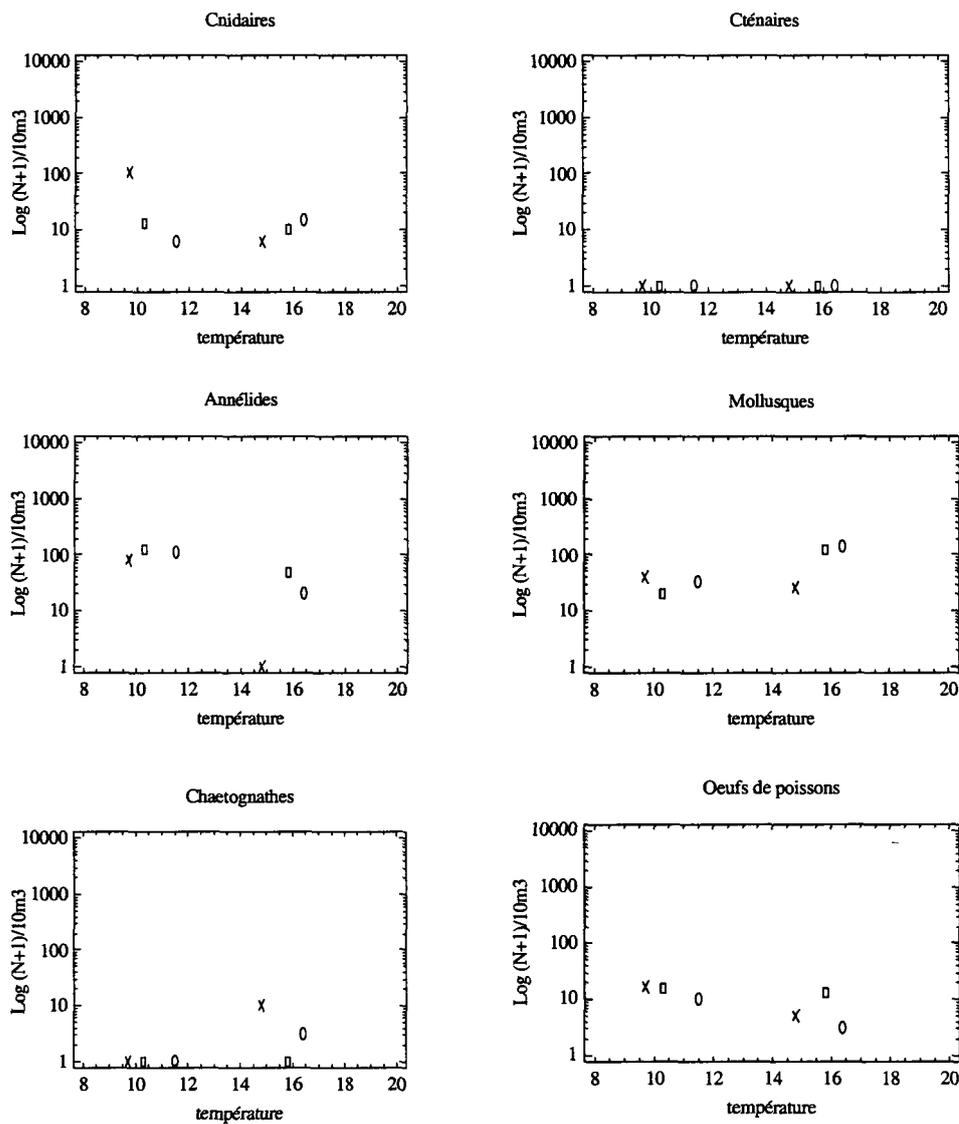


Planche 3.8 :
Diagramme des
différents
paramètres en
fonction de la
température -
Flamanville 1999
X Référence
□ Canal
○ Rejet

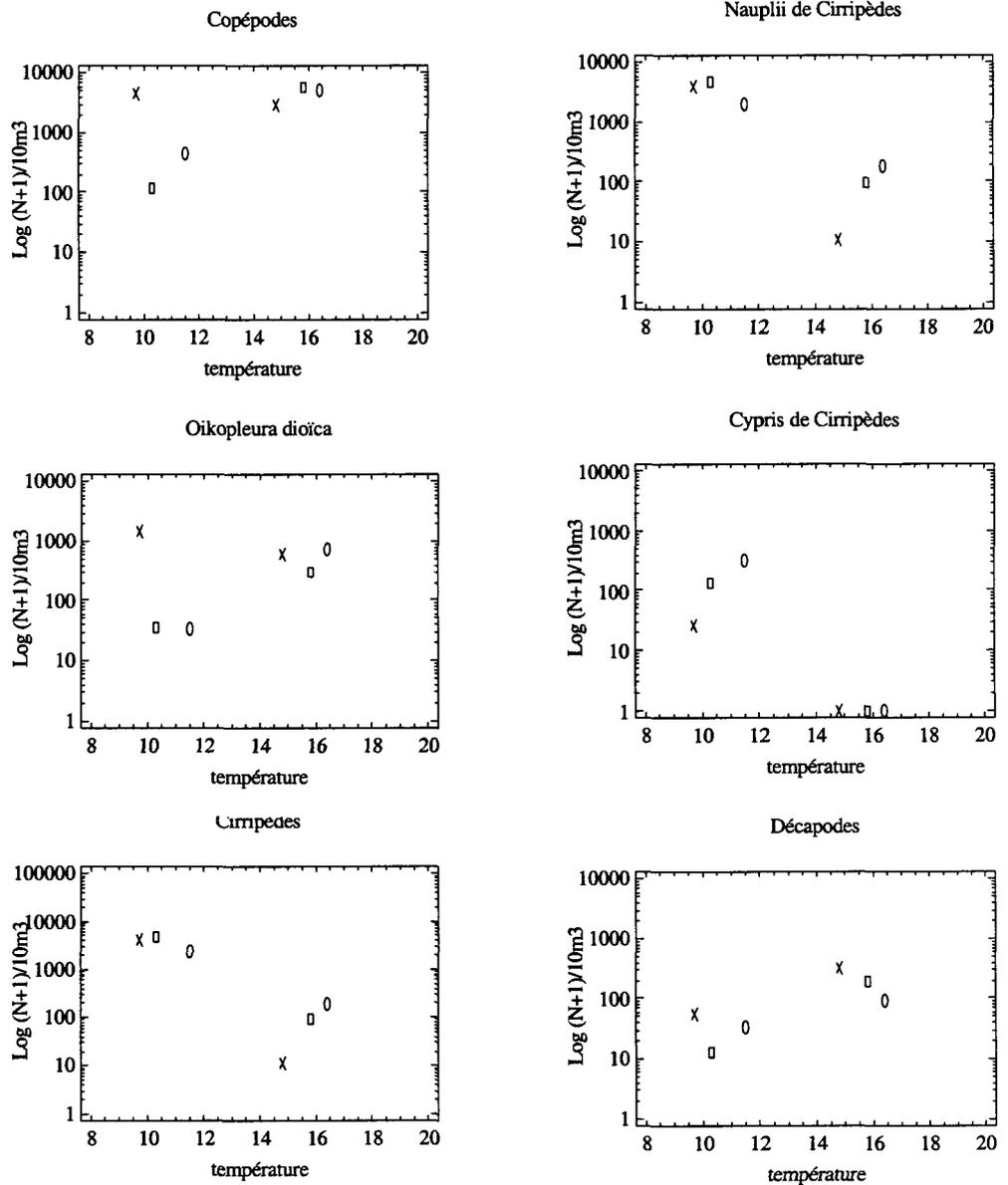


Planche 3.9 :
Diagramme des
différents
paramètres en
fonction de la
température -
Flamanville 1999

X Référence
□ Canal
○ Rejet

1999	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		
	28/03	27/06	17/09	28/03	27/06	17/09	28/03	27/06	17/09
d' I	284	708	802	-	V.a.	V.a. + ?	218 125	458 750	918 750
C A J	348	756	862	-	V.a.	V.a. + ?	278 750	477 185	965 625
A M									
N E Moyenne	316	732	832	-	+	+	248 438	467 968	918 750
A N Ecart	45	34	42				42 868	13 036	33 146
L E type									
E T eau °C	10,1	15,9	18,1						
R K	100	202	346	L.d.	V.a.	V.a.	241 875	244 375	953 125
P E L	102	148	364	L.d.	V.a.	V.a.	228 750	231 560	903 125
O J									
I E Moyenne	101	175	355	+	+	+	235 313	237 968	928 125
N T Ecart	1	38	13				9 281	9 062	35 355
T type									
1 T eau °C	12,6	16,0	18,3						
R 1	140	230	356	L.d. + V.f.	V.a.	V.a.	138 750	461 250	993 750
P E 2	168	238	358	L.d.	V.a.	V.a.	146 250	417 500	1 071 875
O J									
I E Moyenne	154	234	357	+	+	+	142 500	439 375	1 032 813
N T Ecart		6	1				5 303	30 936	55 243
T type									
2 T eau °C	12,3	17,7	19,4						
R E	42	76	220	-	-	V.a.	91 875	112 500	537 500
E F	44	172	206	-	V.a.	V.a.	128 750	196 250	443 750
P F G	12	70	224	-	-	V.a.	123 750	180 625	612 500
O E H	30	92	230	-	-	L.d.	110 000	194 375	637 500
I R									
N E Moyenne	32	103	220	-	+	+	113 594	170 938	557 813
T N Ecart	15	47	10				16 507	39 576	87 108
C type									
E T eau °C	9,8	14,9	18,0						

Tableau 3.8 : Analyses microbiologiques réalisées en 1999 au droit du CNPE de Flamanville

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

Précisons qu'en 1999 l'Ifremer a procédé, hors contrat, à l'échantillonnage systématique du second rejet (cf. tableau 3.8). Le but est de quantifier, si elle existe, une différence entre les analyses à la sortie du rejet "chaud" (tranche en fonctionnement) et à la sortie du rejet "froid" (tranche à l'arrêt).

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 bactopectone 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 bactopectone 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. Germes totaux (en Zobell)

Le dénombrement des germes revivifiables en milieu de Zobell fournit des valeurs moyennes par cm³ (tableau 3.8) comprises entre 32 germes au point Référence en mars et 832 au point canal d'amenée en septembre.

Sur la période 1987-1999 (Fig. 3.12), 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. En 1999, il n'existe pas de différence significative entre les rejets. La plus grande richesse du canal d'amenée en

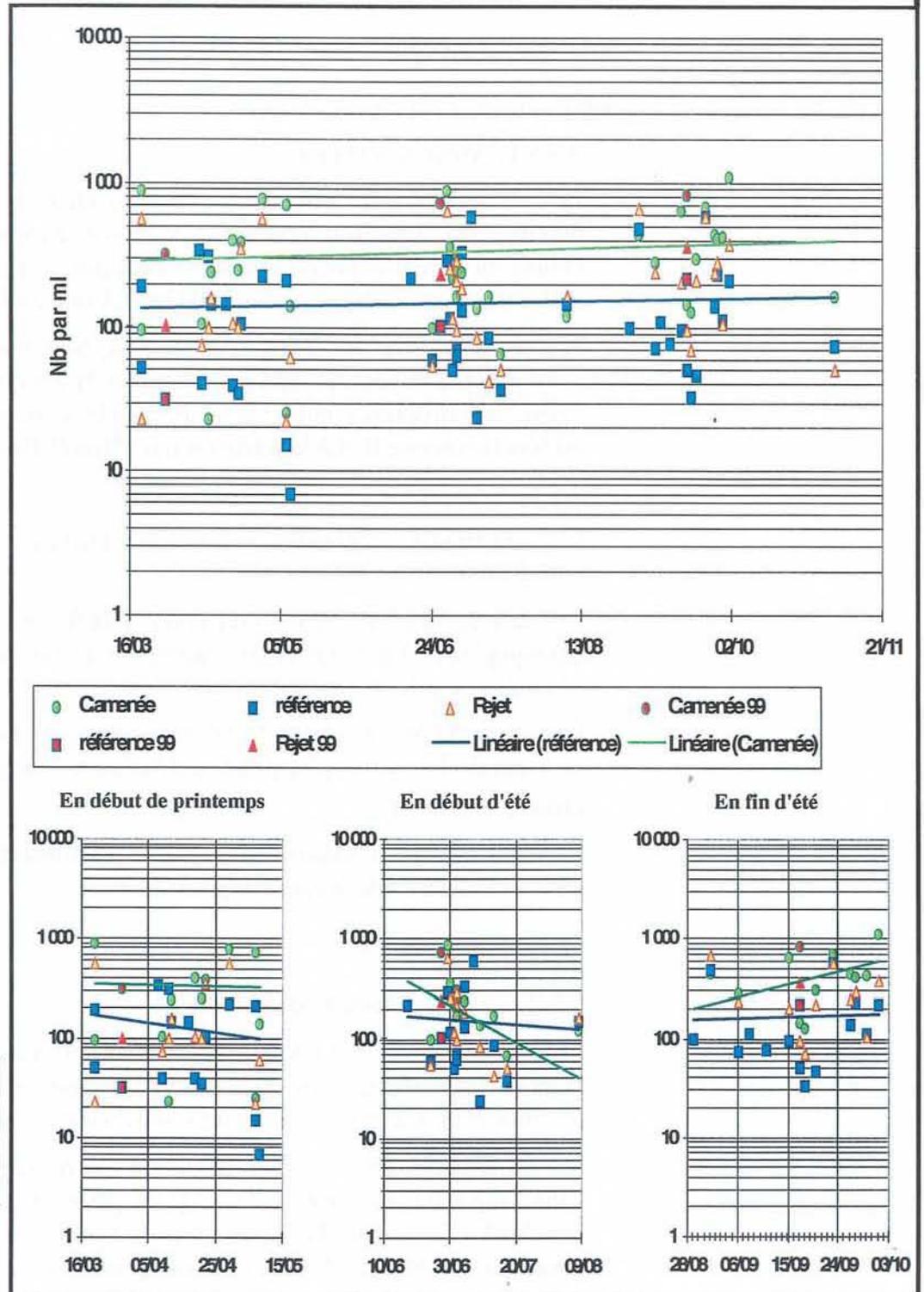


Figure 3.12
Evolution des germes
totaux de 1983 à 1999,
au droit du CNPE de
Flamanville

toute saison pourrait être attribuée à la position de ce point dans une zone d'influence du fond et des berges.

3.5.2.2. Aucune évolution significative de ce paramètre sur le site n'est observée. Germes colorés à l'acridine

De mars à septembre 1999, le dénombrement microscopique des germes colorés à l'acridine orange montre une augmentation des valeurs moyennes par cm^3 en chaque point échantillonné (fig. 3.13).

Les valeurs, quoique du même ordre de grandeur, sont sensiblement plus fortes aux deux premières périodes d'observation, d'une part au canal d'amenée qu'au rejet, d'autre part à la côte (canal d'amenée et rejet) qu'au large (référence). En fin d'été, les plus fortes valeurs sont observées aux rejets. Notons qu'en juin et septembre, les valeurs sont sensiblement plus élevées sur le rejet "chaud" que sur le rejet "froid".

L'examen de l'évolution de ce paramètre de 1987 à 1999 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 1999, trois espèces de vibrions, faisant partie de la flore marine autochtone, sont identifiées (tableaux 3.8 et 3.9) :

- *Listonella damsela* (anciennement *Vibrio damsela*) est détectée aux points "rejet" en mars (température moyenne de l'eau : 12,5 °C) et "référence" en septembre (température de l'eau : 18 °C). C'est une souche pathogène pour les poissons, qui se trouve à la suite de surinfection de plaies.

- *Vibrio alginolyticus*, souche présente en tout point à la fin juin (température de l'eau variant de 14,9 °C au large à 17,7 °C sur le rejet le plus chaud) et en septembre (température comprise entre 18 °C au large et 19,4 °C au rejet). Ces vibrions furent les premiers répertoriés dans ce secteur, dans le cadre de ces études, en juillet 1983. *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 Fluvialis*, détectée en mars au rejet (température de l'eau : 12,3 °C). Ces vibrions, faisant partie de la flore des eaux et sédiments marins, sont également pathogènes pour l'homme, pouvant en effet être la cause de gastro-entérite.

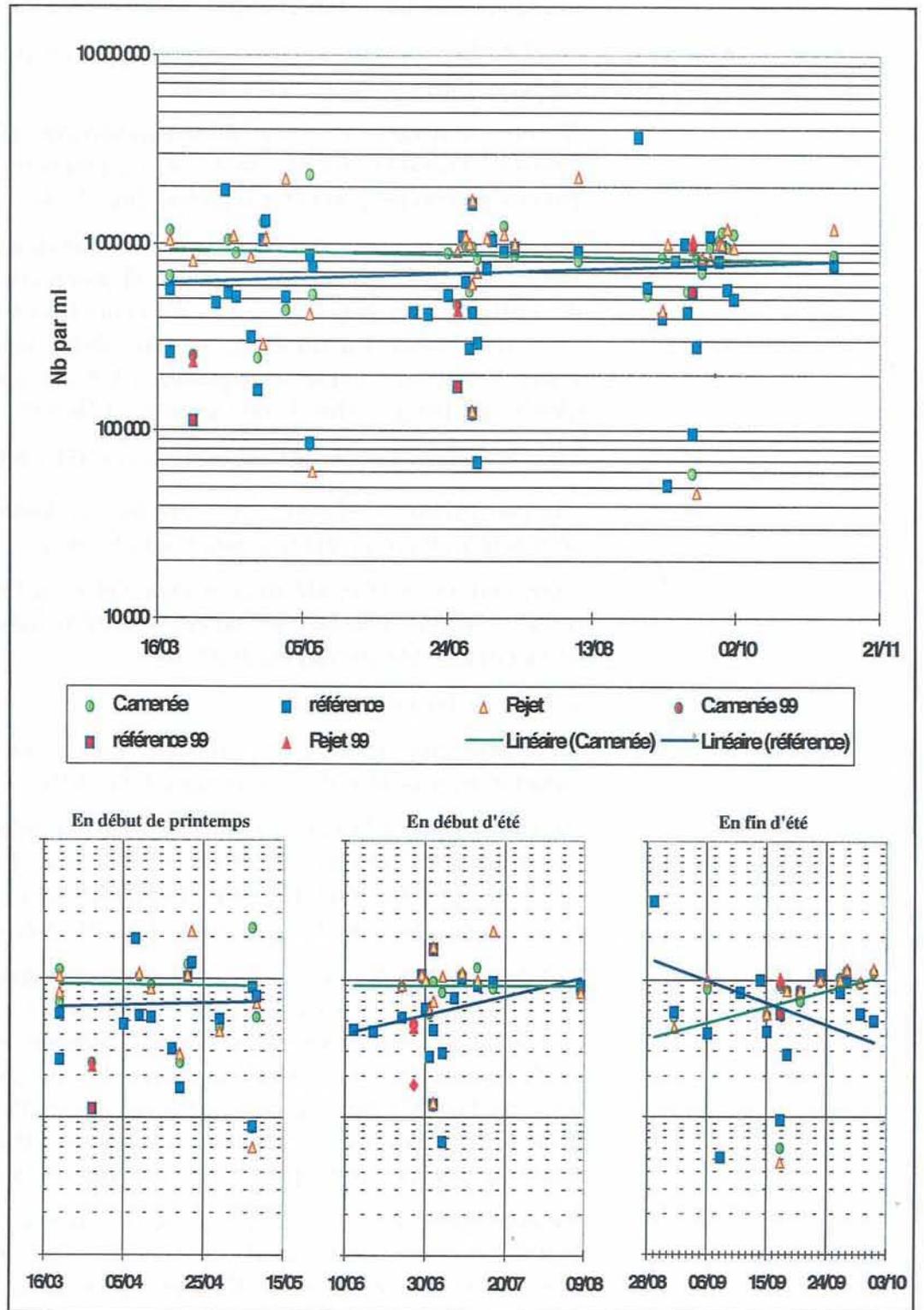


Fig. 3.13 : Evolution des germes colorés à l'acridine de 1983 à 1999 au droit du CNPE de Flamanville

Tableau 3.9 : 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	1999 ^A
<i>Vibrio alginolyticus</i>												CA			RF		
<i>Vibrio cholerae</i>													CA				
<i>Vibrio damsela</i>													RJ, RF		CA, RJ	RJ, RF	RJ
<i>Vibrio fluvialis</i>																RF	RJ
<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	1999 ^D
<i>Vibrio alginolyticus</i>	b, c			RF									CA, RJ	CA, RJ, RF	CA, RJ, RF	CA, RJ	CA, RJ, RF
<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 ^C	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	1999 ^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	CA, RJ, RF
<i>Vibrio cholerae</i>																	
<i>Vibrio damsela</i>												RF			CA, RJ, RF	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

3.6. TRIHALOMETHANES

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

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

D'après les documents transmis chaque mois par EDF, nous notons que l'électrochloration ne fonctionnait pas le 28 mars. Le 27 juin, 1026 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 17 septembre, 992 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 1, 000 Kg dans celui de la tranche 2, soit une concentration respectivement de 0,278 mg et 0,274 mg de chlore par litre d'eau de mer.

Les échantillons réalisés en 1999 (tableau 3.10) n'ont pas permis la détection d'un seul des quatre trihalométhanes.

Tableau 3.10 : Analyses des trihalométhanes en 1999 sur le site du C.N.P.E. de Flamanville

Trihalométhanes 1999	Limite de détection	Canal d'aménée	Rejet	Référence
28 mars				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)
27 juin				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)
17 septembre				
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)

Résultats exprimés en microgrammes par litre

(/) = composé non détecté

(R) = Traces

4. Le domaine benthique

Etude et rapport réalisés au Centre IFREMER de BREST par

Luc DRÉVÈS (DEL/SR)

Jean-Dominique GAFFET (DEL/EC)

avec la collaboration, pour les missions de terrain, de

Jean Pierre ANNÉZO (DEL/SR)

Gilles YOUENOU (DEL/SR)

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*, sujette aux facteurs naturels (climatiques, hydrauliques) qui peuvent modifier la dynamique du peuplement (installation, développement, arrachage, etc.) peut également 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

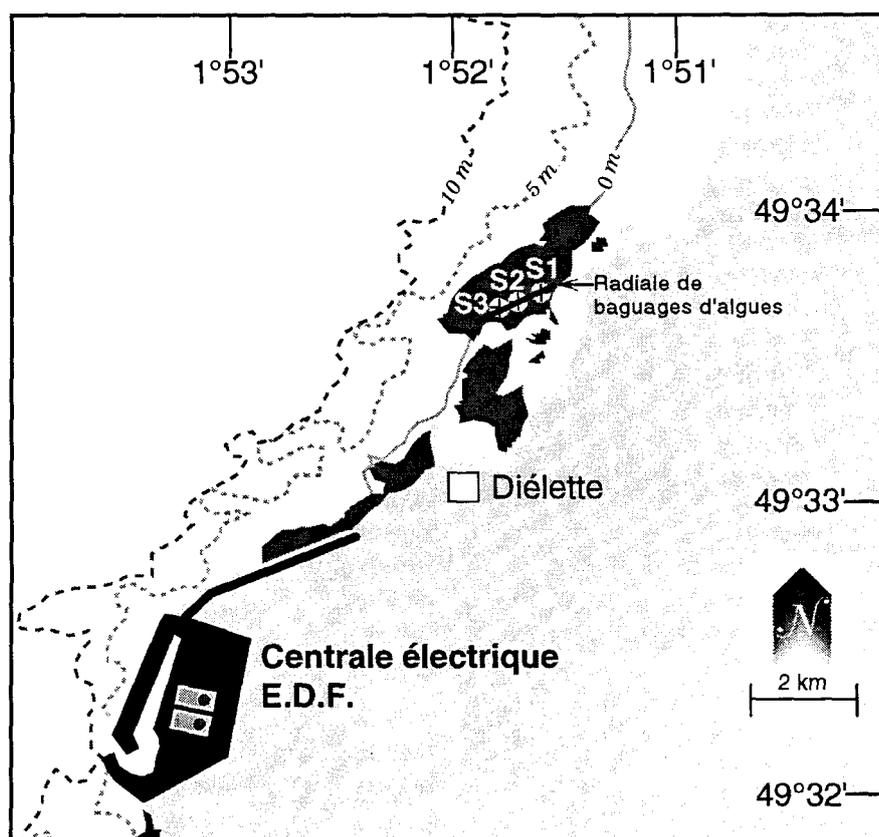
radiales ont été considérées en mars 1985 dans une zone centrale où la végétation est plus dense. 286 pieds ont été bagués.

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, 1998 et 1999. Le baguage systématique d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 permet 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 m x 0,20 m (numérotés A1, A2, ..., E5) est posé sur les algues en un point fixe repéré par deux tiges (représentant une des diagonales du quadrat) enfoncées dans le substrat rocheux.

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 (\varnothing) 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 1999 (Figure 4.2) se situe, en poids sec, entre 102 g \pm 71 g (secteur 1) et 176 g \pm 77 g (secteur 2) en mars, 54 g \pm 63 g (secteur 1) et 400 g \pm 287 g (secteur 3) en septembre. Le stock moyen global sur le platier peut ainsi être estimé, sur la même unité de surface, à 136 g en mars et 267 g en septembre. Les moyennes saisonnières relevées sur la période 1983/1999 sont 131 g en fin d'hiver et 348 g en fin d'été.

L'accroissement de la biomasse de cette population algale est observé, ce qui est normal, entre mars et septembre, exception faite du secteur où la biomasse chute de moitié (secteur 1).

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.

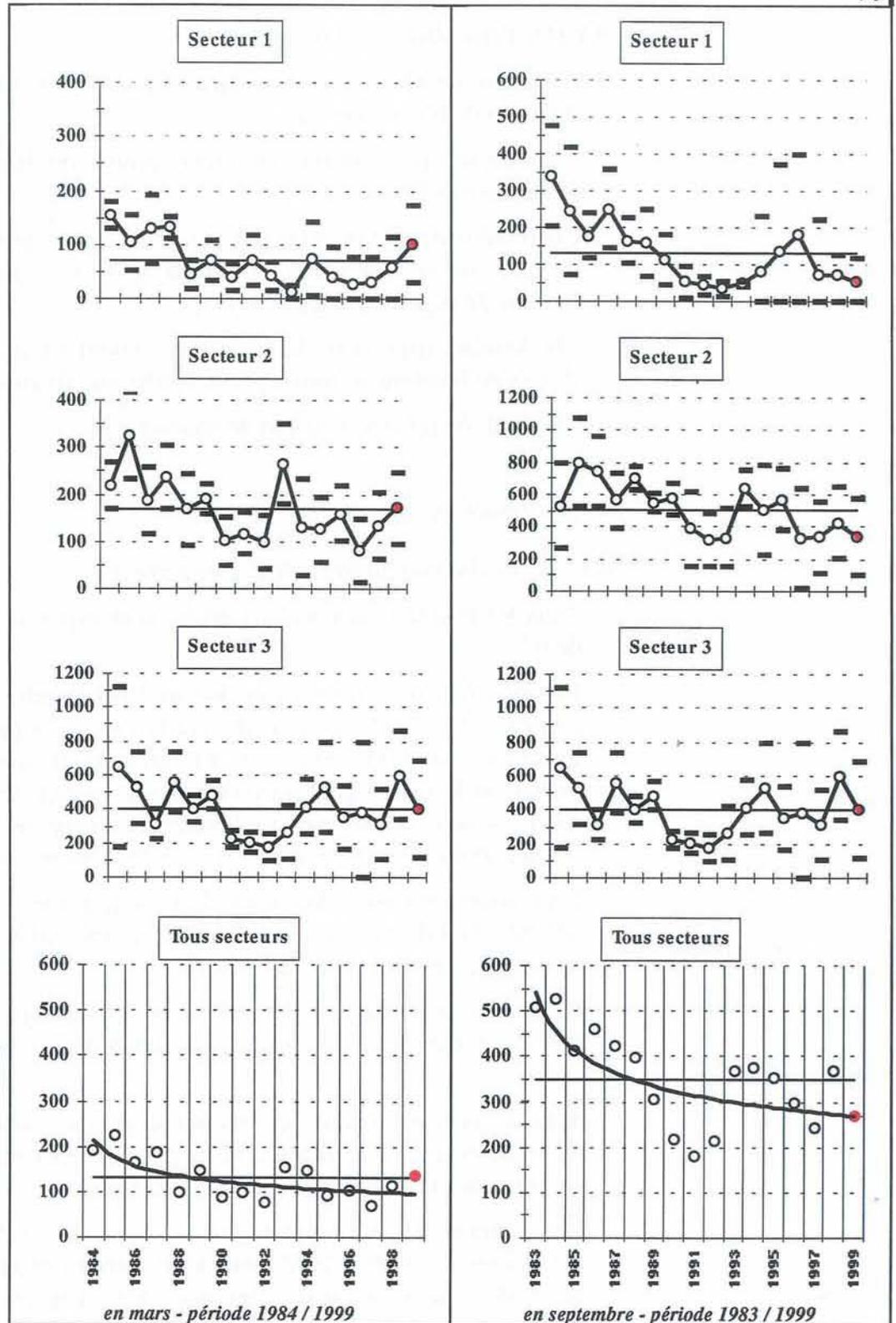


Figure 4.2 :
 Evolution du poids sec de *Fucus serratus* (en g/0,25 m²). Moyenne et écart-type, comparés au stock moyen estimé sur la totalité de la période

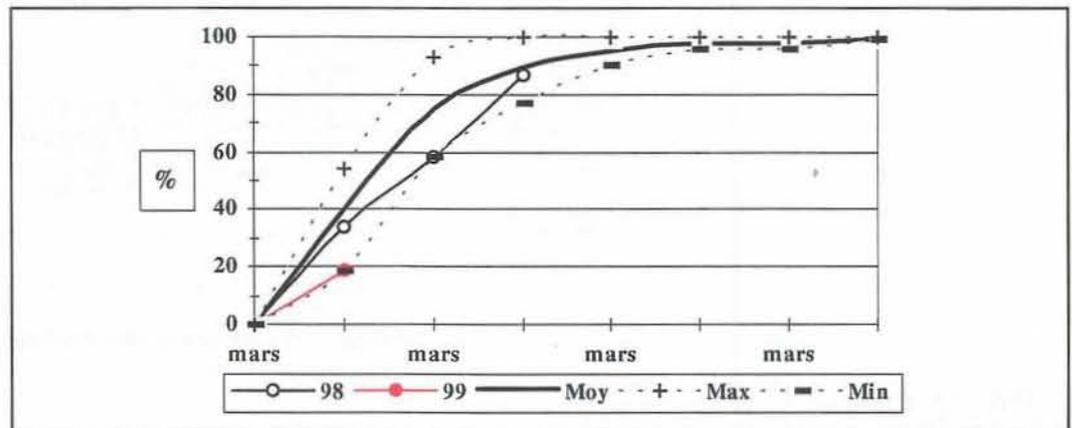
Cette sensible augmentation, enregistrée sur la période 1993/1994, permet de dépasser la moyenne saisonnière. La baisse reprend à compter de 1995

Les fluctuations du stock de *Fucus serratus* sont plus importantes en septembre qu'en mars. La dépopulation générale de la ceinture à *Fucus serratus* du platier de Diélette entre 1983 et 1999 est évidente. On peut s'interroger sur la faiblesse du stock en fin d'été, enregistrée notamment de 1990 à 1992, et sur les raisons expliquant ses fluctuations apparemment anarchiques.

4.1.3. Dénombrement des algues baguées

Le taux de dépopulation au bout des 6 premiers mois de l'année 1999 n'est que de 19 %, soit le taux le plus faible enregistré depuis 1983. Il était de 49 % en 1997, et de 34 % en 1998. Le taux le plus élevé de dépopulation fut observé en 1989 (54 %). Le taux moyen de dépopulation sur la période 1983-1999 est de 41 % au bout de six mois, 75 % au bout d'un an, et 95 % au bout de deux ans.

Fig. 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.

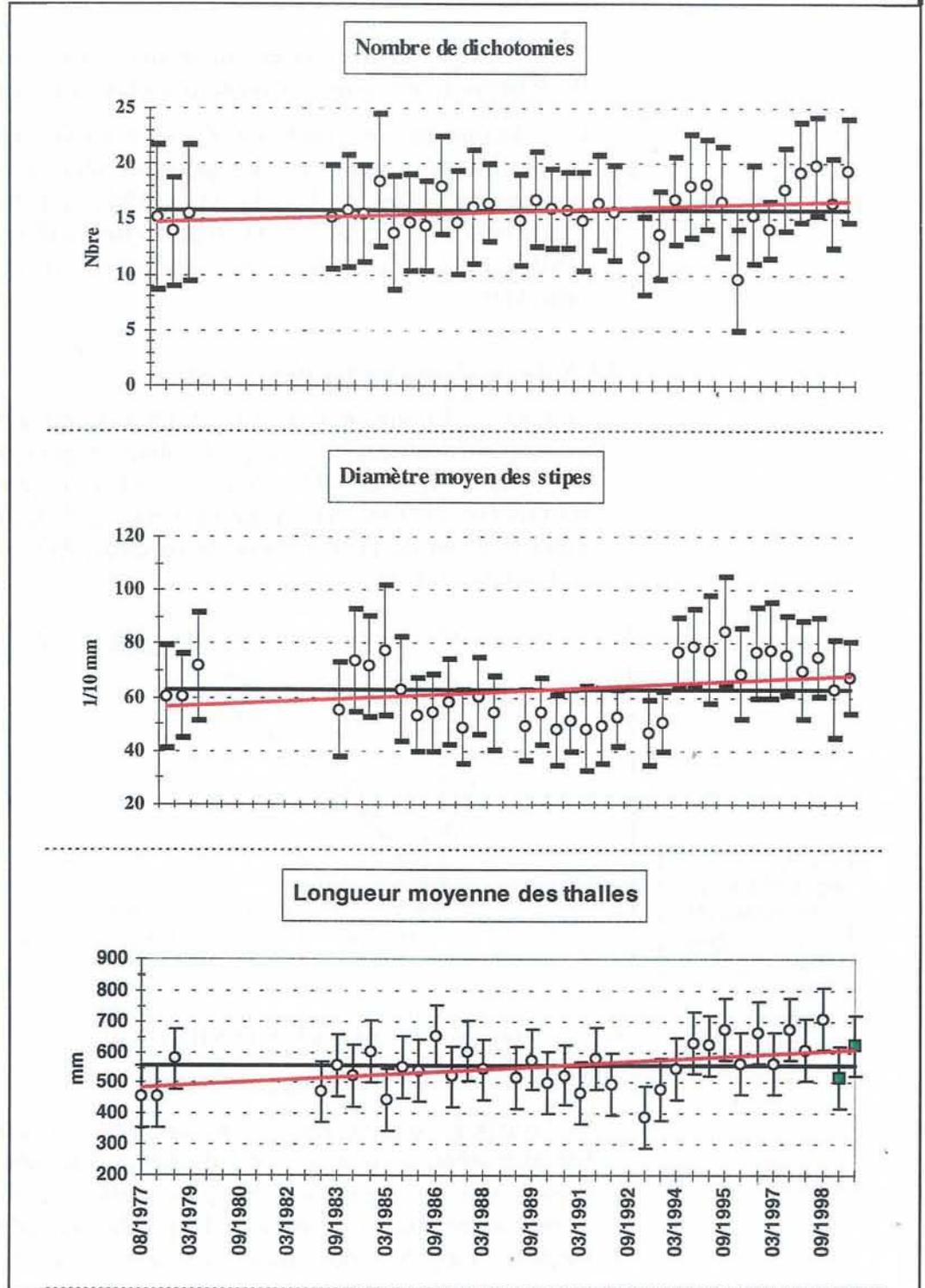


Fig. 4.4 : Evolution saisonnière des paramètres mesurés chez *Fucus serratus* à Diélette (moyenne et écart-type par rapport à la mesure moyenne estimée de 1977 à 1999, et courbe de tendance = régression linéaire)

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. Notons une baisse sensible des longueurs moyennes aux deux périodes d'observations 1999.

* 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 (6,3 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 croit 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 1998 (19 et 20) qu'en 1999 (17 et 19) démontrent une certaine stabilité..

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 1999 est de 66 % 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 alors de 27 %.

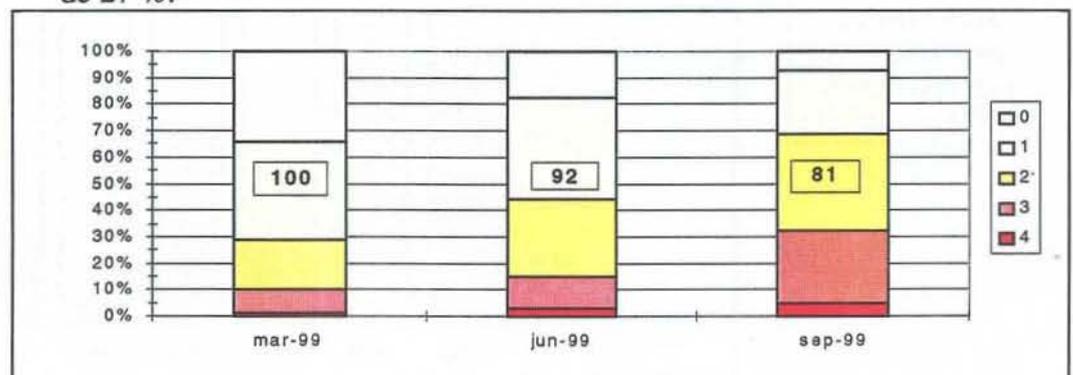


Fig. 4.5 :
Evolution de la fertilité des pieds de *Fucus serratus* bagués en 1999

83 % des 92 individus retrouvés en juin sont fertiles, avec un taux moyen de fertilité du lot de 34 %. Pour les 81 pieds examinés en septembre, les pourcentages sont respectivement 93 % et 40 %.

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.

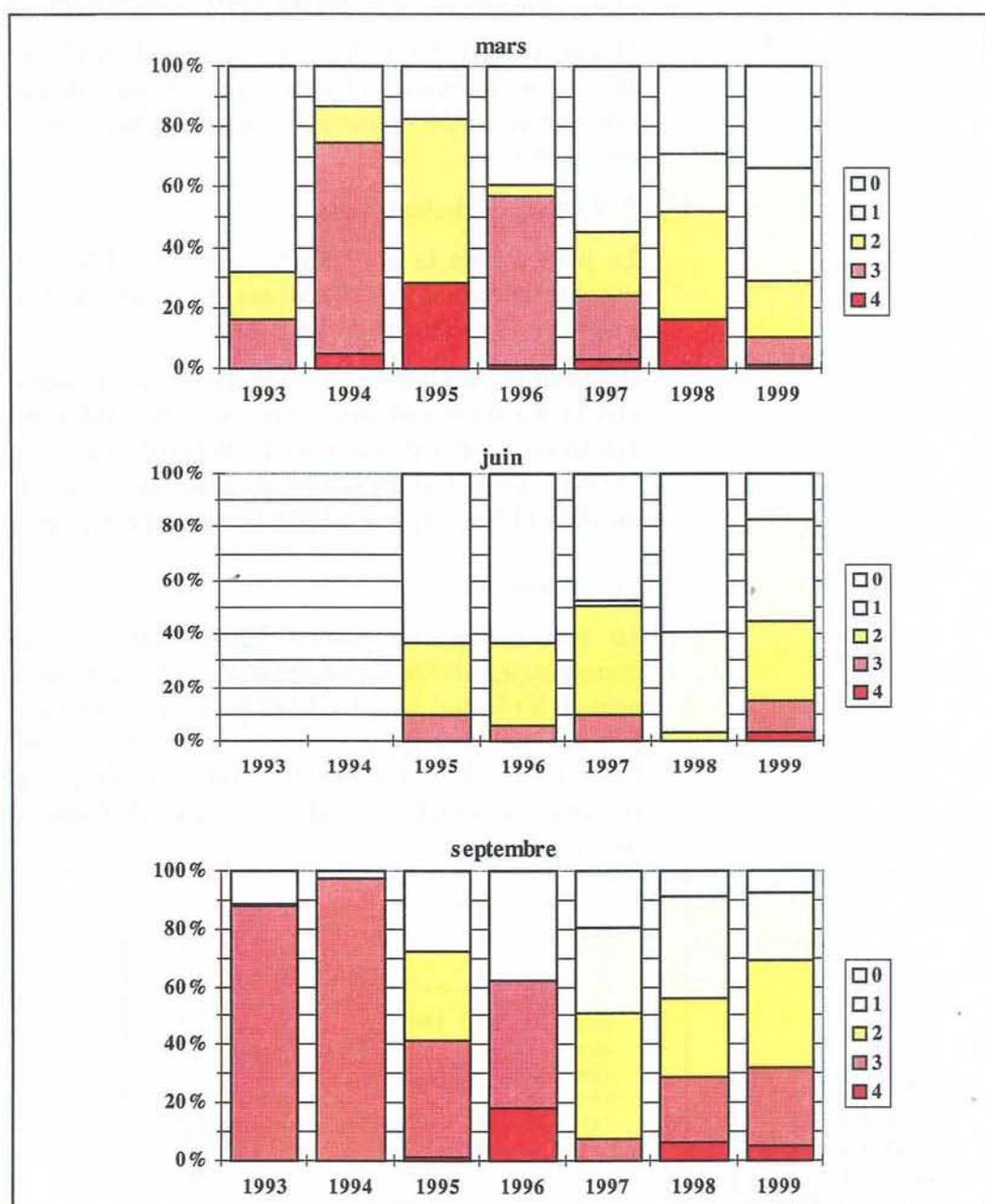


Fig. 4.6 :
Evolution de la
fertilité de *Fucus
serratus* depuis
1993

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, à l'exception toutefois de juin 1999, le nombre de pieds fertiles est faible ; ceux qui le sont présentent des réceptacles défoliés. L'année 1999 se caractérise donc par une fertilité du peuplement de *Fucus serratus* élevée en juin, supérieure notamment à celle de mars, tant en pourcentage de pieds fertiles, qu'en taux global de fertilité.

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 1.6) 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),

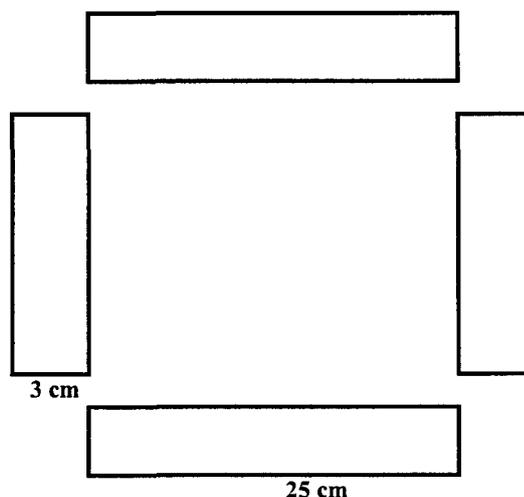
"Quédoy" et "Diélette" (à partir de 1993) sont retenus comme représentatifs de l'ensemble de la ceinture à l'exception de la frange supérieure.

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 m² (quadrat 0,25 m x 0,25 m) ; les patelles sont dénombrées sur le terrain à raison de 12 comptages par point alors que les autres espèces sont récoltées par grattage (4 par point), puis déterminées et comptées au laboratoire.

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

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



4.2.2. Résultats

4.2.2.1. Etude de recolonisation par les cirripèdes

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.

Le recrutement printanier (entre la mi-mars et la mi-juin) représente, 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. Il concerne exclusivement *Balanus balanoides*. Le recrutement estival (de la mi-juin à la mi-septembre), beaucoup plus faible (2 % en moyenne du recrutement annuel sur la période 1983-1998 ; de 1 à 50 individus par 75 cm²), concerne en priorité les *Chthamalus montagui*, *Chthamalus stellatus*, et *Elminius modestus*. La recolonisation observée entre septembre et mars (2 % ; de 1 à 90 individus par 75 cm²) n'est en fait que la fin du recrutement estival intervenu après les observations effectuées en septembre précédent.

Les comptages réalisés en mars 1999 (tableau 3.1) 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 de quelques adultes fixés depuis le 7 septembre 1998 ;
- d'observer quelques cypris et quelques jeunes individus métamorphosés ; rappelons que le recrutement printanier 1997 avait également été précoce, et plus important surtout au Rozel où le nombre d'individus métamorphosés était de 67 ± 27 par 75 cm².

Tableau 3.1 :
Nombre de cirripèdes métamorphosés par 75 cm² en mars 1999.

Comptages réalisés les 20 et 21 mars 1999	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Rt automno-hivernal	3 ± 2	12 ± 8	2 ± 2	1 ± 1

Tableau 3.2 : Bilan du recrutement printanier par 75 cm² en 1999.

Les comptages réalisés en juin, présentés dans le tableau 3.2 suivant, permettent de quantifier l'importance du recrutement printanier.

Comptages réalisés le 12 et 13 juin 1999	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Recrutement printanier	99 ± 63	624 ± 52	426 ± 58	19 ± 5

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).

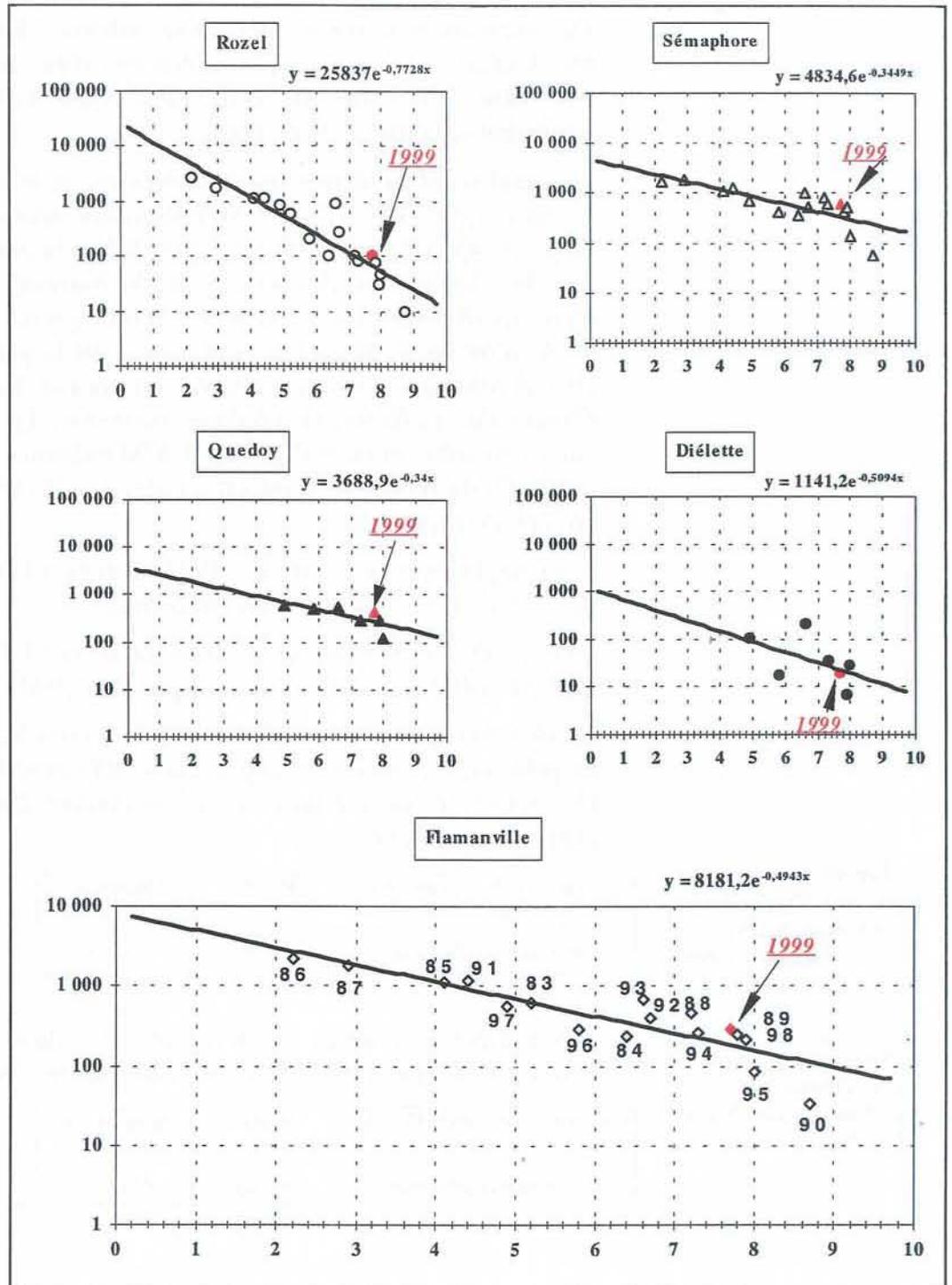


Fig. 4.7 :
 Recrutement printanier des crustacés cirripèdes aux abords de Flamanville (nombre d'individus par 75 cm², exprimé en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air du mois le plus froid de l'hiver [°C])

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 1999 (nombre d'individus par m²)

Septembre 1999		Densité par strate	Surface occupée du substrat en %	Densité moyenne
Rozel	Point 1	35 767	55	19 672
Rozel	Point 2	43 600	90	39 240
Rozel	Point 3	40 433	90	36 390
Rozel	Point 4	60 733	100	60 733
Flamanville	Sem sup	37 067	100	37 067
Flamanville	Sem inf	57 533	100	57 533
Flamanville	Quédoy	57 833	90	52 050
Flamanville	Diélette	37 633	70	26 343

La surface rocheuse colonisée par les crustacés cirripèdes est plus faible en 1999, cinq points n'étant pas colonisés à 100 %. Les années précédentes, à l'exception des points 1 et 4 du Rozel, le substrat rocheux est toujours colonisé à 100 %. Ainsi, en 1998, seul le point 1 n'était 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
1999	39 009	47 300	52 050	26 343

Les densités globales de cirripèdes observées en fin d'été varient d'une année à l'autre. Une relation directe peut être établie entre chaque recrutement printanier, dépendant lui-même de la rigueur de l'hiver, et ces densités en place observées en septembre (figure 4.8).

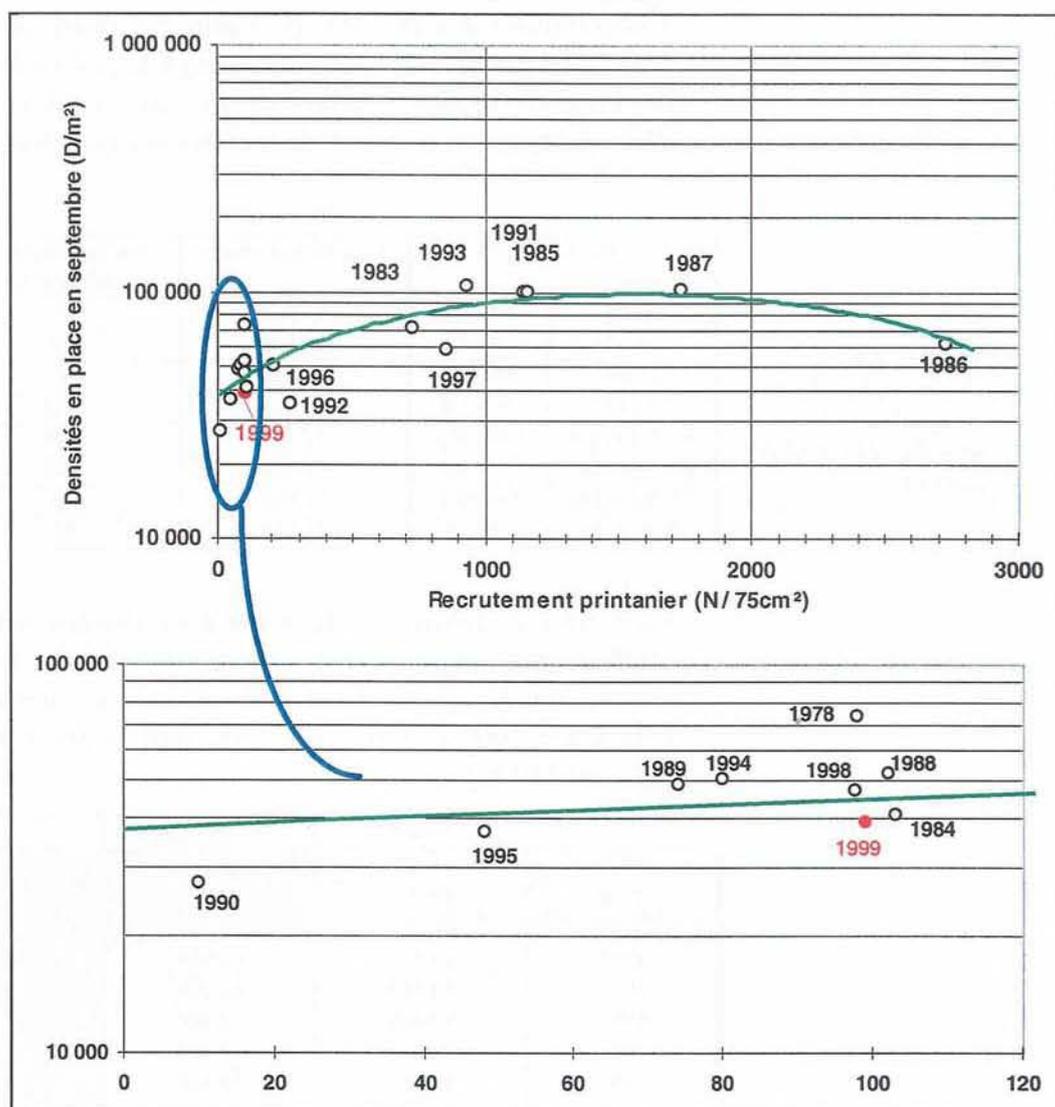


Fig. 4.8 : Pointe du Rozel - Variations des densités de cirripèdes en place en septembre en fonction du recrutement printanier. (année indiquée sur le graphique)

Les proportions des différentes espèces de cirripèdes sont calculées à chaque point. Quatre espèces sont en compétition pour l'espace, à savoir :

- *Balanus balanoides* ; cette espèce boréo-artique ne s'étend guère au-delà des côtes atlantiques françaises.
- *Elminius modestus* ; ce crustacé originaire d'Australie et de Nouvelle-Zélande a été introduit en Europe vers 1940 par des bateaux. Son aire de distribution s'étend aujourd'hui du Portugal à l'Irlande et au Danemark.

- *Chthamalus stellatus*, espèce présente en Méditerranée, ainsi que de l'ouest de l'Afrique à l'Ecosse. Absente des côtes de Mer du Nord, la presqu'île du Cotentin constitue sa limite nord de répartition pour les côtes françaises.
- *Chthamalus montagui*, crustacé présent du nord de l'Ecosse au Maroc.

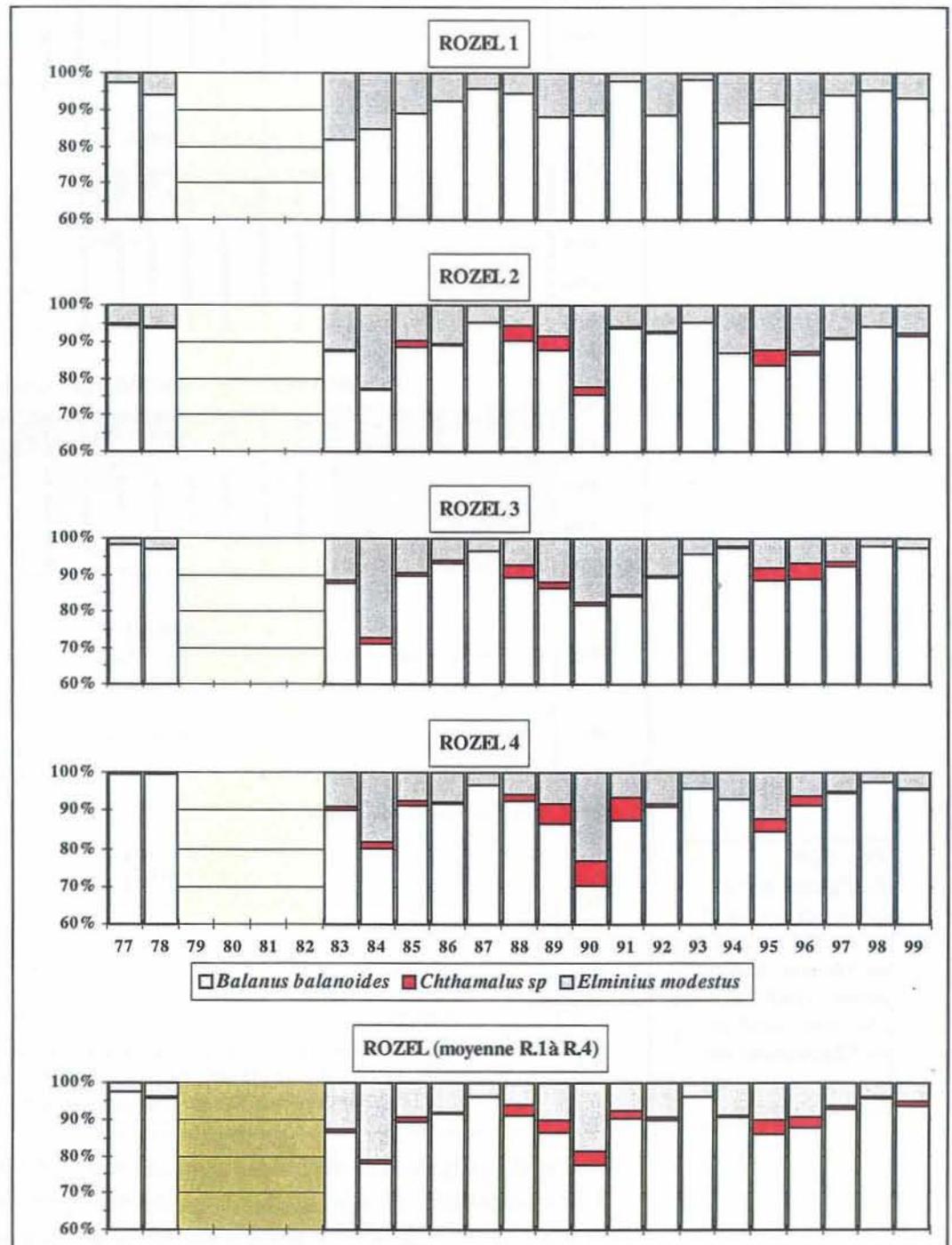


Fig. 4.9 : Evolution, en %, des quatre espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel depuis 1977. (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

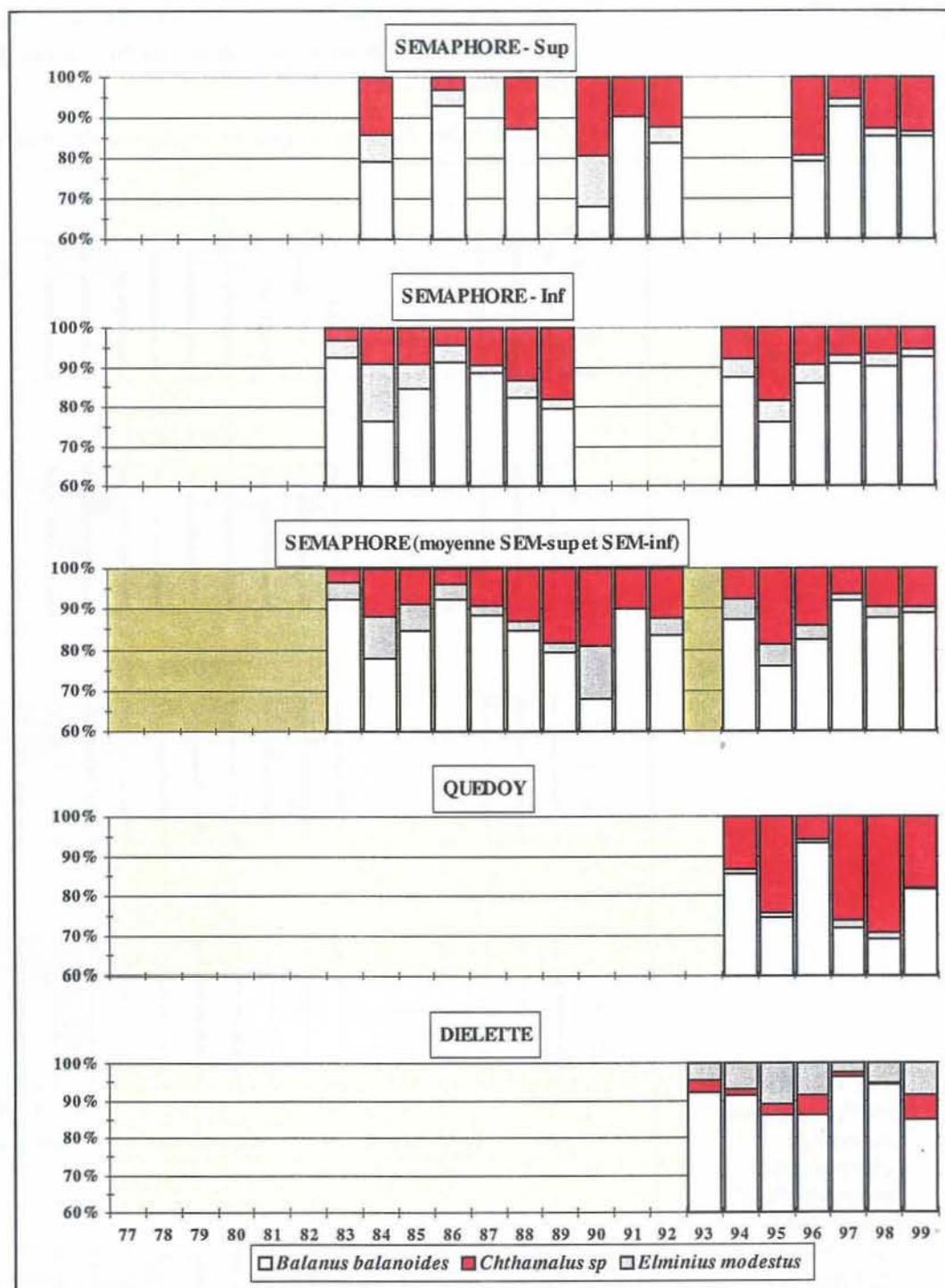


Fig. 4.10 :
Evolution, en %, des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983. (Les deux espèces de *Chthamalus* ont été regroupées au niveau du genre.)

Les variations des pourcentages (figures 4.9 et 4.10) et des densités (figure 4.11) respectifs de ces quatre espèces se répercutent principalement sur *Balanus balanoides*. Les faibles recrutements printaniers de 1998 et 1999

se traduisent par une baisse des effectifs, exception faite de Quédoy. Ce dernier point est le seul où les Chthamales ont une importance significative. La série de données y étant courte (seulement 6 ans), il est cependant difficile d'y voir une évolution.

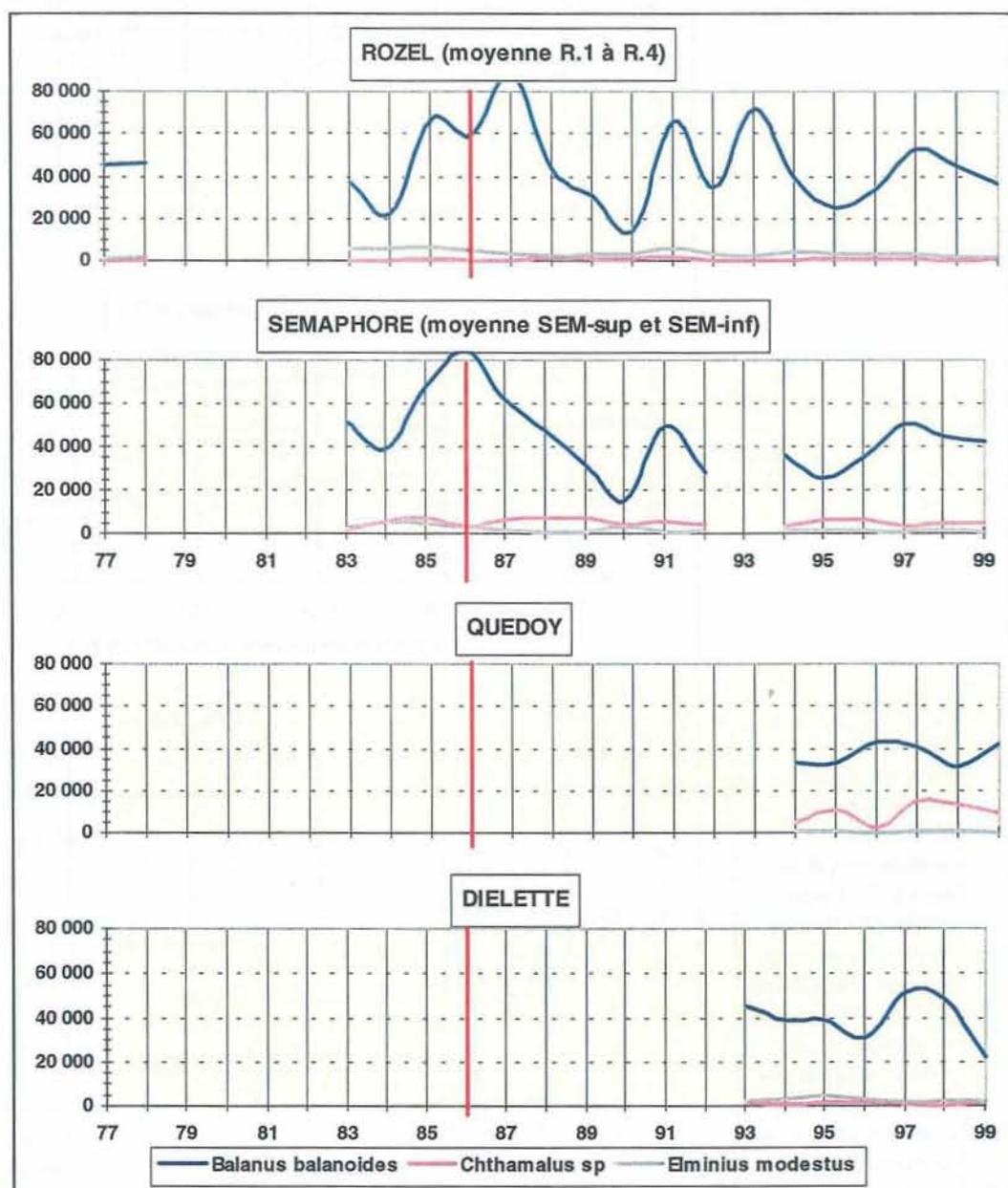


Fig. 4.11 : Evolution, en nombre d'individus par m², des densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983.

De même que le recrutement printanier de *Balanus balanoides* est proportionnel à la rigueur de l'hiver (figure 4.7), un essai de corrélation des densités présentes en fin d'été pour ces quatre espèces est tenté avec la température annuelle moyenne de l'air (figure 4.12).

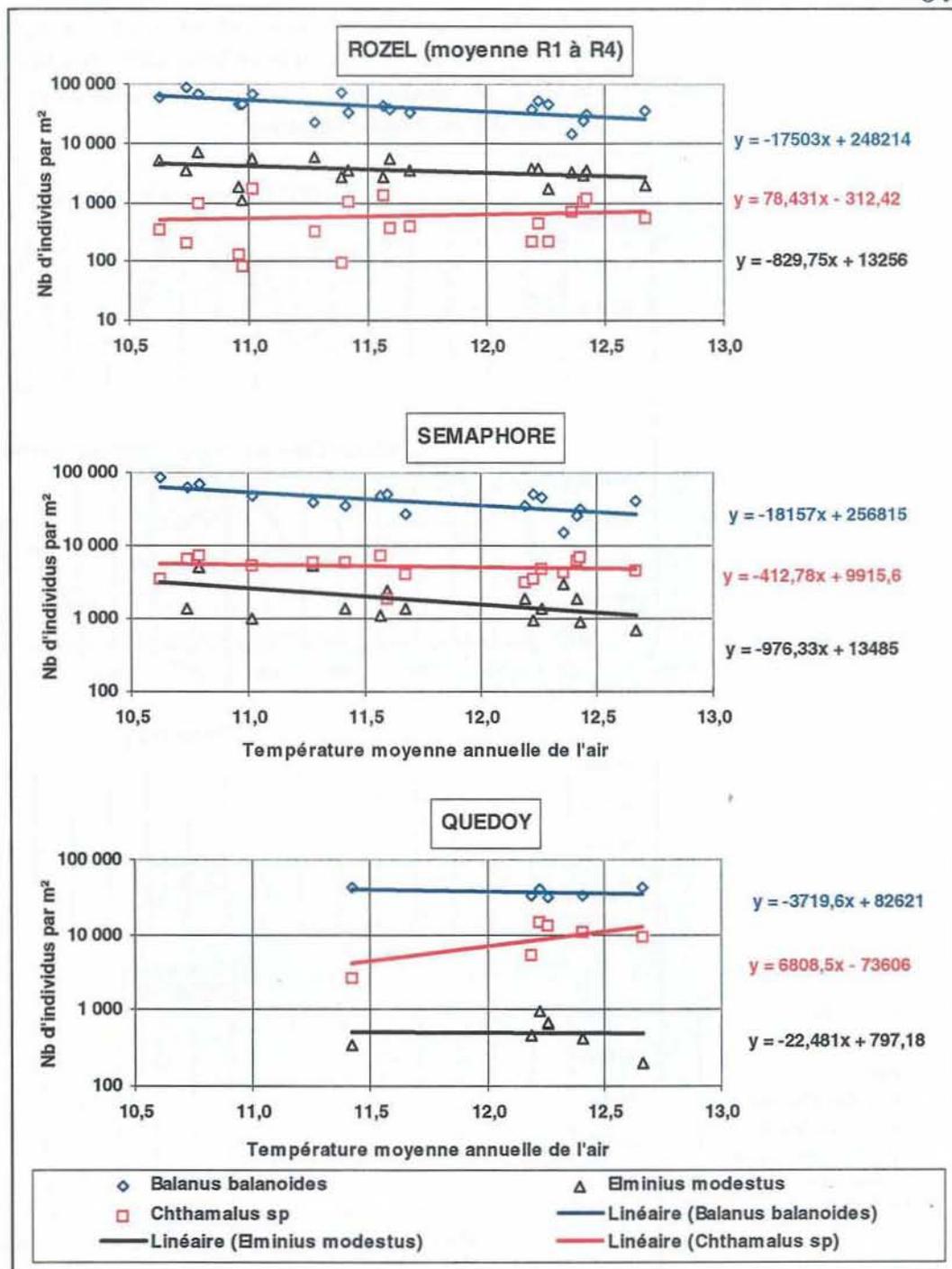


Fig. 4.12 : Evolution des densités des cirripèdes intertidaux, à la pointe du Rozel (1977-1999) et au cap de Flamanville (bas du sémaphore [1983-1999] et anse de Quédoy [1994-1999]), en fonction de la température annuelle moyenne de l'air au cap de La Hague.

Au cours des périodes étudiées, les densités de *Balanus balanoides* et d'*Elminius modestus* décroissent suite à l'élévation de la température moyenne annuelle de l'air, confortant la relation établie pour la première espèce citée, entre recrutement printanier et rigueur hivernale.

A l'inverse, les densités de Chthamales augmenteraient à la pointe du Rozel et, surtout, dans l'anse de Quédoy. Cette relation n'est toutefois pas aussi évidente en contrebas du sémaphore où la courbe de tendance présente une légère pente négative.

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).

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

Septembre 1999	PATE sp	LITT SAX	LITT NER	GIBB PEN	GIBB UMB	THAI LAP	OCEN ERI	LASE RUB	MODI BAR
ROZEL 1	6	627	120	6	0	0	0	11	0
ROZEL 2	8	224	128	20	0	0	0	28	0
ROZEL 3	20	148	68	4	0	0	0	36	0
ROZEL 4	60	244	104	0	0	0	0	552	0
Moy. 1-4	23	311	105	7	0	0	0	157	0
Sémaphore sup	64	1776	236	0	0	0	0	224	0
Sémaphore inf	60	356	92	0	0	0	0	460	12
Moy	62	1066	164	0	0	0	0	342	6
Quédoy	48	200	108	0	0	0	0	8	0
Diélette	32	140	24	0	4	0	0	4	0

PATE sp = *Patella sp*

LITT NER = *Littorina neritoides*

GIBB PEN = *Gibbula pennanti*

OCEN ERI = *Ocenebra erinaceus*

MODI BAR = *Modiolus barbatus*

LITT SAX = *Littorina saxatilis*

GIBB UMB = *Gibbula umbilicalis*

THAI LAP = *Thais lapillus*

LASE RUB = *Lasea rubra*

Selon l'espèce et le point considérés, la fluctuation des effectifs par rapport aux années antérieures diffère. Notons, à titre d'exemple, une tendance à la baisse des effectifs de *Patella sp* et *Littorina saxatilis* (figure 4.13). Cette tendance est à rapprocher à l'évolution climatique (cf. figures 2.2 et 2.5), plutôt qu'à l'impact de la centrale qui, rappelons le, n'a été mise en service progressivement qu'à partir de l'année 1986.

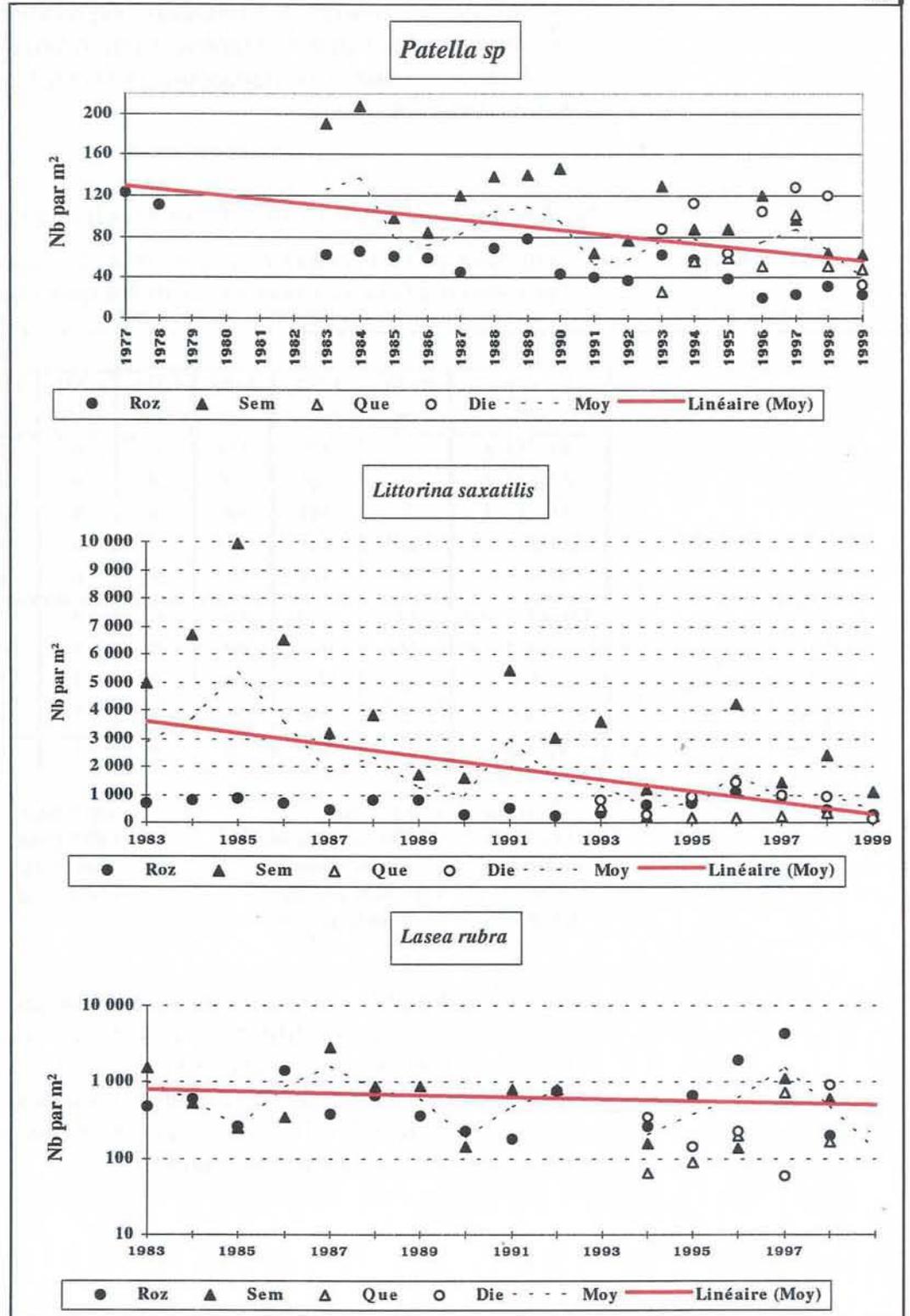


Fig. 4.13 : Evolution des densités de quelques mollusques présents dans le peuplement des crustacés cirripèdes.

5. Le domaine halieutique

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

<i>Jocelyne</i>	<i>MARTIN</i>	<i>(DRV/RH/Nantes)</i>
<i>Dominique</i>	<i>MIOSSEC</i>	<i>(DRV/RH/Port-en-Bessin)</i>

avec la collaboration, pour les missions en mer, de

<i>Cathy</i>	<i>Dejouy</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Eric</i>	<i>Foucher</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>
<i>Patrick</i>	<i>Grellier</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Daniel</i>	<i>Guérault</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Daniel</i>	<i>Halgand</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Laurent</i>	<i>Pasco</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>
<i>Jean-Charles</i>	<i>Poulard</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Ivan</i>	<i>Schlaich</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>

5.1. LARVES DE CRUSTACES

5.1.1. Matériel et méthodes

5.1.1.1. Nature et fréquence des observations. Localisation des points de mesures.

Comme pour les autres sites étudiés, les observations effectuées à Flamanville comprennent des pêches de zooplancton auxquelles sont associés des relevés hydrologiques. Le calendrier des missions est donné dans la première partie du rapport (tableau 1.3). Les six missions prévues par le contrat depuis 1997 se sont déroulées cette année du 22 juin au 14 septembre à bord du chalutier artisanal le “*Cap de Carteret*”, avec des intervalles de temps compris entre treize et vingt et un jours.

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points dont la position est indiquée sur la figure 1.6 : 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) ; au cours des deux missions allégées ajoutées en 1997 pour mieux cerner le pic d'éclosion des zoés d'araignée de mer, seuls ces deux derniers points sont étudiés.

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 4.1).

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 (subsurface 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 cm.s^{-1} de General Oceanics) permettant le calcul des volumes d'eau 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 à chaque traict.

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, notamment depuis 1984 où l'on a abandonné les paliers destinés à filtrer un volume d'eau assez important malgré la faible profondeur des eaux côtières.

Depuis 1984, la pêche se fait ainsi en traict oblique, depuis le fond jusqu'à la surface à une vitesse de 2 noeuds environ (1 m.s^{-1}). Le volume filtré au

cours d'un simple traict oblique (comprenant la descente puis la remontée du filet) a varié cette année entre 137 m³ et 583 m³. Les données concernant chaque traict (sonde, durée, volume filtré) sont indiquées dans l'annexe 5.1.

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

De 1988 à 1998, un deuxième Neuston a été utilisé simultanément pour échantillonner l'ensemble de la colonne d'eau ; selon la profondeur, deux ou trois traicts obliques étaient réalisés à la suite de façon à réaliser un traict de durée suffisante (environ 15 minutes) et similaire à celle du traict de surface. Celui-ci a été abandonné cette année après onze années d'étude.

Les prélèvements sont toujours effectués de jour (annexe 5.1.) ce qui est important pour les prélèvements de surface, les larves étant susceptibles de se diriger vers la lumière.

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.

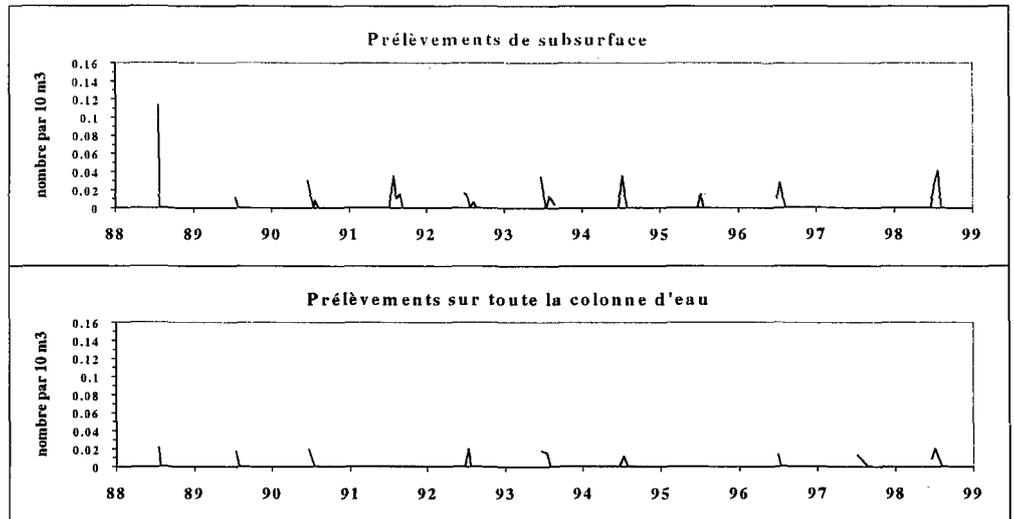
Comme le prévoit le contrat depuis 1986, l'étude halieutique (partie oeufs et larves) ne porte plus que sur le homard et l'araignée.

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

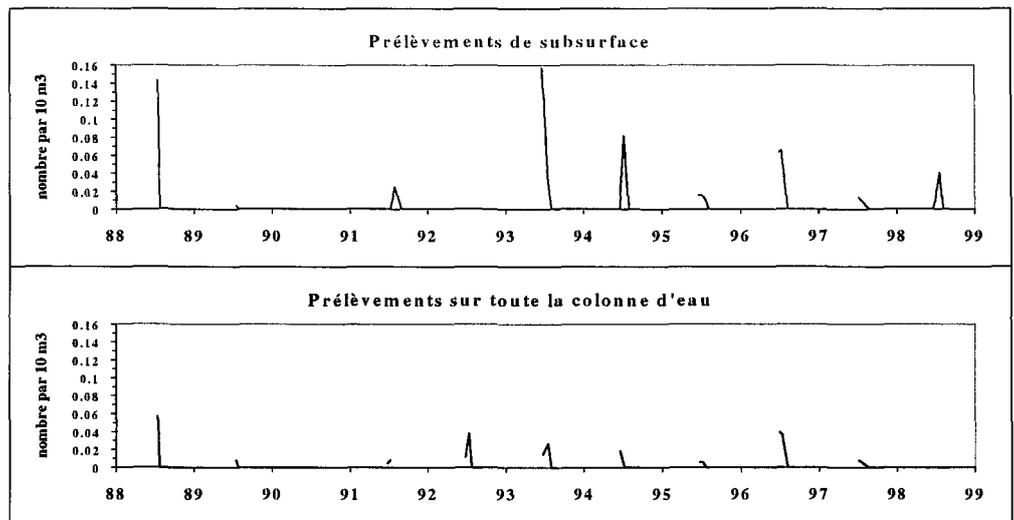
5.1.1.4. Saisie, stockage et traitement des données.

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.

Point 3



Référence



Rejet

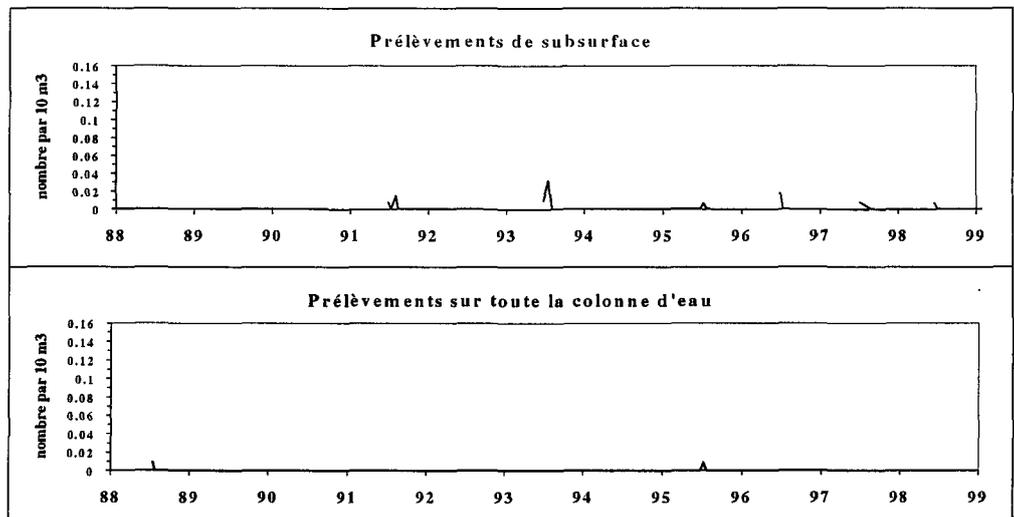


Fig. 5.1.- Comparaison des pêches de larves de homard réalisées au neuston en subsurface et sur l'ensemble de la colonne d'eau.

5.1.2. Résultats.

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

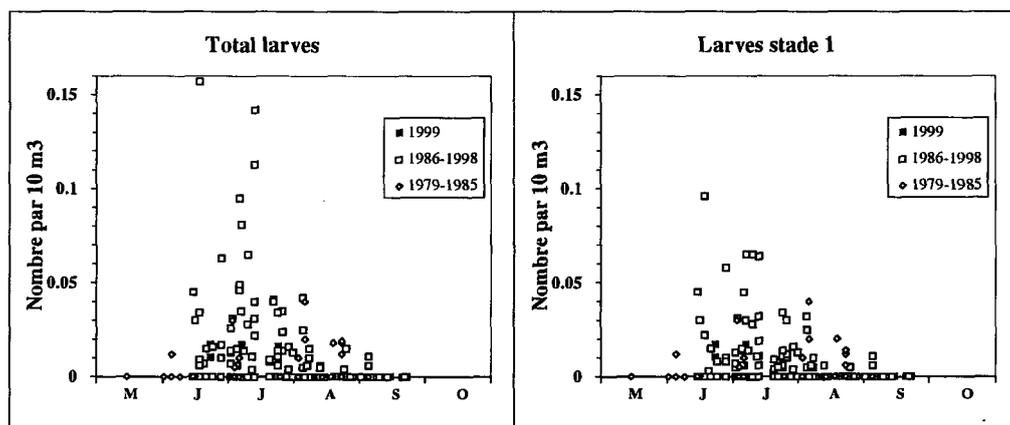
5.1.2.1. Larves de homard, *Homarus gammarus* L. (annexe 5.3)

La figure 5.1 ci-contre présente les résultats de l'étude réalisée de 1988 à 1998 pour comparer les densités de larves de homard pêchées au Neuston en subsurface et sur l'ensemble de la colonne d'eau.

On constate que le neuston prélevant l'ensemble de la colonne d'eau n'a jamais pêché de quantité exceptionnelle de larves contrairement à celui traîné simultanément en surface et que les densités calculées à partir de ses pêches sont régulièrement plus faibles quel que soit le point de prélèvement. Les prélèvements de surface semblent donc plus appropriés. C'est pourquoi nous avons décidé de ne plus effectuer de prélèvements au Neuston sur toute la colonne d'eau.

Nous continuerons de prendre en compte les larves trouvées dans les prélèvements au Bongo destinés à l'étude des larves d'araignée, mais nous ne ferons plus figurer chaque année l'ensemble des résultats obtenus avec cet échantillonneur en raison des volumes filtrés trop faibles qui donnent lieu à une surestimation des densités calculées (pas de larve ou une seule larve dans le prélèvement).

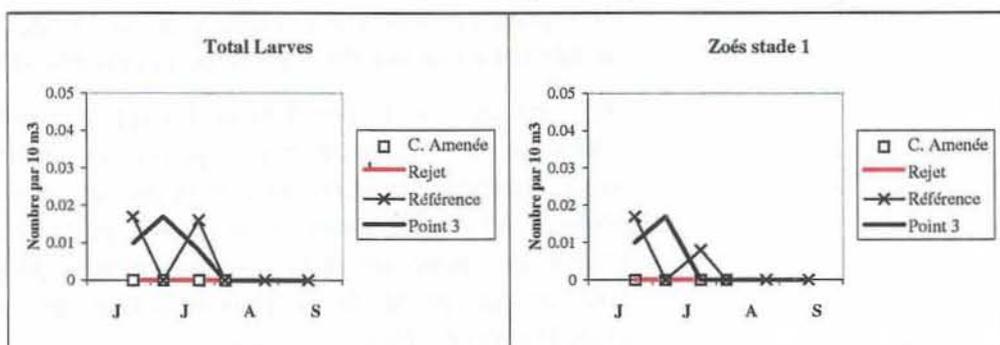
Fig. 5.2 : *Homarus gammarus* - Prélèvements au Neuston en surface



La figure 5.2 qui rassemble tous les résultats obtenus par prélèvement de subsurface depuis 1979, montre que nous avons récolté assez peu de larves au cours de l'été 1999, la densité maximale calculée (0,02 par 10 m³) étant quatre à huit fois plus faible que celle des meilleures années (1986, 1988, 1993 et 1994).

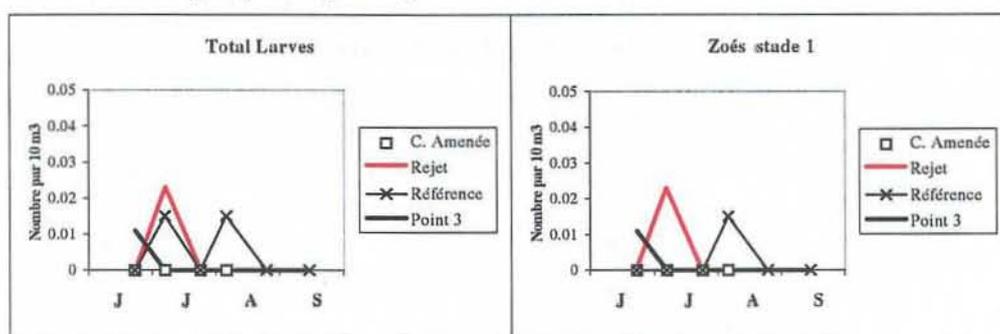
Les figures 5.3 et 5.4 relatives à l'année 1999 montrent que les larves de homard ont été récoltées du 22 juin au 5 août. En ne considérant que les densités calculées à partir des pêches au Neuston (fig. 5.3), on constate que les larves proviennent essentiellement des points 3 et Référence ; la courbe des densités de stades 1 obtenues au point 3 passe par un maximum début juillet, mais comme la même densité est notée dès la première mission le 22 juin au point Référence, il est possible que le pic réel d'abondance des larves (et donc le pic d'éclosion) se soit produit plus tôt.

Fig. 5.3 : *Homarus gammarus* - Prélèvements au Neuston en surface.



La figure 5.4 relative aux récoltes de l'échantillonneur Bongo, montre deux faits non décelés (cette année) par les pêches du Neuston : la présence de larves de homard sur le site début août (au point référence) et dans les environs du rejet (début juillet).

Fig. 5.4 : *Homarus gammarus* - Prélèvements sur toute la colonne d'eau, au Bongo.



Comme chaque année depuis 1989, aucune larve n'a été récoltée dans le canal d'amenée.

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

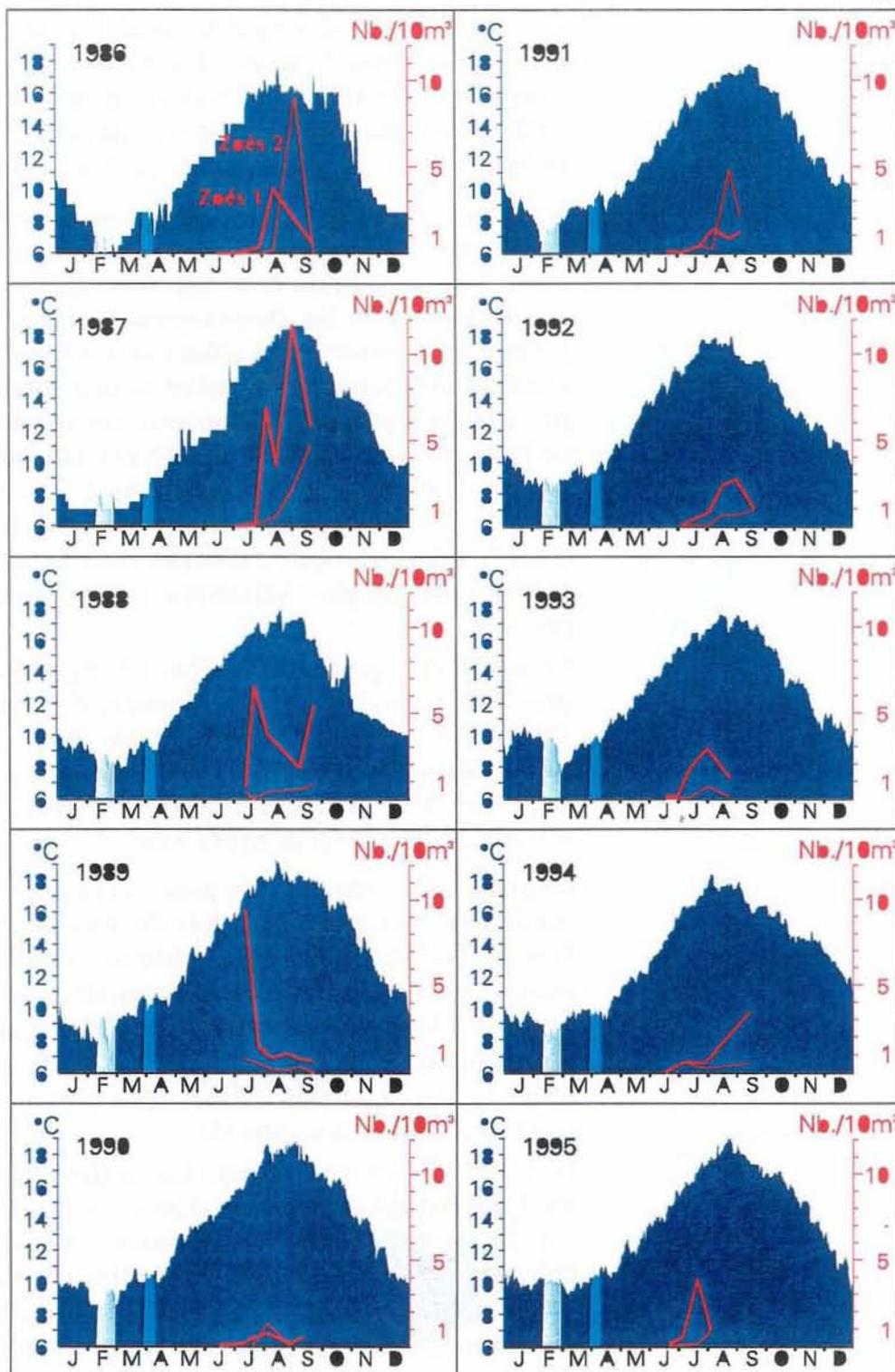
quantité d'énergie reçue par les oeufs lors de l'incubation, voire même par les femelles avant la ponte ; les données ne sont pas absolues puisque la température de l'eau d'un secteur aussi peu profond que l'entrée de la Centrale est plus sensible au climat que celle du large, mais elle permet de comparer les cycles annuels avec une bonne précision.

La figure 5.5 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, 1995, 1998 et 1999) 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, est 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 montrer, 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 araignées ne vivant 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 1996-1999 ; notons que dorénavant les calculs sont effectués en avançant la date d'apparition 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 mars-avril et mai (cases en jaune). La baisse sensible des coefficients de corrélation entre ces deux périodes (mars- avril et mai) pourrait s'expliquer par l'existence d'une période de



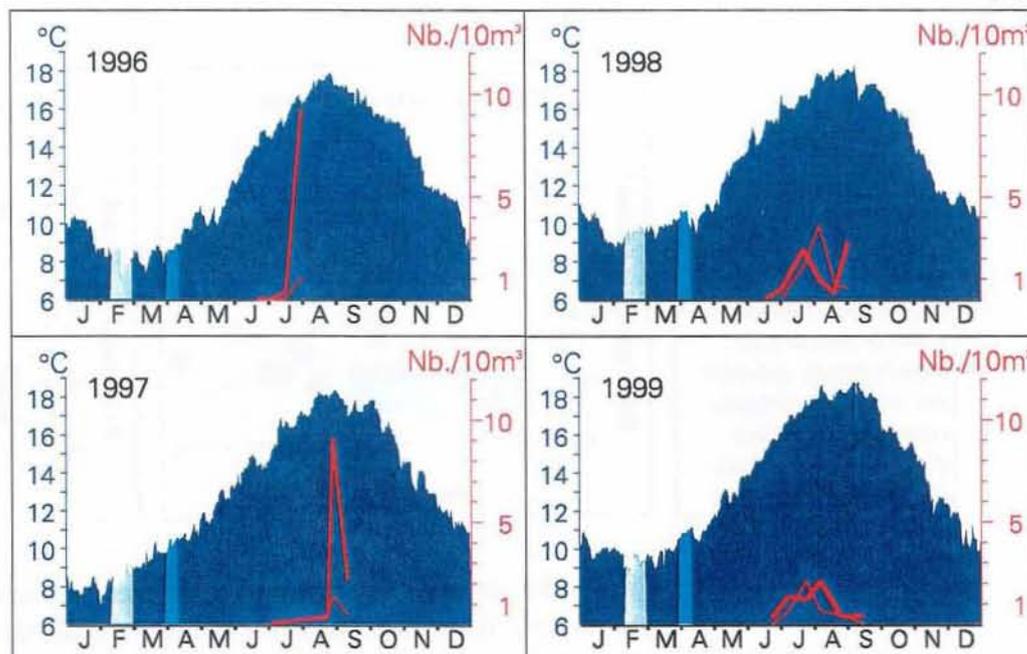


Fig. 5.5 : Zoés d'araignées de mer (stades 1 et 2 en rouge, en nombre par 10 m³) récoltés au point 3, et température de l'eau de mer (en °C, aires bleues) à l'entrée de la Centrale.

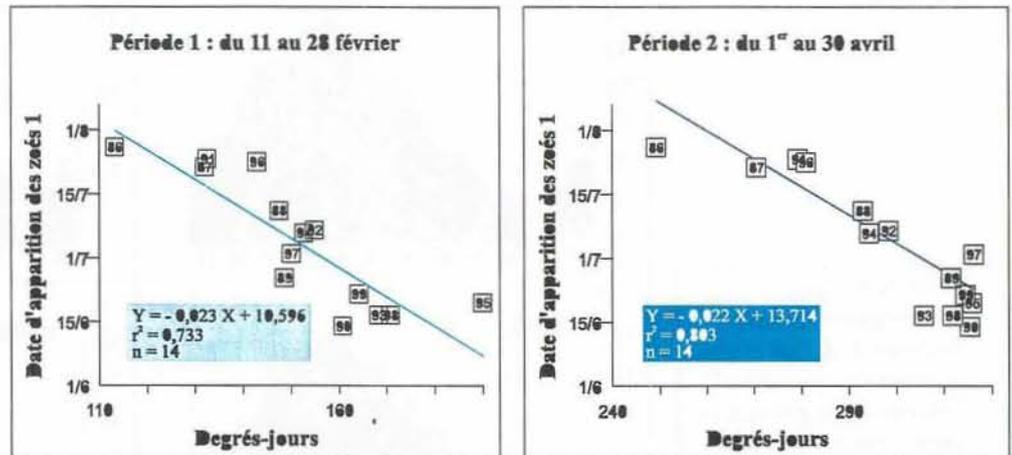
diapause quelques jours après la ponte chez cette espèce (WEAR, 1974), période pendant laquelle les oeufs cessent de se développer indépendamment de la température de l'eau.

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

Début des périodes testées	Janvier			Fevrier			Mars			Avril			Mai			
	1er	11	21	1er	11	21	1er	11	21	1er	11	21	1er	11	21	1er
Périodes allant jusqu'au 15 Juin	0.82	0.84	0.85	0.84	0.84	0.82	0.80	0.81	0.82	0.82	0.80	0.79	0.78	0.75	0.71	0.67
Périodes de 10 jours	0.03	0.18	0.38	0.49	0.71	0.70	0.56	0.66	0.63	0.78	0.67	0.54	0.70	0.74	0.73	0.73
Périodes de 20 jours	0.30		0.45	0.64	0.73	0.68	0.62	0.67	0.75	0.78	0.69	0.72	0.77	0.77	0.74	
Périodes de 30 jours	0.21		0.49	0.70	0.74	0.66	0.66	0.74	0.74	0.80	0.75	0.79	0.78	0.78		
	0.59			0.70	0.70	0.70	0.76	0.76	0.76	0.79	0.79					

La figure 5.6 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 1999 se situe parmi les années les plus précoces pour l'éclosion des zoés d'araignée de mer.

Fig. 5.6 : Relation entre le nombre de degrés-jours, calculés sur les deux périodes sensibles, et la date d'apparition des zoés d'araignées de mer.



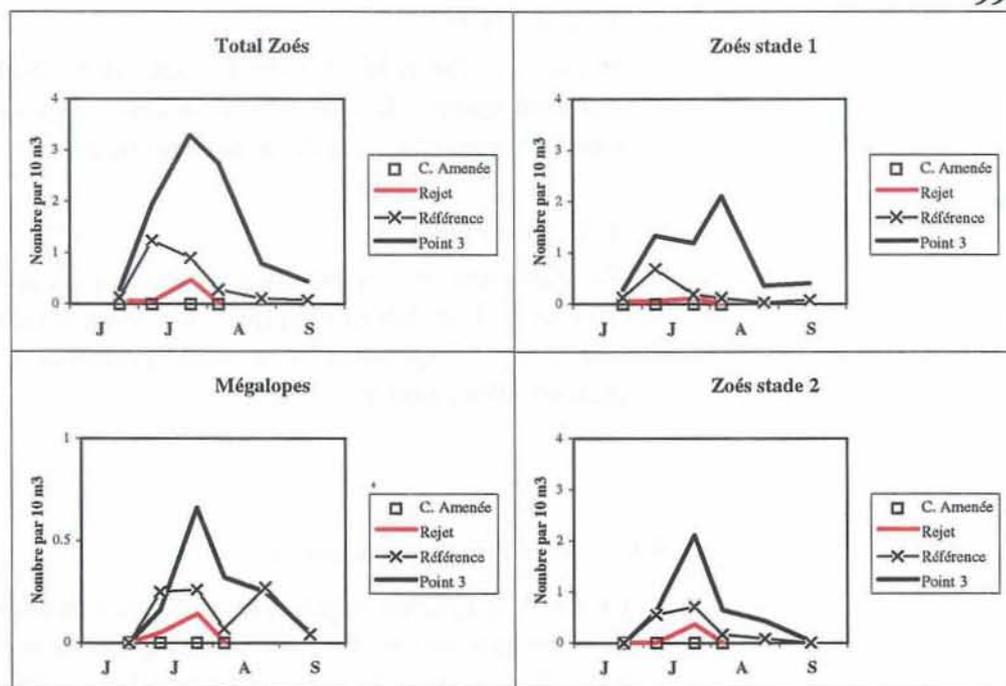
La courbe de variation de la densité de zoés stade 1 (fig. 5.7) montre un premier pic d'abondance dès le début du mois de juillet suivi par un pic de stades 2 et de mégalopes fin juillet et un deuxième pic de zoés 1 début août.

La densité maximale de zoés relevée en 1999 (3,3 par 10 m^3), proche de celle de 1998 rejoint celles notées de 1990 à 1995 après deux années d'abondance plus forte (d'environ 10 par 10 m^3) rappelant celles les années 1986 à 1989. L'année 1983 demeure exceptionnelle avec 61 zoés par 10 m^3 .

La figure 5.7 confirme globalement 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 notable en zoés, parfois très proche de celle du point 3 (en 1990, 1991, 1996 et 1998) ; les densités maximales de mégalopes sont toujours partagées entre les points 3 et "Référence" mais avec des valeurs moins proches que les dernières années ;
- l'absence quasi régulière de larves d'araignée dans le canal d'aménée depuis 1992 ; après quelques années de présence plus régulière des zoés et mégalopes, nous n'avons trouvé aucune mégalope depuis 1992 et une seule zoé en 1994 et 1996 ;
- la faible quantité de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; on note leur présence du 21 juin au 23 juillet 1999 date où la densité atteint la valeur maximale de 0,5 par 10 m^3 , valeur moyenne sur l'ensemble des années antérieures (de 0,07 à 1,7 par 10 m^3) ; les mégalopes y sont trouvées en juillet, leur densité maximale (0,14 par 10 m^3) se situe parmi les plus fortes relevées en ce point sans atteindre toutefois celle de 1987 (0,19 par 10 m^3).

Fig. 5.7 : Densité des différents stades larvaires d'araignée de mer *Maja squinado*.



5.2. SURVEILLANCE DE LA PECHE COTIERE DES CRUSTACES

L'étude de Projet relative aux ressources halieutiques du site de Flamanville a mis en évidence l'intérêt de la pêche 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 1999, 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 très cotières 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, l'utilisation au large par les plus grosses unités de casiers "pièges" (possédant un dispositif anti-échappement) participe à l'augmentation de l'effort de pêche. Ces casiers peuvent en effet rester en mer plusieurs jours sans relève tout en restant efficaces.

5.2.1.2. Activité

Même si l'activité hivernale est très perturbée par les conditions météorologiques, les navires ne désarment qu'un mois ou deux sauf les plus grosses unités qui travaillent sans interruptions.

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.

5.2.2. Pêches expérimentales

En 1999, les pêches expérimentales aux casiers ont été réalisées au cours des mois de juin et octobre, les sorties prévues vers le 20 septembre ayant été reportées à cause de mauvaises conditions météo.

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 5.8).

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 ou du grondin rouge congelés.

5.2.2.1.1 Chronologie des embarquements

Le tableau 5.2 donne les dates de campagne ainsi que le nombre de filières relevées chaque jour :

- 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, Gaétan Morin. Québec, Canada, 850 p.
- SIEGEL (S.), 1956.- Non parametric statistics for behavioral sciences. New York, Toronto, London : Mc Graw Hill, Series in psychology. XVIII - 312 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.

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 encased et Bongo).- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité des poissons pélagiques (sud), **J:8**.

ARNAL (O.), LEFEVRE - LEHÖERFF (G.), TOULARASTEL (F.), 1979.- Le zooplancton. *In* : Etude écologique de projet, Site de Flamanville, 2è Cycle, juin 1977 - juin 1978, Le domaine pélagique, Rapport CNEXO/EDF (édition 1986) n° DERO EL - 86.22, Vol.1, Fasc. 1, Chapitre V, pp. 117 - 219.

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. Sournia, 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**.

Surveillance de la pêche côtière des crustacés

On constate que depuis 1997, début du développement de l'utilisation des casiers "pièges", les rendements de pêche au tourteau et au homard diminuent. La réglementation actuelle autorisant l'utilisation de ces casiers au large permet de maintenir la rentabilité des navires les plus gros au détriment des petits côtiers.

Comme l'année passée, on observe des captures importantes d'araignées lors des pêches du mois d'octobre mais contrairement à l'année dernière les individus sont très jeunes (taille céphalothoracique moyenne de 9,2 cm).

6.2. Le domaine benthique

Les principales conclusions des mesures réalisées en 1999 dans le compartiment benthique se rapportent aux observations :

- d'une augmentation du stock de *Fucus serratus* en fin d'hiver, une diminution en fin d'été ; la tendance depuis 1983 est à une baisse générale de ce stock ;
- d'un nombre important de pieds fertiles aux trois périodes d'observation (66 % en mars, 83 % en juin, 93 % en septembre) ; le taux global de fertilité est moyen (27 % en mars, 34 % en juin, 40 % en septembre) ; les valeurs notées en juin sont toutefois élevées par rapport aux observations réalisées les années précédentes à la même période où les taux sont normalement les plus faibles ;
- d'un recrutement printanier des crustacés cirripèdes en relation avec la rigueur de l'hiver (température douce = recrutement faible) ;

6.3. Le domaine halieutique

Larves de crustacés

Comme l'illustre bien la figure 2.7 de la page 18, la douceur particulière de l'hiver et du printemps notée l'an passé se reproduit en 1999. Ceci se retrouve sur la figure 5.5 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 précocement, dès la mi-juin. Un premier pic de zoés 1 se produit dès le début juillet, suivi par un pic de zoés 2 et de mégaloopes fin juillet ; un deuxième pic de stades 1 se produit début août. La densité maximale relevée cette année (3,3 par 10 m³), rejoint les densités moyennes à faibles observées de 1990 à 1995 et en 1998.

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, la zone de rejet très pauvre et le canal d'amenée où les larves d'araignée sont très rarement représentées.

Les larves de homard, récoltées jusque début août seulement, seraient également précoces cette année. Les densités trouvées ne sont pas très importantes, mais, compte tenu de l'allure de la courbe correspondant au point référence, le pic réel d'abondance pourrait se situer avant la mi-juin.

observés d'une année à l'autre peuvent être attribués aux évolutions et aux cycles naturels des divers paramètres.

Phytoplancton

En 1999 la biomasse algale ne subit aucun impact de transit et aucune tache thermique n'a été décelée. Les espèces phytoplanctoniques ont présenté des variations normales d'abondance et de dominance et les diatomées forment toujours le groupe dominant.

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

Zooplancton

L'étude statistique des variations spatiales pour les paramètres pondéraux globaux du zooplancton a montré une hétérogénéité spatiale en mars pour les trois paramètres (biomasse, carbone total, azote). Les résultats restent cependant dans la gamme des valeurs moyennes observées lors des études de projet. En mars, un rapport C/N assez fort pour le canal, pourrait indiquer un apport de seston dans les échantillons à l'entrée du canal.

Sur le plan quantitatif global, le rejet se différencie des autres points uniquement au mois de mars. Sur l'ensemble des périodes étudiées, nous pouvons noter :

- En mars, une abondance du zooplancton total plus faible au rejet qu'aux autres points, principalement du aux *Nauplii* de Cirripèdes. Une plus forte abondance de *Cypris* de Cirripèdes au rejet semble indiquer une précocité du développement de ces Crustacées par rapport aux autres points non impactés.
- En juillet, l'abondance du zooplancton total est comparable pour les trois points.
- Les Cirripèdes, Copépodes et Appendiculaires constituent plus 90 % du zooplancton total sur chacune des périodes étudiées.

Microbiologie

Les trois espèces de vibrions détectés font partie de la flore marine autochtone. Deux sont pathogènes pour l'homme.

L'année 1999 a été, à l'instar des deux années précédentes 1997 et 1998, globalement chaude et humide, comparée aux données météorologiques acquises dans le nord du Cotentin depuis 1949. La température annuelle moyenne de l'air est la plus élevée des cinquante et une dernières années. La dernière décennie se caractérise d'ailleurs par un fort excédent moyen tant thermique que pluviométrique.

Les valeurs de la température de l'eau de mer à proximité de la côte sont, dans ces conditions, également supérieures à la moyenne 1986-1999. L'excédent thermique moyen de l'eau sur l'ensemble de l'année 1999 est estimé à $0,72 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$, devançant le précédent record de 1995 ($0,70 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$). A l'opposé, les années les plus déficitaires sont 1986 ($-1,34 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$), puis 1987 ($-0,71 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$).

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

Hydrologie

Dans l'ensemble, les résultats sont comparables à ceux des années précédentes. Les variations annuelles des paramètres hydrobiologiques sont fortement influencées par les fluctuations climatiques (température de l'air, pluviosité) et biologiques (assimilation des sels nutritifs par le phytoplancton marin). Un faible gradient côte-large en température et salinité est observé lors de la campagne de juin.

On peut également noter pour les 5 éléments chimiques étudiés, une faible variabilité des mesures obtenues lors des trois campagnes. Les concentrations obtenues aux rejets en mer de la Centrale ne sont pas significativement différentes de celles obtenues à l'entrée du canal d'Amenée et au large (point Référence). Ceci est dû au fort brassage vertical et horizontal entraînant l'homogénéisation des valeurs sur la zone étudiée.

L'étude des divers paramètres hydrologiques ne permet pas de mettre en évidence une influence néfaste de la centrale sur le milieu. Les écarts

6. Conclusion

	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Octobre	Total	Juin	Octobre	Total	Juin	Octobre	Total
filière 1	80	60	140	1	5	6	36	3	39
filière 2	80	60	140	1	0	1	10	0	10
filière 3	80	40	120	0	0	0	0	0	0
filière 4	80	60	140	24	0	24	203	2	205
filière 5	80	60	140	0	0	0	24	7	31
filière 6	80	60	140	118	22	140	132	29	161
filière 7	80	60	140	41	3	44	233	34	267
filière 8	80	60	140	0	0	0	4	0	4
filière 9	80	40	120	0	0	0	13	0	13
filière 10	80	60	140	6	0	6	25	0	25
filière 11	80	40	120	156	0	156	172	4	176
filière 12	80	60	140	136	23	159	111	11	122
filière 13	80	40	120	28	0	28	65	4	69
filière 14	80	60	140	1	0	1	26	5	31
filière 15	80	60	140	55	2	57	61	8	69
Total	1200	820	2020	567	55	622	1115	107	1222

Annexe 5.9 :
Flamanville - Autres
résultats des pêches
expérimentales en
1999.

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	7	6	0	1	5,5	14%	86%
filière 2	69	59	4	6	5,6	0%	86%
filière 3	19	15	2	2	5,6	5%	79%
filière 4	8	7	0	1	5,5	0%	88%
filière 5	4	4	0	0	5,9	0%	100%
filière 6	3	2	1	0	5,8	0%	67%
filière 7	4	4	0	0	5,2	0%	100%
filière 8	8	8	0	0	5,9	0%	100%
filière 9	6	5	1	0	5,5	17%	83%
filière 10	5	5	0	0	5,6	20%	100%
filière 11	2	1	1	0	5	0%	50%
filière 12	9	8	1	0	5,7	0%	89%
filière 13	3	3	0	0	5,1	0%	100%
filière 14	8	6	2	0	5,6	50%	75%
filière 15	4	4	0	0	4,8	0%	100%

Sous total	159	137	12	10	5,6 cm	5%	86%
-------------------	------------	------------	-----------	-----------	---------------	-----------	------------

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	5	4	1	0	5,5	0%	80%
filière 2	37	20	17	0	5,5	0%	54%
filière 3	8	7	1	0	5,8	0%	88%
filière 4	8	7	1	0	5,4	0%	88%
filière 5	51	44	7	0	5,6	0%	86%
filière 6	4	3	1	0	5,7	0%	75%
filière 7	3	2	1	0	5,7	0%	67%
filière 8	19	12	7	0	5,6	0%	63%
filière 9	18	17	1	0	5,5	0%	94%
filière 10	3	3	0	0	5,9	0%	100%
filière 11	4	3	1	0	5,6	0%	75%
filière 12	4	4	0	0	5,8	25%	100%
filière 13	0	0	0	0			
filière 14	7	6	1	0	5,9	14%	86%
filière 15	2	1	1	0	5,9	0%	50%

Sous total	173	133	40	0	5,6 cm	1%	77%
-------------------	------------	------------	-----------	----------	---------------	-----------	------------

Total	332	270	52	10	5,6 cm	9%	81%
--------------	------------	------------	-----------	-----------	---------------	-----------	------------

Annexe 5.8 :
Flamanville - Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 1999

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	4	3	1	0	9,9	0%	75%
filière 2	10	7	2	1	11,1	10%	70%
filière 3	20	19	1	0	10,9	0%	95%
filière 4	16	15	1	0	10,8	0%	94%
filière 5	10	10	0	0	9,3	20%	100%
filière 6	27	10	12	5	8,6	4%	37%
filière 7	24	22	0	2	10,8	17%	92%
filière 8	28	22	3	3	11	25%	79%
filière 9	9	8	1	0	9,8	0%	89%
filière 10	18	14	2	2	10,1	11%	78%
filière 11	15	14	1	0	9,7	7%	93%
filière 12	36	28	8	0	9,2	6%	78%
filière 13	17	16	1	0	10,4	18%	94%
filière 14	9	9	0	0	11,7	33%	100%
filière 15	14	9	2	3	10,2	14%	64%
Sous total	257	206	35	16	10,1 cm	11%	80%

OCTOBRE	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	140	76	64	0	9,5	9%	54%
filière 2	0	0	0	0			
filière 3	0	0	0	0			
filière 4	27	9	18	0	10,6	37%	33%
filière 5	13	8	5	0	7,3	8%	62%
filière 6	92	57	35	0	8,5	7%	62%
filière 7	65	34	31	0	9,8	14%	52%
filière 8	6	5	1	0	8,1	0%	83%
filière 9	2	1	1	0	9,4	0%	50%
filière 10	3	2	1	0	6,6	0%	67%
filière 11	48	29	19	0	8,3	21%	60%
filière 12	127	62	64	1	9,3	14%	49%
filière 13	39	17	22	0	10,1	26%	44%
filière 14	7	4	3	0	7,3	0%	57%
filière 15	56	34	22	0	9,2	12%	61%
Sous total	625	338	286	1	9,2 cm	13%	54%
Total	882	544	321	17	9,5 cm	13%	62%

Annexe 5.7 :
Flamanville - Résultats
des pêches
expérimentales
d'araignée en 1999

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	35	26	9	0	16,1	74%
filière 2	48	34	14	0	12,3	71%
filière 3	85	65	20	0	13	76%
filière 4	23	16	7	0	13,9	70%
filière 5	113	72	41	0	13,4	64%
filière 6	13	9	4	0	14,4	69%
filière 7	37	23	14	0	14,7	62%
filière 8	79	56	23	0	13,4	71%
filière 9	71	50	21	0	13,5	70%
filière 10	64	32	32	0	14,2	50%
filière 11	17	10	7	0	15,8	59%
filière 12	53	39	14	0	15,5	74%
filière 13	24	18	6	0	16,1	75%
filière 14	102	68	34	0	13,6	67%
filière 15	32	16	16	0	14,7	50%

Sous total	796	534	262	0	13,9 cm	67%
-------------------	------------	------------	------------	----------	----------------	------------

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	20	17	3	0	14,1	85%
filière 2	18	14	4	0	10,9	78%
filière 3	16	10	6	0	11,2	63%
filière 4	39	26	13	0	14,1	67%
filière 5	83	65	18	0	11,8	78%
filière 6	17	11	6	0	15,6	65%
filière 7	36	22	14	0	14,8	61%
filière 8	77	57	20	0	13	74%
filière 9	61	48	13	0	11,3	79%
filière 10	120	83	37	0	13	69%
filière 11	9	8	1	0	16,4	89%
filière 12	13	11	2	0	16,2	85%
filière 13	22	17	5	0	16,4	77%
filière 14	61	42	19	0	12,8	69%
filière 15	62	42	20	0	15,2	68%

Sous total	654	473	181	0	13,3 cm	72%
-------------------	------------	------------	------------	----------	----------------	------------

Total	1450	1007	443	0	13,6 cm	69%
--------------	-------------	-------------	------------	----------	----------------	------------

Annexe 5.6 :
Flamanville - Résultats
des pêches
expérimentales de
tourteau en 1999

		Rejet	Bongo 1				
		Référence	Bongo 2				
			Bongo 1	0,15	0,15	0,06	0,09
			Bongo 2		0,41	0,17	0,23
			Moyenne	0,07	0,28	0,12	0,16
143	24 / 08	Point 3	Bongo 1	0,19	0,94	0,49	0,45
			Bongo 2	0,30	0,64	0,23	0,41
			Moyenne	0,25	0,79	0,36	0,43
		Référence	Bongo 1	0,17	0,14	0,06	0,08
			Bongo 2	0,36	0,09		0,09
			Moyenne	0,27	0,11	0,03	0,08
144	14 / 09	Point 3	Bongo 1	0,07	0,50	0,43	0,07
			Bongo 2	0,02	0,39	0,39	
			Moyenne	0,05	0,44	0,41	0,03
		Référence	Bongo 1				
			Bongo 2	0,08	0,16	0,16	
			Moyenne	0,04	0,08	0,08	

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	14	7	7	0	9,2	546	50%
filière 2	51	20	31	0	8,4	398	39%
filière 3	41	20	20	1	8,5	433	49%
filière 4	13	9	3	1	8,9	504	69%
filière 5	13	5	7	1	9,4	567	38%
filière 6	10	4	6	0	11,7	1318	40%
filière 7	9	2	6	1	11,9	1195	22%
filière 8	14	6	7	1	9,1	547	43%
filière 9	26	11	15	0	9,3	561	42%
filière 10	9	6	2	1	10,2	797	67%
filière 11	11	6	5	0	10,1	769	55%
filière 12	9	6	3	0	9	509	67%
filière 13	11	5	6	0	9,1	541	45%
filière 14	20	10	10	0	9,3	553	50%
filière 15	17	12	5	0	9,1	553	71%
Sous total	268	129	133	6	9,2 cm	569 g	48%

OCTOBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	10	6	3	1	9,1	517	60%
filière 2	22	10	12	0	8,4	400	45%
filière 3	13	7	6	0	8,3	391	54%
filière 4	8	5	3	0	8,3	381	63%
filière 5	11	5	6	0	7,5	277	45%
filière 6	6	3	3	0	9,7	643	50%
filière 7	3	1	2	0	9,2	516	33%
filière 8	2	1	1	0	9	478	50%
filière 9	8	6	2	0	7,9	344	75%
filière 10	9	8	1	0	8,6	448	89%
filière 11	2	1	0	1	9,4	572	50%
filière 12	6	4	2	0	9,2	570	67%
filière 13	2	2	0	0	8,9	501	100%
filière 14	4	4	0	0	8,9	501	100%
filière 15	4	2	2	0	8,6	470	50%
Sous total	110	65	43	2	8,5 cm	434 g	59%
Total	378	194	176	8	9 cm	530 g	51%

Annexe 5.5 :
Flamanville - Résultats
des pêches
expérimentales de
homard en 1999

		Référence	6	Bongo 1 Bongo 2 Moyenne Neuston S	0,030 0,015	0,030 0,015			
143	24 Août	Point 3	8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Référence	8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
144	14 Septembre	Point 3	8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					
		Référence	8	Bongo 1 Bongo 2 Neuston S					

Annexe 5.3 (suite) :
Densité de larves de
homard en 1999 (en
nombre par 10 m³).

Mission	Date	Point	Engin	Mégalopes	Total Zoés	Zoés-stadel	Zoés-stade2	
139	22 / 06	Point 3	Bongo 1		0,36	0,36		
			Bongo 2		0,20	0,20		
			Moyenne		0,28	0,28		
		C, Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1		0,10	0,10		
			Bongo 2					
			Moyenne		0,05	0,05		
		Référence	Bongo 1		0,17	0,17		
Bongo 2			0,09	0,09				
Moyenne			0,13	0,13				
140	06 / 07	Point 3	Bongo 1	0,13	2,55	1,82	0,73	
			Bongo 2	0,20	1,34	0,86	0,48	
			Moyenne	0,16	1,95	1,34	0,61	
		C, Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1	0,09	0,09	0,09		
			Bongo 2					
			Moyenne	0,05	0,05	0,05		
		Référence	Bongo 1	0,21	1,17	0,69	0,48	
Bongo 2	0,30		1,31	0,68	0,62			
Moyenne	0,25		1,24	0,69	0,55			
141	23 / 07	Point 3	Bongo 1	0,57	3,58	1,42	2,16	
			Bongo 2	0,74	3,02	0,95	2,07	
			Moyenne	0,66	3,30	1,19	2,11	
		C, Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					
			Moyenne					
		Rejet	Bongo 1	0,25	0,59	0,19	0,41	
			Bongo 2	0,03	0,33	0,03	0,30	
			Moyenne	0,14	0,46	0,11	0,35	
		Référence	Bongo 1	0,09	0,42	0,06	0,36	
Bongo 2	0,43		1,39	0,33	1,06			
Moyenne	0,26		0,90	0,19	0,71			
142	05 / 08	Point 3	Bongo 1	0,39	3,00	2,32	0,68	
			Bongo 2	0,25	2,51	1,90	0,60	
			Moyenne	0,32	2,75	2,11	0,64	
		C, Amenée	Bongo 1					
			Bongo 2					

Annexe 5.4 : Densité
de zoés et mégalopes
d'araignée en 1999 (en
nombre par 10 m³)

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total Larves	Zoés 1	Zoés 2	Zoés 3	Mégaloopes
139	22 Juin	Point 3		Bongo 1	0,022	0,022			
				Bongo 2					
		C. Amenée		Moyenne	0,011	0,011			
				Neuston S	0,010	0,010			
		Rejet		Bongo 1					
				Bongo 2					
		Référence		Neuston S					
				Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S			0,017	0,017	
140	6 Juillet	Point 3	4	Bongo 1					
				Bongo 2					
		C. Amenée	3	Neuston S	0,017	0,017			
				Bongo 1					
		Rejet	3	Bongo 2					
				Neuston S	0,046	0,046			
		Référence	4	Moyenne	0,023	0,023			
				Neuston S					
				Bongo 1	0,030		0,030		
				Bongo 2					
		Moyenne	0,015		0,015				
		Neuston S							
141	23 Juillet	Point 3		Bongo 1					
				Bongo 2					
		C. Amenée		Neuston S	0,008		0,008		
				Bongo 1					
		Rejet		Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence		Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
				Bongo 1	0,016	0,008	0,008		
		Bongo 2							
		Neuston S							
142	5 Août	Point 3	5	Bongo 1					
				Bongo 2					
		C. Amenée	1	Neuston S					
				Bongo 1					
		Rejet	4	Bongo 2					
				Neuston S					
		Bongo 1							
		Bongo 2							
		Moyenne							
		Neuston S							

Annexe 5.3 : Densité de larves de homard en 1999 (en nombre par 10 m³).

			Rejet	4	16	Bongo 1	16h 24	4mn	4h 55	229
						Bongo 2	16h 33		5h 04	185
			Référence	6	22	Neuston S	16h 38	10mn	5h 09	1304
						Bongo 1	17h 03	6mn	5h 34	336
						Bongo 2	17h 12	6mn	5h 43	343
						Neuston S	17h 21	15mn	5h 52	1902
143	24 Août	57	Point 3	8	25	Bongo 1	10h 29	9mn	6h 16	572
						Bongo 2	10h 44		6h 31	265
			Référence	8	22	Neuston S	10h 07	15mn	5h 54	1868
						Bongo 1	8h 57	8mn	4h 44	517
						Bongo 2	9h 08	8mn	4h 55	583
						Neuston S	9h 22	15mn	5h 09	1859
144	14 Sept.	80	Point 3	8	25	Bongo 1	16h 17	6mn	7h 42	441
						Bongo 2	16h 26	6mn30	7h 51	437
			Référence	8	22	Neuston S	15h 54	15mn30	7h 19	2316
						Bongo 1	14h 36	4mn30	6h 01	(1) 166
						Bongo 2	14h 50	5mn	6h 15	385
						Neuston S	15h 01	15mn	6h 26	2395

Annexe 5.1 (suite) :
Caractéristiques des
prélèvements effectués
en 1999

(1) volume filtré par un seul filet, l'autre collecteur étant resté ouvert

Mission	Date	Point	Température (°C)		ΔT (°C)		Salinité (10 ⁻³)		Densité	
			Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond
139	22 Juin	Point 3	14,5	14,5			35,32	35,34	26,34	26,36
		C. Amenée	15,1	15,1			35,25	35,23	26,15	26,14
		Rejet	17,1	15,2	2	0,1	35,40	35,31	25,81	26,18
		Référence	14,7	14,7			35,30	35,33	26,28	26,31
140	6 Juillet	Point 3	15,6	15,6						
		C. Amenée	16,6	16,7			34,64	34,88	25,35	25,51
		Rejet	16,5	16,4	-0,1	-0,3	34,97	35,07	25,63	25,73
		Référence	15,8	15,8			35,13	35,10	25,91	25,90
141	23 Juillet	Point 3	16,6	16,6			35,20	35,21	25,77	25,78
		C. Amenée	17,0	17,1			35,02	35,09	25,54	25,58
		Rejet	17,2	17,2	0,1	0,1	35,09	35,14	25,57	25,59
		Référence	17,0	16,7			35,28	35,20	25,74	25,75
142	5 Août	Point 3	17,5	17,4			35,03	35,08	25,45	25,51
		C. Amenée	18,4	18,2			34,10	34,41	24,52	24,80
		Rejet	20,2	18,1	1,8	0	34,35	34,69	24,24	25,02
		Référence	18,4	17,5			34,74	34,88	24,99	25,32
143	24 Août	Point 3	18,0							
		Référence	18,2				34,93		25,20	
144	14 Septembre	Point 3	18,0				35,14		25,40	
		Référence	18,0	18,0			35,12	35,19	25,37	25,43

Annexe 5.2 : Résultats
des mesures
hydrologiques
effectuées en 1999.

Mission	Date	Coeff. marée	Point	Nuages	Sonde (m)	Engin	Heure début (T.U.)	Durée	Temps ap.P.M St.Malo	Volum e (m3)
139	22 Juin	46	Point 3	0	24	Bongo 1	7h 32	7mn	7h 18	449
						Bongo 2	7h 43	6mn	7h 29	408
						Neuston S	8h 14	16mn	8h 00	2035
			C. d'Amenée	0	6	Bongo 1	4h 49	3mn	4h 35	172
						Bongo 2	5h 00	2mn	4h 46	159
						Neuston S	5h 13	9mn	4h 59	883
			Rejet	0	18	Bongo 1	5h 37	5mn	5h 23	303
						Bongo 2	5h 47	3mn	5h 33	261
						Neuston S	6h 00	11mn	5h 46	1306
			Référence	0	22	Bongo 1	6h 30		6h 16	302
						Bongo 2	6h 37	5mn	6h 23	346
						Neuston S	6h 48	18mn	6h 34	2321
140	6 Juillet	59	Point 3	4	25	Bongo 1	18h 30	6mn	7h 32	313
						Bongo 2	18h 55	6mn	7h 57	396
						Neuston S	19h 10	14mn	8h 12	1751
			C. d'Amenée	3	6	Bongo 1	15h 55	2mn	4h 57	137
						Bongo 2	16h 04	3mn	5h 06	214
						Neuston S	16h 15	10mn	5h 17	1173
			Rejet	3	16	Bongo 1	16h 34	3mn	5h 36	219
						Bongo 2	16h 46	3mn	5h 48	216
						Neuston S	16h 55	12mn	5h 57	1528
			C. d'Amenée	4	22	Bongo 1	17h 27	4mn30	6h 29	332
						Bongo 2	17h 37	5mn	6h 39	336
						Neuston S	17h 49	12mn	6h 51	1493
141	23 Juillet	40	Point 3	0	24	Bongo 1	8h 18	6mn30	6h 50	366
						Bongo 2	8h 28	7mn	7h 00	378
						Neuston S	8h 40	11mn	7h 12	1303
			C. d'Amenée	0	6	Bongo 1	5h 45	2mn30	4h 17	221
						Bongo 2	5h 55	3mn	4h 27	163
						Neuston S	6h 04	1mn0	4h 36	1184
			Rejet	0	17	Bongo 1	6h 25	4mn30	4h 57	320
						Bongo 2	6h 39	5mn	5h 11	335
						Neuston S	6h 50	12mn	5h 22	1442
			Référence	0	22	Bongo 1	7h 18	5mn	5h 50	335
						Bongo 2	7h 30	6mn30	6h 02	395
						Neuston S	7h 42	11mn	6h 14	1269
142	5 Août	59	Point 3	5	24	Bongo 1	17h 58	6mn	6h 29	383
						Bongo 2			12h 29	399
						Neuston S	18h 21	15mn	6h 52	1853
			C. d'Amenée	1	6	Bongo 1	15h 52	3mn	4h 23	165
						Bongo 2	16h 00	2mn30	4h 31	167
						Neuston S	16h 07	8mn	4h 38	1007

Annexe 5.1 :
Caractéristiques des
prélèvements effectués
en 1999

Les rendements de pêche diminuaient depuis trois ans or, cette année, on constate une présence plus marquée des pagures et, dans une moindre mesure, des bulots. Cette année, les rendements annuels moyens sont de 3,1 individus pour 10 casiers pour le buccin et de 6 pour les pagures.

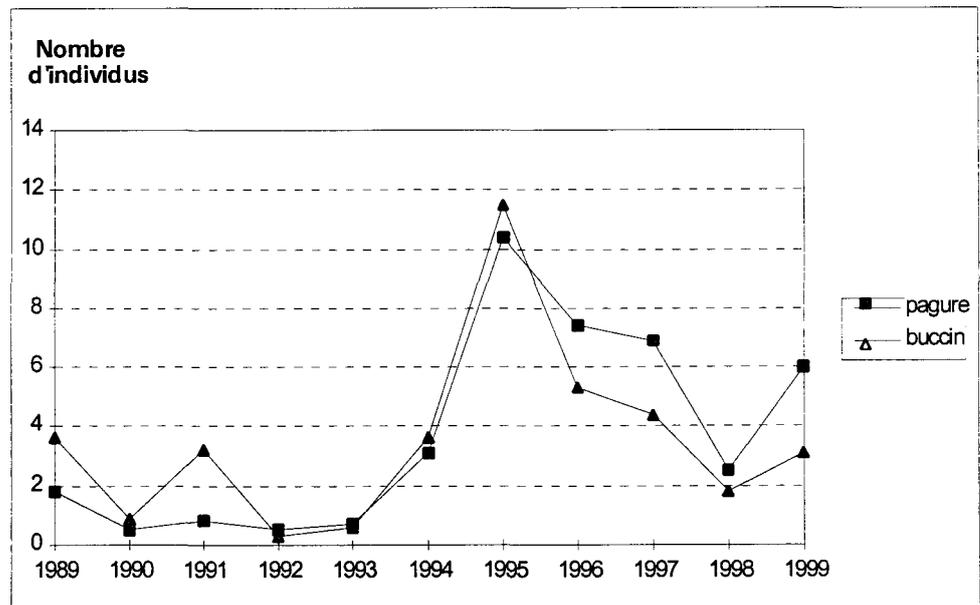


Fig. 5.11 : Paguridés et buccins - Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers au droit du Cap de Flamanville.

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 : 51 % des individus sont de sexe mâle.

5.2.2.2.2 Tourteau (annexe 5.6)

Les rendements mensuels calculés pour le tourteau sont plus faibles qu'en 1998 surtout en juin (6,6 individus pour 10 casiers en juin et 8 en septembre). Depuis 1996, le rendement annuel moyen diminue régulièrement.

La taille moyenne des individus capturés (largeur du céphalothorax) reste stable par rapport à 1998. Elle est de 13,6 cm (figure 5.10).

Le sex-ratio des captures est de 69 % d'individus de sexe mâle en 1999. Il était égal à 66 % en 1998.

5.2.2.2.3 Araignée (annexe 5.7)

Des pêches inhabituelles de jeunes individus immatures au mois d'octobre provoquent une hausse du rendement moyen en 1999 : 4,4 araignées pour 10 casiers (figure 5.9).

Contrairement à l'année passée, les araignées pêchées en octobre étaient très petites d'où une nette diminution de la taille moyenne. La longueur céphalothoracique moyenne des individus pêchés a été de 9,5 cm contre 10,9 cm en 1998 (figure 5.10).

Toujours une dominance de mâles dans les captures très marquée : en juin la proportion de mâles est de 80 % et elle diminue à 54 % en septembre.

5.2.2.2.4 Etrille (annexe 5.8)

Le rendement moyen est en légère hausse par rapport à 1998 : 1,6 individu pour 10 casiers contre 1,4 individu en 1998 (figure 5.9).

La taille moyenne (5,6 cm) n'a pas varié depuis les trois dernières années (figure 5.10).

En 1999, comme pendant les années précédentes, le sex-ratio est déséquilibré : 81 % des étrilles pêchées sont des mâles.

5.2.2.2.5 Buccin et Paguridés (annexe 5.9 et figure 5.11)

Répartition des tailles (figure 5.10)

La taille moyenne des homards capturés en 1999 est de 9 cm (longueur céphalothoracique). C'est la valeur la plus élevée observée pendant les dix années précédentes.

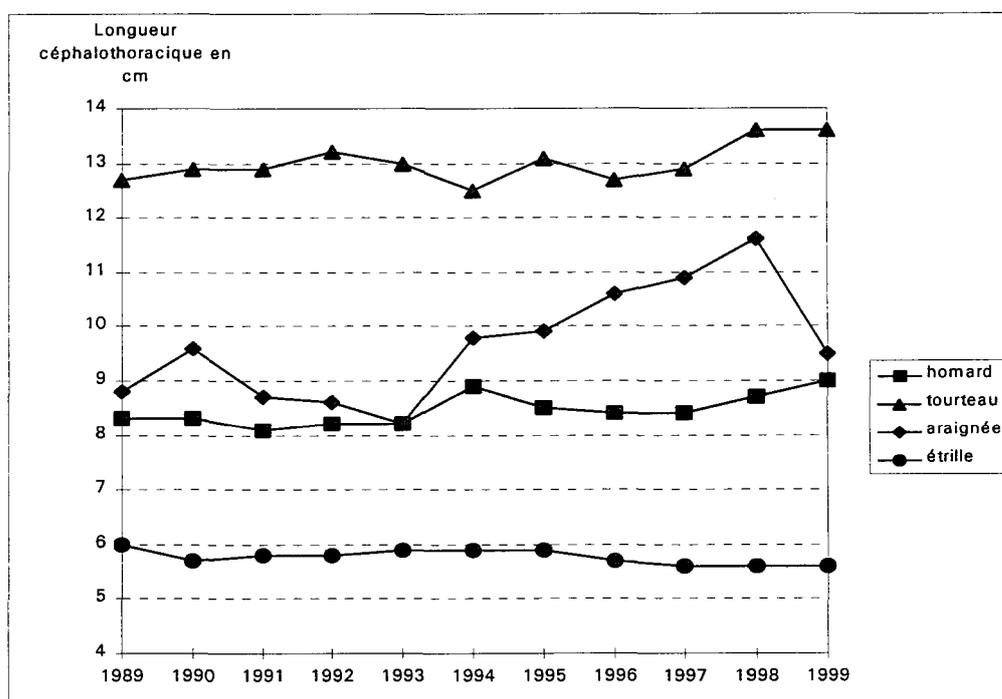


Figure 5.10 : Evolution des tailles moyennes

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 :

$$W = a L^b$$

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

- pour les mâles : $a=187.10^{-6}$ et $b=3,289$;
- pour les femelles: $a=371.10^{-6}$ et $b=3,122$

Le poids moyen des homards en 1999 est en légère augmentation avec 530 g contre 461 g en 1998 en relation logique avec la taille moyenne mesurée.

5.2.2.1.2 Observations réalisées

Les observations réalisées en 1999 reposent sur 2020 casiers relevés (annexe 4.9). 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 1999 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 1989 à 1998.

5.2.2.2.1 Homard (annexe 5.5)

Rendements (figure 5.9)

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 10 casiers relevés) observés en juin sont très proche de ceux de 1998 et ceux d'octobre 1999 sont plus faibles. Le rendement moyen calculé pour l'ensemble de la saison de pêche est de 1,90 individu pour 10 casiers contre 1,95 en 1998.

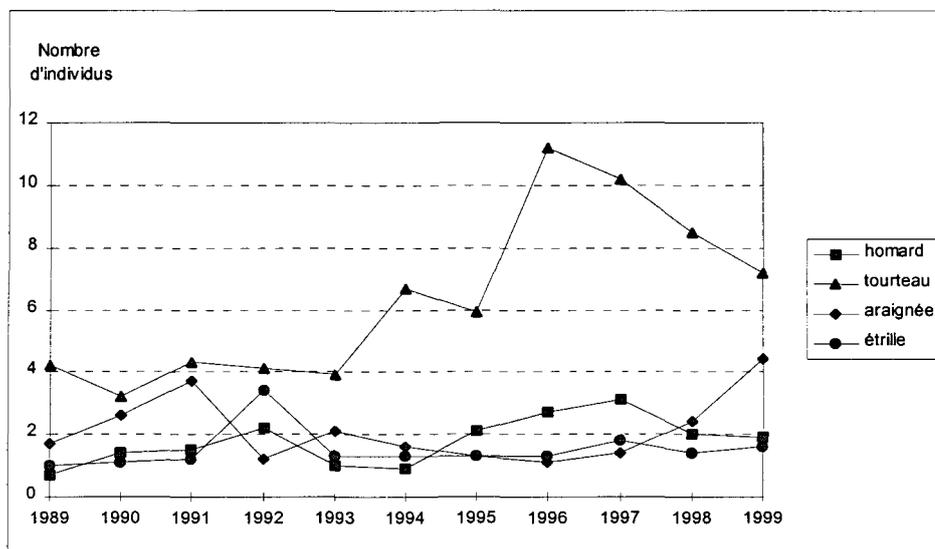


Figure 5.9 : Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers.

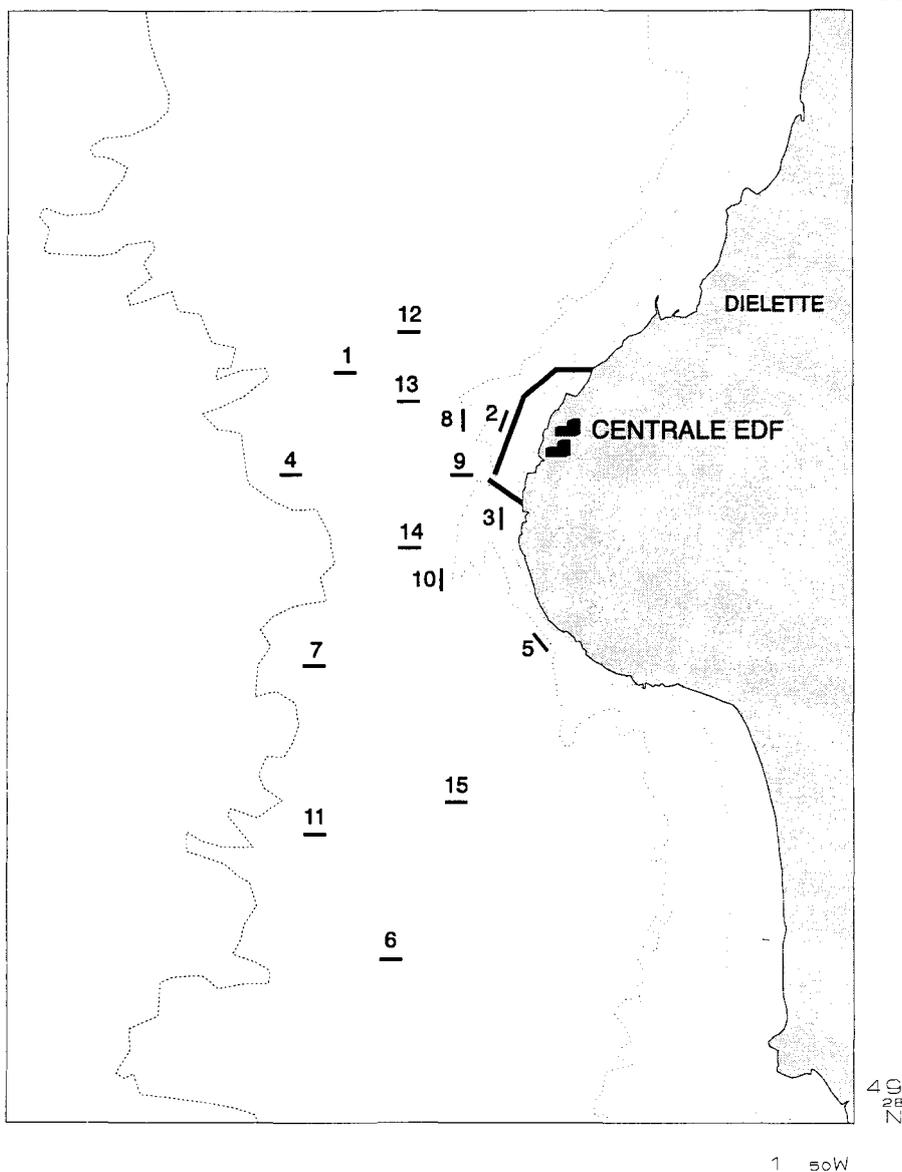


Fig. 5.8 : Carte de positionnement des filières.

Missions	Date	Nombre de points	Nombre de castiers
Juin	22	15	300
	23	15	300
	24	15	300
	25	15	300
Octobre	5	13	260
	6	14	280
	7	14	280

Tableau 5.2 : dates des campagnes 1999, et nombre de filières relevées.

SITE ELECTRONUCLEAIRE DE FLAMANVILLE
RAPPORTS DE SURVEILLANCE DU DOMAINE MARIN COTIER

- 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. GENTIAN, 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.
- GENTIAN 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. GENTIAN, 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.
- DREVES L. (coordinateur) *et al.* (2000) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 1999. Rapp. IFREMER DEL/00.04/Brest, juin 2000, 122 p.
