

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

Découvrez plus de documents  
accessibles gratuitement dans [Archimer](#)

**Ifremer**

Luc Drévès  
Jocelyne Martin, Philippe Monbet, Myriam Rumebe  
Ivan Schlaich, Hervé Thillaye du Boullay

Mars 2002 - Rapport RST.DEL/SR/02.04

# Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

## Année 2001

Rapport scientifique annuel

Convention de marché EDF F6U091

IFREMER Bibliothèque de BREST



OEL09227



<b>Type de rapport :</b> RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
<b>Numéro d'identification du rapport :</b> RST.DEL/SR/02.04	<b>date de publication :</b> mars 2002
<b>Diffusion :</b> libre - restreinte - interdite	<b>nombre de pages :</b> 154
<b>Validé par :</b> G. de Kergariou	<b>bibliographie :</b> Oui
<b>Adresse électronique :</b>	<b>illustration(s) :</b> Oui
- chemin UNIX :	<b>langue du rapport :</b> Français
- adresse WWW :	
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b> <i>Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville année 2001 – Rapport scientifique annuel</i> <b>Edition provisoire</b>	
<b>Titre traduit :</b> <i>Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant - 2001</i>	
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> nom, prénom	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>
DRÉVÈS Luc	IFREMER / Brest / DEL / SR
MARTIN Jocelyne	IFREMER / Nantes / DRV / RH
MONBET Philippe	IFREMER / Port-en-Bessin / DEL
RUMEBE Myriam	IFREMER / Saint-Malo / DEL
SCHLAICH Ivan	IFREMER / Port-en-Bessin / DRV
THILLAYE du BOULLAY Hervé	IFREMER / Port-en-Bessin / DEL
<b>Collaborateur(s) :</b> nom, prénom	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>
ABERNOT-LE GAC Chantal	IFREMER / Brest / DEL / SR
CRASSOUS Marie-Pierre	IFREMER / Brest / DEL / EC-PP
GAFFET Jean-Dominique	IFREMER / Brest / DEL / EC-BB
JUSTOME Vincent	IFREMER / DEL / Port-en-Bessin
MAHEUX Franck	IFREMER / DEL / Port-en-Bessin
MIOSSEC Dominique	IFREMER / DRV / RH / Port-en-Bessin
PIERRE-DUPLESSIX Olivier	IFREMER / DEL / Port-en-Bessin
VIGNEAU Joël	IFREMER / DRV / RH / Port-en-Bessin
d'ELBEE Jean	LAPHY / Biarritz
<b>Organisme commanditaire :</b> 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>	
<b>Titre du contrat :</b> n° de contrat Ifremer	
<b>Organisme(s) réalisateur(s) :</b> 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 LABORATOIRE MUNICIPAL ET REGIONAL DE Rouen, BP 4063, 76 022 Rouen Cedex LAPHY - Centre d'études et de recherches halieutiques, B.P. 89, 64 200 Biarritz</i>	
<b>Responsable scientifique :</b> Luc DRÉVÈS - IFREMER / Brest / DEL / SR	
<b>Cadre de la recherche :</b>	
<b>Programme :</b> <i>Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin</i>	<b>Convention de marché</b> EDF F6U0091
<b>Projet :</b> <i>I.G.A. Impact des Grands Aménagements</i>	<b>Autres (préciser) :</b>
<b>Campagne océanographique :</b> (nom de campagne, année, nom du navire) IGA 1-2, 2001, N/O THALIA.	

## Résumé :

*L'étude de surveillance n°19 du site électronucléaire de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 2001. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique. L'année 2001 est la 16<sup>ème</sup> année de fonctionnement de la Centrale.*

## Abstract :

*Monitoring n°19 of the Flamanville nuclear power plant takes into account studies conducted between March and September 2001. Impacts on hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos are reported. This power plant has been in operation for sixteen 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. (2001) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2001 – Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER RST.DEL/SR/02.04, mars 2002, 154 p.

*Référence particulière*

MONBET Ph. (2001) – Hydrologie, 33-40. In DREVES L. (coordinateur) et al. (2001) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2001 – Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER RST.DEL/SR/02.04, mars 2002, 154 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 annuel**, dont la version provisoire est remise au plus tard le 31 janvier de l'année N+1 ;
- un **rapport annuel**, dont l'édition définitive est remise au plus tard le 15 juin de l'année N+1.

L'arrêté ministériel du 11 mai 2000 (J.O. du 6 juin 2000), "*autorisant EDF à poursuivre les prélèvements d'eau et rejets d'effluents liquides et gazeux pour l'exploitation du site nucléaire de Flamanville*", précise en son titre VI, chapitre III, article 36, la date de remise de son rapport annuel, par EDF aux services de l'état, au 30 avril au lieu de l'automne de l'année suivante. Pour respecter cette condition nouvelle, la remise du rapport annuel (édition définitive) d'Ifremer est donc avancée à la **fin mars de l'année N+1**. La version provisoire de ce rapport annuel remplace le rapport préliminaire de synthèse de janvier N+1.

Concernant la surveillance du C.N.P.E. de Flamanville réalisée au cours de l'année 2001, régie par la commande de travaux EDF F6U0091,

- l'**état d'avancement** a été adressé à EDF le 13 juillet 2001 [DREVES L. (2001) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2001 – Etat d'avancement des travaux au 30 juin. Rapp. Ifremer DEL/SR/01.07, juillet 2001, 26 p.].
- Une édition provisoire du rapport annuel (correspondant à l'appellation **rapport préliminaire**) a été transmise à EDF le 31 janvier 2002 [DREVES L. (coordinateur) et *al.* (2002) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2001 – Rapport scientifique annuel (Edition provisoire). Rapp. IFREMER DEL/SR/02.02/RI, janvier 2002, 146 p].
- L'édition définitive du **rapport scientifique annuel** fait l'objet du présent document. Elle prend en compte les remarques formulées sur la version provisoire.



# Sommaire

	PAGE
<b>Préambule</b>	7
<b>Partie 1. Le fonctionnement de la Centrale de Flamanville et programme d'intervention d'Ifremer en 2001</b>	
1.1. Fonctionnement de la centrale	11
1.2. Travaux réalisés par l'Ifremer	15
<b>Partie 2. Les caractéristiques environnementales de l'année 2001</b>	
2.1. Climatologie	19
2.2. Température de l'eau de mer	23
<b>Partie 3. Le domaine pélagique</b>	
3.1. Méthodologie	33
3.2. Hydrologie	33
3.3. Phytoplancton	53
3.4. Zooplancton	64
3.5. Microbiologie	77
3.6. Trihalométhanes	81
3.7. Bore	83
3.8. M.E.S.	85
<b>Partie 4. Le domaine benthique</b>	
4.1. Phytobenthos intertidal	89
4.2. Zoobenthos intertidal - substrats durs	97
<b>Partie 5. Le domaine halieutique</b>	
5.1. Larves de crustacés	113
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés	125
<b>Partie 6. Conclusion générale</b>	147
<b>Bibliographie</b>	151
<b>Liste des rapports de surveillance depuis 1983</b>	153



## 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**<sup>1</sup> les études écologiques et halieutiques du milieu marin encadrant ce site.

Une étude essentiellement bibliographique, dite d'**Avant-projet**, fut réalisée en 1975 par le CNEXO<sup>2</sup>, pour la partie écologique, et l'ISTPM<sup>3</sup>, 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 objet 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.

<sup>1</sup>Organisme issu de la fusion en 1984 du CNEXO et de l'ISTPM

<sup>2</sup>Centre National pour l'Exploitation des Océans

<sup>3</sup>Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

L'arrêté ministériel du 11 mai 2000, en son titre IV, chapitre IV, article 29, précise la surveillance physico-chimique et biologique de l'environnement marin en incluant l'analyse du bore dans la surveillance du domaine pélagique.

Au cours de 2001, 16<sup>ème</sup> année de fonctionnement de cette Centrale, les études réalisées par l'Ifremer sur le site de Flamanville sont menées sous la responsabilité de :

- **Luc Drévès**, DEL/SR/Brest<sup>4</sup>, pour les caractéristiques environnementales (climatologie, température de l'eau de mer), la microbiologie, les trihalométhanes, le bore, le phytobenthos et le zoobenthos, ainsi que la coordination de l'ensemble des études sur ce site ; en collaboration le laboratoire Franck Duncombe de Caen (microbiologie et trihalométhanes), et le laboratoire départemental de Rouen (Bore) ;
- **Philippe Monbet**, DEL/PB<sup>5</sup>, pour l'hydrologie, succédant à Michel Lunven, DEL/EC-PP/Brest<sup>6</sup> ;
- **Hervé Thillaye du Boullay**, DEL/PB, pour le phytoplancton, succédant à Evelyne Erard Le Denn, DEL/EC-PP/Brest ;
- **Jocelyne Martin**, DRV/RH/Nantes<sup>7</sup>, pour les larves de crustacés ;
- **Ivan Schlaich**, DRV/RH/Port-en-Bessin, pour la surveillance de la pêche côtière des crustacés, succédant à Dominique Miossec ;
- **Myriam Rumebe**, DEL/SM<sup>8</sup>, pour le zooplancton, en collaboration avec **Gabriel de Kergariou**, DEL/SR/Brest, et le LAPHY de M. **Jean d'Elbée**.

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

<sup>5</sup> DEL / Laboratoire côtier de Port-en-Bessin (PB)

<sup>6</sup> DEL / Département Ecologie Côtière (EC) / Laboratoire Proliférations Phytoplanctoniques (PP)

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

<sup>8</sup> 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 2001**

*par Luc Drévès*



## 1.1 FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

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

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

L'année 2001 est la seizième année de fonctionnement de la centrale de Flamanville, la dix-neuvième année consécutive des études de Surveillance menées par l'Ifremer.

Les principaux arrêts de tranches ont eu lieu, au cours du premier semestre, du 14 au 28 juin pour la tranche 1, du 17 mars au 3 juin pour la tranche 2 (figure 1.1).

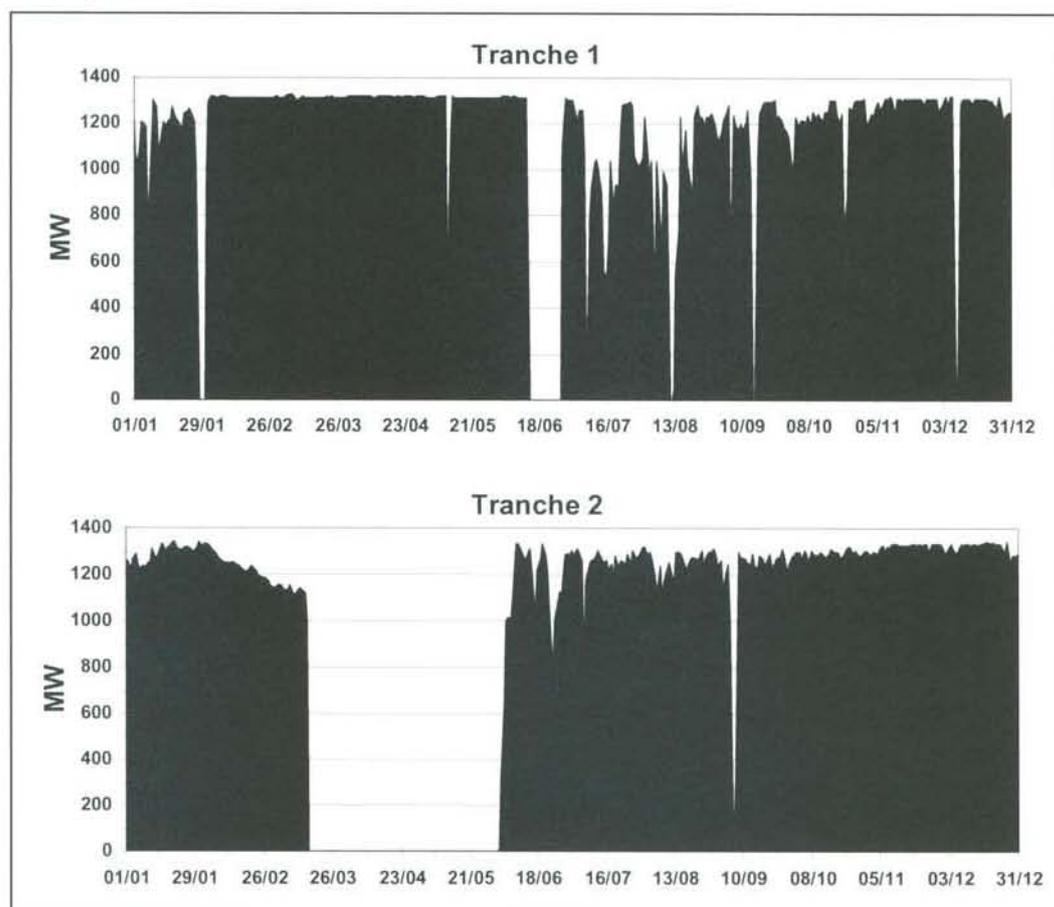


Figure 1.1 :  
Puissance nette  
moyenne des tranches  
1 et 2 de Flamanville  
en 2001.

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 2001

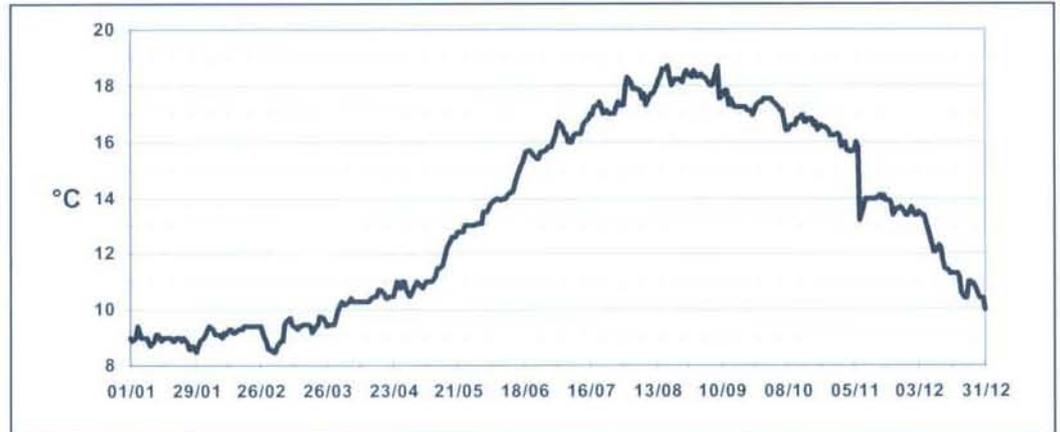
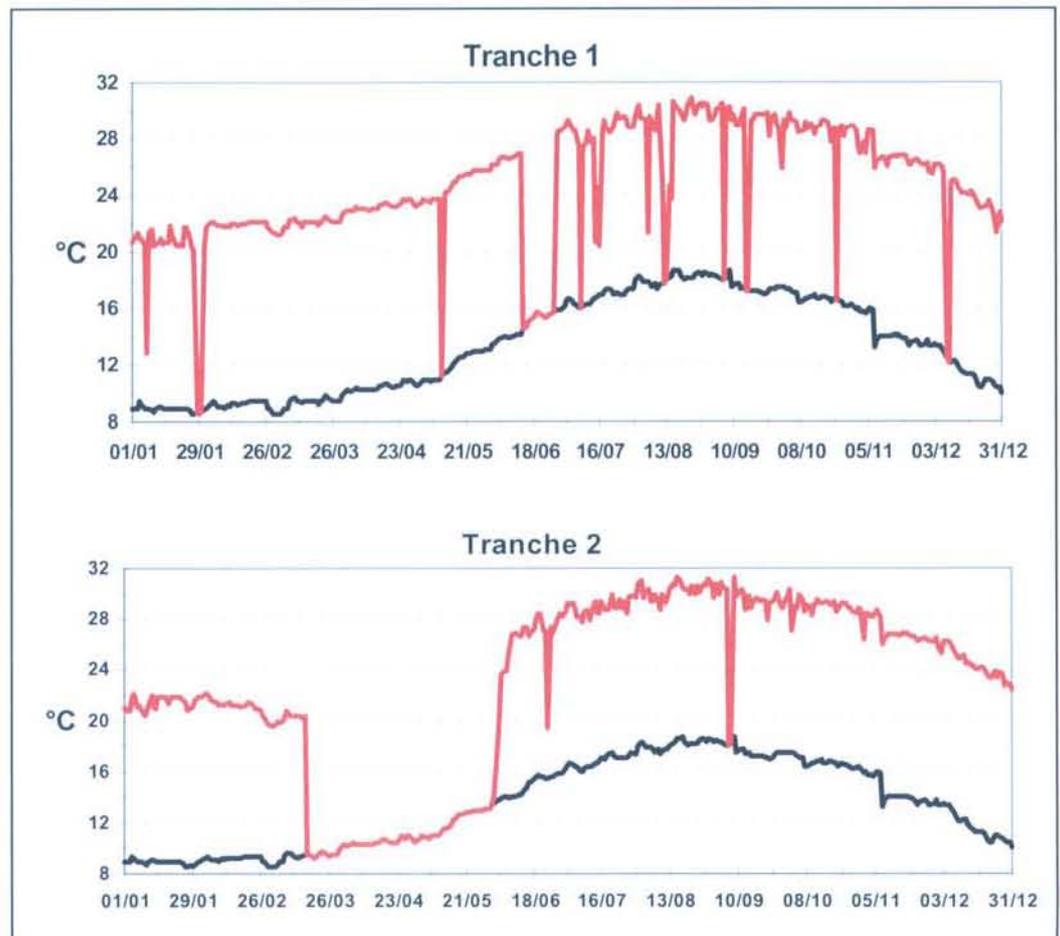


Figure 1.1 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 2001



L'écart journalier moyen entre la sortie des condenseurs et le canal d'aménée 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 journalier moyen de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'aménée, au cours du premier semestre 2001.

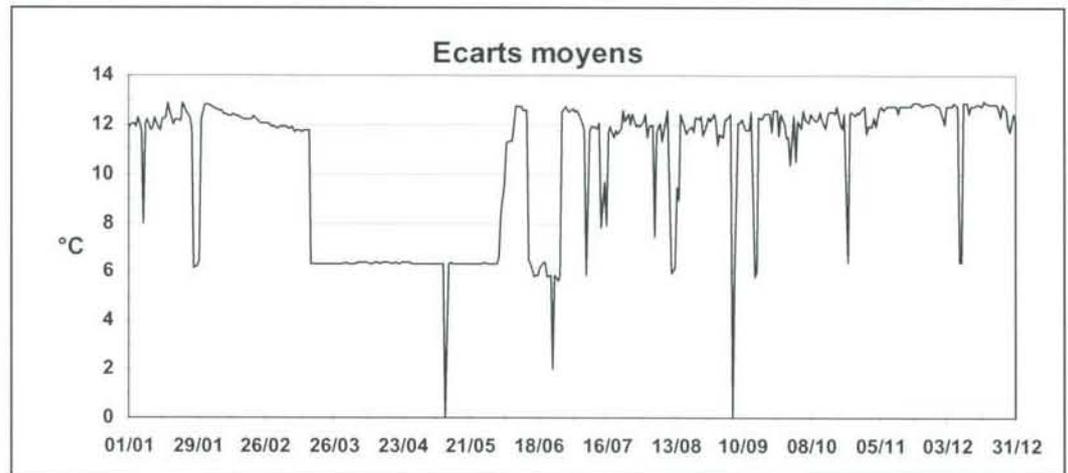
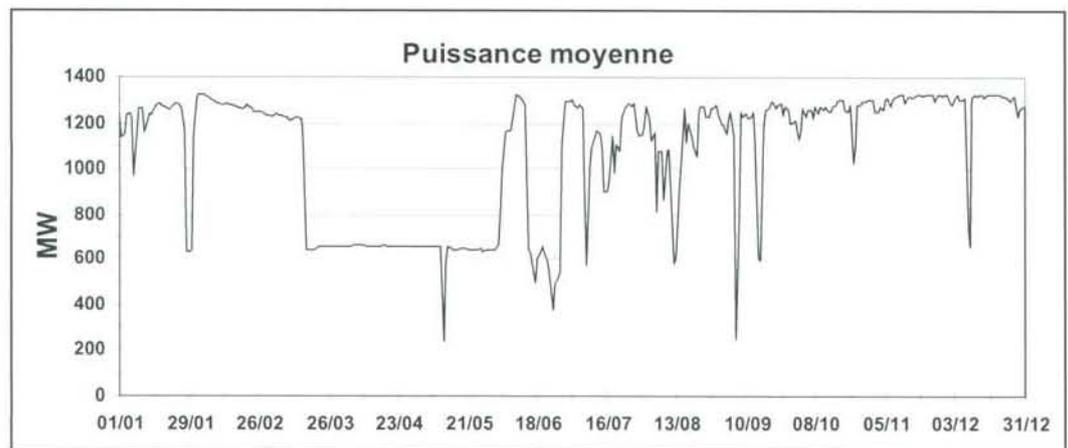


Figure 1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville au cours du premier semestre 2001.



La procédure antisalissure par électrochloration n'a fonctionné qu'à partir du mois d'avril pour la tranche 1, mai pour la tranche 2.

Comme l'indique le tableau 1.1 ci-dessous, 408 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans les circuits de refroidissement au cours de l'année 2001, principalement dans celui de la tranche 1.

Tableau 1.1 : Récapitulatif du tonnage mensuel de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville au cours du premier semestre 2001.

T chlore	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Tranche 1	0	0	0	16,7	29,6	24,2	29,3	26,0	25,0	26,8	29,4	20,1	227,0
Tranche 2	0	0	0	0,0	3,9	25,8	12,8	25,0	29,5	28,5	29,1	26,8	181,5
Total	0	0	0	16,7	33,5	50,0	42,0	51,0	54,5	55,3	58,5	47,0	408,5

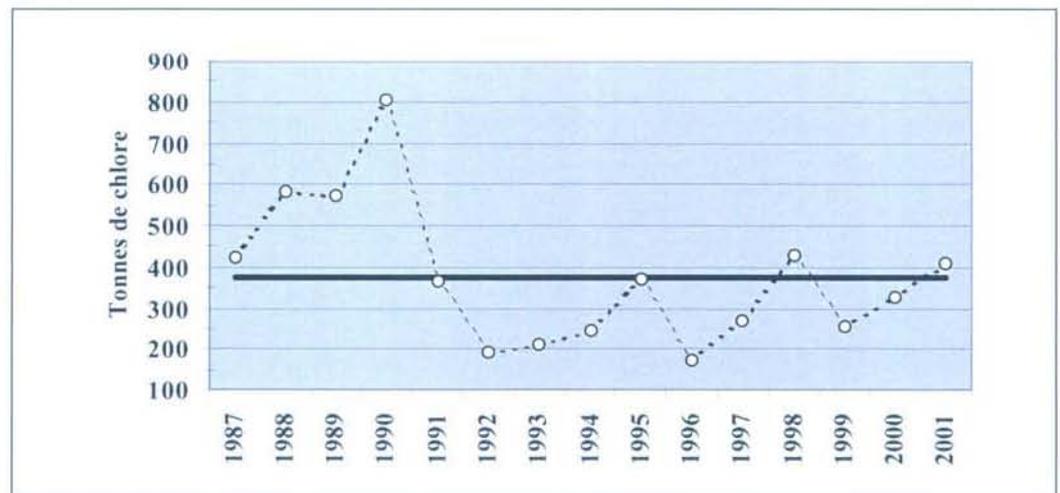
Ce tonnage est sensiblement supérieur à la moyenne annuelle (375 tonnes) injectée depuis 1987. Les quantités de chlore injectées annuellement sont rappelées dans le tableau 1.2 suivant.

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

Année	Cumul de janvier à juin	Cumul annuel
1987	100,8	424
1988	59,1	580
1989	189,6	570
1990	104,0	805
1991	60,4	365
1992	29,5	191
1993	5,2	209
1994	80,1	243
1995	117,4	371
1996	52,7	173
1997	27,6	266
1998	138,3	428
1999	82,7	256
2000	83,7	327
2001	100,2	408
Moyenne	82,1	374,5

Les années extrêmes sont 1990, avec 805 tonnes en cumul annuel, et 1996 (173 tonnes).

Figure 1.7 : Evolution du  
tonnage annuel de chlore  
injecté à Flamanville  
comparée à la moyenne  
annuelle depuis 1987



## 1.2 TRAVAUX REALISES PAR L'IFREMER

Les travaux réalisés au cours de l'année 2001 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 1.7.

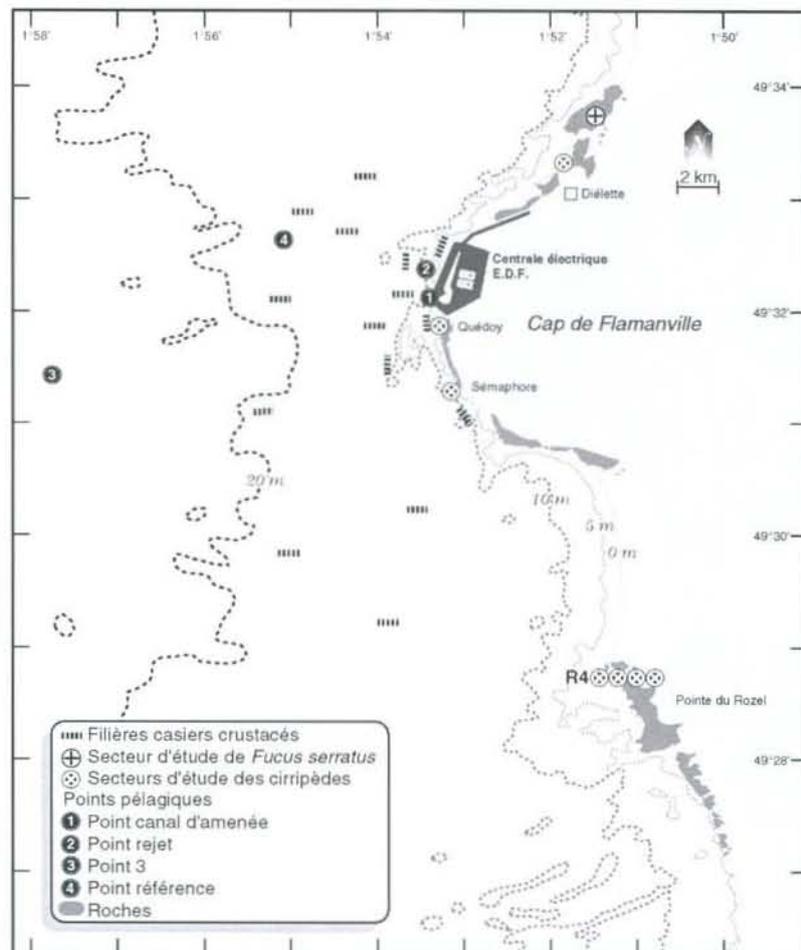


Figure 1.7 : Carte des abords de Flamanville, indiquant les points de prélèvements échantillonnés par Ifremer

2001	Points de prélèvements	Paramètres étudiés	Nombre de répliqués à chaque point	Dates missions
DOMAINE PELAGIQUE	Référence	Température M.E.S. Bore	Référence 1 à -10m Rejet 1 subsurf. C.amenée 1 subsurf.	01 / 04
Hydrobiologie		Salinité Haloformes	1 subsurface 2 subsurface	
Phytoplancton		Sels nutritifs NH4	Référence 2 subsurf. 2 à -10m	
Zooplancton		Chlorophylle Phaeopigments Production primaire Identification des espèces	Rejet 4 subsurf. C.amenée 4 subsurf.	
Microbiologie		Biomasse Composition chimique (carbone, azote) Identification des espèces	6 WP2 congelés (2 triples) 1 WP2 formolé	
	Canal d'amenée	Dénombrement des - germes totaux - germes viables Recherche des vibrions halophiles	Référence 4 Rejet 2 C.amenée 2	
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	08-11 / 03 [6-7 / 06*] 15-18 / 09
Phytobenthos	3 Radiales Dans la zone à <i>Fucus serratus</i>			
Zoobenthos	Secteurs 1, 2, 3 Radiale R4 (points 1, 2, 3, 4) Point SEM Point QUEDOY Point Diélette	- Biomasse Substrats durs intertidaux	10 quadrats /secteur	08-11 / 03 [6-7 / 06*] 15-18 / 09
	Points 2, SEM, QUEDOY, Diélette	- Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée	Par point : 8 quadrats 12 comptages 4 grattages	
		- Etude de recolonisation	Par point : quadrats (3x25)cm <sup>2</sup>	
DOMAINE HALIEUTIQUE	[Point 3] Référence Rejet	Densité des larves d'araignée et homard	2 Bongo 1 Neuston surface	13 / 06 28 / 06 17 / 07 31 / 07
Zooplancton et Hydrologie	Canal d'amenée	- température - salinité		13 / 08 27 / 08
Suivi de l'exploitation et de la biologie des espèces commerciales	N.O. Cotentin	Recueil d'informations sur la pêche professionnelle		
	15 points (1 filière par point)	Pêches expérimentales - pour homard, tourteau, araignée, étrille (longueur, sex-ratio) - autres espèces (présence)	4 levées des 15 filières d'au moins 20 casiers	11-14 / 06 10-14 / 09

\* hors contrat

Tableau 1.3 :  
Récapitulatif de  
l'activité réalisée par  
l'Ifremer au cours du  
premier semestre  
2001 devant le  
C.N.P.E. de  
Flamanville

## **2 Les caractéristiques environnementales de l'année 2001**

*par Luc Drévès*



## 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 inter annuelle moyenne sur le nord-ouest Cotentin (figure 2.1) est maximale d'octobre à janvier, le maximum des précipitations étant noté en novembre avec 90,2 mm de hauteur moyenne d'eau. La période la plus sèche s'étend d'avril (44,5 mm) à août (44,5 mm), avec une valeur moyenne mensuelle minimale en juillet (35,4 mm). 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 le période de 1949-2000 est de 711 mm, variant de 430 mm en 1953 à 1001 mm en 1994.

Figure 2.1 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague en 2001, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles obtenues depuis 1949.

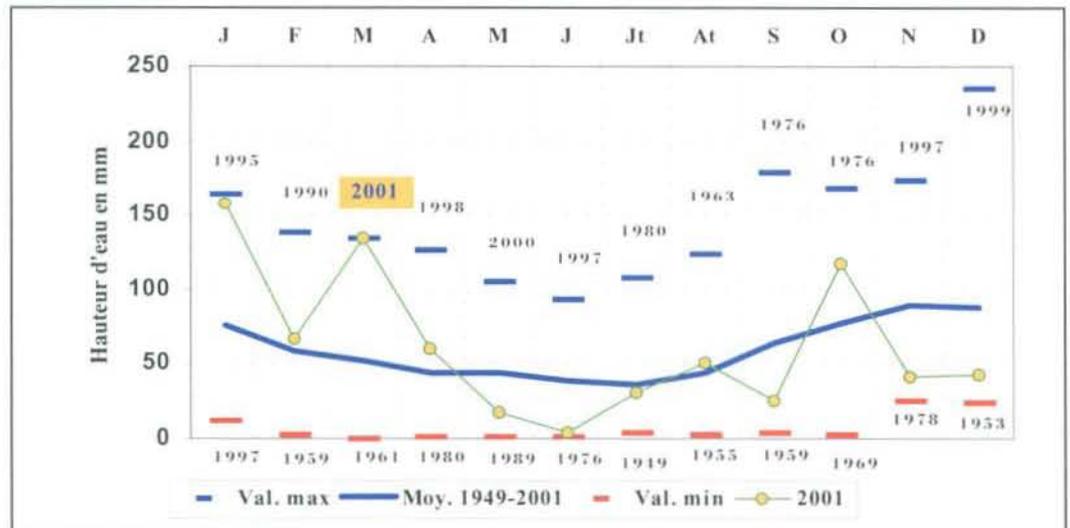
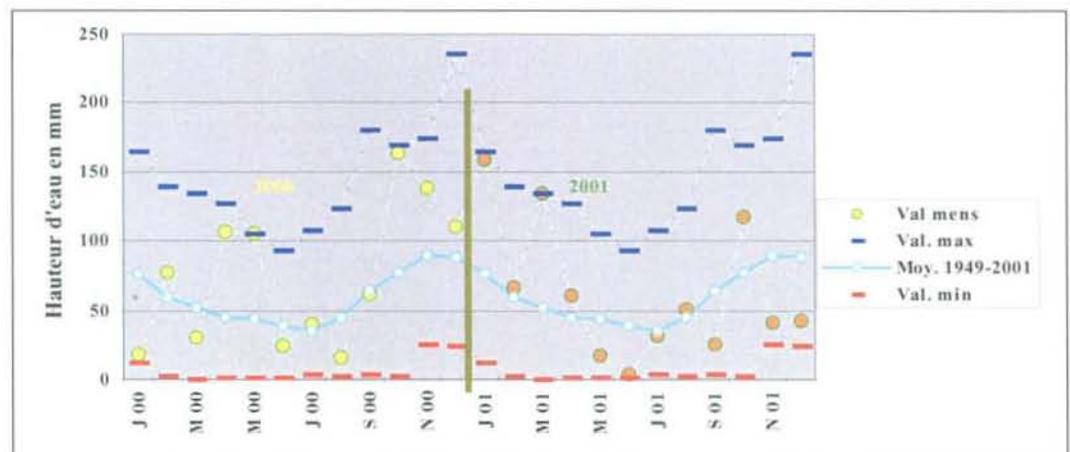


Figure 2.2 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague en 2000 et 2001.



L'examen de la pluviométrie observée au sémaphore de La Hague en 2000 et 2001 (figure 2.2) permet d'apprécier l'excédent pluviométrique enregistré d'octobre 2000 à mars 2001 (+ 328 mm). D'octobre 1999 à mars 2000, cet excédent n'était que de 22 mm malgré une pluviométrie record en décembre.

Sur la période 1949-2001, l'observation des cumuls moyens mensuels par période décennale (figure 2.3) permet d'apprécier la forte pluviométrie mensuelle moyenne de la décennie 1989/1998 (64,2 mm) en comparaison de celle notée au cours de la décennie précédente (57,4 mm).

L'observation des périodes quinquennales montre une hausse des précipitations encore plus importante. Ainsi, le cumul moyen mensuel augmente de 11 mm entre les périodes 1984/1988 (55,8 mm) et 1994/1998 (66,9 mm). Pour la période en cours 1999/2003, le cumul moyen mensuel enregistré au cours des trois premières années est de 69,5 mm, soit près de 29 % de plus que pendant la période 1954-1959 (54 mm) la plus sèche !

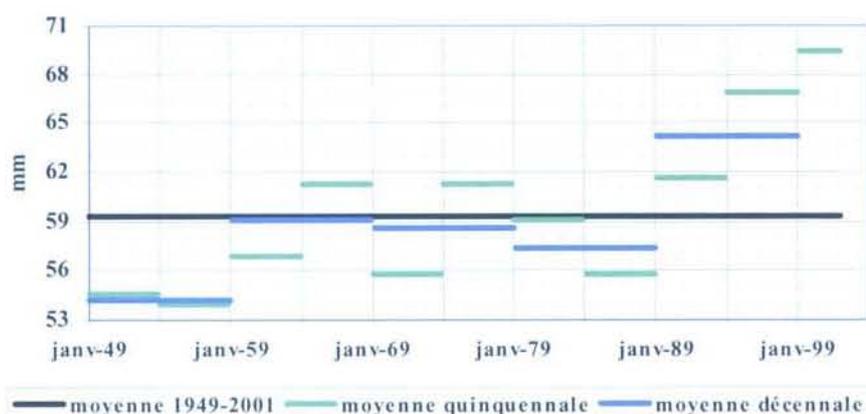
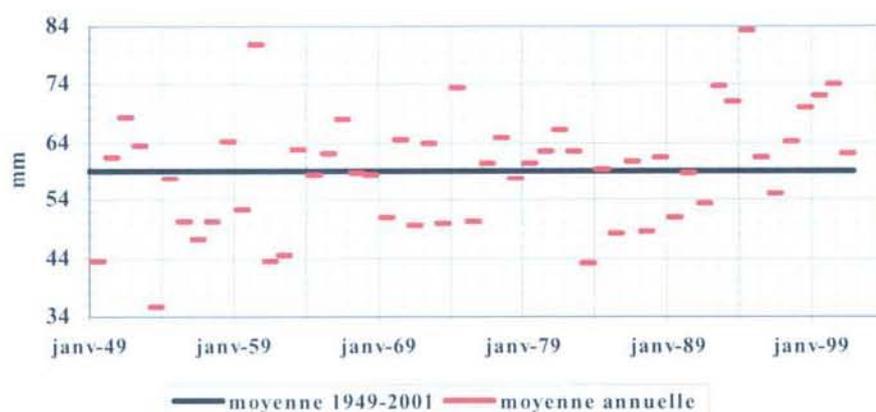


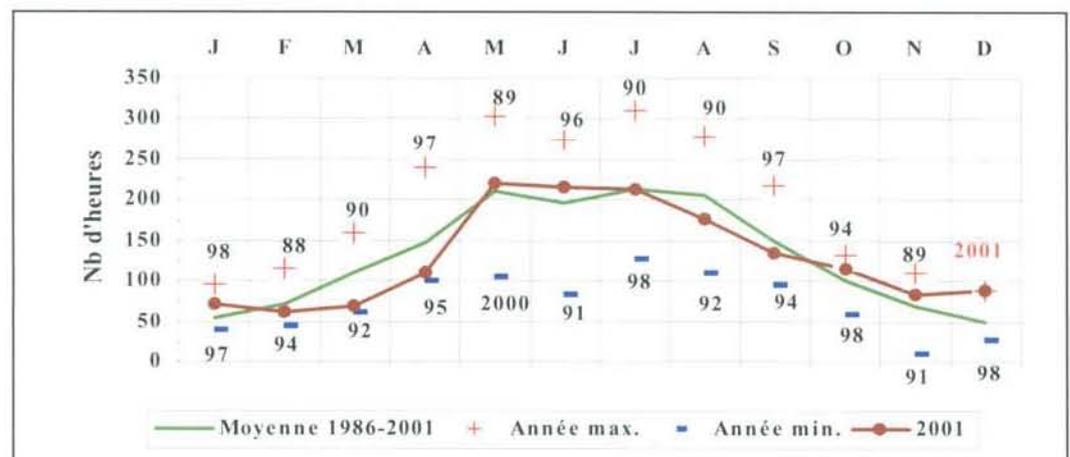
Figure 2.3 :  
Pluviométrie au  
sémaphore de La  
Hague de 1949 à 2001.  
Cumuls moyens  
mensuels, calculés sur  
1, 5 et 10 ans, comparés  
au cumul moyen  
mensuel observé sur la  
période totale  
(59,4 mm)

## 2.1.2 Insolation

L'importance de l'insolation mensuelle moyenne (figure 2.4) est directement dépendante de la durée même du jour. Elle est de ce fait minimale en décembre (50 heures) et en janvier (55 heures), et maximale en juillet (212 heures). La couverture nuageuse peut perturber ce schéma. Ainsi, le mois de juin présente une durée d'insolation moyenne (196 heures) inférieure à celle enregistrée en mai (210 heures) et en juillet. 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 1 571 heures, les années extrêmes étant 1990 (2 034 heures) et 1991 (1 241 heures). L'année 2001 se caractérise par un déficit d'insolation au cours de cinq mois (dont août et septembre), donnant un cumul annuel légèrement déficitaire (1 556 heures). A noter le nouveau record d'insolation enregistré en décembre (plus de 87 heures).

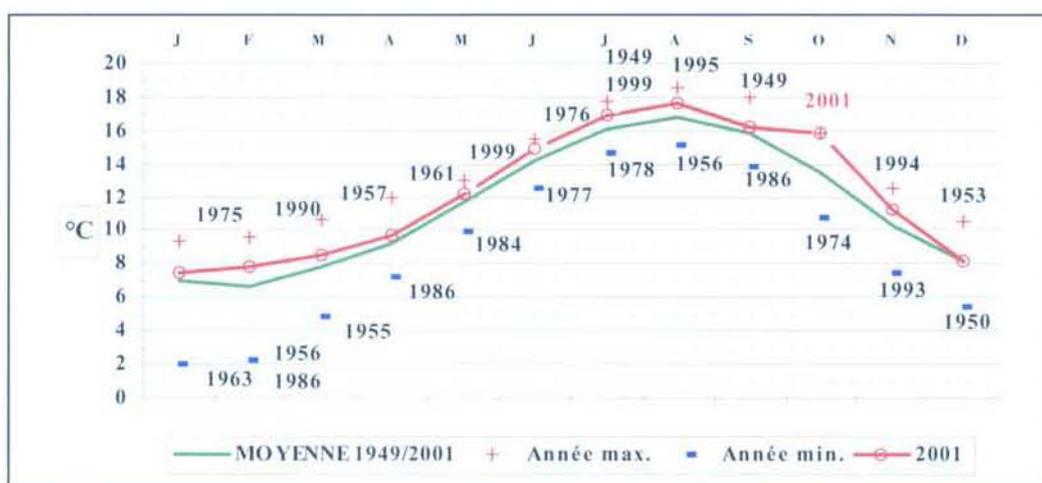
Figure 2.4 :  
Insolation mensuelle  
à Valognes au cours  
de l'année 2001,  
comparée aux  
moyenne et valeurs  
extrêmes mensuelles  
obtenues depuis 1986



### 2.1.3 Température de l'air

Au cours des 53 dernières années, la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.5) 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 (18,5 °C).

Figure 2.5 :  
Température  
mensuelle moyenne  
de l'air à La Hague  
au cours de l'année  
2001, comparée aux  
moyenne et valeurs  
extrêmes mensuelles  
enregistrées depuis  
1949



Sur la période 1949/2001, la température moyenne annuelle est de 11,45 °C, avec un écart thermique moyen de 10,20 °C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud. L'année la plus chaude est 1999 avec 12,51 °C (succédant à 1989 avec 12,43 °C) ; la plus froide, 1963 avec 9,99 °C. Le plus grand écart thermique entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud d'une même année est noté en 1987 avec 14,1 °C ; le plus faible en 1974 avec 8,9 °C.

Sur la période 1949-2001, l'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période décennale (figure 2.6) permet d'apprécier l'échauffement moyen de 0,72 °C entre les décennies 1979/1988 (température moyenne de 11,2 °C) et 1989/1998 (11,9 °C). L'observation des périodes quinquennales montre un échauffement encore plus important. Ainsi, la température moyenne de l'air augmente de 1 °C entre les périodes 1984/1988 (11,0 °C) et 1994/1998 (12,0 °C). Pour la période en cours 1999/2003, la température moyenne enregistrée au cours des trois premières années est de 12,3 °C !

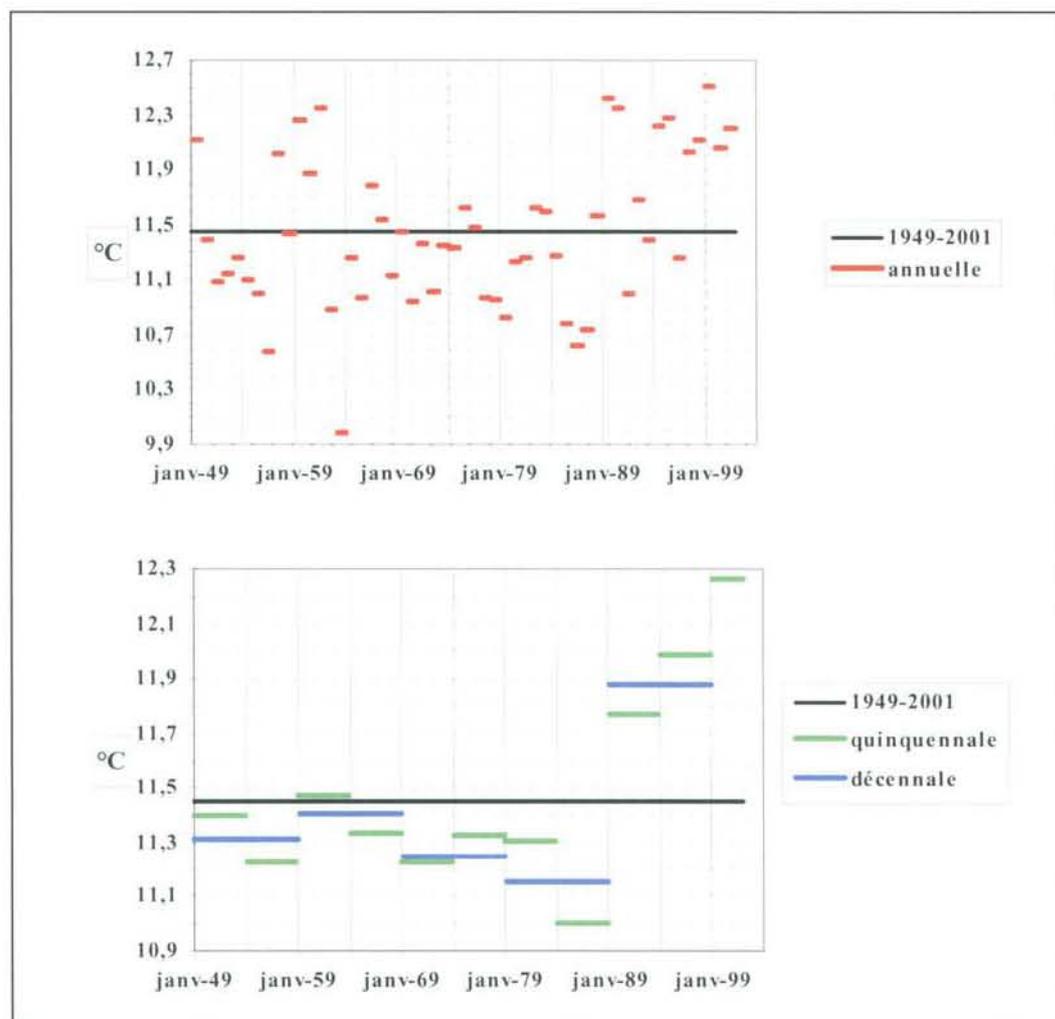


Figure 2.6 :  
 Température de l'air au  
 sémaphore de La  
 Hague de 1949 à 2001.  
 Comparaison des  
 moyennes mensuelles,  
 calculés sur 1, 5 et 10  
 ans, à la moyenne sur  
 la période totale  
 (11,45 °C)

### 2.1.4 Caractéristiques de l'année 2001

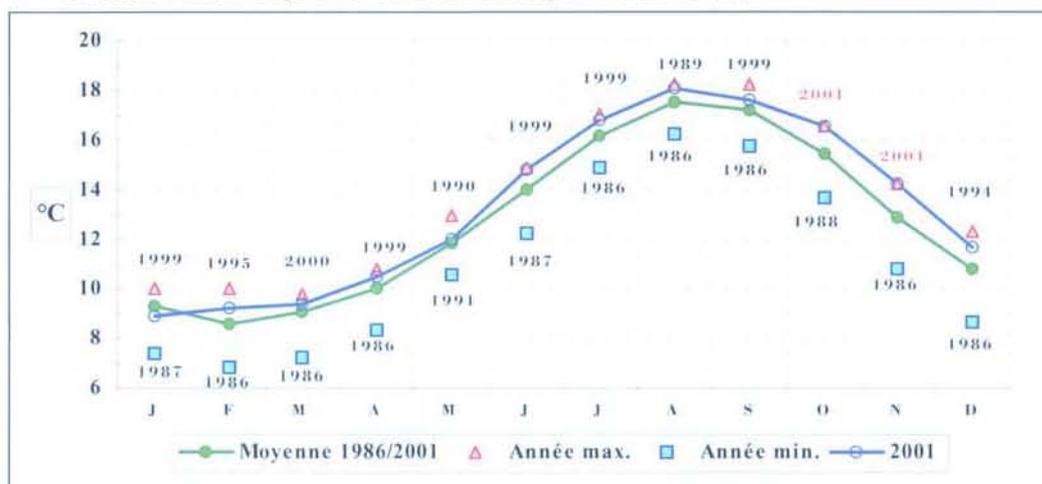
L'année 2001 se caractérise par :

- un cumul annuel des précipitations (749 mm) supérieur, pour la cinquième année consécutive, au total moyen annuel enregistré depuis 1949 (711,9 mm) ; un premier trimestre excédentaire (+ 172 mm) contrastant avec un second semestre déficitaire (- 90 mm) ; un record de précipitations en mars ;
- une insolation annuelle légèrement déficitaire (1 556 heures), comparée à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1571 h.), s'expliquant par le déficit d'insolation du premier semestre ; un record d'insolation en décembre ;
- une température moyenne annuelle de l'air élevée (12,21 °C), les moyennes mensuelles se maintenant au-dessus des moyennes saisonnières tout au long de l'année, exception faite du seul mois de décembre.

## 2.2 TEMPERATURE 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'amenée. Le résultat des levés réalisés au cours de l'année 2001 est présenté à la figure 1.2 (page 12). Le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'amenée (8,59 °C) est noté en février (figure 2.7), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 1995 (10,02 °C). Le maximum mensuel moyen (17,54 °C) est observé en août, oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,23 °C en 1989. La température moyenne annuelle est de 12,72 °C, les extrêmes étant 11,34 °C en 1986 et 13,41 °C en 1999.

Figure 2.7 : Evolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'amenée du CNPE de Flamanville en 2001, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées depuis 1986.



Au cours de l'année 2001, à l'exception du mois de janvier, 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 (cf. figure 2.5). Une nouvelle moyenne mensuelle maximale est enregistrée tant en octobre (16,55 °C) qu'en novembre (14,24 °C).

Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 16 années est calculé. Les valeurs oscillent entre - 3,08 °C (le 15/11/1986) et + 2,19 °C (le 27/11/1994). La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (figure 2.8), ou, par exemple, les conditions thermiques des périodes précédant les jours de prélèvements.

Ces écarts, moyennés sur l'année, permettent d'apprécier le bon excédent thermique de l'année 2001 (+ 0,59 °C.j<sup>-1</sup>). Les années extrêmes sont :  
 - 1999 (+ 0,68 °C.j<sup>-1</sup>), 1995 (+ 0,64 °C.j<sup>-1</sup>) et 2001 (déjà citée) pour les excédentaires<sup>9</sup> ;

<sup>9</sup> Sur le site du CNPE de Paluel (Seine-Maritime), et pendant la période 1991-2001, les années excédentaires sont exactement les mêmes, à savoir 1999 (+ 0,79 °C.j<sup>-1</sup>), 1995 (+ 0,38 °C.j<sup>-1</sup>) et 2001 (+ 0,32 °C.j<sup>-1</sup>).

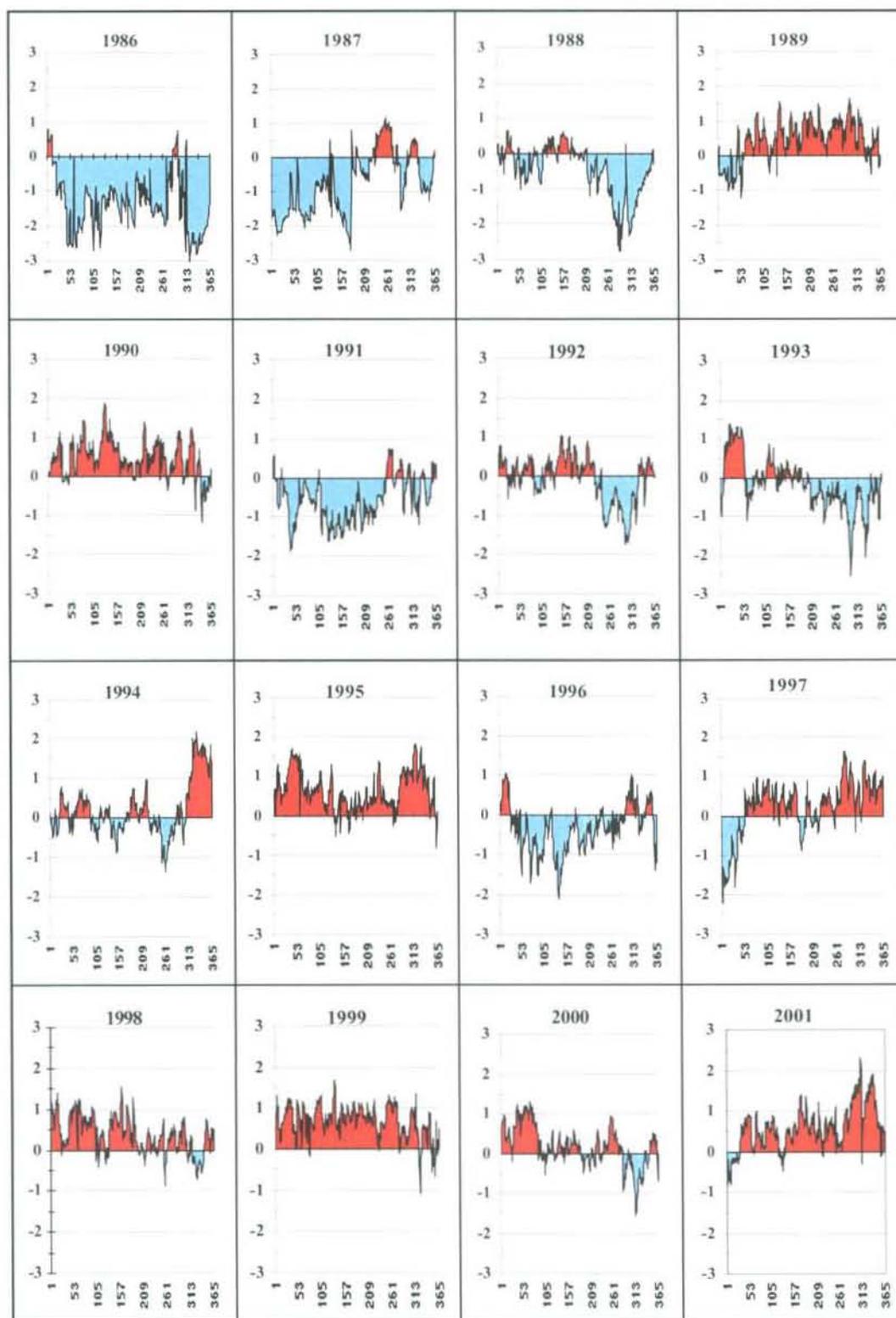


Figure 2.8 : CNPE de Flamanville – Anomalies de la température de l'eau de mer – Ecart journalier, en °C, à la moyenne quotidienne (moyenne du jour estimée sur la période 1986 – 2001).

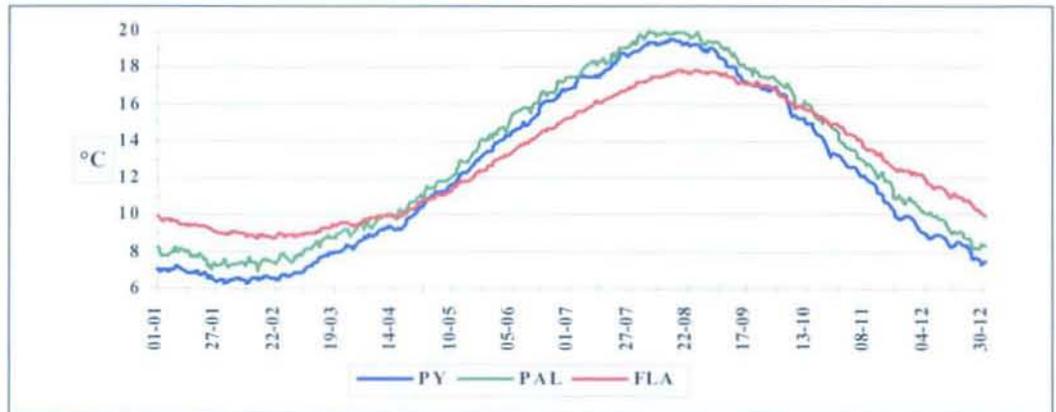
- 1986 ( $-1,39\text{ °C.j}^{-1}$ ), 1987 ( $-0,76\text{ °C.j}^{-1}$ ) et 1991 ( $-0,57\text{ °C.j}^{-1}$ ) pour les déficitaires.



Ces températures de l'eau de mer observées à Flamanville (Manche-ouest) sont comparées à celles enregistrées, depuis 1991, dans le canal d'amenée des deux autres sites de Paluel et Penly situés en Manche-est (figure 2.9).

Le caractère plus océanique de Flamanville apparaît nettement, à savoir plus doux en hiver que les autres sites plus continentaux, et plus frais en été.

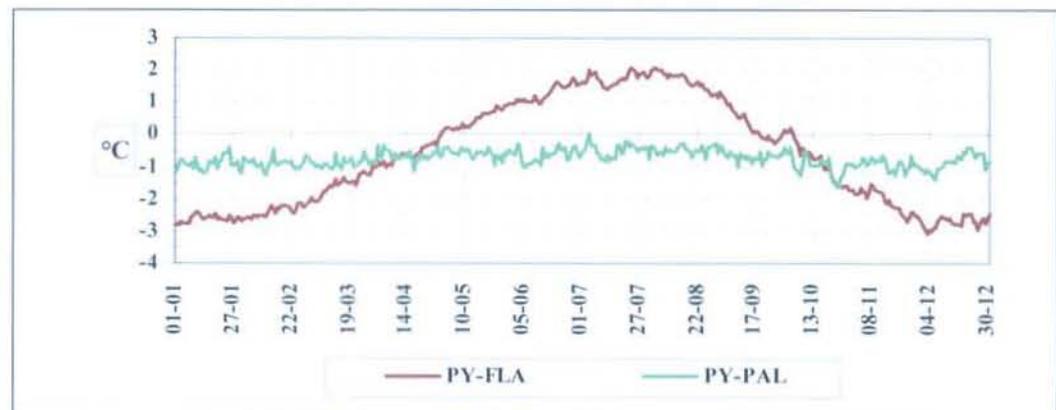
Figure 2.9 : Comparaison des températures journalières moyennes de l'eau de mer entre Penly (PY), Paluel (PAL) et Flamanville (FLA) depuis 1991



Sur cette période 1991/2001, la température moyenne annuelle de l'eau de mer à proximité immédiate de la côte est de  $12,28\text{ °C}$  à Penly,  $13,04\text{ °C}$  à Paluel, et  $12,89\text{ °C}$  à Flamanville.

L'observation des écarts journaliers moyens de 1991 à 2001 (figure 2.10) entre les deux sites les plus éloignés de Penly et Flamanville montrent bien l'inversion de ces écarts aux deux périodes de fin avril - début mai, puis de fin septembre - début octobre. L'écart maximal de température entre ces deux sites est de  $3\text{ °C}$  en hiver, et de  $2\text{ °C}$  en été.

Figure 2.10 : Écarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer, depuis 1991, entre Penly et Flamanville (PY-FLA), et Penly et Paluel (PY-PAL).



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.

La comparaison des températures de l'eau de mer enregistrées à Flamanville et à Penly permet de mettre en évidence une corrélation significative (figure 2.11).

La comparaison des moyennes journalières au cours des onze dernières années conduit à une représentation graphique en forme d'ellipsoïde, permettant de distinguer deux comportements saisonniers : l'échauffement progressif de l'eau de janvier à août (partie basse de l'ovale), puis la décroissance des températures jusqu'à décembre (partie haute).

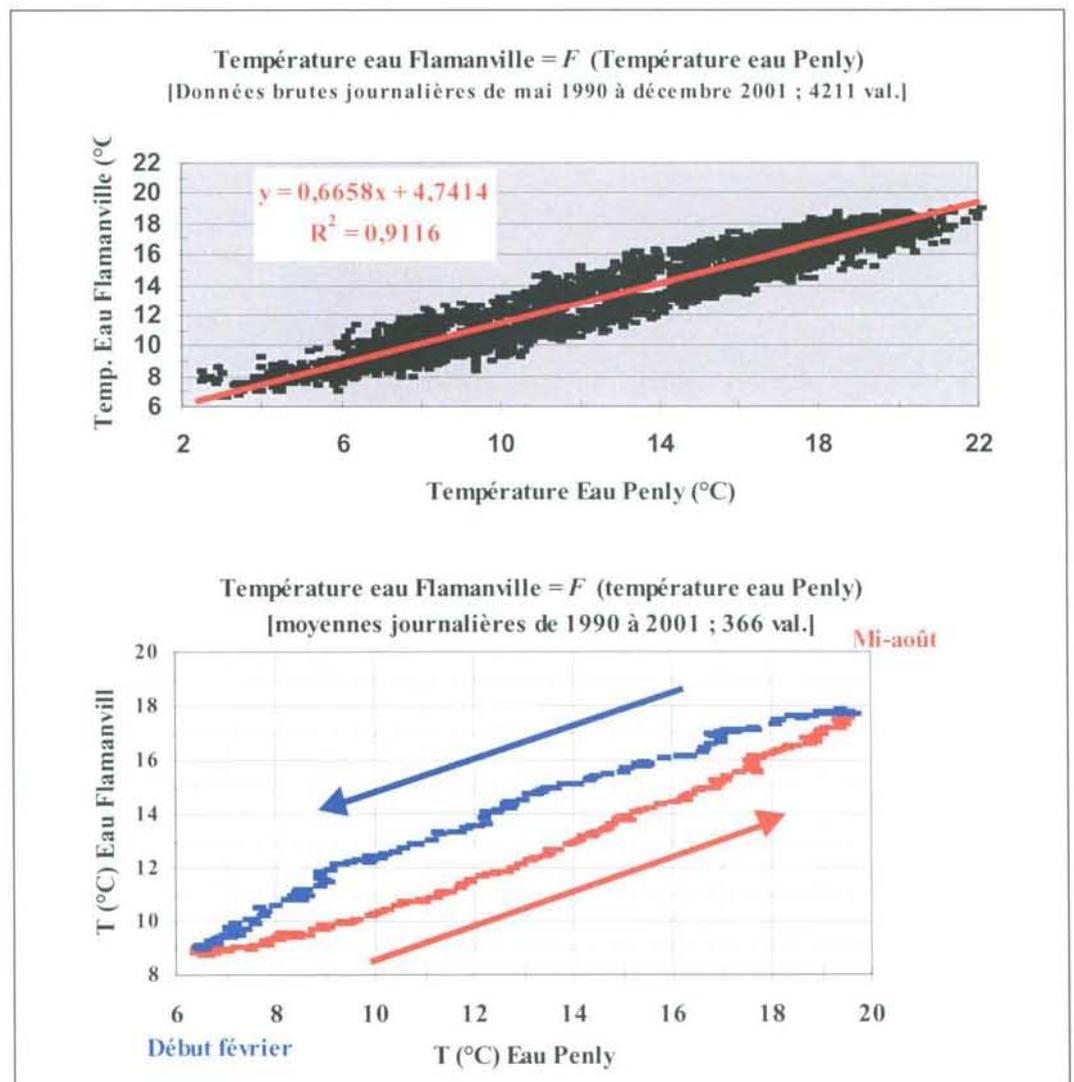
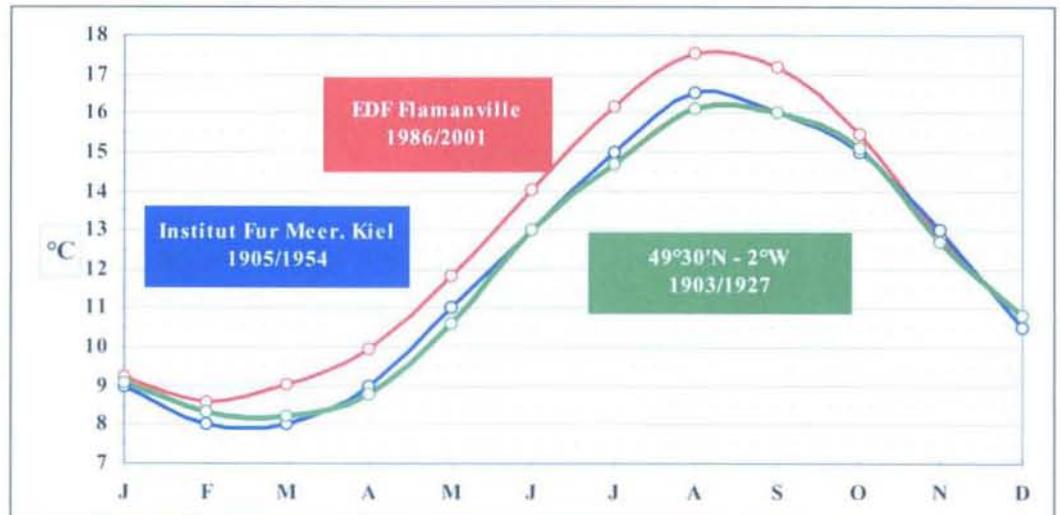


Figure 2.11 :  
Variation de la  
température  
journalière de l'eau  
de mer à Flamanville  
en fonction de celle à  
Penly.

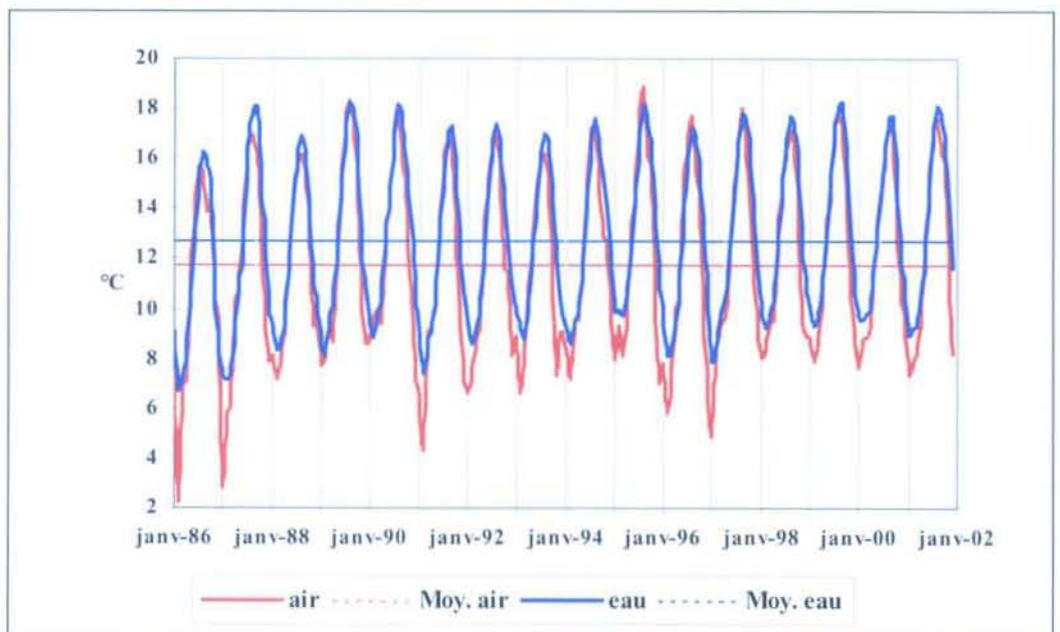
La comparaison des données de température de l'eau acquises par EDF avec celles acquises de 1905 à 1954 par l'*Institut Fur Meereskunde* de KIEL, de 1903 à 1927 par le *Ministry of Agriculture and Fisheries* (Lumby, 1935), montre un échauffement de l'eau de mer au cours des trois premiers trimestres (figure 2.12).

Figure 2.12 :  
Comparaison des données de température de l'eau acquises dans le secteur nord-ouest Cotentin.



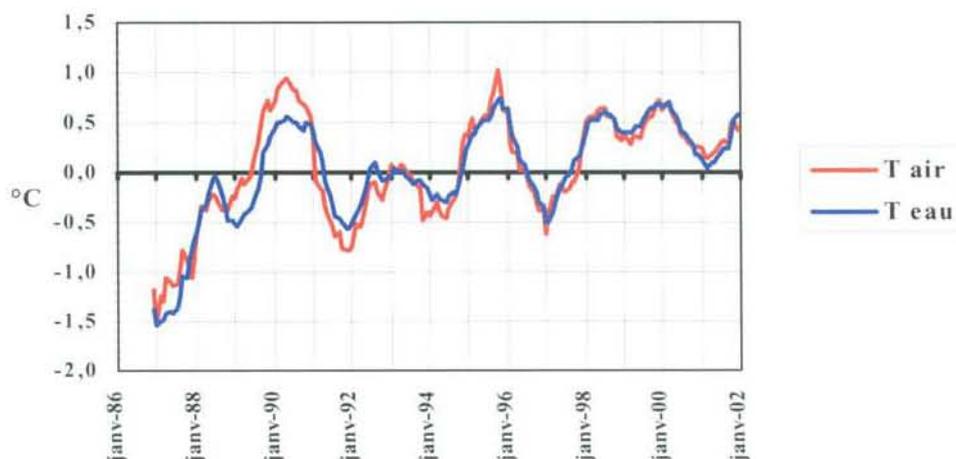
La comparaison des moyennes mensuelles des températures de l'air à La Hague et de l'eau de mer à Flamanville (figure 2.13), et celle des « anomalies » mensuelles (figure 2.14) montrent le lien direct entre ces deux éléments, les variations naturelles de température de l'eau suivant celles de l'air avec un léger décalage dans le temps.

Figure 2.13 :  
Evolution des moyennes mensuelles des températures de l'air à La Hague et de l'eau de mer à Flamanville, comparée aux moyennes obtenues sur l'ensemble de la période 1986-2001.



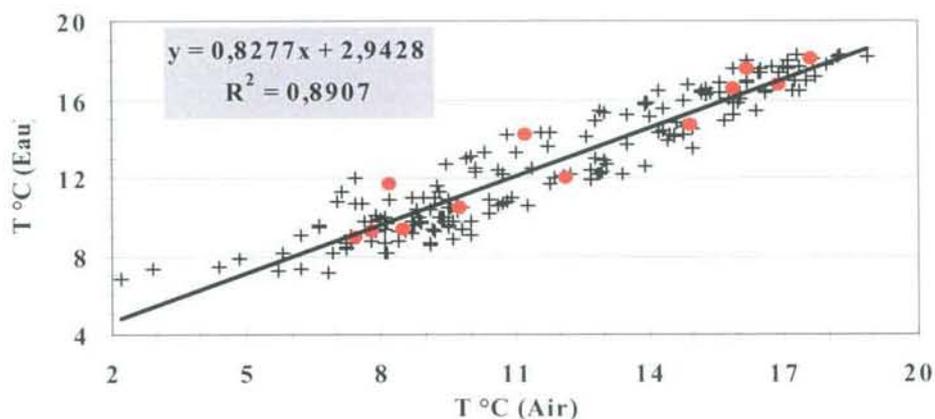
Sur cette période 1986-2001, la température moyenne mensuelle de l'eau est 12,72 °C. Celle de l'air est 11,80 °C. Pour rappel, cette dernière est 11,45 °C sur la période 1949-2001.

**Figure 2.14 :**  
Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air et de l'eau. Pour chaque paramètre, écarts entre la moyenne mobile (calculée sur les 12 derniers mois) et la moyenne générale estimée sur la période 1986-2001.



Une corrélation significative est donc établie entre ces deux paramètres (figure 2.15), les valeurs obtenues en 2001 étant repérées dans cette figure (point rouge). A l'instar de la corrélation entre les températures de l'eau à Flamanville et Penly, celle établie entre l'air et l'eau montre l'échauffement plus lent de l'eau de janvier à juillet (points rouges situés sous la courbe de tendance). Il en est de même pour le refroidissement d'août à décembre (points au-dessus de la courbe de tendance).

**Figure 2.15 :**  
Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau du canal d'amenée (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo-France).



L'évolution, au cours d'une année type représentative de la période 1986-2001, des quatre paramètres étudiés dans ce secteur du nord-ouest Cotentin est résumée à la figure 2.16. Leur interaction est ainsi visualisée, à l'instar de l'élévation de la température de l'air précédant celle de l'eau.

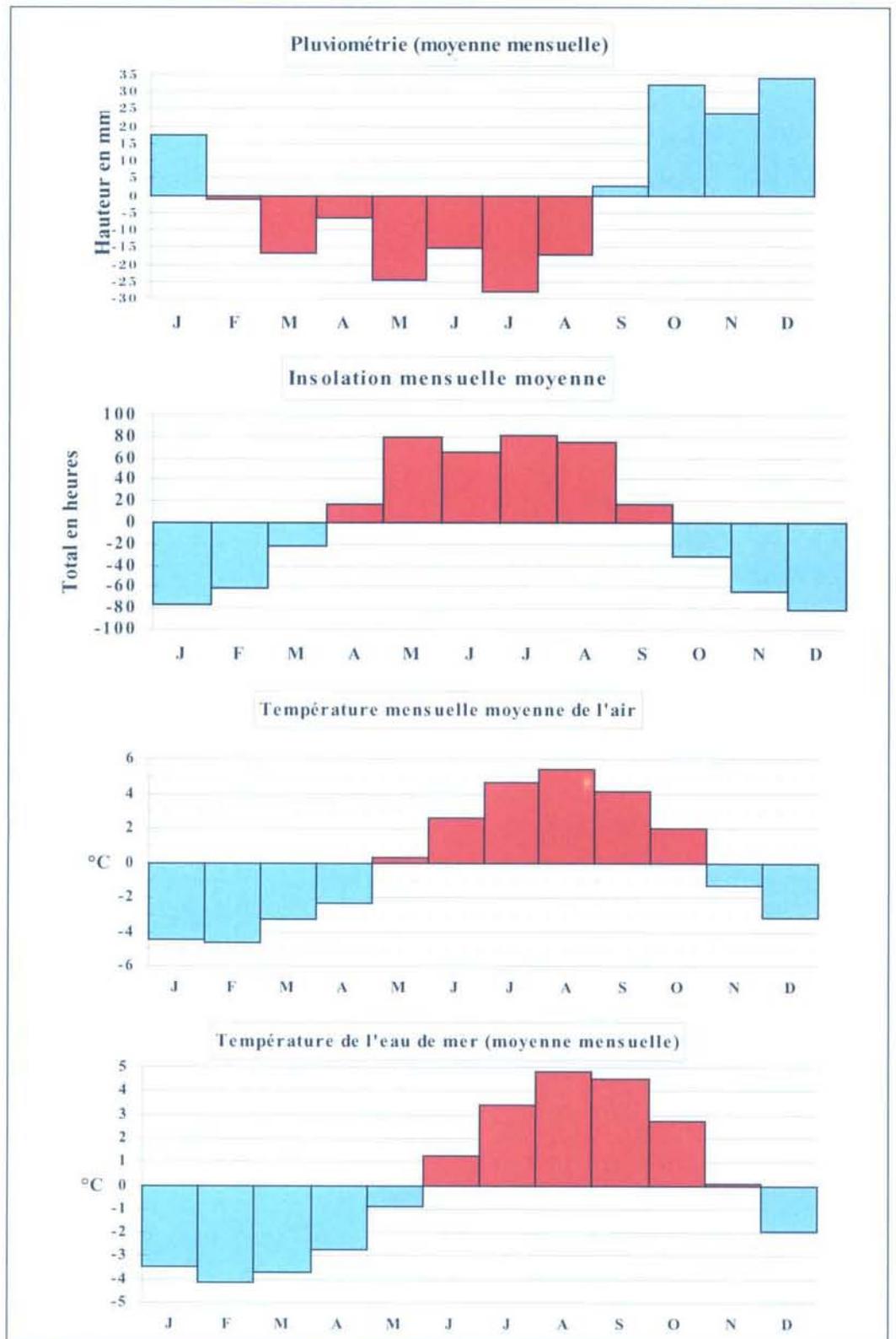


Fig. 2.16 : Synthèse environnementale au Cap de Flamanville, sur la période 1986-2001 (pour chaque paramètre, écart mensuel à la moyenne annuelle).

### 3 Le domaine pélagique

*Etude et rapport réalisés à l'Ifremer par*

<i>Philippe</i>	<i>Monbet</i>	<i>(Hydrologie)</i>
<i>Hervé</i>	<i>Thillaye du Boullay</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Myriam</i>	<i>Rumebe</i>	<i>(Zooplancton)</i>
<i>Luc</i>	<i>Drévès</i>	<i>(Microbiologie, Trihalométhanes, Bore, MES)</i>

*avec la collaboration de*

*pour les prélèvements et les analyses*

<i>Marie-Pierre</i>	<i>Crassous (DEL/EC-PP)</i>
<i>Vincent</i>	<i>Justome (DEL/PB),</i>
<i>Frank</i>	<i>Maheux (DEL/PB),</i>
<i>Olivier</i>	<i>Pierre-Duplessix (DEL/PB),</i>

*pour le traitement et l'interprétation des données*

<i>Anne</i>	<i>Daniel (DEL/PB),</i>
<i>Ronan</i>	<i>Le Goff (DEL/PB),</i>

*et des*

*Laboratoire d'Analyses de Prélèvements Hydrobiologiques - LAPHY  
de BIARRITZ, sous la responsabilité de M. Jean d'ELBEE  
(Zooplancton)*

*Laboratoire départemental et régional de Biologie et d'Hygiène Frank  
DUNCOMBE de CAEN (Microbiologie, Trihalométhanes)*

*Laboratoire municipal et régional d'analyses de ROUEN (Bore)*



### 3.1 METHODOLOGIE

Conformément à la stratégie mise en place pour la surveillance du site de Flamanville, les stations échantillonnées (*cf.* figure 1.7, page 15) sont :

- le canal d'amenée (station **1** située à l'entrée du canal d'amenée de la centrale),
- le rejet (station **2** située dans les turbulences du rejet d'une tranche en fonctionnement),
- la référence (station **4** située au large, au-delà de la zone d'influence de la centrale).

Le matériel et les méthodes d'analyse utilisés en 2001 sont les mêmes que ceux appliqués les années précédentes, en application de l'arrêté ministériel du 11 mai 2000.

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 16. Les campagnes se sont déroulées par des coefficients de 49-45 le dimanche 1<sup>er</sup> avril, 77-77 le vendredi 6 juillet, et 50-45 le lundi 10 Septembre à partir du N/O THALIA (hydrobiologie, phytoplancton et zooplancton) et du zodiac de la SNSM de Diélette (bactériologie et trihalométhanes).

### 3.2 HYDROLOGIE

#### 3.2.1 Méthode

##### 3.2.1.1 Prélèvements

Aux stations « canal » et « rejet », 4 prélèvements successifs sont effectués en surface. A la station « référence », les échantillons sont prélevés en surface et à mi-profondeur deux fois successivement.

##### 3.2.1.2 Paramètres mesurés et précisions

Les paramètres hydrologiques mesurés sont la température, la salinité, les sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, phosphate et silicate). Les techniques appliquées à l'échantillonnage et à la mesure de ces différents paramètres sont présentées dans « Recueil des techniques », rapport IFREMER DERO/86.24/EL. La précision sur la mesure des différents paramètres est indiquée dans le tableau 3.1 ci-après.

Tableau 3.1 :  
Précision des analyses

	Temp. (°C)	Salinité	$NO_3^-$ ( $\mu M$ )	$NO_2^-$ ( $\mu M$ )	$NH_4^+$ ( $\mu M$ )	$PO_4^{3-}$ ( $\mu M$ )	$Si(OH)_4^-$ ( $\mu M$ )
<b>PRECISION</b>	± 0,01	± 0,1	± 0,1	± 0,01	± 0,05	± 0,01	± 0,05

### 3.2.1.3 Présentation graphique

Les résultats des campagnes hydrologiques sont présentés sous forme d'histogrammes. Ces histogrammes présentent également les données acquises depuis 1987. Les résultats 2001 sont présentés avec une couleur différente par rapport aux années précédentes. Les barres d'erreurs représentent l'écart type sur les mesures. Pour chaque paramètre et pour chaque station, les histogrammes sont regroupés par campagne (printemps, été et automne).

Il faut souligner que la teneur en chlorophylle a été ajoutée à titre indicatif sur les figures des éléments nutritifs. En effet, l'activité biologique joue un rôle majeur sur la distribution des éléments nutritifs ; elle permet de préciser à quel stade du développement phytoplanctonique les prélèvements ont été effectués.

### 3.2.1.4 Traitement statistique

Un traitement statistique a été réalisé pour les paramètres étudiés sur la période 1987-2001. Cette étude consiste à comparer les données observées aux stations « référence », « rejet » et « canal » afin d'établir s'il existe ou non des différences significatives entre ces points. Avant de choisir et d'effectuer des tests statistiques appropriés, il est essentiel de vérifier la normalité de distribution des données. Cette vérification a été réalisée grâce à la méthode de la droite d'Henry appuyée du test de Kolgomorov-Smirnov. Lorsque la distribution s'avérait normale, le test de Student a été utilisé pour comparer les données. Dans le cas contraire (distribution non normale), la comparaison des données a été réalisée par le test de Wilcoxon. Les tests permettent de déterminer la valeur « p-value ». Si la « p-value » est inférieure à 0,05, il existe alors une différence significative entre les deux séries de données. A l'inverse, si la « p-value » est supérieure à 0,05 il n'y a pas de différence significative.

### 3.2.2 Résultats des mesures de la surveillance hydrologique pour l'année 2001

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de mesure pour l'année 2001 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.2.

(Valeurs moyennes ± écart type)	CANAL D'AMENEE (n=4)	REJET (n=4)	REFERENCE		
			SURFACE (n=2)	-10 M (n=2)	
01 AVRIL	Température (°C)	9,97 ± 0,01	11,32 ± 0,35	9,60 ± 0,03	9,59 ± 0,00
	Salinité	34,3 ± 0,0	34,4 ± 0,0	34,4 ± 0,0	34,4 ± 0,1
	Nitrate (µM)	11,8 ± 0,0	11,9 ± 0,1	12,0 ± 0,0	12,0 ± 0,0
	Nitrite(µM)	0,26 ± 0,02	0,29 ± 0,00	0,27 ± 0,00	0,27 ± 0,00
	Ammonium(µM)	0,22 ± 0,01	0,86 ± 0,07	0,17 ± 0,02	0,17 ± 0,02
	Phosphate (µM)	0,55 ± 0,03	0,51 ± 0,10	0,59 ± 0,02	0,53 ± 0,08
	Silicate (µM)	4,59 ± 0,15	5,14 ± 0,46	4,74 ± 0,04	5,14 ± 0,23
06 JUILLET	Température (°C)	16,19 ± 0,01	18,59 ± 0,34	15,83 ± 0,17	15,64 ± 0,02
	Salinité	34,4 ± 0,0	34,6 ± 0,0	34,4 ± 0,0	34,4 ± 0,0
	Nitrate (µM)	1,7 ± 0,0	2,0 ± 0,1	1,5 ± 0,0	1,7 ± 0,0
	Nitrite(µM)	0,35 ± 0,01	0,36 ± 0,02	0,33 ± 0,00	0,33 ± 0,00
	Ammonium(µM)	0,89 ± 0,09	0,79 ± 0,10	0,63 ± 0,02	0,81 ± 0,01
	Phosphate (µM)	0,20 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,17 ± 0,00	0,19 ± 0,01
	Silicate (µM)	1,85 ± 0,01	1,91 ± 0,03	1,48 ± 0,06	1,49 ± 0,01
09 SEPTEMBRE	Température (°C)	17,70 ± 0,01	18,99 ± 0,66	17,47 ± 0,00	17,48 ± 0,00
	Salinité	35,0 ± 0,0	35,0 ± 0,0	34,9 ± 0,1	34,9 ± 0,1
	Nitrate (µM)	3,4 ± 0,0	3,6 ± 0,0	4,2 ± 0,0	4,2 ± 0,0
	Nitrite(µM)	0,37 ± 0,02	0,39 ± 0,01	0,43 ± 0,00	0,43 ± 0,01
	Ammonium(µM)	0,54 ± 0,03	0,61 ± 0,14	0,90 ± 0,02	0,85 ± 0,00
	Phosphate (µM)	0,33 ± 0,01	0,34 ± 0,01	0,37 ± 0,00	0,37 ± 0,00
	Silicate (µM)	5,95 ± 0,03	6,08 ± 0,11	6,74 ± 0,01	6,68 ± 0,01

Tableau 3.2 :  
Récapitulatif des  
résultats de surveillance  
pour l'année 2001

#### 3.2.2.1 Température

Les variations de température de la colonne d'eau à chacune des stations (en surface) sont présentées sur la figure 3.1 sur la période 1987-2001.

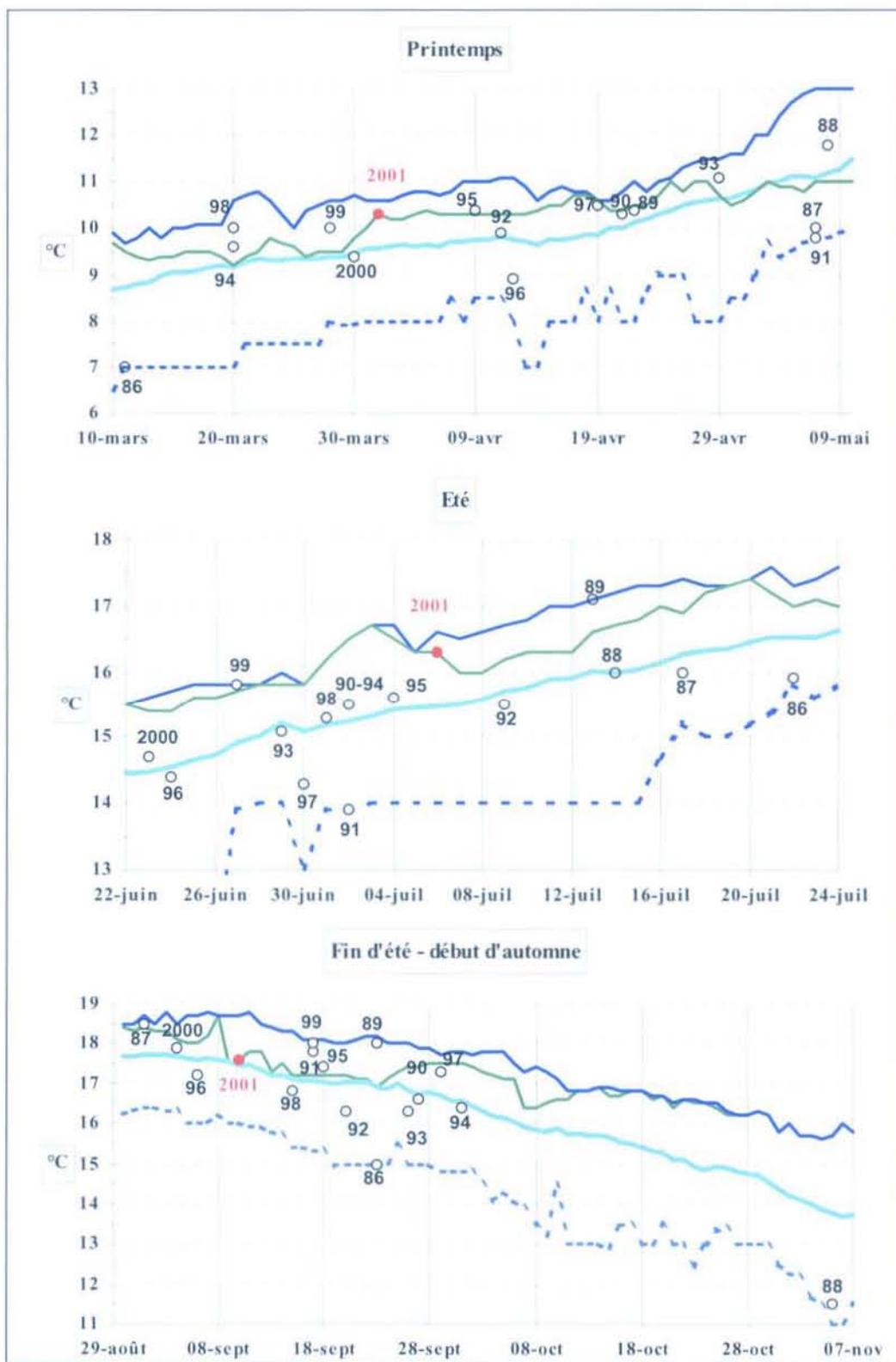


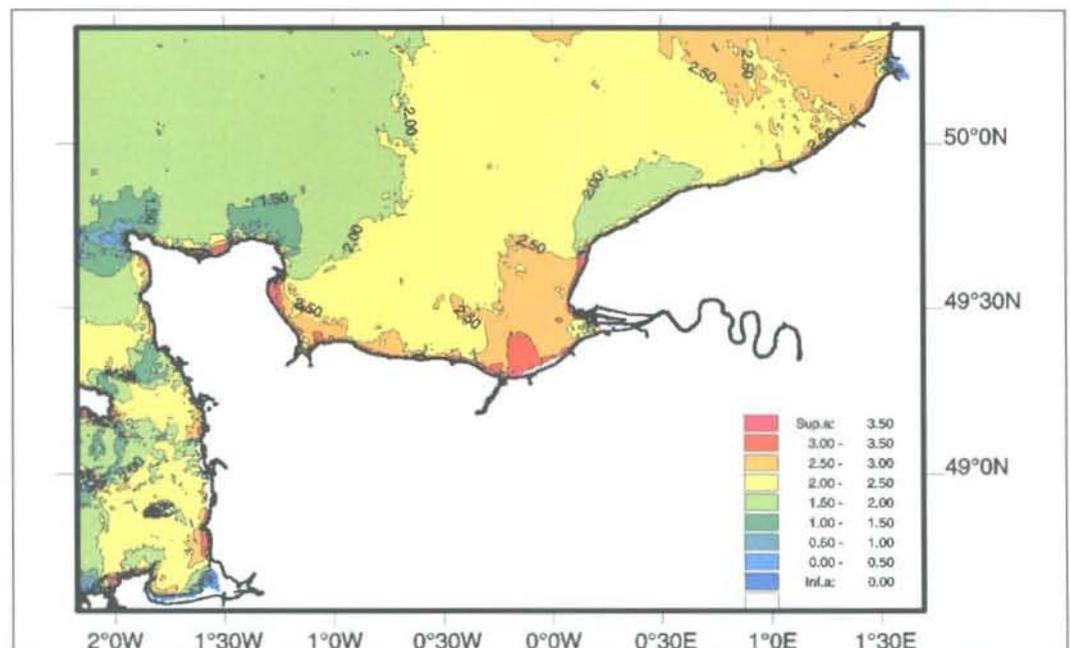
Figure 3.1 :  
Température de  
l'eau de mer  
(données EDF) dans  
le canal d'aménée  
de Flamanville –  
valeurs observées en  
2001 (courbe verte ;  
dont le jour de  
campagne en point  
rouge) comparées à  
la moyenne  
journalière (courbe  
turquoise) et aux  
valeurs mini/maxi  
sur la période 1986-  
2001.

Au cours des campagnes de surveillance 2001, la température de l'eau de mer (données Ifremer, tableau 3.2) a varié de 9,97 à 17,70 °C à la station « canal », de 11,32 à 18,99 °C à la station « rejet » et de 9,59 à 17,48 °C à la station « référence ». Aux différentes stations, la température augmente classiquement d'avril jusqu'en septembre. L'écart thermique entre le printemps et l'automne est relativement réduit ( $\delta T = 7,75$  °C en moyenne).

Ce faible écart thermique est lié au brassage important de la colonne d'eau dans ce secteur où les courants de marée sont violents. Dans les secteurs où l'énergie dissipée par la marée est suffisante pour contrecarrer l'effet de stratification induit par le réchauffement en été, les courants de marée peuvent rendre la colonne d'eau homogène toute l'année.

La figure 3.2 présente une caractérisation du renouvellement de mélange en Manche à travers le paramètre de stratification ' $H/u^3$ ' défini par Simpson et Hunter (1974) où H représente la hauteur de la colonne d'eau et u le module de la vitesse moyenne de courant au cours d'un cycle de marée. Les faibles valeurs du paramètre de stratification ( $< 2,0$ ) indiquent que la colonne d'eau est brassée et les fortes valeurs ( $> 3,0$ ) définissent les zones où la colonne d'eau peut présenter une stratification en été. La figure 3.2 montre que la centrale est située dans une zone où la colonne d'eau est brassée. Ceci réduit alors le réchauffement estival en surface et explique la gamme réduite de variation de température.

Figure 3.2 :  
Evolution spatiale  
du paramètre de  
stratification ( $H/u^3$ )  
en Manche réalisée  
à l'aide d'un modèle  
hydrodynamique 2D  
(Ifremer DEL/AO-  
DEL/PB)



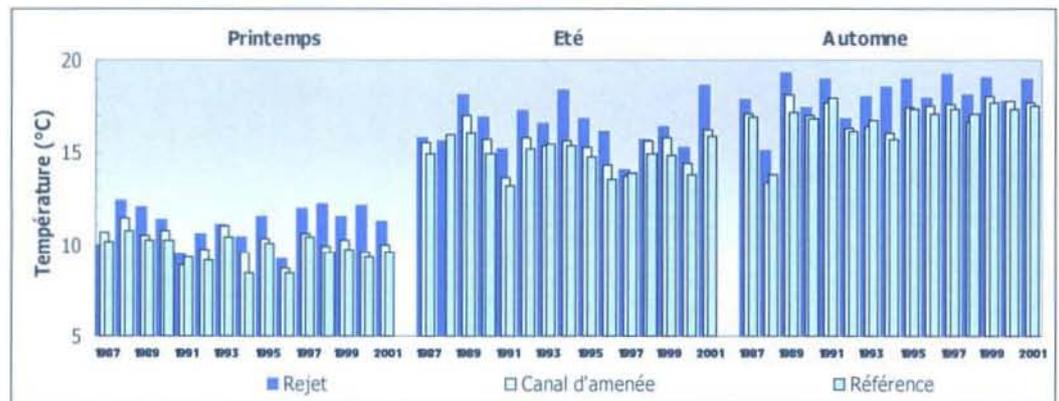
La figure 3.1 montre que les températures de l'eau enregistrées au cours des 3 campagnes réalisées en 2001 s'inscrivent globalement dans la plage de variation des températures mesurées depuis 1986. Ces résultats sont d'ailleurs en accord, pour les stations « canal » et « référence », avec les températures observées dans l'étude d'avant projet réalisée en 1976. Cette

dernière indiquait une variation de 8 à 17 °C au cours du cycle annuel. Ils sont également en accord avec les travaux de Agoumi *et al.* (1983), Taylor et Stephens (1983), Bentley et Maillard-Quisthoudt (1990) et Jones et Jeffs (1991) qui indiquent des variations thermiques similaires dans ce secteur de la Manche.

• **Variations spatiales et taux de dilution**

Aux stations « canal » et « référence » en surface et à mi-profondeur, les températures sont similaires. Au point « rejet », la température est supérieure. En 2001, les différences de température entre les points « rejet » et « canal » ainsi qu’entre les points « rejet » et « référence » ont été en moyenne de 1,76 et 1,92 °C respectivement. La figure 3.3 présente une superposition des variations de température aux trois stations sur les 15 dernières années.

Figure 3.3 :  
Comparaison des températures aux stations « rejet », « canal » et « référence ».



La proportion d’eau échauffée au point « rejet » peut être calculée d’après la formule extraite du rapport Ifremer/DERO/86.07/EL (équation simplifiée adaptée au site de Flamanville) :

$$\pi = \frac{t^{\circ} Rejet - t^{\circ} Canal}{t^{\circ} SC - t^{\circ} Canal}$$

avec

$\pi$  représente la proportion d’eau échauffée.

$t^{\circ} Rejet$ ,  $t^{\circ} Canal$  et  $t^{\circ} SC$  représentent respectivement les températures au point « rejet », au point « canal » et à la sortie du condensateur.

Le dénominateur de l’équation représente la différence de température entre les eaux échauffées par rapport au milieu récepteur. Cette différence n’excède théoriquement pas plus de 15°C (Malherbe et Manoha, 1977).

Les proportions d’eau échauffée, ainsi que les taux de dilution qui en découlent sont répertoriés dans le tableau 3.3.

Date	T° CA	T° SC	T° Rejet	$\pi$	Taux de dilution
	Données EDF	Données EDF	Données Ifremer		1- $\pi$

Tableau 3.3 :  
Echauffement de l’eau de mer calculé au rejet de la centrale



<b>1 Avril</b>	10,3	23,0	11,32	0,080	0,92
		10,3	±0,35		
<b>6 Juillet</b>	16,3	28,6	18,59	0,186	0,81
		28,1	±0,34		
<b>10 Septembre</b>	17,6	29,8	18,99	0,113	0,89
		29,9	±0,66		

Les proportions d'eau échauffée sont de 8 % en avril, 19 % en juillet et 11 % en septembre. Ceci correspond à des taux de dilution de 92 % lors des prélèvements de début de printemps, 81 % en début d'été et 89 % en début d'automne. Les taux de dilution observés au mois d'avril et septembre sont proches de ceux observés depuis 16 ans. Le taux de dilution plus faible observé en été indique que l'échantillonnage a été effectué plus proche du rejet et peut s'expliquer par les conditions de mer plus favorables rencontrées lors de cet échantillonnage.

#### • Approche statistique

Le tableau 3.4 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur la température.

**Tableau 3.4 : « p-value » des tests statistiques sur la température**

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	<b>0,0002</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0000</b>
REFERENCE / REJET	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0001</b>
CANAL / REFERENCE	<b>0,0002</b>	<b>0,0001</b>	0,1728

(*p-value*<0,05=différence significative ; *p-value*>0,05=différence non significative)

L'étude statistique confirme que la température de l'eau de mer à la station « rejet » a toujours été significativement différente (au seuil de 5%) de celles des stations « canal » et « référence » entre 1987 et 2001. Ce résultat montre que les prélèvements sur le point rejet sont réalisés au plus près des tuyères d'une des deux tranches en fonctionnement.

L'étude statistique montre aussi que les températures du canal d'aménée sont significativement différentes de celles du point « référence » aux deux premières périodes d'observation, à savoir lors des campagnes de fin d'hiver et de début d'été. L'écart thermique est alors de 0,5°C en moyenne.

Lors du réchauffement de la colonne d'eau, de début février à mi août, il s'établit ainsi un gradient thermique côte large.

En fin d'été, la température de l'eau est la plus élevée ; le réchauffement de l'air, et donc son impact sur la frange côtière, est moindre. Il s'ensuit une forte atténuation de ce gradient.

Par ailleurs, les travaux de Malherbe et Manoha (1977) ont montré que, dans certaines situations, il pouvait se produire une re-circulation partielle des eaux du rejet vers le canal d'aménée. Ce phénomène pourrait ainsi conduire à une élévation de la température d'environ 1°C devant la centrale.

Les conditions thermiques expérimentales étant posées, les paramètres physico-chimiques mesurés depuis 1987 vont également être testés afin de vérifier que les conditions de milieu permettant le développement biologique ultérieur (phytoplancton, zooplancton) ne sont pas affectées.

### 3.2.2.2 Salinité

La figure 3.4 présente les variations de salinité depuis 1987 aux différentes stations « canal », « rejet » et « référence ».

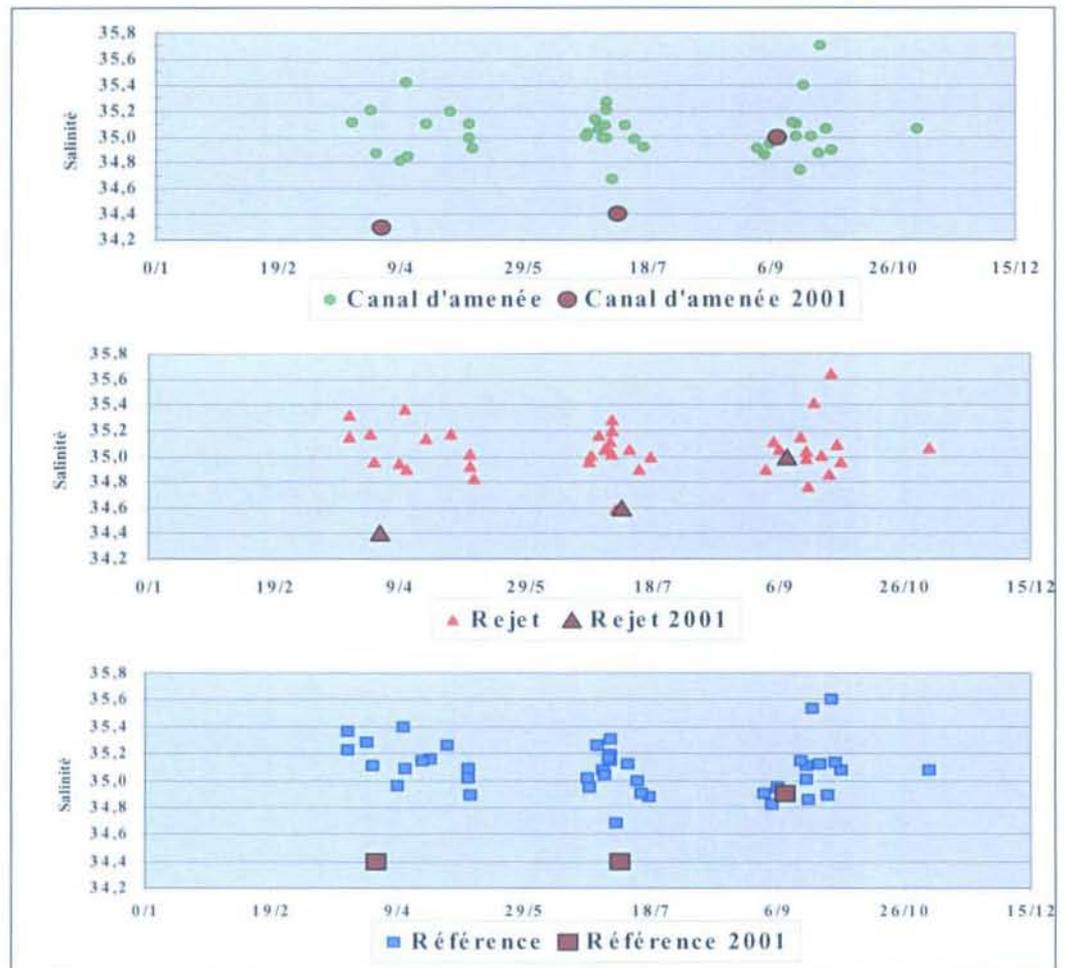


Fig. 3.4 : Salinité (surface) sur la période 1987-2001

Les salinités mesurées en 2001 aux différentes stations sont comprises entre 34,3 et 35,0 au « canal », entre 34,4 et 35,0 au « rejet » et entre 34,4 et 34,9 au point « référence ». En fin d'hiver et en début d'été, elles sont les plus faibles observées sur ce site depuis le début des observations réalisées dans le cadre des études de surveillance. Ceci s'explique à la fois par les fortes

précipitations du mois de mars 2001, les plus fortes enregistrées depuis 1949 (cf. figure 2.1, page 19), et par le cumul des précipitations d'octobre 2000 à mars 2001 (cf. figure 2.2, page 19).

L'influence de la pluviométrie sur la salinité dans ce secteur reste toutefois relativement limitée. En fin d'été, la salinité est dans la gamme de variation des campagnes précédentes. Elle est alors du même ordre de grandeur que celle habituellement relevée en Manche Occidentale (Armstrong *et al.*, 1972) et reflète l'influence plus marquée des eaux Atlantiques transitant vers la mer du Nord (Pingree et Maddock, 1977 ; Salomon *et al.*, 1993).

### • Variations spatiales

Lors de chaque campagne, les salinités observées en surface sont similaires aux trois stations. En outre, lors de ces campagnes, les salinités en surface et à mi-profondeur sont identiques à la station « référence ». Ces résultats sont liés au caractère homogène de la masse d'eau en raison des forts courants de marée dans ce secteur de la Manche. La figure 3.5 présente une superposition des variations de salinité aux différentes stations sur la période 1987-2001. Elle montre bien que les salinités sont similaires aux différentes stations.

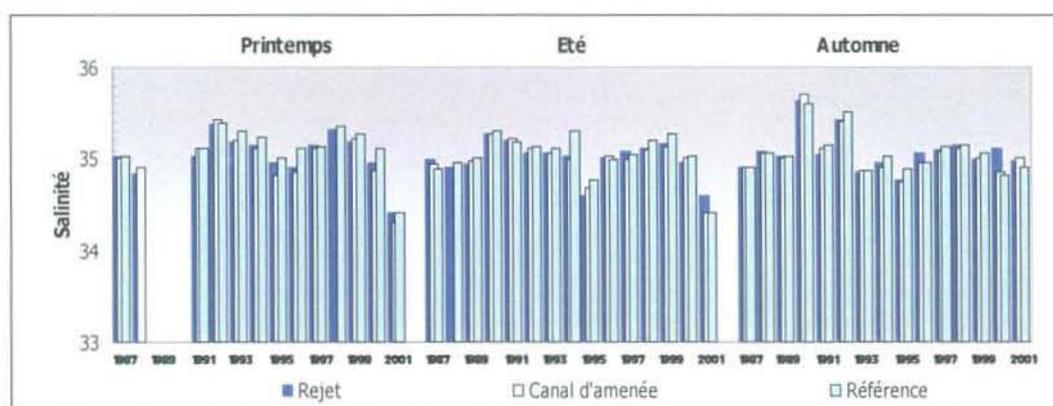


Figure 3.5 :  
Comparaison des  
salinités aux stations  
« rejet », « canal » et  
« référence ».

### • Approche statistique

Le tableau 3.5 présente les résultats des tests statistiques réalisés sur les salinités observées depuis 1987.

Les tests indiquent qu'il n'existe généralement pas de différence significative entre les stations. Seules les salinités aux points « canal » et « référence » et aux points « rejet » et « référence » se sont avérées significativement différentes lors des campagnes de début de printemps. Les stations « canal » et « rejet », proches de la côte, sont caractérisées par des salinités toujours inférieures ou égales à la station « référence » située au large. Cette différence pourrait s'expliquer par la présence d'un gradient côte-large lié aux apports d'eau douce d'origine continentale. Ce gradient

n'est visible qu'en début de printemps en raison des fortes précipitations durant cette saison.

**Tableau 3.5 : « p-value » des tests statistiques sur la salinité.**

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL/ REJET	0,4322	0,8752	0,4421
REFERENCE / REJET	<b>0,0044</b>	0,2140	0,1806
CANAL / REFERENCE	<b>0,0076</b>	0,0592	0,6694

(*p-value*<0,05=différence significative ; *p-value*>0,05=différence non significative)

Notons que la centrale elle-même représente une source d'eau douce via ses effluents d'eau minéralisée des circuits primaires, des circuits secondaires ainsi que des circuits annexes pour le refroidissement des auxiliaires de l'îlot nucléaire. Conformément aux autorisations de pompage, ces eaux douces sont pompées dans les cours d'eau locaux : la Diélette, le petit et le grand Douet. Les rejets de ces eaux douces, effectués au niveau du canal d'amenée, ne représentent qu'un volume d'environ 100 000 m<sup>3</sup> par an et par tranche, information mentionnée dans le rapport annuel de surveillance de l'environnement produit par EDF. Le volume annuel d'eau de mer utilisé pour le circuit refroidissement de la Centrale est d'environ 3 milliards de m<sup>3</sup>. Le facteur de dilution de ces effluents d'eau douce est donc très important. Il est d'environ 15 10<sup>3</sup>.

### 3.2.2.3 Ammonium

Les variations de concentration en ammonium aux différentes stations depuis 1987 sont présentées sur la figure 3.6. Les teneurs en ammonium sont faibles (<1µM) tout au long de l'année ; elles ont varié au cours des campagnes 2001 de 0,22 à 0,89 µM au point « canal », de 0,61 à 0,86 µM au point « rejet » et de 0,17 à 0,90 µM au point « référence ».

En 2001, les variations des teneurs sont similaires aux différentes stations. Les teneurs sont minimales au printemps, caractérisant une situation quasi hivernale (absence d'activité biologique). En été, les concentrations deviennent maximales. L'accumulation de l'ammonium n'est pas associée à un maximum de chlorophylle *a*, indiquant vraisemblablement la présence de processus de régénération ou d'excrétion zooplanctonique. En automne, les teneurs en ammonium sont moyennes. Au vue des teneurs en chlorophylle *a*, les niveaux de concentrations en ammonium pourraient résulter de processus d'assimilation.

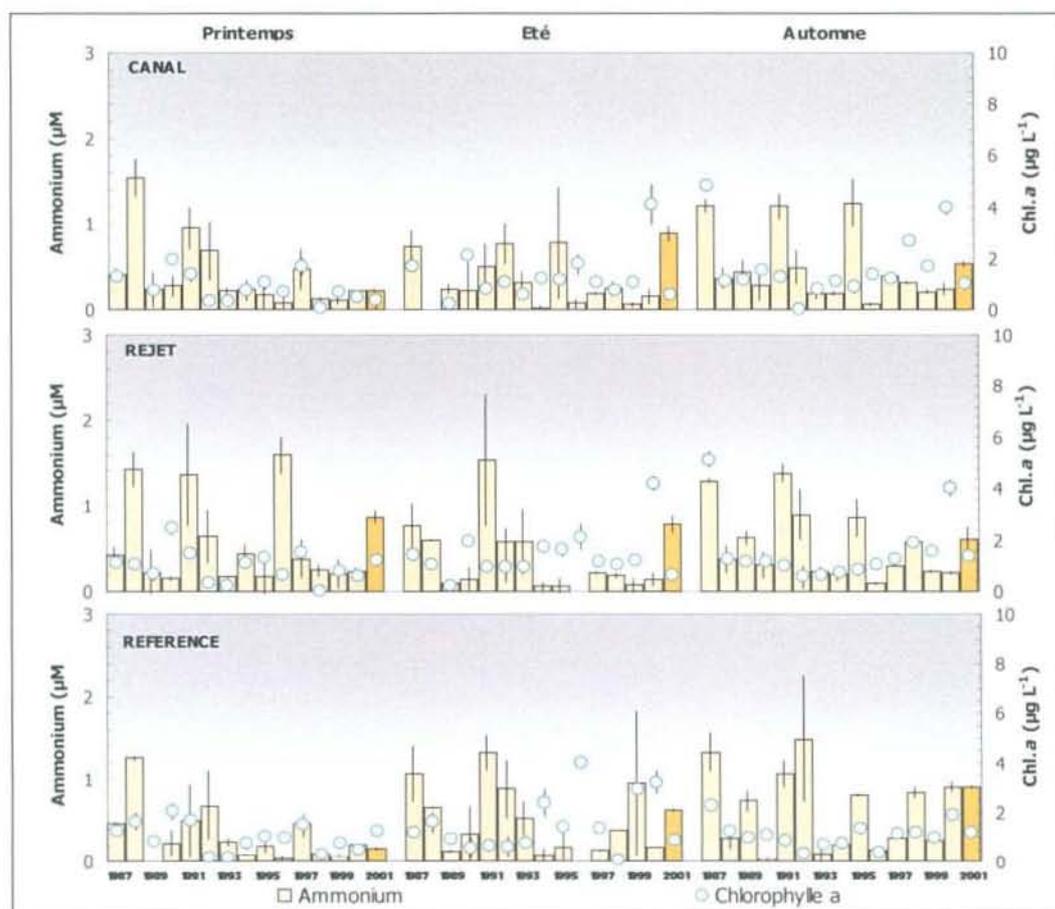


Figure 3.6 :  
Ammonium et  
chlorophylle a (en  
surface) sur la  
période 1987-2001

### • Variations spatiales

Des variations spatiales existent entre les trois stations (figure 3.7).

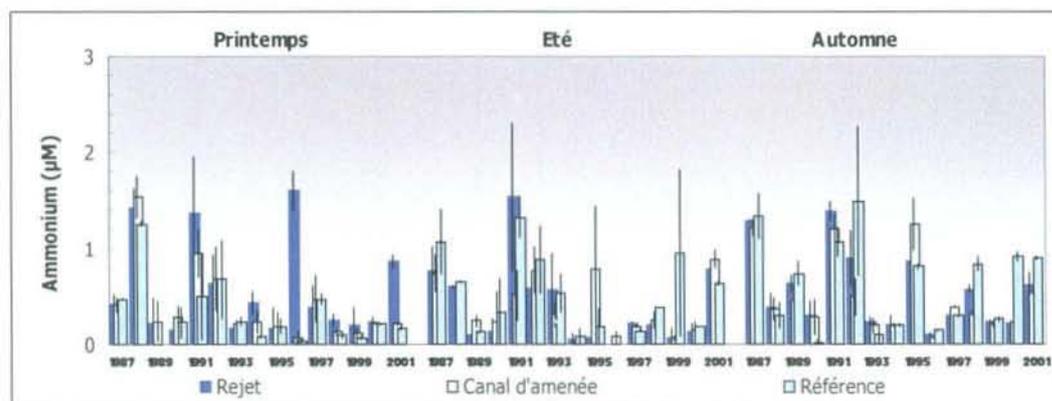


Figure 3.7 :  
Comparaison des  
teneurs en ammonium  
aux stations « rejet »,  
« canal » et  
« référence »

Au printemps, la teneur au rejet est environ 4 fois supérieure à celle observée aux autres « stations »; en automne, la concentration au point « référence » est 1,5 fois supérieure à celle des points « canal » et « rejet ». Toutefois, les teneurs ne dépassent jamais 1  $\mu\text{M}$  et aucune tendance claire ne

peut être établie pour expliquer ces variations en raison du faible nombre de données. Enfin à la station « référence », les différences de concentrations en surface et à mi-profondeur sont faibles.

- **Approche statistique**

Les tests relatifs à l'étude statistique des teneurs en ammonium depuis 1987 à Flamanville sont présentés dans le tableau 3.6.

Tableau 3.6 : « p-value » des tests statistiques sur l'ammonium.

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	0,3786	0,4631	0,0649
REFERENCE / REJET	0,0554	0,1395	0,3633
CANAL / REFERENCE	<b>0,0213</b>	0,2454	0,4953

(*p-value*<0,05=différence significative ; *p-value*>0,05=différence non significative)

Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois stations pour ce sel nutritif, excepté en début de printemps entre le « canal » et la « référence ».

La centrale peut représenter une source potentielle d'ammonium via des rejets d'ammoniaque. Le conditionnement du circuit secondaire nécessite en effet l'utilisation de ce produit chimique. Les vidanges de ce circuit occasionnent des rejets d'environ 10 tonnes par an (*cf.* Rapport annuel de surveillance de l'environnement ; EDF). L'absence de différence significative des teneurs en ammonium entre les stations indique que ces rejets, certes ponctuels, ne sont pas détectables.

Bien que le nombre de campagnes dont nous disposons soit peu adapté à l'étude des cycles annuels, les teneurs observées en ammonium présentent des variations saisonnières classiques.

#### 3.2.2.4 Nitrate et nitrite

Les variations des concentrations en nitrate et nitrite sur la période 1987-2001 sont respectivement présentées sur les figures 3.8 et 3.9. Les teneurs en nitrate mesurées au cours des campagnes de surveillance 2001 ont été comprises entre 1,7 et 11,8  $\mu\text{M}$  au « canal », entre 2,0 et 11,9  $\mu\text{M}$  au « rejet » et 1,5 et 12,0  $\mu\text{M}$  à la « référence ». Les concentrations en nitrite ont varié de 0,26 à 0,35  $\mu\text{M}$  au « canal », de 0,29 et 0,39  $\mu\text{M}$  au « rejet » et 0,27 et 0,43  $\mu\text{M}$  à la « référence ».

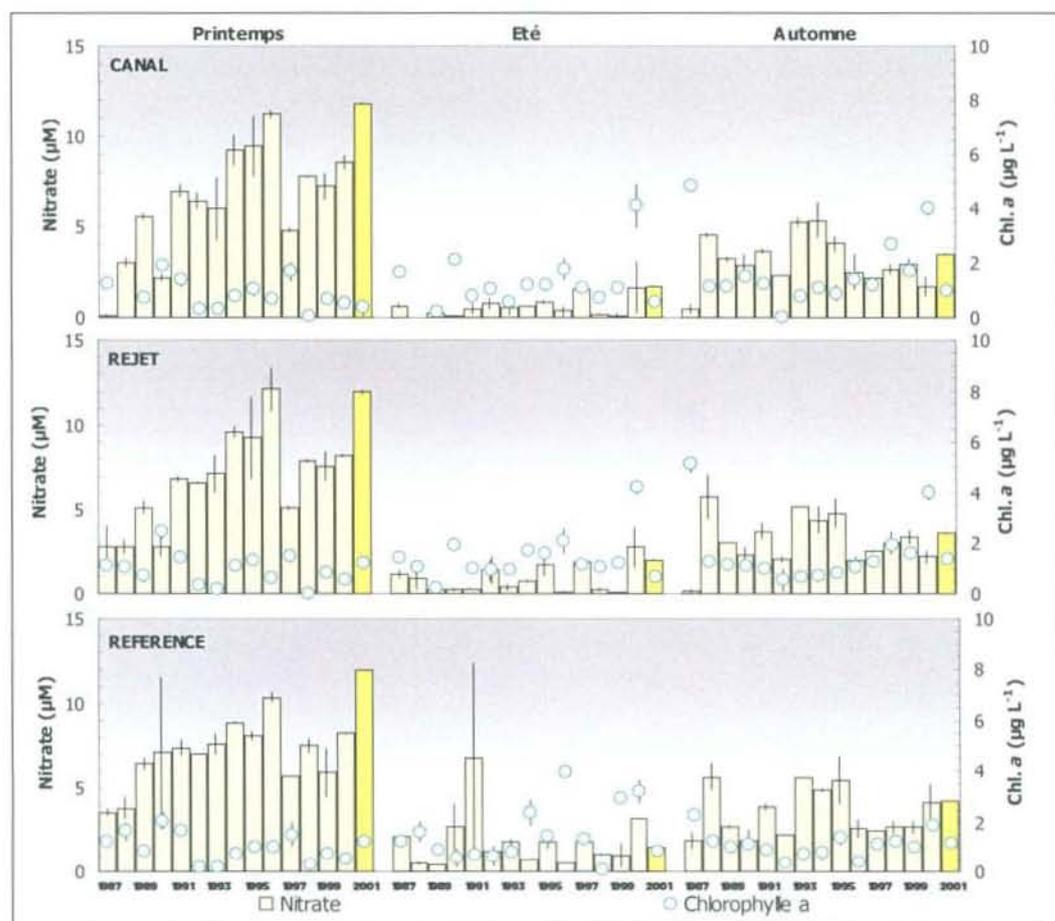


Figure 3.8 : Nitrate et chlorophylle a (surface) sur la période 1987-2001.

Pour le nitrate, en hiver ou au début du printemps, les eaux de la Manche sont en général sous influence des eaux Atlantique et caractérisées par des teneurs de l'ordre de 5 à 6  $\mu\text{M}$  pour des salinités comprises entre 35,25 et 35,30 (Laane, 1992). Les concentrations mesurées lors de la campagne d'avril 2001 apparaissent donc comme élevées. Ce sont les plus fortes teneurs mesurées depuis 1987. Cependant, elles coïncident avec la plus faible salinité (34,3) mesurée sur la même période, traduisant ainsi l'influence des apports telluriques. Les travaux de modélisation sur le littoral de la Manche Occidentale montrent qu'une telle influence peut engendrer une augmentation en nitrate de plusieurs  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (Riou, 1990). Notons qu'une situation similaire à celle de cette année a déjà été observée en 1988 au large de la presqu'île du Cotentin par Bentley et Maillard-Quisthoudt (1990). L'été est caractérisé par une forte chute des teneurs en nitrate, mais les concentrations restent nettement supérieures à 1  $\mu\text{M}$ . Ces teneurs sont du même ordre que celles reportées au large du littoral français en été par Tappin *et al.* (1993). La diminution rapide des nitrates est vraisemblablement causée par le développement printanier du phytoplancton. En automne, les teneurs augmentent probablement sous l'effet des processus de nitrification plus intenses durant cette saison.

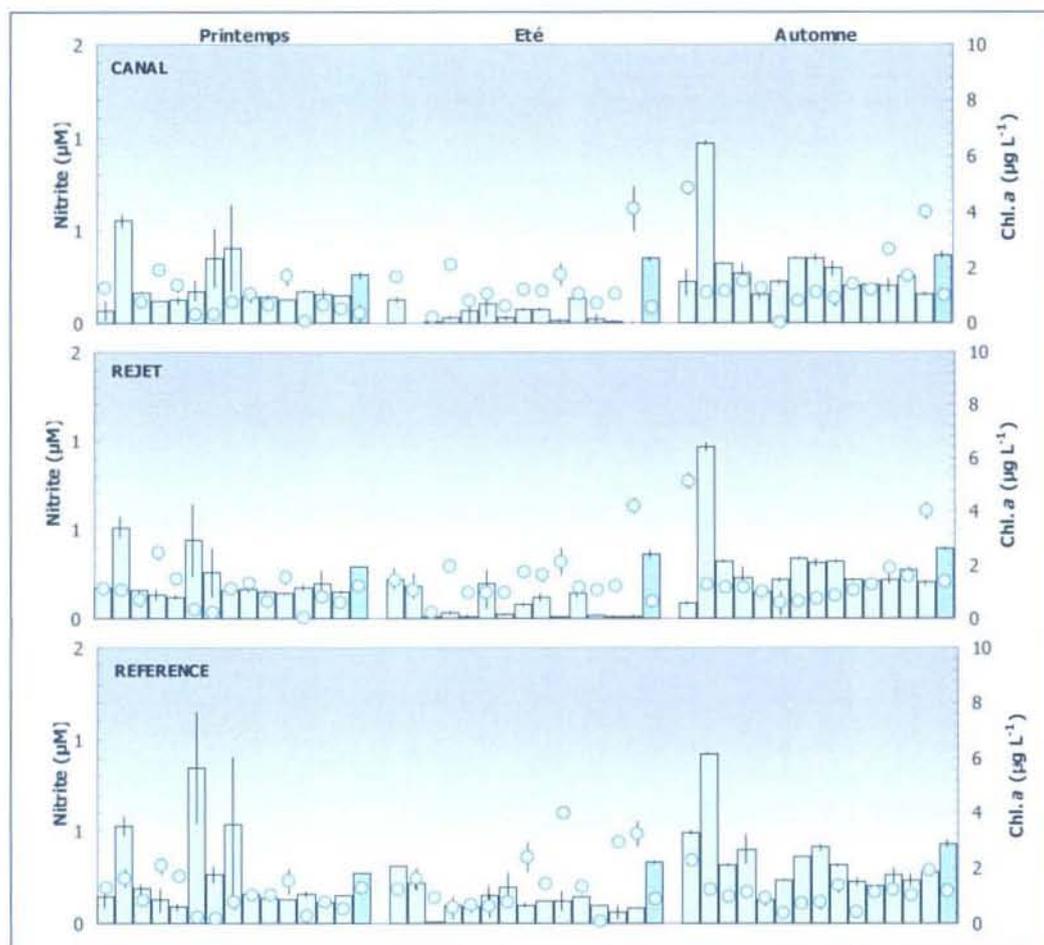


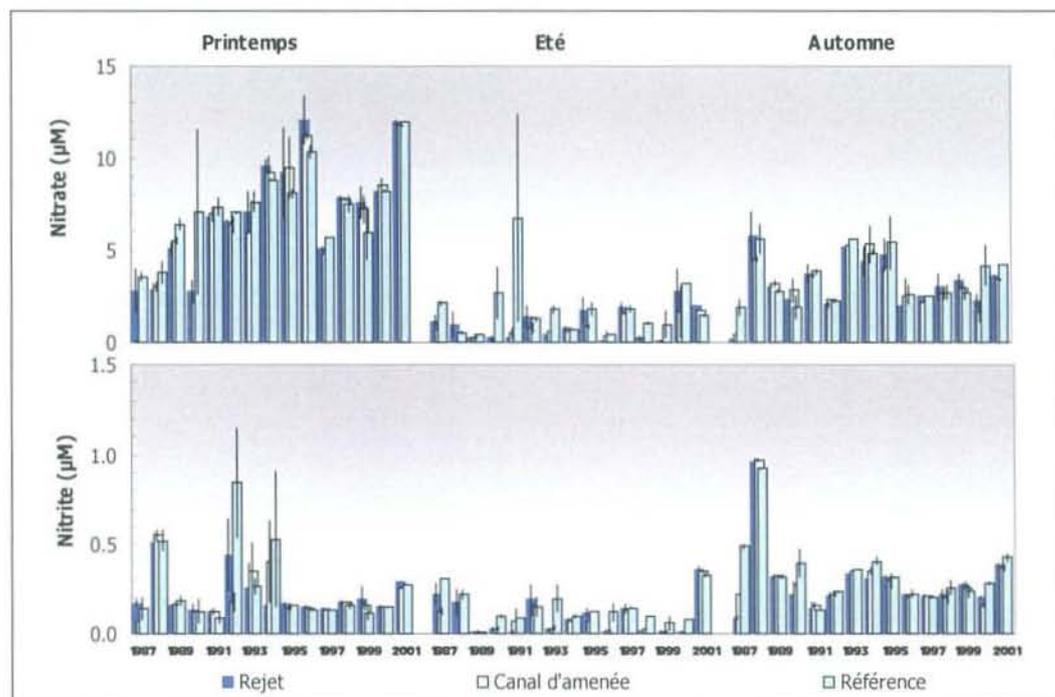
Figure 3.9 : Nitrite [histogramme] et chlorophylle a (surface) [point] sur la période 1987-2001.

Dans le cas du nitrite, les teneurs en avril sont relativement élevées comparées à celles observées depuis 1987. Cependant, elles restent dans la gamme de concentrations (0-0,6  $\mu\text{M}$ ) couramment observées en Manche pour des salinités comprises entre 34,7 et 35,2 (Laane, 1992). Au cours de l'année, la teneur en nitrite a tendance à augmenter. L'accumulation du nitrite en automne coïncide avec une sensible diminution de l'ammonium et une augmentation du nitrate, traduisant les différentes étapes et la position intermédiaire du nitrite dans les processus de nitrification.

#### • Variations spatiales

Pour les deux nutriments, les teneurs ne présentent pas de différences entre les stations. A la station « référence », les teneurs sont également similaires en surface et à mi-profondeur. Comme pour la température et la salinité, ces résultats reflètent l'homogénéité de la masse d'eau liée aux courants de marée. Une comparaison des concentrations en nitrate et en nitrite aux différentes stations est présentée sur la figure 3.10.

Figure 3.10 :  
Comparaison des  
teneurs en nitrate  
et nitrite aux  
points « rejet »,  
« canal » et  
« référence »



### • Approche statistique

Le tableau 3.7 présente les résultats des tests statistiques réalisés pour le nitrate et le nitrite entre 1987 et 2001.

		COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
NITRATE	CANAL / REJET		0,0926	<b>0,0496</b>	0,6117
	REFERENCE / REJET		0,5001	<b>0,0479</b>	0,1554
	CANAL / REFERENCE		0,1755	<b>0,0012</b>	0,1640
NITRITE	CANAL / REJET		0,5506	0,1759	0,8422
	REFERENCE / REJET		0,9095	<b>0,0070</b>	<b>0,0468</b>
	CANAL / REFERENCE		0,6903	<b>0,0006</b>	0,0534

(*p-value* < 0,05 = différence significative ; *p-value* > 0,05 = différence non significative)

Tableau 3.7 : « p-value »  
des tests statistiques sur  
les nitrate et nitrite.

L'ensemble des résultats statistiques issus des comparaisons des données en nitrate et en nitrite depuis 1987 indique qu'il n'y a globalement pas de différence significative entre les trois stations sauf en été.

Remarquons toutefois qu'en ce qui concerne le nitrate, les résultats des tests sont très proches de la valeur seuil (0,05) pour les comparaisons

« référence/rejet » et « canal/rejet ». Ils ne permettent donc pas de conclure à une différence hautement significative.

Pour le nitrite, au contraire, la différence est significative pour les comparaisons « référence/rejet » et « canal/référence ». Comme l'indiquent les « *p-values* » obtenues, c'est bien la différence « canal/référence » qui est la plus marquée, et qui doit expliquer celle constatée entre le « rejet » et la « référence ». Nous constatons donc une différence entre les eaux côtières (« canal ») et celles du large (« référence »), mais sans que nous puissions clairement l'expliquer. Nous pouvons tout de même conclure qu'il n'y a pas de différence de concentration entre les eaux du « canal » et celles du point « rejet », excluant ainsi un impact mesurable sur ce paramètre.

Les variations de teneurs en nitrate et en nitrite sont donc, en 2001, caractéristiques d'un cycle saisonnier classique.

#### 3.2.2.5 Phosphate et silicate

Les variations de concentrations en phosphate et silicate sur la période 1987-2001 sont présentées respectivement sur les figures 3.11 et 3.12.

Les teneurs en phosphate mesurées au cours du programme de surveillance 2001 sont comprises entre 0,20 et 0,55  $\mu\text{M}$  au point « canal », entre 0,22 et 0,51  $\mu\text{M}$  au point « rejet » et 0,17 et 0,59  $\mu\text{M}$  au point « référence ». Les concentrations en silicate ont varié de 1,85 à 5,95  $\mu\text{M}$  au « canal », de 1,91 à 6,08  $\mu\text{M}$  au « rejet » et de 1,48 à 6,74  $\mu\text{M}$  au point « référence ».

Les teneurs en phosphate et en silicate présentent des variations saisonnières comparables à celles du nitrate. Au début du printemps, les concentrations sont élevées sous l'influence des apports telluriques en provenance des bassins versants. Elles sont donc supérieures aux teneurs relevées au large en Manche occidentale. Ces dernières sont en effet habituellement comprises entre 0,4 et 0,5  $\mu\text{M}$  pour le phosphate et entre 3 et 4  $\mu\text{M}$  pour le silicate pour des salinités variant de 35,25 à 35,30 (Laane, 1992).

En été, les teneurs diminuent fortement en raison du développement du phytoplancton. La diminution marquée des concentrations en silicate est attribuable à une utilisation rapide de la silice par les diatomées, espèce phytoplanctonique dominante dans ce secteur tout au long de l'année.

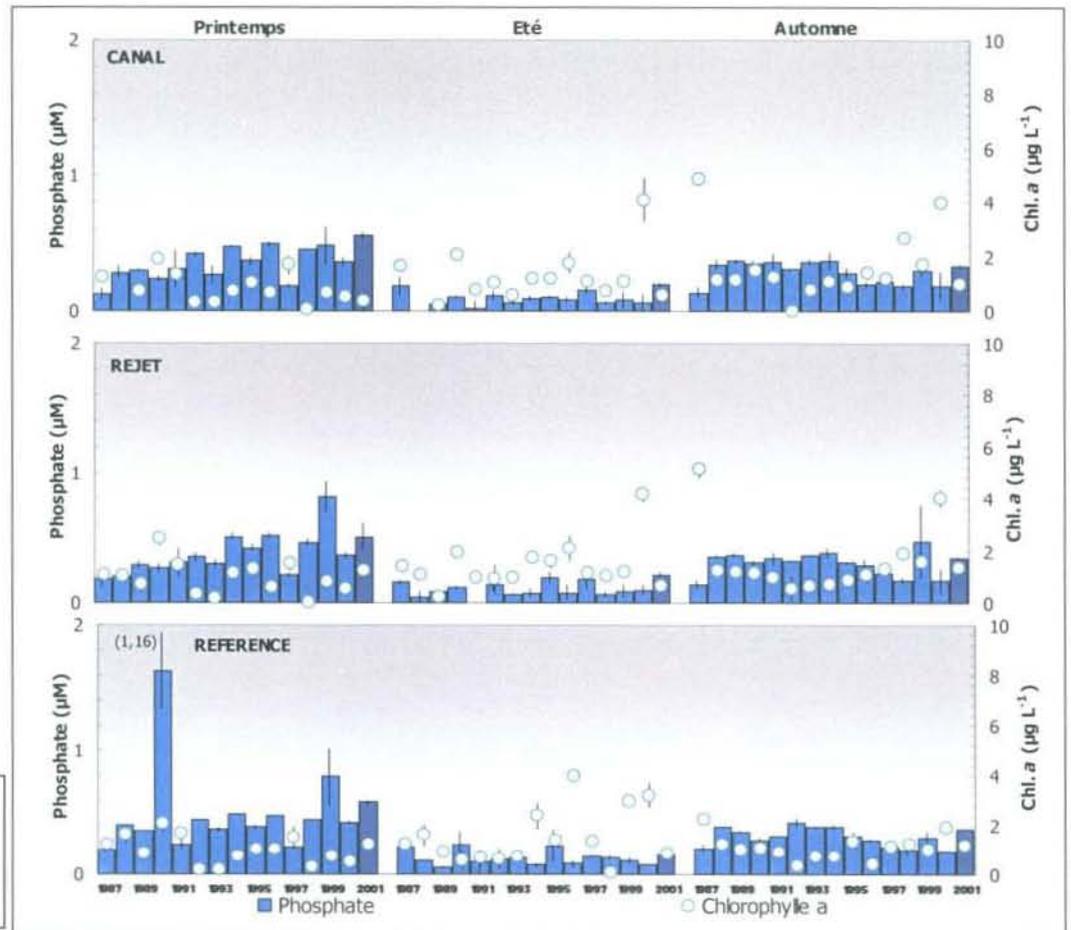


Figure 3.11 : Phosphate et chlorophylle a (surface) sur la période 1987-2001

En automne, les teneurs augmentent. Cette accumulation dans la colonne d'eau doit correspondre à des processus de régénération de la silice biogénique.

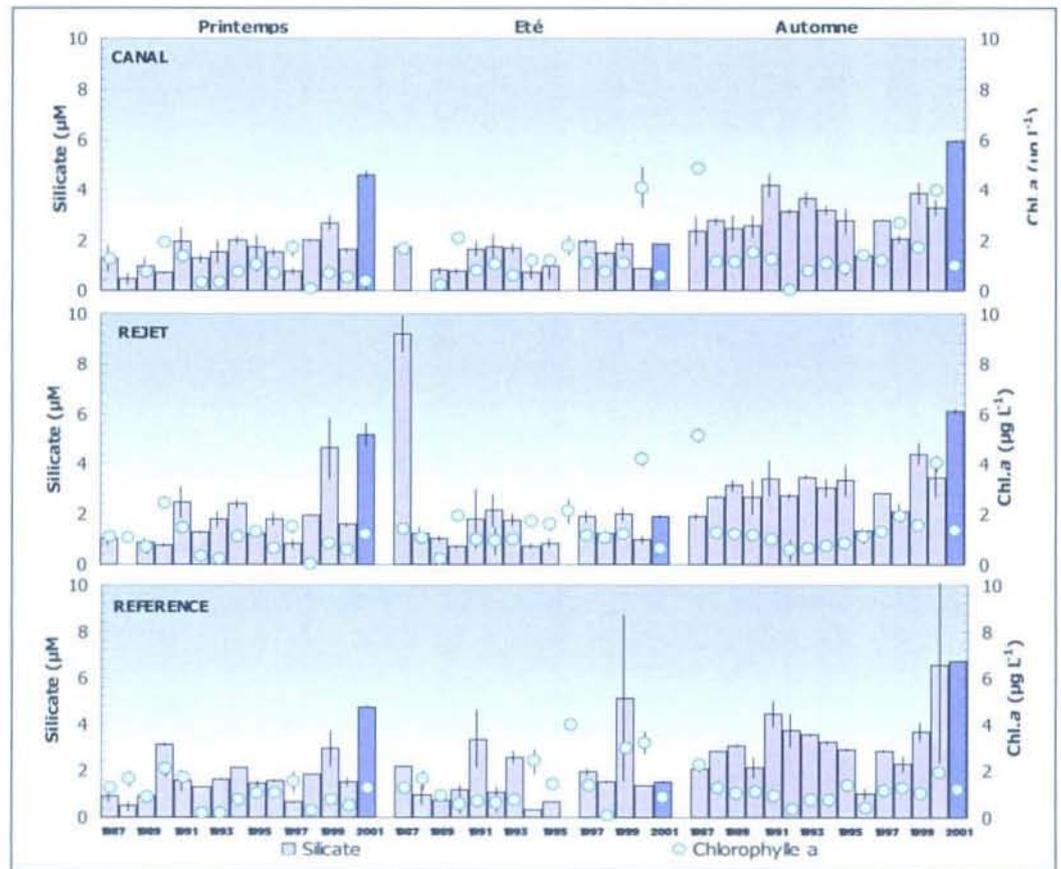


Figure 3.12 : Silicate et chlorophylle a (surface) sur la période 1987-2001

• Variations spatiales

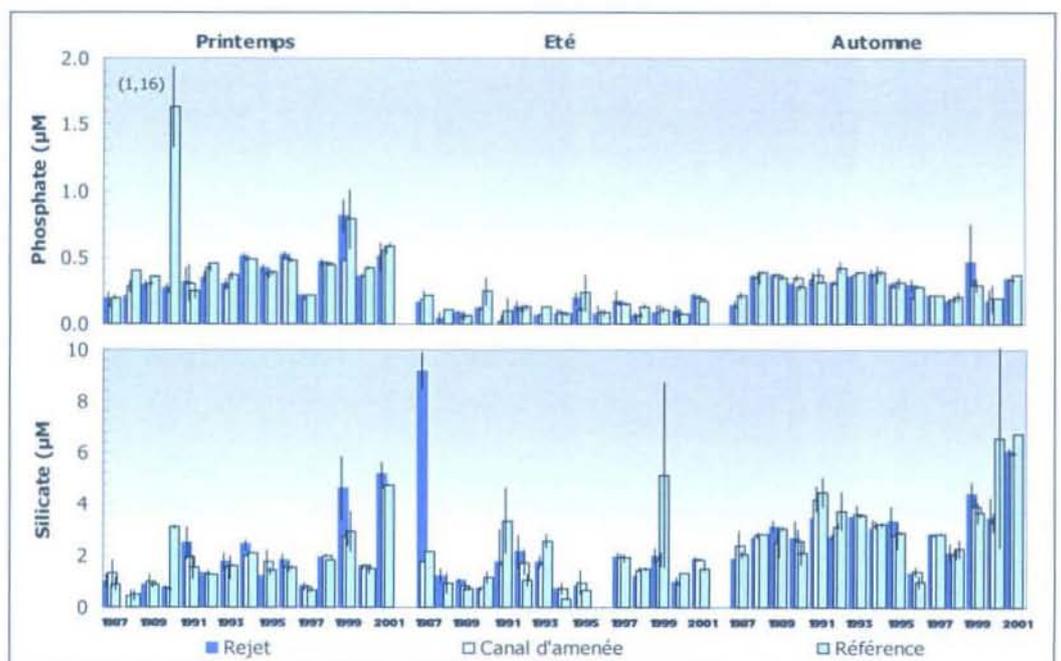


Figure 3.13 : Comparaison des teneurs en phosphate au point « rejet », « canal » et « référence »

Les teneurs des deux sels présentent très peu de différences entre les stations. Au point « référence », les teneurs sont similaires en surface et à mi-profondeur. Ces résultats sont liés au caractère homogène de la colonne d'eau dans ce secteur de la Manche. La comparaison des teneurs en phosphate et silicate aux stations « canal », « rejet » et « référence » est présentée sur la figure 3.13.

#### • Approche statistique

Les résultats des tests statistiques réalisés sur les teneurs en phosphate et en silicate aux différentes stations sont présentés dans le tableau 3.8. Cette étude révèle qu'il n'existe généralement pas de différence significative de teneurs sur la période 1987-2001 entre les stations.

	COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
PHOSPHATE	CANAL / REJET	0,3098	0,0890	0,2987
	REFERENCE / REJET	0,1050	<b>0,0147</b>	0,7138
	CANAL / REFERENCE	<b>0,0069</b>	0,0580	0,1362
SILICATE	CANAL / REJET	0,1531	0,2166	1,0000
	REFERENCE / REJET	0,5939	1,0000	0,3338
	CANAL / REFERENCE	0,5509	0,3626	0,2932

Tableau 3.8 : « p-value » des tests statistiques les phosphate et silicate.

( $p\text{-value} < 0,05$  = différence significative ;  $p\text{-value} > 0,05$  = différence non significative)

Seules les teneurs en phosphate s'avèrent significativement différentes au début du printemps aux points « canal » et « référence », puis en début d'été aux points « rejet » et « référence ». Ce résultat s'explique par des salinités significativement différentes à ces stations à ces deux périodes.

La centrale peut représenter une source d'apport de phosphate. Les circuits pour le refroidissement de l'îlot nucléaire sont alimentés en eau déminéralisée conditionnée au phosphate trisodique ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ). Les purges des circuits auxiliaires occasionnent des rejets qui atteignent environ une tonne par an (cf. Rapport annuel de surveillance de l'environnement ; EDF). Les résultats des tests statistiques montrent que ces vidanges, certes ponctuelles, ne sont pas perceptibles. La stratégie d'étude peut de ce fait ne pas les détecter. Les teneurs en phosphate et en silicate semblent toutefois présenter des variations saisonnières classiques.

### 3.2.3 Conclusion

Les résultats du programme de surveillance 2001 du site de Flamanville indiquent que les caractéristiques hydrologiques de la colonne d'eau sont atypiques sur deux points en raison des conditions climatiques exceptionnelles.

Premièrement, en raison de fortes précipitations, les plus faibles salinités depuis 1987 ont été observées au printemps. Il en résulte des teneurs en sels nutritifs relativement élevées par rapport aux données acquises les années

précédentes dans le cadre du programme IGA, mais également par rapport aux concentrations habituellement observées dans ce secteur de la Manche.

Deuxièmement, l'important réchauffement estival de la colonne d'eau a conduit aux plus fortes températures enregistrées depuis 1987. Malgré ces conditions climatiques exceptionnelles, les paramètres hydrologiques mesurés lors des campagnes 2001 semblent avoir suivi un cycle saisonnier classique : consommation par le phytoplancton des sels nutritifs entre le printemps et l'été suite à l'augmentation de la température de l'eau et de l'insolation, suivi de processus de régénération durant l'automne. Il faut également souligner la distribution uniforme de la salinité et des concentrations en sels nutritifs entre les stations lors de chaque campagne. Cette distribution est liée au brassage important de la colonne d'eau dans ce secteur en raison de l'intensité des courants de marée.

Un récapitulatif des paramètres présentant des différences significatives identifiées à partir de l'étude statistique réalisée sur les données acquises depuis 1987 est présenté dans le tableau 3.9.

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	Température	Température Nitrate	Température
REFERENCE / REJET	Température Salinité	Température --- Nitrate Nitrite	Température
CANAL / REFERENCE	Température Salinité --- Ammonium Phosphate	Température Nitrate Nitrite ----- Phosphate	--- --- Nitrite

Tableau 3.9 : Récapitulatif des paramètres présentant des différences significatives entre les stations.

Cette étude montre que la température présente des valeurs significativement plus élevées au point rejet. Ce fait tient à la recherche systématique lors des campagnes du «point chaud», afin d'obtenir l'impact maximum au niveau du point de rejet. Malgré cette démarche, les mesures indiquent que l'impact thermique est relativement réduit. Les résultats du modèle confirment également que l'impact thermique reste très localisé autour de la centrale.

Les autres paramètres (salinité, sels nutritifs) ne présentent généralement pas de différences significatives entre les stations. Les données de surveillance n'ont pas permis de déceler d'anomalie dans le cycle saisonnier de ces paramètres hydrologiques. Les conditions de base, température, disponibilité en sels nutritifs au niveau du milieu marin, ne sont donc pas modifiées de manière sensible au niveau de la centrale.

### 3.3 PHYTOPLANCTON

En 2001, les paramètres tels que la chlorophylle *a*, la production primaire et le microphytoplancton ont été mesurés pour estimer toute modification du milieu liée aux rejets de la centrale.

A chaque point de prélèvement, des répliqués (n=4) ont été réalisés. Les mesures qui en découlent sont présentées dans le tableau 3.10 sous forme de moyennes. Les figures 3.14, 3.15 et 3.16 illustrent les résultats obtenus. Ces figures permettent par ailleurs de situer les données obtenues aux 3 points en 2001 par rapport aux années antérieures.

Dans cette étude l'évolution des paramètres phytoplanctoniques est observée en fonction de la température qui est le traceur de la dilution du rejet.

En 2001, les échauffements de la masse d'eau ne sont pas significatifs au vue des forts taux de dilution qui sont compris entre 81 % et 92 %. Dans ce cas les calculs de déficit en biomasse microalgale au point rejet par rapport au canal d'amenée correspondent à :

$$\frac{(V_a - V_r) \times 100}{V_a}$$

avec

- $V_a$  : valeur observée au canal d'amenée
- $V_r$  : valeur observée au canal rejet

En utilisant les valeurs mesurées en 2001 dans la formule ci-dessus des différences de biomasses algales sont observées au point rejet. Les résultats sont présentés dans le tableau 3.11.

Sur l'ensemble de l'année, cinq « déficits » sont mis en évidence :

- trois pour la chlorophylle *a*,
- un pour la production primaire,
- un pour le microphytoplancton.

Ces différences, positives ou négatives, s'équilibrent en nombre et trouvent leur origine dans la variabilité naturelle des paramètres mesurés au sein des différentes masses d'eau.

#### 3.3.1 Biomasse chlorophyllienne (fig. 3.14)

Au cours de l'année 2001, les valeurs de chlorophylle *a* s'échelonnent entre  $0,35 \pm 0,29 \mu\text{g L}^{-1}$  au point canal en avril et  $1,36 \pm 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$  au point rejet en juillet. Ces valeurs mettent en évidence la très faible biomasse de la zone d'étude lors des trois campagnes 2001.

<i>(Valeurs moyennes ± écart type)</i>		CANAL D'AMENEE (n=4)	REJET (n=4)	REFERENCE SURFACE (n=2)	REFERENCE -10 M (n=2)
01 AVRIL	<i>Chlorophylle a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,35 ± 0,29	0,94 ± 0,50	1,23 ± 0,05	0,75 ± 0,32
	<i>Phaéopigments</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	1,56 ± 0,55	0,76 ± 1,01	0,45 ± 0,29	0,11 ± 0,12
	<i>Prod. Primaire</i> ( $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ )	1,29 ± 0,55	1,77 ± 0,84	1,80 ± 1,14	1,05 ± 0,70
	$\mu$ phytoplancton ( <i>nbre L<sup>-1</sup></i> )	11 100	9 600	17 700	14 900
06 JUILLET	<i>Chlorophylle a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,56 ± 0,05	0,64 ± 0,08	0,85 ± 0,00	0,85 ± 0,00
	<i>Phaéopigments</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,22 ± 0,04	0,12 ± 0,05	0,34 ± 0,00	0,11 ± 0,00
	<i>Prod. Primaire</i> ( $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ )	2,87 ± 1,00	2,19 ± 0,87	3,35 ± 1,79	4,56 ± 2,29
	$\mu$ phytoplancton ( <i>nbre L<sup>-1</sup></i> )	27 800	24 900	56 300	55 200
10 SEPTEMBRE	<i>Chlorophylle a</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,99 ± 1,14	1,36 ± 0,05	1,17 ± 0,00	1,02 ± 0,05
	<i>Phaéopigments</i> ( $\mu\text{g L}^{-1}$ )	0,52 ± 0,18	0,76 ± 0,18	0,32 ± 0,10	0,66 ± 0,02
	<i>Prod. Primaire</i> ( $\text{mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ )	5,35 ± 1,92	4,48 ± 1,79	3,59 ± 1,99	3,58 ± 1,82
	$\mu$ phytoplancton ( <i>nbre L<sup>-1</sup></i> )	104 800	122 400	42 200	45 500

Tableau 3.10 :  
Moyennes et écart  
type des paramètres  
phytoplanctoniques  
au droit du CNPE de  
Flamanville en 2001

(%)	<i>Chlorophylle a</i>	<i>Production primaire</i>	$\mu$ phytoplancton
01 AVRIL	- 168	- 37,21	+ 13,5
06-JUILLET	- 14,3	+ 23,69	+ 10,4
10 SEPTEMBRE	- 37	+ 16,26	- 16,8

Tableau 3.11 :  
Différences en  
biomasse algale

Au printemps les valeurs mesurées aux trois points sont comparables à celles calculées à la même période en mars 2000. Par contre, au début et à la fin de l'été 2001, les valeurs observées sont inférieures à celles de 2000 pour les mêmes périodes. Au vue des écarts types, aucun gradient côte-large n'est observé malgré une température plus élevée au rejet.

En été, les valeurs sont assez homogènes entre les points rejet et canal où les valeurs se répartissent entre  $0,56 \pm 0,05 \mu\text{g.L}^{-1}$  et  $0,64 \pm 0,08 \mu\text{g.L}^{-1}$ . Le point référence présente par contre des valeurs légèrement plus élevées ( $0,85 \pm 0,00 \mu\text{g.L}^{-1}$ ) liées à une communauté phytoplanctonique plus abondante.

Enfin en automne, on peut noter la présence d'un gradient croissant entre les deux points rejet et canal. La biomasse algale s'échelonne entre  $0,99 \pm 0,14 \mu\text{g.L}^{-1}$  au point canal et  $1,36 \pm 0,05 \mu\text{g.L}^{-1}$  au point rejet. Au point référence, les valeurs sont au contraire plus faibles ( $1,17$  et  $1,02 \mu\text{g.L}^{-1}$ ).

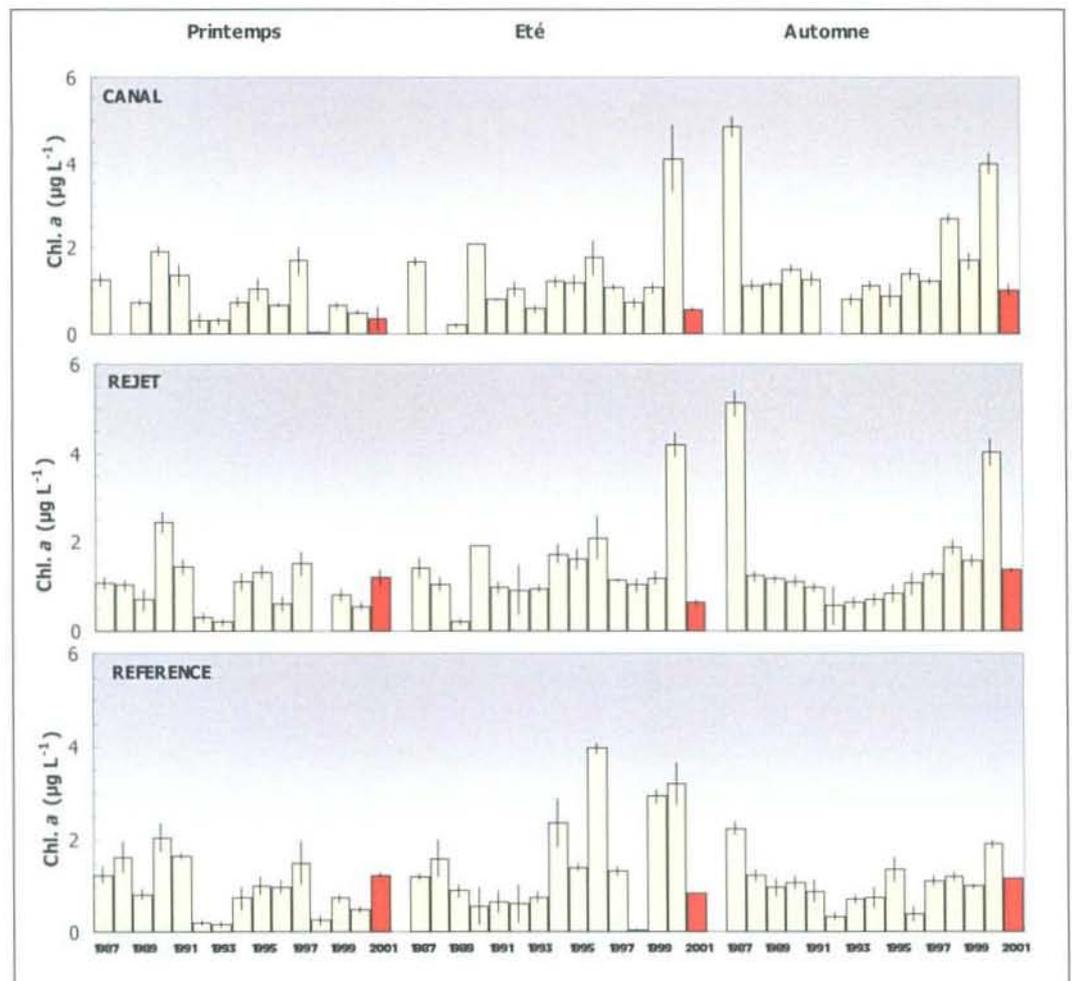


Figure 3.14. :  
Evolution de la  
chlorophylle a de  
1987 à 2001

### 3.3.2 Phaéopigments : pourcentage de chlorophylle active

Le pourcentage de chlorophylle active peut être déterminé à partir des teneurs en chlorophylle *a* et des teneurs en phaéopigments d'après la formule ci dessous :

$$(\%) \text{ de chlorophylle active} = \frac{\text{Chlorophylle } a \times 100}{(\text{Chlorophylle } a + \text{phaéopigment})}$$

Le tableau 3.12 présente les résultats obtenus aux différentes stations pour les campagnes 2001.

Tableau 3.12 :  
Pourcentages de  
chlorophylle active  
en 2001.

(%)	Canal d'amenée	Rejet	Référence
01 AVRIL	18,32	55,29	50,44
06 JUILLET	71,79	84,21	71,42
10 SEPTEMBRE	65,56	64,15	78,52

Sur l'ensemble de l'année les valeurs relevées, comprises entre  $0,11 \pm 0,10$  et  $1,56 \pm 0,55 \mu\text{g.L}^{-1}$  aux différents points, indiquent le bon état physiologique des populations dont le pourcentage de chlorophylle active s'échelonne entre 18,32 % et 84,21 % au point rejet.

### 3.3.3 Production primaire

Les valeurs mesurées en 2001 sont comprises entre  $1,05 \pm 0,70 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  en avril au point référence et  $5,35 \pm 1,92 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  en septembre au canal d'amenée.

En début de printemps, les valeurs obtenues aux trois points sont les plus faibles observées depuis 1987. En début et fin d'été, les valeurs en ces mêmes points sont incluses dans les écarts des moyennes saisonnières relevées depuis 1987 (figure 3.15). En outre, elles présentent peu d'écart entre le point canal et le point rejet, quelle que soit la saison.

Un gradient est observé, d'une part de la côte (canal d'amenée) vers le large (référence) tant en avril qu'en juillet (x 1,5), d'autre part d'avril à juillet (x 2 à la côte ; x 4 au large).

En septembre, les points les plus côtiers (canal et rejet) sont les plus productifs ( $5,35 \pm 1,92 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  et  $4,48 \pm 1,79 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ), leurs productivités restant cependant très inférieures à celles de l'année dernière ( $12,78 \pm 3,19 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$  à  $17,31 \pm 1,59 \text{ mg C m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ ).

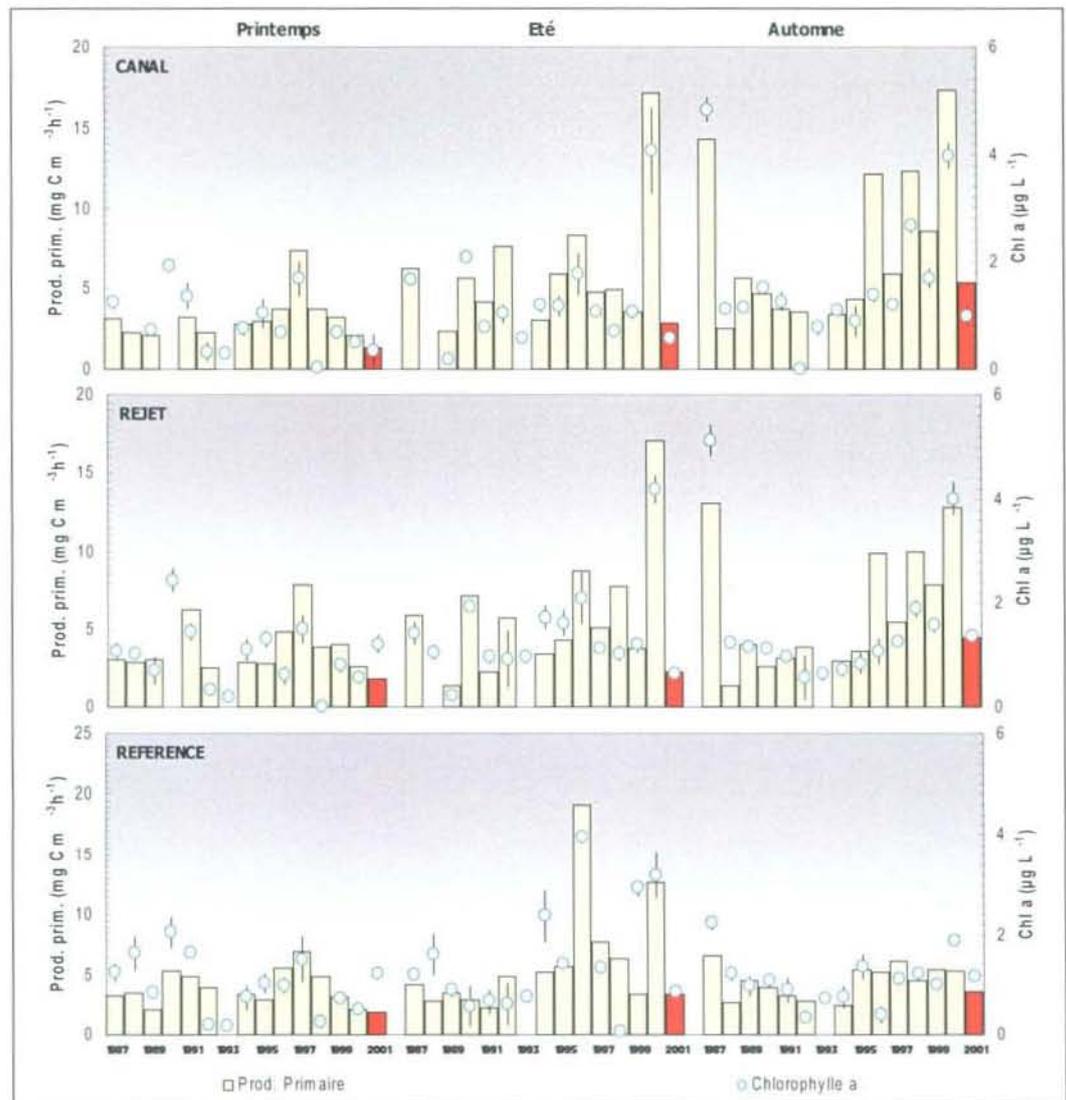


Figure 3.15 :  
Evolution de la  
production primaire  
de 1987 à 2001 au  
droit du CNPE de  
Flamanville

### 3.3.4 Microphytoplancton

Les numérations microphytoplanctonique sont présentées depuis 1987 sur la figure 3.16. Elles sont exprimées en nombre de cellules par litre. A titre informatif, la biomasse a également été représentée sur la figure à travers la teneur en chlorophylle *a*.

Les valeurs printanières sont les plus faibles depuis 1987. On peut cependant les rapprocher de l'année 1993. La valeur la plus faible est observée au point rejet avec 9600 cellules par litre. Ainsi au point rejet, l'augmentation du microphytoplancton par rapport à la prise d'eau est de 13,5 %.

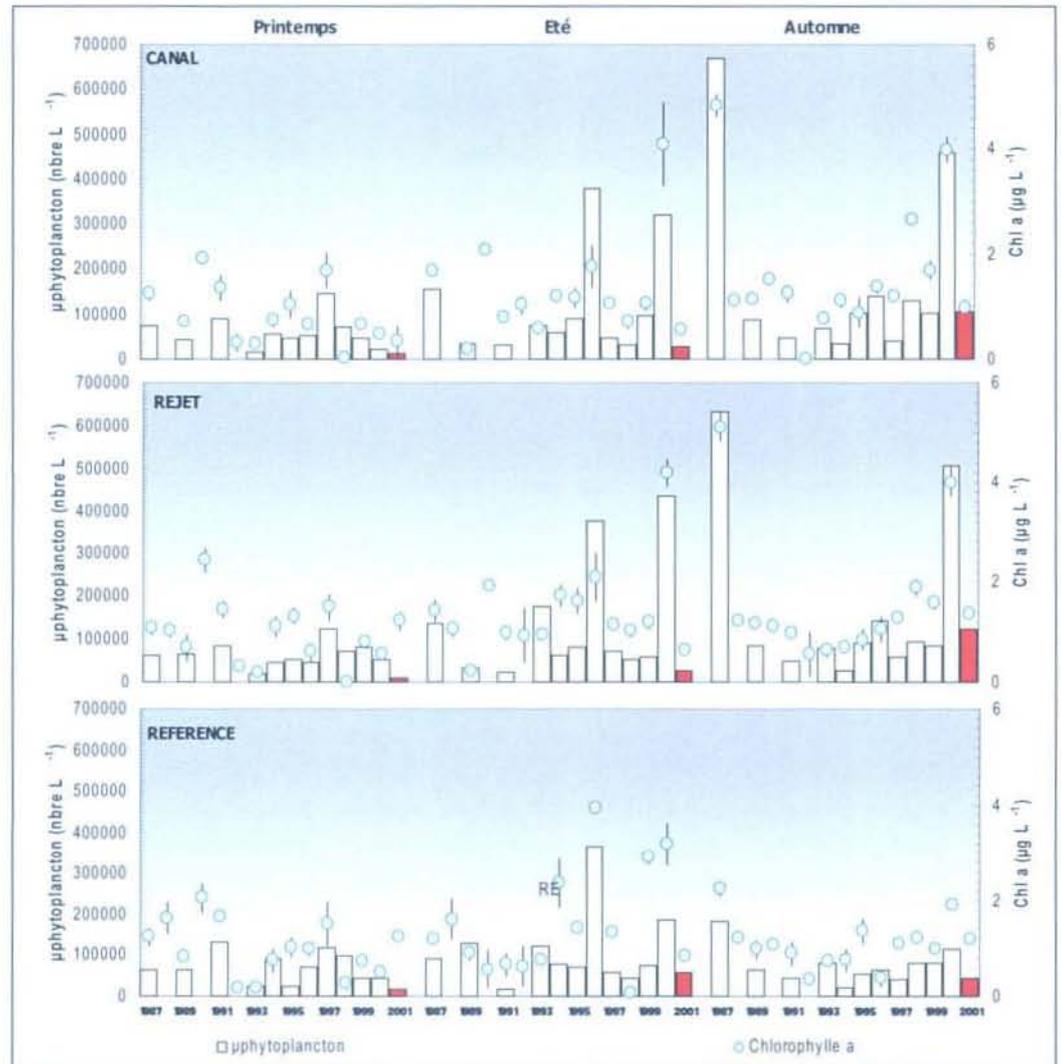


Figure 3.16 :  
Evolution du  
phytoplancton  
de 1987 à 2001  
au droit du  
CNPE de  
Flamanville.

En juin, on constate une augmentation du nombre de cellules notamment au point référence (56 300 cellules). En septembre, les valeurs les plus élevées de l'année sont observées aux points canal (104 800) et rejet (122 400). Dans l'ensemble les valeurs calculées au cours de cette année 2001 semblent logiques, et correspondent à ce que nous observons par ailleurs sur la côte ouest du Cotentin.

### 3.3.5 Populations phytoplanctoniques observées en 2001

Le but de ce suivi n'est pas d'étudier l'évolution saisonnière de chaque population (caractéristiques connues depuis 1976) mais de détecter depuis la mise en service de la centrale, un éventuel déséquilibre dans le cortège phytoplanctonique.

	01 AVRIL					
	Canal		Rejet		Référence	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
<i>Actinopterychus</i> sp						
<i>Asterionella glacialis</i> (= <i>A.japonica</i> )						
<i>Biddulphia</i> sp						
<i>Cerataulina</i> sp						
<i>Chaetoceros diadema</i>						
<i>Chaetoceros</i> sp					400	2,4
<i>Coscinodiscus</i> sp	100	1,0	100	1,0	300	1,7
<i>Dietyoca</i> sp			200	2,1	200	1,2
<i>Ditylum</i> sp	300	2,9	100	1,0		
<i>Eucampia zodiacus</i>						
<i>Guinardia flacida</i>						
<i>Gymnodinium</i> sp					200	1,2
<i>Gyrodinium</i> sp			100	1,0		
<i>Heterosigma carterae</i>					100	0,6
<i>Lauderia</i> sp. + <i>Schroderella</i> sp.	200	2	200	2,1		
<i>Leptocylindrus</i> sp						
<i>Melosira</i> sp	800	7,9	600	6,3		
<i>Navicula</i> sp						
<i>Nitzschia</i> sp. + <i>Hantzschia</i> sp.	3 000	29,7	200	2,1		
<i>Nitzschia longissima</i>			1 500	15,6	2 400	13,5
<i>Plagiogramma</i> sp					1 500	8,5
<i>Pleurosigma</i> sp. + <i>Gyrosigma</i> sp.					200	1,2
<i>Prorocentrum Micans</i> + <i>P.arcuratum</i> + <i>P.gibbosum</i>	100	1,0	400	4,2	100	0,6
<i>Protoperdinium</i> sp. + <i>Peridinium</i> sp	500	4,9	200	2,1		
<i>Rhizosolenia delicatula</i>					200	1,2
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>						
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (= <i>R.shrubsolei</i> ) + <i>R.styliformis</i>						
<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>R.pungens</i>	200	2,0			100	0,6
<i>Rhizosolenia</i> sp						
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>						
<i>Skeletonema costatum</i>	1 700	16,8	2 200	22,9	6 800	38,4
<i>Synedra</i> sp	200	2,0	2 100	21,9	700	3,9
<i>Thalassonema nitzschioides</i>						
<i>Thalassiosira gravida</i>	1 400	13,8	1 000	10,4	2 700	15,2
<i>Thalassiosira rotula</i>	200	2,0	200	2,1	1300	7,3
<i>Thalassiosira</i> + <i>Coscinosira</i> + <i>coscinodiscus eccentricus</i>	1 400	13,8	500	5,2	500	2,8
<b>TOTAL</b>	<b>10 100</b>		<b>9 600</b>		<b>17 700</b>	

Tableau 3.13 :  
Nombre ( $L^{-1}$ ) et % de  
dominance des espèces  
phytoplanctoniques  
recensées en avril 2001

Les tableaux 3.13, 3.14 et 3.15 présentent l'ensemble des espèces recensées au cours des trois campagnes. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre et en pourcentage de dominance par rapport à la population phytoplanctonique totale.

Certaines espèces ont été regroupées du fait de la difficulté d'identification par microscopie optique. Les anciens libellés ont été reportés entre parenthèse par souci d'harmonisation avec les études antérieures.

En 2001, 33 taxons ont été dénombrés. Les diatomées représentent environ 80 % de la communauté. Seuls quatre taxons de dinoflagellés ont été recensés : *Gymnodinium sp.*, *Gyrodinium sp.*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium sp.* Quelques silicoflagellés comme les *Dictyocha* complètent la flore phytoplanctonique.

Dans un souci de clarté, le tableau 3.16 regroupe les taxons dominants (fréquence supérieure à 10 %).

En avril, la population est diversifiée aux trois points. Les espèces à préférendum hivernal sont les plus représentées comme *Skeletonema costatum* (de 16,8 à 38,4 %), *Nitzschia* (de 13,5 à 29,7 %), *Thalassiosira spp* et *T. gravida* (de 13,8 à 15,2 %).

En juillet, la population est toujours bien diversifiée et les genres estivaux *Rhizosolenia* (particulièrement les espèces *R. delicatula*, *R. fragilissima* et *R. styliformis* ; 50 % au canal et 55 % au rejet) et *Chaetoceros sp* (de 12,8 à 23,6 %) dominant.

En septembre, la flore phytoplanctonique très abondante est représentée, comme au printemps, par des cellules de petites tailles comme *Skeletonema costatum* qui représentent jusqu'à 70,4 % de la population. Le genre *Chaetoceros* est lui aussi bien représenté (de 10,8 à 17,3 %)

Dans l'ensemble, les taxons dénombrés en 2001 correspondent à la succession saisonnière classique du phytoplancton en Manche occidentale et les abondances des différentes espèces correspondent aux valeurs mesurées en chlorophylle *a* et en production primaire. Les diatomées, *Chaetoceros spp.*, *Nitzschia spp.*, *Rhizosolenia spp.*, *Skeletonema costatum*, et *Thalassiosira spp.*, représentent au cours de l'année entre 67 et 85 % de la population totale.

	06 JUILLET					
	Canal		Rejet		Référence	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
<i>Actinopterychus</i> sp						
<i>Asterionella glacialis</i> (= <i>A. japonica</i> )						
<i>Biddulphia</i> sp						
<i>Cerataulina</i> sp						
<i>Chaetoceros diadema</i>						
<i>Chaetoceros</i> sp	6 500	23,4	3 200	12,8	13 300	23,6
<i>Coscinodiscus</i> sp					400	0,7
<i>Dietyoca</i> sp					100	0,2
<i>Ditylum</i> sp						
<i>Eucampia zodiacus</i>						
<i>Guinardia flacida</i>						
<i>Gymnodinium</i> sp					500	1,0
<i>Gyrodinium</i> sp						
<i>Heterosigma carterae</i>			100	0,4		
<i>Lauderia</i> sp. + <i>Schroderella</i> sp.						
<i>Leptocylindrus</i> sp	700	2,5			400	0,7
<i>Melosira</i> sp	500	1,8	1 800	7,2		
<i>Navicula</i> sp	300	1,1	600	2,4	200	0,4
<i>Nitzschia</i> sp. + <i>Hantzschia</i> sp.			200	0,8		
<i>Nitzschia longissima</i>	300	1,1	400	1,6	300	0,6
<i>Plagiogramma</i> sp						
<i>Pleurosigma</i> sp. + <i>Gyrosigma</i> sp.						
<i>Porostra</i> sp			200	0,8		
<i>Prorocentrum Micans</i> + <i>P. arcuatum</i> + <i>P. gibbosum</i>	300	1,1	300	1,2	300	0,6
<i>Prorocentrum minimum</i>						
<i>Protoperdinium</i> sp. + <i>Peridinium</i> sp	900	3,2	600	2,4	1 100	1,9
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	2 600	9,3	1 600	6,4	6 600	11,7
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>	6 100	21,9	7 500	30,1	6 500	11,5
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (= <i>R. shrubsolei</i> ) + <i>R. styliformis</i>	7 500	27,0	6 400	25,7	22 500	40,0
<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>R. pungens</i>	400	1,4				
<i>Rhizosolenia</i> sp						
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>	100	0,4	500	2,0	400	0,7
<i>Schroderella</i> sp	400	1,4	800	3,2		
<i>Skeletonema costatum</i>					600	1,2
<i>Synedra</i> sp						
<i>Thalassionema nitzschioides</i>						
<i>Thalassiosira gravida</i>	1 200	4,3	600	2,4	3 000	5,3
<i>Thalassiosira rotula</i>						
<i>Thalassiosira</i> + <i>Coscinosira</i> + <i>coscinodiscus eccentricus</i>	400	0,5	100	0,4	100	0,2
<i>Triceratium favus</i>	100	0,1				
<b>TOTAL</b>	<b>85 100</b>		<b>24 900</b>		<b>56 300</b>	

Tableau 3.14 :  
Nombre (L<sup>-1</sup>) et %  
de dominance des  
espèces  
phytoplanctoniques  
recensées en juillet  
2001

	10 SEPTEMBRE					
	Canal		Rejet		Référence	
	Nb	%	Nb	%	Nb	%
<i>Actinopterychus</i> sp						
<i>Asterionella glacialis</i> (= <i>A. japonica</i> )						
<i>Biddulphia</i> sp						
<i>Cerataulina</i> sp						
<i>Chaetoceros diadema</i>	900	0,8	700	0,6	500	1,2
<i>Chaetoceros</i> sp	18 100	17,3	13 200	10,8	3 000	7,1
<i>Coscinodiscus</i> sp	300	0,3	100	0,1		
<i>Dictyoca</i> sp					100	0,2
<i>Diploneis</i> sp			100	0,1		
<i>Ditylum</i> sp						
<i>Eucampia zodiacus</i>						
<i>Fragilaria</i> sp			400	0,4		
<i>Grammatophora serpentina</i>			100	0,1		
<i>Guinardia flacida</i>						
<i>Gymnodinium</i> sp			100	0,1	200	0,4
<i>Gyrodinium</i> sp						
<i>Heterosigma carterae</i>						
<i>Lauderia</i> sp. + <i>Schroderella</i> sp.						
<i>Leptocylindrus</i> sp			1 000	0,8		
<i>Licmophora</i> sp			100	0,1		
<i>Melosira</i> sp	800	0,8	200	0,2		
<i>Navicula</i> sp	100	0,1	500	0,5	500	1,2
<i>Nitzschia</i> sp. + <i>Hantzschia</i> sp.	2 300	2,2	5 100	4,1	1 400	3,3
<i>Nitzschia longissima</i>	400	0,4	1 200	1,0	700	1,6
<i>Plagiogramma</i> sp						
<i>Pleurosigma</i> sp. + <i>Gyrosigma</i> sp.						
<i>Prorocentrum Micans</i> + <i>P. arcuatum</i> + <i>P. gibbosum</i>	100	0,1	200	0,2	100	0,2
<i>Prorocentrum minimum</i>	100	0,1				
<i>Protoperidinium</i> sp. + <i>Pervidinium</i> sp			800	0,8	100	0,2
<i>Rhizosolenia delicatula</i>	2 900	2,8	3 600	2,9	600	1,4
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>						
<i>Rhizosolenia imbricata</i> (= <i>R. shrubsolei</i> ) + <i>R. styliformis</i>						
<i>Rhizosolenia setigera</i> + <i>R. pungens</i>	700	0,7	700	0,6		
<i>Rhizosolenia</i> sp						
<i>Rhizosolenia stolterfothii</i>						
<i>Skeletonema costatum</i>	67 200	64,1	86 200	70,4	27 300	64,7
<i>Synedra</i> sp			1 400	1,1		
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	400	0,4	800	0,8	1 000	2,4
<i>Thalassiosira gravida</i>	10 000	9,5	4 300	3,5	4 200	9,9
<i>Thalassiosira rotula</i>			600	0,6		
<i>Thalassiosira</i> + <i>Coscinosira</i> + <i>coscinodiscus eccentricus</i>	400	0,4	1 000	0,8	2 500	5,9
<i>Triceratium favus</i>	100	0,1				
<b>TOTAL</b>	<b>104 800</b>		<b>122 400</b>		<b>42 200</b>	

Tableau 3.15 :  
Nombre ( $L^{-1}$ ) et % de  
dominance des espèces  
phytoplanctoniques  
recensées en septembre  
2001

TAXONS	01-avril			06-Juillet			10-Septembre		
	canal	rejet	réf	canal	rejet	réf	canal	rejet	réf
	%			%			%		
<i>Chaetoceros sp</i>				23,4	12,8	23,6	17,3	10,8	
<i>Nitzschia sp</i> + <i>Hantzschia sp</i>	29,7								
<i>Nitzschia longissima</i>		15,6	13,5						
<i>Rhizosolenia delicatula</i>						11,7			
<i>Rhizosolenia fragilissima</i>				21,9	30,1	11,5			
<i>Rhizosolenia imbricata</i> ( <i>R.shrubsolei</i> ) + <i>R. styliformis</i>				27,0	25,7	40,0			
<i>Skeletonema costatum</i>	16,8	22,9	38,4				64,1	70,4	64,7
<i>Synedra sp</i>		21,9							
<i>Thalassiosira gravida</i>	13,8	10,4	15,2						
<i>Thalassiosira</i> + <i>Coscinosira</i> + <i>Coscinodiscus eccentricus</i>	13,8								

Tableau 3.16 :  
Pourcentage des  
taxons dominants en  
2001

### 3.3.6 Conclusion

Les dénombrements microphytoplanctoniques du site de Flamanville montrent la régularité du phénomène au cours duquel la population de la période "hivernale", peu développée, est remplacée en été par une population dense mono spécifique constituée pour l'essentiel par des diatomées du genre *Rhizosolenia*. C'est en général la multiplication active des espèces de ce genre qui représente les poussées phytoplanctoniques du site. Nous ne pouvons donc pas conclure à l'existence d'un déséquilibre dans la composition floristique du site de Flamanville en 2001.

### 3.4 ZOOPLANCTON

En 2001, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 1<sup>er</sup> avril, 6 juillet et 10 septembre. A chaque campagne, les trois points suivis depuis mai 1987 sont étudiés :

- canal d'aménée,
- rejet,
- référence.

Pour chaque point, sept répliquats de zooplancton sont effectués à l'aide d'un filet à plancton triple de type WP<sub>2</sub>, de maillage 200 µm et de surface d'ouverture 0,25 m<sup>2</sup>, remonté verticalement sur toute la hauteur de la colonne d'eau. Six de ces échantillons sont filtrés sur des soies de 100 µm pré-pesées, et aussitôt congelées afin d'évaluer la biomasse (mesure du poids sec et des poids de carbone et d'azote) ; le septième est formolé en vue de l'étude qualitative et quantitative des espèces animales.

#### 3.4.1 Etude de la biomasse zooplanctonique globale

Les biomasses zooplanctoniques varient sur un même site, en fonction des points et de la saison. Elles évoluent également selon les années en fonction des conditions climatiques et hydrologiques générales.

	CANAL	REJET	REFERENCE
<b>Poids sec en mg.m<sup>3</sup></b>			
Avril	19.8 ± 10.8	6.7 ± 1.7	5.0 ± 2.0
Juillet	14.2 ± 4.3	21.9 ± 4.5	33.3 ± 7.2
Septembre	19.3 ± 5.2	9.9 ± 1.8	11.3 ± 2.6
<b>Poids de carbone en mg/m<sup>3</sup></b>			
Avril	4.3 ± 2.4	1.4 ± 0.2	1.3 ± 0.5
Juillet	4.1 ± 1.6	6.3 ± 1.0	11.4 ± 2.2
Septembre	3.7 ± 1.0	2.8 ± 0.5	3.5 ± 0.9
<b>Poids d'azote en mg/m<sup>3</sup></b>			
Avril	0.5 ± 0.3	0.2 ± 0.1	0.3 ± 0.1
Juillet	0.6 ± 0.2	1.3 ± 0.2	2.9 ± 0.6
Septembre	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.2
<b>Rapport C/N</b>			
Avril	7.8 ± 1.4	5.9 ± 1.1	5.1 ± 0.2
Juillet	6.5 ± 0.9	4.9 ± 0.2	4.0 ± 0.1
Septembre	6.6 ± 0.4	4.9 ± 0.2	4.4 ± 0.1

Tableau 3.17 :  
Bilan global  
zooplanctonique ;  
poids sec, carbone  
et azote. Moyenne  
± écart-type.

En avril, sur le point canal d'aménée, le poids sec et les poids de carbone et d'azote sont assortis d'écart - types élevés, et le rapport carbone / azote est lui-même élevé par rapport aux valeurs habituellement rencontrées. Cette anomalie est directement liée au prélèvement qui contenait de nombreuses algues rouges, source de carbone.

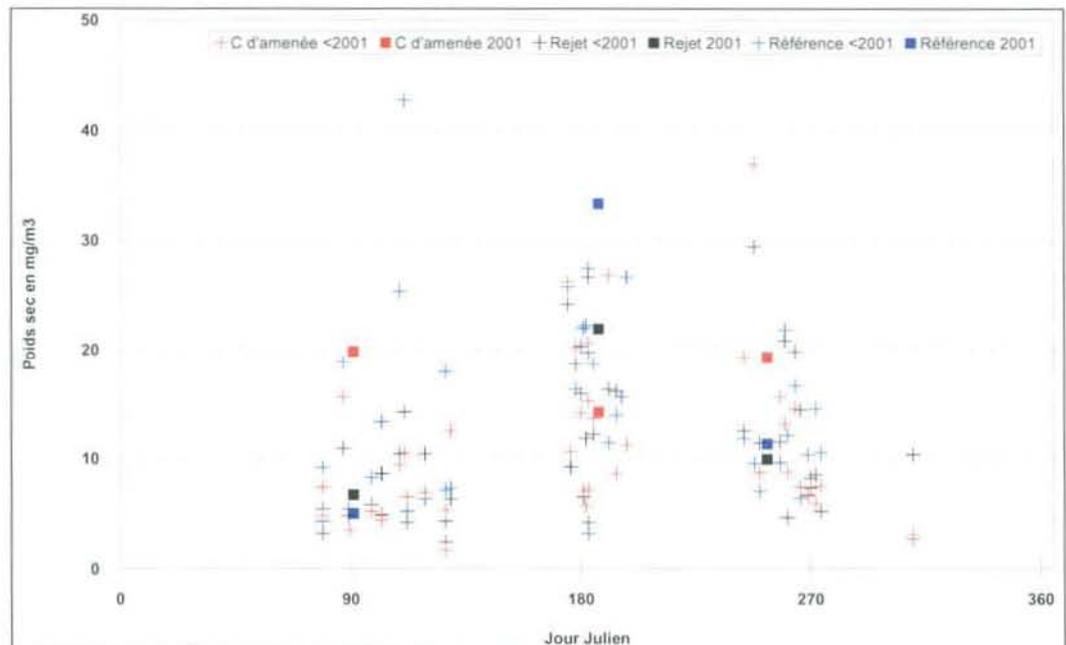
### 3.4.1.1 Poids sec

En avril, il se dessine un gradient décroissant de la côte vers le large, avec des valeurs élevées au point canal d'amenée ( $19,8 \pm 10,8 \text{ mg/m}^3$ ), et basses au point référence ( $5,0 \pm 2,0 \text{ mg/m}^3$ ).

En juillet, le gradient côte-large est inversé par rapport à avril ; le poids sec varie de  $14,2 \pm 4,3 \text{ mg/m}^3$  au point canal d'amenée, à  $33,3 \pm 7,2 \text{ mg/m}^3$  au point référence. Cette valeur, la plus élevée des trois campagnes, correspond à une richesse zooplanctonique ( $11\,200 \text{ ind./10m}^3$ ).

En septembre, le poids sec le plus élevé se situe au point canal d'amenée ( $19,3 \pm 5,2 \text{ mg/m}^3$ ).

Figure 3.17 :  
Poids sec en  
 $\text{mg.m}^3$  ;  
comparaison de  
l'année 2001  
avec les années



Globalement, les valeurs de poids sec observées cette année sont comprises dans la fourchette de celles rencontrées depuis que s'effectue la surveillance sur ce site (figure 3.17). Une valeur élevée est observée sur le point référence, en juillet. Cette valeur est confirmée par l'abondance de copépodes et d'appendiculaires.

Figure 3.18 : Poids de carbone en  $\text{mg.m}^{-3}$  ; comparaison de l'année 2001 avec les années antérieures.

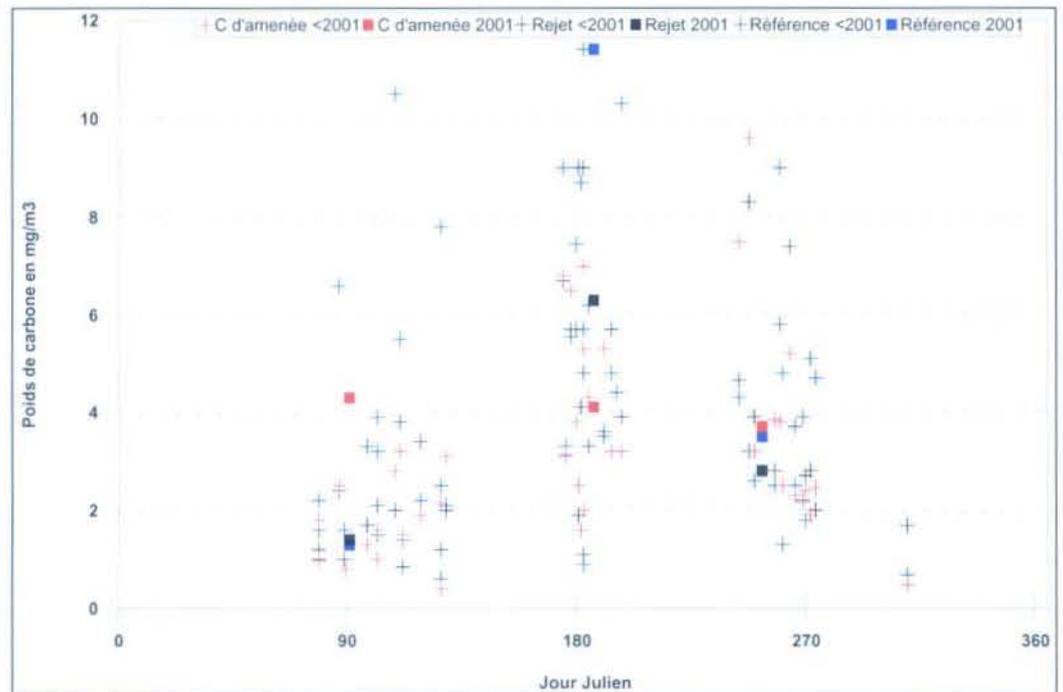
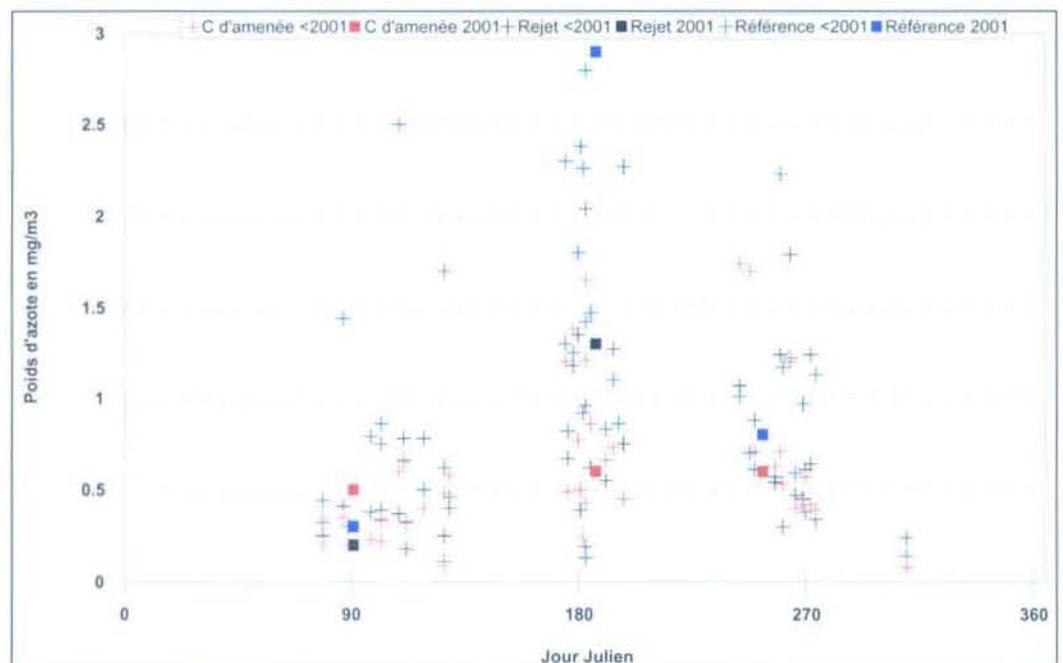


Figure 3.19 : Poids d'azote en  $\text{mg.m}^{-3}$  ; comparaison de l'année 2001 avec les années antérieures.



### 3.4.1.2 Poids de carbone et d'azote dans la biomasse sèche

L'analyse directe du carbone et de l'azote organique permet de s'affranchir de l'influence des matières en suspension dans l'eau, et de calculer le rapport C/N, qui est un indicateur de la santé du cheptel.

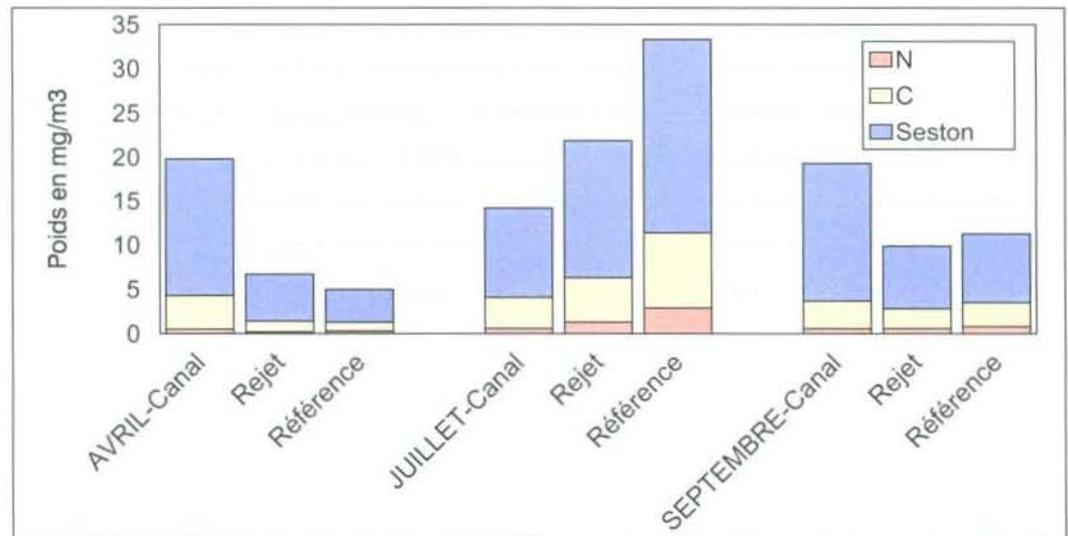


Figure 3.20 : Poids de carbone et d'azote dans la biomasse sèche.

Les tendances des poids de carbone sont identiques à celles des poids secs.

En avril, il se dessine un gradient décroissant de la côte vers le large, avec des valeurs élevées au point canal d'amenée ( $4,3 \pm 2,4 \text{ mg/m}^3$ ), et basses au point référence ( $1,3 \pm 0,5 \text{ mg/m}^3$ ).

En juillet, le gradient côte-large est inversé par rapport à avril ; le poids de carbone varie de  $4,1 \pm 1,6 \text{ mg/m}^3$  au point canal d'amenée, à  $11,4 \pm 2,2 \text{ mg/m}^3$  au point référence (valeur la plus élevée des trois campagnes, en corrélation avec la richesse zooplanctonique observée).

En septembre, le poids de carbone le plus élevé se situe au point canal d'amenée ( $3,7 \pm 1,0 \text{ mg/m}^3$ ), et le plus bas, au point rejet ( $2,8 \pm 0,5 \text{ mg/m}^3$ ).

Le poids d'azote varie de  $0,2 \pm 0,1 \text{ mg.m}^3$  au point rejet en avril, à  $2,9 \pm 0,6 \text{ mg/m}^3$  au point référence en juillet.

En juillet et septembre, le poids d'azote obtenu au point référence est supérieur à celui obtenu sur les deux autres points. Un gradient croissant de la côte vers le large est observé lors de ces deux campagnes.

Les poids de carbone et d'azote observés en 2001 sont comparables à ceux obtenus les années antérieures (figures 3.18 et 3.19), avec cependant, des valeurs élevées en juillet, sur le point référence, confirmées par l'abondance de copépodes et d'appendiculaires.

#### 3.4.1.3 Evaluation du rapport carbone/azote

Ce rapport peut traduire un état du métabolisme animal en un site, à une saison donnée. A Flamanville, pour l'année 2001, il varie de  $4,0 \pm 0,1$  au point référence en juillet, à  $7,8 \pm 1,4$  au point canal d'amenée en avril (figure 3.21). Lors des trois campagnes, les valeurs obtenues sont systématiquement plus élevées à la côte qu'au large.

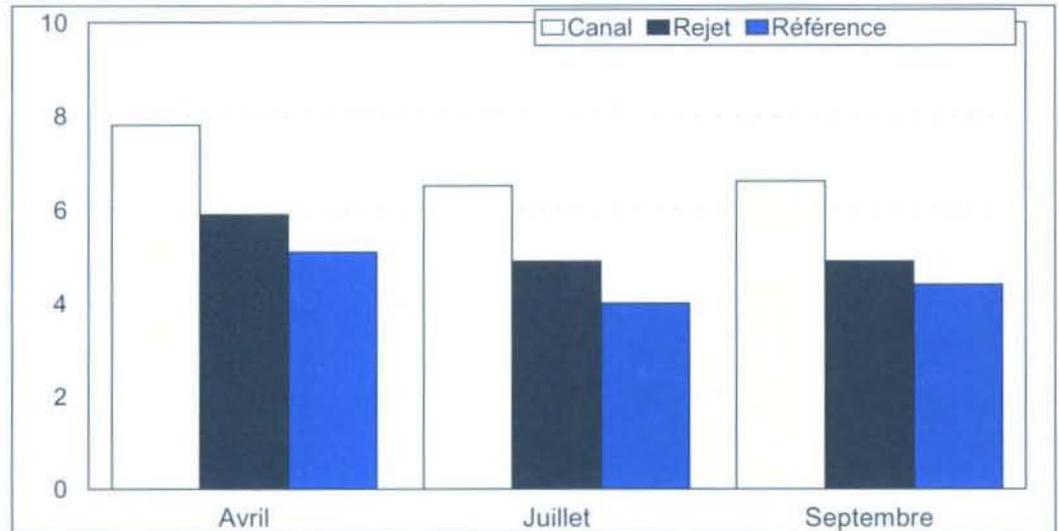


Figure 3.21 :  
 Rapport  
 carbone/azote.

Ce rapport carbone / azote reste dans les limites des observations habituelles (figure 3.22), avec un gradient côte-large décroissant observé.

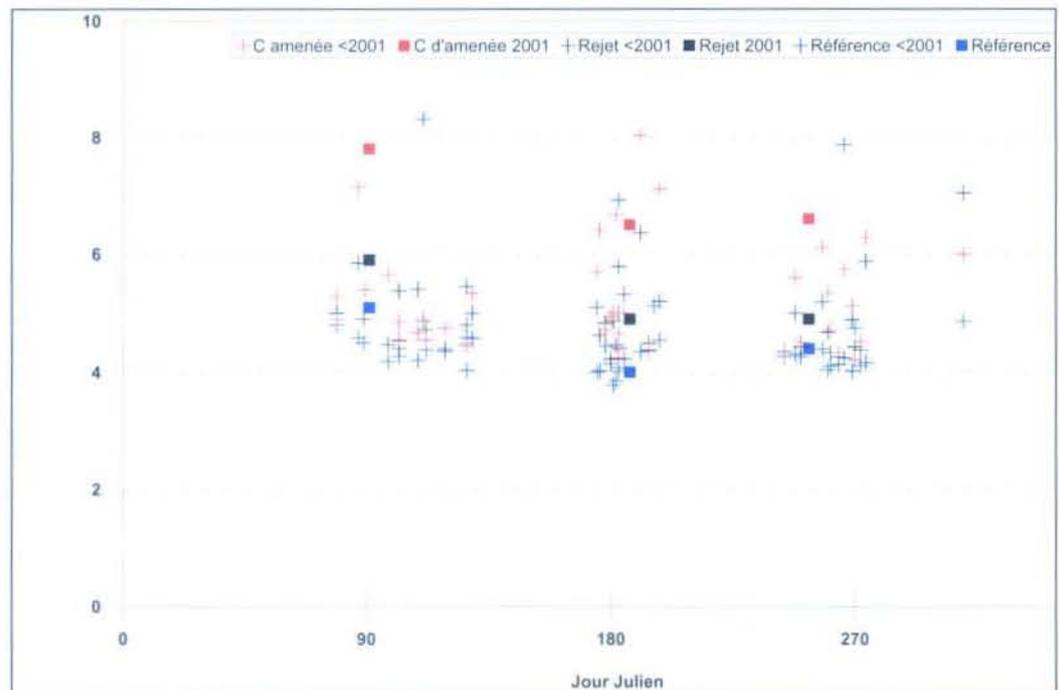


Figure 3.22 : Rapport  
 carbone/azote.  
 Comparaison de  
 l'année 2001 avec les  
 années antérieures.

### 3.4.2 Etude des espèces zooplanctoniques

Une analyse des moyennes observées, en regroupant les résultats des trois stations canal d'aménée, rejet et référence, permet de situer les tendances de l'année 2001.

La répartition du zooplancton total est représentée dans le tableau 3.18. Les densités sont maximales en juillet (avec 11 200 ind./10m<sup>3</sup>), et minimales en avril (avec 1 890 ind./10m<sup>3</sup>). En septembre, il a été dénombré une moyenne de 5 580 ind./10m<sup>3</sup> (figure 3.23).

Nature des résultats	01/04/01			06/07/01			10/09/01		
	N / 10 m <sup>3</sup>			N / 10 m <sup>3</sup>			N / 10 m <sup>3</sup>		
	Canal	Rejet	Référence	Canal	Rejet	Référence	Canal	Rejet	Référence
TOTAL CNIDAIRES	26	73	10		4	165	44	36	
TOTAL CTENAIRES									2
TOTAL CHAETOGNATHES		3		5		33	4	13	55
TOTAL ANNELIDES	8	7	35	77	106	66	88	83	4
TOTAL CLADOCERES									
TOTAL L. CIRRIPEDES	601	1 100	595	2 840	2 380	231	991	1 760	529
AMPHIPODES					53	66			4
ISOPODES					35				2
CUMACES					35				
TOTAL MYSIDACES									
TOTAL COPEPODES	82	743	985	3 210	6 650	7 870	2 320	5 480	3 620
EUPHAUSIACES			8						
LARVES NATANTIA				10	22	99		40	31
LARVES THALASSINIDEA					35	264	9	17	29
TOT L. ANOMOURES	3	3	12		26	2 150	4	46	77
TOT L. BRACHYOURES	3	7	23	5	31	529		46	97
TOTAL L. MOLLUSQUES	5	20	50	192	247	99	198	298	110
Cyphonautes BRYOZOAIRES	48	99	83				44	33	66
TOT L. ECHYNODERMES									
TOTAL APPENDICULAIRES	37	528	463	1 390	1 020	3 600	176	291	44
TELEOSTEENS (larves+oeufs)	8	10	7	38		42	44	33	
TOTAL ZOOPLANCTON	821	2 590	2 270	7 770	10 600	15 200	3 920	8 170	4 670
		1890			11 200			5 580	

Tableau 3.18 :  
Récapitulatif des  
taxons rencontrés  
(valeurs arrondies).

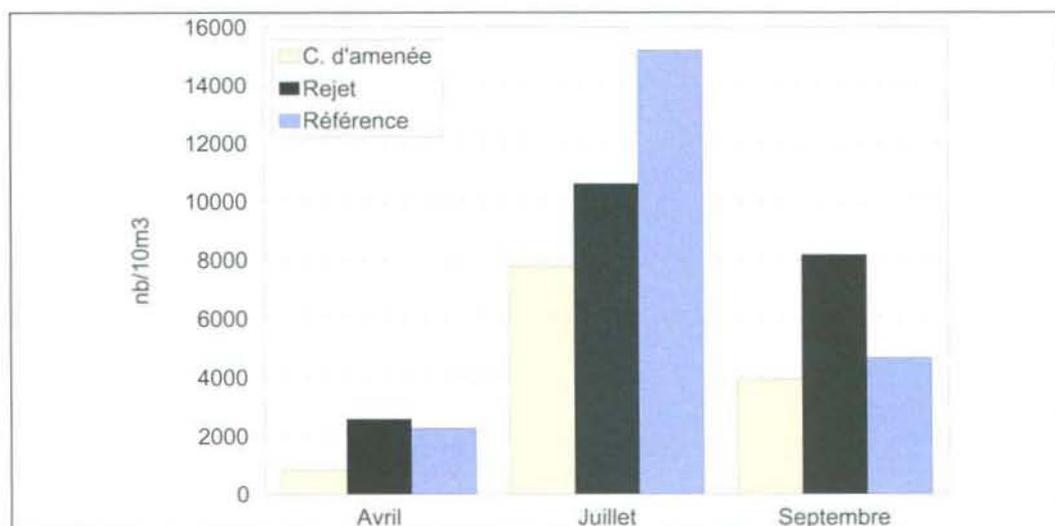


Figure 3.23 :  
Zooplancton total.

#### 3.4.2.1 Composition faunistique du zooplancton

Un certain nombre d'espèces accomplissent l'intégralité de leur cycle biologique au sein du milieu pélagique ; ce sont les espèces

holoplanctoniques. Parmi celles-ci, les copépodes représentent généralement de 60 % à 80 % de la population de la Manche. Selon la saison, s'y rajoutent quelques espèces moins abondantes, appartenant à divers embranchements, appendiculaires, cténaïres et chaetognathes.

Par opposition à ces espèces, le méroplancton constitue la fraction temporaire du zooplancton. Il est constitué d'un ensemble de stades pélagiques d'espèces fixées (phases sexuées libres des cnidaires) ou benthiques appartenant à de nombreux embranchements : annélides, mollusques, et crustacés (dont les cirripèdes particulièrement nombreux lors de la période hivernale).

Afin de mieux définir la composition du zooplancton, le pourcentage de dominance, c'est à dire, le pourcentage d'un taxon par rapport au nombre total d'individu est calculé.

	C. d'aménée	Rejet	Référence	Moyenne
<b>Total zooplancton</b>				
Avril	821	2590	2270	1890
Juillet	7770	10600	15200	11200
Septembre	3920	8170	4670	5590
<b>Total copépodes</b>				
Avril	82	743	985	603
Juillet	3210	6650	7870	5910
Septembre	2320	5480	3620	3810
<b>% copépodes</b>				
Avril	10%	29%	43%	32%
Juillet	41%	63%	52%	53%
Septembre	59%	67%	78%	68%
<b>Total holoplancton</b>				
Avril	119	1270	1450	946
Juillet	4610	7670	11500	7930
Septembre	2500	5770	3720	4000
<b>% holoplancton</b>				
Avril	14%	49%	64%	50%
Juillet	59%	72%	76%	71%
Septembre	64%	71%	80%	72%
<b>Total méroplancton</b>				
Avril	702	1320	823	948
Juillet	3160	2970	3710	3280
Septembre	1420	2390	949	1590
<b>% méroplancton</b>				
Avril	86%	51%	36%	50%
Juillet	41%	28%	24%	29%
Septembre	36%	29%	20%	28%

Tableau 3.19 :  
Pourcentage de  
dominance.

### Campagne du 1<sup>er</sup> avril 2001

La proportion moyenne d'holoplancton et de méroplancton est identique, puisqu'elle est de 50 % pour chaque fraction.

Les espèces holoplanctoniques, représentées par 64 % de copépodes (*Pseudocalanus elongatus*) et 36 % d'appendiculaires (*Oikopleura sp.*), sont plus présentes au large qu'à la côte (64 % d'holoplancton au point référence).

Les espèces méroplanctoniques, représentées par 81 % de larves de cirripèdes (stade nauplius), sont quant à elles, plus présentes à la côte qu'au large (86 % de méroplancton au point canal d'amenée).

### Campagne du 6 Juillet 2001

Les espèces holoplanctoniques sont dominantes à 71 % du zooplancton total, et sont représentées à 75 % par des copépodes (*Acartia clausi*) et à 25 % par des appendiculaires (*Oikopleura sp.*).

Le méroplancton constitue 29 % du zooplancton total, et est surtout composé de larves de cirripèdes au stade nauplius (55 %) et de 22 % de larves d'anomoures (Galatheidae).

### Campagne du 10 Septembre 2001

L'holoplancton constitue 72 % du zooplancton total. Il est principalement composé de copépodes (95 %), et plus précisément des espèces *Euterpina acutifrons*, *Paracalanus parvus* et *Acartia clausi*. Sur les trois campagnes, c'est la période où les copépodes sont proportionnellement les plus abondants (68 % du zooplancton total).

Le méroplancton reste présent (28 %). Ce sont surtout des larves de cirripèdes au stade nauplius (à 69 %) qui sont rencontrées.

Tableau 3.20 :  
Méroplancton et  
holoplancton -  
Pourcentage de  
dominance des  
différentes espèces.

Nature des résultats	01/04/2001		06/07/2001		10/09/2001		
	ind./10m <sup>3</sup>	Pourcentage	ind./10m <sup>3</sup>	Pourcentage	ind./10m <sup>3</sup>	Pourcentage	
Méroplancton	Total Cnidaires	36	4%	56	2%	27	2%
	Total Annélides	17	2%	83	3%	58	4%
	Larves de Cirripèdes	765	81%	1 820	55%	1 090	69%
	Larves d'Anomoures	6	1%	725	22%	42	3%
	Larves de Brachyours	11	1%	188	6%	48	3%
	Larves de Mollusques	25	3%	179	5%	202	13%
	Cyphonautes Bryozoaires	77	8%	0	0%	48	3%
	Total méroplancton	948	100%	3280	100%	1590	100%
Holoplancton	Total Cténares	0	0%	0	0%	1	0%
	Total Chaetognathes	1	0%	13	0%	24	1%
	Total Copépodes	603	64%	5 910	75%	3 810	95%
	Total Appendiculaires	343	36%	2 000	25%	167	4%
	Total holoplancton	947	100%	7 930	100%	4 000	100%

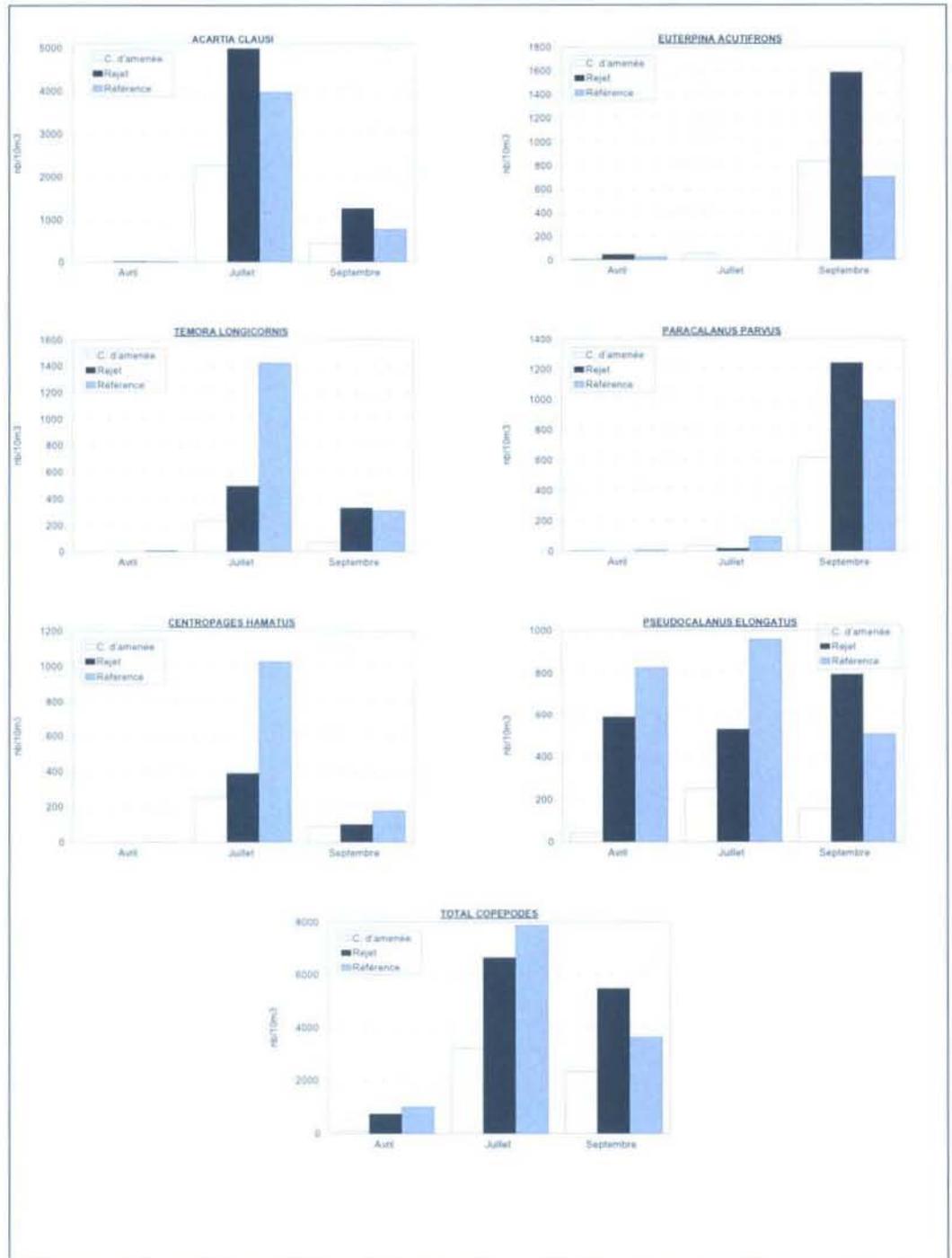


Figure 3.24 :  
 Les principaux  
 copépodes.

### 3.4.2.2 Variation saisonnière des principaux taxons

- **L'HOLOPLANCTON**

**Les copépodes** (figure 3.24)

Le zooplancton de la Manche comprend essentiellement des crustacés copépodes dont le cycle de vie est entièrement pélagique. Ceci est vérifié cette année où, sur les trois campagnes, les copépodes représentent en moyenne 55 % du zooplancton total moyen. La succession des diverses espèces est conforme au schéma habituel, en relation avec leur préférendum biologique.

Globalement, au cours des trois campagnes de l'année 2001, le maximum d'abondance des copépodes est observé en juillet, avec en moyenne, 5 910 ind./10m<sup>3</sup>.

***Acartia clausi***

Espèce cosmopolite, présente aux trois campagnes, elle atteint son maximum d'abondance en juillet, mois où elle est l'espèce dominante avec des valeurs proches de 5 000 ind./10m<sup>3</sup> au point rejet. Favorisée par les fortes températures, elle est en nette régression les mois les plus froids (environ 20 ind./10m<sup>3</sup> aux points rejet et référence, en avril).

***Euterpina acutifrons, Paracalanus parvus***

Ces copépodes sont dominants en septembre, avec des valeurs pouvant atteindre, respectivement, 1 590 ind./10m<sup>3</sup> et 1 240 ind./10m<sup>3</sup> au point rejet. Sensibles aux variations de température, ils sont présents aux deux autres campagnes, mais en quantité faible, voire négligeable.

***Temora longicornis***

Cette espèce est présente sur tous les points en juillet (avec un pic maximum de 1 420 ind./10m<sup>3</sup> au point référence) et en septembre (environ 300 ind./10m<sup>3</sup> aux points rejet et référence). Lors de ces deux campagnes, les points situés au large sont privilégiés par ce copépode. Sa densité est négligeable en avril (seulement 8 ind./10m<sup>3</sup> au point référence).

***Centropages hamatus***

Espèce cosmopolite, présente en juillet et en septembre où ils se dessinent des gradients côte-large croissants. Elle atteint son maximum d'abondance en juillet, avec un pic de 1 020 ind./10m<sup>3</sup> au point référence. Elle est totalement absente en avril.

***Pseudocalanus elongatus***

Espèce présente aux trois campagnes, où ils se dessinent des gradients côte-large croissants. Sa densité est similaire les trois mois d'observation. C'est l'espèce dominante en avril (avec un maximum de 826 ind./10m<sup>3</sup> au point référence).

**Les autres espèces holoplanctoniques** (figure 3.25)

Les appendiculaires, représentés par *Oikopleura sp.*, sont présentes lors des trois campagnes, sur les trois points. Leur abondance maximale se situe en juillet, avec un pic de 3 600 ind./10m<sup>3</sup> au point référence. En avril et septembre, leur présence est faible, mais non négligeable (quelques centaines).

Le chaetognathe *Sagitta setosa* est une espèce carnivore de grande taille. Il est présent sur tous les points en septembre où il trouve une nourriture riche, selon un gradient croissant de la côte (4 ind./10m<sup>3</sup>) vers le large (55 ind./10m<sup>3</sup>). En avril, il n'a été dénombré que 3 ind./10m<sup>3</sup> au point rejet, et en juillet, 5 ind./10m<sup>3</sup> et 33 ind./10m<sup>3</sup> respectivement aux points canal d'amenée et référence.

Le cténaire *Pleurobrachia pileus* est une autre espèce carnivore. Il n'a été rencontré dans nos échantillons qu'en septembre, au point référence (2 ind./10m<sup>3</sup>).

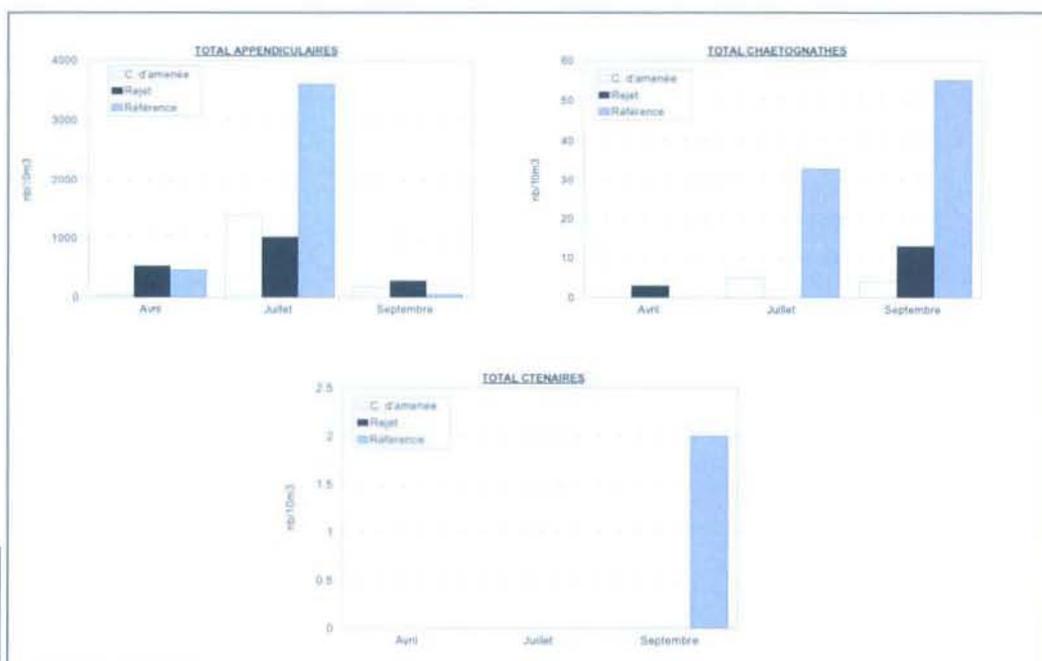


Figure 3.25 :  
Les autres espèces  
holoplanctoniques.

- **LE MEROPLANCTON (figure 3.26)**

Les stades larvaires d'espèces appartenant à différentes classes ou embranchements ont été dénombrés au cours des trois campagnes.

### **Embranchement des Arthropodes [classe des Crustacés]**

- \* Les cirripèdes sont des crustacés qui, à l'état adulte, vivent fixés et constituent une part importante des salissures ("fouling"). Les larves émises en grande quantité, constituent un maillon intéressant de la chaîne alimentaire. Ces larves de très petite taille ne constituent pas une biomasse élevée. Elles représentent cependant, en dehors de la période estivale (16 % du zooplancton total), une part importante du zooplancton ; jusqu'à 40 % du zooplancton total en avril. Elles sont rencontrées sur les trois points, aux trois campagnes. Malgré le faible pourcentage observé en juillet, c'est le mois où ces larves atteignent leur maximum d'abondance, sauf au point référence (2 840 ind./10m<sup>3</sup> au point canal d'amenée, et 2 380 ind./10m<sup>3</sup> au point rejet).
- \* Les larves d'anomoures (porcellanes, galathées, bernard-l'hermite) rencontrées lors des trois campagnes en faible quantité, présentent un pic d'abondance en juillet, au point référence (2 150 ind./10m<sup>3</sup>).
- \* Les larves de brachyours (crabes) sont présentes aux trois campagnes (au stade zoé uniquement). Leur quantité est généralement faible. Cependant, un pic important est observé en juillet, au point référence (529 ind./10m<sup>3</sup>).

### **Embranchement des bryozoaires**

Des cyphonautes de bryozoaires ont été rencontrés en quantité importante aux campagnes d'avril et de septembre, et sont totalement absents en juillet. Leur abondance maximale se situe en avril, avec un pic représentant 99 ind./10m<sup>3</sup> au point rejet.

### **Embranchement des mollusques**

Ces larves sont observées sur tous les points, aux trois campagnes, avec des maxima en juillet et septembre (respectivement 247 ind./10m<sup>3</sup> et 298 ind./10m<sup>3</sup> au point rejet). Les larves véligères de gastéropodes sont les plus représentées.

### **Embranchement des annélides**

Ces larves sont émises par diverses espèces dont les adultes constituent une bonne partie de la nourriture de nombreux crustacés et de poissons de fond. Elles sont présentes aux trois campagnes de cette année, sur les trois points. En avril, quelques annélides ont été comptées (jusqu'à 35 ind./10m<sup>3</sup> au point référence). En juillet et septembre (sauf sur le point référence de septembre), des quantités plus importantes sont présentes. En juillet, il a été dénombré en moyenne, 83 ind./10m<sup>3</sup>, avec une dominance de spionidés. En septembre, aux points canal d'amenée et rejet, environ 80 ind./10m<sup>3</sup> sont présents. Lors de cette campagne, les spionidés sont également dominants.

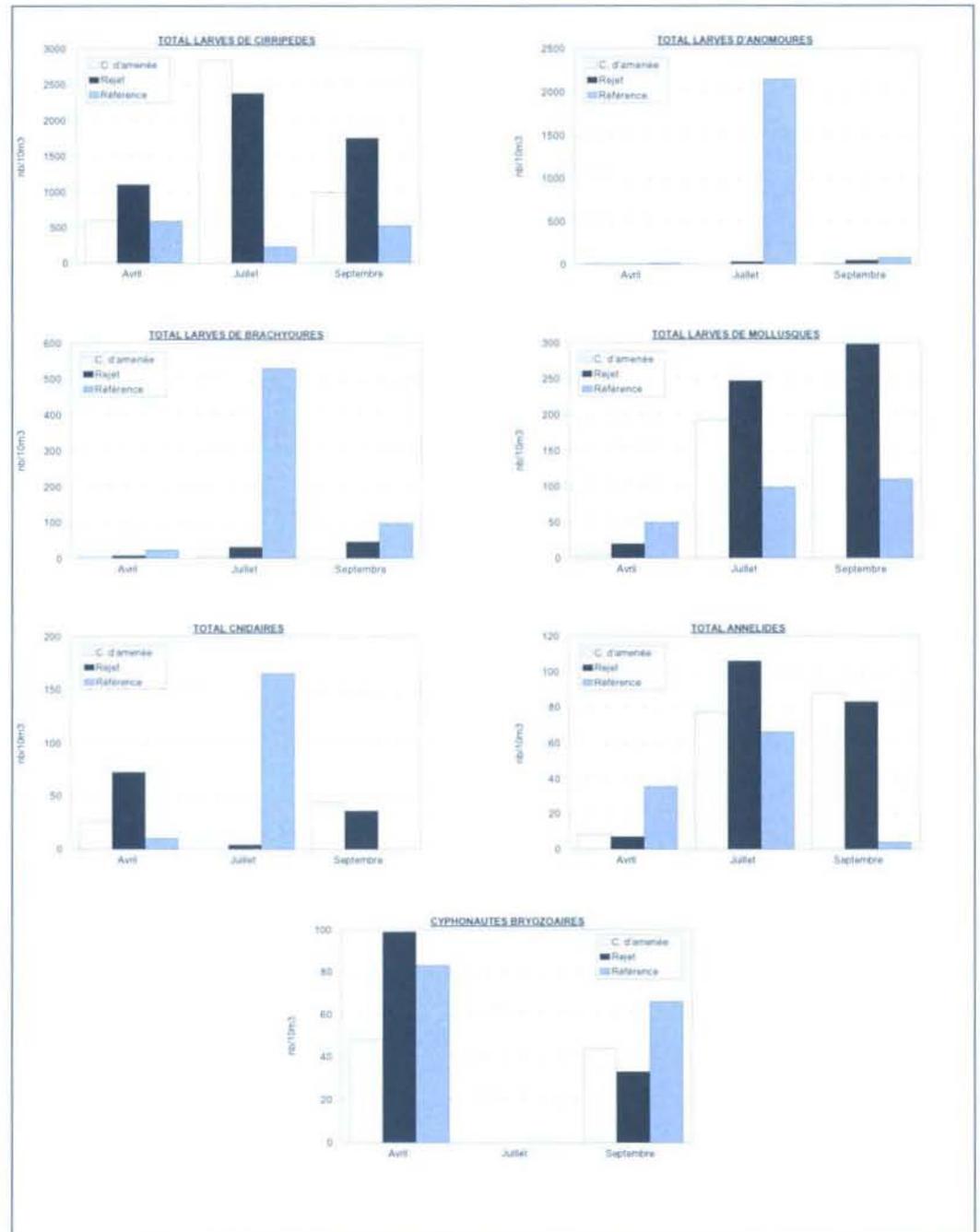


Figure 3.26 : Le méroplancton.

### Embranchement des cnidaires (hydrozoaires, actinies, méduses)

Elles sont présentes aux trois campagnes de cette année. En avril, un pic de 73 ind./10m<sup>3</sup> est observé, et correspond à l'espèce *Obelia sp.* En juillet, les cnidaires sont absentes sur le point canal d'amenée. Seulement quelques individus sont rencontrés sur le point rejet, et un pic correspondant au maximum des trois campagnes est obtenu sur le point référence (165 ind./10m<sup>3</sup>). En septembre, l'espèce *Obelia sp.* est retrouvée sur les points canal d'amenée et rejet (environ 40 ind./10m<sup>3</sup>).

### 3.4.3 Conclusion

En 2001, l'examen des populations zooplanctoniques ne permet pas de conclure à un impact sur le milieu proche des eaux chaudes rejetées par la centrale de Flamanville. Les valeurs des différents paramètres sont comprises dans les limites habituelles de variations observées depuis la mise en place de la surveillance du site.

## 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 que depuis 1999 l'Ifremer procède, hors contrat, à l'échantillonnage systématique du second rejet (cf. tableau 3.21). 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/dm<sup>3</sup>).

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, pour 2001, des valeurs moyennes par cm<sup>3</sup> comprises entre 926 et 47 germes. Ces valeurs extrêmes sont observées en début de printemps, respectivement au point canal d'amenée et au point référence.

	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 épi fluorescence des germes colorés à l'acridine dans 1 ml d'eau		
	2001	01/04	06/07	09/09	01/04	06/07	09/09	01/04	06/07
d' I	566	332	276	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	1 550 000	1 530 375	643 750
C A J	1286	414	170	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	1 506 250	1 531 250	575 780
A M									
N E Moyenne	926	373	223	-	++	++	1 528 125	1 530 813	609 765
A N Ecart	509	58	75				30 936	619	48 062
L E type									
E T eau °C	10,6	17,4	17,2						
R K	86	192	90	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	1 393 750	1 418 750	512 500
P E L	40	462	86	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	1 425 000	1 468 750	484 375
O J									
I E Moyenne	63	327	88	-	++	++	1 409 375	1 443 750	498 438
N T Ecart	33	191	3				22 097	35 355	19 887
T type									
1 T eau °C	12,7	19,0	19,5						
R 1	110	306	122	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	503 125	584 375	459 375
P E 2	88	406	78	<i>V. f.</i>	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	515 625	468 750	431 250
O J									
I E Moyenne	99	356	100	+	++	++	509 375	526 563	445 313
N T Ecart	16	71	31				8 839	81 759	19 887
T type									
2 T eau °C	10,6	18,5	20,2						
R E	50	154	106	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	296 875	303 125	287 500
E F	82	194	116	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	331 250	396 875	343 750
P F G	24	174	100	-	<i>V. a.</i>	-	321 875	343 750	392 180
O E H	32	120	154	-	<i>V. a.</i>	<i>V. a.</i>	290 625	440 625	378 910
I R									
N E Moyenne	47	161	119	-	++	++	310 156	371 094	350 585
T N Ecart	26	32	24				19 495	60 185	46 758
C type									
E T eau °C	12,3	16,5	17,2						

Tableau 3.21 : Analyses microbiologiques réalisées en 2001 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*

Aux deux autres périodes, le point côtier est également plus riche, certes dans des proportions moindres, que celui du large. Pour le point canal, un appauvrissement du milieu est noté au cours de l'année.

Sur la période 1987-2001 (figure 3.27), 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 2001, comme en 2000, il n'existe pas de différence significative entre les deux rejets qu'une tranche de la centrale soit en arrêt (avril) ou que les deux tranches fonctionnent simultanément (juillet et septembre).

La plus grande richesse du canal d'amenée en toute saison pourrait être attribuée à la position de ce point dans une zone d'influence du fond et des berges. Aucune évolution significative de ce paramètre sur le site n'est observée.

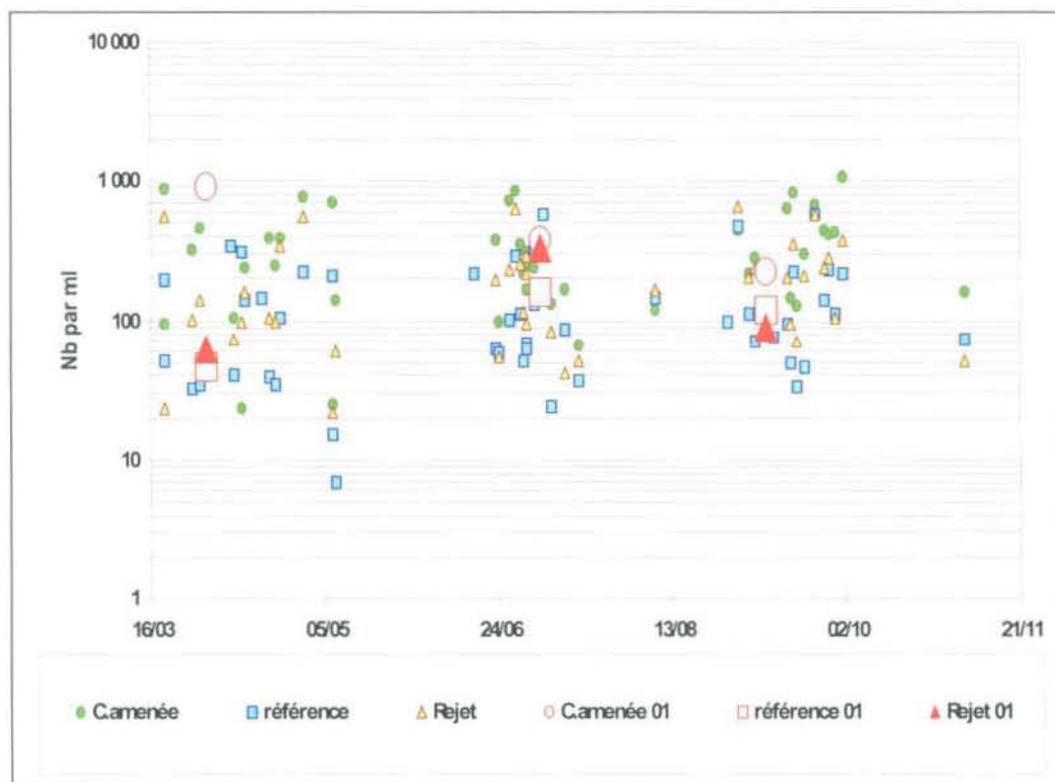


Figure 3.27 :  
Evolution des germes  
totaux de 1983 à  
2001, au droit du  
CNPE de  
Flamanville.

### 3.5.2.2 Germes colorés à l'acridine

D'avril à septembre 2001, le dénombrement microscopique des germes colorés à l'acridine orange montre une diminution des valeurs moyennes par  $\text{cm}^3$  en chaque point échantillonné (figure 3.28).

En avril et en juillet, les valeurs sont, d'une part, sensiblement plus fortes au canal d'amenée qu'aux rejets, d'autre part, beaucoup plus élevées à la côte (canal d'amenée et rejets) qu'au large (référence ; rapport de facteur cinq). En fin d'été, ce rapport n'est que de deux.

L'examen de l'évolution de ce paramètre de 1987 à 2001 montre :

- 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 est détectable depuis 1993.

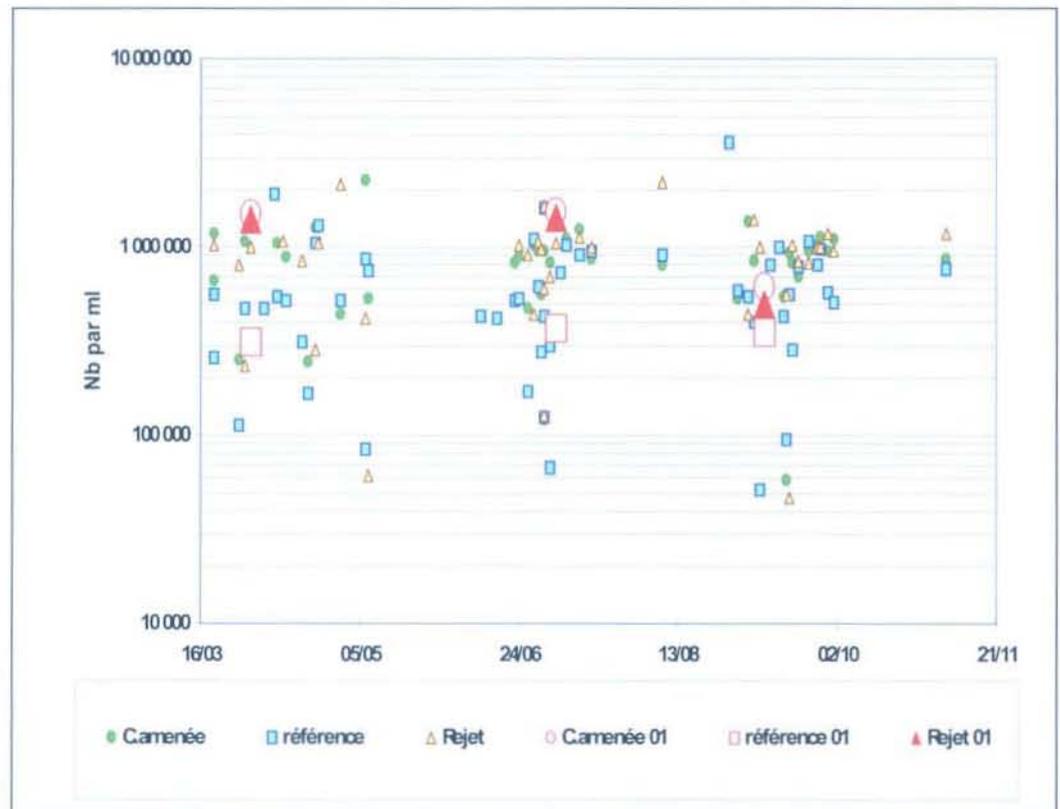


Fig. 3.28 : Evolution des germes colorés à l'acridine de 1983 à 2001 au droit du CNPE de Flamanville.

### 3.5.2.3 Vibrions halophiles

En 2001, une seule espèce de vibrions, faisant partie de la flore marine autochtone, est identifiée en avril (tableau 3.21) : *Vibrio fluvialis*. Sa présence est notée au rejet de la tranche à l'arrêt (tranche 2 ou « nord » ; température de l'eau de 10,6 °C). Ces vibrions, déjà observés au point Référence en mars 1998 (température de l'eau de 9,7 °C) et au point rejet en mars 1999 (12,3 °C), font partie de la flore locale des eaux et sédiments marins, sont pathogènes pour l'homme, pouvant en effet être la cause de gastro-entérite.

Une seconde espèce, *Vibrio alginolyticus*, est présente en tout point début juillet (température de l'eau variant de 16,5 °C au large à 19,0 °C sur le rejet le plus chaud) et en septembre (température comprise entre 17,2 °C au large et 20,2 °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, serait pathogène pour l'homme, pouvant provoquer des otites et des septicémies.

### 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. 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<sup>-1</sup>, avec une moyenne de 25 µg.l<sup>-1</sup>. 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 1<sup>er</sup> avril. Le 6 juillet, 983 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 1, soit une concentration de 0,270 mg de chlore par litre d'eau de mer. De même, le 9 septembre, 983 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de chaque tranche 2, soit une concentration identique de 0,270 mg de chlore par litre d'eau de mer.

Les échantillons réalisés en 2001 (tableau 3.22) n'ont pas permis la détection d'un seul des quatre trihalométhanes.

Le même constat est fait depuis 1997. Signalons que du bromoforme fut détecté au point rejet en septembre 1995 (6 µg.l<sup>-1</sup>) et en juin 1996 (traces).

Tableau 3.22 :  
Analyses des  
trihalométhanes en  
2001 sur le site du  
C.N.P.E. de  
Flamanville

Trihalométhanes 2001	Limite de détection	Canal d'amenée	Rejet N	Rejet S	Référence
1 avril					
Chloroforme	1	(/)	A l'arrêt	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	<i>id.</i>	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	<i>id.</i>	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	<i>id.</i>	(/)	(/)
6 juillet					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)
9 septembre					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)

Résultats exprimés en microgrammes par litre

(/) = composé non détecté

(R) = Traces

### 3.7 BORE

Les circuits d'eau de la centrale doivent répondre à des spécifications chimiques très strictes qui sont respectées en ajoutant à l'eau déminéralisée des produits de conditionnement. Parmi ceux-ci, l'acide borique ( $H_3BO_3$ ) est utilisé dans l'eau du circuit primaire en tant qu'absorbant neutronique pour compenser les variations lentes de réactivité. Le rejet dans le milieu marin (15 tonnes en 1998, moins de 11 en 1999, 600 Kg en 2000) se fait par l'intermédiaire des effluents radioactifs liquides (230 000 m<sup>3</sup> en 1998, 247 000 m<sup>3</sup> en 1999, 193 000 m<sup>3</sup> en 2000) en conformité aux normes fixées par la réglementation (40 tonnes d'acide borique selon les termes de l'arrêté ministériel du 11 mai 2000 ; pour 98 tonnes antérieurement).

Dans le cadre des nouvelles dispositions prises par l'arrêté ministériel du 11 mai 2000, la première détermination dans le milieu marin de la concentration en bore a été réalisée au cours de la campagne du 4 septembre 2000.

Les prélèvements sont réalisés dans des flacons en polyéthylène de 250 ml. Ils sont conservés en glacière jusqu'au laboratoire.

Les analyses sont réalisées en dosage direct par ICP – optique à la longueur d'onde de 249,773 nm.

Les résultats (tableau 3.23) sont exprimés en mg/l de Bore (B). Ceux obtenus sur ce site en septembre 2000 y sont mentionnés, pour rappel.

La composition normale d'acide borique dans l'eau de mer est de 25,6 mg.l<sup>-1</sup>, soit pour le Bore d'environ 4 mg.l<sup>-1</sup>.

Un essai inter laboratoire national a été réalisé en janvier 1987 afin de comparer la répétitivité et la reproductibilité des méthodes sur un même échantillon. L'écart-type obtenu est de 0,06 mg.l<sup>-1</sup> pour la répétitivité, et 0,18 mg.l<sup>-1</sup> pour la reproductibilité.

Compte-tenu de cette incertitude propre à la mesure, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs observées aux quatre points de mesure tant en septembre 2000 qu'au cours de l'année 2001. Notons les valeurs extrêmes : 5,26 mg.l<sup>-1</sup> au point référence (donc hors zone d'impact) en avril ; 3,86 mg.l<sup>-1</sup> et 4,28 mg.l<sup>-1</sup> aux deux rejets en juillet. Mis à part l'optimum d'avril au point référence, ces valeurs correspondent à la teneur normale du bore dans l'eau de mer.

L'analyse du bore ayant été également réalisée sur le site de Paluel (Manche Est) en 2001, les valeurs obtenues y sont du même ordre de grandeur tant en chaque point qu'en chaque période. Les écarts s'expliqueraient, en partie, par les variations des salinités.

En l'absence d'une série long terme sur ce paramètre, on ne peut faire d'autre interprétation.

<b>4 septembre 2000</b>	Rejet SUD	Rejet NORD	CANAL AMENEE	REFERENCE
Mesure n°1	4,38	4,41	4,41	4,52
Mesure n°2	4,40	4,37	4,39	4,50
Mesure n°3	4,34	4,42	4,47	4,55
Mesure n°4	4,43	4,41	4,49	4,49
<b>Moyenne</b>	<b>4,39</b>	<b>4,40</b>	<b>4,44</b>	<b>4,52</b>
	4,40			
Salinité (g/l)	35,11		34,86	34,90
<b>1 avril 2001</b>	Rejet SUD	Rejet NORD	CANAL AMENEE	REFERENCE
Mesure n°1	5,21	4,73	5,06	4,88
Mesure n°2	4,71	5,23	4,7	5,06
Mesure n°3	-	-	-	5,62
Mesure n°4	-	-	-	5,49
<b>Moyenne</b>	<b>4,96</b>	<b>4,98</b>	<b>4,88</b>	<b>5,26</b>
	4,97			
Salinité (g/l)	34,4		34,3	34,4
<b>6 juillet 2001</b>	Rejet SUD	Rejet NORD	CANAL AMENEE	REFERENCE
Mesure n°1	4,41	3,76	4,17	4,44
Mesure n°2	4,14	3,95	4,50	4,64
Mesure n°3	-	-	-	4,74
Mesure n°4	-	-	-	4,47
<b>Moyenne</b>	<b>4,28</b>	<b>3,86</b>	<b>4,34</b>	<b>4,57</b>
	4,07			
Salinité (g/l)	34,4		34,4	34,4
<b>9 septembre 2001</b>	Rejet SUD	Rejet NORD	CANAL AMENEE	REFERENCE
Mesure n°1	4,82	4,77	4,60	4,39
Mesure n°2	4,70	4,81	4,77	4,50
Mesure n°3	-	-	-	4,53
Mesure n°4	-	-	-	4,56
<b>Moyenne</b>	<b>4,76</b>	<b>4,79</b>	<b>4,69</b>	<b>4,50</b>
	4,78			
Salinité (g/l)	35,0		35,0	34,9

Tableau 3.23 :  
Analyses du Bore  
de septembre 2000  
à septembre 2001  
à Flamanville

### 3.8 M.E.S.

Conformément aux termes de l'arrêté ministériel du 11 mai 2000, l'analyse des matières en suspension est réalisée en 2001.

Les échantillons d'un litre d'eau de mer sont filtrés sur filtres Millipore en acétate de cellulose de 0,45  $\mu\text{m}$  de diamètre de pores et de poids connu. Les colonnes de filtration sont rincées avec une solution de formiate d'ammonium afin d'éliminer les sels. La différence de poids des filtres, après passage à l'étuve à 60 °C pendant 24 heures et pesée sur une balance Mettler au 1/100 mg, est corrigée par un filtre témoin et représente la quantité totale de matière en suspension, minérales et organiques. En tenant compte des erreurs de manipulation, la précision est estimée à 0,5 mg.

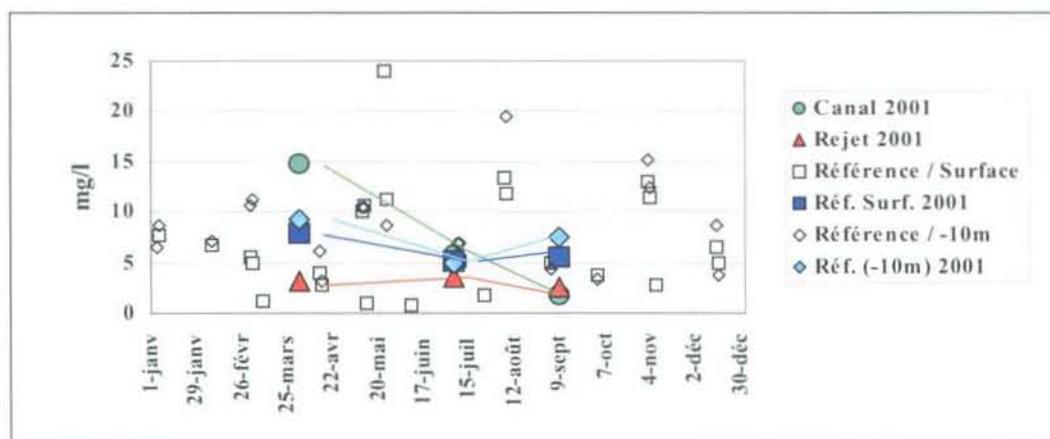
Les résultats obtenus, exprimés en  $\text{mg.l}^{-1}$ , sont présentés dans le tableau 3.24.

Tableau 3.24 : M.E.S. observées à Flamanville en 2001 (en  $\text{mg.l}^{-1}$ )

2001	1 avril	6 juillet	9 septembre
Canal d'aménée	14,80	5,70	1,80
Rejet	3,20	3,60	2,50
Référence/surface	7,90	5,20	5,60
Référence/-10 m	9,30	4,90	7,40

Ces résultats sont comparés à ceux acquis sur ce site de juillet 1976 à mai 1977, puis en 1983 (figure 3.29).

Figure 3.29 : Comparaison des données de MES acquises en 2001 à celles enregistrées antérieurement sur ce site.



Les matières en suspension varient très irrégulièrement et montrent des écarts importants entre les valeurs extrêmes : 24,09  $\text{mg.l}^{-1}$  en mai 1977 au large ; 1,20  $\text{mg.l}^{-1}$  en mai 1983 à la côte.

La grande variabilité des valeurs de matières en suspension s'explique, d'une part, par les conditions de marée (variation des coefficients), d'autre

part par les conditions météorologiques (variation de la force et de la direction du vent).

Les valeurs enregistrées en 2001 sont comprises dans la gamme des valeurs déjà obtenues. Notons toutefois les valeurs observées au rejet tant en avril qu'en juillet, inférieures à celles enregistrées au niveau du canal d'amenée.

## 4 Le domaine benthique

*Etude et rapport réalisés à l'Ifremer par*

*Luc Drévès*

*avec la collaboration,  
pour les prélèvements et les analyses,  
de*

<i>Chantal</i>	<i>Abernot – Le Gac (DEL/SR)</i>
<i>Jean-Pierre</i>	<i>Annézo (DEL/SR)</i>
<i>Jean-Dominique</i>	<i>Gaffet (DEL/EC)</i>



## 4.1 PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La population de *Fucus serratus* du platier de Diélette (figures 1.7 et 4.1), située au nord de la Centrale électronucléaire de Flamanville dans la zone d'influence de la tache thermique, fait l'objet d'une surveillance depuis 1977. Étudiée une première fois d'août 1977 à août 1978, elle est suivie en continu depuis mars 1983, en fin d'hiver et en fin d'été. 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 d'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, 1999, 2000 et 2001. Le baguage systématique d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 permet ainsi 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.

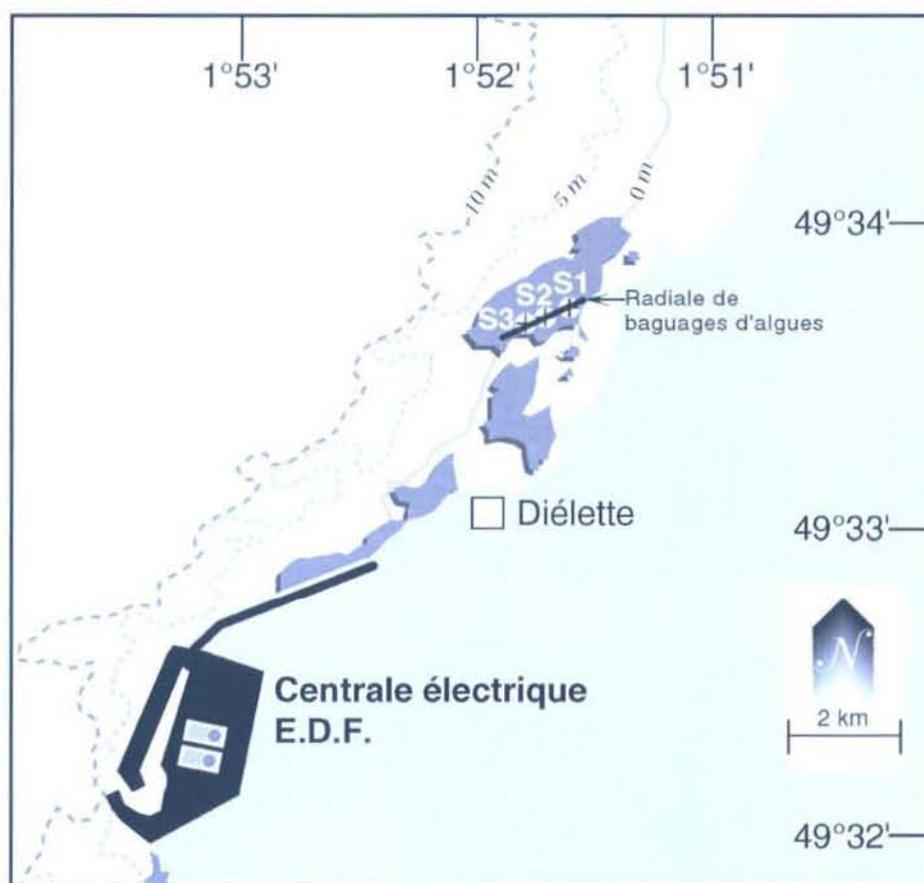


Figure 4.1 :  
Flamanville - Platier  
de Diélette  
S1, S2 et S3 =  
secteurs d'étude de  
*Fucus serratus*

#### 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 ( $\phi$ ) 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 m<sup>2</sup>.

Le stock de *Fucus serratus* évalué en 2001 (Figure 4.2) se situe, en poids sec, entre  $40 \pm 63$  g (secteur 1) et  $138 \pm 87$  g (secteur 2) en mars,  $45 \pm 57$  g (secteur 1) et  $367 \pm 333$  g (secteur 2) en septembre. Le stock moyen global sur le platier peut ainsi être estimé, sur la même unité de surface, à 101 g en mars et 211 g en septembre. Les moyennes saisonnières relevées sur la période 1983/2001 sont 129 g en fin d'hiver et 342 g en fin d'été.

L'accroissement de la biomasse de cette population algale est observé, ce qui est normal, entre mars et septembre.

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.

Cette sensible augmentation, enregistrée sur la période 1993/1994, permet de dépasser la moyenne saisonnière. A partir de 1995, les variations sont aléatoires selon les années (faibles en 1996 et 1997) et les saisons (normale en mars 1999 et faible en septembre de la même année).

Les fluctuations du stock de *Fucus serratus* sont plus importantes en septembre qu'en mars. Tous secteurs confondus, la dépopulation générale de la ceinture à *Fucus serratus* du platier de Diélette est forte entre 1983 et 1992. De 1993 à 2000, la tendance générale s'est inversée, permettant d'observer un niveau avoisinant les moyennes saisonnières connues sur ce site. En 2001, le stock est faible, surtout en fin d'été.

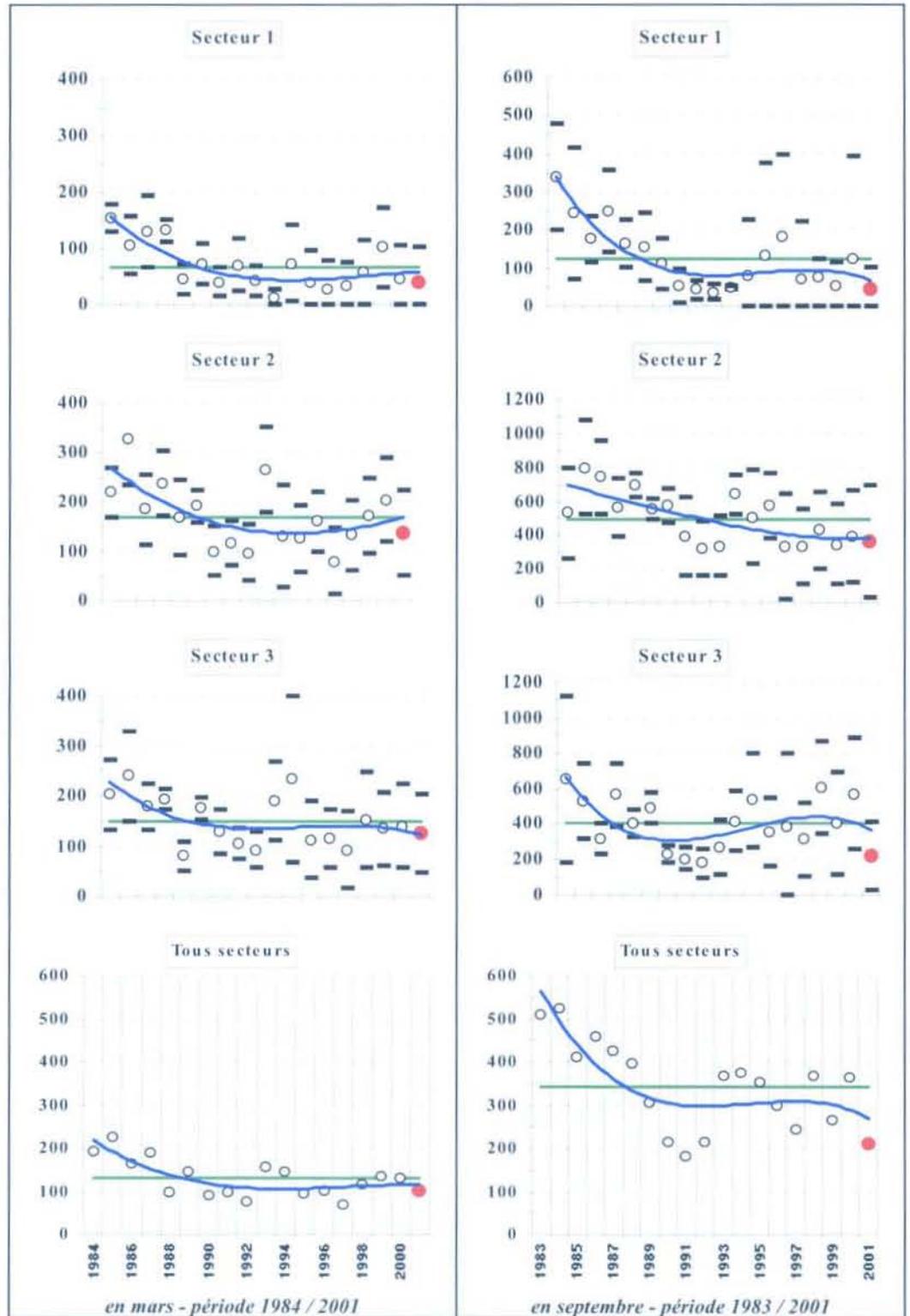


Figure 4.2 :  
Evolution du poids  
sec de *Fucus serratus*  
(en g/0,25 m<sup>2</sup>).  
Moyenne et écart-  
type, comparés au  
stock moyen estimé  
sur la totalité de la  
période  
(Les résultats 2001 sont  
repérés en rouge)

#### 4.1.2.2 Dénombrement des algues baguées

Le taux de dépopulation au bout des 6 premiers mois de l'année 2001 est de 27 %, inférieur pour la quatrième année consécutive au taux moyen enregistré depuis 1983 (39 %). Les valeurs extrêmes ont été observées en 1999 (19 %) et 1989 (54 %).

Le taux moyen de dépopulation est de 71 % au bout d'un an, et 95 % au bout de deux ans. Il n'est pas possible de faire la part du phénomène naturel (vieillesse des algues, effets des tempêtes) de celle de l'action humaine (arrachage lors de pêche à pied).

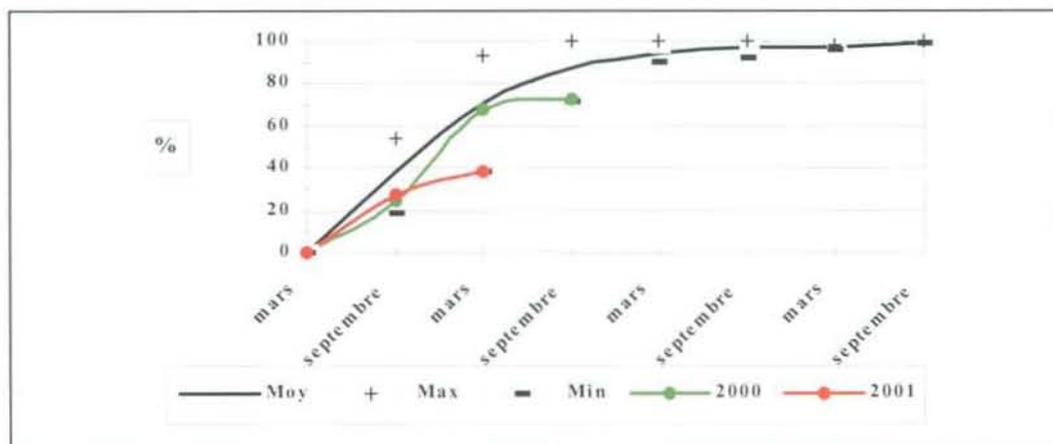


Figure 4.3 :  
dépopulation, en  
pourcentage, des  
individus bagués

#### 4.1.2.3 Biométrie des algues baguées (Figure 4.4)

- **Nombre de dichotomies.**

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

Par la suite, ce nombre croît régulièrement de mars 1994 (16,7) à mars 1995 (18,2). La baisse observée en septembre 1995 du nombre de dichotomies (16,6) est confirmée en mars 1996 (10,0). La valeur observée en septembre 1996 (15) avoisine la moyenne (16) sur ce site. Les valeurs observées de 1998 (19 et 20) à 2001 (19 et 22) montrent une sensible augmentation.

- **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 (6,4 mm). Cet accroissement du diamètre moyen est à lier à celui de la longueur moyenne

des thalles. En 2001, les valeurs moyennes sont identiques en mars et en septembre (6,6 mm)

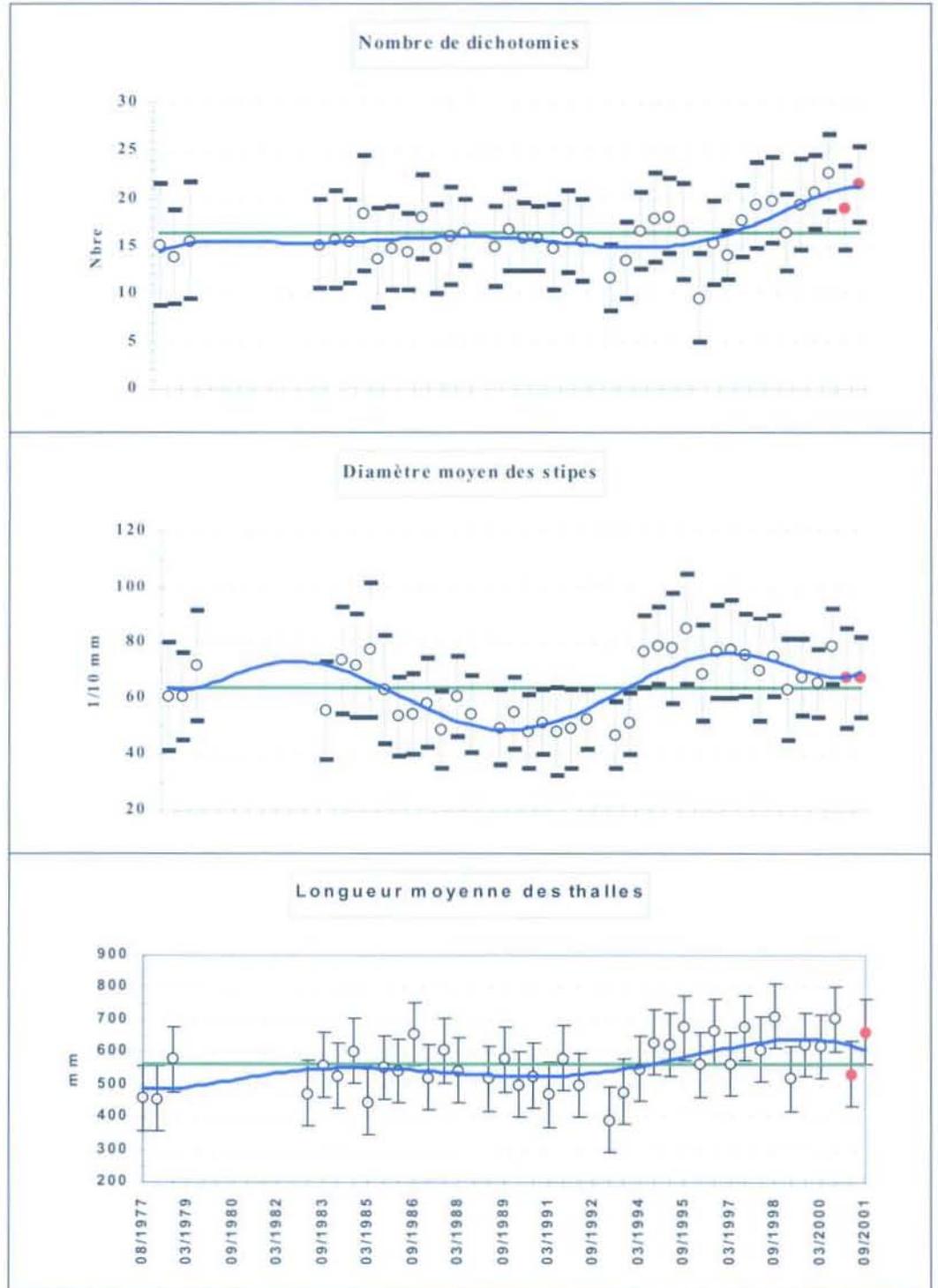


Figure 4.4 : Evolution saisonnière des paramètres mesurés chez *Fucus serratus* à Diélette (moyenne et écart-type par rapport à la mesure moyenne estimée de 1977 à 2001. La courbe de tendance (polynômial) est mentionnée à titre indicatif.

- **Longueur des thalles.**

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

L'observation des données de longueurs moyennes acquises depuis 1977 ne permet pas, pour l'instant, de conclure à une évolution significative de ce paramètre en relation avec le fonctionnement de la Centrale. Notons depuis 1994 une tendance à une augmentation des longueurs moyennes aux deux périodes d'observations, même si cette augmentation est moindre en 2001.

#### 4.1.2.4 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 2001 est de 61 % 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 21 %. 84 % des 73 individus retrouvés en juin sont fertiles, avec un taux moyen de fertilité du lot de 32 %. Pour les 62 pieds examinés en septembre, les pourcentages sont respectivement 94 % et 27 %.

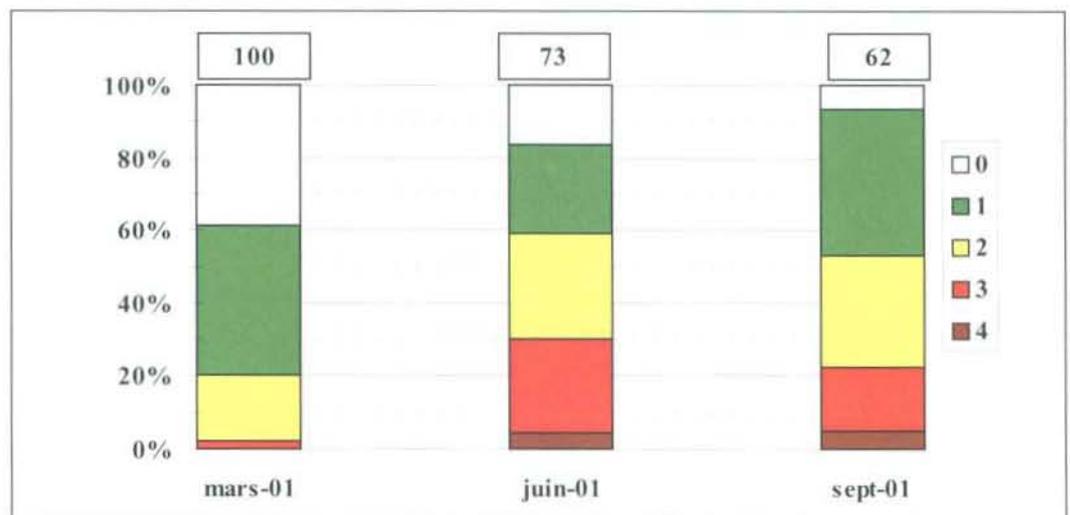


Fig. 4.5 :  
Evolution de la  
fertilité des pieds  
de *Fucus serratus*  
bagués en 2001.

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). Les pieds de *Fucus serratus* possèdent des conceptacles renfermant des organes mâles ou femelles, selon les individus, plus ou moins fertiles tout au long de l'année.

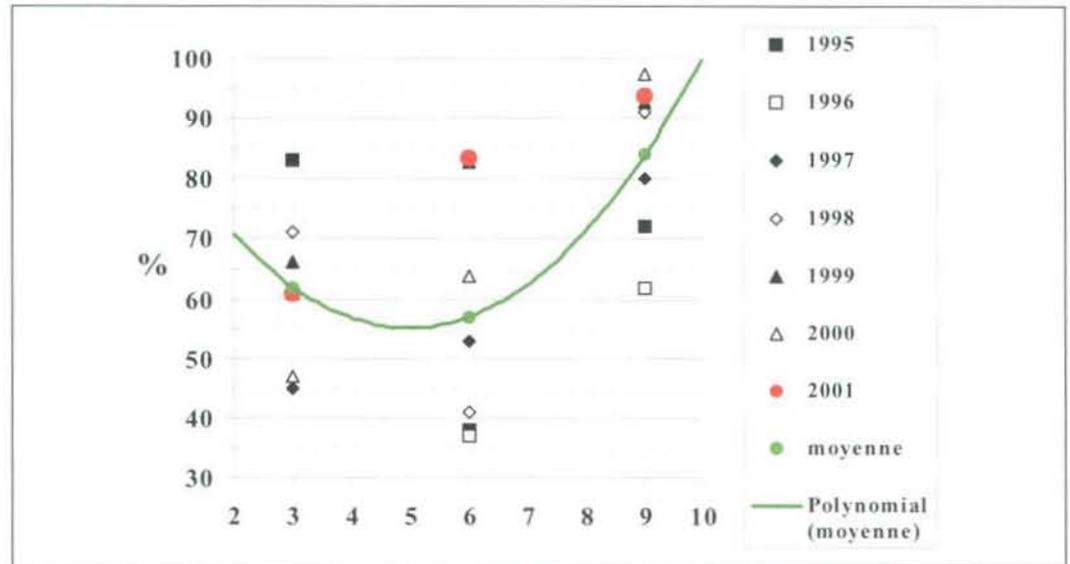


Fig. 4.6 : Evolution de la fertilité de *Fucus serratus* depuis 1993

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 des trois dernières années, le nombre de pieds fertiles est faible ; ceux qui le sont présentent des réceptacles défoliés.

Les années 1999, 2000 et 2001 se caractérisent 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.

Fig. 4.7 :  
Evolution  
saisonnnière du  
taux de fertilité de  
*Fucus serratus*  
depuis 1995



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 INTERTIDEAUX

Le développement des peuplements animaux de mode battu traduit la forte intensité des actions hydrodynamiques de ce secteur côtier. Au cap de Flamanville, constitué d'une succession d'éperons rocheux granitiques, les peuplements sont essentiellement représentés par une ceinture de cirripèdes à *Balanus balanoides*.

Les cirripèdes, balanes ou anatifes, font partie de la classe des crustacés. Ces crustacés très particuliers ont la particularité de se fixer au terme de leur vie larvaire. L'éclosion des œufs, qui incubent à l'abri de la muraille (cas des balanes) ou du capitulum (cas des anatifes), donne naissance à des larves nageuses de type nauplius. Ces dernières se transforment en cypris qui, au bout de quelques semaines se fixent sur un support spécifique (rochers, épaves, coques de bateau, etc.) et à un niveau bathymétrique spécifique.

### • Habitat

Les larves se fixent sur tout support disponible non encore colonisé. Les zones battues, peu propices au développement des macroalgues, se prêtent particulièrement bien à leur fixation.

- **Reproduction**

Les individus sont hermaphrodites. Après maturation des œufs à l'intérieur de la muraille, les larves sont libérées dans le milieu marin. Leur fixation sur le substrat varie selon les espèces : fin d'hiver, courant de printemps pour les balanes ; fin d'été pour les chthamales.

- **Alimentation**

Les crustacés cirripèdes sont des microphages. Ils se nourrissent de fines particules qu'ils filtrent grâce à leurs appendices transformés en cirres.

- **Croissance**

Comme pour tous les crustacés, leur croissance s'effectue par mues successives, tout au moins pour les organes internes.

- **Prédation**

Les populations de balanes subissent la prédation de mollusques gastéropodes (pourpres, etc.), de l'avifaune, etc.

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).

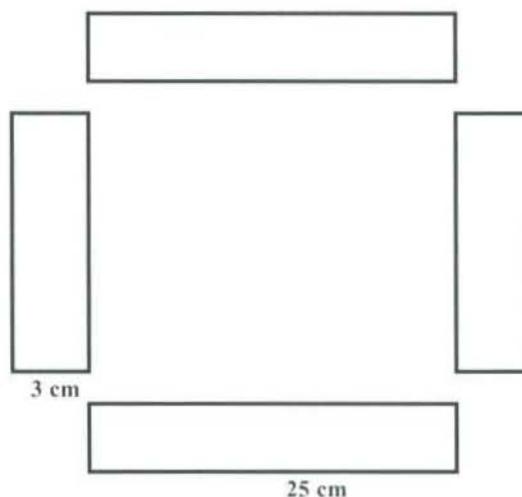
#### 4.2.2 Méthodologie

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 m<sup>2</sup> (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 (75 cm<sup>2</sup>) 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 (3 cm x 25 cm). La disposition des quatre quadrats est représentée dans le schéma ci-dessus.

**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 1983-2001 ; de 1 à 50 individus par 75 cm<sup>2</sup>), concerne en priorité les espèces *Chthamalus montagui*, *Chthamalus stellatus*, et *Elminius modestus*. La recolonisation observée entre septembre et mars (2 % ; de 1 à 90 individus par 75 cm<sup>2</sup>) n'est en fait que la fin du recrutement estival intervenu après les observations effectuées en septembre précédent.

Les comptages réalisés en mars 2001 (tableau 4.1) sur les séries de quadrats de 75 cm<sup>2</sup> (3 cm x 25 cm) nous ont permis :

- de quantifier le recrutement automno-hivernal (faible) par comptage de quelques adultes fixés depuis le 15 septembre 2000 ;
- d'observer quelques cypris et quelques jeunes individus métamorphosés.

Tableau 4.1 : Nombre de cirripèdes métamorphosés par 75 cm<sup>2</sup> en mars 2001.

Comptages réalisés les 19 et 20 mars 2001	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Rt automno-hivernal	3 ± 0	7 ± 4	3 ± 2	4 ± 3

Les comptages réalisés en juin, présentés dans le tableau 4.2 suivant, permettent de quantifier l'importance du recrutement printanier.

Tableau 4.2 : Bilan du recrutement printanier par 75 cm<sup>2</sup> en 2001.

Comptages réalisés les 6 et 7 juin 2001	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Recrutement printanier	109 ± 69	670 ± 71	492 ± 26	376 ± 95

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). En tout point, le recrutement 2001 se situe aux abords immédiats de la courbe de tendance obtenue sur la période 1983-2001.

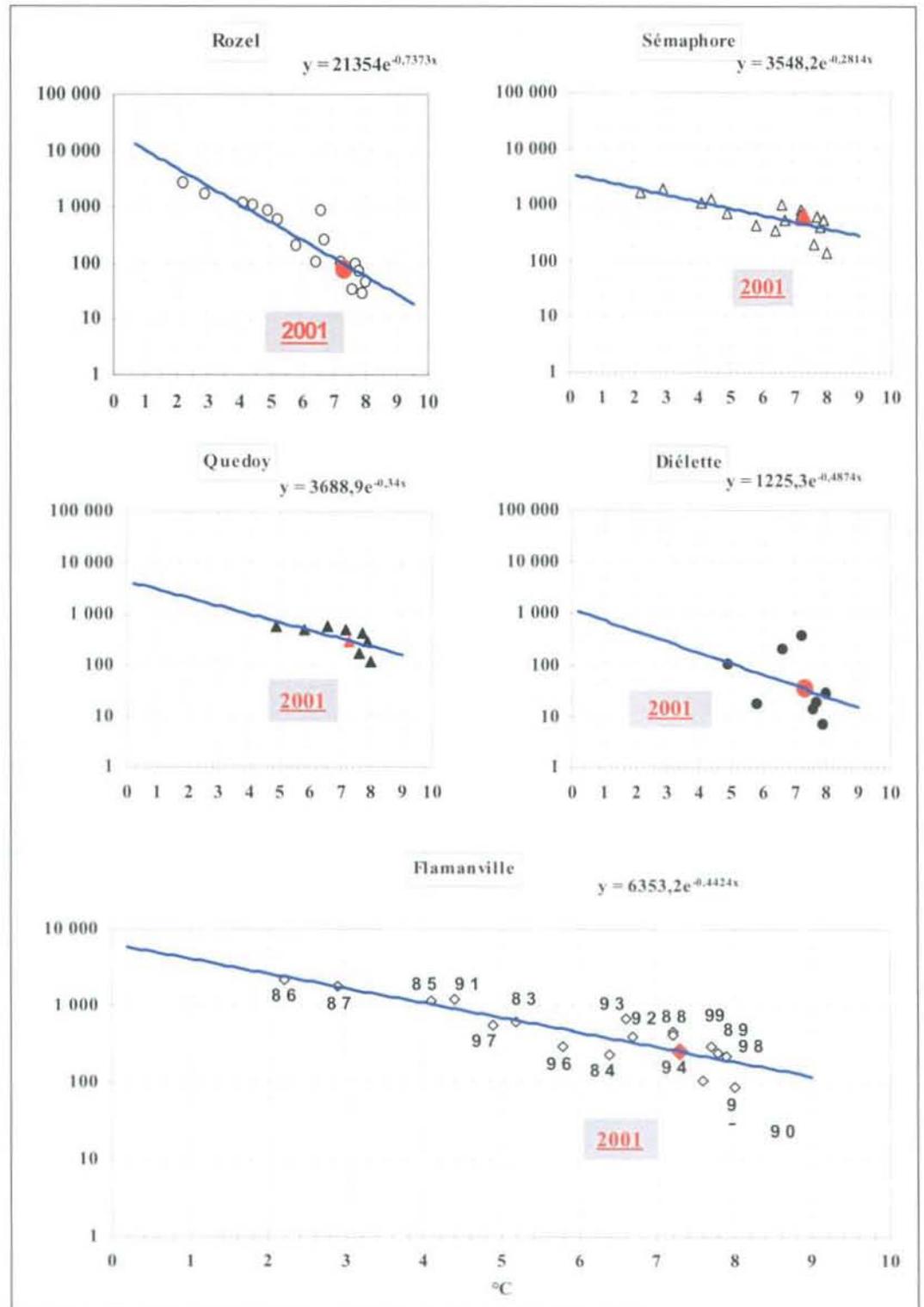


Figure 4.8 :  
Recrutement printanier  
des crustacés cirripèdes  
aux abords de  
Flamanville (nombre  
d'individus par 75 cm<sup>2</sup>,  
exprimé en fonction de  
la température  
mensuelle moyenne de  
l'air du mois le plus  
froid de l'hiver [°C])

#### 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 2001  
(nombre d'individus  
par m<sup>2</sup>)

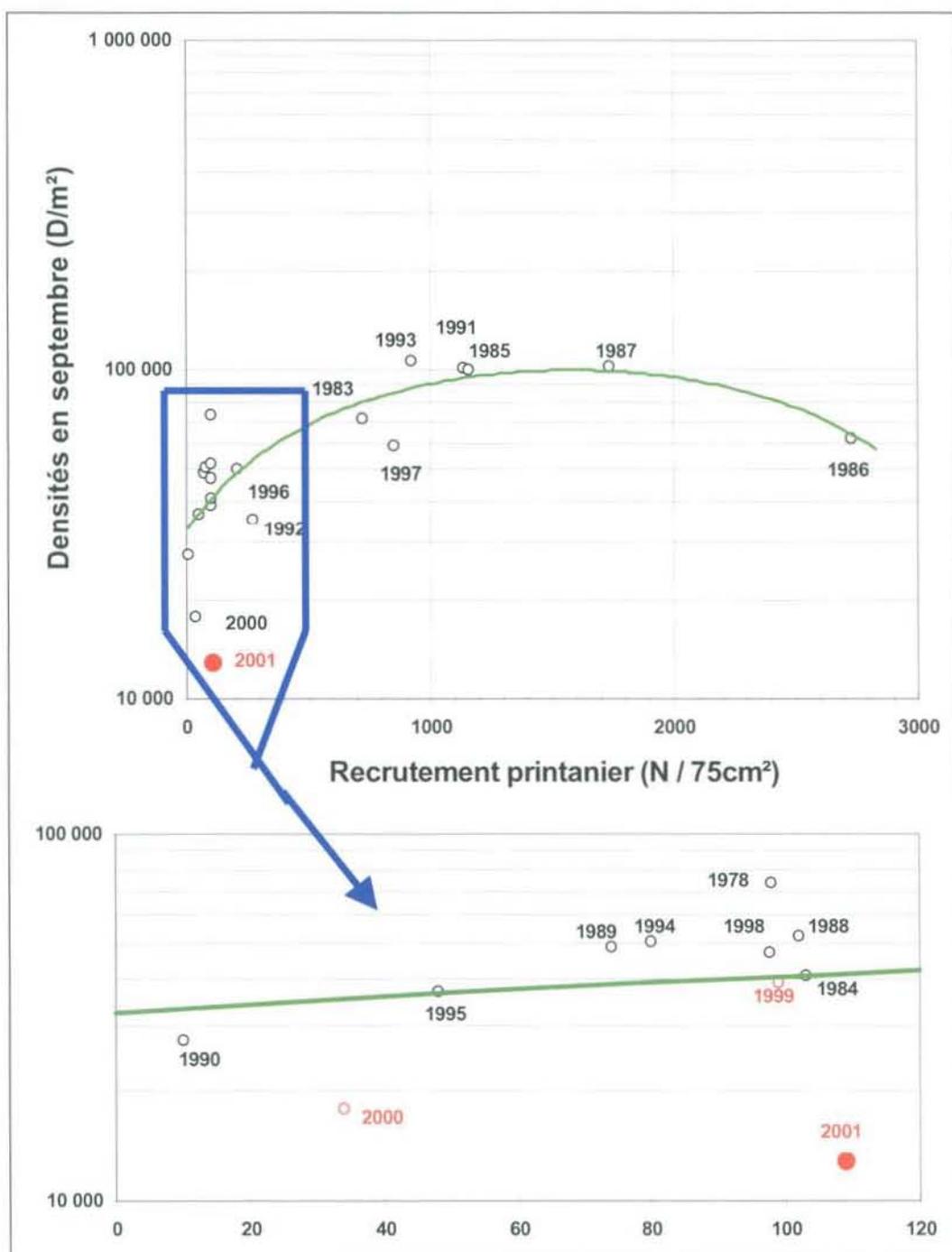
Septembre 2001		Densité par strate	Surface occupée du substrat en %	Densité moyenne
Rozel	Point 1	10 967	20	2 193
Rozel	Point 2	23 300	55	12 815
Rozel	Point 3	39 900	55	21 945
Rozel	Point 4	45 733	100	45 733
Flamanville	Sem sup	33 867	100	33 867
Flamanville	Sem inf	39 333	100	39 333
Flamanville	Quédoy	31 511	100	31 511
Flamanville	Diélette	14 067	30	4 220

Pour la troisième année consécutive, la surface rocheuse colonisée par les crustacés cirripèdes est faible, tant à la pointe du Rozel qu'à Diélette. Seuls les deux stations en contrebas du cap de Flamanville sont colonisées 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 %).

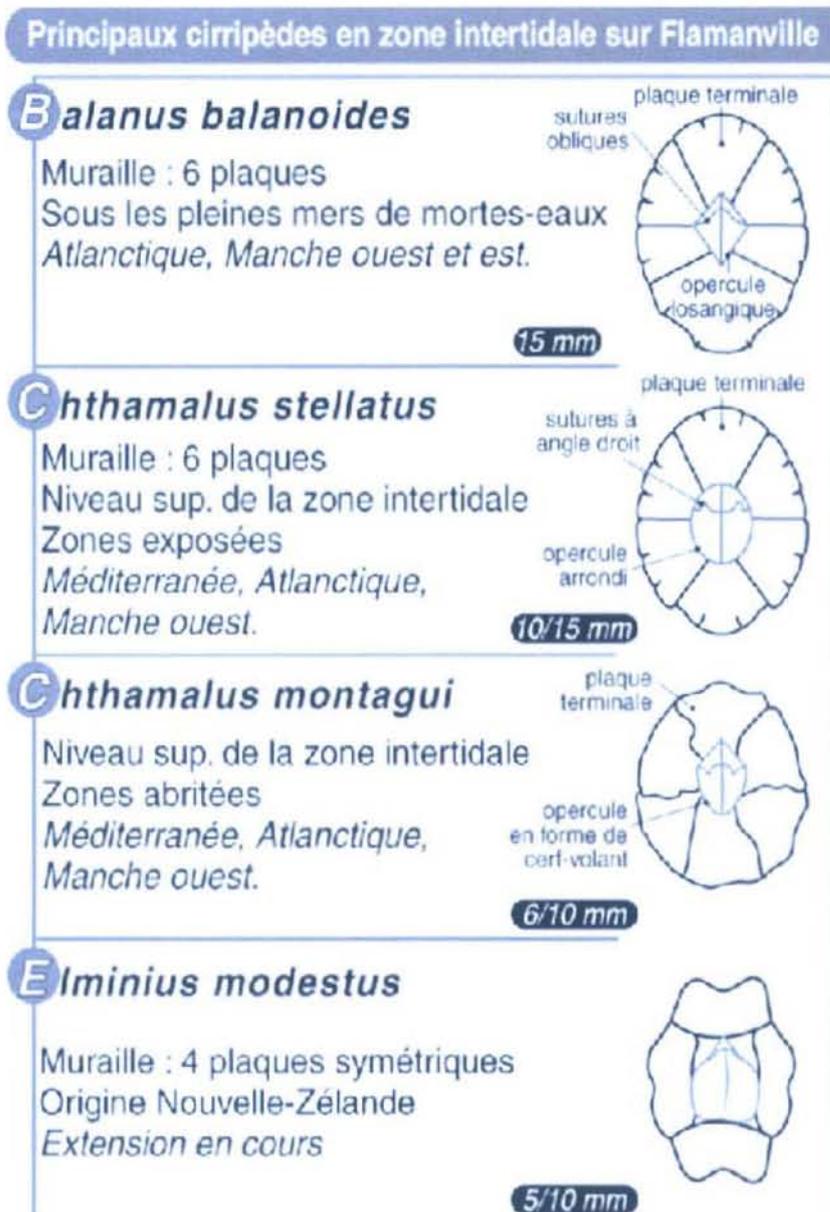
Tableau 4.4 :  
Densités globales de  
cirripèdes depuis  
1977 (nombre  
d'individus par m<sup>2</sup>)

	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
2000	27 655	44 850	28 500	5 820
2001	20 672	36 600	31 511	4 220
Moy. 1993/2001	41 725	52 477	46 171	34 751

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 4.9). En 2001, comme en 2000, les densités observées sont faibles. Elles résultent des faibles recrutements printaniers successifs.



Les proportions des différentes espèces de cirripèdes sont calculées à chaque point. Au niveau du domaine intertidal de ce secteur du nord-ouest Cotentin, quatre espèces sont en compétition pour l'espace, à savoir :



Les variations des pourcentages (figures 4.10 et 4.11) et des densités (figure 4.12) respectifs de ces quatre espèces se répercutent principalement sur *Balanus balanoides*.

A la pointe du Rozel, le faible recrutement du printemps 2001, succédant aux recrutements également faibles de 1998 à 2000, se traduit par une diminution des densités en place en fin d'été. Cette baisse se répartit quasi

identiquement sur les quatre espèces. Les proportions varient donc faiblement. A noter une sensible augmentation des Chthamales.

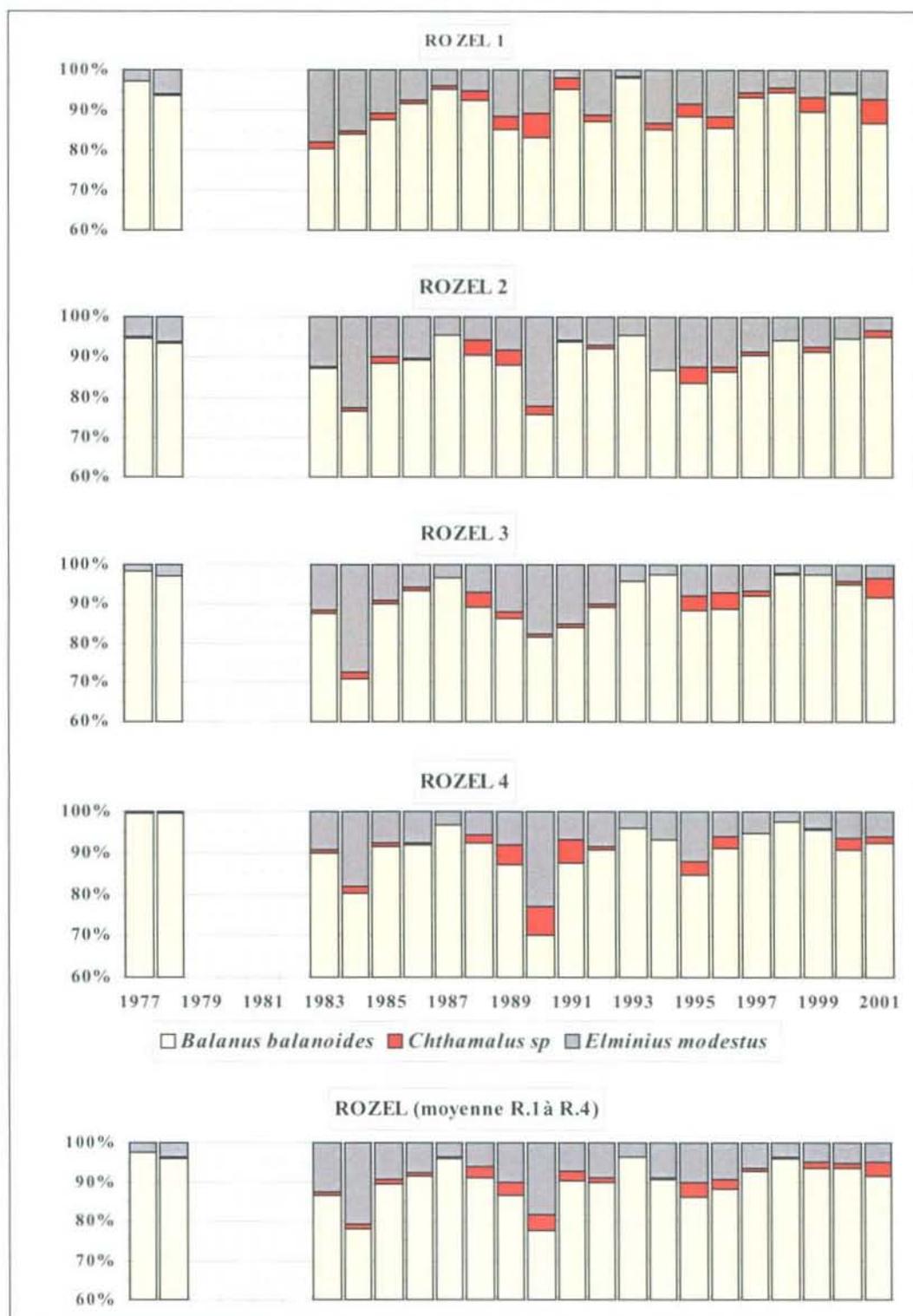


Figure 4.10 : Evolution, en %, des quatre espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel depuis 1977. (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

Au cap de Flamanville, la baisse des densités affecte différemment *Balanus balanoides*. Son importance en pourcentage croît au niveau de la station du sémaphore, décroît dans l'anse de Quédoy et à Diélette. Dans ces derniers cas, ceci se fait à l'avantage exclusif des Chthamales.

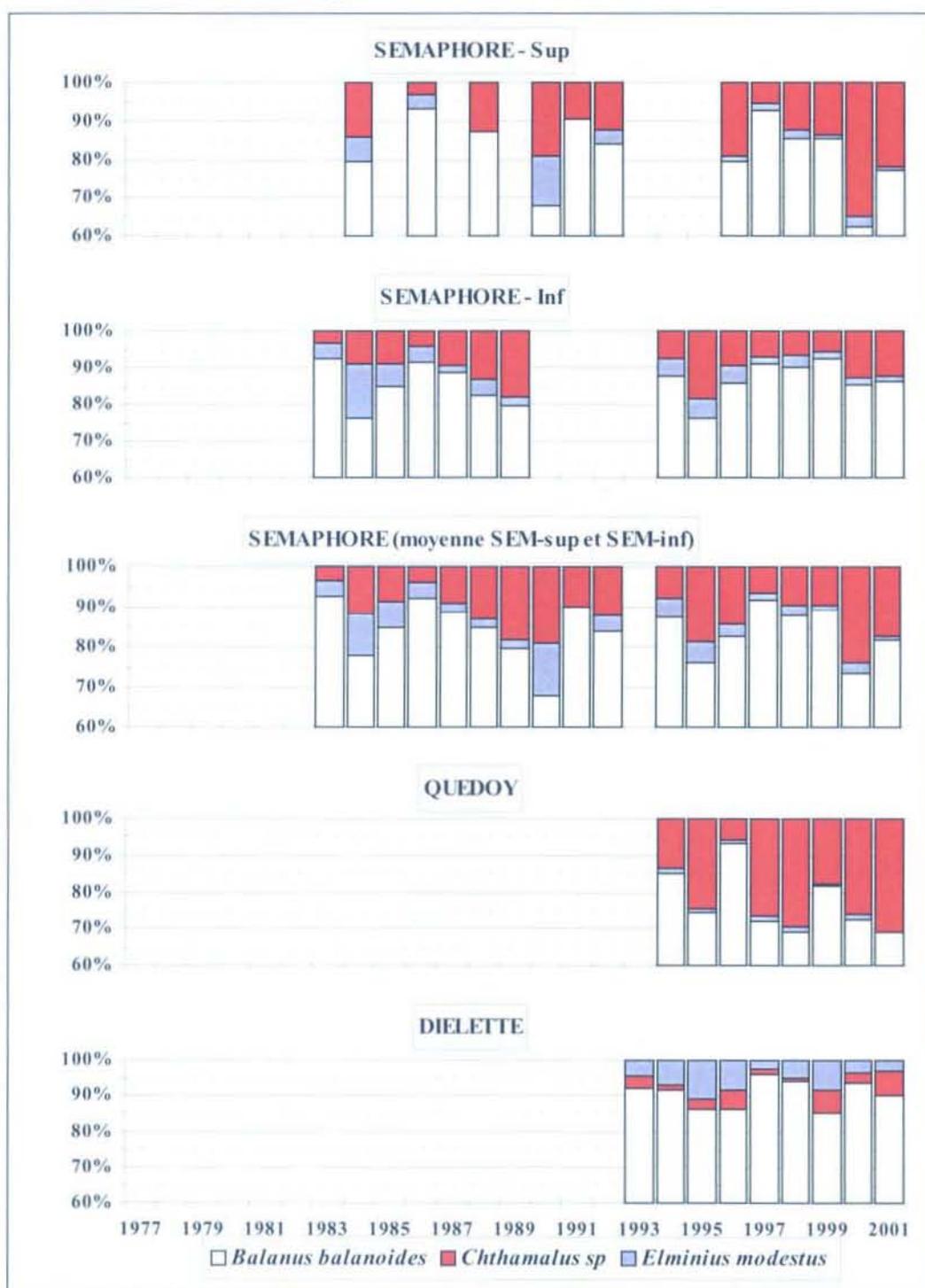


Figure 4.11 :  
Evolution, en %, des  
quatre espèces de  
cirripèdes au cap de  
Flamanville depuis  
1983.  
(Les deux espèces de  
Chthamales ont été  
regroupées au niveau  
du genre.)

Au niveau des densités, le constat principal a trait, dans un contexte de décroissance des effectifs globaux (exception faite à Quédoy), au maintien des densités de *Chthamales* au sémaphore, à leur augmentation dans l'anse de Quédoy. Ces deux stations se distinguent des autres (Rozel et Diélette) par leur proximité de la centrale et par la nature granitique du substrat.

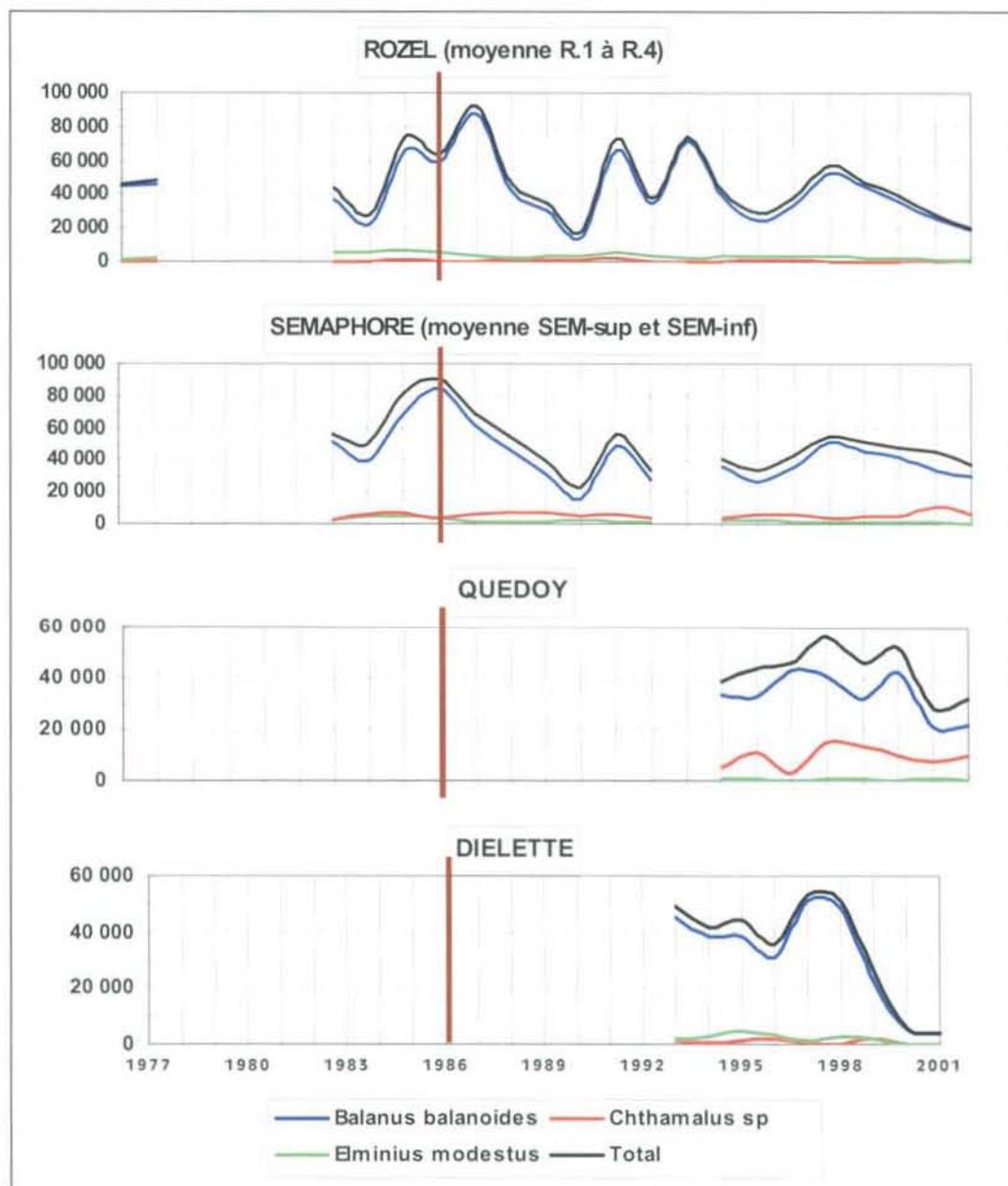


Figure 4.12 :  
Evolution, en  
nombre d'individus  
par m<sup>2</sup>, des densités  
des quatre espèces  
de cirripèdes depuis  
1983.

De même que le recrutement printanier de *Balanus balanoides* est proportionnel à la rigueur de l'hiver (figure 4.8), 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 4.13).



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 en fonction de l'élévation de la température moyenne annuelle de l'air, tant au cap de Flamanville qu'à la pointe du Rozel. L'augmentation semblerait plus importante dans l'anse de Quédoy, point le plus proche de la centrale. Il faut toutefois être prudent au regard de la série d'observations (8 années) par comparaison à celles à notre disposition tant en contrebas du sémaphore (19 années) qu'à la pointe du Rozel (21 années). En tout état de cause, l'impact des variations météorologiques (température de l'air) semble donc dominant, par rapport aux variations de la température de l'eau par exemple, pour les fluctuations d'abondance des cirripèdes du genre Chthamale dans ce secteur de l'ouest-Cotentin.

#### 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 m<sup>2</sup> des  
différentes espèces  
de mollusques

Septembre 2001	PATE sp	LITT SAX	LITT NER	GIBB PEN	GIBB UMB	THAI LAP	OCEN ERI	LASE RUB	MODI BAR
ROZEL 1	24	49	18	2	6	0	0	1	0
ROZEL 2	13	183	20	0	0	0	0	64	0
ROZEL 3	24	145	13	0	0	0	0	348	0
ROZEL 4	76	268	28	0	0	0	0	1576	20
Moy. 1-4	34	161	20	1	2	0	0	497	5
Sémaphore sup	64	972	184	0	0	0	0	520	0
Sémaphore inf	8	1176	100	0	0	0	0	480	16
Moy	36	1074	142	0	0	0	0	500	8
Quédoy	96	164	164	0	0	0	0	16	0
Diélette	30	13	1	0	0	0	0	0	0

PATE sp = *Patella sp*

LITT NER = *Littorina neritoïdes*

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 4.14). Cette tendance est à rapprocher de 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.

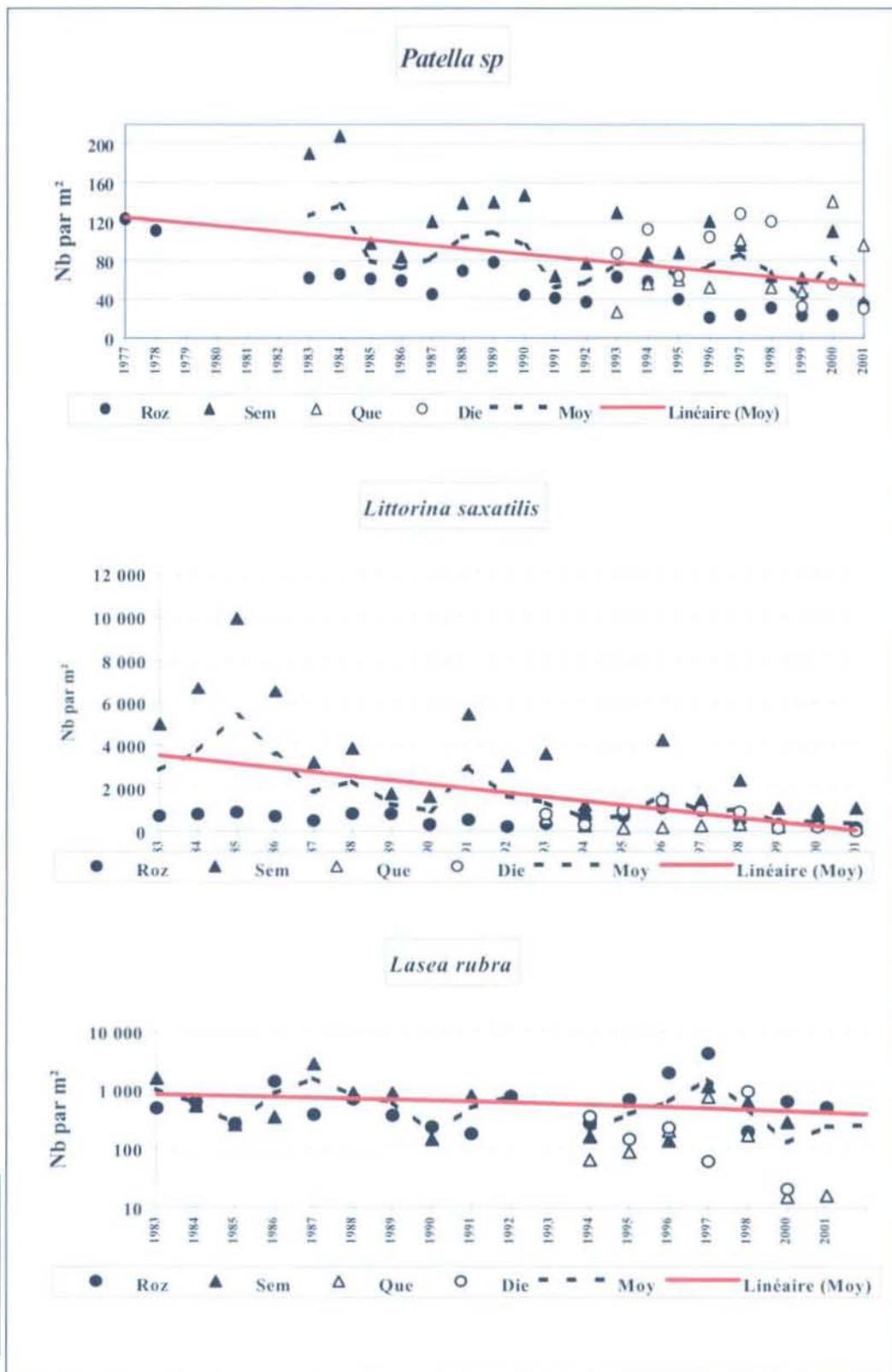


Figure 4.14 : Evolution des densités de quelques mollusques présents dans le peuplement des crustacés cirripèdes.

## 5 Le domaine halieutique

*Etude et rapport réalisés à l'Ifremer  
Au sein de la Direction des Ressources Vivantes  
par*

*Jocelyne                      Martin                      DRV/RH/Nantes  
Ivan                              Schlaich                      DRV/RH/Port-en-Bessin*

*avec la collaboration,  
pour les missions en mer,  
de*

*Olivier                              Berthelé                      DRV/RH/Nantes  
Paul                                      Bourriau                      DRV/RH/Nantes  
Eric                                      Foucher                      DRV/RH/Port-en-Bessin  
Patrick                                  Grellier                      DRV/RH/Nantes  
Daniel                                  Halgand                      DRV/RH/Nantes  
Dominique                              Miossec                      DRV/RH/Port-en-Bessin  
Laurent                                  Pasco                          DRV/RH/Port-en-Bessin  
Jean-Charles                              Poulard                      DRV/RH/Nantes  
Joël                                      Vigneau                      DRV/RH/Port-en-Bessin  
Cathy                                      Vimont                          DRV/RH/Nantes*



## 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 14 juin au 27 août à bord du chalutier artisanal *le "Cap de Carteret"*, avec des intervalles de temps assez réguliers de treize à vingt jours.

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points dont la position est indiquée sur la figure 1.5 : 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  $10^{-1}^{\circ}\text{C}$  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.

- **Description des échantillonneurs.**

#### **Bongo grand modèle**

L'échantillonneur Bongo grand modèle utilisé pour les études de sites comporte deux filets de maillage 505  $\mu\text{m}$  montés sur une même armature et pêchant en même temps. Chaque filet a un diamètre d'ouverture de 0,61 m, mesure 3 m de longueur et présente une partie cylindrique à l'avant du cône de filtration terminal. A chaque embouchure du couple de filets est fixé un débitmètre (2030 "Digital Flowmeter" 10 à 500  $\text{cm.s}^{-1}$  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  $\mu\text{m}$ . 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.

- **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  $\text{m.s}^{-1}$ ). Le volume filtré au cours d'un simple traict oblique (comprenant la descente puis la remontée du

filet) a varié cette année entre 78 m<sup>3</sup> et 461 m<sup>3</sup>. 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 en 1999 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.

- **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.

- **Dépouillement des échantillons.**

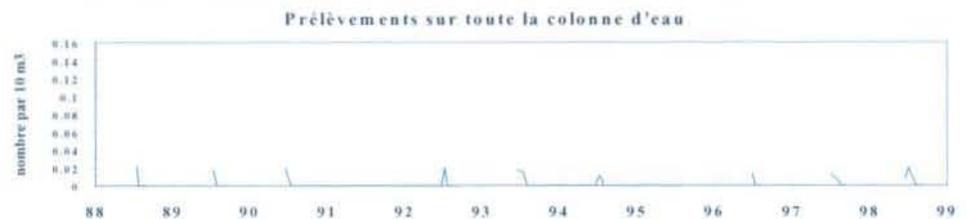
Comme le prévoit le contrat depuis 1986, l'étude halieutique (partie oeufs et larves) ne porte plus que sur le homard et l'araignée.

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

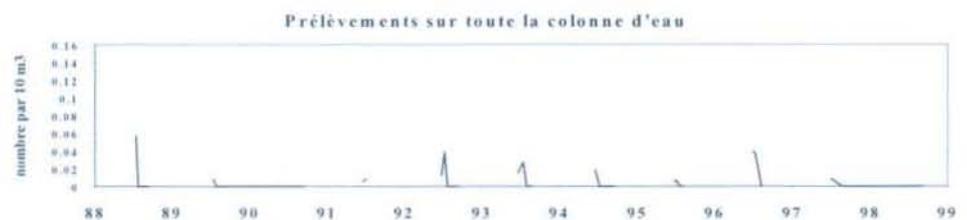
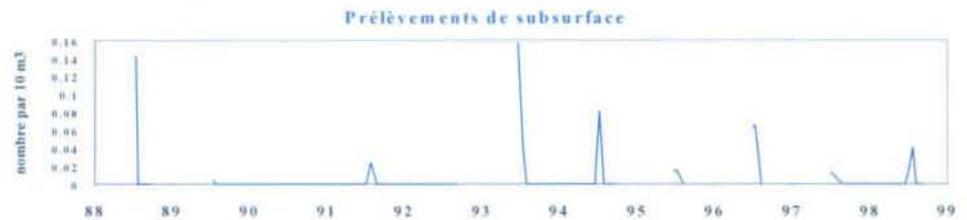
- **Saisie, stockage et traitement des données.**

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 m<sup>3</sup>). 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

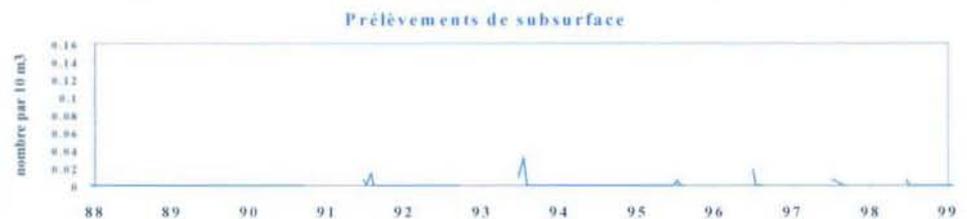


Figure 5.1.-  
Comparaison des  
pêches de larves de  
homard réalisées au  
neuston en  
subsurface et sur  
l'ensemble de la  
colonne d'eau.

### 5.1.2 Résultats.

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

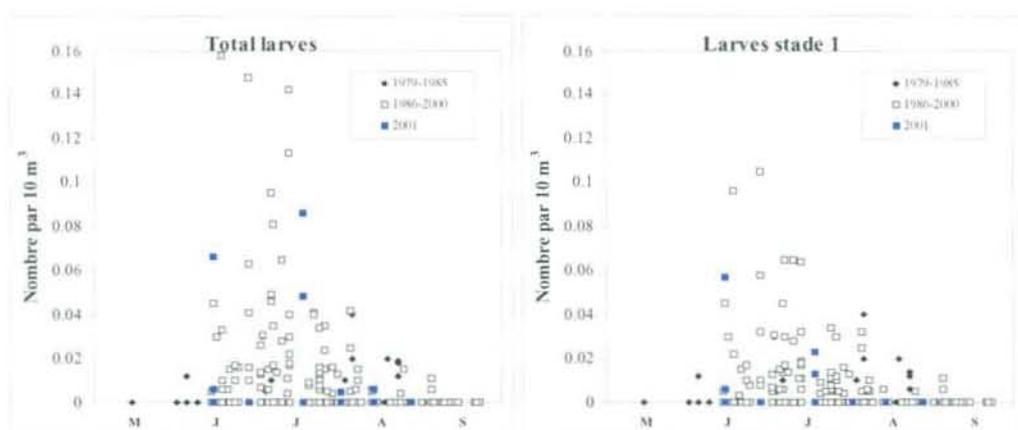
#### 5.1.2.1 Larves de homard, *Homarus gammarus* L. (annexe 5.3)

La figure 5.1 ci-contre présentant les résultats de l'étude réalisée de 1988 à 1998 (comparaison des densités de larves de homard pêchées au Neuston en subsurface et sur l'ensemble de la colonne d'eau) rappelle que les prélèvements de surface sont plus adaptés à la récolte des larves de homard.

C'est pourquoi nous n'effectuons plus de prélèvements au Neuston sur toute la colonne d'eau.

Nous continuons de prendre en compte les larves trouvées dans les prélèvements au Bongo (destinés à l'étude des larves d'araignée) mais nous ne faisons 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 (un traict de Bongo ne récolte généralement qu'une larve).

Figure 5.2.- *Homarus gammarus*,  
Prélèvement 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 un assez grand nombre de larves au cours de l'été 2001, la densité maximale calculée (0,09 par 10 m<sup>3</sup>) approchant celles des années exceptionnelles (1988 et 1993).

Les figures 5.3 et 5.4 relatives à l'année 2001 montrent que les larves de homard ont été récoltées du 14 juin au 13 Août. On constate que les larves proviennent toutes des points 3 et Référence ; la courbe des densités de stades 1 en ces deux points suggère que le pic d'éclosion s'est produit au plus tard à la mi-juin.

Les seules larves récoltées au moyen de l'échantillonneur Bongo (fig. 5.4) l'ont été lors du maximum le 14 juin au point 3.

Comme chaque année depuis 1989, aucune larve n'a été récoltée dans le canal d'amenée et nous n'en avons observé aucune dans les environs du rejet.

Figure 5.3 :  
*Homarus gammarus*,  
Prélèvement au  
Neuston en surface

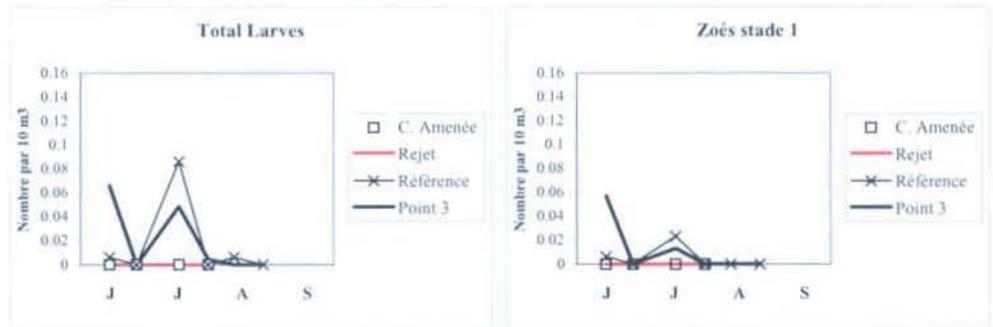
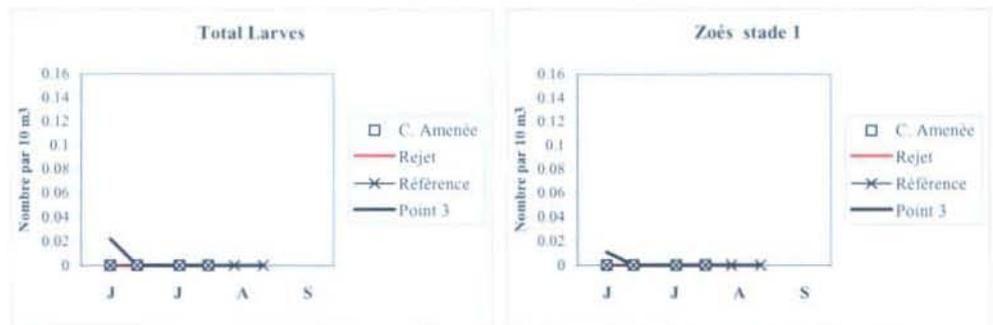


Figure 5.4 :  
*Homarus gammarus*,  
Prélèvement sur toute  
la colonne d'eau, au  
Bongo.



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

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

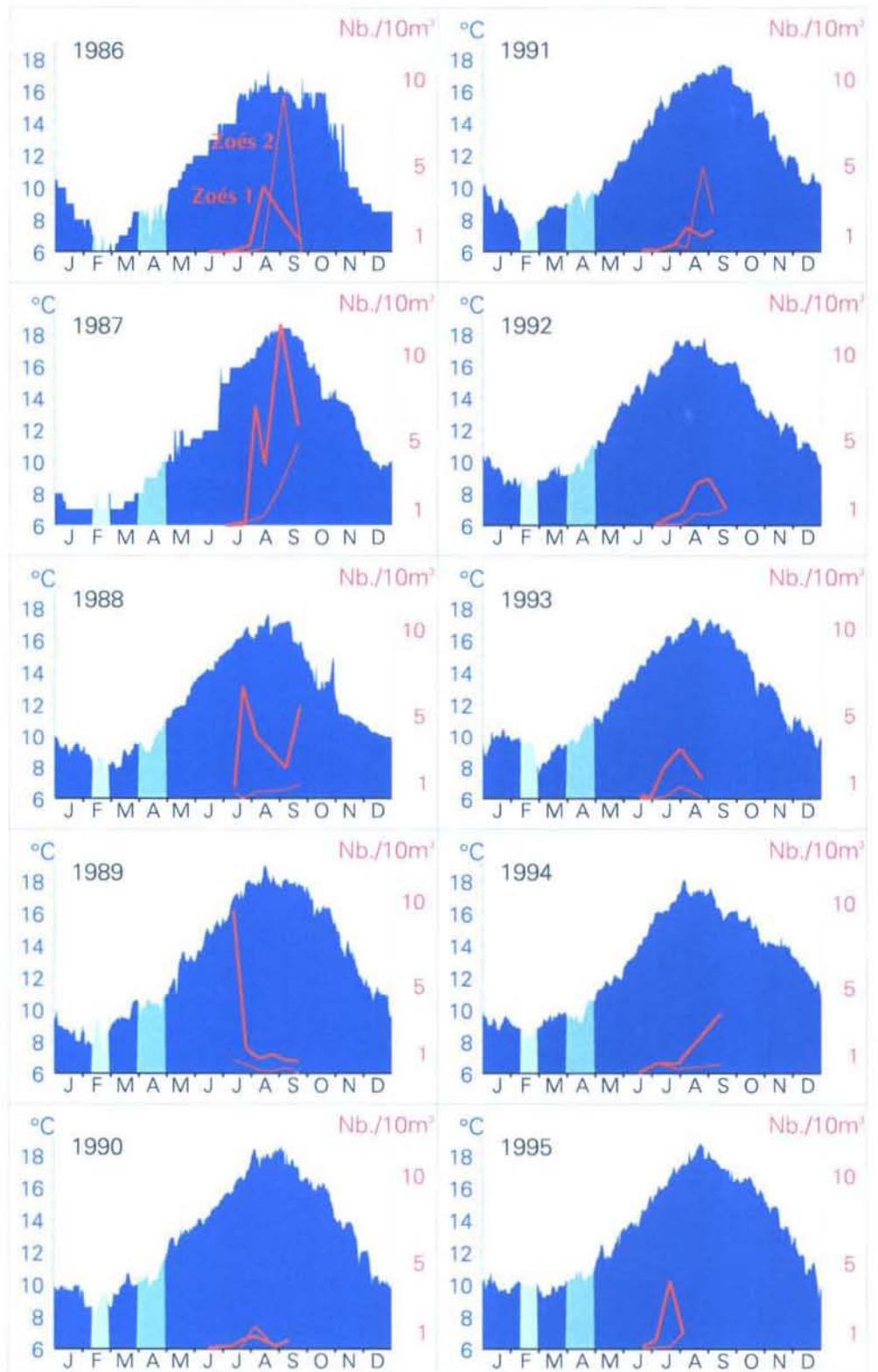
La mesure de la température de l'eau effectuée quotidiennement à l'entrée de la Centrale depuis sa mise en fonctionnement (mesure E.D.F. "source amont site") est une donnée précieuse pour connaître l'influence du climat sur des organismes vivants à proximité. Reflétant la moindre évolution de température,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

La figure 5.5 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<sup>er</sup> 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 vivent pas dans le même secteur lors de la maturation, les températures mesurées à la Centrale reflètent de façon moins précise la température réellement subie à cette période.



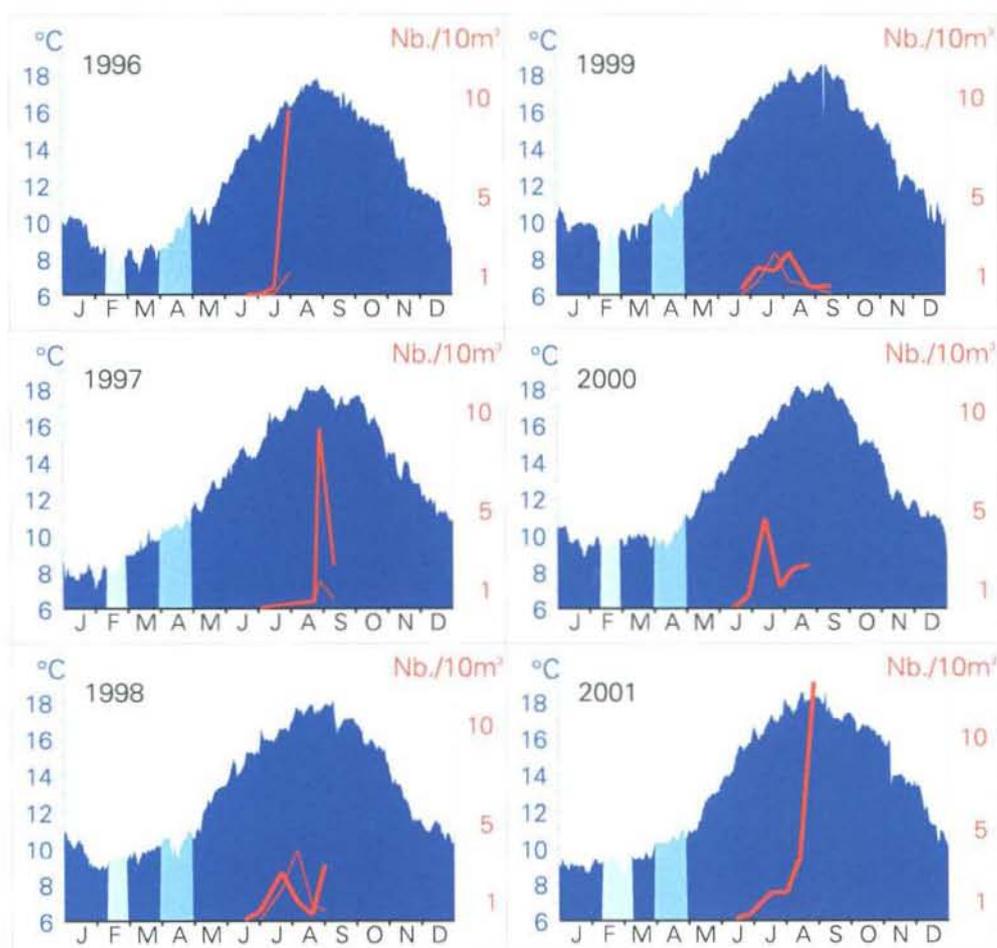


Figure 5.5.- Zoés d'araignées de mer (stades 1 et 2 en rouge, en nombre par 10 m<sup>3</sup>) récoltées au point 3 et température de l'eau (en °C, aires bleues) à l'entrée de la Centrale.

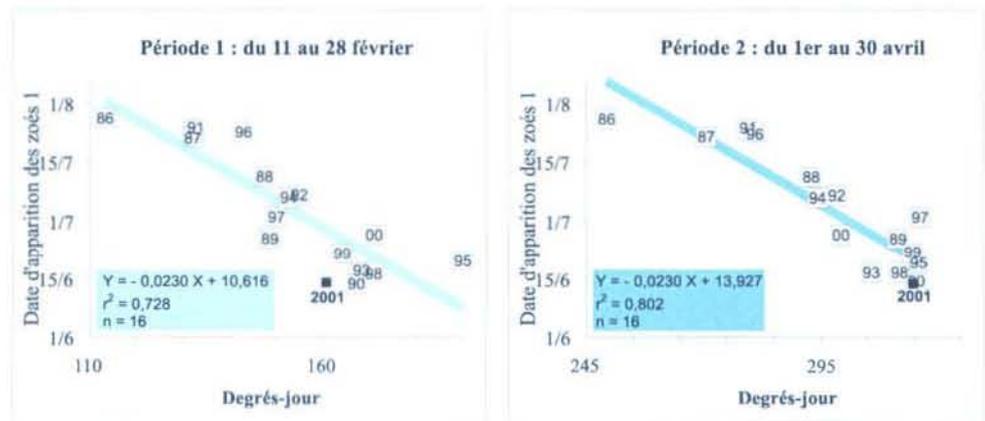
Le tableau 5.1 ci-après montre les coefficients de corrélation obtenus pour les différentes périodes testées dans le cadre de cette étude après mise à jour avec les résultats 1996-2001 ; notons que dorénavant les calculs sont effectués en avançant la date d'apparition des zoés en 1989 de quinze jours, 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 dernières périodes (mars-avril et mai) pourrait s'expliquer par l'existence d'une période de diapause quelques jours après la ponte chez cette espèce (WEAR, 1974), période pendant laquelle les oeufs cessent de se développer indépendamment de la température de l'eau.

**Tableau 5.1.-**  
Coefficients de  
corrélation entre le  
nombre de degrés-  
jours à certaines  
périodes et la date  
d'apparition des zoés  
d'araignée au point 3.

	Janvier			Février			Mars			Avril			Mai		Juin	
Début des périodes testées	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1
Périodes allant au 15 Juin	0.79	0.73	0.74	0.74	0.73	0.69	0.78	0.79	0.79	0.80	0.77	0.76	0.74	0.73	0.70	0.67
Périodes de 10 jours	0.02	0.15	0.32	0.49	0.71	0.69	0.53	0.63	0.61	0.78	0.67	0.55	0.58	0.70	0.71	0.73
			0.25		0.65			0.66		0.77		0.66		0.74		
Périodes de 20 jours	0.05		0.43		0.73		0.60		0.74		0.70		0.68		0.73	
		0.16			0.69			0.64		0.80			0.73			
Périodes de 30 jours			0.35			0.72			0.73		0.72			0.76		
				0.58			0.67			0.76			0.73			

La figure 5.6 qui illustre l'influence de la température de l'eau au cours des deux périodes les plus sensibles sur la date d'apparition des zoés, montre qu'avec une forte quantité de chaleur reçue en février et en avril, l'année 2001 se situe parmi les années les plus précoces pour l'éclosion des zoés d'araignée de mer.

**Figure 5.6 :**  
Relation entre le  
nombre de degrés-  
jours calculé sur les  
deux périodes  
sensibles et la date  
d'apparition des  
zoés d'araignée de  
mer



La courbe de variation de la densité de zoés stade I (fig. 5.7) suggère un premier pic d'abondance peu marqué dans la deuxième moitié de juillet, les effectifs atteignant une valeur importante à la fin du mois d'août seulement comme les années les plus tardives.

La densité maximale de zoés relevée en 2001 (13,1 par 10 m<sup>3</sup>) rejoint les valeurs les plus fortes notées de 1986 à 1989 et de 1996 et 1997. L'année 1983 demeure exceptionnelle avec 61 zoés par 10 m<sup>3</sup>.

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 mégaloopes sont toujours partagées entre les points 3 et "Référence" qui montrent généralement des valeurs assez proches ;

- 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 y avons trouvé une seule zoé en 1994 et 1996 et deux mégalopes en 2000, les premières depuis 1992 ;
- la faible quantité de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; on note cette année la présence de zoés le 17 juillet seulement avec une densité (0,04 par 10 m<sup>3</sup>) encore plus faible que celles relevées antérieurement (de 0,07 à 1,7 par 10 m<sup>3</sup>) ; la densité des mégalopes trouvées le 31 juillet (0,11 par 10 m<sup>3</sup>), quasiment identique à celles de 1999 et 2000, se situe en revanche parmi les plus fortes relevées en ce point (densité maximale de 0,19 par 10 m<sup>3</sup> en 1987).

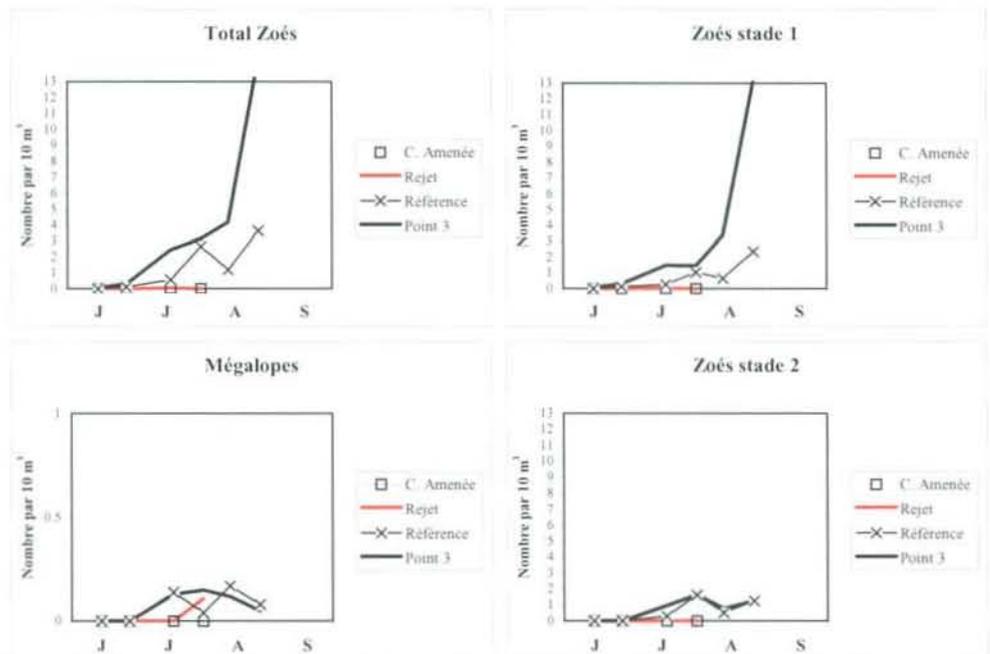


Figure 5.7.-  
Densité des  
différents stades  
larvaires  
d'araignée de mer  
*Maja squinado*.

### 5.1.3 Conclusion

Comme l'illustre bien la figure 2.8 de la page 25, la douceur particulière de l'hiver et du printemps notée les trois années précédentes se reproduit en 2001 (à partir du mois de février). 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 ont éclos très tôt, dès la mi-juin. Toutefois le pic d'abondance ne se produit qu'à la fin du mois d'août. La densité maximale relevée cette année (13,1 par 10 m<sup>3</sup>) rejoint les densités les plus fortes notées de 1986 à 1989 et en 1996 et 1997.

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 observées.

Les larves de homard sont également précoces cette année, avec un pic d'abondance situé au plus tard mi-juin. La densité trouvée lors de ce pic atteint une valeur maximale (0,09 par 10 m<sup>3</sup>) proche de celle des années exceptionnelles (1988 et 1993).

## 5.2 SURVEILLANCE DE LA PECHE COTIERE DES CRUSTACES

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

### 5.2.1 Pêche professionnelle

#### 5.2.1.1 Flottille

En 2001 la flottille est répartie de la façon suivante :

- 1 bateau à Goury.
- 6 à Dielette.
- 21 à Carteret.

#### 5.2.1.2 Activité

L'activité hivernale est souvent perturbée par les conditions météorologiques. Cependant, les navires, dont la longueur moyenne est inférieure à 8 m, ne désarment qu'un mois ou deux. Il faut toutefois noter que les plus grosses unités de Carteret, de 10 m et plus, travaillent toute l'année.

Les problèmes de ressources en gros crustacés ainsi que la limitation du nombre de casiers par homme embarqué poussent les professionnels à reporter leur effort de pêche sur d'autres espèces. Ils pratiquent fréquemment plusieurs métiers simultanément (filets, palangres, lignes et casiers à bulot).

On trouvera dans le tableau ci dessous les périodes d'activités des principaux métiers pratiqués par la flottille fréquentant la zone située aux alentours de la centrale de Flamanville.

Année 2001 Métier	Mois												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Casier à crustacé													
Casier à bulot													
Trémail à raie													
Trémail à sole													
Maillant à araignée													
Palangre													

L'effort de pêche déployé par les 5 caseyeurs de Diélette reste concentré dans les zones très côtières en marées de vives-eaux, dans les secteurs plus larges du cap de la Hague ou des Ecrehous en marées de mortes-eaux.

### 5.2.1.3 Production

Malgré l'application d'une limitation du nombre de casiers mis en œuvre par chaque pêcheur et des conditions d'utilisation plus restrictives des casiers "pièges" (possédant un dispositif anti-échappement), les pêcheurs du nord-ouest Cotentin se plaignent de la baisse de leurs captures.

En 2001, les déclarations faites par les professionnels font apparaître une production de 252,639 tonnes de crustacés et de 1 187,773 tonnes de bulots sur l'ensemble du secteur Nord-Ouest Cotentin. La mise en place du système déclaratif des productions et de l'effort de pêche étant récente, il est difficile de faire une comparaison des productions annuelles.

Les pêches expérimentales ne peuvent nous permettre d'évaluer que la tendance des captures à une période donnée de l'année et uniquement à proximité du cap de Flamanville.

## 5.2.2 Pêches expérimentales

En 2001, les pêches expérimentales aux casiers ont été réalisées au cours des mois de juin et septembre.

### 5.2.2.1 Matériel et méthode

Le principe de 15 points définis dans le secteur proche du site de la Centrale a été conservé (figure 5.8). Il faut noter la création en 2000 d'un cantonnement de 1,2 km<sup>2</sup> pour préserver une fraction du stock de homard à proximité du cap de Flamanville. Cette petite zone interdite à la pêche au casier, située aux abords de la centrale, a un impact sur les résultats des pêches expérimentales puisque les filières 2 et 8 sont à l'intérieur de son périmètre, et trois autres (3, 9 et 13) sont en périphérie.

L'effet devrait se traduire par une augmentation des rendements de pêche et donc introduire un biais dans les résultats des années futures.

De façon à estimer le taux de recapture et de dispersion dans les secteurs limitrophes, tous les homards pêchés dans cette zone ont été marqués d'un élastique avant d'être relâchés dans le cantonnement.

Chaque campagne comporte quatre 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.

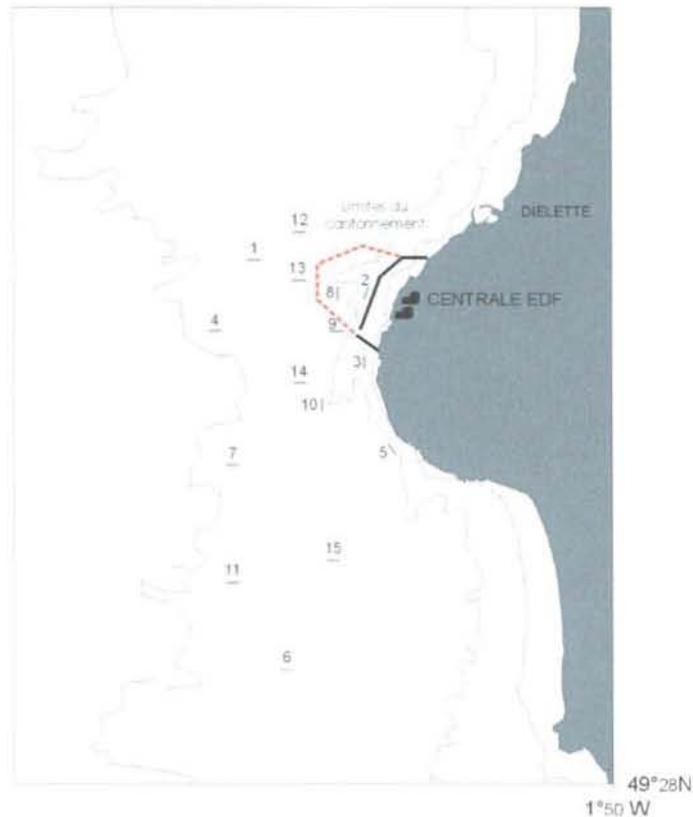


Figure 5.8 : Carte de positionnement des filières.

- **Calendrier des sorties**

Le tableau 5.2 indique les dates de campagne, le nombre de filières relevées chaque jour ainsi que le nombre de casiers.

Mission	Date	Nombre de filières	Nombre de casiers relevés
Juin	11	15	300
	12	15	300
	13	15	300
	14	14	280
Septembre	10	13	260
	11	15	300
	12	11	220
	14	15	300

Tableau 5.2 : Dates des campagnes 2001 et nombre de filières relevées

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

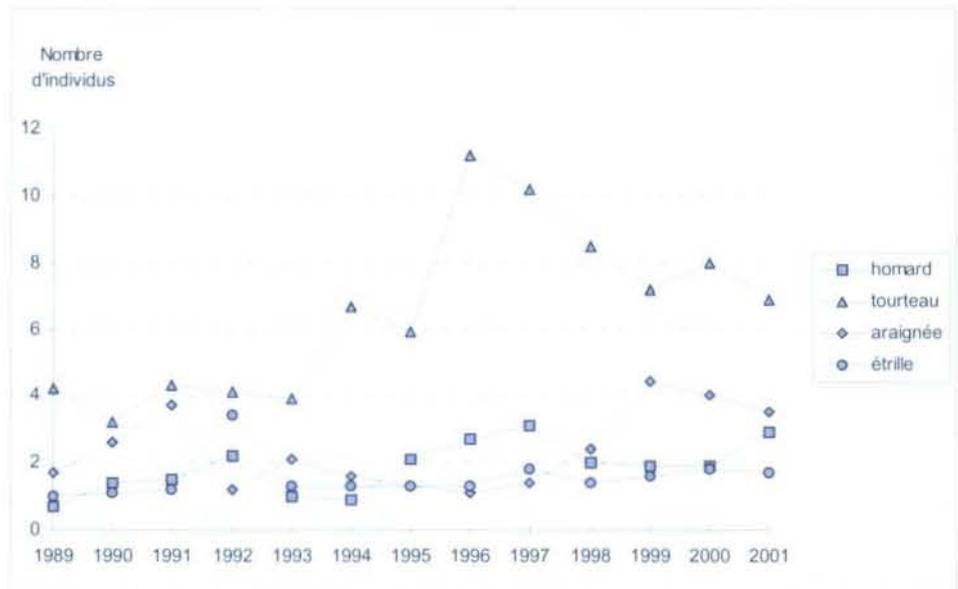
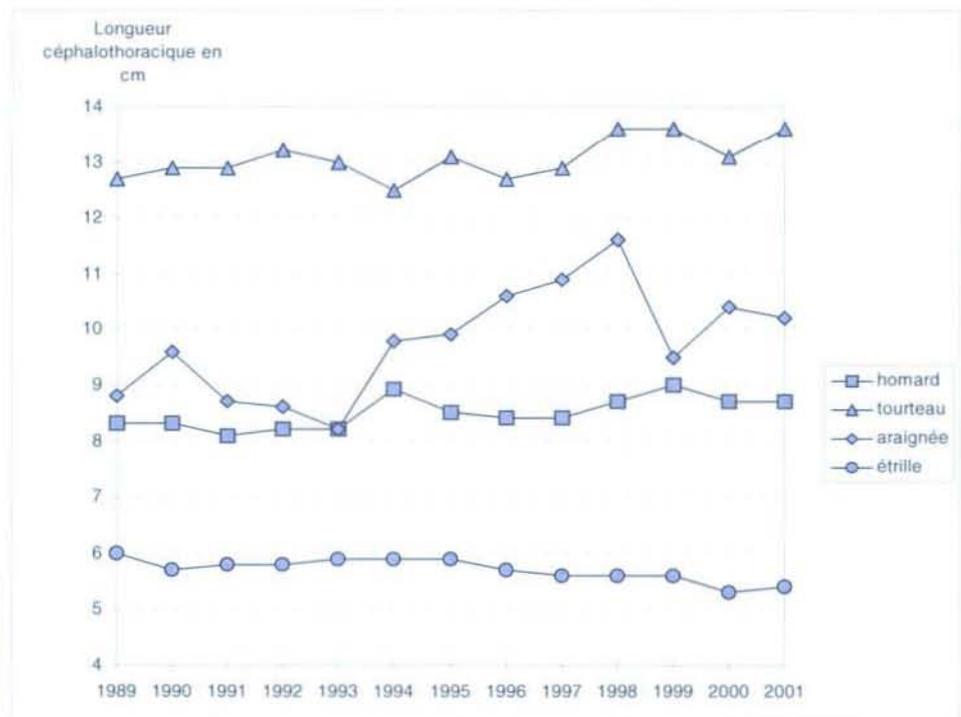


Figure 5.10 :  
Evolution des tailles  
moyennes



- **Observations réalisées**

Les observations réalisées en 2001 reposent sur 2 260 casiers relevés (annexe 5.9) soit 104 de plus qu'en 2000. Le nombre d'individus capturés par casier est noté pour les espèces suivantes : homard, tourteau, araignée, étrille, buccin et pagures. 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).

- **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 2001 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 2000.

- **Homard (annexe 5.5)**

#### **Rendements (figure 5.9)**

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 10 casiers relevés) observés en juin sont plus faibles que ceux de l'an dernier alors que ceux de septembre sont plus élevés. Le rendement moyen calculé pour l'ensemble de la saison de pêche est de 2,9 individus pour 10 casiers soit l'un des meilleurs rendements depuis 1989. Les rendements des deux filières situées dans le cantonnement ainsi que celle placée au sud de la zone ont été multipliés par 3 en un an, alors que les conditions météorologiques (fort coup de vent d'ouest le 13 septembre) ont été défavorables à la pêche dans ce secteur de faible hauteur d'eau à marée basse.

#### **Répartition des tailles (figure 5.10)**

La taille moyenne des homards capturés en 2001 est de 8,7 cm (longueur céphalothoracique) ce qui est une constante depuis 1994.

#### **Poids individuel**

Le poids individuel est calculé à partir de la relation taille - poids élaborée en 1983 par les biologistes du Comité Régional des Pêches et Cultures marines de Bretagne (CORPECUM), du Comité Local des Pêches de

Blainville, des Stations ISTPM de Roscoff et de Ouistreham et utilisée depuis pour l'ensemble de la Manche Ouest :

$$W = aL^b$$

avec W = poids (en g)  
et L = longueur céphalothoracique (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 2001 est de 529 g contre 483 g en 2000.

### 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 : 57% des individus sont de sexe mâle.

- **Tourteau (annexe 5.6)**

Après une légère amélioration en 2000, les rendements mensuels calculés pour le tourteau diminuent à nouveau en passant sous le seuil des 7 individus pour 10 casiers, se rapprochant ainsi du niveau de 1995.

Par contre, la taille moyenne des individus capturés (largeur du céphalothorax) augmente sensiblement en étant proche de la taille maximum des campagnes 1998 et 1999. Elle est de 13,6 cm (figure 5.10).

Le sex-ratio des captures est de 67 % d'individus de sexe mâle en 2001. Il est comme chaque année, plus important lors de la campagne de septembre (73 %).

- **Araignée (annexe 5.7)**

Les rendements diminuent à nouveau cette année (3,5 individus pour 10 casiers), avec, fait exceptionnel depuis 1996, un nombre de prises supérieur lors de la campagne de juin (figure 5.9).

Comme l'année passée, les araignées pêchées en septembre sont plus petites d'où une taille moyenne assez basse. La longueur céphalothoracique moyenne des individus pêchés est de 10,2 cm (figure 5.10).

Toujours une dominance notable de mâles dans les captures entre les deux campagnes. En juin la proportion de mâles est de 84 %. Elle diminue ensuite, pour être de 65 % en septembre.

- **Etrille (annexe 5.8)**

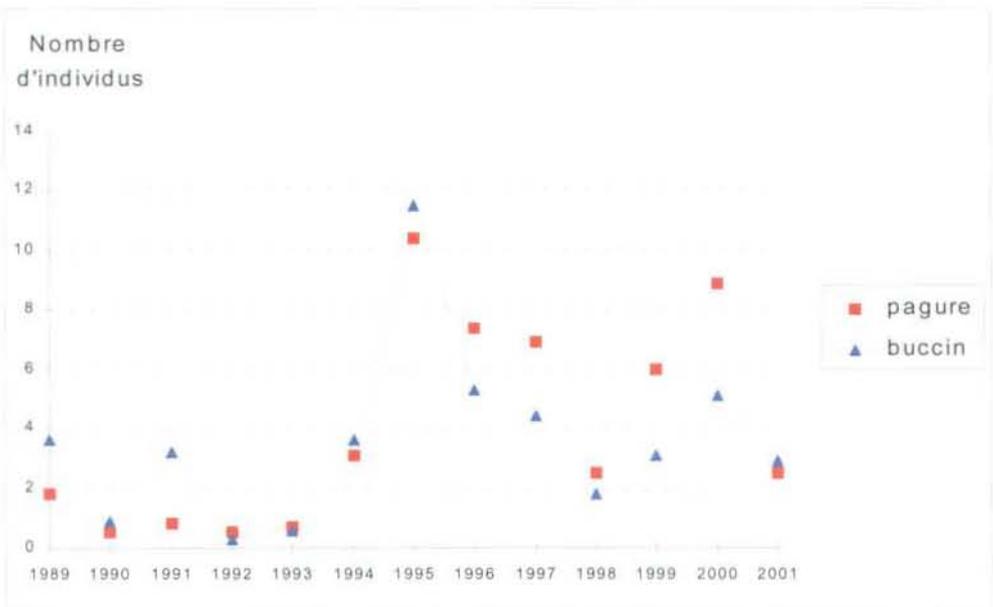
Le rendement moyen est constant par rapport à 2000 : 1,7 individu pour 10 casiers (figure 5.9). La taille moyenne est de 5,4 cm (figure 5.10).

En 2001, comme lors des années précédentes, le sex-ratio est déséquilibré : 91 % des étrilles pêchées sont des mâles.

- **Buccin et Paguridés (annexe 5.9 et figure 5.11)**

Les rendements de pêche sont, contrairement aux deux années passées, en très forte baisse. On observe des rendements annuels moyens de 2,8 individus pour 10 casiers pour le buccin et de 2,5 pour les pagures. Les filières 6 et 11, situées au sud du cap de Flamanville, ont un fort poids sur le rendement global. Les captures y sont particulièrement faibles cette année. Phénomène que l'on a déjà observé en 1998 sans que cela ait un impact sur les années suivantes.

Depuis 1992, les deux espèces semblent suivre la même tendance .



**Figure 5.11 :**  
*Paguridés et buccins*  
*Rendements en*  
*nombre d'individus*  
*pour 10 casiers.*

- **Zone du Cantonnement :**

Les filières 2 et 8, situées dans le cantonnement, ont respectivement des rendements de 6,4 et 5,4 homards pour 10 casiers. Ces valeurs représentent jusqu'à deux fois les indices globaux et sont parmi les plus importantes depuis le début de ces études. Seules les filières 3 en 1998 et 2 en 1999 avaient atteint des indices similaires.

Pendant la campagne de septembre, nous n'avons recapturé que 4 homards sur les 82 marqués et relâchés dans le cantonnement : trois dans la filière 2 et un dans la filière 3 située au sud de la zone.

Les captures faites cette année dans les filières 3, 5 et 10 sont également en très sensibles augmentation par rapport aux années précédentes.

La filière 9, pourtant très proche du cantonnement, ne semble pas profiter de l'effet réserve : son rendement restant faible (1,5 individu pour 10 casiers).

La longueur céphalothoracique moyenne est identique à celle observée sur l'ensemble de la population capturée lors des deux campagnes.

### 5.2.3 CONCLUSION

Pour pallier à la baisse des rendements constatée par les pêcheurs professionnels, ceux-ci ont pris en 2000 des mesures de gestion de la ressource, notamment la création d'un cantonnement pour préserver une fraction du stock de homard à proximité du cap de Flamanville. Ces mesures pourraient être, cette année, à l'origine d'une augmentation sensible des captures dans la zone suivie aux abords immédiats du cantonnement.

Il semble qu'il y ait un effet réserve sur l'augmentation des rendements de pêche. Cette hypothèse devra être confirmée en 2002 : nous avons eu un rendement global identique en 1998 alors que la réserve n'existait pas encore.

Dans la mesure où les captures de homards réalisées dans le cantonnement représentent 30 % des captures totales, 50 % si l'on ajoute les filières 3 et 9, il est fort probable qu'un biais apparaisse dans la série des résultats par rapport à ceux obtenus les années précédentes.

Un nouveau système de marquage plus précis est en projet pour la campagne 2002 et devrait nous permettre de minimiser ce biais en identifiant de façon plus précise les individus recapturés ainsi que leur dispersion dans les zones avoisinantes.

En dehors de ce périmètre très spécifique, tous les paramètres suivis sont relativement stables, même si on observe une faible diminution des rendements de pêche pour l'araignée et le tourteau.

Mission	Date	Coeff. Marée	Point	Nuages	Sonde	Engin	Heure début (T.U.)	Durée	Temps après P.M. St Malo	Volume (m <sup>3</sup> )
151	14 Juin	40	Point 3	8	26	Bongo 1	17h 46	8mn30	6h 20	446
						Bongo 2	17h 58	8mn30	6h 32	461
						Neuston S	17h 18	17mn	5h 52	2122
			C. Amenée	8	6	Bongo 1	14h 58	2mn	3h 32	102
						Bongo 2	15h 05	2mn30	3h 39	134
						Neuston S	15h 15	8mn30	3h 49	
			Rejet	8	14	Bongo 1	15h 50	5mn	4h 24	239
						Bongo 2	15h 59	4mn	4h 33	225
						Neuston S	15h 36	9mn	4h 10	
			Référence	8	22	Bongo 1	16h 20	6mn30	4h 54	276
						Bongo 2	16h 30	7mn	5h 04	364
						Neuston S			11h 27	1785
152	27 Juin	72	Point 3	1	26	Bongo 1	17h 43	6mn30	7h 08	372
						Bongo 2	17h 55	4mn30	7h 20	274
						Neuston S	17h 21	15mn	6h 46	2382
			C. Amenée	5	6	Bongo 1	14h 47	2mn	4h 12	95
						Bongo 2	14h 56	2mn	4h 21	78
						Neuston S	15h 05	10mn	4h 30	1437
			Rejet	5	14	Bongo 1	15h 47	4mn	5h 12	207
						Bongo 2	15h 54	4mn	5h 19	238
						Neuston S	15h 30	12mn	4h 55	1547
			Référence	1	22	Bongo 1	16h 20	5mn	5h 45	323
						Bongo 2	16h 30	5mn	5h 55	307
						Neuston S	16h 40	15mn	6h 05	2517
153	17 Juillet	51	Point 3	8	26	Bongo 1	10h 00	5mn	7h 31	348
						Bongo 2	10h 11	5mn30	7h 42	244
						Neuston S	9h 25	19mn	6h 56	3139
			C. Amenée	8	6	Bongo 1	6h 55	2mn	4h 26	108
						Bongo 2	7h 03	2mn	4h 34	121
						Neuston S	7h 11	9mn	4h 42	1275
			Rejet	8	14	Bongo 1	7h 52	4mn	5h 23	250
						Bongo 2	8h 01	4mn	5h 32	221
						Neuston S	7h 30	11mn	5h 01	1595
			Référence	8	22	Bongo 1	8h 26	5mn	5h 57	286
						Bongo 2	8h 36	4mn30	6h 07	205
						Neuston S	8h 45	15mn	6h 16	2211

154	31 Juillet	51	Point 3	7	25	Bongo 1	9h 56	4mn	7h 00	238
						Bongo 2	10h 04	6mn30	7h 08	289
						Neuston S	9h 33	17mn	6h 37	2216
			C. Amenée	1	6	Bongo 1	7h 15	3mn	4h 19	105
						Bongo 2	7h 25	1mn	4h 29	85
						Neuston S	7h 33	7mn	4h 37	869
			Rejet	6	14	Bongo 1	8h 04	4mn	5h 08	184
						Bongo 2	8h 12	3mn	5h 16	184
						Neuston S	7h 50	10mn	4h 54	1136
			Référence	7	22	Bongo 1	8h 33	4mn	5h 37	226
						Bongo 2	8h 42		5h 46	233
						Neuston S	8h 49	20mn	5h 53	2401
155	13 Août	42	Point 3	0	26	Bongo 1	17h 12	8mn30	5h 33	345
						Bongo 2	17h 25	7mn	5h 46	407
						Neuston S	17h 37	17mn	5h 58	2111
			Référence	0	22	Bongo 1	16h 15	5mn	4h 36	229
						Bongo 2	16h 25	2mn30	4h 46	195
						Neuston S	16h 31		4h 52	1740
156	27 Août	40	Point 3	3	26	Bongo 1	17h 30	6mn30	5h 13	326
						Bongo 2	17h 39	6mn30	5h 22	333
						Neuston S	17h 04	15mn	4h 47	1993
			Référence	4	22	Bongo 1	16h 03	3mn30	3h 46	242
						Bongo 2	16h 13	3mn	3h 56	234
						Neuston S	16h 22	15mn	4h 05	1866

*Annexe 5.1 :  
Caractéristiques des  
prélèvements  
effectués en 2001.*

Mission	Date	Point	Température (°C)		ΔT (°C)		Salinité (10 <sup>-3</sup> )		Densité	
			Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond
151	14 Juin	Point 3	13,7	13,7	-0,1	0	34,36	34,38	25,77	25,79
		C. Amenée	14,5	14,4			33,87	34,06	25,23	25,39
		Rejet	14,4	14,4			34,15	34,20	25,47	25,51
		Référence	14,0	13,9			34,26	34,29	25,64	25,69
152	27 Juin	Point 3	14,8	14,8	0,7	-0,4	34,24	34,28	25,45	25,48
		C. Amenée	15,7	15,7			33,92	33,97	25,01	25,06
		Rejet	16,4	15,3			33,95	34,09	24,87	25,22
		Référence	15,2	14,9			34,13	34,16	25,27	25,37
153	17 Juillet	Point 3	16,3	16,3	3,2	0,1	34,57	34,54	25,37	25,34
		C. Amenée	16,7	16,7			34,45	34,50	25,18	25,21
		Rejet	19,9	16,8			34,82	34,39	24,68	25,12
		Référence	16,5	16,6			34,56	34,53	25,31	25,28
154	31 Juillet	Point 3	16,9	16,9	2,1	0,7	34,37	34,44	25,07	25,13
		C. Amenée	17,6	17,6			34,35	34,36	24,90	24,90
		Rejet	19,7	18,3			34,34	34,32	24,36	24,71
		Référence	17,5	17,0			34,35	34,40	24,92	25,07
155	13 Août	Point 3	17,4	17,2			34,35	34,41	24,95	25,04
		Référence	17,6	17,4			34,14	34,26	24,72	24,87
156	27 Août	Point 3	17,8	17,7			34,52	34,57	24,98	25,04
		Référence	17,8	17,8			34,30	34,37	24,80	24,87

Annexe 5.2 :  
Résultats des  
mesures  
hydrologiques  
effectuées en 2001.

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2	Zoés stade 3	Mégaloïpes		
151	14 Juin	Point 3	8	Bongo 1	0,022	0,022					
				Bongo 2	0,022		0,022				
				Moyenne	0,022	0,011	0,011				
				Neuston S	0,066	0,057	0,009				
		C. Amenée	8	Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
		Rejet	8	Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
		Référence	8	Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S	0,006	0,006					
		152	27 Juin	Point 3	1	Bongo 1					
						Bongo 2					
						Neuston S					
C. Amenée	5			Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
Rejet	5			Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
Référence	1			Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
153	17 Juillet			Point 3	8	Bongo 1					
		Bongo 2									
		Neuston S	0,045			0,013	0,019	0,013	0,003		
		C. Amenée	8	Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
		Rejet	8	Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S							
		Référence	8	Bongo 1							
				Bongo 2							
				Neuston S	0,086	0,023	0,054	0,090			

154	31 Juillet	Point 3	7	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					0,005
		C. Amenée	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	6	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	7	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
155	13 Août	Point 3	0	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	0	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S	0,006		0,006		
156	27 Août	Point 3	3	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	4	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					

Annexe 5.3 :  
Densité de larves de  
homard en 2001 (en  
nombre par 10 m<sup>3</sup>).

Mission	Date	Point	Engin	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2	Mégalopes		
151	14 Juin	Point 3	Bongo 1	0,16	0,16				
			Bongo 2						
			<b>Moyenne</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>				
		C. Amenée	Bongo 1						
			Bongo 2						
		Rejet	Bongo 1						
			Bongo 2						
		Référence	Bongo 1						
			Bongo 2						
		152	27 Juin	Point 3	Bongo 1	0,35	0,35		
					Bongo 2	0,26	0,26		
					<b>Moyenne</b>	<b>0,30</b>	<b>0,30</b>		
C. Amenée	Bongo 1								
	Bongo 2								
Rejet	Bongo 1								
	Bongo 2								
Référence	Bongo 1			0,09	0,09				
	Bongo 2			0,13	0,13				
	<b>Moyenne</b>			<b>0,11</b>	<b>0,11</b>				
153	17 Juillet			Point 3	Bongo 1	3,48	1,95	1,52	0,17
					Bongo 2	1,43	1,02	0,41	0,08
		<b>Moyenne</b>	<b>2,46</b>		<b>1,49</b>	<b>0,97</b>	<b>0,13</b>		
		C. Amenée	Bongo 1						
			Bongo 2						
		Rejet	Bongo 1	0,04	0,04				
			Bongo 2	0,05	0,05				
			<b>Moyenne</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>				
		Référence	Bongo 1	0,63	0,28	0,35	0,18		
			Bongo 2	0,49	0,24	0,24	0,1		
			<b>Moyenne</b>	<b>0,56</b>	<b>0,26</b>	<b>0,3</b>	<b>0,14</b>		
		154	31 Juillet	Point 3	Bongo 1	4,29	2,1	2,19	0,13
					Bongo 2	2,01	0,87	1,14	0,17
					<b>Moyenne</b>	<b>3,15</b>	<b>1,48</b>	<b>1,66</b>	<b>0,15</b>
				C. Amenée	Bongo 1				
Bongo 2									
Rejet	Bongo 1						0,05		
	Bongo 2						0,16		
	<b>Moyenne</b>						<b>0,11</b>		
Référence	Bongo 1			1,64	0,49	1,15	0,04		
	Bongo 2			3,69	1,59	2,1	0,04		
	<b>Moyenne</b>			<b>2,67</b>	<b>1,04</b>	<b>1,63</b>	<b>0,04</b>		

*Annexe 5.4 :  
Densité de larves  
d'araignées de mer en  
2001 (en nombre par  
10 m<sup>3</sup>).*

155	13 Août	Point 3	Bongo 1	4,67	3,86	0,81	0,17
			Bongo 2	3,69	2,93	0,76	0,07
			<b>Moyenne</b>	<b>4,18</b>	<b>3,39</b>	<b>0,79</b>	<b>0,12</b>
		Référence	Bongo 1	0,96	0,61	0,35	0,13
			Bongo 2	1,43	0,72	0,72	0,2
			<b>Moyenne</b>	<b>1,20</b>	<b>0,66</b>	<b>0,53</b>	<b>0,17</b>
156	27 Août	Point 3	Bongo 1	12,71	11,61	1,1	0,06
			Bongo 2	16,01	14,56	1,44	0,03
			<b>Moyenne</b>	<b>14,36</b>	<b>13,09</b>	<b>1,27</b>	<b>0,05</b>
		Référence	Bongo 1	3,06	2,07	0,99	0,08
			Bongo 2	4,23	2,69	1,54	0,09
			<b>Moyenne</b>	<b>3,65</b>	<b>2,38</b>	<b>1,27</b>	<b>0,08</b>

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	23	14	9	0	9.2	571	61%
filière 2	72	43	26	3	9.1	521	60%
filière 3	55	30	23	2	8.2	373	55%
filière 4	9	5	4	0	9.3	612	56%
filière 5	47	26	21	0	7.8	323	55%
filière 6	24	8	13	3	9.2	546	33%
filière 7	5	5	0	0	10.6	942	100%
filière 8	39	21	15	3	8.9	494	54%
filière 9	8	4	4	0	8.7	446	50%
filière 10	43	26	17	0	7.8	320	60%
filière 11	18	14	3	1	8.9	529	78%
filière 12	23	14	7	2	9.6	639	61%
filière 13	9	3	4	2	10.0	698	33%
filière 14	8	6	2	0	9.3	582	75%
filière 15	15	13	2	0	9.2	581	87%
<b>Sous total</b>	<b>398</b>	<b>232</b>	<b>150</b>	<b>16</b>	<b>9.1</b>	<b>545</b>	<b>58%</b>

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	5	4	1	0	9.4	594	80%
filière 2	34	19	15	0	9.3	559	56%
filière 3	40	20	19	1	8.0	346	50%
filière 4	8	4	3	1	9.8	687	50%
filière 5	25	17	8	0	8.2	372	68%
filière 6	5	3	2	0	7.8	309	60%
filière 7	3	1	2	0	9.5	575	33%
filière 8	48	28	19	1	8.8	477	58%
filière 9	18	9	9	0	8.5	440	50%
filière 10	17	10	7	0	8.8	486	59%
filière 11	6	4	2	0	9.0	521	67%
filière 12	15	5	9	1	9.7	649	33%
filière 13	13	9	4	0	9.0	494	69%
filière 14	11	6	5	0	8.4	409	55%
filière 15	3	1	2	0	10.4	766	33%
<b>Sous total</b>	<b>251</b>	<b>140</b>	<b>107</b>	<b>4</b>	<b>9.0</b>	<b>512</b>	<b>56%</b>
<b>Total</b>	<b>649</b>	<b>372</b>	<b>257</b>	<b>20</b>	<b>9.0</b>	<b>529</b>	<b>57%</b>

*Annexe 5.5 :  
Flamanville –  
Résultats des pêches  
expérimentales de  
homard en 2001.*

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	75	52	23	0	14.5	69%
filière 2	7	4	3	0	12.3	57%
filière 3	37	28	9	0	12.3	76%
filière 4	48	29	19	0	14.4	60%
filière 5	96	61	35	0	12.6	64%
filière 6	18	10	8	0	14.8	56%
filière 7	32	15	17	0	13.8	47%
filière 8	30	22	8	0	11.3	73%
filière 9	139	72	67	0	12.1	52%
filière 10	129	82	47	0	11.6	64%
filière 11	34	22	12	0	14.7	65%
filière 12	47	37	10	0	15.1	79%
filière 13	58	30	28	0	13.6	52%
filière 14	68	41	27	0	14.5	60%
filière 15	47	32	15	0	14.2	68%
<b>Sous total</b>	<b>865</b>	<b>537</b>	<b>328</b>	<b>0</b>	<b>13.5</b>	<b>62%</b>

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	70	54	16	0	15.1	77%
filière 2	18	14	4	0	12.5	78%
filière 3	55	44	11	0	12.4	80%
filière 4	18	16	2	0	14.9	89%
filière 5	75	58	17	0	13.0	77%
filière 6	6	5	1	0	14.4	83%
filière 7	27	19	8	0	15.3	70%
filière 8	28	19	9	0	11.5	68%
filière 9	115	83	32	0	13.0	72%
filière 10	82	57	25	0	12.7	70%
filière 11	11	8	3	0	14.1	73%
filière 12	41	30	11	0	14.6	73%
filière 13	48	35	13	0	14.7	73%
filière 14	53	37	16	0	13.9	70%
filière 15	22	12	10	0	14.7	55%
<b>Sous total</b>	<b>669</b>	<b>491</b>	<b>178</b>	<b>0</b>	<b>13.8</b>	<b>73%</b>
<b>Total</b>	<b>1534</b>	<b>1028</b>	<b>506</b>	<b>0</b>	<b>13.6</b>	<b>67%</b>

*Annexe 5.6 :  
Flamanville –  
Résultats des pêches  
expérimentales de  
tourteau en 2001.*

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	12	10	2	0	11.3	33%	83%
filière 2	46	42	3	1	11.4	30%	91%
filière 3	31	19	5	7	9.5	6%	61%
filière 4	19	16	1	2	11.0	32%	84%
filière 5	31	25	2	4	11.1	29%	81%
filière 6	42	27	3	12	10.1	14%	64%
filière 7	30	24	1	5	10.9	23%	80%
filière 8	62	57	2	3	11.5	26%	92%
filière 9	38	35	1	2	12.0	45%	92%
filière 10	25	24		1	12.0	48%	96%
filière 11	17	12	1	4	10.4	18%	71%
filière 12	9	9		0	10.6	0%	100%
filière 13	21	19	2	0	10.8	29%	90%
filière 14	11	10		1	12.0	55%	91%
filière 15	14	12		2	11.4	36%	86%
<b>Sous total</b>	<b>408</b>	<b>341</b>	<b>23</b>	<b>44</b>	<b>11.1</b>	<b>28%</b>	<b>84%</b>

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	33	25	8	0	11.5	36%	76%
filière 2	8	4	4	0	7.7	0%	50%
filière 3	4	2	2	0	9.1	0%	50%
filière 4	51	39	12	0	10.9	47%	76%
filière 5	3	3		0	7.3	0%	100%
filière 6	34	19	14	1	8.6	12%	56%
filière 7	24	14	10	0	8.9	13%	58%
filière 8	22	10	12	0	8.0	0%	45%
filière 9	1	1		0	7.0	0%	100%
filière 10	3	2	1	0	10.2	33%	67%
filière 11	35	19	16	0	10.4	26%	54%
filière 12	35	24	11	0	11.3	51%	69%
filière 13	29	21	8	0	9.9	17%	72%
filière 14	14	7	6	1	9.0	14%	50%
filière 15	67	46	21	0	10.4	13%	69%
<b>Sous total</b>	<b>363</b>	<b>236</b>	<b>125</b>	<b>2</b>	<b>9.3</b>	<b>24%</b>	<b>65%</b>
<b>Total</b>	<b>771</b>	<b>577</b>	<b>148</b>	<b>46</b>	<b>10.2</b>	<b>26%</b>	<b>75%</b>

*Annexe 5.7 :  
Flamanville –  
Résultats des pêches  
expérimentales  
d'araignée en 2001.*

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	14	13	1	0	5.4	29%	93%
filière 2	11	10	1	1	5.5	45%	91%
filière 3	18	17	1	0	5.5	22%	94%
filière 4	8	8	0	0	5.4	50%	100%
filière 5	35	35	0	0	5.5	26%	100%
filière 6	4	3	1	0	5.2	0%	75%
filière 7	1	1	0	0	5.7	0%	100%
filière 8	40	37	3	3	5.6	25%	93%
filière 9	13	12	1	1	5.3	38%	92%
filière 10	24	22	2	1	5.3	42%	92%
filière 11	6	6	0	0	5.3	50%	100%
filière 12	12	11	1	0	5.4	42%	92%
filière 13	14	14	0	1	5.0	50%	100%
filière 14	1	1	0	0	5.3	0%	100%
filière 15	4	4	0	0	5.6	50%	100%
<b>Sous total</b>	<b>205</b>	<b>194</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>5.4</b>	<b>40%</b>	<b>95%</b>

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	4	4	0	0	5.5	0%	100%
filière 2	8	5	3	0	5.5	0%	63%
filière 3	19	16	3	0	5.4	0%	84%
filière 4	1	1	0	0	6.1	0%	100%
filière 5	13	12	1	0	5.4	0%	92%
filière 6	2	2	0	0	5.9	0%	100%
filière 7	2	2	0	0	5.3	0%	100%
filière 8	65	55	10	0	5.6	0%	85%
filière 9	11	11	0	0	5.4	0%	100%
filière 10	18	18	0	0	5.3	6%	100%
filière 11	0						
filière 12	8	5	3	0	5.1	38%	63%
filière 13	10	7	3	0	5.1	20%	70%
filière 14	4	4	0	0	5.3	0%	100%
filière 15	2	2	0	0	4.5	0%	100%
<b>Sous total</b>	<b>167</b>	<b>144</b>	<b>23</b>	<b>0</b>	<b>5.4</b>	<b>1%</b>	<b>86%</b>
<b>Total</b>	<b>372</b>	<b>338</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>5.4</b>	<b>20%</b>	<b>91%</b>

*Annexe 5.8 :  
Flamanville –  
Résultats des pêches  
expérimentales  
d'étrille en 2001.*

*Annexe 5.9 :  
Flamanville –  
Autres résultats  
des pêches  
expérimentales  
en 2001*

	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Jun	Septembre	Total	Jun	Septembre	Total	Jun	Septembre	Total
filière 1	80	80	160	3	0	3	19	7	26
filière 2	80	80	160	0	0	0	0	0	0
filière 3	80	80	160	0	0	0	0	0	0
filière 4	80	80	160	135	7	142	84	73	157
filière 5	80	60	140	2	0	2	1	0	1
filière 6	80	40	120	88	19	107	19	8	27
filière 7	80	80	160	269	8	277	45	113	158
filière 8	80	80	160	0	0	0	0	0	0
filière 9	80	80	160	0	0	0	1	0	1
filière 10	80	80	160	0	0	0	1	3	4
filière 11	80	40	120	45	8	53	30	11	41
filière 12	80	80	160	5	2	7	10	33	43
filière 13	80	80	160	14	0	14	29	21	50
filière 14	60	80	140	0	0	0	6	37	43
filière 15	80	60	140	31	2	33	14	8	22
<b>Total</b>	<b>1180</b>	<b>1080</b>	<b>2260</b>	<b>592</b>	<b>46</b>	<b>638</b>	<b>259</b>	<b>314</b>	<b>573</b>

## **6 Conclusion**



L'année 2001 a été, à l'instar des années depuis 1997, globalement chaude et humide, compte-tenu des données météorologiques acquises dans le nord du Cotentin depuis 1949. La température annuelle moyenne de l'air n'atteint pas cependant celle enregistrée en 1999, la plus élevée des cinquante-trois dernières années. La dernière décennie, comme les deux dernières périodes quinquennales, se caractérise 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 1986-2001 au cours des trois premiers trimestres. L'excédent thermique moyen de l'eau sur l'ensemble de l'année 2001 est estimé à  $0,59 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$ , en deçà des excédents records de 1999 ( $+0,72 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$ ) et 1995 ( $0,70 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$ ), mais supérieur à l'excédent de 2000 ( $+0,21 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$ ). A l'opposé, l'année la plus déficitaire est 1986 ( $-1,34 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$ ).

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 PELAGIQUE

### 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 météorologiques (température de l'air, pluviosité) et biologiques (assimilation des sels nutritifs par le phytoplancton marin).

En raison de ces conditions météorologiques exceptionnelles, les caractéristiques hydrologiques de la colonne d'eau présentent deux caractéristiques.

- En raison de fortes précipitations, notamment d'un cumul pluviométrique élevé d'octobre 2000 à mars 2001, les plus faibles salinités depuis 1987 sont observées au printemps. Il en résulte des teneurs en sels nutritifs relativement élevées par rapport aux données acquises les années précédentes dans le cadre du programme IGA, mais également par rapport aux concentrations habituellement observées dans ce secteur de la Manche.
- L'important réchauffement estival de la colonne d'eau conduit aux plus fortes températures enregistrées depuis 1986.

Malgré ces conditions exceptionnelles, les paramètres hydrologiques mesurés lors des campagnes 2001 suivent un cycle saisonnier classique : consommation par le phytoplancton des sels nutritifs entre le printemps et l'été suite à l'augmentation de la température de l'eau et de l'insolation, suivi de processus de régénération durant l'automne. Il faut également souligner la distribution uniforme de la salinité et des concentrations en sels nutritifs entre les stations lors de chaque campagne. Cette distribution est liée au brassage important de la colonne d'eau dans ce secteur en raison de l'intensité des courants de marée.

L'étude des divers paramètres hydrologiques ne permet pas de détecter une influence, positive ou négative, de la centrale sur le milieu. Les écarts observés d'une année à l'autre peuvent être attribués aux évolutions et aux cycles naturels des divers paramètres.

### **Phytoplancton**

Les dénombrements microphytoplanctoniques du site de Flamanville montrent la régularité du phénomène au cours duquel la population de la période "hivernale", peu développée, est remplacée en été par une population dense mono spécifique constituée pour l'essentiel par des diatomées du genre *Rhizosolenia*. C'est en général la multiplication active des espèces de ce genre qui représente les poussées phytoplanctoniques du site.

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**

En 2001, l'examen des populations zooplanctoniques ne permet pas de conclure à un impact sur le milieu proche des eaux chaudes rejetées par la centrale de Flamanville.

Les valeurs des différents paramètres sont comprises dans les limites habituelles de variations observées depuis la mise en place de la surveillance de ce site.

### **Microbiologie**

Les deux espèces de vibrions détectées font partie de la flore marine autochtone.

### Trihalométhanes

Aucun des quatre composés recherchés n'a pu être détecté.

### Bore

La concentration de cet élément chimique a été recherchée en septembre. Les résultats obtenus montrent des concentrations non significativement différentes entre les différents points ; les valeurs aux rejets sont similaires, parfois inférieures, à celles mesurées à la côte et au large. Ces concentrations correspondent à la teneur normale du bore dans l'eau de mer ( $\sim 4 \text{ mg.l}^{-1}$ ).

## 6.2 LE DOMAINE BENTHIQUE

Les principales conclusions des mesures réalisées en 2001 dans le compartiment benthique se rapportent aux observations :

- d'une diminution du stock de *Fucus serratus*, plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver ; l'examen de la tendance générale, tous secteurs confondus, montre une baisse importante de ce stock de 1983 à 1992, suivie d'une alternance de faible hausse et de stagnation permettant à ce stock de se maintenir à un niveau assez moyen ;
- d'un nombre important de pieds fertiles aux trois périodes d'observation (61 % en mars, 84 % en juin, 94 % en septembre) ; le taux global de fertilité est moyen (21 % en mars, 32 % en juin, 27 % en septembre) ; comme en 1999 et 2000, les valeurs notées en juin 2001 sont élevées par rapport aux observations réalisées les années précédentes à la même période où les taux sont normalement les plus faibles ;
- d'un faible recrutement printanier des crustacés cirripèdes en relation avec la douceur de l'hiver (température douce = recrutement faible) ;
- une diminution des surfaces de substrat dur colonisées par ces cirripèdes qui, conjuguée à une série de recrutements printaniers faibles, conduit à une baisse des densités ;
- une sensible augmentation des Chthamales en relation avec l'augmentation de la température annuelle moyenne de l'air.

## 6.3 LE DOMAINE HALIEUTIQUE

### Larves de crustacés

Comme l'illustre bien la figure 2.7 de la page 24, la douceur particulière de l'hiver et du printemps notée les trois années précédentes se reproduit en 2001. 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 ont éclos très tôt, dès la mi-juin. Toutefois le pic d'abondance ne se produit qu'à la fin du mois d'août. La densité maximale relevée cette année (13,1 par 10 m<sup>3</sup>) rejoint les densités les plus fortes notées de 1986 à 1989 et en 1996 et 1997.

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 observées.

Les larves de homard sont également précoces cette année, avec un pic d'abondance situé au plus tard mi-juin. La densité trouvée lors de ce pic atteint une valeur maximale (0,09 par 10 m<sup>3</sup>) proche de celle des années exceptionnelles (1988 et 1993).

#### **Surveillance de la pêche côtière des crustacés**

Pour pallier à la baisse des rendements constatée par les pêcheurs professionnels, ceux-ci ont pris en 2000 des mesures de gestion de la ressource, notamment la création d'un cantonnement pour préserver une fraction du stock de homard à proximité du cap de Flamanville. Ces mesures pourraient être, cette année, à l'origine d'une augmentation sensible des captures dans la zone suivie aux abords immédiats du cantonnement.

Il semble qu'il y ait un effet réserve sur l'augmentation des rendements de pêche. Cette hypothèse devra être confirmée en 2002 : nous avons eu un rendement global identique en 1998 alors que la réserve n'existait pas encore.

Dans la mesure où les captures de homards réalisées dans le cantonnement représentent 30 % des captures totales, 50 % si l'on ajoute les filières 3 et 9, il est fort probable qu'un biais apparaisse dans la série des résultats par rapport à ceux obtenus les années précédentes.

Un nouveau système de marquage plus précis est en projet pour la campagne 2002 et devrait nous permettre de minimiser ce biais en identifiant de façon plus précise les individus recapturés ainsi que leur dispersion dans les zones avoisinantes.

En dehors de ce périmètre très spécifique, tous les paramètres suivis sont relativement stables, même si on observe une faible diminution des rendements de pêche pour l'araignée et le tourteau.

## 7 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.

AGOUMI, A., ENDERLE, M.J. & GRAS, R.A. 1983.- Modélisation du régime thermique de la Manche. *Oceanologica Acta*, 6, (4) 393-406

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.

ARMSTRONG, F.A.J., BUTLER, E.I. & BOALCH, G.T. 1972.- Hydrographic and nutrient surveys in the western English Channel during 1963 and 1964. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 52, 915-930

BENTLEY, D. & MAILLARD-QUISTHOUDT, C. 1990.- Hydrographic and nutrient surveys in the western English Channel during 1963 and 1964. *Journal pour la Recherche Océanographique*, 15, (3/4) 135-141

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.

JONES, S.R. & JEFFS, T.M. 1991.- Near surface sea temperatures in coastal waters of the North Sea, English Channel and Irish Sea. *Fisheries Research Data Report*, n°24

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.

LAANE, R.W.P.M. 1992.- Background concentrations of natural compounds. *Ministry of transport, Public Works and Water Management*, Report DGW-92.033

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.

MALHERBE, J.F. & MANOHA, B. 1977.- Centrale de Flamanville-Avis C ; Influence courantologique et thermique. *Electricité De France, Direction des études et recherches*, HE041/77.013

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).

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.

PINGREE, R.D. & MADDOCK, L. 1977.- Tidal residuals in the English Channel. *Journal of the Marine Biological Association of United Kingdom*, 57, 339-354

RIOU, J. 1990.- Modèle d'écosystèmes phytoplanctonique marin sur le littoral nord breton (Manche Occidentale). *Thèse de doctorat, Institut National polytechnique, Toulouse*

SALOMON, J.C., BRETON, M. & GUEGUENIAT, P. 1993.- Computed residual flow through the Dover Strait ». *Oceanologica Acta*, 16, 449-455

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.

SIMPSON, J.H. & HUNTER, J.R. 1974.- Fronts in the Irish Sea ». *Nature*, 1250, 404-406

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.

TAPPIN, A.D., HYDES, D.J., BURTON, J.D. & STATHAM, P.J. 1993.- Concentrations, distributions and seasonal variability of dissolved Cd, Co, Cu, Mn, Ni, Pb and Zn in the English Channel ». *Continental Shelf Research*, 13, (8/9) 941-969

TAYLOR, A.H. & STEPHENS, J.A. 1983.- Seasonal and year to year changes in the temperatures of the English Channel and the Southern North Sea, 1961-1976 : a budget ». *Oceanologica Acta*, 6, (1) 63-72

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.

**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.
- DREVES L. (coordinateur) *et al.* (2001) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 2000. Rapp. IFREMER RST.DEL/01.04, mars 2001, 128 p.
- DREVES L. (coordinateur) *et al.* (2002) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, ANNEE 2001. Rapp. IFREMER RST.DEL/02.04, mars 2002, 154 p.

\*\*\*



*Impression : Service TMSI/IDM/RIC  
IFREMER Centre de Brest  
BP 70 – 29280 Plouzané  
Tél. : 02 98 22 45 40*