

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

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

ifremer

Luc Drévès
Evelyne Erard - Le Denn, Jean-Dominique Gaffet,
Gabriel de Kergariou, Michel Lunven, Jocelyne Martin,
Dominique Miossec, Myriam Rumebe

Mars 2001 - Rapport RST.DEL/SR/01.04

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

Année 2000

Rapport scientifique annuel

Convention de marché EDF 95.F.0160

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de rapport : RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : <p style="text-align: center;">RST.DEL/SR/01.04</p> Diffusion : libre - restreinte - interdite Validé par : G. de KERGARIOU Adresse électronique : - chemin UNIX : - adresse WWW :	date de publication : mars 2001 nombre de pages : 128 bibliographie : Oui illustration(s) : Oui langue du rapport : Français
Titre et sous-titre du rapport : <p style="text-align: center;">Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville année 2000 - Rapport scientifique annuel</p>	
Titre traduit : <p style="text-align: center;">Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant - 2000</p>	
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom DRÉVÈS Luc ERARD-LE DENN Evelyne GAFFET Jean-Dominique de KERGARIOU Gabriel LUNVEN Michel MARTIN Jocelyne MIOSSEC Dominique RUMEBE Myriam	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER / Brest / DEL / SR IFREMER / Brest / DEL / EC-PP IFREMER / Brest / DEL / EC / BB IFREMER / Brest / DEL / SR IFREMER / Brest / DEL / EC-PP IFREMER / Nantes / DRV / RH IFREMER / Port-en-Bessin / DRV / RH IFREMER / Brest / DEL / SM
Collaborateur(s) : nom, prénom CRASSOUS Marie Pierre DESCHAMPS Serge LE GRAND Jacqueline YOUENOU Agnès d'ELBEE Jean	Organisme / Direction / Service, laboratoire IFREMER / BREST / DEL / EC-PP Laboratoire départementale Caen IFREMER / Brest / DEL / EC / PP IFREMER / BREST / DEL / EC-PP LAPHY / Biarritz
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse <p style="text-align: center;">Electricité de France (EDF) - Production Transport - C.N.P.E. de Flamanville B.P. 4 - 50 340 Les Pieux</p>	
Titre du contrat :	n° de contrat Ifremer
Organisme(s) réalisateur(s) : nom(s) développé(s), sigle(s), adresse(s) IFREMER Centre de Brest, B.P. 70, 29 280 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	
Responsable scientifique : Luc DRÉVÈS - IFREMER / Brest / DEL / SR	
Cadre de la recherche :	
Programme : <p style="text-align: center;">Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin</p>	Convention de marché EDF 95.F.0160
Projet : I.G.A. <p style="text-align: center;">Impact des Grands Aménagements</p>	Autres (préciser) :
Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire) IGA 1-2-3, 2000, N/O THALIA.	

FICHE DOCUMENTAIRE

Résumé :

L'étude de surveillance n°18 du site électronucléaire de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 2000. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique. L'année 2000 est la 15^{ème} année de fonctionnement de la Centrale.

Abstract :

Monitoring n°18 of the Flamanville nuclear power plant takes into account studies conducted between March and September 2000. Impacts on hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos are reported. This power plant has been in operation for fifteen 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 2000 - Rapport scientifique annuel. Rapp. IFREMER RST.DEL/SR/01.04, mars 2001, 128 p.

Référence particulière

MARTIN J. (2001). - Le domaine halieutique. *In* : DREVES L. (coordinateur) *et al.* (2001) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2000 - Rapp. IFREMER RST.DEL/SR/01.04, mars 2001, 128 p.

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

Chacun de ces contrats fait l'objet de trois documents contractuels qui sont :

- un **état d'avancement des travaux** réalisés au cours du premier semestre de l'année N, document remis au plus tard le 15 juillet suivant ;
- un **rapport préliminaire** de synthèse, remis au plus tard le 31 janvier de l'année N+1 ;
- un **rapport final**, dont l'édition définitive est remise au plus tard le 15 juin de l'année N+1.

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 final d'Ifremer est donc avancée à la fin mars de l'année N+1.

Concernant la surveillance du C.N.P.E. de Flamanville réalisée au cours de l'année 2000, régie par la convention de marché EDF 95.F.0160, l'état **d'avancement** a été adressé à EDF le 13 juillet 2000 [n/réf. DEL/SR/00.117].

Le **rapport préliminaire**, daté de janvier 2001, correspond à la version provisoire du rapport annuel [DREVES L. (coordinateur) et al. (2001).- Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2000 - Rapport scientifique annuel, Ed. provisoire. Rapp. IFREMER DEL/SR/01.02, janvier 2001, 128 p.].

L'édition définitive du rapport scientifique annuel fait l'objet du présent document. Il prend en compte les remarques formulées sur la version provisoire.

Sommaire

	PAGE
Préambule	1
Partie 1. Le fonctionnement de la Centrale de Flamanville et programme d'intervention d'Ifremer en 2000	
1.1. Fonctionnement de la centrale _____	5
1.2. Travaux réalisés par l'Ifremer _____	8
Partie 2. Les caractéristiques environnementales de l'année 2000	
2.1. Climatologie _____	13
2.2. Température de l'eau de mer _____	16
Partie 3. Le domaine pélagique	
3.1. Méthodologie _____	23
3.2. Hydrologie _____	23
3.3. Phytoplancton _____	32
3.4. Zooplancton _____	44
3.5. Microbiologie _____	57
3.6. Trihalométhanes _____	63
3.7. Bore _____	64
Partie 4. Le domaine benthique	
4.1. Phytobenthos intertidal _____	67
4.2. Zoobenthos intertidal - substrats durs _____	75
Partie 5. Le domaine halieutique	
5.1. Larves de crustacés _____	91
5.2. Surveillance de la pêche côtière des crustacés _____	103
Partie 6. Conclusion générale _____	123
Bibliographie _____	127

Préambule

Dans le cadre de l'implantation d'une Centrale électronucléaire sur le littoral de la commune de Flamanville (département de la Manche) et du contexte législatif en vigueur, **Electricité de France** a confié à l'**IFREMER**¹ les études écologique et halieutique du milieu marin encadrant ce site.

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

L'**étude de Projet**, menée par ces deux organismes de juillet 1976 à août 1978 (étude écologique), et d'avril 1977 à septembre 1979 (étude halieutique), eut pour 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.

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

²Centre National pour l'Exploitation des Océans

³Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes

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 2000, 15^{ème} année de fonctionnement de la Centrale, les études réalisées par l'Ifremer sur le site de Flamanville sont menées sous la responsabilité de :

- **Luc Drévès**, DEL/SR/Brest⁴, pour les caractéristiques environnementales (climatologie, température de l'eau de mer), la microbiologie, les trihalométhanes, le bore, le phytobenthos et le zoobenthos, ainsi que la coordination de l'ensemble des études sur ce site ;
en collaboration avec **Jean-Dominique Gaffet**, DEL/EC-BB/Brest⁵ (étude du benthos), le laboratoire Franck Duncombe de Caen (microbiologie et trihalométhanes), et le laboratoire départemental de Rouen (Bore) ;
- **Evelyne Erard Le Denn**, DEL/EC-PP/Brest⁶, pour le phytoplancton ;
- **Michel Lunven**, DEL/EC-PP/Brest, pour l'hydrologie ;
- **Jocelyne Martin**, DRV/RH/Nantes⁷, pour les larves de crustacés ;
- **Dominique Miossec**, DRV/RH/Port-en-Bessin, pour la surveillance de la pêche côtière des crustacés ;
- **Myriam Rumebe**, DEL/SM⁸, pour le zooplancton, en collaboration avec **Gabriel de Kergariou**, DEL/SR/Brest, et le LAPHY de M. Jean d'Elbée.

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

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

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

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

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

**1. Fonctionnement
du C.N.P.E. de Flamanville
et programme d'intervention de
l'Ifremer au cours de l'année 2000**

par Luc DREVES (DEL/SR)

1.1. Fonctionnement de la Centrale

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

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

L'année 2000 est la quinzième année de fonctionnement de la centrale de Flamanville, la dix-huitième année consécutive des études de Surveillance menées par l'IFREMER.

Au cours du premier semestre, les principaux arrêts de tranches ont eu lieu du 27 mai au 9 juin pour la tranche 2 (figure 1.1), et du 22 au 27 avril pour la tranche 1.

Le second semestre se caractérise par l'arrêt de la tranche 1 du 23 septembre au 10 décembre. Aucun arrêt de longue durée de la tranche 2 n'est observé.

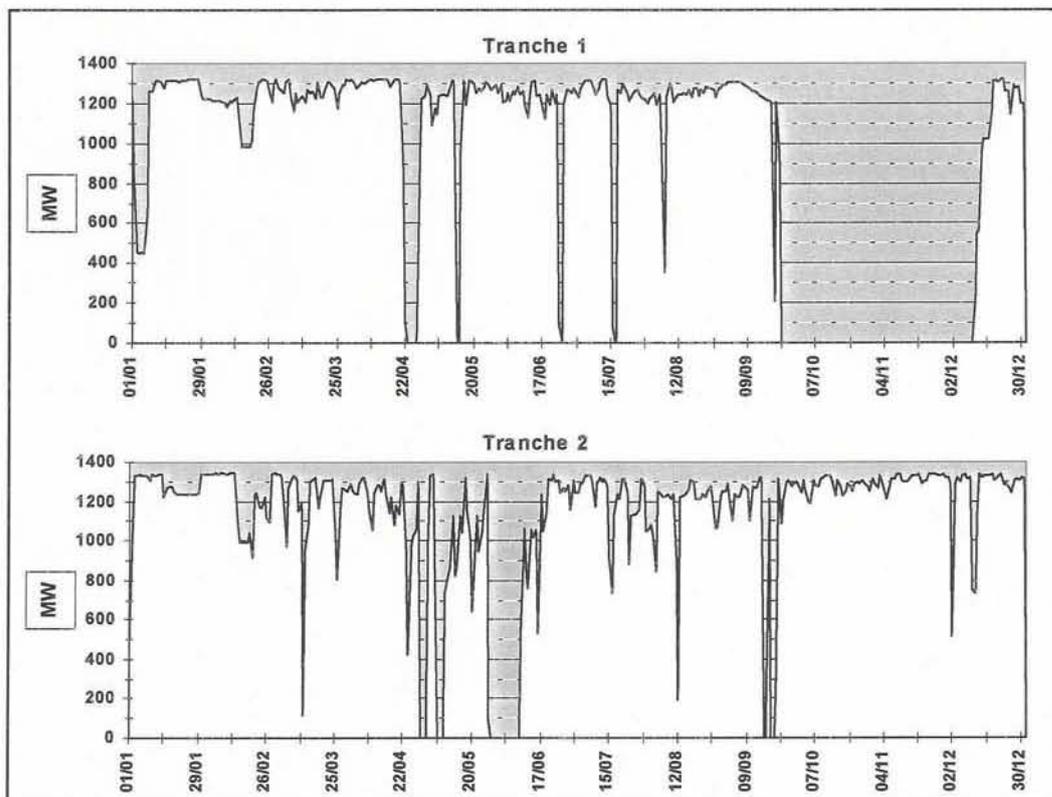


Figure 1.1 : Puissance nette moyenne des tranches 1 et 2 de Flamanville en 2000

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 2000

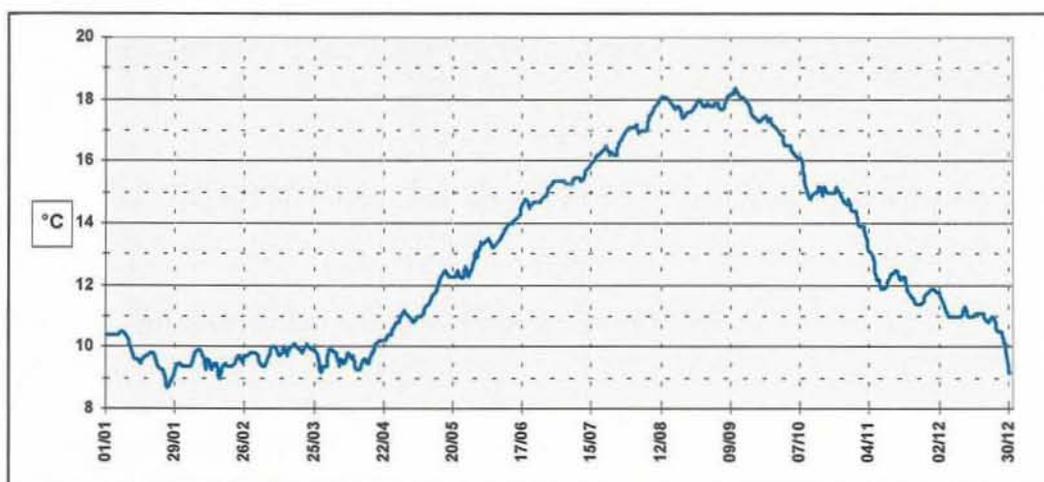
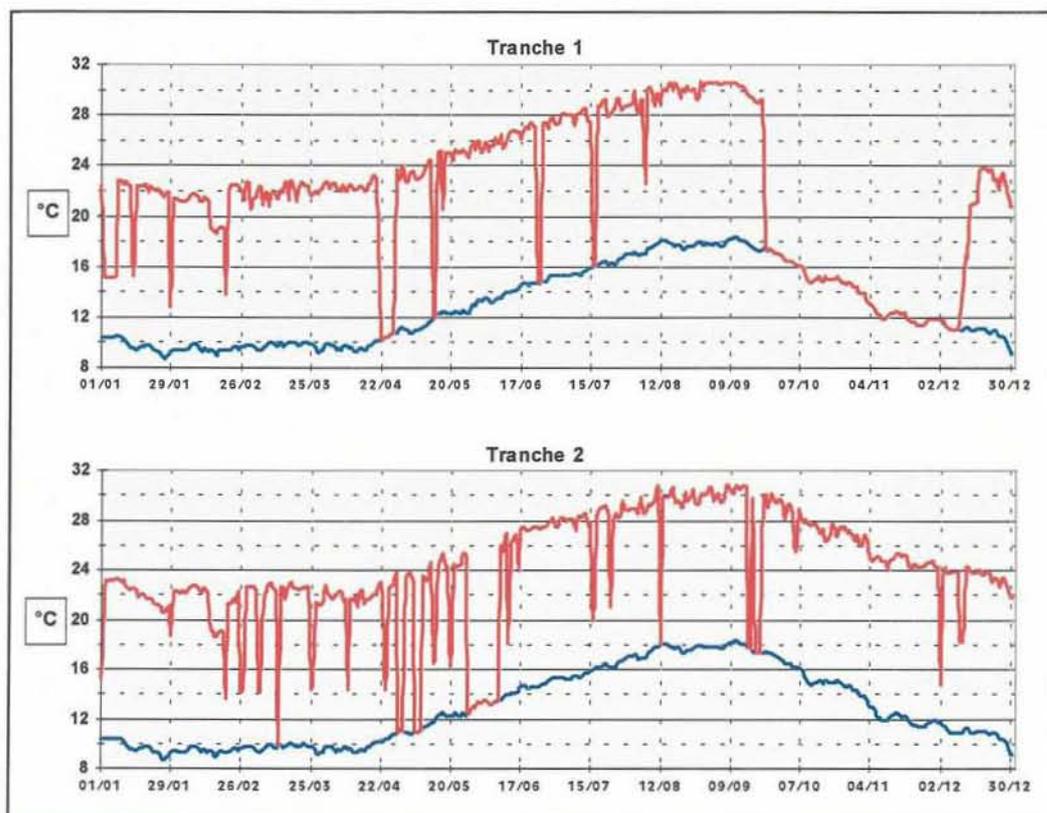


Figure 1.3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 2000



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 : Ecarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'aménée, au cours de l'année 2000

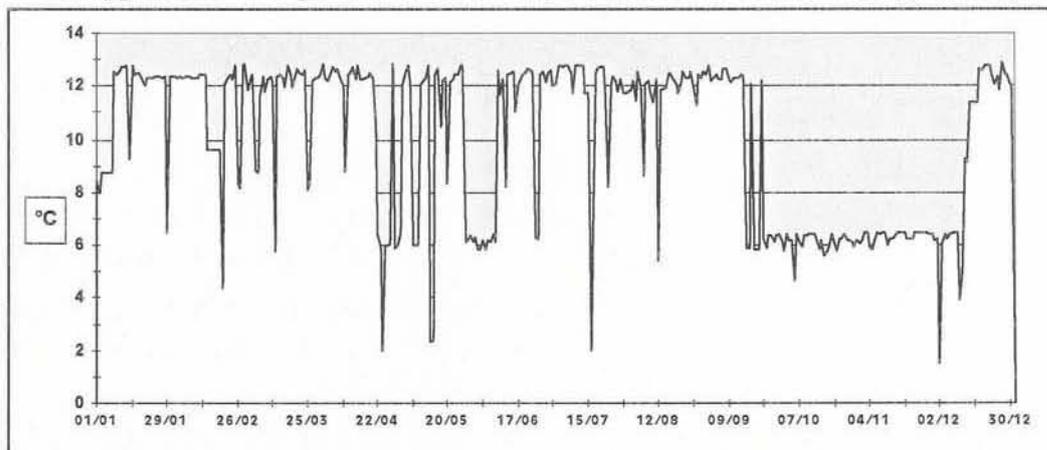
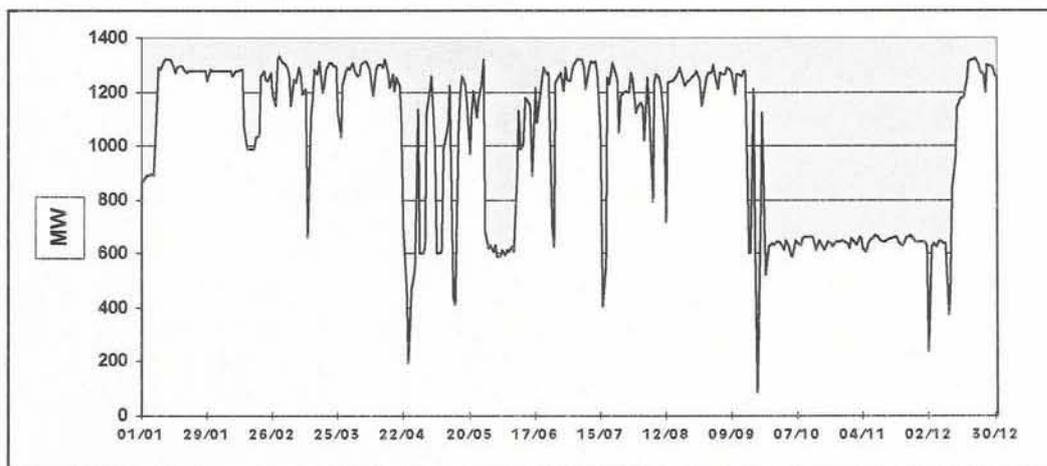


Figure 1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2000



La procédure antisalissure par électrochloration n'a fonctionné qu'à partir du mois de mai. Elle a été interrompue en octobre et novembre pour la tranche 1.

Comme l'indique le tableau 1.1 ci-dessous, 327 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans le circuit de refroidissement au cours de l'année 2000, principalement dans celui de la tranche 2.

Tableau 1.1
:Récapitulatif du tonnage mensuel de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville en 2000

T chlore	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Tranche 1	0	0	0	0	13,2	29,4	29,5	30,5	19,1	0	0	8,0	129,7
Tranche 2	0	0	0	0	17,8	23,4	28,3	30,5	16,9	27,9	24,2	28,8	197,8
Total	0	0	0	0	30,9	52,8	57,8	61,0	36,0	27,9	24,2	36,8	327,5

Ce tonnage est inférieur à la moyenne annuelle (372 tonnes) injectée depuis 1987. Les quantités de chlore injectées annuellement sont rappelées dans le tableau 1.2 suivant

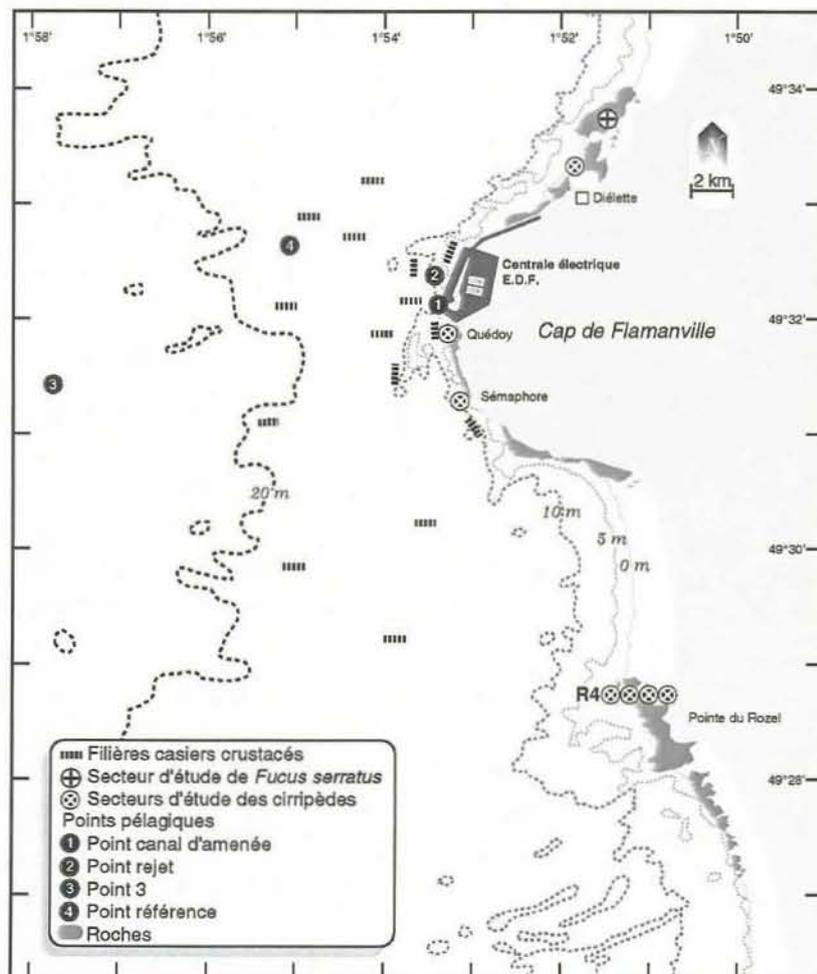
Tableau 1.2 :
Récapitulatif du tonnage
annuel de chlore injecté
dans le circuit de
refroidissement du
C.N.P.E. de Flamanville

Année	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Moy.
Chlore en T	424	580	570	805	365	191	209	243	371	173	266	428	256	372

1.2. Travaux réalisés par l'Ifremer

Les travaux réalisés au cours de l'année 2000 se sont déroulés conformément au contrat. Ils sont présentés dans le tableau 1.3. Les points de prélèvements sont inchangés, et localisés sur la carte de la figure 1.6.

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



2000	Points de prélèvements	Paramètres étudiés	Nbre répliqués à chaque point	Dates missions	
DOMAINE PELAGIQUE	Référence	Température	Référence 1 à -10m Rejet 1 subsurf. C.amenée 1 subsurf.	30 / 03	
		Salinité Haloformes	1 subsurface 2 subsurface		
		Sels nutritifs NH ₄	Référence 2 subsurf. 2 à -10m		
	Phytoplancton	Rejet	Chlorophylle Phaeopigments Production primaire Identification des espèces	Rejet 4 subsurf. C.amenée 4 subsurf.	23 / 06 04 / 09
	Zooplancton	Canal d'amenée	Biomasse Composition chimique (carbone, azote) Identification des espèces	6 WP2 congelés (2 triples) 1 WP2 formolé	
Microbiologie		Dénombrement des - germes totaux - germes viables Recherche des vibrions halophiles	Référence 4 Rejet 2 C.amenée 2		
DOMAINE BENTHIQUE	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	17-20 / 03 [5-6 / 06*] 14-15 / 09	
	3 Radiales Dans la zone à <i>Fucus serratus</i>				
Zooenthos	Secteurs 1, 2, 3 Radiale R4 (points 1, 2, 3, 4) Point SEM Point QUEDOY Point Diélette	- Biomasse Substrats durs intertidaux - Densité des différentes espèces de cirripèdes - Faune associée	10 quadrats /secteur Par point : 8 quadrats 12 comptages 4 grattages	17-20 / 03 [5-6 / 06*] 14-15 / 09	
	Points 2, SEM, QUEDOY, Diélette	- Etude de recolonisation	Par point : quadrats (3x25)cm ²		
DOMAINE HALIEUTIQUE	[Point 3] Référence	Densité des larves d'araignée et homard	2 Bongo 1 Neuston surface	13 / 06 27 / 06 12 / 07	
	Rejet			26 / 07	
	Canal d'amenée	- température - salinité		08 / 08 23 / 08	
Zooplancton et Hydrologie Suivi de l'exploitation	N.O. Cotentin	Recueil d'informations sur la pêche professionnelle			
et de la biologie des espèces commerciales	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	13-16 / 06 04-07 / 09	

* hors contrat

Tableau 1.3 :
Récapitulatif de
l'activité réalisée par
l'Ifremer au cours de
l'année 2000 devant
le C.N.P.E. de
Flamanville

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
P	11/03	07/05	08/05	22/04	21/04	07/05	11/04	29/04	20/03	09/04	12/04	19/04	20/03	28/03	30/03
E															
L	23/05														
A	11/06														
G	22/07	17/07	14/07	13/07	02/07	02/07	09/07	29/06	02/07	04/07	24/06	30/06	01/07	27/06	23/06
O	23/09	01/09	05/11	23/09	27/09	17/09	20/09	26/09	01/10	18/09	06/09	29/09	15/09	17/09	04/09
S															
B	25-26	30-31	21	07-09	28-29	19-20	19-20	08-09	13-15	14-16	18-19	08-09	14-15	19-21	17-20
P	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03
E															
H										12-13	03-04	06	22	12	5-6
N										/06	/06	/06	/06	/06	/06
Y															
T	17-18	07-08	29	18-19	19-20	09/10	28-30	01-02	19-22	08-10	08-09	15-17	06-07	12-13	14-15
O	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09
S															
B	25-26	14-15	21-22	07-08	11-12	15-18	16-19	23-24	12-13	15-16	18-19	07-08	14-15	19-21	17-20
E	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03	/03
Z	22-23	12-13	31/05	03-04	23-24	12-15	02-04	23	23-24	12-13	03	07	22	13	5-6
N	/06	/06	01/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06
O	17-18	22-25	28-29	18-19	19-20	24-27	22-25	01-02	20-21	09/10	10-11	15-17	06-07	12-13	14-15
T	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/09
H	14/06	02/07	12/07	11/07	15/06	19/06	23/06	17/06	16/06	20/06	27/06		17/06	22/06	13/06
Z															
A	05/07	23/07	21/07	25/07	11/07	03/07	07/07	29/06	06/07	04/07	09/07	01/07	01/07	06/07	27/06
O															
I	28/07	04/08	05/08	08/08	19/07	25/07	21/07	12/07	27/07	19/07	23/07	21/08	21/07	23/07	12/07
E															
+															
U	12/08	14/08		24/08	04/08	07/08	06/08	30/07		03/08	07/08	26/08	05/08	05/08	26/07
T															
H	04/09	01/09	07/09	07/09	27/08	24/08	20/08	23/08	13/09			09/09	19/08	24/08	08/08
I															
Y	23/09	20/09	22/09	21/09	11/09	05/09	08/09						31/08	14/09	23/08
Q															
D	12-15	18-21	24-27	24-27	15-18	21-24	12-15								
U	/05	/05	/05	/05	/05	/05	/05								
R	11-14	22-25	20-23	06-09	05-07	25-28	15-19	14-18	30/05	06-09	24-28	09-12	15-19	21-25	13-16
E	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06	04/06	/06	/06	/06	/06	/06	/06
O	15-18	20-23	20-23	03-06	02-07	22-25	07-10								
H	/07	/07	/07	/07	/07	/07	/07								
T	12-15	18-21	22-27	07-10	30/07	19-22	10-14								
E	/08	/08	/08	/08	02/08	/08	/08								
I															
S	10-13	15-18	05-08	04-07	03-07	16-19	21-22	20-24	12-16	18-21	16-21	08-11	17-20	05-07	07-07
Q	/09	/09	/09	/09	/09	/09	09	/09	/09	/09	/09	/09	/09	/10	/09
U															
E															

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

 absence d'intervention par évolution du contrat
 échantillonnage hors contrat

2. Les caractéristiques environnementales de l'année 2000

par Luc DREVES (DEL/SR)

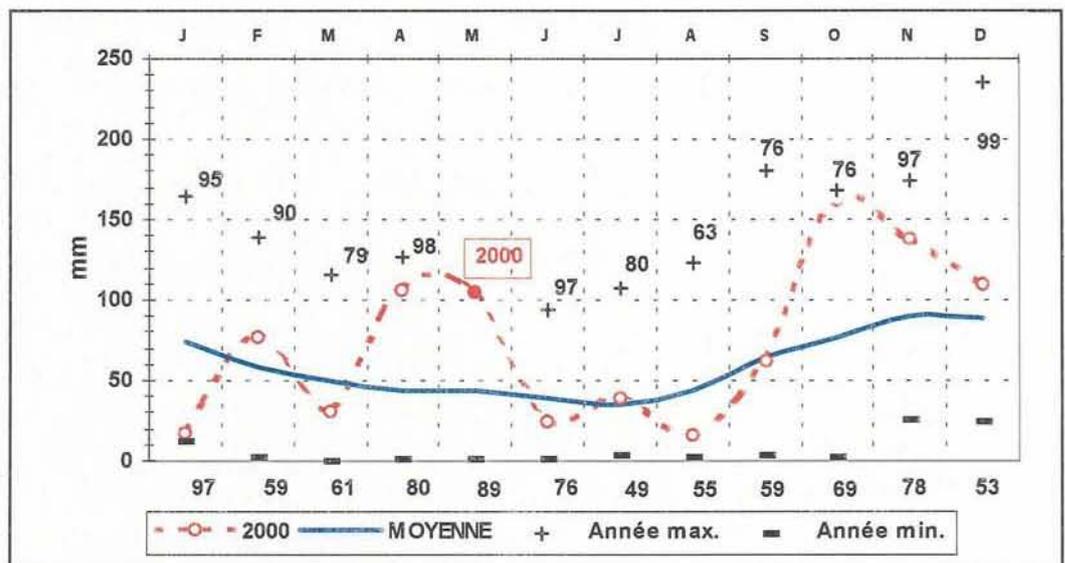
2.1. Climatologie

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

2.1.1. Pluviométrie

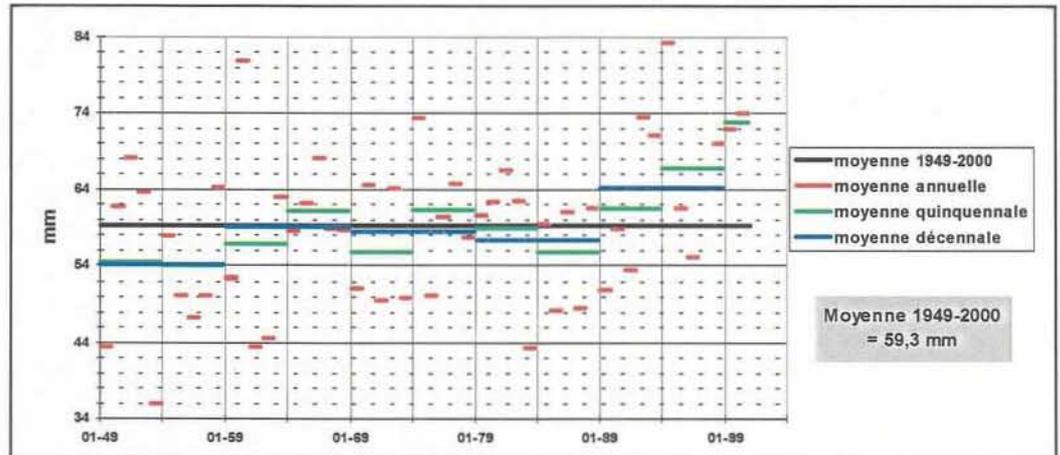
Depuis 1949, la pluviométrie interannuelle moyenne sur le nord-ouest Cotentin (figure 2.1) est maximale d'octobre à janvier, le maximum des précipitations étant noté en novembre avec 90,2 mm de hauteur moyenne d'eau. La période la plus sèche s'étend d'avril (44,2 mm) à août (44,4 mm), avec une valeur moyenne mensuelle minimale en juillet (35,5 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 2000, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles obtenues depuis 1949.



Sur la période 1949-2000, l'observation des cumuls moyens mensuels par période quinquennale ou décennale (figure 2.2), comparés au cumul moyen mensuel des cinquante-deux dernières années (59,3 mm) permet d'apprécier la forte pluviométrie mensuelle moyenne de la décennie 1989/1998 (64,2 mm), et surtout de la période quinquennale 1994/1998 (66,9 mm). Cela représente 13 mm de plus que pendant la période 1954-1959 (54 mm), la plus sèche. Les cumuls moyens mensuels observés tant en 1999 (72,0 mm) qu'en 2000 (74 mm) sont supérieurs à la moyenne.

Figure 2.2 :
Pluviométrie au
sémaphore de La
Hague de 1949 à
2000.
Cumuls moyens
mensuels, calculés
sur 5 et 10 ans,
comparés au cumul
moyen mensuel
observé sur la
période totale
(59,3 mm)

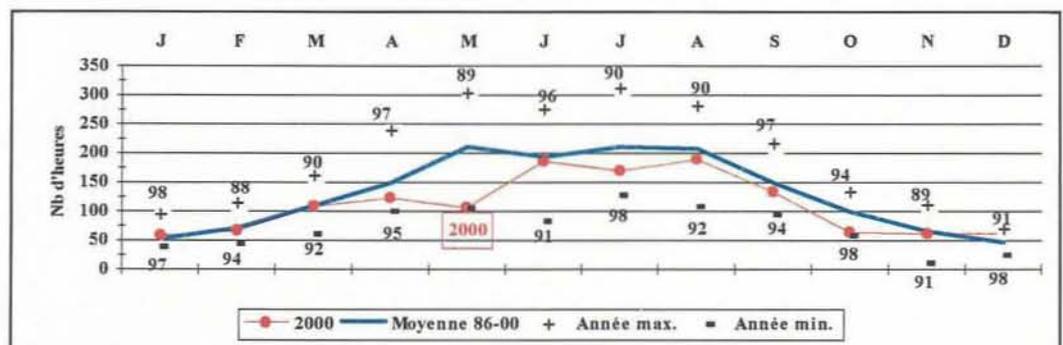


2.1.2. Insolation

L'importance de l'insolation mensuelle moyenne (figure 2.3) est directement dépendante de la durée même du jour. Elle est de ce fait minimale en décembre (47 heures) et en janvier (53 heures), et maximale en mai (210 heures). La couverture nuageuse peut perturber ce schéma. Ainsi, le mois de juin présente une durée d'insolation moyenne (195 heures) inférieure à celle enregistrée en mai et en juillet (212 heures). Ce comportement particulier de juin, depuis 1986, s'explique par le caractère plus pluvieux de ce mois par rapport à mai et juillet.

L'insolation annuelle moyenne depuis 1986 est de 1 572 heures, les années extrêmes étant 1990 (2 034 heures) et 1991 (1 241 heures). L'année 2000 se caractérise par un déficit d'insolation entre février et novembre, donnant un cumul annuel faible (1 321 heures).

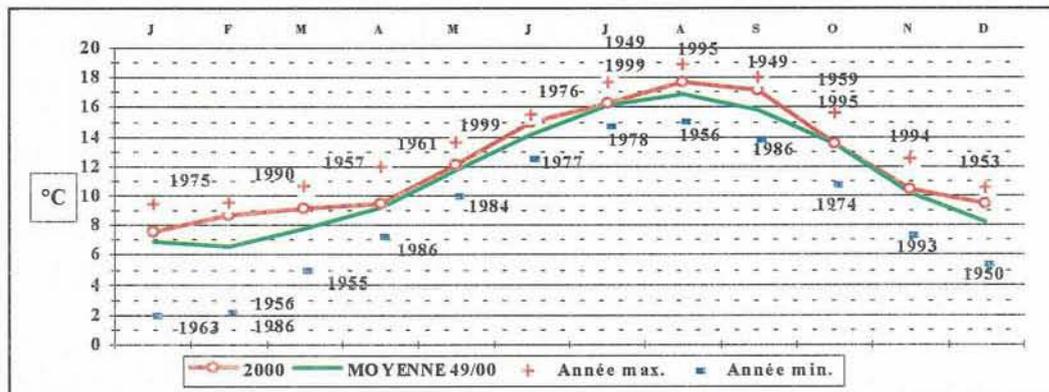
Figure 2.3 :
Insolation mensuelle
à Valognes au cours
de l'année 2000,
comparée aux
moyenne et valeurs
extrêmes mensuelles
obtenues depuis 1986



2.1.3. Température de l'air

Au cours des 52 dernières années, la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.4) varie de 6,6 °C en février à 16,8 °C en août. Les moyennes mensuelles extrêmes ont été enregistrées en janvier 1963 (2,0 °C) et en août 1995 (18,9 °C).

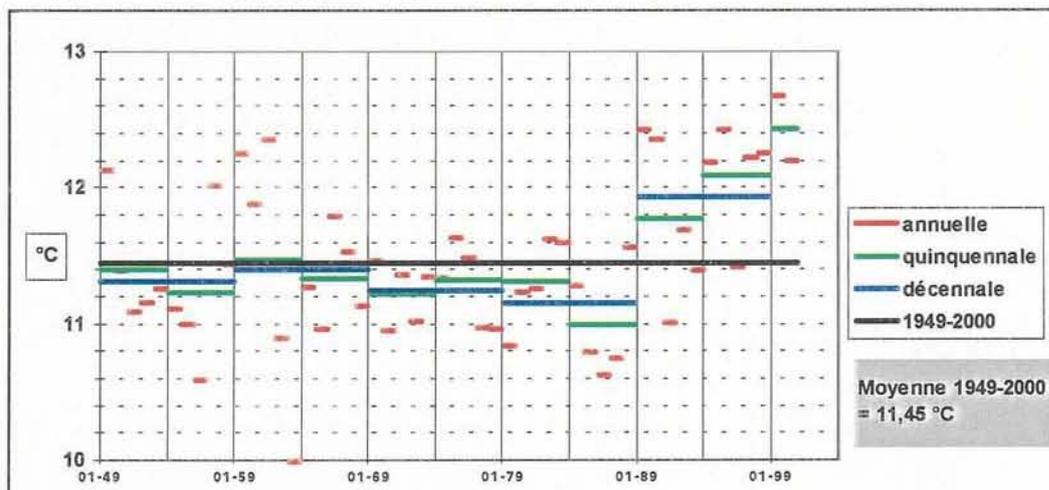
Figure 2.4 :
Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 2000, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées depuis 1949



Sur la période 1949/2000, la température moyenne annuelle est de 11,45 °C, avec un écart thermique moyen de 10,25 °C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud. L'année la plus chaude est 1999 avec 12,67 °C (succédant à 1989 avec 12,43 °C) ; la plus froide, 1963 avec 9,99 °C. Le plus grand écart thermique annuel est noté en 1987 avec 14,1 °C.

Sur la période 1949-2000, l'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période quinquennale ou décennale (figure 2.5) permet d'apprécier l'échauffement de la décennie 1989/1998 (11,9 °C), et surtout de la période quinquennale 1994/1998 (12,1 °C). Au cours des cinquante-deux dernières années, la période 1984-1989 est la plus froide (11,0 °C). Cette dérive thermique à la hausse est à juxtaposer avec celle similaire de la pluviométrie (cf. figure 2.2).

Figure 2.5 :
Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2000. Comparaison des moyennes mensuelles quinquennales et décennales à la moyenne sur la période totale (11,45 °C)



2.1.4. Caractéristiques de l'année 2000

L'année 2000 se caractérise par :

- un cumul annuel des précipitations (888,2 mm) supérieur, pour la deuxième année consécutive, au total moyen annuel enregistré depuis

- 1949 (711,2 mm) ; un mois de janvier très sec (17,6 mm) avoisinant le minimum de 1997 (12,2 mm) ; un record de précipitations en mai ;
- un insolation annuelle faible (1 321 heures), comparée à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1572 h.), s'expliquant par le déficit d'insolation entre février et novembre ;
- une température moyenne annuelle de l'air élevée (12,20 °C), les moyennes mensuelles se maintenant au-dessus des moyennes saisonnières tout au long de l'année.

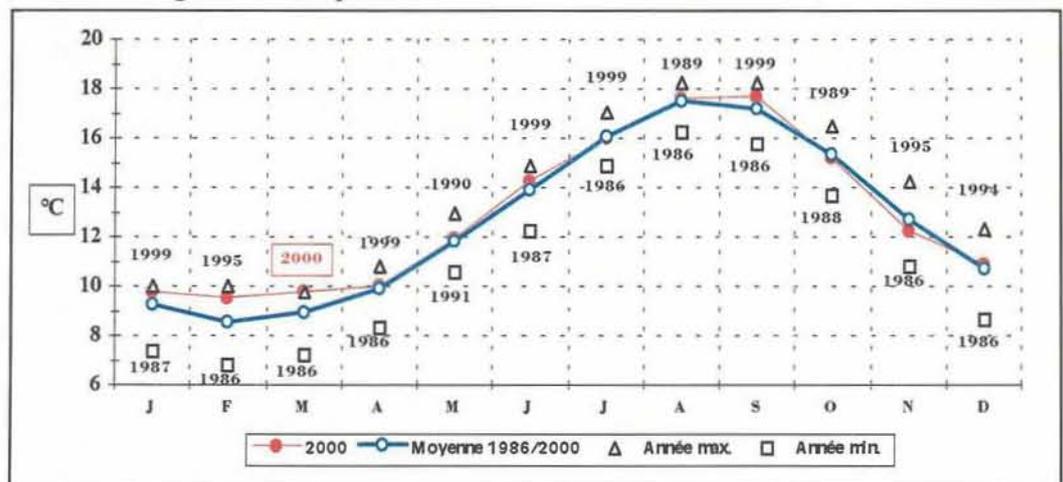
2.2. Température de l'eau de mer

Depuis 1986, EDF effectue un relevé quotidien (à 16h00) de la température de l'eau de mer dans le canal d'aménée. Le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'aménée (8,54 °C) est noté en février (figure 2.6), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 1995 (10,02 °C). Le maximum mensuel moyen (17,51 °C) est observé en août, oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,23 °C en 1989. La température moyenne annuelle est de 12,69 °C, les extrêmes étant 11,34 °C en 1986 et 13,40 °C en 1999.

Au cours de l'année 2000, les températures moyennes mensuelles de l'eau de mer sont très supérieures aux moyennes saisonnières pendant la période hivernale. Cette observation est à rapprocher de celle faite sur l'air (cf. figure 2.4). Une nouvelle moyenne mensuelle maximale est enregistrée en mars (9,77 °C). Le reste de l'année, les moyennes mensuelles avoisinent les normales saisonnières, exceptions faites de septembre et novembre.

Le mois le plus "froid" fut février. La température moyenne journalière la plus basse (8,7 °C) fut notée le 26 janvier, l'eau se réchauffant plus ou moins régulièrement par la suite.

Figure 2.6 : Evolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'aménée du CNPE de Flamanville en 2000, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées de 1986 à 2000.

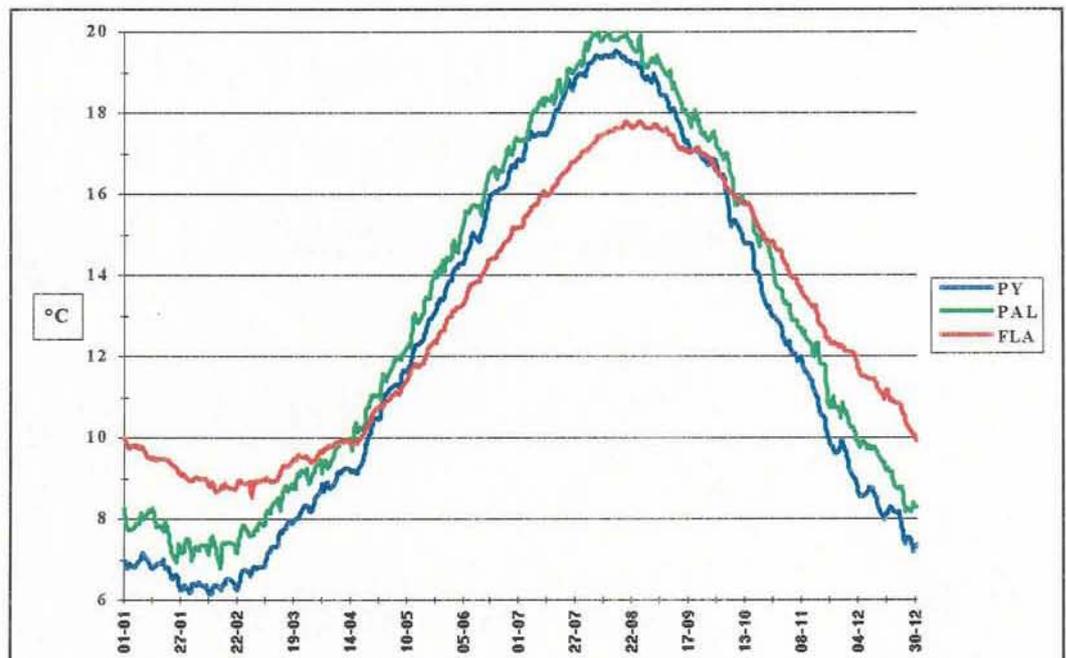


Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 15 années est calculé. Les valeurs oscillent entre $-3,01\text{ °C}$ (les 14 et 15/11/1986) et $+2,3\text{ °C}$ (le 27/11/1994). La représentation graphique de ces anomalies journalières permet de visualiser la dominante thermique d'une année donnée (figure 2.7), ou, par exemple, les conditions thermiques des périodes précédant les jours de prélèvements.

Ces écarts, moyennés sur l'année, permettent d'apprécier le léger excédent thermique de l'année 2000 ($+0,21\text{ °C.j}^{-1}$). Les années extrêmes sont :
 - 1999 ($+0,72\text{ °C.j}^{-1}$), 1995 ($+0,70\text{ °C.j}^{-1}$) et 1990 ($+0,53\text{ °C.j}^{-1}$) pour les excédentaires ;
 - 1986 ($-1,34\text{ °C.j}^{-1}$), 1987 ($-0,71\text{ °C.j}^{-1}$) et 1991 ($-0,53\text{ °C.j}^{-1}$) 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 2.8). Le caractère plus océanique de Flamanville apparaît nettement, à savoir plus doux en hiver que les autres sites plus continentaux, et plus frais en été.

Figure 2.8 :
 Comparaison des températures journalières moyennes de l'eau de mer entre Penly (PY), Paluel (PAL), et Flamanville (FLA) de janvier 1991 à décembre 2000



Sur cette période 1991/2000, la température moyenne annuelle de l'eau de mer à proximité immédiate de la côte est de $12,23\text{ °C}$ à Penly, $13,01\text{ °C}$ à Paluel, et $12,86\text{ °C}$ à Flamanville.

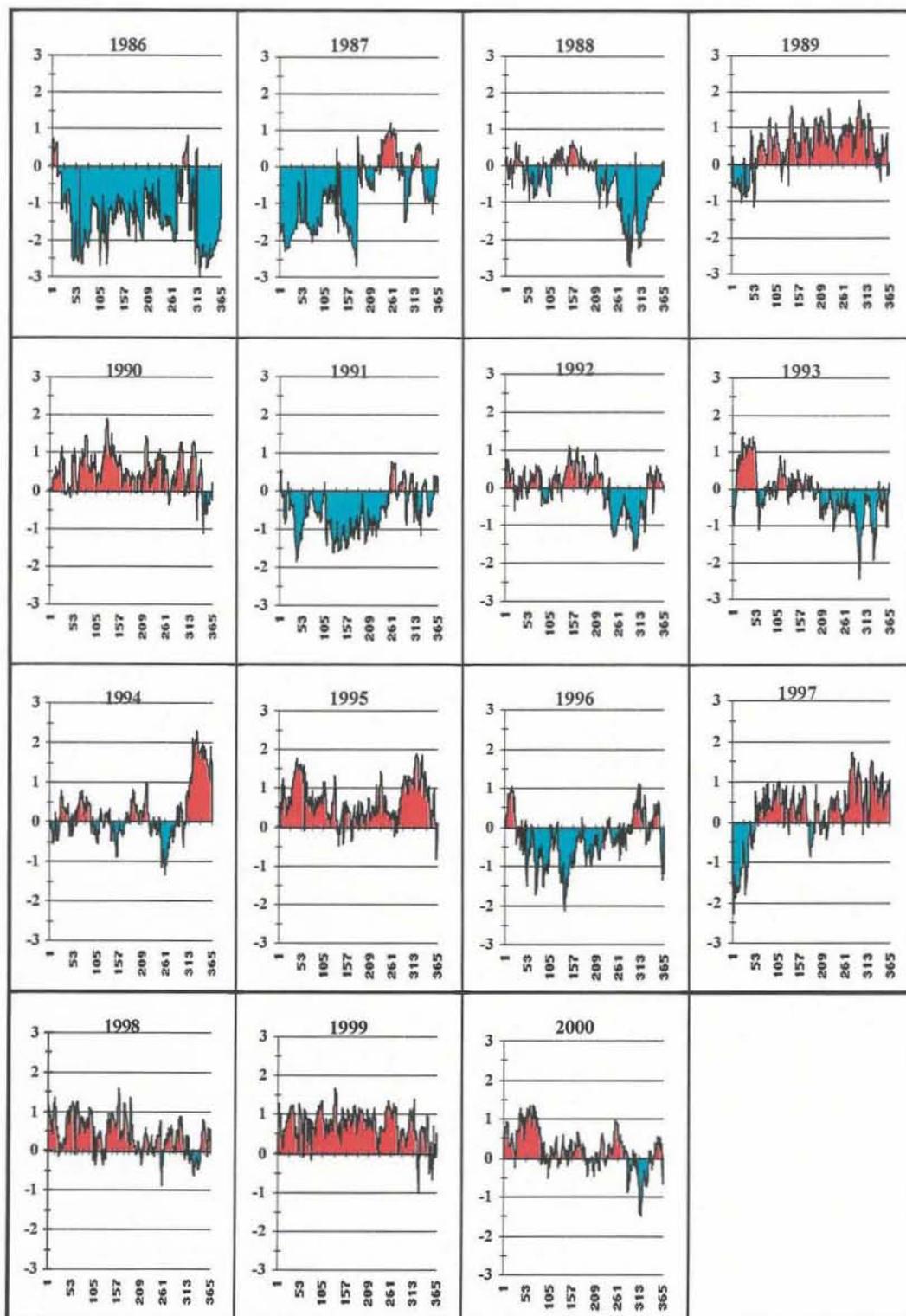
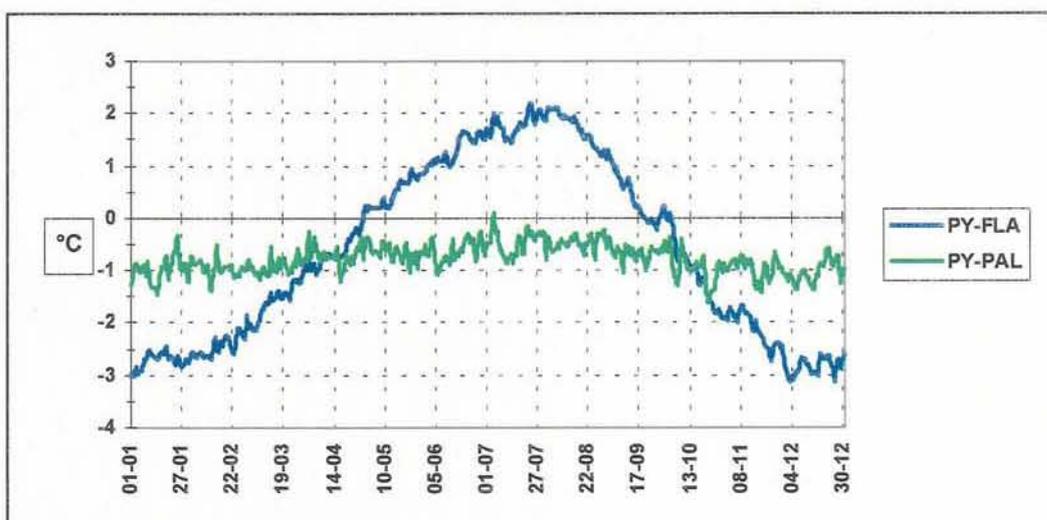


Figure 2.7 : CNPE de Flamanville. Anomalies de la température de l'eau de mer - Ecart journalier, en °C, à la moyenne quotidienne (moyenne du jour estimée sur la période 1986 - 2000).

L'observation des écarts journaliers moyens de 1991 à 2000 (figure 2.9) entre les deux sites les plus éloignés de Penly et Flamanville montrent bien l'inversion de ces écarts aux deux périodes de fin avril - début mai, puis de fin septembre - début octobre.

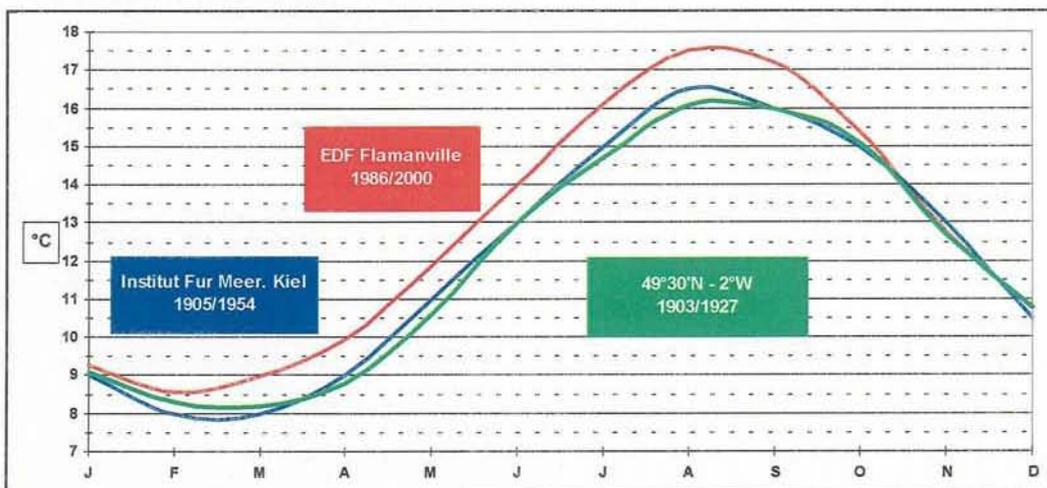
La même comparaison entre Penly et Paluel montre l'aspect plus frais du site le plus à l'est, à l'exception toutefois de 2 à 3 jours début juillet. On s'attendait à une inversion des écarts plus longue dans le temps, même si ceux-ci sont plus faibles. Ce phénomène naturel mériterait une explication.

Figure 2.9 : Ecart journaliers moyens de la température de l'eau de mer, de janvier 1991 à décembre 2000, entre Penly et Flamanville (PY-FLA) et Penly et Paluel (PY-PAL)



La comparaison des données de température de l'eau acquises par EDF avec celles acquises de 1905 à 1954 par l'*Institut Fur Meereskunde* 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 2.10).

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



L'évolution, au cours d'une année type représentative de la période 1986-2000, des quatre paramètres étudiés dans ce secteur du nord-ouest Cotentin

est résumée à la figure 2.11. Leur interaction est ainsi visualisée, comme, par exemple, l'élévation de la température de l'air précédant celle de l'eau.

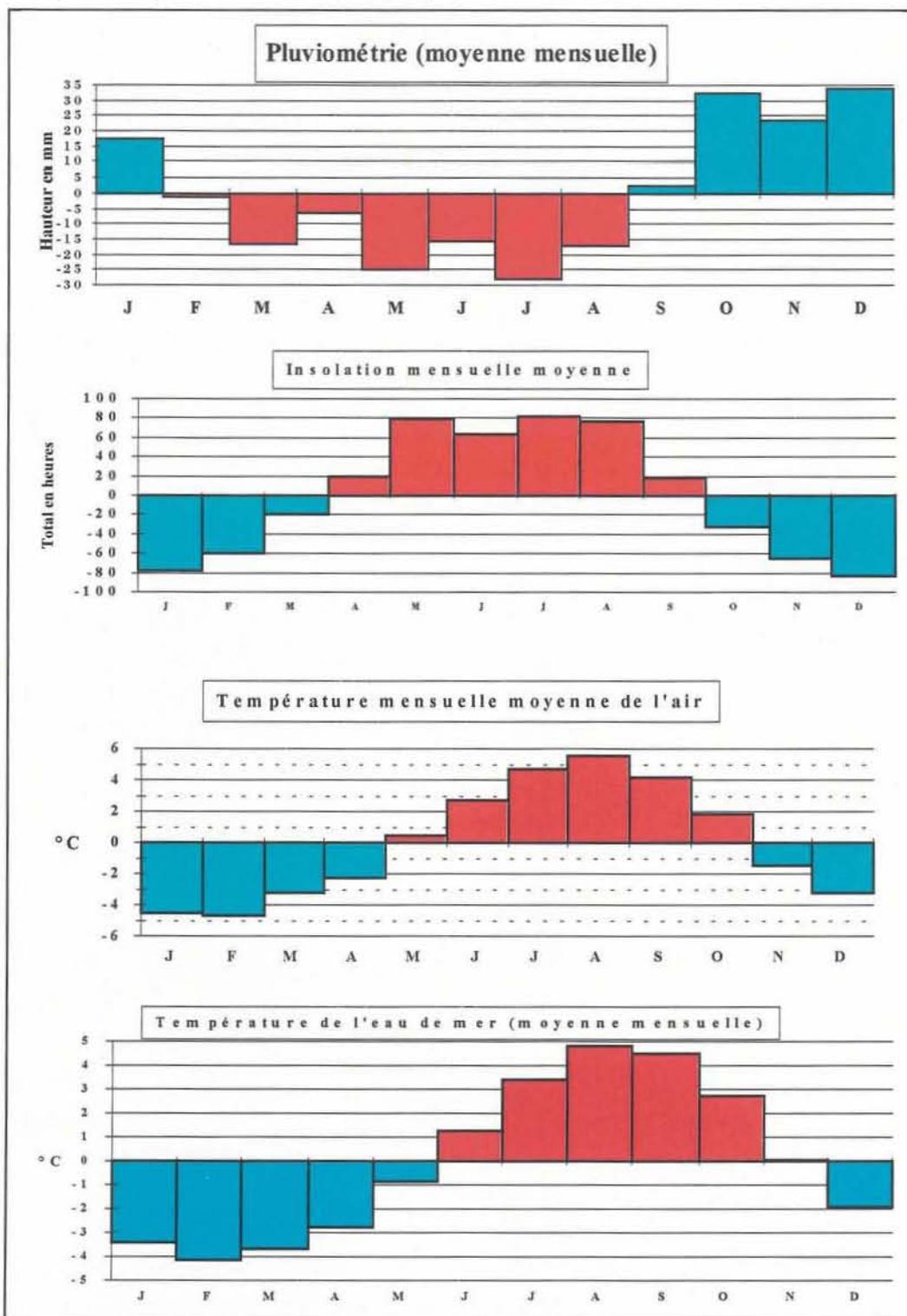


Figure 2.11 : Synthèse environnementale au Cap de Flamanville, sur la période 1986-2000 (pour chaque paramètre, écart mensuel moyen à la moyenne annuelle).

3. Le domaine pélagique

Etudes et rapport réalisés à l'IFREMER par

<i>Gabriel</i>	<i>de KERGARIOU</i>	<i>(Zooplancton)</i>
<i>Luc</i>	<i>DRÉVÈS</i>	<i>(Microbiologie, Trihalométhanes, Bore)</i>
<i>Evelyne</i>	<i>ERARD LE DENN</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Michel</i>	<i>LUNVEN</i>	<i>(Hydrologie)</i>
<i>Myriam</i>	<i>RUMEBE</i>	<i>(Zooplancton)</i>

avec la collaboration de

<i>Philippe</i>	<i>CANN</i>	<i>(Zooplancton)</i>
<i>Marie-Pierre</i>	<i>CRASSOUS</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Jacqueline</i>	<i>LE GRAND</i>	<i>(Phytoplancton)</i>
<i>Agnès</i>	<i>YOUENOU</i>	<i>(Hydrologie)</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 Méthodologie

De 1987 à 1992, l'étude de la surveillance du domaine pélagique s'est déroulée selon la même procédure. Une année dite "lourde" (1987, 1989, 1991) alterne avec une année dite "légère" (1988, 1990, 1992). Dans le premier cas cité, le contrat prévoit l'identification des espèces tant phytoplanctoniques que zooplanctoniques. Les principales modifications apportées à la stratégie d'échantillonnage à partir de l'année 1993 sont :

- l'abandon du point "contrôle" ; sont donc visités les points côtiers "entrée" (canal d'amenée) et "sortie" (rejet) de la centrale, ainsi qu'un point hors zone, non impacté (référence) ;
- un renforcement de la détermination des espèces phyto- et zooplanctoniques, paramètre qui sera mesuré chaque année.

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

L'arrêté ministériel du 11 mai 2000 ajoute au programme de surveillance l'analyse du bore.

Le matériel et les méthodes d'analyse utilisés en 2000 sont les mêmes que ceux appliqués les années précédentes.

Le calendrier des missions, les paramètres étudiés et le nombre d'échantillons effectués en chaque point sont donnés dans le tableau 1.3 à la page 9. Les campagnes se sont déroulées par des coefficients de 30-35 le jeudi 30 mars, 55-52 le vendredi 23 juin, et 65-58 le lundi 4 Septembre à partir du N/O THALIA (hydrobiologie, phytoplancton et zooplancton) et du zodiac de la SNSM de Diélette (bactériologie et trihalométhanes). Le positionnement des points est mentionné sur la carte aux abords de Flamanville (Fig. 1.6, page 8).

3.2 Hydrologie

En 2000, tous les paramètres hydrologiques, température, salinité, sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, phosphate, silicate) ont été mesurés lors de trois campagnes. A chaque point de prélèvement, les mesures des réplicats sont moyennées et représentées sous forme de tableau (3.1) et de figures (3.3 à 3.9).

30 Mars	Température (°C)			Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
	Ifremer	EDF	Caen						
Canal amenée	9,58 ±0,00	9,40	9,1 ±0,0	34,87	0,22 ±0,00	8,51 ±0,39	0,15 ±0,00	0,36 ±0,03	1,63 ±0,06
Rejet	12,12 ±0,57		12,3 ±0,0 12,3 ±0,0	34,95	0,23 ±0,05	8,20 ±0,05	0,15 ±0,01	0,36 ±0,02	1,59 ±0,08
Référence (surface)	9,29 ±0,00		9,1 ±0,0	35,11	0,21 ±0,01	8,23 ±0,03	0,15 ±0,00	0,42 ±0,01	1,52 ±0,16
Référence (-10 m)	9,29 ±0,00			35,04	0,20 ±0,04	8,29 ±0,06	0,15 ±0,00	0,40 ±0,04	1,46 ±0,13

23 Juin	Température (°C)			Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
	Ifremer	EDF	Caen						
Canal amenée	14,43 ±0,08	14,70	14,5	35,01	0,15 ±0,09	1,63 ±1,41	0,00 ±0,01	0,06 ±0,06	0,90 ±0,03
Rejet	15,27 ±0,40		16,8 ±0,0 17,7 ±0,0	34,96	0,14 ±0,08	2,77 ±1,19	0,01 ±0,01	0,10 ±0,04	0,98 ±0,17
Référence (surface)	13,77 ±0,00		14,0	35,02	0,18 ±0,00	3,19 ±0,00	0,08 ±0,00	0,08 ±0,00	1,33 ±0,00
Référence (-10 m)	11,22 ±0,07			34,98	0,21 ±0,06	0,76 ±0,18	0,08 ±0,01	0,04 ±0,05	1,24 ±0,34

4 Septembre	Température (°C)			Salinité g/l	NH4 μmol/dm ³	NO3 μmol/dm ³	NO2 μmol/dm ³	PO4 μmol/dm ³	Si μmol/dm ³
	Ifremer	EDF	Caen						
Canal amenée	17,72 ±0,03	17,90	17,8 ±0,0	34,86	0,24 ±0,07	1,68 ±0,52	0,16 ±0,01	0,19 ±0,10	3,28 ±0,31
Rejet	17,78 ±0,05		18,8 ±0,0 19,4 ±0,0	35,11	0,22 ±0,02	2,20 ±0,38	0,20 ±0,01	0,17 ±0,09	3,43 ±0,77
Référence (surface)	17,35 ±0,05		17,5 ±0,0	34,82	0,91 ±0,05	4,16 ±1,07	0,28 ±0,01	0,19 ±0,00	6,55 ±4,19
Référence (-10 m)	17,32 ±0,04			34,99	0,94 ±0,00	3,64 ±0,30	0,29 ±0,01	0,22 ±0,02	3,76 ±0,03

Tableau 3.1 :
Moyennes et
écarts-types des
paramètres
hydrologiques à
Flamanville en
2000.

NB : Le laboratoire
de Caen a mesuré la
température sur les 2
rejets (nord et sud).

3.2.1 Température

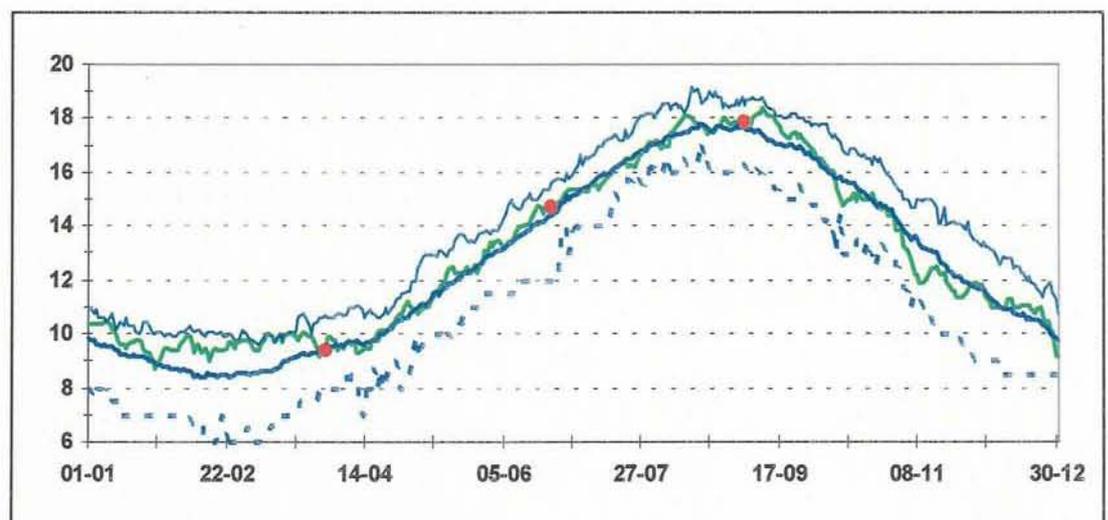
Les dates des campagnes pouvant être décalées d'un à deux mois suivant les années, les figures 3.1 et 3.2 permettent de présenter, sur le calendrier julien, l'ensemble des données de température enregistrées au cours des 15 années de surveillance (depuis 1986), esquissant un cycle moyen annuel. Les données spécifiques à l'année 2000 y sont représentées avec un symbolisme particulier.

Les températures des eaux côtières relevées sur le site de Flamanville au cours des trois campagnes de surveillance de l'année 2000 présentent les mêmes caractéristiques que celles relevées les années précédentes. Elles sont à relier à la climatologie de l'année 2000, caractérisée notamment par un hiver très doux.

Au cours de ces trois dernières campagnes, les valeurs enregistrées à la côte (canal d'aménée) sont toujours sensiblement supérieures à celles du large (point Référence ; + 0,3 °C à + 0,7 °C). Ce gradient thermique côte-large, avec des eaux plus chaudes à la côte, a été observé dès le début des études sur ce site (rapport d'Avant-Projet 1^{er} cycle, octobre 1977).

Au point Référence, la température de surface est égale (en mars et septembre) ou supérieure (juin) à celle enregistrée à 10 mètres sous la surface. Le 23 juin, cet écart thermique est de 2,55 °C.

Figure 3.1 : Cycle moyen annuel des températures de l'eau de mer dans le canal d'aménée de Flamanville sur la période 1986/2000 comparé aux valeurs observées en 2000 (courbe verte et points rouges) et aux valeurs mini / maxi.



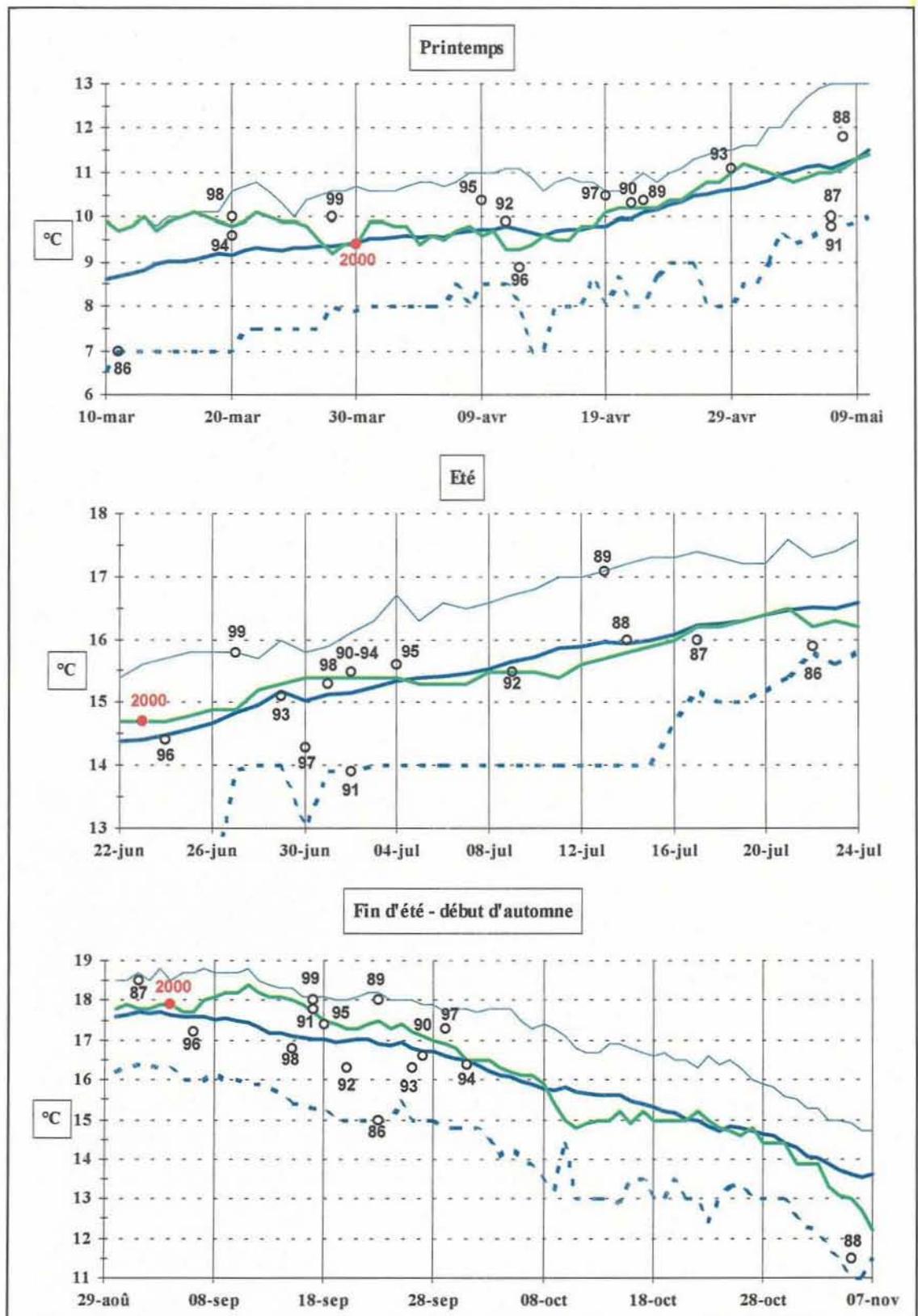


Figure 3.2 :
Température de l'eau
de mer dans le canal
d'amenée de
Flamanville - Valeurs
observées en 2000
(courbe verte ; dont
le jour de la mission
en point rouge)
comparées à la
moyenne journalière,
et aux valeurs
mini/maxi, sur la
période 1986-2000.

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

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

avec

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

A partir des mesures de températures relevées au Canal d'Amenée et sur le Rejet lors des 3 campagnes effectuées au cours de l'année 2000, il est possible d'établir le tableau suivant :

Tableau 3.2 :
Echauffement de l'eau
de mer calculé au rejet
de la centrale de
Flamanville en 2000

Date	$T^{\circ} \text{ CA}$	$T^{\circ} \text{ SC}$	$T^{\circ} \text{ Rejet}$	π
30 Mars	9,58	22,2	12,12	0,116
		21,5	$\pm 0,57$	
23 Juin	14,43	27	15,27	0,054
		27,5	$\pm 0,40$	
4 Septembre	17,72	30,6	17,78	0,084
		30,1	$\pm 0,05$	

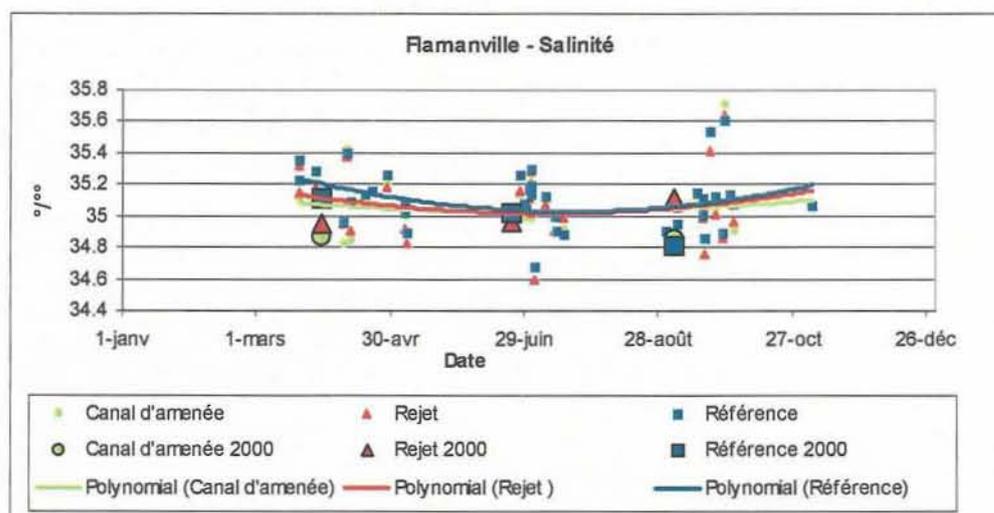
Les données d'échauffement calculées à la Station Rejet lors des trois campagnes sont très variables. Ceci peut être attribué à la difficulté d'échantillonner précisément, lors des stations, 4 réplicats en surface au maximum thermique du Rejet. Les conditions hydrodynamiques rencontrées sur la zone provoquent une dilution rapide des eaux échauffées rejetées par la centrale. Les enregistrements différents au point Rejet réalisés par Ifremer et le laboratoire de Caen illustrent bien cette rapidité de la dilution en ce point.

En considérant les températures moyennes mesurées aux deux stations non impactées par la Centrale (Référence et Canal d'Amenée), on ne peut quantifier un échauffement particulier du milieu attribuable au fonctionnement de la Centrale.

3.2.2 Salinité

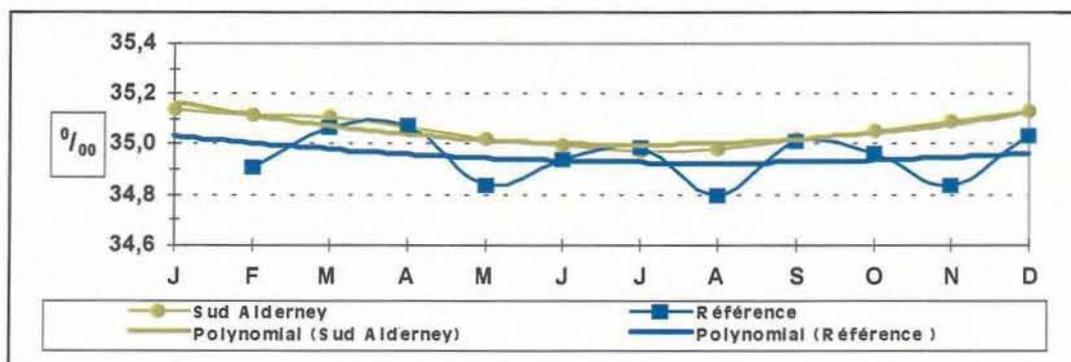
L'ensemble des valeurs de salinité mesurées au cours des trois campagnes de l'année 2000 sont relativement basses par rapport aux années précédentes. Elles peuvent être reliées à la climatologie de l'année 2000. Les salinités faibles observées à la fin de l'hiver, sont attribuables aux fortes pluviosités enregistrées par le sémaphore de La Hague, aux mois de Février. Les courbes de tendance d'évolution annuelle de la salinité pour les 3 stations mettent en évidence un gradient côte-large : les salinités faibles sont mesurées à la côte, les plus fortes au large par dilution des apports d'eau douce terrestre.

Figure 3.3 : Evolution de la salinité au droit du CNPE de Flamanville en 2000



La comparaison des données acquises au point Référence depuis 1986 à celles enregistrées entre 1904 et 1923 par le *Ministry of Agriculture and Fisheries* (Lumby, 1935) au point "R26" situé au sud d'Alderney (49° 37' N, 2° 14' W) confirmerait ce gradient côte-large. Elle montre également la dominance d'un régime océanique d'ouest en période automno-hivernale (salinité plus importante).

Figure 3.4 : Comparaison des salinités notées au point Référence (1986/2000) à celles du point "26" (1904/1923)



3.2.3 Ammonium

Les concentrations en ammonium mesurées au cours de l'année 2000 sont identiques aux situations antérieures, et correspondent à des teneurs faibles, inférieures à $0,3 \mu\text{mole}/\text{dm}^3$ en Mars et Juin. En Septembre, les concentrations sont relativement élevées au point Référence ($0,91 \mu\text{mole}/\text{dm}^3$ en surface et $0,94 \mu\text{mole}/\text{dm}^3$ à 10 mètres). Cette augmentation constatée au large peut être liée à des arrivées d'eaux plus froides, donc du large et probablement atlantique (Rapport Général, Octobre 1977). L'observation des trois courbes de tendance ne met pas en évidence un cycle annuel en azote ammoniacal. D'une manière générale, les variations de ce paramètre dans le milieu se produisent à une échelle de temps plus courte.

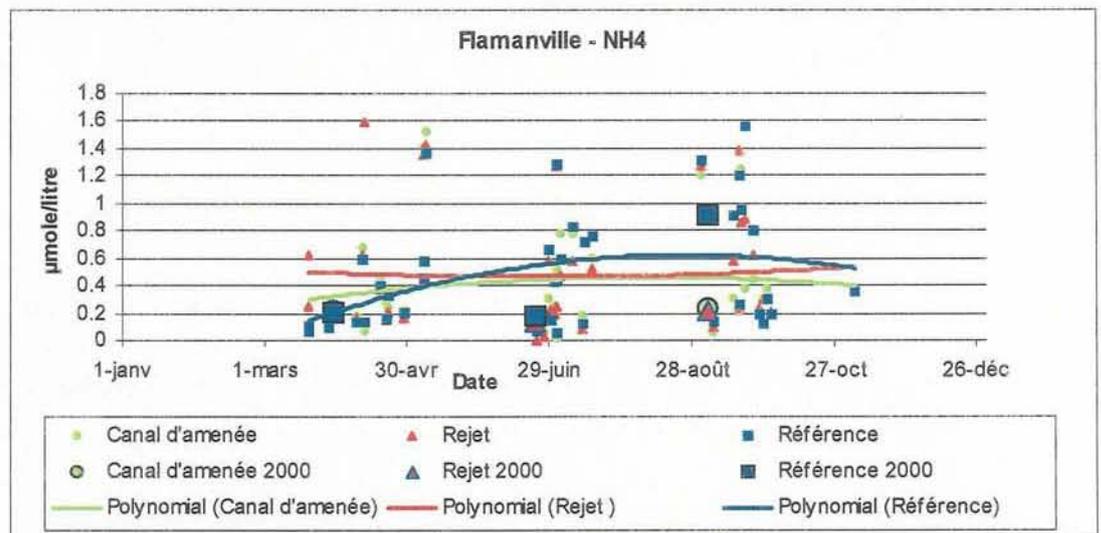


Figure 3.5. : Evolution de la teneur en ammonium au droit du CNPE de Flamanville en 2000

3.2.4 Nitrate

Tout comme en 1999, on observe une forte concentration en Nitrates au début du printemps (supérieure à $9 \mu\text{atg}/\text{l}$). Ces teneurs élevées sont à relier aux apports terrestres générés par les fortes précipitations de l'hiver 1999-2000 et à la minéralisation de la matière organique accumulée pendant l'hiver.

On constate ensuite une diminution du stock en nitrate, correspondant bien à la consommation des éléments nutritifs par le phytoplancton printanier. Cependant l'épuisement en ce sel n'est pas total puisque les concentrations minimales restent relativement élevées, autour de $2 \mu\text{atg}/\text{l}$.

Les concentrations en nitrate mesurées lors des campagnes d'été et d'automne font apparaître l'existence d'un gradient côte-large. Comme dans le cas de l'Ammonium, les concentrations les plus fortes sont mesurées au large.

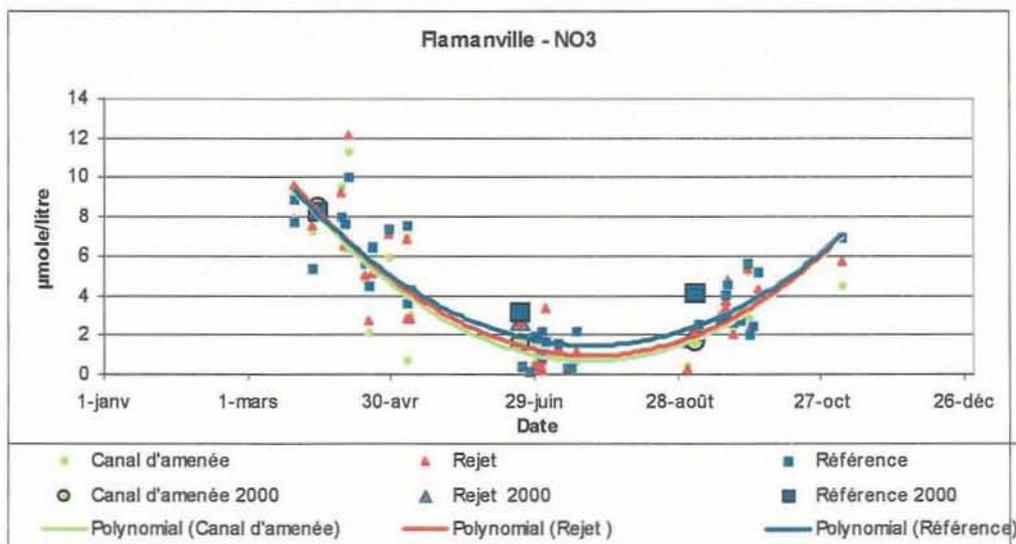


Figure 3.6 :
Evolution de la
teneur en nitrate au
droit du CNPE de
Flamanville en 2000

3.2.5 Phosphate

Le comportement et le rôle du Phosphate minéral dissous en milieu côtier sont comparables à celui du Nitrate, avec la présence d'un cycle annuel bien marqué. Les concentrations les plus élevées sont mesurées en Mars (autour de $0,4 \mu\text{moles}/\text{dm}^3$) avant l'apparition du bloom phytoplanctonique printanier.

Les concentrations en phosphates mesurées lors des deux autres campagnes sont plus faibles (entre $0,1$ et $0,2 \mu\text{atg./litre}$) et sont comprises dans les normales saisonnières.

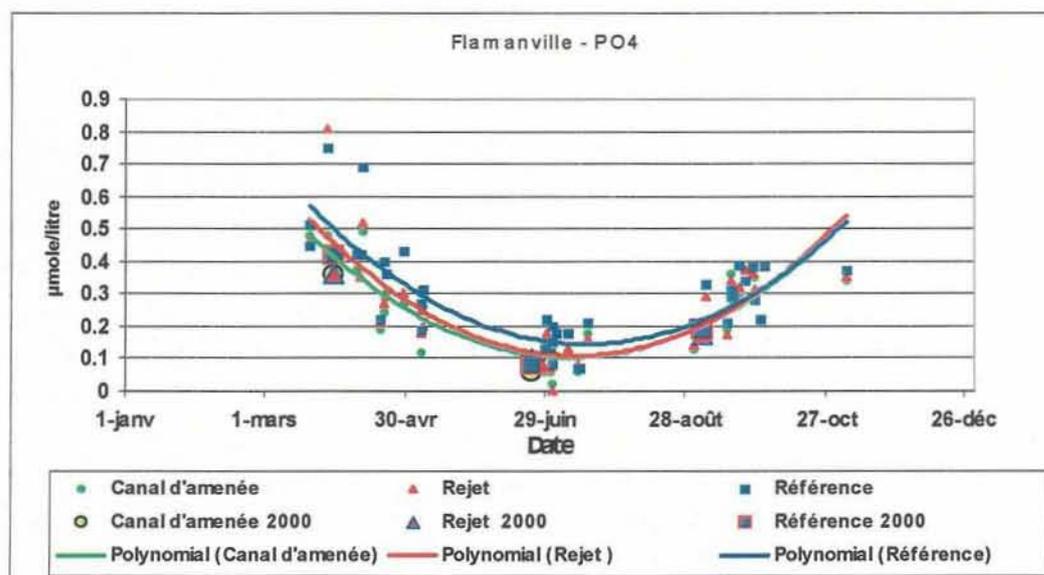


Figure 3.7 :
Evolution de la
teneur en phosphate
au droit du CNPE de
Flamanville en 2000

3.2.6 Silicate

Le cycle annuel est assez marqué. La période de consommation des silicates s'étale de mars à juin. A la fin du printemps, l'appauvrissement en ce sel n'est pas total : en effet la valeur la plus faible mesurée au cours de l'année 2000 est de $0,90 \mu\text{mole/l}$. Inversement au Nitrate et au Phosphate, la figure 3.6 fait apparaître une assez forte variabilité de ce paramètre d'une année sur l'autre. Cependant, celle-ci n'est pas imputable à une dérive dans le temps. La consommation en Silicates est en effet liée au développement des diatomées dont plusieurs populations se succèdent à des échelles de temps très rapides. Ceci explique la dispersion importante des données au cours des 15 années de surveillance.

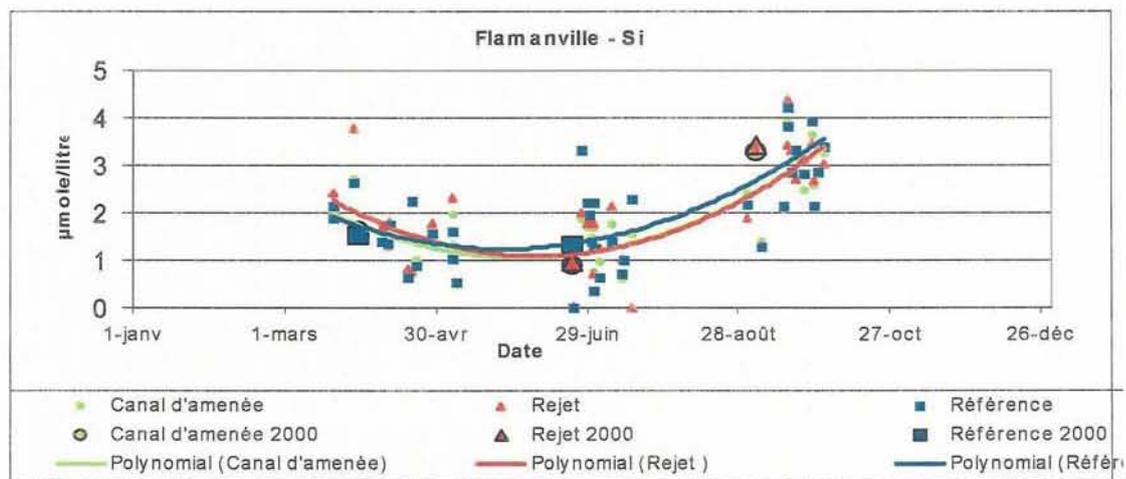


Figure 3.8 : Evolution de la teneur en silicate au droit du CNPE de Flamanville en 2000

3.2.7 Nitrite

Les teneurs moyennes en Nitrites sont conformes aux normales saisonnières ; elles restent faibles tout au long de l'année 2000 avec un maximum en septembre ($0,28 \mu\text{mole/l}$ à la station Référéce). La concentration minimale est observée en juin ($0,06 \mu\text{mole/l}$).

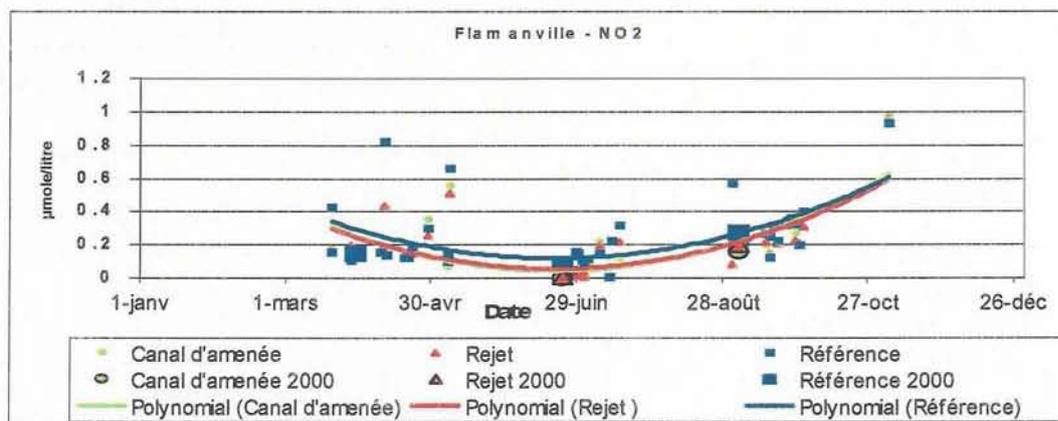


Figure 3.9 : Evolution de la teneur en nitrite au droit du CNPE de Flamanville en 2000

3.3 Phytoplancton

En 2000, tous les paramètres globaux, chlorophylle, production primaire et microplancton ont été mesurés pour estimer toute modification du milieu due à l'échauffement de la masse d'eau.

A chaque point de prélèvement les mesures des répliqués sont moyennées et représentées sous forme de tableau (3.3) et de figures (3.10 à 3.13). Ces différentes figures permettent de situer sur le calendrier julien les données obtenues aux 3 points en 2000 par rapport aux années antérieures.

30-mars-00	Chlorophylle µg/dm ³	Phaéopigments µg/dm ³	Prod. primaire mg C/m ³ /h	Microplancton nbre/cm ³	Nanoplancton nbre/cm ³
Canal amenée (surface)	0,49 ± 0,05	0,14 ± 0,1	2,06 ± 0,39	20,73	164,00
Rejet (surface)	0,55 ± 0,09	0,25 ± 0,08	2,58 ± 0,13	50,61	189,00
Référence (surface)	0,49 ± 0,06	0,11 ± 0,16	2,12 ± 0,11	43,70	131,00
Référence (- 10m)	0,41 ± 0,05	0,24 ± 0,08	2,11 ± 0,11	66,67	134,00
23-juin-00	Chlorophylle µg/dm ³	Phaéopigments µg/dm ³	Prod. primaire mg C/m ³ /h	Microplancton nbre/cm ³	Nanoplancton nbre/cm ³
Canal amenée (surface)	4,08 ± 0,8	0,42 ± 0,3	14,17 ± 0,3	319,00	1644,00
Rejet (surface)	4,19 ± 0,27	0,36 ± 0,37	17,03 ± 0,99	434,00	1556,00
Référence (surface)	3,19 ± 0,45	0,28 ± 0,16	12,70 ± 1,75	186,00	582,00
Référence (- 10m)	3,13 ± 0,35	0,28 ± 0,08	15,17 ± 1,1	194,00	558,00
04-sept-00	Chlorophylle µg/dm ³	Phaéopigments µg/dm ³	Prod. primaire mg C/m ³ /h	Microplancton nbre/cm ³	Nanoplancton nbre/cm ³
Canal amenée (surface)	3,98 ± 0,24	0,89 ± 0,20	17,31 ± 1,59	458,00	1189,00
Rejet (surface)	4,01 ± 0,3	0,69 ± 0,20	12,78 ± 3,19	505,00	1100,00
Référence (surface)	1,89 ± 0,07	0,25 ± 0,15	5,29 ± 0,71	113,00	689,00
Référence (- 10m)	1,47 ± 0,25	0,51 ± 0,38	8,24 ± 0,3	142,00	1178,00

Tableau 3.3 :
Moyennes et écarts-
types des paramètres
phytoplanctoniques
au droit du CNPE de
Flamanville en 2000

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 2000, les échauffements de la masse d'eau ne sont pas significatifs au vue des forts taux de dilution qui sont en moyenne de 88,4 à 94,6 %. Dans ce cas les calculs de déficit en biomasse microalgale au point rejet par rapport au canal d'amenée correspondent à :

$$(V_a - V_r) * 100 / V_a \text{ avec}$$

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

En utilisant les valeurs mesurées en 2000 dans la formule ci-dessus on observe au point rejet :

	Chlorophylle	Production primaire	Microplancton
30-mars	+12.24 %	+25.24 %	+144.14 %
23-juin	+2.70 %	+20.18 %	+36.05 %
4 septembre	+0.75 %	-26.17 %	+10.26 %

Tableau 3.4 :
Déficits
phytoplanctoniques
en 2000

Sur l'ensemble de l'année, un seul déficit a été observé, en septembre, équivalent à une "perte moyennée" en production primaire de 26%. Les températures de l'eau aux deux points étant similaires le déficit est dû à la différence observée dans la diversité phytoplanctonique au point rejet et au point canal.

3.3.1 Biomasse chlorophyllienne (fig. 3.10)

Au cours de l'année 2000, les valeurs, moyennées en μg de chlorophylle a par dm^3 , s'échelonnent entre $0,41 \pm 0,05$ au point référence en mars, et $4,19 \pm 0,27$ au point rejet en juin.

Au printemps les valeurs mesurées aux 3 points sont inférieures à celles calculées à la même période en mars 1999. Inférieures à $1 \mu\text{g}$ par dm^3 , les valeurs correspondent à une population avant le "bloom" printanier. Au vue des écarts types, aucun gradient côte-large n'est observé malgré une température plus élevée au rejet.

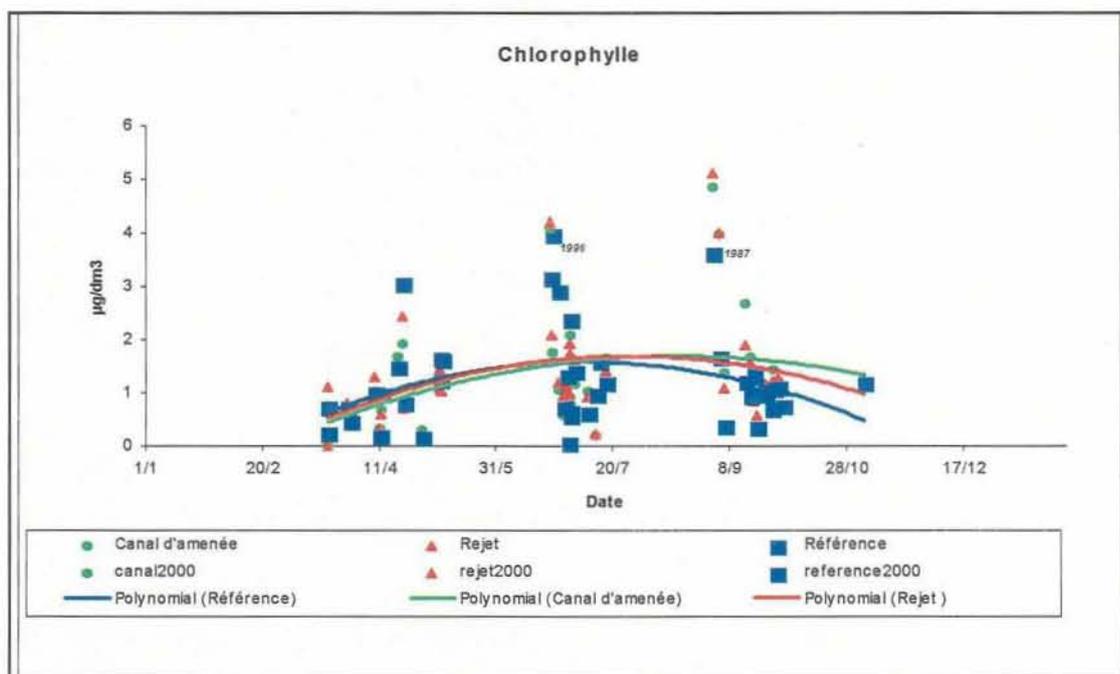


Figure 3.10. :
Evolution de la
chlorophylle de
1987 à 2000

Ce commentaire est également valable pour la campagne de juin entre les points rejet et canal où les valeurs se répartissent entre $4,19 \pm 0,27$ et $4,08 \pm 0,80 \mu\text{g}$ par dm^3 . Le point référence présente par contre des valeurs légèrement plus faibles de $3,16 \pm 0,40 \mu\text{g}$ liées à une communauté phytoplanctonique moins abondante dans des eaux plus froides. Des valeurs élevées avaient été notées en juin 1996.

En septembre, aucun gradient n'est observé entre les 2 points rejet et canal. La biomasse algale est d'environ $4 \mu\text{g}$ par dm^3 . Au point référence, les valeurs sont au contraire deux fois moins élevées ($1,68 \pm 0,16 \mu\text{g}$) et correspondent à une floraison de plus faible densité. Septembre 1987 se caractérisait également par des valeurs élevées.

3.3.2 Phaéopigments (fig.3.9)

	canal d'aménée	rejet	référence
30 mars	77,78	68,75	72,37
23 juin	90,67	92,09	91,86
04 septembre	81,72	85,32	81,28

Tableau 3.5 :
Pourcentages de
chlorophylle active
(chlorophylle a*100/
chlorophylle a+
phaéopigment en 2000

Dans l'ensemble de l'année les valeurs relevées, comprises entre $0,11 \pm 0,16$ et $0,89 \pm 0,20 \mu\text{g}$ par dm^3 aux différents points, indiquent le bon état physiologique des populations dont le pourcentage de chlorophylle active s'échelonne entre 68,75 et 92,09 % au point rejet.

3.3.3 Production primaire (fig.3.11)

Les valeurs de l'année 2000 exprimées en mg de carbone par m³ et par heure s'échelonnent entre $2,06 \pm 0,11$ en mars au point référence, et $17,31 \pm 1,59$ en septembre au canal d'amenée.

En mars aucun gradient côte large caractéristique n'est observé, bien que les valeurs du rejet soient supérieures de 25 % par rapport à celles du canal d'amenée. Dans l'ensemble les valeurs des 3 points, comprises entre $2,06 \pm 0,39$ et $2,58 \pm 0,13$, sont incluses dans les écarts des moyennes saisonnières relevées depuis 1987.

En juin comme en mars, les valeurs relevées au rejet, $17,03 \pm 0,99$ mg de carbone, sont plus élevées (environ 20 %) et correspondent au potentiel photosynthétique de la communauté algale.

En septembre, les points les plus côtiers (canal et rejet) sont les plus productifs et les valeurs relevées, de $12,78 \pm 3,19$ à $17,31 \pm 1,59$ sont les reflets de la "richesse" en microplancton et en nanoplancton par rapport au point référence, 2 à 2,5 moins productif.

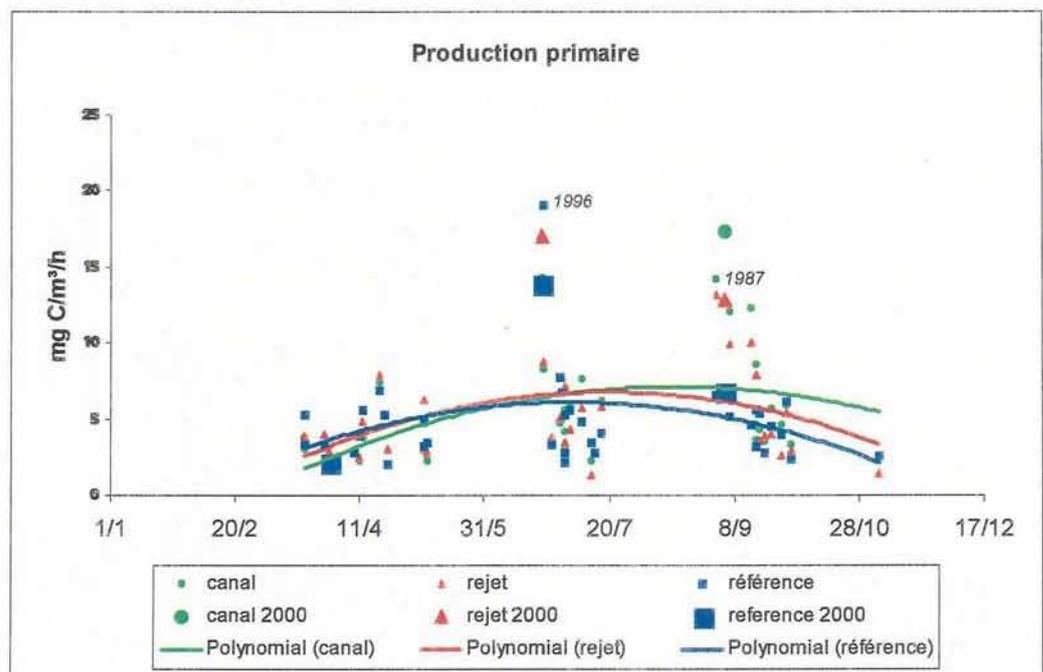


Figure 3.11 : Evolution de la production primaire de 1987 à 2000 au droit du CNPE de Flamanville

3.3.4 Microplancton (fig.3.12)

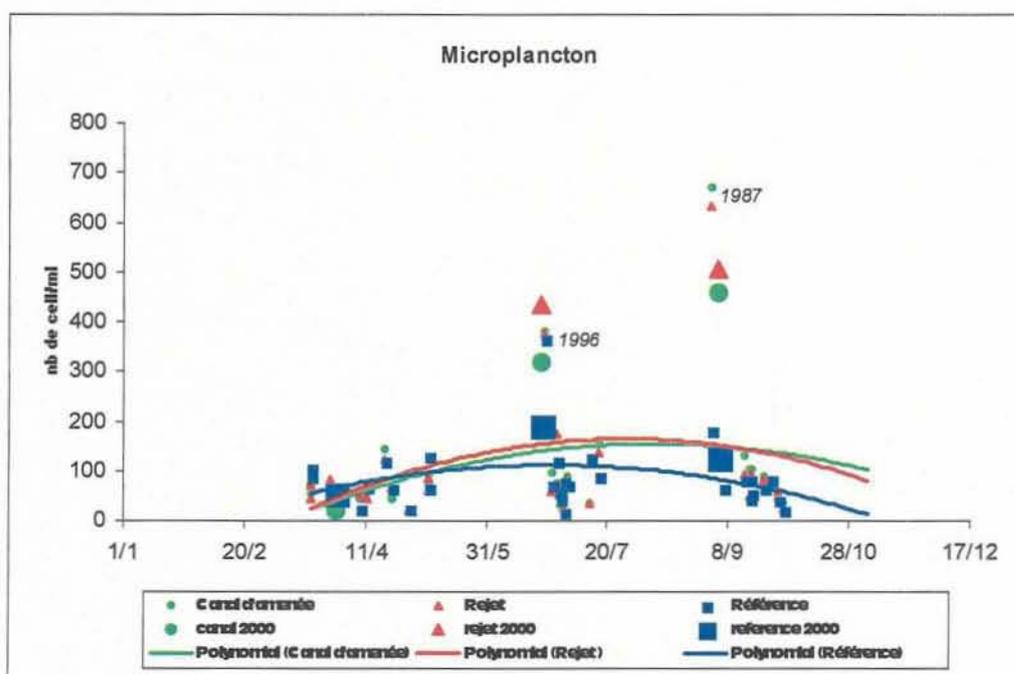
Dans la limite de l'échantillonnage, les données de numération phytoplanctoniques sont particulièrement bien corrélées aux données de biomasse et de production.

En mars le point canal présente la valeur la plus faible avec 21 700 cellules par litre, tandis qu'aux points rejet et référence les valeurs sont 2 fois plus élevées. Ainsi au point rejet, l'augmentation du microplancton par rapport à la prise d'eau est de 144 %. Dans l'ensemble les valeurs s'insèrent dans l'intervalle des valeurs observées durant les années précédentes.

En juin, comme en septembre le point rejet présente des valeurs élevées, 434 000 cellules par litre en juin et 505 000 en septembre. Un gradient côte-large est marqué aussi bien en juin qu'en septembre. Les valeurs approximativement 2 fois moins élevées au point référence ne dépassent pas en moyenne 190 000 cellules par litre en juin et 128 000 cellules en septembre.

Dans l'ensemble les valeurs quantitatives calculées en juin et en septembre 2000 apparaissent élevées par rapport aux autres années, mais elles correspondent aux populations phytoplanctoniques présentes en fin de bloom printanier et estival. Des situations analogues ont été répertoriées en 1996 et en 1987 aux mêmes périodes : à la fin juin (26/06/96) et en début du mois de septembre (01/09/87).

Figure 3.12. :
Evolution du
microplancton de
1987 à 2000 au droit
du CNPE de
Flamanville



3.3.5 Populations phytoplanctoniques observées en 2000

Comme les précédentes années, les espèces ont été rassemblées de telle sorte à s'insérer dans la base de données informatiques Quadrige (projet Ifremer/DEL, regroupant les réseaux de surveillance RNO, REPHY, REMI et IGA).

Le but de ce suivi n'est pas d'étudier l'évolution saisonnière de chaque population, puisque les caractéristiques phytoplanctoniques du site de Flamanville sont bien connues depuis 1976, mais de détecter depuis la mise en route de la centrale un éventuel déséquilibre dans le cortège phytoplanctonique.

Le tableau 3.6 présente l'ensemble des espèces recensées pour les 3 campagnes. En 2000, 48 taxons ont été dénombrés. Certaines espèces ont été regroupées car elles sont difficilement identifiables par microscopie optique et les anciens libellés ont été reportés entre parenthèse par souci d'harmonisation avec les études antérieures. Les résultats des 3 campagnes sont donnés en nombre de cellules par cm^3 et en pourcentage de dominance par rapport à la population phytoplanctonique totale.

En 2000 les diatomées représentent environ 80 % de la communauté, seuls 8 taxons de dinoflagellés ont été recensés : *Gymnodinium* cf. *nagasakiense*, *Gymnodinium* sp., *Gyrodinium* sp., *Prorocentrum gracile*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium bipes*, *Protoperidinium* sp., et *Scrippsiella* sp. Les euglénophycées et les silicoflagellés (*Dictyocha speculum*) complètent la flore phytoplanctonique.

TAXONS	30-mars-00					
	canal		rejet		reference	
	nb	%	nb	%	nb	%
Actinoptychus senarius (=A. undulatus)						
Asterionella glacialis (= A. japonica)						
Bacillaria paxillifer (= B. paradoxa)					1,0	1,8
Biddulphia alternans (=Triceratium alternans)						
Cerataulina pelagica						
Chaetoceros gracile						
Chaetoceros perpusillum						
Chaetoceros sociale + C. radians						
Chaetoceros sp.			1,0	2,0	0,9	1,7
Coscinodiscus sp.	0,4	2,0	0,2	0,4	0,3	0,6
Cylindrotheca closterium (= Nitzschia closterium)	0,8	3,9	4,5	8,8	2,2	4,1
Dictyocha speculum	0,4	2,0			0,2	0,4
Ditylum brightwellii	0,4	2,0	0,6	1,2	0,3	0,6
Eucampia zodiacus						
Euglénophycées					0,1	0,2
Guinardia flaccida						
Gymnodinium nagasakiense (=G. mikimotoi=Gyrodinium aureolum)						
Gymnodinium sp.			0,2	0,4		
Gyrodinium sp.						
Lauderia sp. + Schroederella sp.						
Leptocylindrus danicus						
Leptocylindrus minimus						
Navicula pelagica	4,5	21,6	9,2	18,1	12,0	21,7
Navicula sp.	0,2	1,0			0,3	0,6
Nitzschia sp. + Hantzschia sp.	0,2	1,0			0,4	0,7
Odontella aurita (= Biddulphia aurita)					1,5	2,8
Paralia marina (= Paralia sulcata = Melosira sulcata)			1,2	2,4	1,0	1,8
Pleurosigma sp. + Gyrosigma sp.					0,1	0,2
Prorocentrum gracile						
Prorocentrum micans + P. arcuatum + P. gibbosum	0,4	2,0	0,2	0,4	0,3	0,6
Protoperdinium bipes (= Minuscula bipes)					0,1	0,2
Protoperdinium sp. + Peridinium sp.						
Pseudonitzschia delicatissima (= Nitzschia delicatissima)			0,2	0,4	0,1	0,2
Rhaphoneis sp.					0,2	0,4
Rhizosolenia delicatula			0,4	0,8		
Rhizosolenia fragilissima	0,8	3,9	0,4	0,8		
Rhizosolenia imbricata (= R. shrubsolei) + R. styliformis						
Rhizosolenia setigera + R. pungens	0,2	1,0	0,2	0,4	0,3	0,6
Rhizosolenia sp.					0,1	0,2
Rhizosolenia stolterfothii						
Scrippsiella+Peridinium trochoideum+Ensiculifera+Pentaphars						
Skeletonema costatum	4,5	21,7	22,0	43,4	23,9	43,3
Thalassionema nitzschioides	3,1	14,7	4,1	8,0	7,6	13,8
Thalassiosira decipiens	1,2	5,9	0,8	1,6	0,2	0,4
Thalassiosira gravida	1,0	4,9	1,4	2,8	0,6	1,1
Thalassiosira levanderi	0,8	3,8	2,4	4,8	0,9	1,7
Thalassiosira rotula						
Thalassiosira+Coscinosira+Coscinodiscus eccentricus(=T.ecc.)	1,8	8,8	1,6	3,2	0,4	0,7

Tableau 3.6. : Nombre (en cm³) et % de dominance des espèces phytoplanctoniques recensées en 2000

TAXONS	23-juin-00					
	canal		rejet		reference	
	nb	%	nb	%	nb	%
Actinoptychus senarius (=A. undulatus)						
Asterionella glacialis (= A. japonica)						
Bacillaria paxillifer (= B. paradoxa)						
Biddulphia alternans (=Triceratium alternans)						
Cerataulina pelagica						
Chaetoceros gracile					0,1	0,1
Chaetoceros perpusillum						
Chaetoceros sociale + C. radians						
Chaetoceros sp.						
Coscinodiscus sp.						
Cylindrotheca closterium (= Nitzschia closterium)	0,4	0,1			0,1	0,1
Dictyocha speculum					0,1	0,1
Ditylum brightwellii						
Eucampia zodiacus						
Euglénophycées	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2
Guinardia flaccida	7,3	2,3	2,4	0,6	4,5	2,4
Gymnodinium nagasakiense (=G. mikimotoi=Gyrodinium aureolum)						
Gymnodinium sp.						
Gyrodinium sp.	0,2	0,1			0,2	0,1
Lauderia sp. + Schroederella sp.						
Leptocylindrus danicus	3,1	1,0			0,5	0,3
Leptocylindrus minimus	4,1	1,3			0,9	0,5
Navicula pelagica						
Navicula sp.	1,0	0,3	0,8	0,2	0,4	0,2
Nitzschia sp. + Hantzschia sp.	0,2	0,1	0,4	0,1	0,3	0,2
Odontella aurita (= Biddulphia aurita)						
Paralia marina (= Paralia sulcata = Melosira sulcata)	2,0	0,6	0,6	0,1		
Pleurosigma sp. + Gyrosigma sp.						
Proocentrum gracile						
Proocentrum micans + P. arcuatum + P. gibbosum	0,2	0,1			0,1	0,1
Protoperidinium bipes (= Minuscula bipes)						
Protoperidinium sp. + Peridinium sp.						
Pseudonitzschia delicatissima (= Nitzschia delicatissima)	1,2	0,4			3,3	1,7
Rhaphoneis sp.						
Rhizosolenia delicatula	266,7	83,5	407,3	93,9	161,2	84,9
Rhizosolenia fragilissima	26,8	8,4	19,9	4,6	13,1	6,9
Rhizosolenia imbricata (= R. shrubsolei) + R. styliformis	0,8	0,3			0,1	0,1
Rhizosolenia setigera + R. pungens	1,6	0,5	0,8	0,2	1,2	0,6
Rhizosolenia sp.						
Rhizosolenia stolterfothii	3,3	1,0	0,8	0,2	1,2	0,6
Scripsiella+Peridinium trochoideum+Ensiculifera+Pentaphars					0,1	0,1
Skeletonema costatum					0,7	0,4
Thalassionema nitzschioides					0,2	0,1
Thalassiosira decipiens						
Thalassiosira gravida	0,2	0,1	0,6	0,1	1,2	0,6
Thalassiosira levanderi						
Thalassiosira rotula						
Thalassiosira+Coscinosira+Coscinodiscus eccentricus(=T.ecc)						

Tableau 3.6. (suite) :
Nombre (en cm³) et
% de dominance des
espèces
phytoplanctoniques
recensées en 2000

TAXONS	4-sept-00					
	canal		rejet		reference	
	nb	%	nb	%	nb	%
Actinoptychus senarius (=A. undulatus)					0,2	0,2
Asterionella glacialis (= A. japonica)					0,3	0,2
Bacillaria paxillifer (= B. paradoxa)						
Biddulphia alternans (=Triceratium alternans)	0,8	0,2			0,4	0,3
Cerataulina pelagica			0,8	0,2		
Chaetoceros gracile					1,0	0,8
Chaetoceros perpusillum					8,5	6,7
Chaetoceros sociale + C. radians	5,7	1,2	2,4	0,5		
Chaetoceros sp.	29,3	6,4	14,2	2,8	3,3	2,5
Coscinodiscus sp.	0,4	0,1	2,0	0,4	0,6	0,5
Cylindrotheca closterium (= Nitzschia closterium)	3,7	0,8	3,3	0,6	1,4	1,1
Dictyocha speculum	0,4	0,1			0,1	0,1
Ditylum brightwellii	1,6	0,4	1,2	0,2	0,3	0,2
Eucampia zodiacus	2,4	0,5	2,9	0,6	0,5	0,4
Euglenophycées	0,8	0,2			0,3	0,2
Guinardia flaccida	0,8	0,2			0,1	0,1
Gymnodinium nagasakiense (=G. mikimotoi=Gyrodinium aureolum)	5,3	1,2	0,8	0,2	1,9	1,5
Gymnodinium sp.	0,8	0,2			0,5	0,4
Gyrodinium sp.						
Lauderia sp. + Schroederella sp.	4,5	1,0				
Leptocylindrus danicus					0,4	0,3
Leptocylindrus minimus	1,6	0,4	1,6	0,3	0,6	0,5
Navicula pelagica	4,9	1,1				
Navicula sp.	0,4	0,1	1,6	0,3	0,8	0,6
Nitzschia sp. + Hantzschia sp.	1,2	0,3	2,9	0,6	0,5	0,4
Odontella aurita (= Biddulphia aurita)					0,1	0,1
Paralia marina (= Paralia sulcata = Melosira sulcata)	1,2	0,3	2,9	0,6	3,9	3,0
Pleurosigma sp. + Gyrosigma sp.	0,4	0,1	0,8	0,2	0,6	0,5
Prorocentrum gracile	0,8	0,2			0,1	0,1
Prorocentrum micans + P. arcuatum + P. gibbosum						
Protoperdinium bipes (= Minuscula bipes)	0,8	0,2			0,1	0,1
Protoperdinium sp. + Peridinium sp.	1,6	0,4			0,2	0,2
Pseudonitzschia delicatissima (= Nitzschia delicatissima)			6,1	1,2	2,2	1,8
Rhaphoneis sp.	5,7	1,2	2,0	0,4	2,6	2,0
Rhizosolenia delicatula	152,0	33,2	112,2	22,2	22,4	17,5
Rhizosolenia fragilissima	8,5	1,9	5,3	1,1	1,9	1,5
Rhizosolenia imbricata (= R. shrubsolei) + R. styliformis						
Rhizosolenia setigera + R. pungens	0,4	0,1	0,4	0,1	0,5	0,4
Rhizosolenia sp.						
Rhizosolenia stolterfothii	0,8	0,2	0,4	0,1	0,4	0,3
Scripsiella+Peridinium trochoideum+Enciculifera+Pentaphars						
Skeletonema costatum	124,8	27,2	224,4	44,4	47,8	37,4
Thalassionema nitzschioides			3,7	0,7	4,5	3,5
Thalassiosira decipiens	4,9	1,1	6,9	1,4	1,3	1,0
Thalassiosira gravida	84,6	18,5	100,0	19,8	9,4	7,3
Thalassiosira levanderi	1,6	0,4	3,3	0,6	1,3	1,0
Thalassiosira rotula			3,3	0,6	0,6	0,5
Thalassiosira+Coscinosira+Coscinodiscus eccentricus(=T.ecc.)	5,3	1,2			6,1	4,8

Tableau 3.6. (suite) :
Nombre (en cm^3) et %
de dominance des
espèces
phytoplanctoniques
recensées en 2000

Dans un souci de clarté le tableau 3.7 et la figure 3.13. regroupent les taxons dominants supérieurs à 10 %. Les diatomées, *Chaetoceros* spp., *Rhizosolenia* spp., *Skeletonema costatum*, *Thalassionema nitzschiodes* et *Thalassiosira* spp., représentent au cours de l'année entre 85 et 99 % de la population.

Dans l'ensemble les taxons dénombrés en 2000 correspondent à la succession saisonnière classique du phytoplancton en Manche occidentale et les différentes espèces sont le reflet des valeurs mesurées en chlorophylle et en production primaire :

Tableau 3.7 :
Nombre en cm^3 et pourcentage des taxons dominants en 2000.

TAXONS	30-mars-00						23-juin-00						04-sept-00					
	canal		rejet		reference		canal		rejet		reference		canal		rejet		reference	
	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%	nb	%
<i>Chaetoceros</i> spp			1,0	2,0	0,9	1,7					0,1	0,1	35,0	7,6	16,7	3,3	12,8	10,0
<i>Navicula pelagica</i>	4,47	21,6	9,15	18,1	12	21,74							4,88	1,06				
<i>Rhizosolenia</i> spp	1,0	4,9	1,0	2,0	0,4	0,7	299,2	93,7	428,9	98,8	176,8	93,1	161,8	35,3	118,3	23,4	25,2	19,7
<i>Skeletonema costatum</i>	4,5	21,7	22,0	43,4	23,9	43,3					0,7	0,4	124,8	27,2	224,4	44,4	47,8	37,4
<i>Thalassionema nitzschiodes</i>	3,1	14,7	4,1	8,0	7,6	13,8					0,2	0,1			3,7	0,7	4,5	3,5
<i>Thalassiosira</i> spp	4,9	23,4	6,3	12,5	2,1	3,9	0,2	0,1	0,6	0,1	1,2	0,6	96,3	21,0	113,4	22,4	18,7	14,6

En mars, la population est diversifiée aux 3 points. Les espèces à préférendum hivernal sont les plus représentatives comme *Navicula pelagica* (18 à 22 %), *Skeletonema costatum* (22 à 43 %), *Thalassiosira* spp (*T. decipiens*, *T. gravida* et *T. levanderi*, de 4 à 23 %) et *Thalassionema nitzschiodes* (8 à 15 %). Au point rejet, l'augmentation de 144 % du microplancton par rapport à la prise d'eau correspond à une plus forte densité en petites cellules comme *Skeletonema costatum* prépondérante également au point référence, indiquant par ce fait un préférendum "océanique" de l'espèce.

En juin, la diversité est la plus faible et le genre estival *Rhizosolenia* (entre autre les espèces *R. delicatula* et *R. fragilissima*) culmine jusqu'à 99 % au rejet.

En septembre la flore phytoplanctonique très abondante est encore représentée aux points côtiers par 23 à 35 % d'espèces à préférendum estival comme *Rhizosolenia* spp. (*R. delicatula* et *R. fragilissima*) et *Gymnodinium cf. nagasakiense* à des concentrations de l'ordre de 810 à 5 280 cellules par litre. Cette espèce toxique a déjà été répertoriée sur le site lors de prélèvements en 1985 et 1986 avant la mise en route de la centrale, tout "impact" de la centrale n'est donc pas en cause (tableau 3.8).

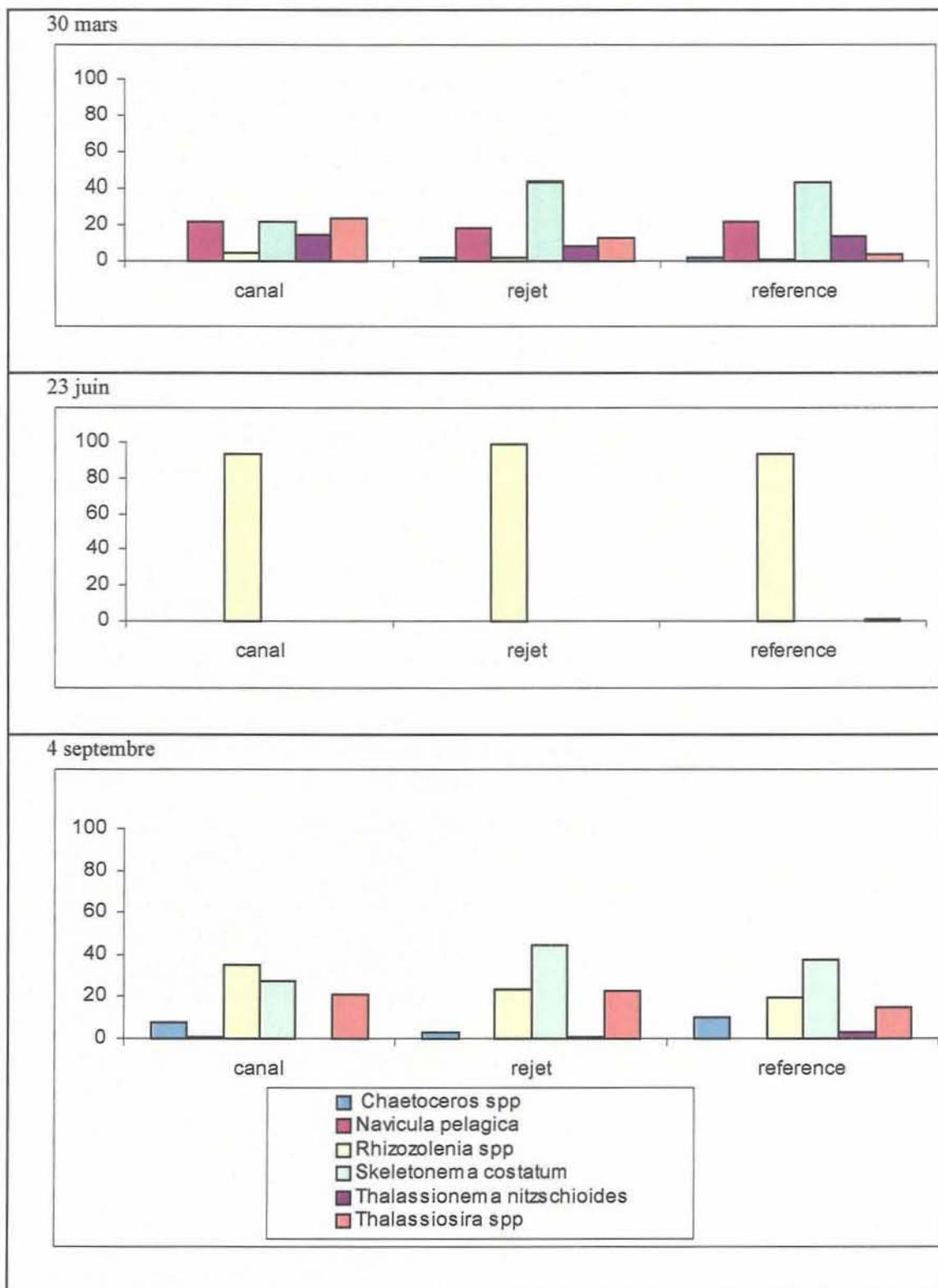


Figure 3.13. : Evolution en pourcentage des espèces dominantes

Tableau 3.8. :
Nombre de *G. cf*
nagasakiense
répertoriés en 1985
et 1986

	Libellé point	Libellé niveau	Nb/litre
26/07/1985	Flamanville référence	Mi-profondeur	16444
26/07/1985	Flamanville côte	Mi-profondeur	444
25/08/1985	Flamanville référence	Mi-profondeur	445
25/08/1985	Flamanville côte	Mi-profondeur	445
20/09/1985	Flamanville référence	Mi-profondeur	223
23/09/1986	Flamanville référence	Surface (0-1m)	445
23/09/1986	Flamanville côte	Surface (0-1m)	223
23/09/1986	Flamanville côte	Mi-profondeur	223

Des espèces à préférendum hivernal de petites taille et très nombreuses comme *Skeletonema costatum* (27 à 44 % au point rejet), et *Thalassiosira* spp (21 à 22 %) sont également présentes et suppléent à la concentration microplanctonique élevée. Le point référence présente la même diversité mais pour des concentrations 4 fois moins élevées.

Les dénombrements microplanctoniques 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 monospécifique constituée pour l'essentiel par des diatomées du genre *Rhizosolenia*. C'est en général la multiplication active des espèces du genre qui représente les poussées phytoplanctoniques du site.

Aucun éventuel effet thermique de la centrale ne s'est traduit par un déséquilibre dans la composition floristique du site de Flamanville. Les courbes de tendance des 3 paramètres quantitatifs représentées sur les figures 3.10, 3.11 et 3.12 présentent la même évolution du gradient côte large. Depuis 1987, la succession des populations phytoplanctoniques se caractérise toujours par la même variabilité algale.

3.4. Zooplancton

En 2000, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 30 mars, 23 juin et 4 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 WP₂, de maillage 200 µm et de surface d'ouverture 0,25 m², 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.

	C. AMENEE	REJET	REFERENCE
Poids sec en mg/m3			
Mars	3,5 ± 1,7	4,8 ± 1,1	5.4 ± 1.0
Juin	26,2 ± 6,7	24,1 ± 6,7	25,7 ± 7,6
Septembre	36.9 ± 17.7	29,4 ± 9,7	9,5 ± 2,7
Poids de carbone (mg/m3)			
Mars	0.8 ± 0.4	1.0 ± 0.2	1.6 ± 0.3
Juin	6.8 ± 1.7	6.7 ± 2.0	9.0 ± 2.4
Septembre	9.6 ± 4.6	8.3 ± 2.9	3.2 ± 0.9
Poids d'azote (mg/m3)			
Mars	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.0	0.3 ± 0.1
Juin	1.2 ± 0.2	1.3 ± 0.4	2.3 ± 0.6
Septembre	1.7 ± 0.8	1.7 ± 0.6	0.7 ± 0.2
Rapport C/N			
Mars	5.4 ± 0.5	4.9 ± 0.2	4.5 ± 0.1
Juin	5.7 ± 0.5	5.1 ± 0.1	4 ± 0.0
Septembre	5.6 ± 0.3	5 ± 0.2	4.3 ± 0.2

Tableau 3.9 :
Bilan global
zooplanctonique
en 2000 ; poids
sec, carbone et
azote.

3.4.1.1 Poids sec

Durant la campagne de mars 2000, les valeurs du poids sec sont basses au niveau des points côtiers, canal d'amenée et rejet (respectivement $3,5 \pm 1,7 \text{ mg/m}^3$ et $4,8 \pm 1,1 \text{ mg/m}^3$). Au niveau du point référence, l'un des répliquats du poids sec nettement plus élevé a été éliminé (déchets inorganiques). Les autres mesures, carbone et azote, n'ont pas été affectées par ce phénomène.

Durant la campagne de juin, les biomasses observées ($24 \text{ à } 26 \text{ mg/m}^3$) sont du même ordre de grandeur sur les trois points.

En septembre, les maxima annuels sont obtenus pour tous les points. Un gradient spatial décroissant se dessine de la côte vers le large.

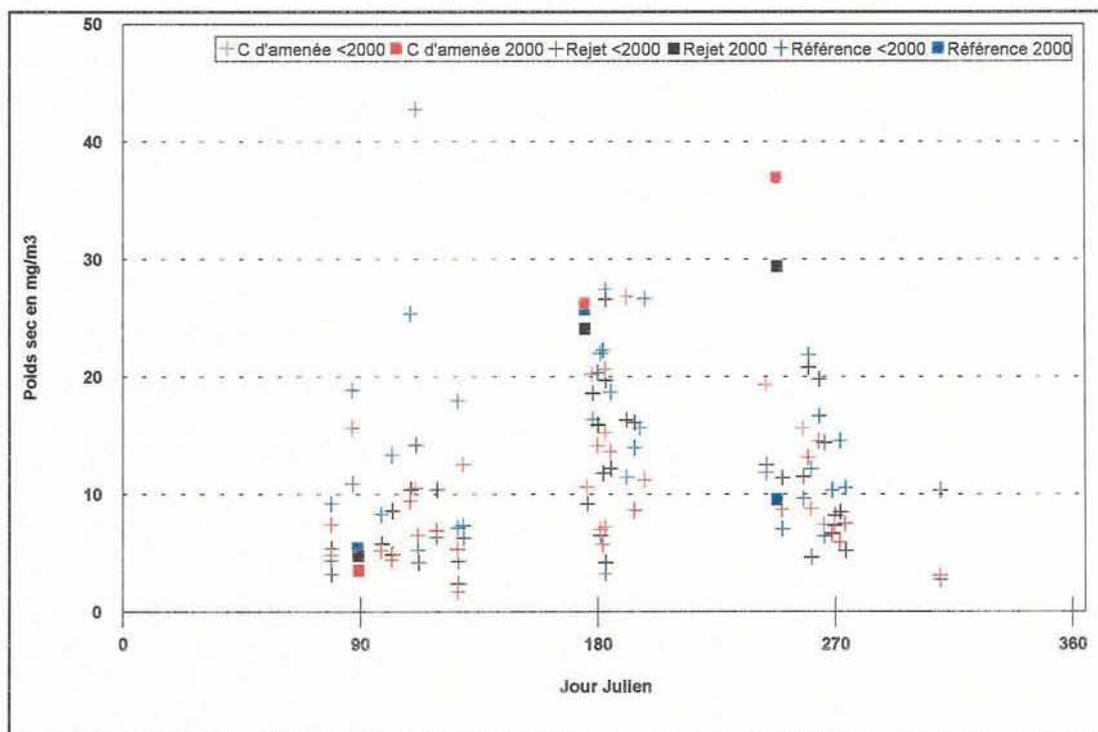


Figure 3.14 :
Poids sec en
 mg.m^{-3} ;
comparaison de
l'année 2000 avec
les années
antérieures

Globalement, les valeurs observées cette année sont comprises dans la fourchette de celles obtenues depuis que s'effectue la surveillance sur ce site (figure 3.14), avec cependant, des résultats élevés en septembre pour les points canal d'amenée et rejet.

Figure 3.15 : Poids de carbone dans la biomasse sèche. Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures

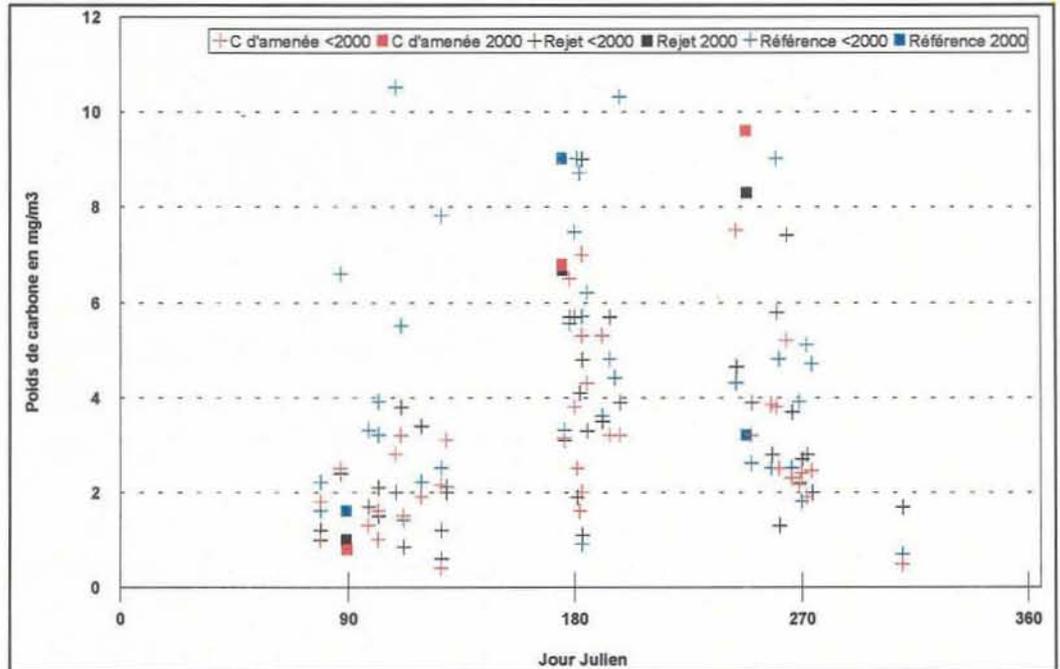
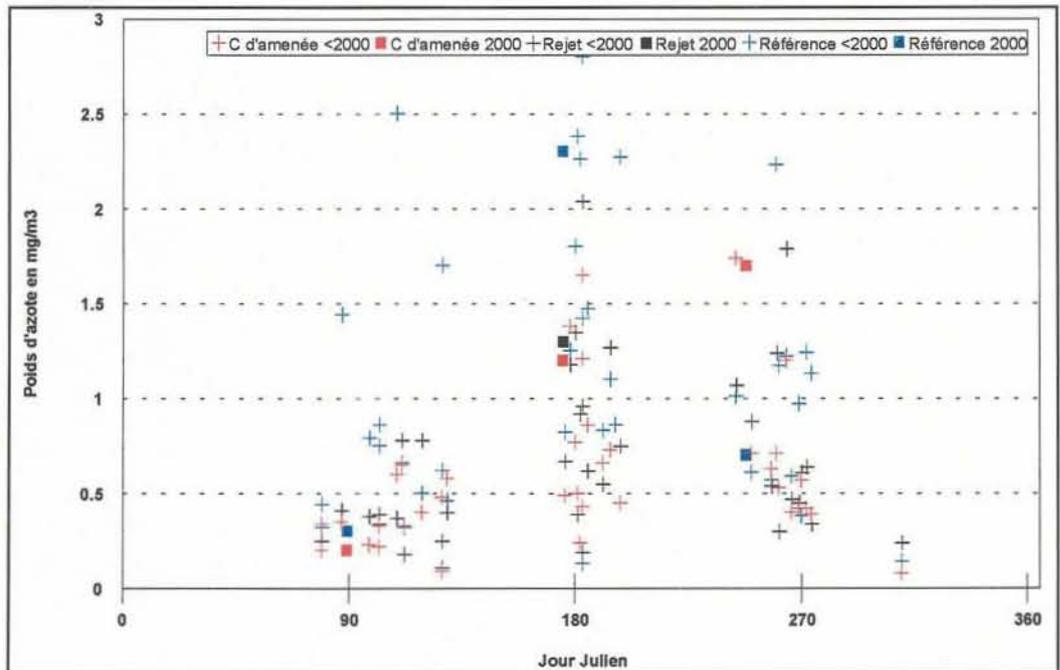


Figure 3.16 : Poids d'azote dans la biomasse sèche. Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures



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 l'état physiologique du cheptel.

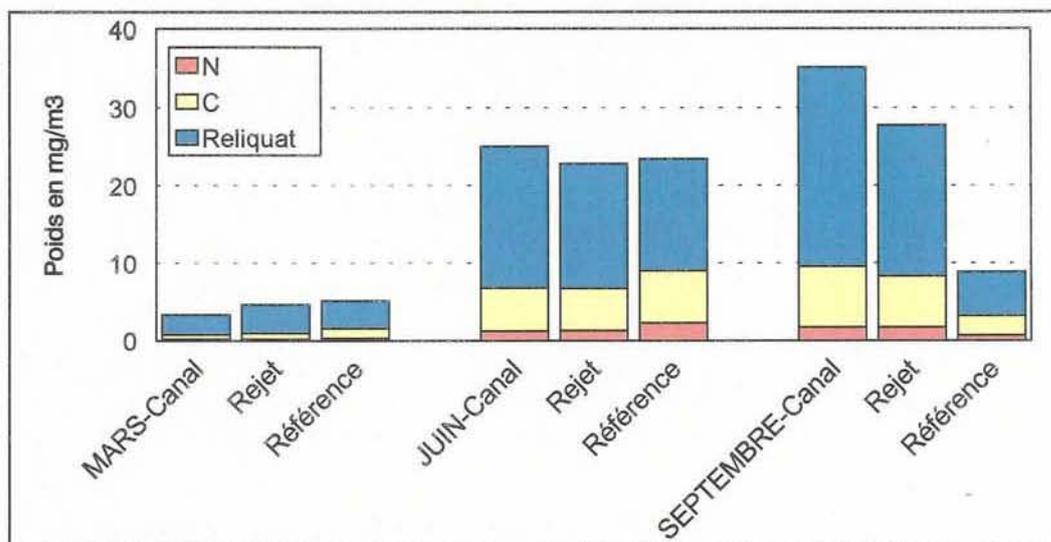


Figure 3.17 :
Poids de carbone
et d'azote dans la
biomasse sèche

Le poids de carbone varie de $0,8 \pm 0,4$ mg/m³ au point canal d'amenée en mars, à $9,6 \pm 4,6$ mg/m³ au point canal d'amenée en septembre.

Le poids d'azote varie de $0,2 \pm 0,0$ mg/m³ au point rejet en mars, à $2,3 \pm 0,6$ mg/m³ au point référence en juin.

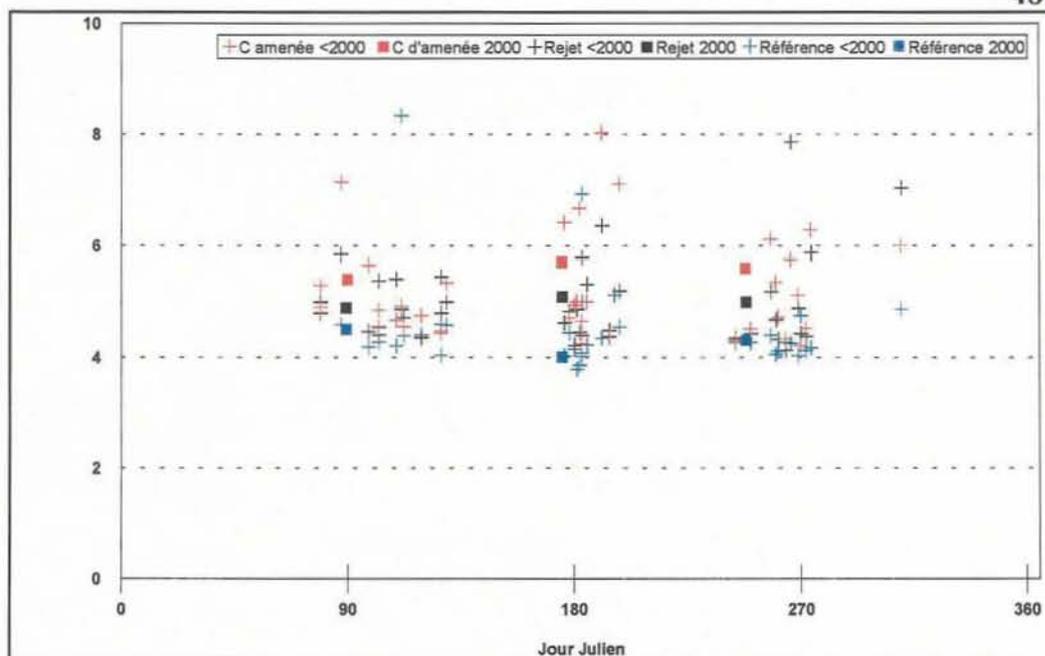
En mars, au point référence, les poids de carbone et d'azote sont supérieurs à ceux obtenus lors de cette même campagne sur les deux autres points. Ceci est confirmé par les observations du zooplancton total qui y est nettement plus abondant.

En juin, au point référence, les poids de carbone et d'azote sont supérieurs à ceux obtenus sur les deux autres points.

En septembre, le gradient spatial décroissant de la côte vers le large observé pour le poids sec se dessine de la même manière pour les poids de carbone et d'azote.

Les poids de carbone et d'azote observés en 2000, sont comparables à ceux obtenus les années précédentes (figures 3.15 et 3.16), avec cependant des valeurs élevées en septembre pour les points canal d'amenée et rejet.

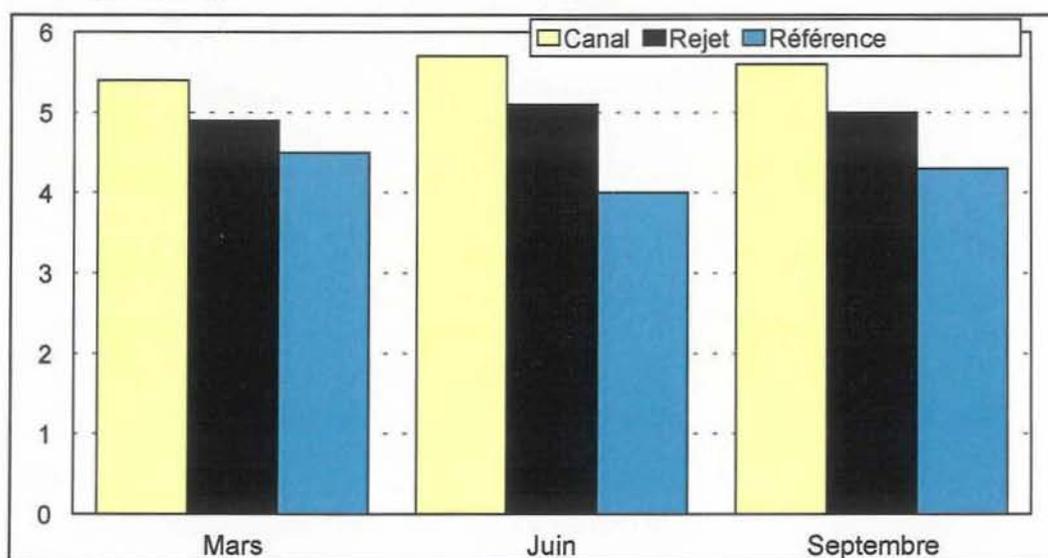
Figure 3.18 : Rapport carbone/azote. Comparaison de l'année 2000 avec les années antérieures.



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 2000, il varie de $4,0 \pm 0,0$ au point référence en juin, à $5,7 \pm 0,5$ au point canal d'amenée en juin (figure 3.19).

Figure 3.19 : Rapport carbone/azote



Ce rapport reste dans les limites des observations habituelles (Figure 3.18) avec un gradient côte-large décroissant. Les valeurs systématiquement plus

élevées à la côte sont également assortis d'écarts types supérieurs à ceux observés au large. Plus qu'à un état physiologique, cette situation est à relier à la remise en suspension de débris de toute nature interférant avec les résultats strictement liés au zooplancton. Le développement de microalgues du genre *Phaeocystis* ou de *Noctiluca* peuvent entraîner des perturbations au niveau de ces paramètres.

3.4.2. Etude des espèces zooplanctoniques

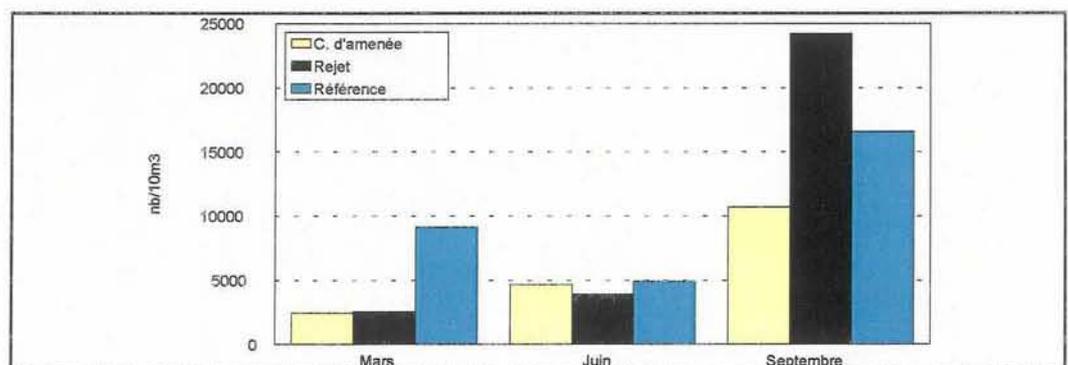
Une analyse des moyennes observées en regroupant les résultats des trois stations canal d'amenée, rejet et référence, permet de situer les tendances de l'année 2000 ;

La répartition du zooplancton total est la suivante (tableau 3.10) : Les moyennes minimales obtenues se situent en mars et en juin (avec respectivement 4 720 ind./10m³ et 4 490 ind./10m³), et la moyenne maximale obtenue, en septembre avec 17 200 ind./10m³.

Tableau 3.10 :
Récapitulatif des
taxons
rencontrés

Nature des résultats	30/03/2000			23/06/2000			04/09/2000		
	N/10 m ³			N/10 m ³			N/10 m ³		
	C. amenée	Rejet	Référence	C. amenée	Rejet	Référence	C. amenée	Rejet	Référence
TOTAL CNIDAIRE			8	9	36	9			
TOTAL CTENAIRES						2			
TOTAL CHAETOGNATHES			3				49	202	384
TOTAL ANNELIDES	75	323	73	26	15	15	79	81	26
TOTAL CLADOCERES						9			
TOTAL LARVES CIRRIPEDES	1960	1830	6100		5	4	4380	11400	3170
AMPHIBODES	15	8		28	179	36	26	40	90
ISOPODES			3	9	5	9			
CLIMACES				3			15		
TOTAL MYSIDACES									
TOTAL COPEPODES	170	262	1150	4240	2610	4150	5720	11300	12100
EUPHAUSIACES			2	3					
LARVES NATANTIA			2	14	41	4	11	65	38
LARVES THALASSINIDEAF				14	41	43	11	20	51
TOTAL LARVES ANOMOURES		5	7	82	721	283	15	35	205
TOTAL LARVES BRACHYPOURES		13	26	65	102	104	23	45	77
TOTAL LARVES MOLLUSQUES	75	56	66	65	56	21	91	524	179
Cyphonautes BRYOZOAIRES	64	16	1110						
TOTAL LARVES ECHYNODERMES									
TOTAL APPENDICULAIRES	49	37	554	65	66	224	226	443	307
TELEOSTEENS (larves+oeufs)	34	24	20	12	10	19			
TOTAL ZOOPLANCTON	2440	2570	9140	4660	3890	4930	10700	24200	16600
		4720			4490			17200	

Figure 3.20 :
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 (tableau 3.11).

	C. d'aménée	Rejet	Référence	Moyenne
Total zooplancton				
Mars	2440	2570	9140	4720
Juin	4660	3890	4930	4490
Septembre	10700	24200	16600	17200
Total copépodes				
Mars	170	262	1150	527
Juin	4240	2610	4150	3670
Septembre	5780	11300	12100	9730
% copépodes				
Mars	7%	10%	13%	11%
Juin	91%	67%	84%	82%
Septembre	54%	47%	73%	57%
Total holoplancton				
Mars	219	299	1710	743
Juin	4310	2680	4390	3790
Septembre	6060	11900	12800	10200
% holoplancton				
Mars	9%	12%	19%	16%
Juin	92%	69%	89%	84%
Septembre	57%	49%	77%	59%
Total méroplancton				
Mars	2220	2280	7440	3980
Juin	350	1210	547	702
Septembre	4650	12200	3840	6900
% méroplancton				
Mars	91%	89%	81%	84%
Juin	8%	31%	11%	16%
Septembre	43%	50%	23%	40%

Tableau 3.11 :
Pourcentage de
dominance

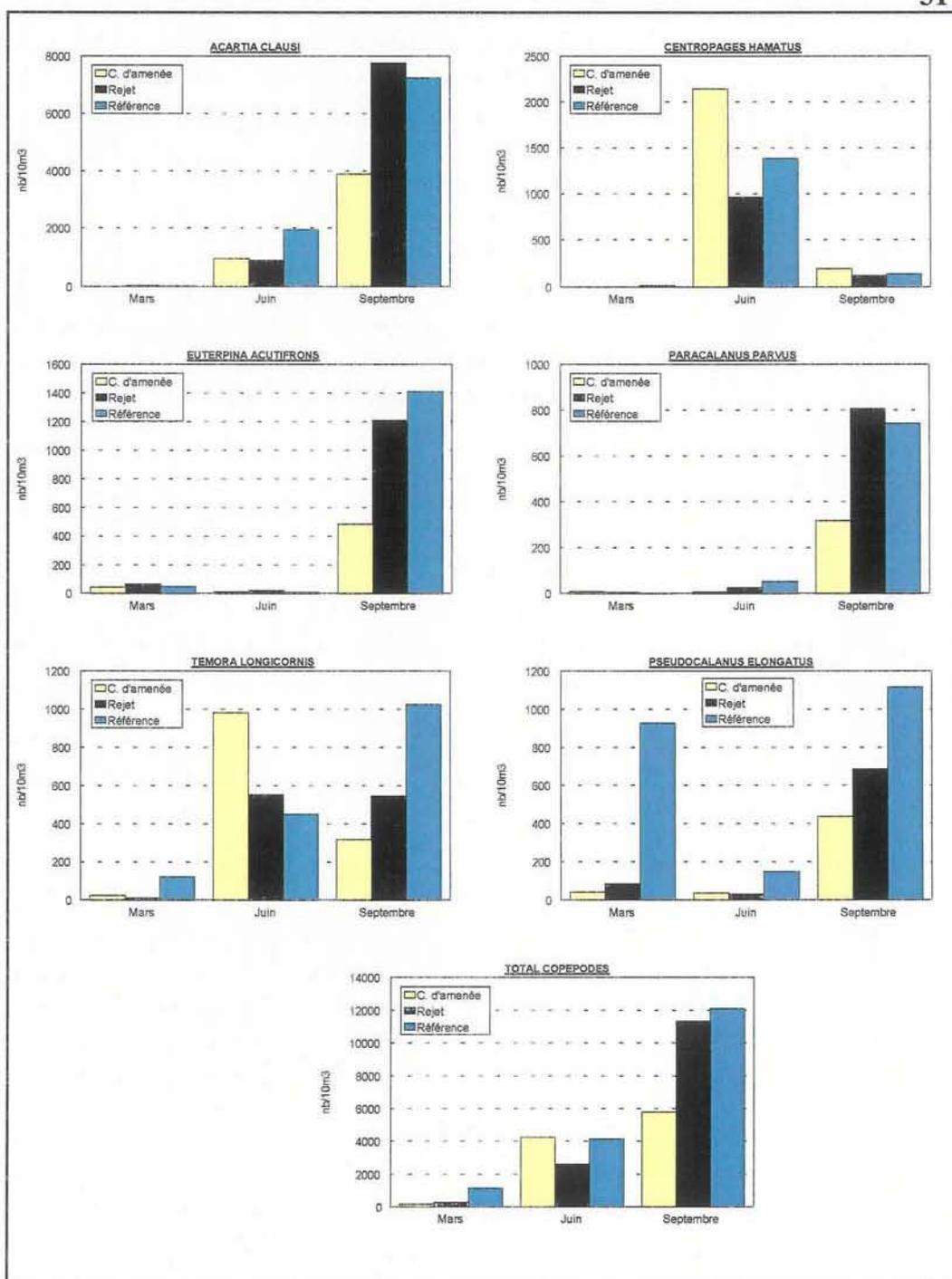


Figure 3.21 : les principaux copépodes

• Campagne du 30 mars 2000 :

Les copépodes (principalement *Pseudocalanus elongatus*) constituent, selon les points, 7 à 13 % du zooplancton total. Les autres espèces

holoplanctoniques relevées sont des appendiculaires (*Oikopleura sp.*), particulièrement abondants au point référence (554 ind./10m³).

Le méroplancton très abondant, 81 à 91 % du zooplancton total, est surtout représenté par des larves de cirripèdes, dont la reproduction s'effectue en hiver.

- Campagne du 23 juin 2000 :

Les copépodes sont les plus abondants, 67 à 91 % du zooplancton total. Ce sont surtout les espèces *Acartia clausi*, *Centropages hamatus* et *Temora longicornis* qui sont rencontrées. Les autres espèces holoplanctoniques sont dénombrées en très faible quantité.

Le méroplancton reste abondant (8 à 31 % du zooplancton total), malgré la quasi-disparition des larves de cirripèdes, en particulier au niveau du point rejet avec les larves de crustacés anomoures (721 ind./10m³).

- Campagne du 4 septembre 2000 :

Les copépodes (57 % du zooplancton total) et le méroplancton (40 % du zooplancton total) sont abondants, avec une petite dominance pour les copépodes. De nombreuses espèces sont présentes, cette diversité étant habituelle pour la saison.

3.4.2.2 Variation saisonnière des principaux taxons

L'HOLOPLANCTON

- Les copépodes (Figure 3.21)

Le zooplancton de la Manche comprend essentiellement des crustacés copépodes dont le cycle de vie est entièrement pélagique. Ceci est vérifié cette année où les copépodes représentent 53 % du zooplancton total. La succession des diverses espèces de copépodes est conforme au schéma habituel, en relation avec leur préférence biologique.

Acartia clausi

Cette espèce est favorisée par les températures chaudes de septembre, et est en nette régression les mois les plus froids.

Espèce cosmopolite, présente aux trois campagnes, *Acartia clausi* domine en septembre sur les trois points, avec un pic proche de 8 000 ind./10m³ au point rejet. Elle est bien représentée en juin et quelques individus ont été dénombrés en mars, compte tenu de la précocité de la campagne, aux trois points canal d'aménée, rejet et référence (avec respectivement 11, 42 et 20 ind./10m³).

Centropages hamatus

Faibles en mars (seulement 12 ind./10m³ au point référence), les densités de cette espèce sont de l'ordre de 1 000 à 2 000 ind./10m³ en juin (mois où il est le copépoïde dominant) sur tous les points, et régressent fortement dès le début septembre.

Euterpina acutifrons, Paracalanus parvus

Ces copépoïdes sont présents toute l'année. Peu abondants en période froide (hiver et printemps), ils atteignent leur optimum de développement en septembre, au moment où les eaux sont les plus chaudes.

Temora longicornis

Cette espèce est habituellement présente de mars à septembre, avec un maximum entre juin et juillet. Cette année elle est très abondante en juin et septembre, à tous les points. Il se dessine, lors de ces deux campagnes, des gradients côte-large opposés ; dominante en juin au niveau du canal d'amenée (980 ind./10m³) et en septembre au point référence (1 020 ind./10m³).

Pseudocalanus elongatus

Espèce présente toute l'année, son maximum d'abondance est observé en septembre avec un gradient côte-large croissant. Elle atteint une densité de 1 110 ind./10m³ au point référence.

Il est également le copépoïde dominant en mars avec un pic de 926 ind./10m³ au point référence.

Globalement, au cours des trois campagnes de l'année 2000, le développement maximum des copépoïdes est observé en septembre, avec des densités élevées aux points référence et rejet (respectivement 12 100 et 11 300 ind./10m³).

- Les autres espèces holoplanctoniques (Figure 3.22)

Les appendiculaires, représentés par *Oikopleura sp.*, sont présents toute l'année aux trois points. En mars, ils sont présents en faible quantité aux points canal d'amenée et rejet, avec 554 ind./10m³ au point référence, pic le plus élevé des trois campagnes. Ils sont abondants en septembre, époque où ils disposent d'une alimentation riche

Le chaetognathe *Sagitta setosa*, espèce carnivore de grande taille, n'est présente sur tous les points qu'en septembre, selon un gradient croissant de la côte (49 ind./10m³) vers le large (384 ind./10m³).

Autre espèce carnivore, le cténaire *Pleurobrachia pileus* n'est présent qu'en juin au point référence avec 2 ind./10m³.

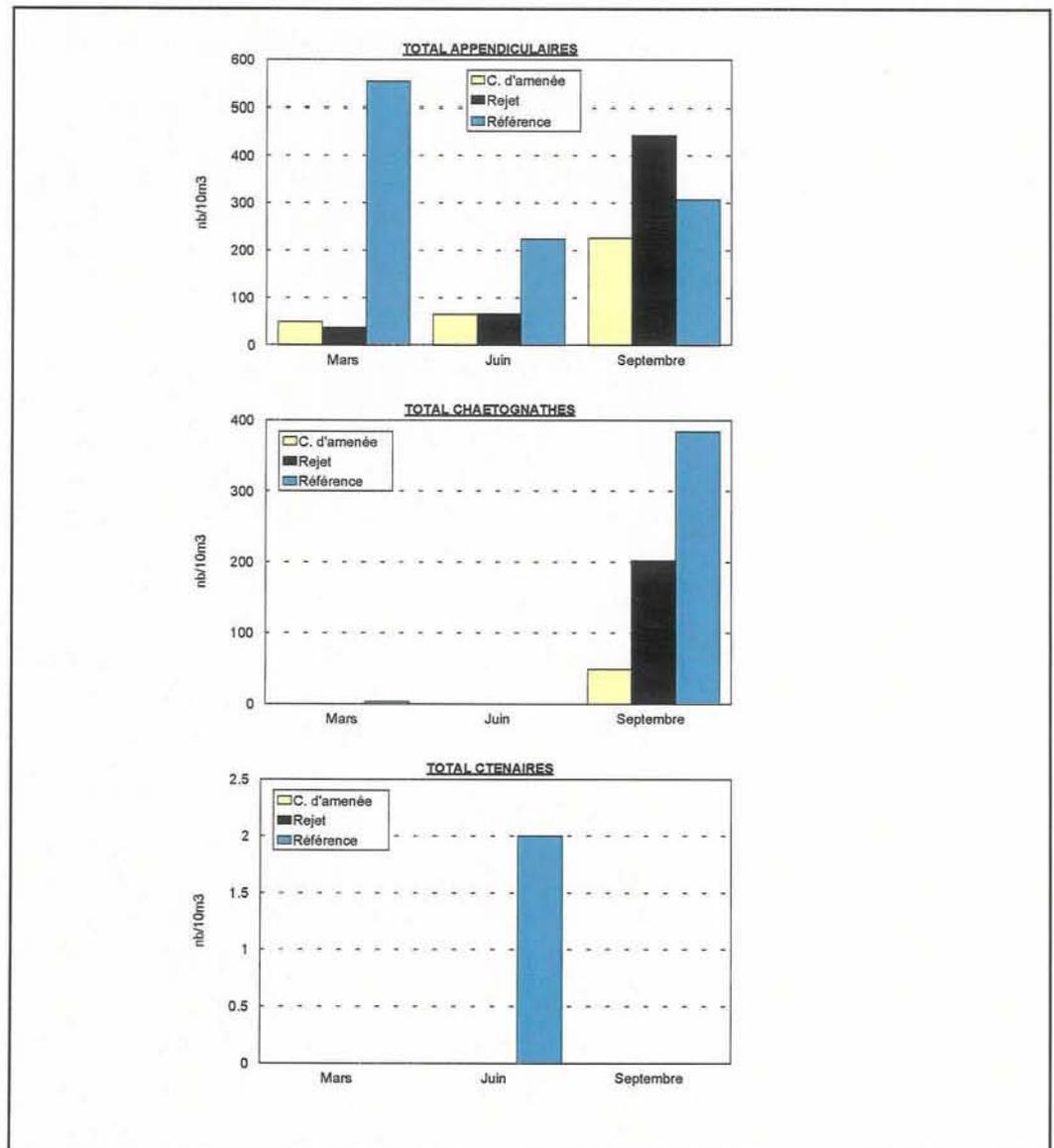


Figure 3.22 : Les autres espèces holoplanctoniques

LE MEROPLANCTON (FIGURE 3.23)

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

- Crustacés

→ Les cirripèdes sont des crustacés qui, à l'état adulte, vivent fixés, et constituent une part importante des salissures ("fouling" ; cf. chapitre 4.2)

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, une part importante du zooplancton ; environ 70 % en mars (pourcentage élevé tenant tout autant à leur abondance, qu'au faible développement des autres espèces) et 37 % en septembre. Les maxima sont observés en septembre au point rejet (11 400 ind./10m³) et en mars au point référence (6 100 ind./10m³).

- Les larves d'anomoures (porcellanes, galathée, Bernard l'hermite) présentes lors des trois campagnes, sont abondantes en juin, avec un maximum au point rejet (721 ind./10m³), et leur quantité est négligeable en mars. En septembre, un pic de 205 ind./10m³ est observé au point référence.
- Les larves de Brachyours (crabes) sont présentes (principalement au stade zoe) aux trois campagnes. Elles sont abondantes surtout en juin, mais aussi en septembre, avec un gradient croissant de la côte vers le large.

- Embranchement des bryozoaires

Des cyphonautes de Bryozoaires ont été observés durant la campagne de mars, avec 1 110 ind./10m³ au point référence, 64 ind./10m³ au point canal d'amenée, et 16 ind./10m³ au point rejet.

- Embranchement des mollusques

Les larves sont présentes aux trois campagnes, sur tous les points. Ce sont des larves véligères de gastéropodes. Leur présence maximale se situe en septembre avec un pic atteignant 524 ind./10m³ au point rejet. Le reste de l'année, leur nombre est plus négligeable (quelques dizaines).

- Embranchement des annélides

Ces larves sont émises par diverses espèces dont les adultes constituent une bonne partie de la nourriture de nombreux crustacés et poissons de fond. Elles sont observées lors des trois campagnes, sur tous les points, et surtout au printemps avec un pic atteignant 323 ind./10m³ au point rejet, correspondant à des *Spionidae* (espèce dominante à toutes les campagnes).

- Embranchement des cnidaires (hydrozoaires, actinies, méduses)

Rares sur ce site en mars, elles sont surtout rencontrées en juin aux trois points, avec un maximum d'abondance au point rejet avec 36 ind./10m³ (il s'agit majoritairement de l'espèce *Hybocodon prolifer*), et sont absentes en septembre.

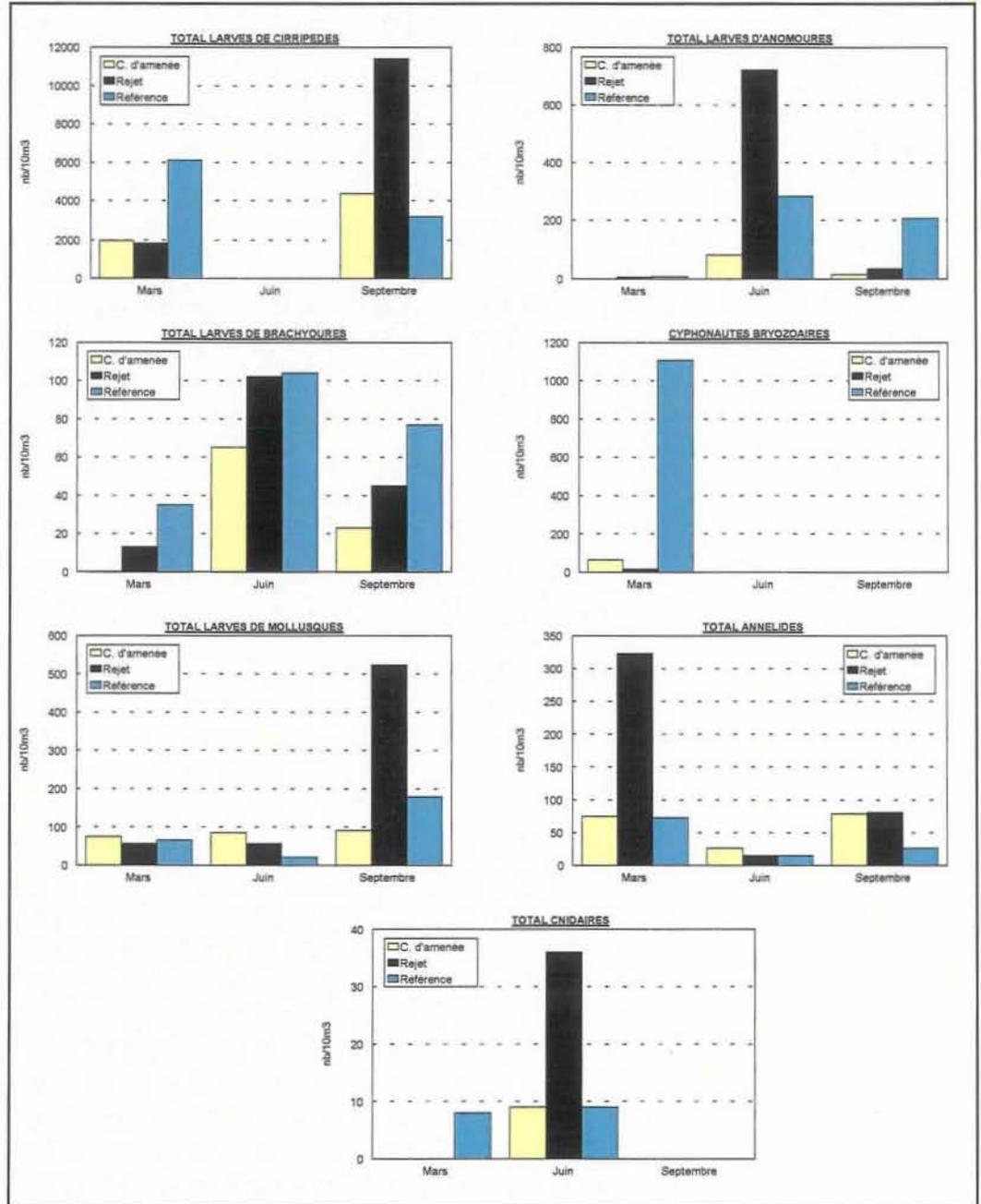


Figure 3.23 : Le méroplancton

3.4.3. CONCLUSION

En 2000, 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 3.12). 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 bactopeptone Difco, de l'agar Pasteur A et de l'eau vieillie durant deux semaines (3/4 du mélange).

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

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

3.5.2. Résultats

3.5.2.1. Germes totaux (en Zobell)

Le dénombrement des germes revivifiables en milieu de Zobell fournit, pour 2000, des valeurs moyennes par cm³ (tableau 3.12) comprises entre 460 germes en mars et 35 germes en mars. Ces valeurs extrêmes sont observées au point canal d'amenée ; un appauvrissement du milieu y est donc noté au cours de l'année. Aux deux autres points, le phénomène inverse est constaté, l'enrichissement étant plus important au large.

Sur la période 1987-2000 (Fig. 3.24), 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.

	Dénombrement dans 1 ml d'eau des germes totaux en Zobell, 9 jours à 25 °C			Vibrions halophiles dans 1 litre d'eau			Dénombrement en épifluorescence des germes colorés à l'acridine dans 1 ml d'eau		
	2000	30/03	23/06	04/09	30/03	23/06	04/09	30/03	23/06
d' I	416	390	234	?	V.a. + ?	V.a.	1 018 750	543 750	1 421 875
C A J	504	374	202	?	V.a. + ?	V.a.	1 112 500	1 103 125	1 303 125
A M									
N E Moyenne	460	382	218	?	2 +	2 +	1 065 625	823 438	1 362 500
A N Ecart	62	11	23				66 291	395 538	83 969
L E type									
E T eau °C	9,1	14,5	17,8						
R K	164	188	152	?	V.a. + ?	V.a.	1 003 125	996 875	1 434 375
P E L	122	202	254	?	V.a. + ?	V.a.	981 250	1 028 125	1 406 250
O J									
I E Moyenne	143	195	203	?	2 +	2 +	992 188	1 012 500	1 420 313
N T Ecart	30	10	72				15 468	22 097	19 887
T type									
1 T eau °C	12,3	17,7	19,4						
R 1	34	136	182	?	V.a.	V.a.	615 625	537 500	837 500
P E 2	86	154	208	?	V.a.	V.a.	512 500	587 500	753 125
O J									
I E Moyenne	60	145	195	?	2 +	2 +	564 063	562 500	795 313
N T Ecart	37	13	18				72 920	35 355	59 662
T type									
2 T eau °C	12,3	16,8	18,8						
R E	24	60	124	?	-	?	468 750	496 875	431 250
E F	48	70	134	?	-	V.a.	503 125	528 125	534 375
P F G	30	58	108	-	V.a.	V.a.	453 125	525 000	562 500
O E H	38	64	78	?	V.a.	V.a.	468 750	531 250	640 625
I R									
N E Moyenne	35	63	111	?	2 +	3 +	473 438	520 313	542 188
T N Ecart	10	5	24				21 118	15 832	86 546
C type									
E T eau °C	9,1	14,0	17,5						

Tableau 3.12 : Analyses microbiologiques réalisées en 2000 au droit du CNPE de Flamanville.

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

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

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

(?) Envoi de souches

Les valeurs observées au-dessus des rejets s'intègrent, en général, dans l'intervalle des mesures côte-large. Les deux tranches de la Centrale ayant fonctionné simultanément en 2000, il n'existe pas de différence significative entre les deux rejets. 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.

3.5.2.2. Germes colorés à l'acridine

De mars à septembre 2000, le dénombrement microscopique des germes colorés à l'acridine orange montre une augmentation des valeurs moyennes par cm^3 en chaque point échantillonné (fig. 3.25).

En mars et en juin, les valeurs, quoique du même ordre de grandeur, sont sensiblement plus fortes, d'une part au canal d'amenée qu'aux rejets, d'autre part à la côte (canal d'amenée et rejets) qu'au large (référence). En fin d'été, les plus fortes valeurs sont observées au rejet le plus chaud, à savoir celui de la tranche 1 située la plus au sud. Le faible écart thermique positif résulterait de l'implantation du circuit d'aspiration de l'eau de la tranche 1 en amont dans le canal d'amenée.

L'examen de l'évolution de ce paramètre de 1987 à 2000 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.

3.5.2.3. Vibrions halophiles

En 2000, une seule espèce de vibrions, faisant partie de la flore marine autochtone, est identifiée (tableaux 3.12 et 3.13) : *Vibrio alginolyticus*, souche présente en tout point à la fin juin (température de l'eau variant de 14,0 °C au large à 17,7 °C sur le rejet le plus chaud) et en septembre (température comprise entre 17,5 °C au large et 19,4 °C au rejet). Ces vibrions furent les premiers répertoriés dans ce secteur, dans le cadre de ces études, en juillet 1983. *Vibrio alginolyticus*, d'après M. Fournier de l'Institut Pasteur de Paris, est pathogène pour l'homme, pouvant provoquer des otites et des septicémies.

N.B. : Précisons que le laboratoire départemental en charge de ces analyses a adressé des souches supplémentaires à l'Institut Pasteur de Paris, laboratoire de référence, afin de confirmer les déterminations. A la date du 28 mars 2001, ces résultats n'ont pas encore été communiqués par l'IPP.

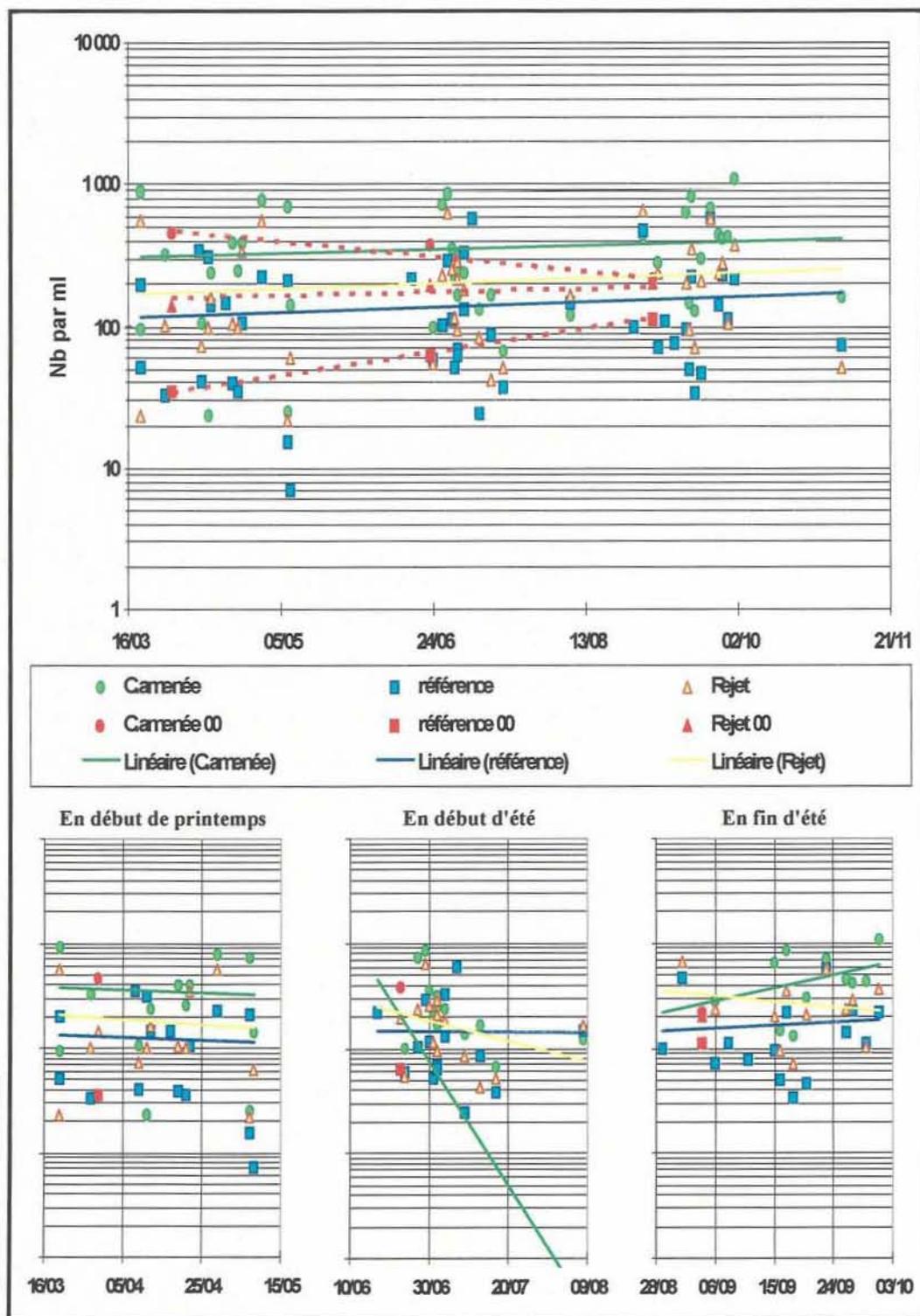


Figure 3.24 : Evolution des germes totaux de 1983 à 2000, au droit du CNPE de Flamanville. (En chaque point, les valeurs notées en 2000 sont jointes par un trait discontinu rouge)

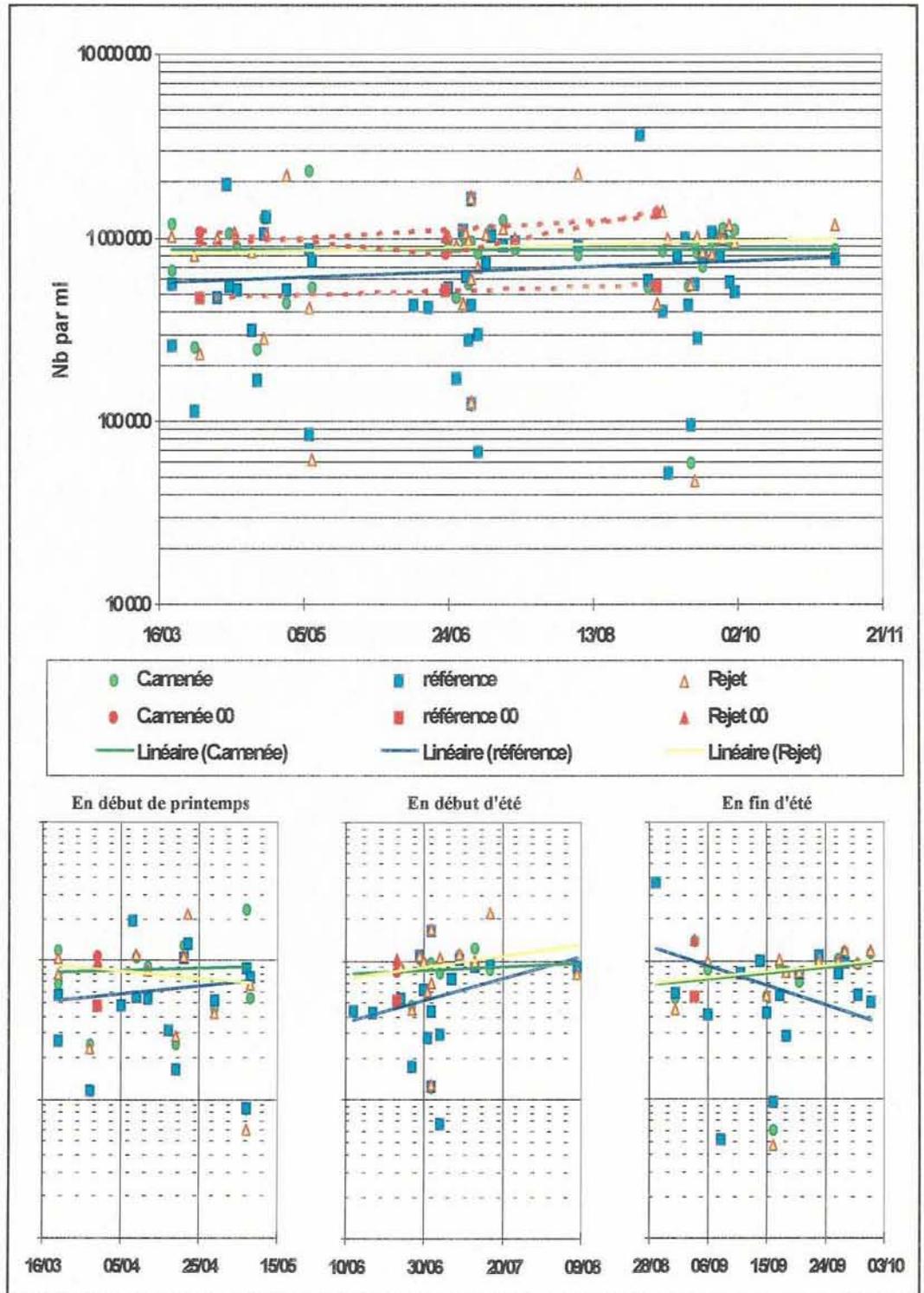


Fig. 3.25 : Evolution des germes colorés à l'acridine de 1983 à 2000 au droit du CNPE de Flamanville. (En chaque point, les valeurs notées en 2000 sont jointes par un trait discontinu rouge)

mars ^A /avril ^B /mai ^C	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<i>Vibrio alginolyticus</i>												CA			RF			?
<i>Vibrio cholerae</i>													CA					?
<i>Vibrio damsela</i>													RJ, RF		CA, RJ	RJ, RF	RJ	?
<i>Vibrio fluvialis</i>																RF	RJ	?
<i>Vibrio metschnikovii</i>																CA		?
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>																		?
<i>Vibrio vulnificus</i>															RF			?
juin ^D /juillet ^E /août ^F	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<i>Vibrio alginolyticus</i>	b, c			RF									CA, RJ	CARJRF	CARJRF	CA, RJ	CARJRF	CARJRF
<i>Vibrio cholerae</i>																		?
<i>Vibrio damsela</i>																		?
<i>Vibrio fluvialis</i>																		?
<i>Vibrio metschnikovii</i>																		?
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>													CA	CA		CA, RJ		?
<i>Vibrio vulnificus</i>															RJ			?
septembre ^G /octobre ^H /novembre ^I	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<i>Vibrio alginolyticus</i>	a, b, c, d			RF	C, RJ, RF					CARJRF			CARJRF	CA, RJ	CARJRF	CARJRF	CARJRF	CARJRF
<i>Vibrio cholerae</i>																		?
<i>Vibrio damsela</i>												RF			CARJRF	RF	RF	?
<i>Vibrio fluvialis</i>																		?
<i>Vibrio metschnikovii</i>																		?
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	a, b											CA	RJ, RF		CA, RJ	RF		?
<i>Vibrio vulnificus</i>																RJ		?

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

Tableau 3.13 : Présence / absence de vibrions halophiles au droit de Flamanville depuis 1983

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, avec une moyenne de 25 µg/l). Cette concentration varie selon la charge en matière organique et la quantité d'ammoniaque dissous.

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

D'après les documents transmis chaque mois par EDF, nous notons que l'électrochloration ne fonctionnait pas le 30 mars. Le 23 juin, 983 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de chaque tranche, soit une concentration de 0,270 mg de chlore par litre d'eau de mer. De même, le 4 septembre, 992 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 1, et 936 Kg dans celui de la tranche 2, soit une concentration de 0,27 mg de chlore par litre d'eau de mer.

Les échantillons réalisés en 2000 (tableau 3.14) n'ont pas permis la détection d'un seul des quatre trihalométhanes.

Trihalométhanes 2000	Limite de détection	Canal d'aménée	Rejet N	Rejet S	Référence
30 mars					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)
23 juin					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)
4 septembre					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobrométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)

Tableau 3.14 : Analyses des trihalométhanes en 2000 sur le site du C.N.P.E. de Flamanville

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 m³ en 1998, 247 000 m³ en 1999, 193 000 m³ 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 par ICP – optique à la longueur d'onde de 249,773 nm.

Les résultats (tableau 3.15) sont exprimés en mg/l de Bore (B)

4 septembre 2000	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
Moyenne	4,39	4,40	4,44	4,52
Salinité (g/l)	35,11		34,86	34,90

Tableau 3.15 :
*Analyses du Bore
en septembre 2000
à Flamanville*

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

Un essai interlaboratoire national a été réalisé en janvier 1987 afin de comparer la répétabilité et la reproductibilité des méthodes sur un même échantillon. L'écart-type obtenu est de 0,06 g/l pour la répétabilité, et 0,18 g/l 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 en septembre 2000. Ces valeurs correspondent à la teneur normale du bore dans l'eau de mer.

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

4. Le domaine benthique

Etude et rapport réalisés au Centre IFREMER de BREST par

<i>Luc</i>	<i>DRÉVÈS</i>	<i>(DEL/SR)</i>
<i>Jean-Dominique</i>	<i>GAFFET</i>	<i>(DEL/EC)</i>

avec la collaboration, pour les missions de terrain, de

<i>Jean Pierre</i>	<i>ANNÉZO</i>	<i>(DEL/SR)</i>
<i>Gabriel</i>	<i>de KERGARIOU</i>	<i>(DEL/SR)</i>
<i>Gilles</i>	<i>YOUENOU</i>	<i>(DEL/SR)</i>

4.1 PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La population de *Fucus serratus* du platier de Diélette (fig. 1.6 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.

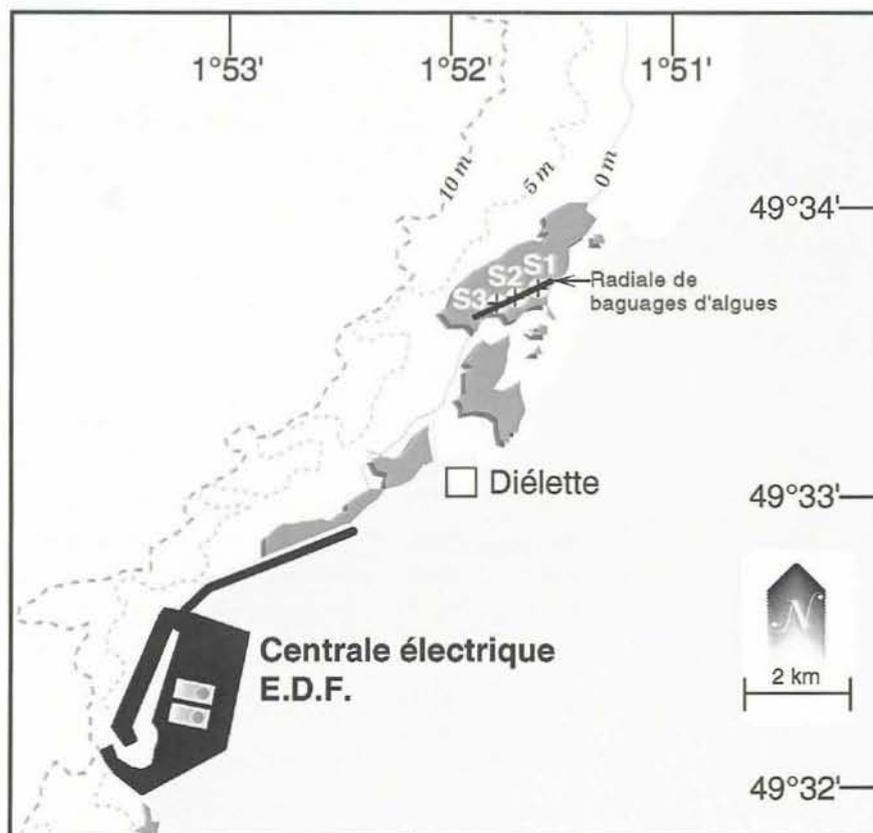
En mars 1983, 394 pieds de *Fucus serratus* ont ainsi été bagués. Parmi ceux-ci, 21 seulement ont été retrouvés en mars 1985. Deux nouvelles

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 et 2000. Le baguage systématique d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 permet un suivi plus serré de cette population algale.

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

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



4.1.1.3 Paramètres mesurés

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

- la longueur (L) exprimée en cm et mesurée du disque basal au sommet de la dernière dichotomie,

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

4.1.2 Résultats

4.1.2.1 Evaluation du stock de *Fucus serratus*

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

Le stock de *Fucus serratus* évalué en 2000 (Figure 4.2) se situe, en poids sec, entre 47 g \pm 58 g (secteur 1) et 204 g \pm 84 g (secteur 2) en mars, 127 g \pm 267 g (secteur 1) et 569 g \pm 310 g (secteur 3) en septembre. Le stock moyen global sur le platier peut ainsi être estimé, sur la même unité de surface, à 130 g en mars et 363 g en septembre. Les moyennes saisonnières relevées sur la période 1983/2000 sont 131 g en fin d'hiver et 349 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 en 2000 un niveau avoisinant les moyennes saisonnières connues sur ce site.

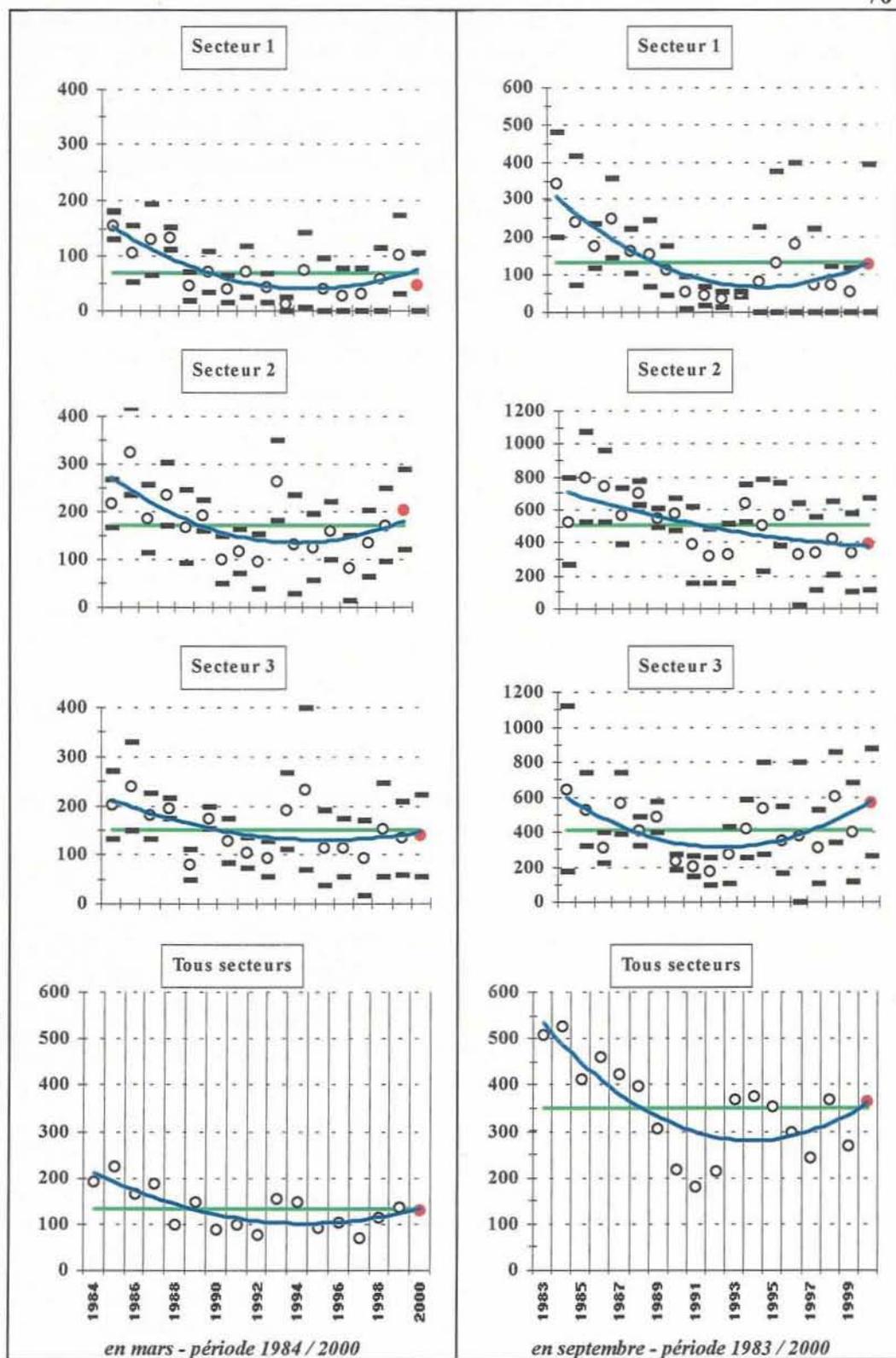


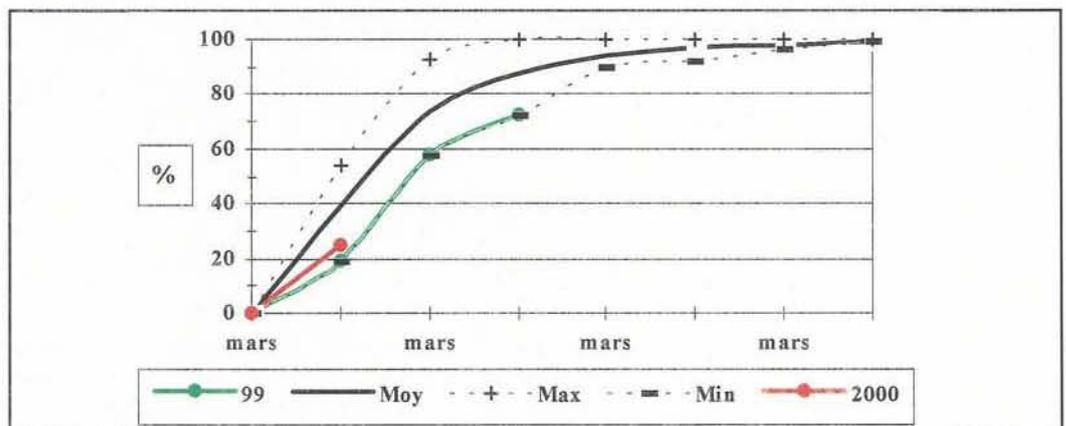
Figure 4.2 :
 Evolution du poids sec de *Fucus serratus* (en g/0,25 m²). Moyenne et écart-type, comparés au stock moyen estimé sur la totalité de la période (Les résultats 2000 sont repérés en rouge)

4.1.3 Dénombrement des algues baguées

Le taux de dépopulation au bout des 6 premiers mois de l'année 2000 est de 25 %, inférieur pour la troisième 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 75 % 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).

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



4.1.4 Biométrie des algues baguées (Fig. 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 2000 (21 et 23) montrent une sensible augmentation.

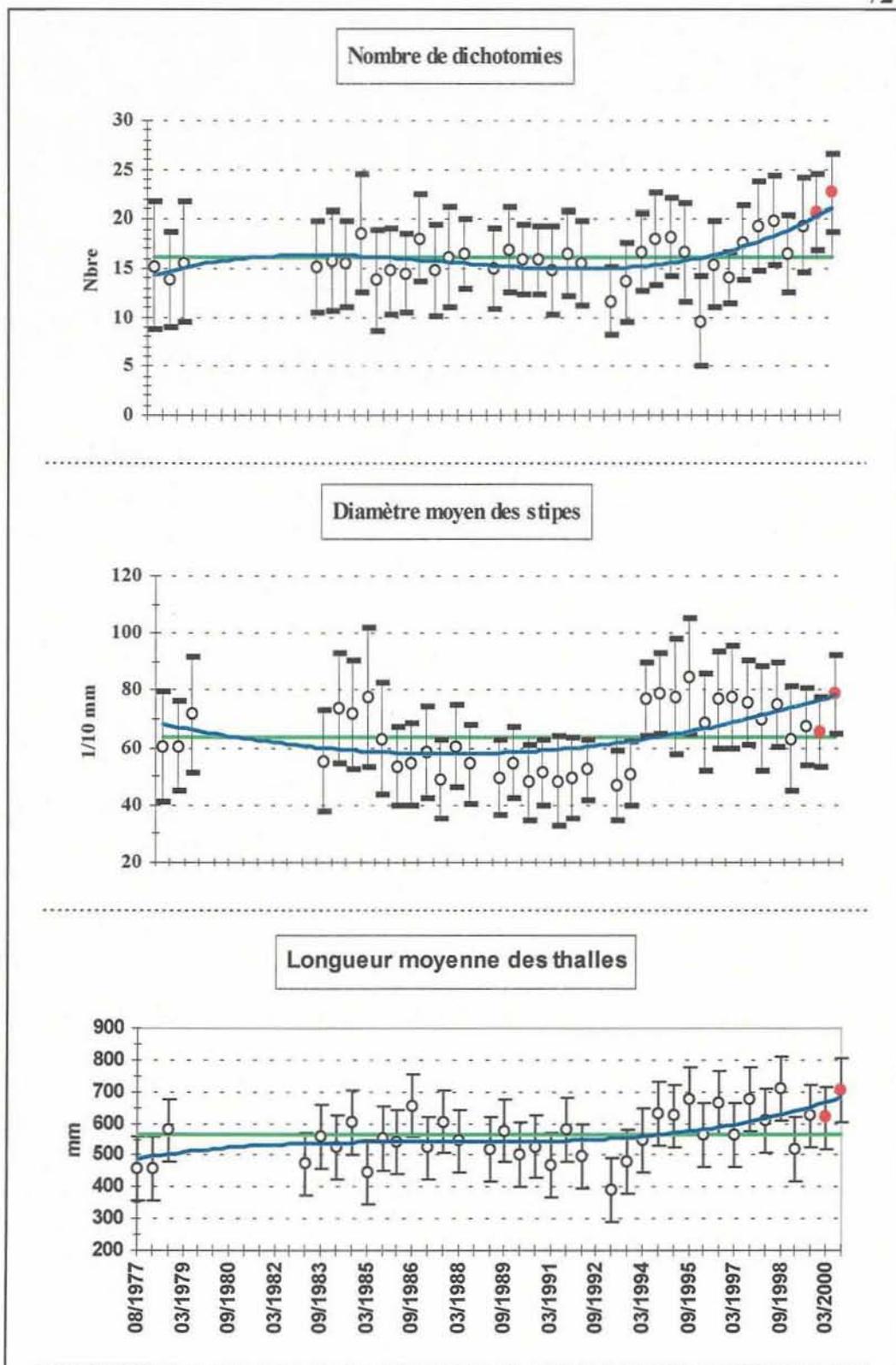


Fig. 4.4 : Evolution saisonnière des paramètres mesurés chez *Fucus serratus* à Diélette (moyenne et écart-type par rapport à la mesure moyenne estimée de 1977 à 2000, et courbe de tendance = polynômial d'ordre 3).

* 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. Pour 2000, les valeurs moyennes sont 6,6 mm en mars et 7,9 mm en septembre.

* 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.

4.1.5 Fertilité

Le pourcentage de thalles fertiles, au sens de la seule présence de conceptacles fertiles à l'extrémité de leurs frondes, de *Fucus serratus* au sein du lot bagué en mars 2000 est de 66 % en mars. L'examen visuel de ces frondes permet de nuancer en cinq stades différents (figure 4.5), de l'absence totale de réceptacles (stade 0) à la présence sur chaque fronde de réceptacles terminaux (stade 4).

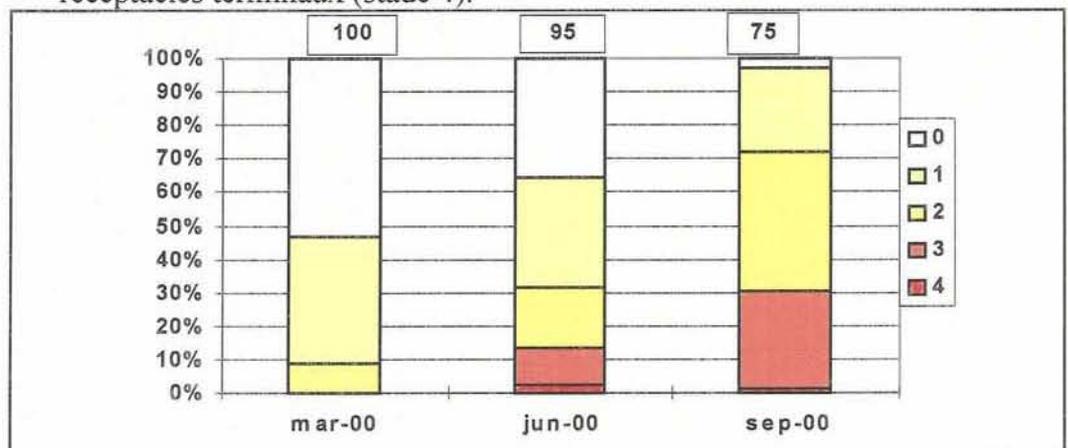


Fig. 4.5 :
Evolution de la
fertilité des pieds
de *Fucus serratus*
bagués en 2000

Le taux de fertilité moyen de ce lot est alors de 14 %. 64 % des 95 individus retrouvés en juin sont fertiles, avec un taux moyen de fertilité du lot de 30 %. Pour les 75 pieds examinés en septembre, les pourcentages sont respectivement 97 % et 66 %.

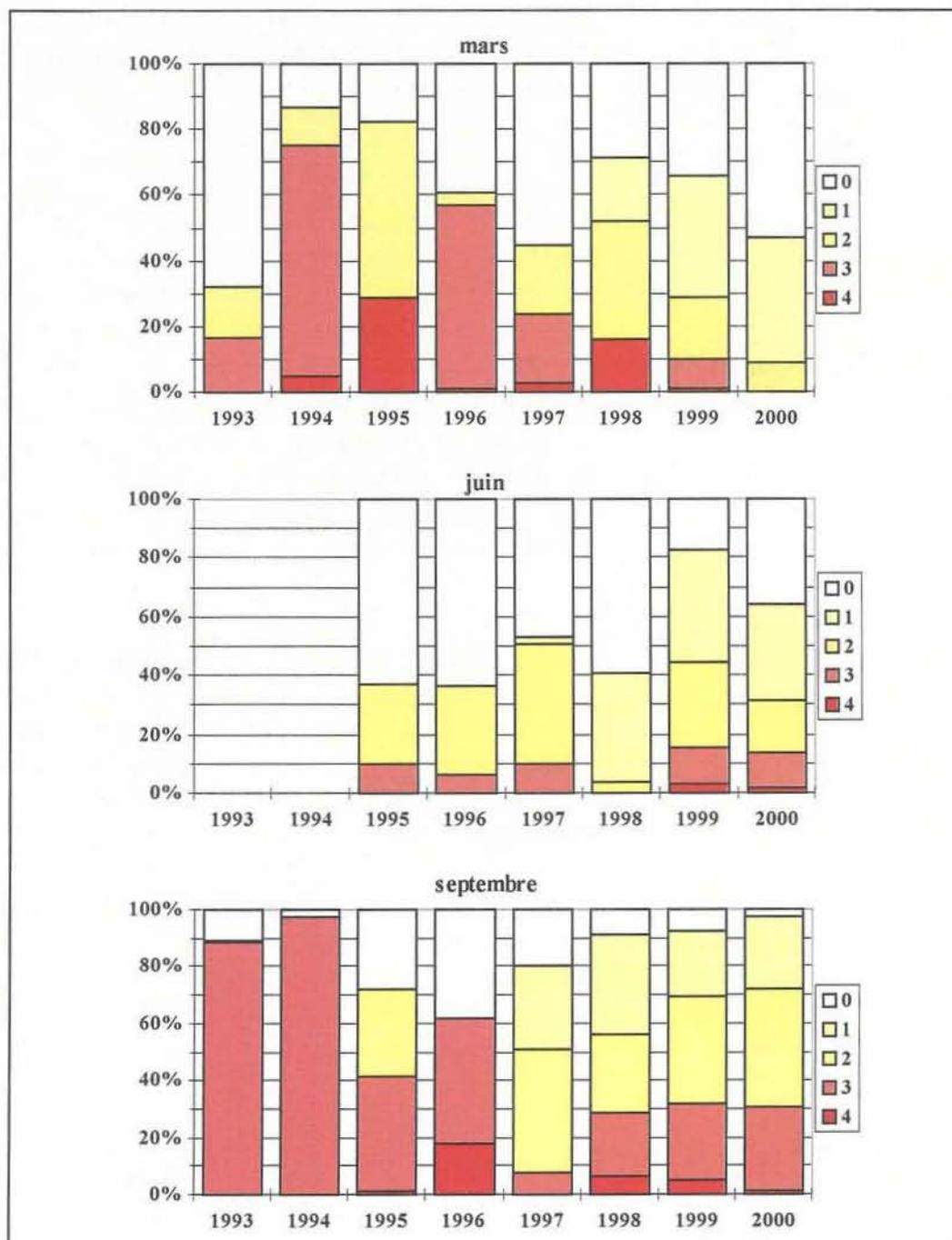
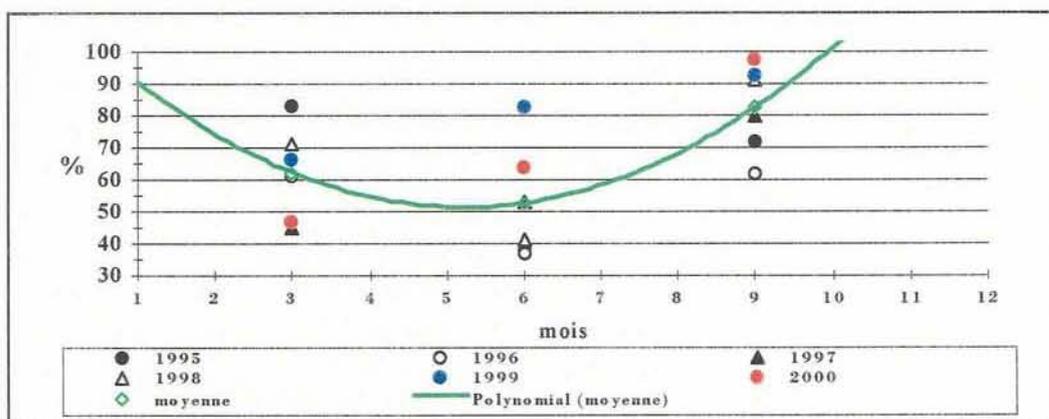


Fig. 4.6 : Evolution de la fertilité de *Fucus serratus* depuis 1993

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 donc des conceptacles renfermant des organes mâles ou femelles, selon les individus, plus ou moins fertiles tout au long de l'année. La période optimale de fertilité s'étend surtout d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites en septembre. A l'opposé, en juin, à l'exception toutefois de 1999 et 2000, le nombre de pieds fertiles est faible ; ceux qui le sont présentent des réceptacles défoliés. Les années 1999 et 2000 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 intertidaux

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

L'étude de Surveillance, menée depuis 1983, a pour objectif de contrôler les variations d'abondance des principales espèces de cirripèdes de la ceinture à *Balanus balanoides* à la pointe du Rozel (radiale R4 ; voir figure 1.6) ainsi qu'au droit du sémaphore du cap de Flamanville (point SEM) ; cette étude est complétée par une évaluation sommaire des densités des principales espèces accompagnatrices et par un suivi de la recolonisation du substrat par les cirripèdes.

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

4.2.1 Méthodologie

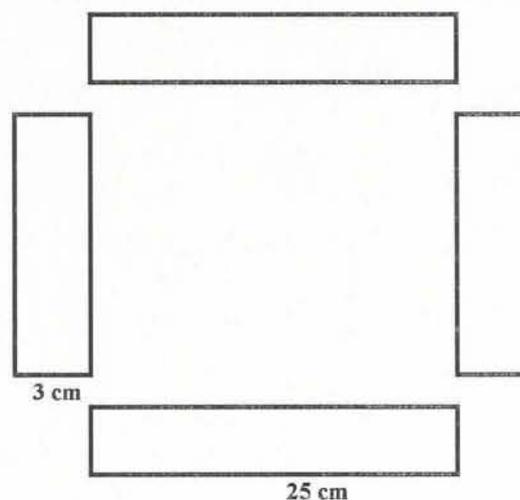
A la pointe du Rozel, quatre points de la radiale R4 sont échantillonnés dans la ceinture à *Balanus balanoides* à raison d'un point par strate. Au cap de Flamanville, les trois points "sémaphore" (ou SEM ; depuis 1983), "Quédoy" et "Diélette" (à partir de 1993) sont retenus comme représentatifs de l'ensemble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

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

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

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

Dans ce but, des comptages puis des grattages sont réalisés sur les mêmes séries de quadrats (75 cm²) 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-après.



4.2.2 Résultats

4.2.2.1 Etude de recolonisation par les cirripèdes

La recolonisation notée lors d'une mission donnée est le résultat du recrutement saisonnier en cours, diminué d'une mortalité (non quantifiée) intervenue entre la date de fixation des cypris (larves métamorphosées) sur le substrat et la date d'observation.

Le recrutement printanier (entre la mi-mars et la mi-juin) représente, selon les années, de 77 % à 99,6 % du phénomène annuel, à l'exception toutefois du printemps 1990 où il n'atteint que 48 % à la pointe du Rozel et 61 % au cap de Flamanville. Il concerne exclusivement *Balanus balanoides*. Le recrutement estival (de la mi-juin à la mi-septembre), beaucoup plus faible (2 % en moyenne du recrutement annuel sur la période 1983-1998 ; de 1 à 50 individus par 75 cm²), concerne en priorité les *Chthamalus montagui*, *Chthamalus stellatus*, et *Elminius modestus*. La recolonisation observée entre septembre et mars (2 % ; de 1 à 90 individus par 75 cm²) n'est en fait que la fin du recrutement estival intervenu après les observations effectuées en septembre précédent.

Les comptages réalisés en mars 2000 (tableau 4.1) sur les séries de quadrats de 75 cm² (3 cm x 25 cm) nous ont permis :

- de quantifier le recrutement automno-hivernal (faible) par comptage de quelques adultes fixés depuis le 13 septembre 1999 ;
- d'observer quelques cypris et quelques jeunes individus métamorphosés.

Tableau 4.1 :
Nombre de cirripèdes
métamorphosés par
75 cm² en mars 2000.

Comptages réalisés les 18 et 19 mars 2000	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Rt automno-hivernal	10 ± 3	43 ± 11	14 ± 6	1 ± 1

Tableau 4.2 : Bilan
du recrutement
printanier par 75 cm²
en 2000.

Comptages réalisés les 5 et 6 juin 2000	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Recrutement printanier	34 ± 18	204 ± 74	166 ± 14	14 ± 8

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

Par rapport à 1999, notons un recrutement automno-hivernal plus important, mais un recrutement printanier moindre.

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 2000 se situe en dessous de la courbe de tendance obtenue sur la période 1983-2000.

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 2000
(nombre d'individus
par m²)

Septembre 2000		Densité par strate	Surface occupée du substrat en %	Densité moyenne
Rozel	Point 1	39 400	75	29 550
Rozel	Point 2	22 250	30	17 800
Rozel	Point 3	34 050	60	20 430
Rozel	Point 4	50 400	85	42 840
Flamanville	Sem sup	45 000	100	45 000
Flamanville	Sem inf	44 700	100	44 700
Flamanville	Quédoy	30 000	95	28 500
Flamanville	Diélette	19 400	30	5 820

Pour la deuxième année consécutive, la surface rocheuse colonisée par les crustacés cirripèdes décroît. Seul le secteur en bas du sémaphore est colonisé 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 %).

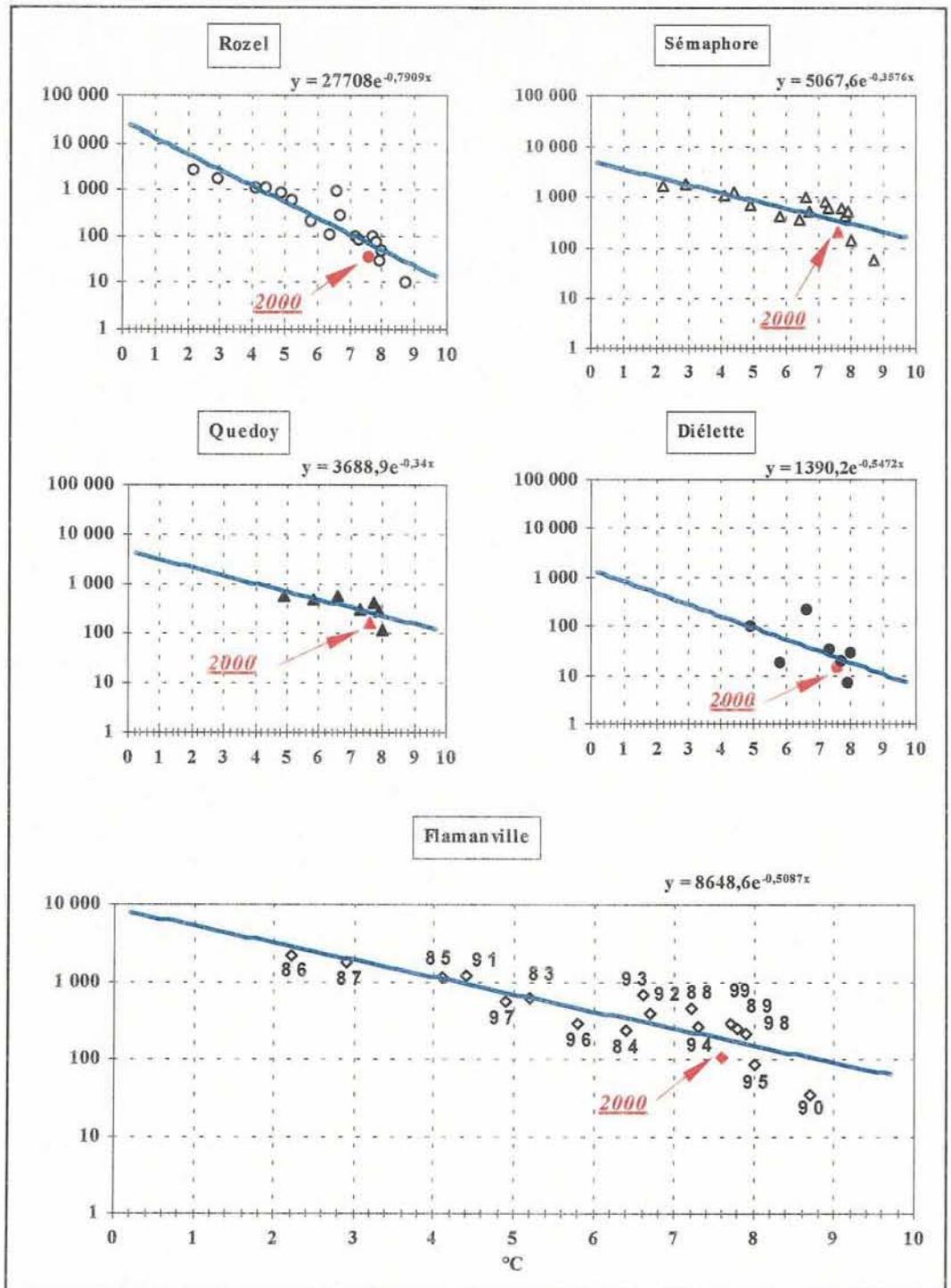


Fig. 4.8 :
 Recrutement
 printanier des
 crustacés cirripèdes
 aux abords de
 Flamanville (nombre
 d'individus par 75
 cm², exprimé en
 fonction de la
 température
 mensuelle moyenne
 de l'air du mois le
 plus froid de l'hiver
 [°C])

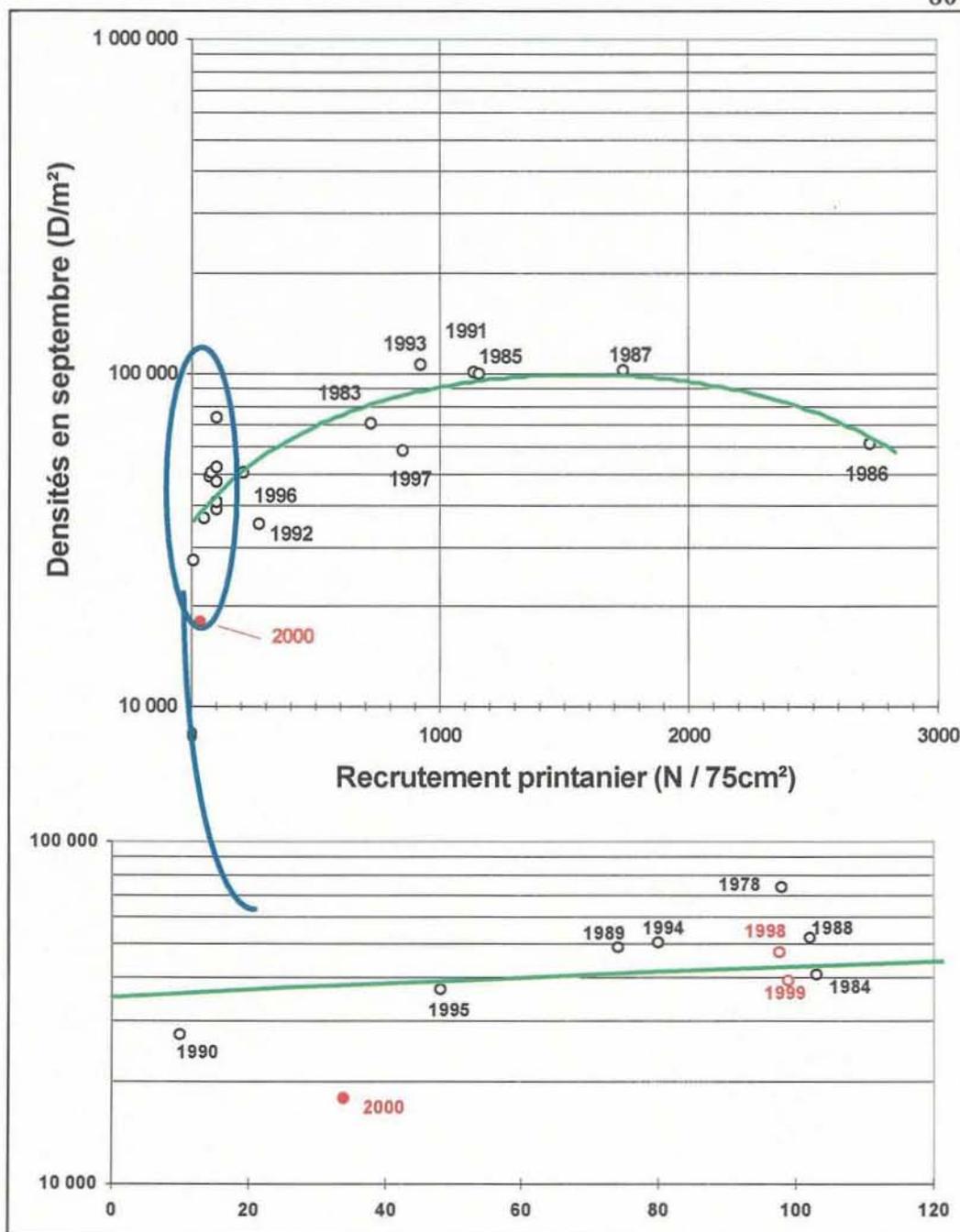


Fig. 4.9 : Pointe du Rozel - Variations des densités de cirripèdes en place en septembre en fonction du recrutement printanier. (année indiquée sur le graphique)

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 2000, les densités observées sont faibles. Elles résultent de trois faibles recrutements printaniers successifs.

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

	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
1977	46 401			
1978	48 556			
1983	43 276	66 000		
1984	28 313	60 100		
1985	74 650	74 400		
1986	64 455	75 300		
1987	91 681	77 000		
1988	46 863	60 000		
1989	35 089	40 868		
1990	18 240	26 700		
1991	73 136	72 000		
1992	38 233	38 000		
1993	74 605	76 700	72 300	48 960
1994	43 100	47 200	38 800	42 000
1995	28 826	44 533	44 000	44 600
1996	38 219	44 933	46 050	36 000
1997	56 799	55 113	56 525	53 350
1998	46 641	51 467	45 800	51 467
1999	39 009	47 300	52 050	26 343
2000	27 655	44 850	28 500	5 820

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

- *Balanus balanoides* ; cette espèce boréo-artique ne s'étend guère au-delà des côtes atlantiques françaises.
- *Elminius modestus* ; ce crustacé originaire d'Australie et de Nouvelle-Zélande a été introduit en Europe vers 1940 par des bateaux. Son aire de distribution s'étend aujourd'hui du Portugal à l'Irlande et au Danemark.
- *Chthamalus stellatus*, espèce présente en Méditerranée, ainsi que de l'ouest de l'Afrique à l'Ecosse. Absente des côtes de Mer du Nord, la presqu'île du Cotentin constitue sa limite nord de répartition pour les côtes françaises.
- *Chthamalus montagui*, crustacé présent du nord de l'Ecosse au Maroc.

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 2000, succédant aux recrutements également faibles de 1998 et 1999, 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 ne varient donc pas.

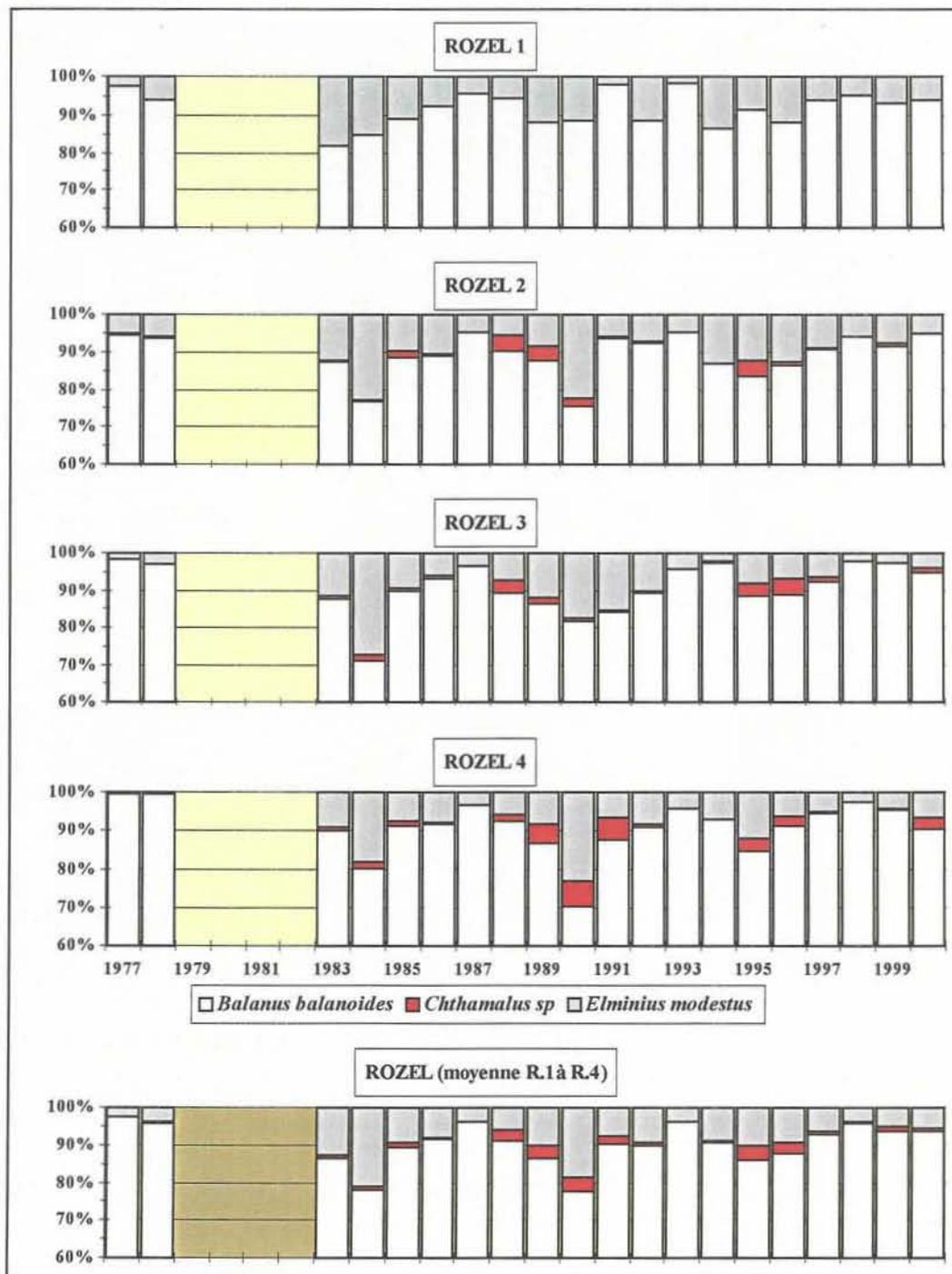


Fig. 4.10 : Evolution, en %, des quatre espèces de cirripèdes à la pointe du Rozel depuis 1977. (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre)

Au cap de Flamanville, la baisse des densités affecte plus particulièrement *Balanus balanoides*. Son importance en pourcentage décroît au niveau supérieur de la station du sémaphore, ainsi que dans l'anse de Quédoy. Ceci se fait à l'avantage exclusif des Chthamales.

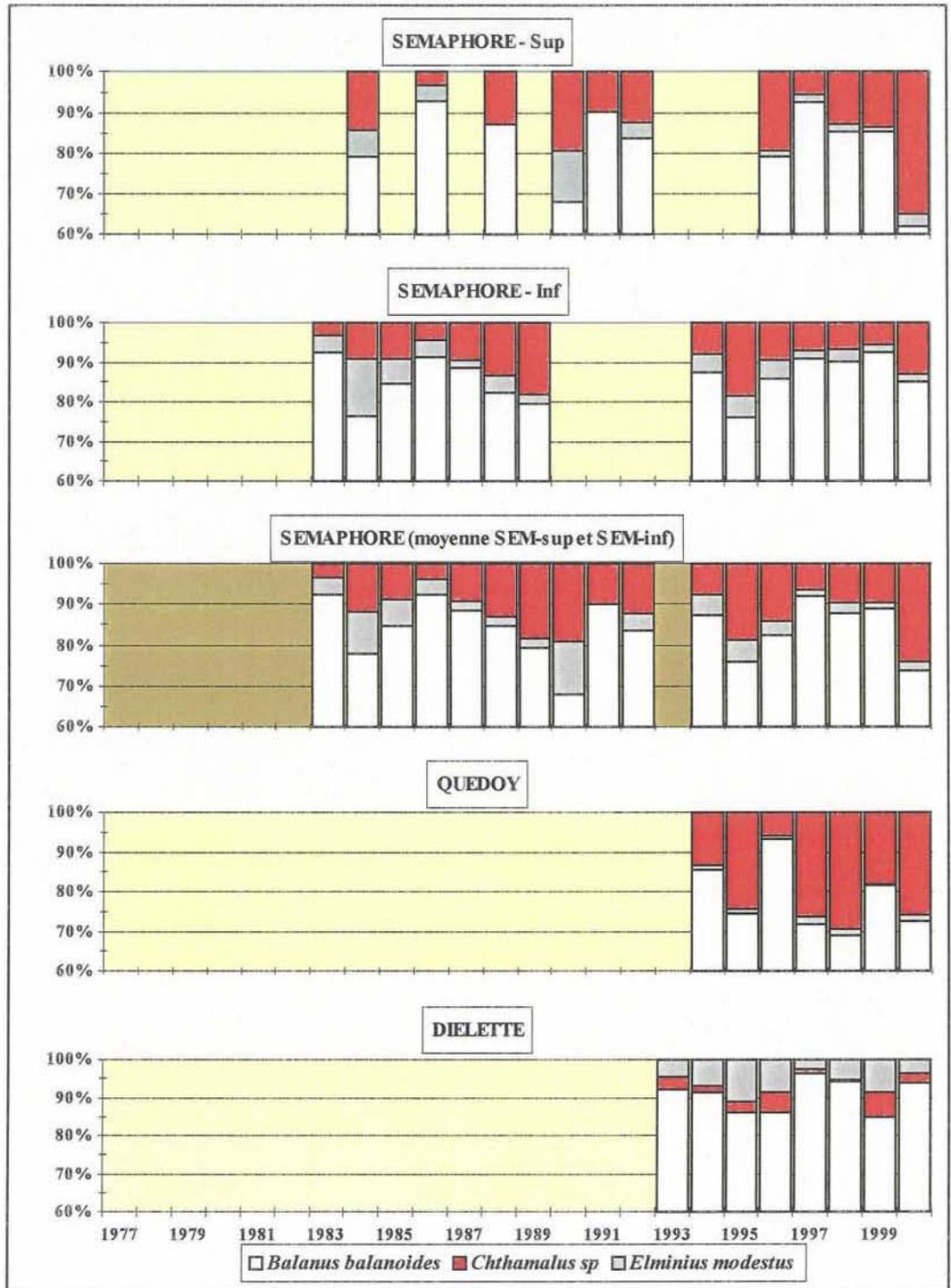


Fig. 4.11 : Evolution, en %, des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983. (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre.)

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

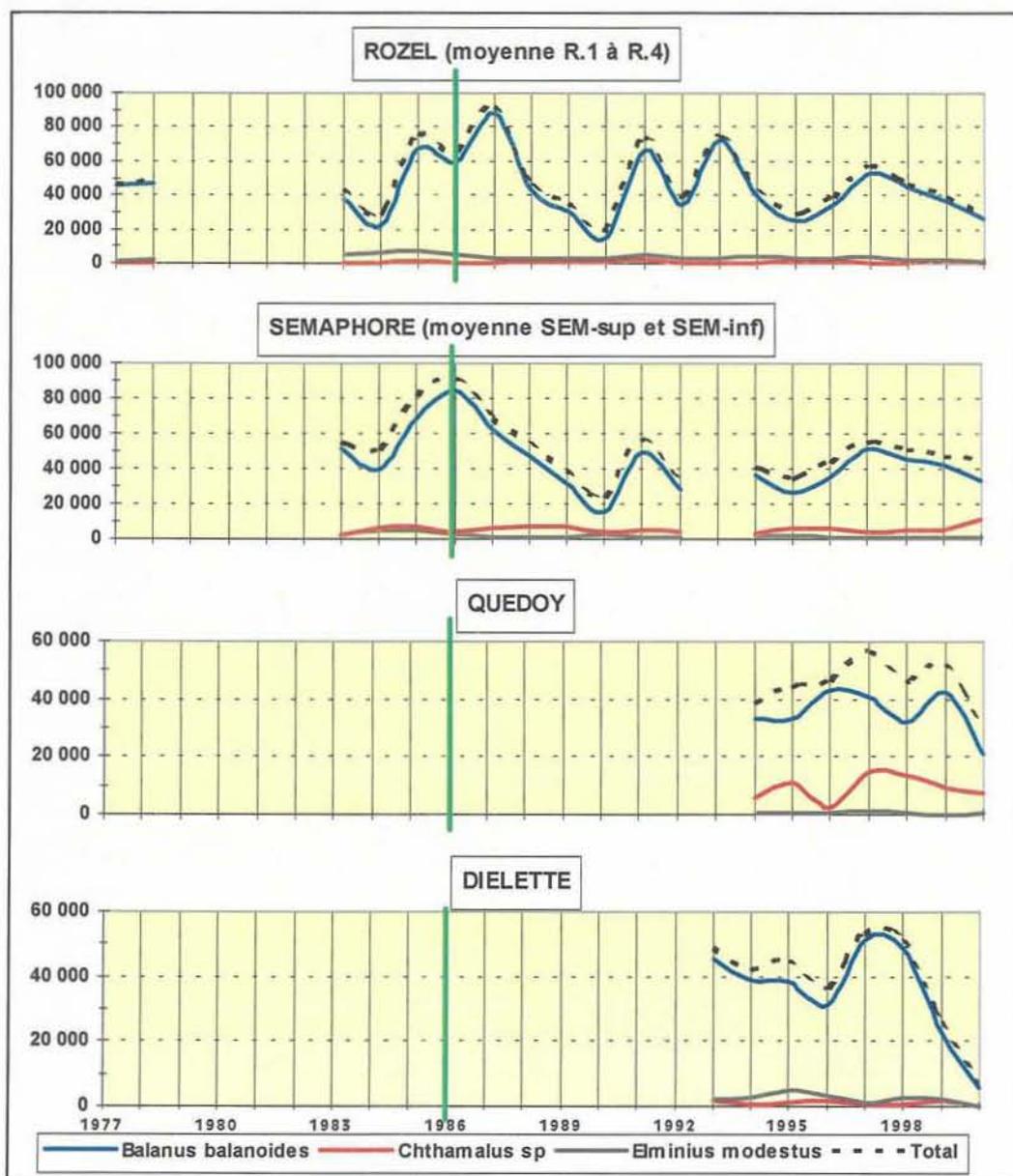


Fig. 4.12 : Evolution, en nombre d'individus par m², des densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983.

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

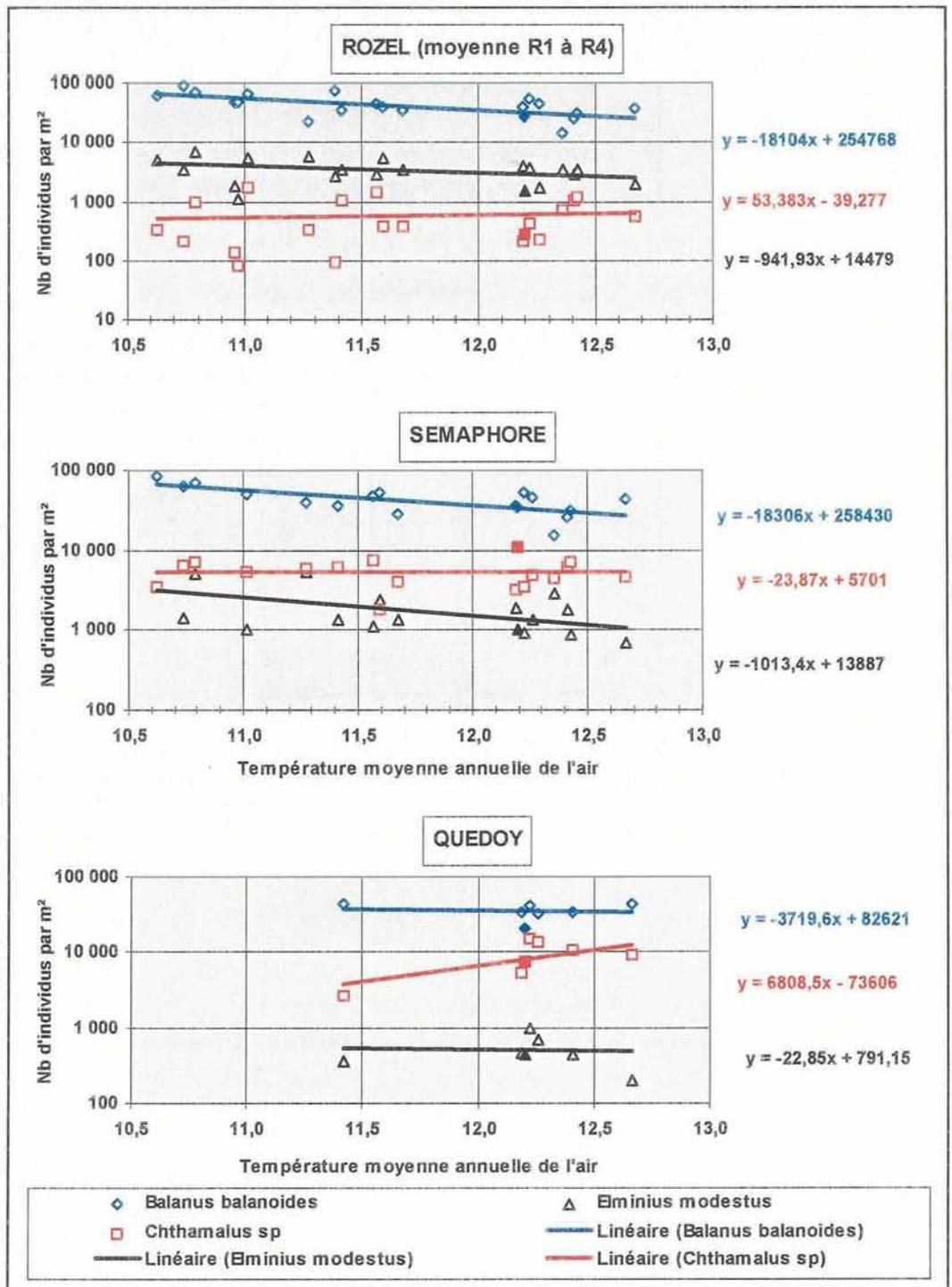


Fig. 4.13 : Evolution des densités des cirripèdes intertidaux, à la pointe du Rozel (1977-2000) et au cap de Flamanville (bas du sémaphore [1983-2000] et au anse de Quédoy [1994-2000]), en fonction de la température annuelle moyenne de l'air au cap de La Hague.

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

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

4.2.2.3 Evaluation des densités des principales espèces accompagnatrices

Seuls sont pris en compte pour cette étude les espèces ou groupes d'espèces appartenant à l'embranchement des mollusques (tableau. 4.5).

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

Septembre 2000	PATE sp	LITT SAX	LITT NER	GIBB PEN	GIBB UMB	THAI LAP	OCEN ERI	LASE RUB	MODI BAR
ROZEL 1	9	765	90	0	0	0	0	21	0
ROZEL 2	16	282	109	0	0	0	0	243	3
ROZEL 3	17	142	91	0	0	0	0	379	0
ROZEL 4	51	354	105	7	0	0	0	1867	0
Moy. 1-4	23	385	99	2	0	0	0	628	1
Sémaphore sup	84	1032	512	0	0	0	0	356	0
Sémaphore inf	136	856	112	0	0	0	0	208	0
Moy	110	944	312	0	0	0	0	282	0
Quédoy	141	312	148	0	0	0	0	15	0
Diélette	55	185	24	0	1	0	0	20	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 à l'évolution climatique (cf. figures 2.2 et 2.5), plutôt qu'à l'impact de la centrale qui, rappelons le, n'a été mise en service progressivement qu'à partir de l'année 1986.

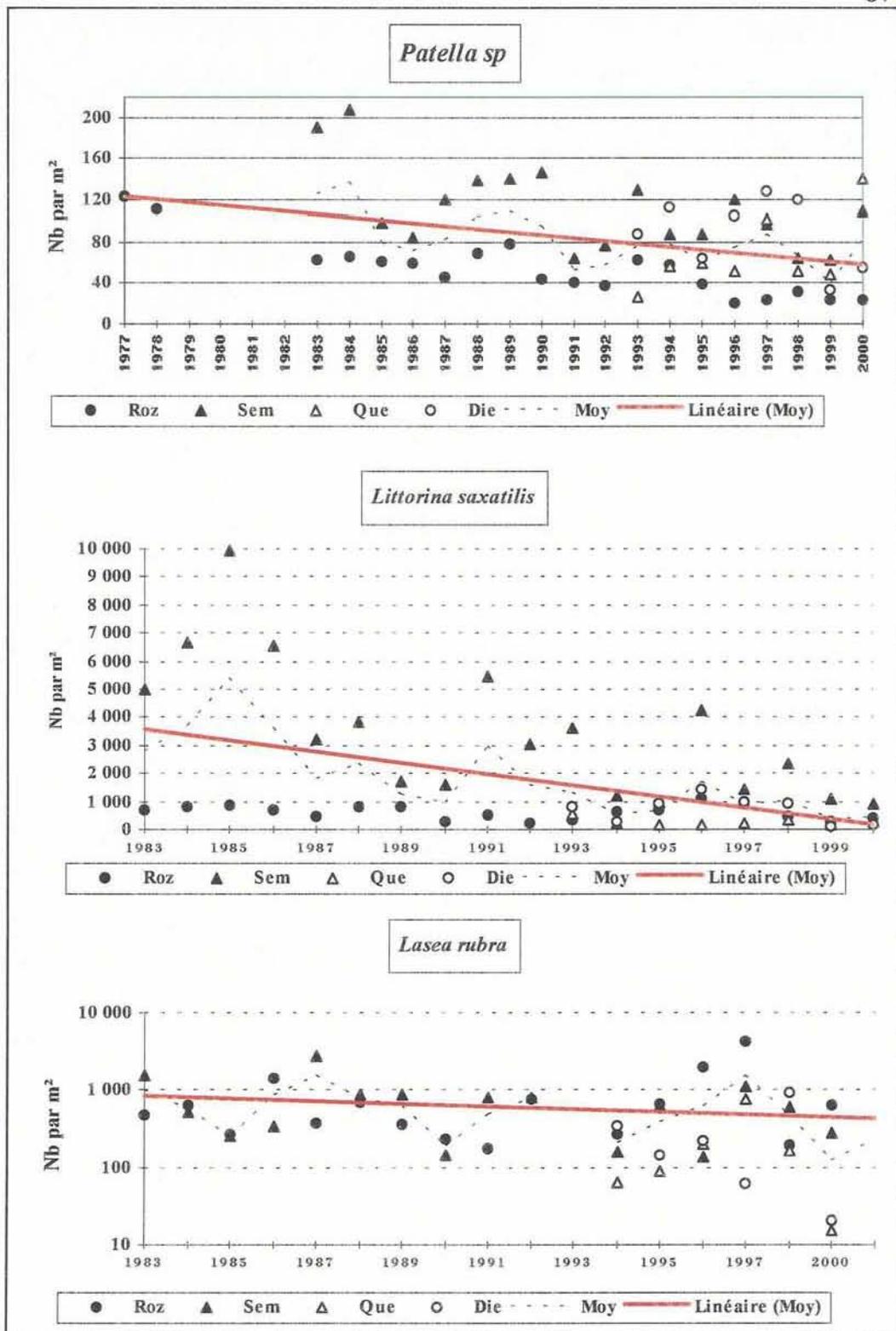


Fig. 4.14 : Evolution des densités de quelques mollusques présents dans le peuplement des crustacés cirripèdes.

5. Le domaine halieutique

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

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

avec la collaboration de, pour les missions en mer,

<i>Paul</i>	<i>BOURRIAU</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Patrick</i>	<i>GRELLIER</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Daniel</i>	<i>HALGAND</i>	<i>DRV/RH/Nantes</i>
<i>Eric</i>	<i>FOUCHER</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>
<i>Laurent</i>	<i>PASCO</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>
<i>Ivan</i>	<i>SCHLAICH</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>
<i>Joël</i>	<i>VIGNEAU</i>	<i>DRV/RH/Port-en-Bessin</i>

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

5.1. Larves de crustacés

5.1.1. Matériel et méthodes

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

Comme pour les autres sites étudiés, les observations effectuées à Flamanville comprennent des pêches de zooplancton auxquelles sont associés des relevés hydrologiques. Le calendrier des missions est donné dans la première partie du rapport (tableau 1.3). Les six missions prévues par le contrat depuis 1997 se sont déroulées cette année du 13 juin au 23 août à bord du chalutier artisanal le "Cap de Carteret", avec des intervalles de temps très réguliers de treize à quinze 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}°C pour la température et $50.10^{-2}\text{g.kg}^{-1}$ pour la salinité, exprimée en grammes par kilogramme d'eau de mer.

5.1.1.3 Zooplancton

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

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

5.1.1.3.1 Description des échantillonneurs.

Bongo grand modèle

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

Neuston

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

5.1.1.3.2 Méthode d'échantillonnage.

La méthodologie d'échantillonnage du Bongo s'inspire du manuel de standardisation des méthodes (JOSSI et coll., 1975) édité par le North East Fishery Center des Etats-Unis, notamment depuis 1984 où l'on a abandonné les paliers destinés à filtrer un volume d'eau assez important malgré la faible profondeur des eaux côtières.

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

du filet) a varié cette année entre 86 m³ et 431 m³. Les données concernant chaque traict (sonde, durée, volume filtré) sont indiquées dans l'annexe 5.1.

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

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

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

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

5.1.1.3.3 Conservation des échantillons.

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

5.1.1.3.4 Dépouillement des échantillons.

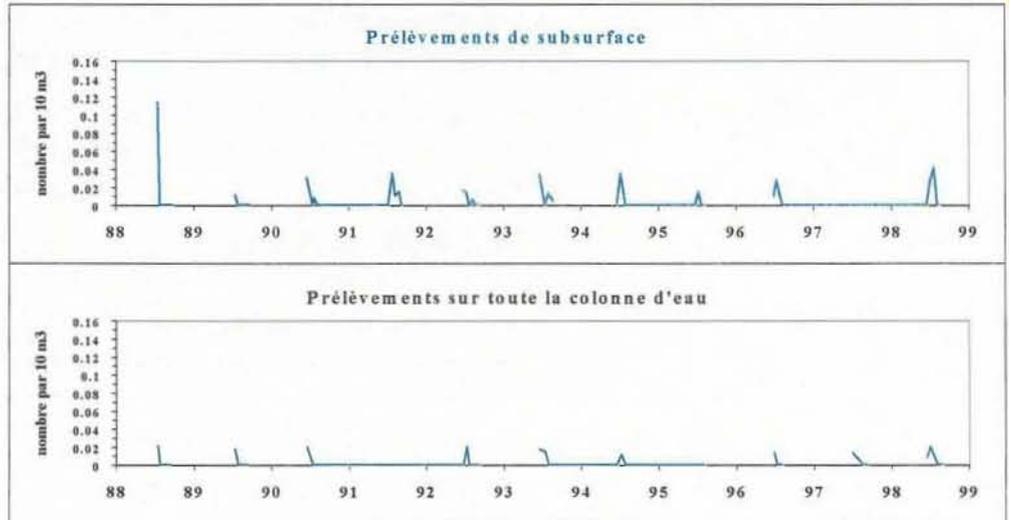
Comme le prévoit le contrat depuis 1986, l'étude halieutique (partie oeufs et larves) ne porte plus que sur le homard et l'araignée.

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

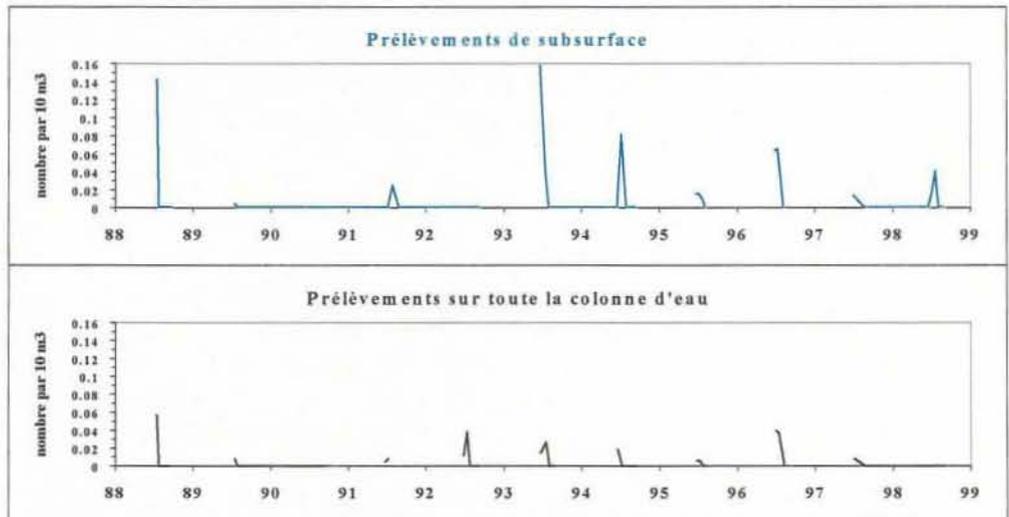
5.1.1.4 Saisie, stockage et traitement des données.

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

Point 3



Référence



Rejet

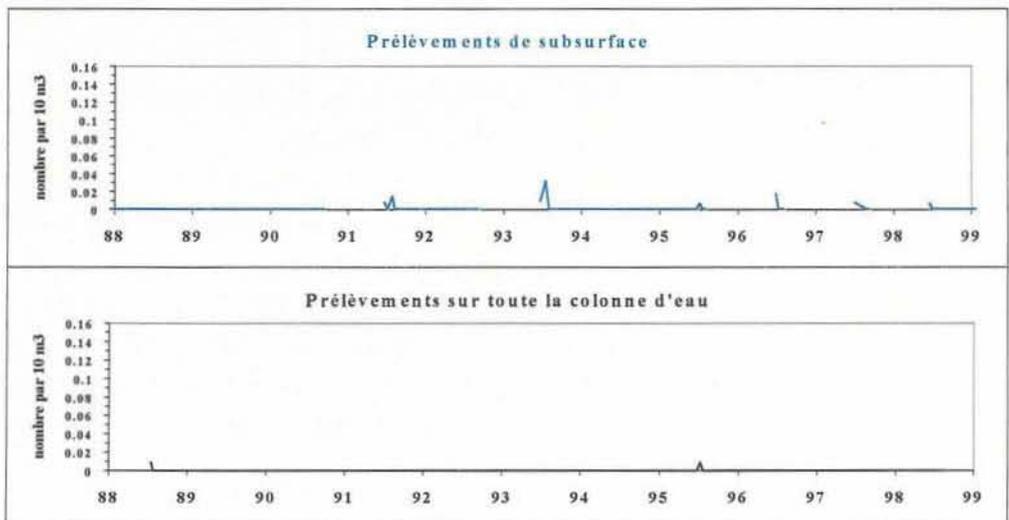


Fig. 5.1 - Comparaison des pêches de larves de homard réalisées au neuston en subsurface et sur l'ensemble de la colonne d'eau.

5.1.2. Résultats.

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

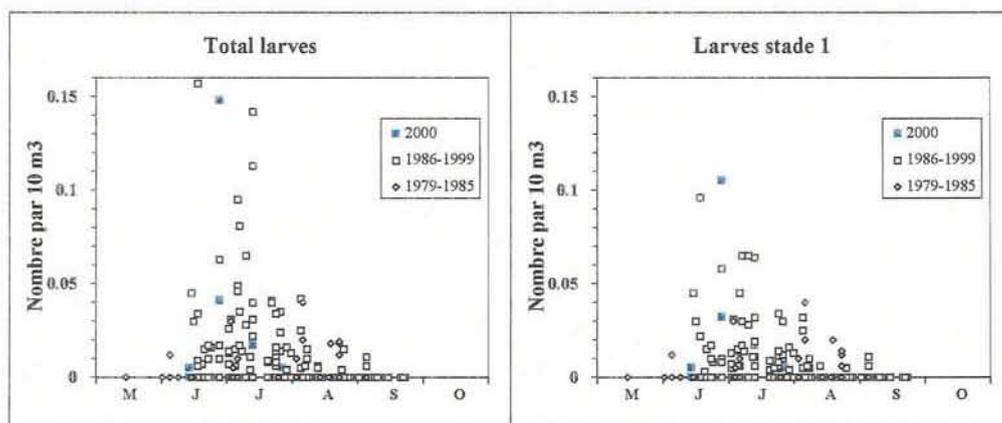
5.1.2.1 Larves de homard, *Homarus gammarus* L. (annexe 5.3)

La figure 5.1 ci-contre 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 appropriés 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).

**Fig. 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 beaucoup de larves au cours de l'été 2000, la densité maximale calculée (0,15 par 10 m³) atteignant celles des années exceptionnelles (1988 et 1993).

Les figures 5.3 et 5.4 relatives à l'année 2000 montrent que les larves de homard ont été récoltées du 13 juin au 26 juillet. On constate que les larves proviennent essentiellement 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 vers la fin du mois de juin.

Les récoltes de l'échantillonneur Bongo (fig. 5.4) complètent les résultats en montrant la présence de larves de homard aux environs du rejet vers la mi-juillet.

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

Fig. 5.3 : *Homarus gammarus*, Prélèvement au Neuston en surface

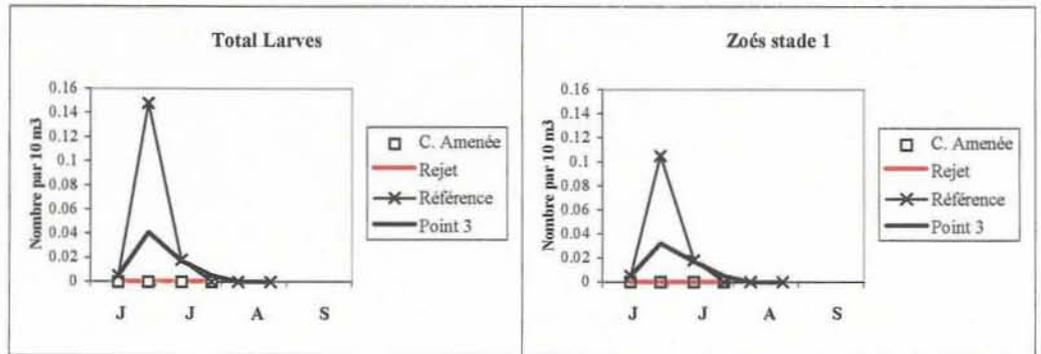
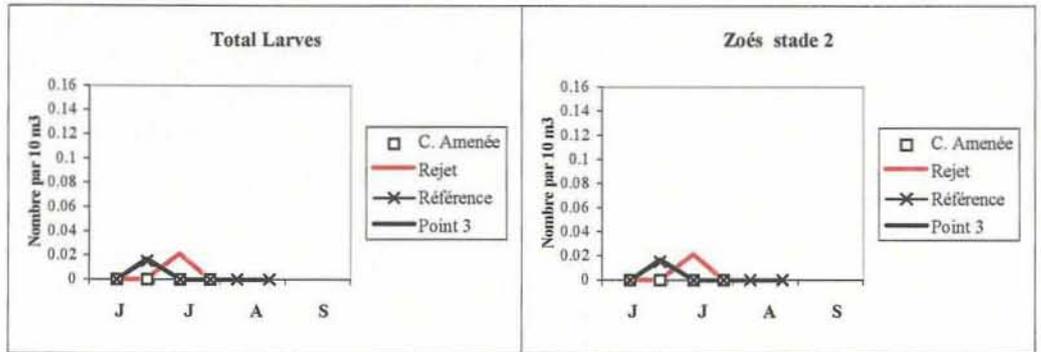


Figure 5.4 : *Homarus gammarus*, Prélèvement sur toute la colonne d'eau, au Bongo



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

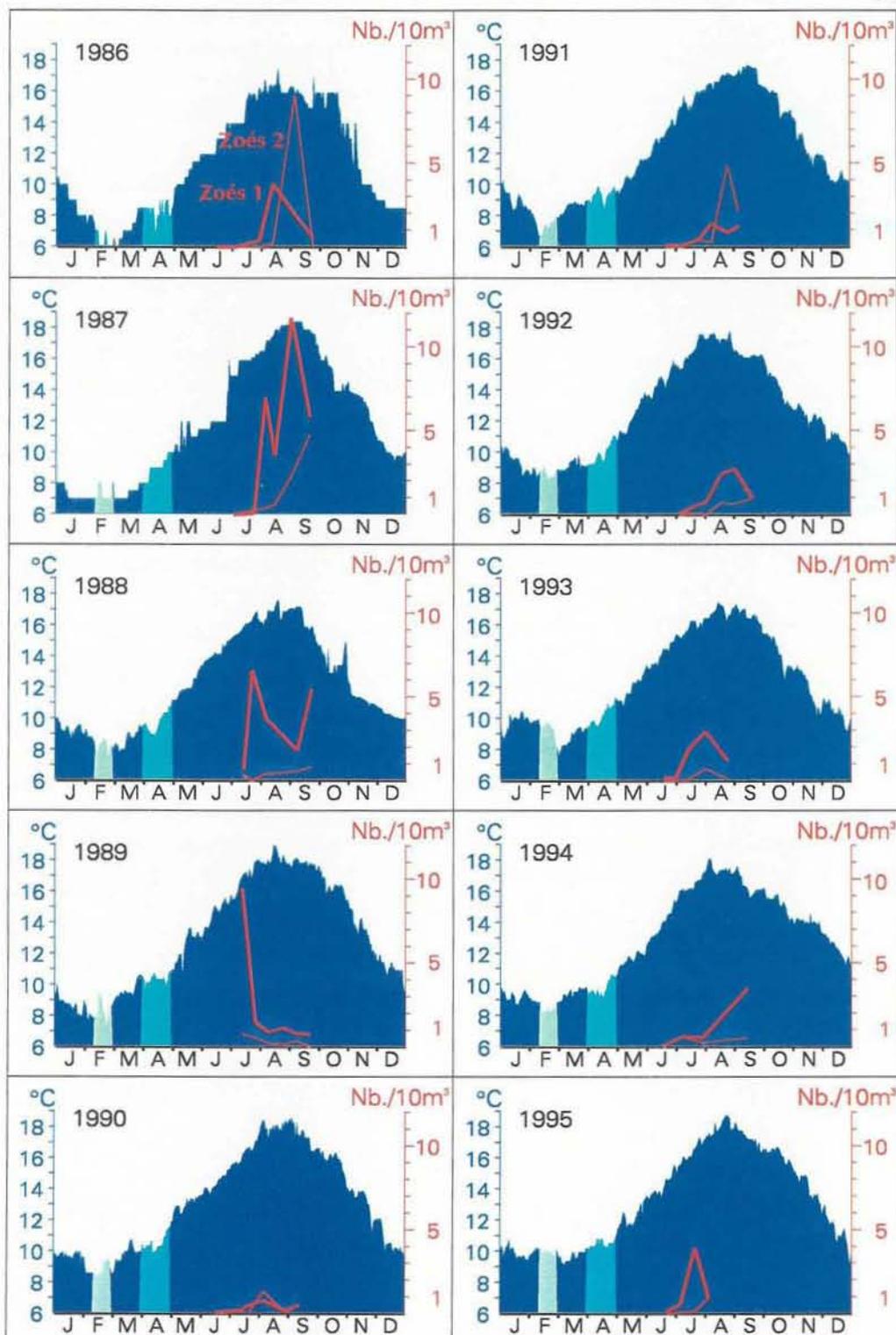
Les récoltes réalisées au point du large (point 3), régulièrement le plus riche en zoés d'araignée et situé en dehors de la tache thermique, sont le reflet de l'influence du climat sur la période d'éclosion de cette espèce.

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 I 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 I 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 I ; parmi les périodes testées (allant toutes jusqu'au 15 juin et débutant au plus tôt le 1^{er} avril), la période "21 avril-15 juin" était celle qui donnait le meilleur coefficient de corrélation.

Une deuxième approche plus poussée (MARTIN, 1996) a permis de montrer, par la prise en compte cette fois des températures régnant dès le début de l'année, l'existence de deux périodes sensibles, la première se situant probablement au moment de la maturation des ovaires et la deuxième au cours de l'incubation. Rappelons toutefois que les femelles araignées ne 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.



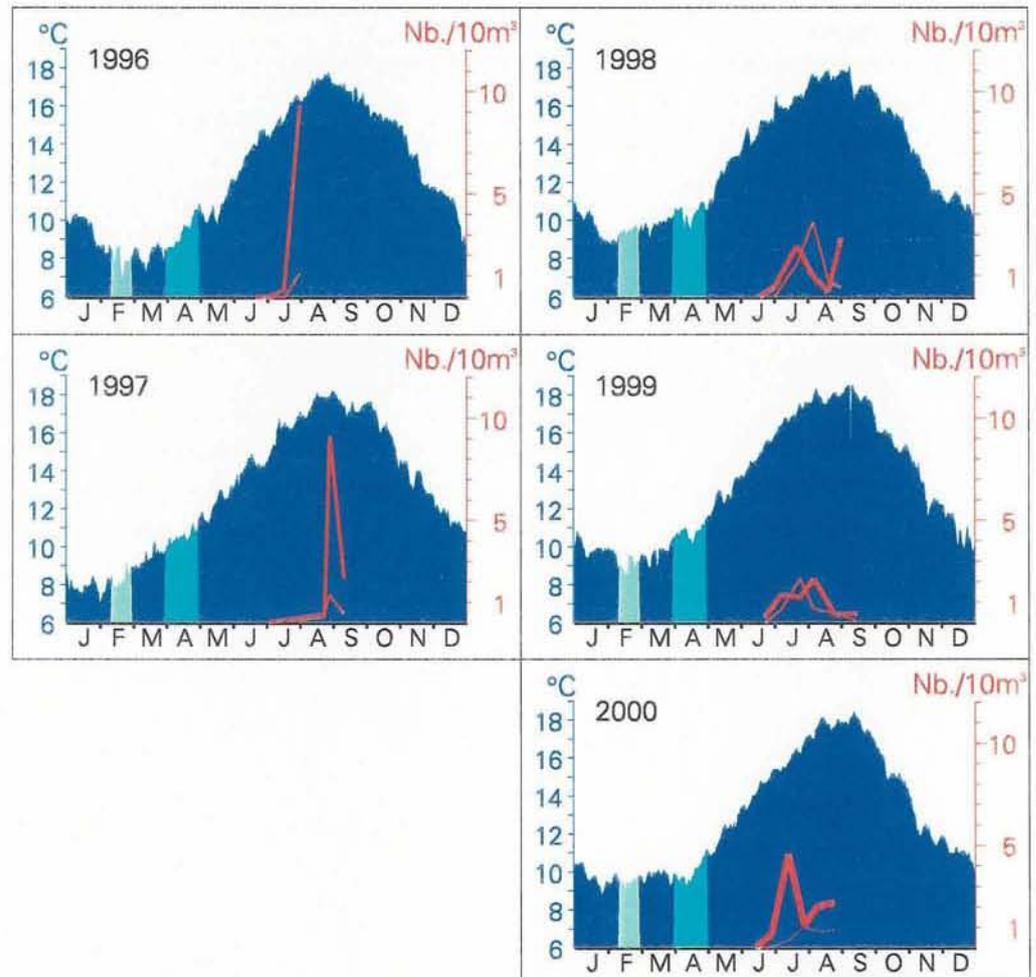


Figure 5.5 : Zoés d'araignées de mer (stades 1 et 2 en rouge, en nombre par 10 m^3) récoltées au point 3 et température de l'eau (en °C, aires bleues) à l'entrée de la Centrale.

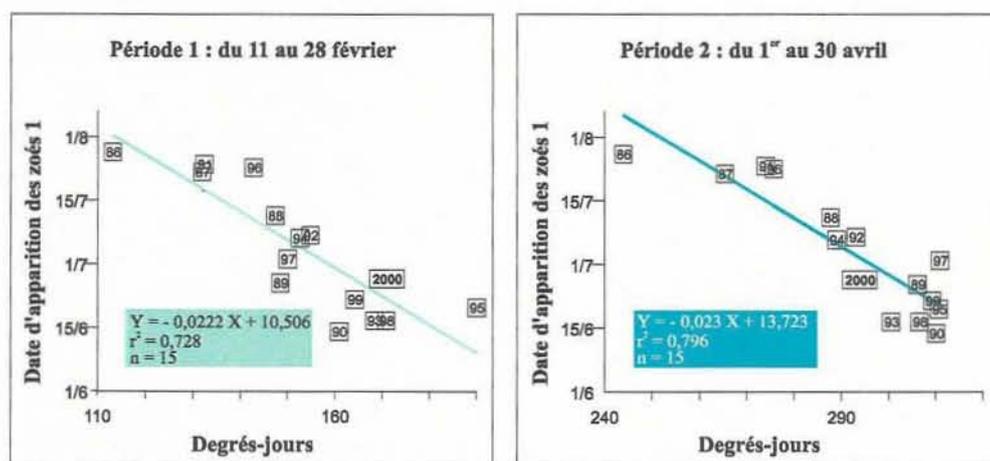
Le tableau 5.1 ci-après montre les coefficients de corrélation obtenus pour les différentes périodes testées dans le cadre de cette étude après mise à jour avec les résultats 1996-2000 ; notons que dorénavant les calculs sont effectués en avançant la date d'apparition des zoés en 1989 de quinze jours, 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 jusqu'au 15	0.824	0.843	0.847	0.846	0.838	0.819	0.802	0.812	0.814	0.817	0.797	0.786	0.774	0.753	0.706	0.672
Périodes de 10 jours	0.043	0.189	0.380	0.492	0.704	0.695	0.550	0.653	0.635	0.775	0.651	0.550	0.689	0.744	0.722	0.730
			0.304	0.639	0.672	0.672	0.677	0.760	0.760	0.760	0.717	0.768	0.768	0.768	0.768	0.768
Périodes de 20 jours	0.049		0.460	0.725	0.725	0.615	0.748	0.748	0.688	0.688	0.765	0.765	0.739	0.739	0.739	0.739
		0.217	0.691	0.691	0.656	0.656	0.796	0.796	0.796	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785	0.785
Périodes de 30 jours			0.387	0.722	0.722	0.741	0.741	0.741	0.746	0.746	0.746	0.746	0.779	0.779	0.779	0.779
			0.595	0.595	0.684	0.684	0.755	0.755	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786	0.786

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 2000 se situe parmi les années les plus précoces pour l'éclosion des zoés d'araignée de mer. Pour le traitement des données nous avons pris en compte la date d'apparition des zoés stade 1 au point 3 (27 juin) bien que cette année une première zoé ait été trouvée aux environs des rejets lors de la mission précédente, le 13 juin

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.



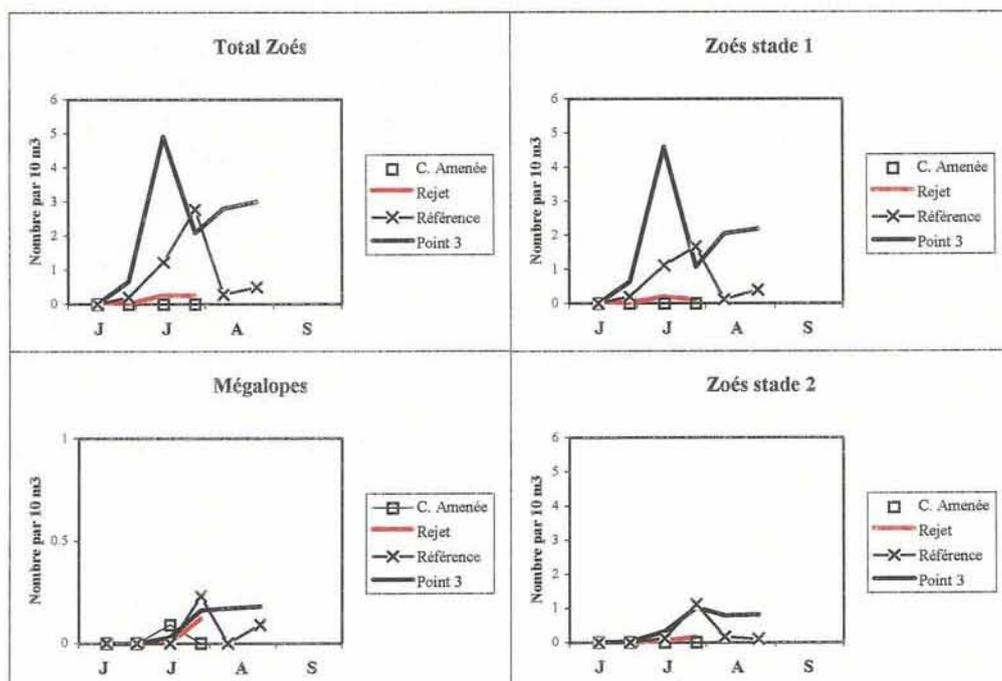
La courbe de variation de la densité de zoés stade 1 (fig. 5.7) montre un premier pic d'abondance dès le 12 juillet au point 3 suivi par un pic de stades 2 et de mégalopes fin juillet et une remontée des zoés 1 au cours du mois d'août.

La densité maximale de zoés relevée en 2000 (4,9 par 10 m³), proche de celle de 1998 et 1999 rejoint celles notées de 1990 à 1995 après deux années d'abondance plus forte (d'environ 10 par 10 m³) rappelant celles les années 1986 à 1989. L'année 1983 demeure exceptionnelle avec 61 zoés par 10 m³.

La figure 5.7 confirme globalement ce qui a été observé antérieurement :

- la richesse en zoés du point 3 comparé aux autres points ; seul le point "Référence" se caractérise par une abondance notable en zoés, parfois très proche de celle du point 3 (en 1990, 1991, 1996 et 1998) ; les densités maximales de mégalopes sont toujours partagées entre les points 3 et "Référence" 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 avons trouvé une seule zoé en 1994 et 1996 et les deux mégalopes trouvées cette année sont les premières depuis 1992 ;
- la faible quantité de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; on note la présence de zoés du 13 juin au 26 juillet 2000 avec des densités de l'ordre de 0,25 par 10 m³ en juillet, valeur moyenne sur l'ensemble des densités relevées antérieurement (de 0,07 à 1,7 par 10 m³) ; des mégalopes y sont trouvées le 26 juillet et leur densité (0,12 par 10 m³) quasiment identique à celle de 1999, se situe parmi les plus fortes relevées en ce point (densité maximale de 0,19 par 10 m³ 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 2.7 de la page 18, la douceur particulière de l'hiver et du printemps notée les deux années précédentes se reproduit en 2000. 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. Un premier pic de zoés 1 s'est produit le 12 juillet, suivi par un pic de zoés stade 2 et de mégalopes fin juillet ; un deuxième pic de stades 1 s'amorce début août. La densité maximale relevée cette année (3,3 par 10 m³), rejoint les densités moyennes à faibles observées de 1990 à 1995 et en 1998.

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

Les larves de homard, récoltées jusqu'au 26 juillet seulement, sont également précoces cette année, avec un pic d'abondance fin juin. La densité trouvée lors de ce pic atteint la valeur maximale (0,15 par 10 m³) 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 pêche de crustacés du Nord-Ouest Cotentin pour la flottille artisanale travaillant au casier dans ce secteur. Les observations se poursuivent donc depuis 1980.

5.2.1. Pêche professionnelle

5.2.1.1 Flottille

En 2000, 6 bateaux de pêche sont basés dans le port de Dielette et pratiquent le casier, la palangre et les filets. Le nombre de bateaux de pêche des ports de Carteret et Goury est stable.

L'effort de pêche déployé par les caseyeurs 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.

5.2.1.2 Activité

Même si l'activité hivernale est souvent perturbée par les conditions météorologiques, les navires ne désarment qu'un mois ou deux sauf les plus grosses unités de Carteret qui travaillent toute l'année.

Les problèmes de ressources en gros crustacés que rencontre les professionnels, les poussent à diversifier leurs activités: ils pratiquent fréquemment plusieurs métiers simultanément (filets, palangres, lignes et casiers à bulots)

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 l'absence de statistiques fiables concernant les débarquements de crustacés, il est difficile de faire une comparaison des productions annuelles. Les pêches expérimentales ne peuvent que nous permettre d'évaluer 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 2000, 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 d'un cantonnement 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, 8 et 9 sont à l'intérieur de son périmètre et trois autres sont en périphérie. L'effet devrait se traduire par une augmentation des rendements de pêche et donc introduire un biais dans les résultats de cette année et futurs.

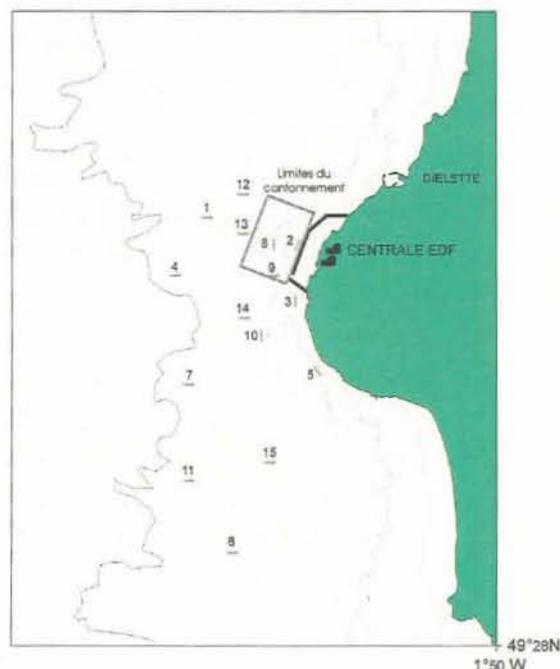


Figure 5.8 : Carte de positionnement des filières

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

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

5.2.2.1.1 Calendrier des sorties

Le tableau 5.2 donne 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	13	15	300
	14	11	220
	15	14	280
	16	15	300
Septembre	4	12	239
	5	15	299
	6	11	219
	7	15	299

Tableau 5.2 : Dates des campagnes 2000 et nombre de filières relevées

5.2.2.1.2 Observations réalisées

Les observations réalisées en 2000 reposent sur 2156 casiers relevés (annexe 4.9). Le nombre d'individus capturés par casier est noté pour les espèces suivantes : homard, tourteau, araignée, étrille, buccin et pagure. Les données biologiques prises en compte pour les crustacés (excepté les paguridés) concernent la taille, le sexe, la présence éventuelle d'œufs, la dureté de la carapace (pour l'étrille) et la maturité (pour l'araignée).

5.2.2.1.3 Traitement des données

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

5.2.2.2 Principaux résultats

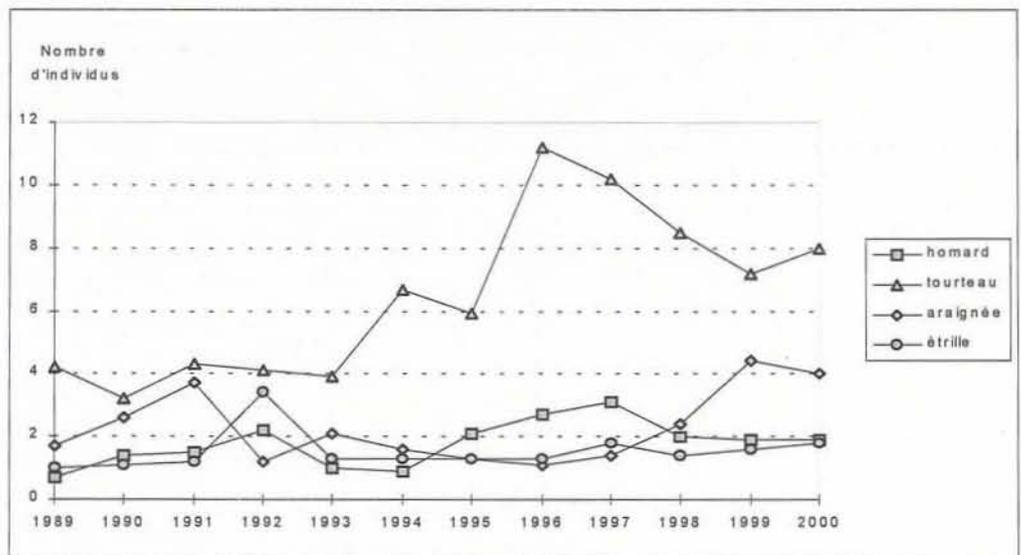
Les résultats de l'année 2000 présentés concernent les paramètres biologiques définis au cours des années 1980 à 1985, années de référence avant la mise en service de la Centrale EDF. Ils sont comparés aux résultats des missions de juin et septembre des années 1989 à 1999.

5.2.2.2.1 Homard (annexe 5.5)

- Rendements (figure 5.9)

Les rendements (nombre d'individus pêchés pour 10 casiers relevés) observés en juin sont plus faibles que ceux de l'an dernier et ceux de septembre sont plus élevés. Le rendement moyen calculé pour l'ensemble de la saison de pêche est de 1,9 individu pour 10 casiers soit la même valeur qu'en 1999.

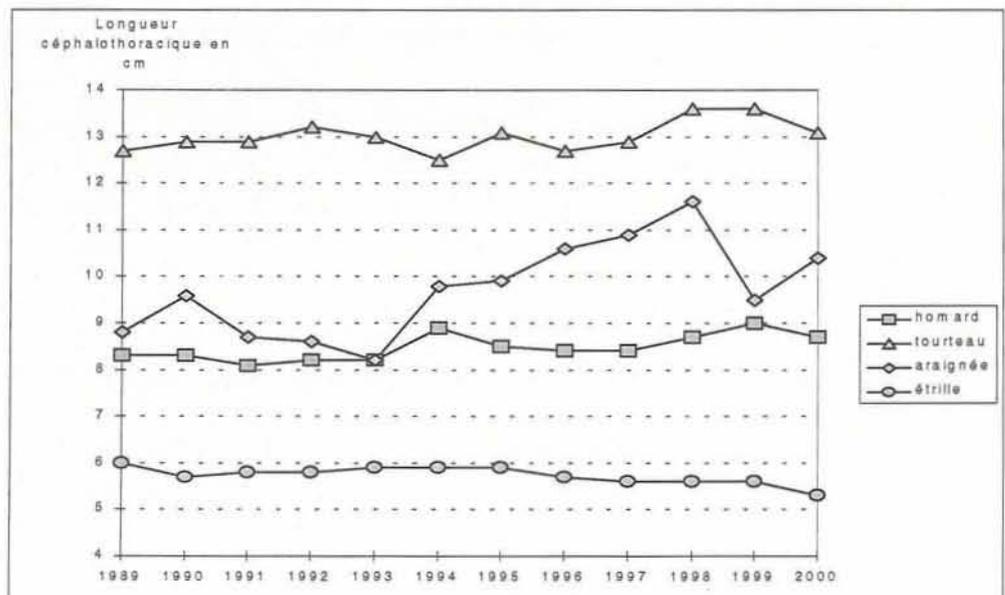
Figure 5.9 : Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers



- Répartition des tailles (figure 5.10)

La taille moyenne des homards capturés en 2000 est de 8,7 cm (longueur céphalothoracique).

Figure 5.10 : Evolution des tailles moyennes



- Poids individuel

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

$$W = a L^b$$

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

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

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

Le poids moyen des homards en 2000 est de 483 g contre 530 g en 1999

- 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 : 59 % des individus sont de sexe mâle.

5.2.2.2 Tourteau (annexe 5.6)

Cette année les rendements mensuels calculés pour le tourteau sont un peu plus élevés qu'en 1999 surtout en juin (6,6 individus pour 10 casiers en juin et 8 en septembre). Depuis 1996, le rendement annuel moyen diminue régulièrement.

La taille moyenne des individus capturés (largeur du céphalothorax) diminue légèrement par rapport à 1999. Elle est de 13,1 cm (figure 5.10).

Le sex-ratio des captures est de 65 % d'individus de sexe mâle en 2000.

5.2.2.3 Araignée (annexe 5.7)

Cette année encore, les pêches sont plus importantes en septembre qu'en juin. Bien qu'en baisse par rapport à 1999, le rendement moyen reste élevé (4 araignées pour 10 casiers ; 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 10.4 cm (figure 5.10).

Toujours une dominance de mâles dans les captures très marquée : en juin la proportion de mâles est de 79 % et elle diminue à 51 % en septembre.

5.2.2.2.4 Etrille (annexe 5.8)

Le rendement moyen est en légère hausse par rapport à 1999 : 1,8 individu pour 10 casiers contre 1,6 individu en 1999 (figure 5.9). La taille moyenne (5,3 cm) diminue alors qu'elle était stable depuis les trois dernières années (figure 5.10).

En 2000, comme pendant les années précédentes, le sex-ratio est déséquilibré : 90 % des étrilles pêchées sont des mâles.

5.2.2.2.5 Buccin et Paguridés (annexe 5.9 et figure 5.11)

Les rendements de pêche sont très fluctuants et cette année comme l'année dernière, on observe des rendements plus élevés. Les rendements annuels moyens sont de 5,1 individus pour 10 casiers pour le buccin et de 8,9 pour les pagures.

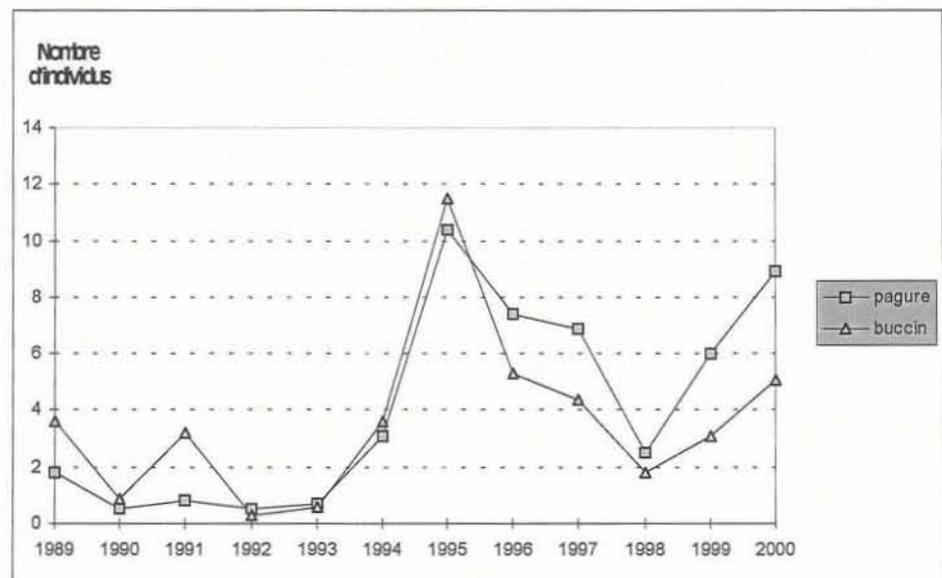


Figure 5.11 : Paguridés et buccins Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers

5.2.3. CONCLUSION

Pour pallier à la baisse des rendements constatée par les pêcheurs professionnels, ceux-ci ont pris cette année 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. Cette zone interdite à la pêche au casier, située dans la zone suivie autour de la centrale, aura un impact sur les résultats des pêches expérimentales et si elle est efficace, induira une augmentation des rendements de pêche. Un biais va donc apparaître dans la série des résultats par rapport à ceux obtenus les années précédentes.

En 2000, tous les paramètres suivis sont relativement stables même si on observe une faible diminution des tailles moyennes (tourteau, homard, étrille) et une stagnation des rendements de pêche (homard, araignée).

Mission	Date	Coeff. marée	Point	Nuages	Sonde (m)	Engin	Heure début (T.U.)	Durée	Temps ap. P.M. St Malo	Volume (m ³)
145	13 Juin	63	Point 3	8	24	Bongo 1	10h 45	5mn	7h 24	222
						Bongo 2	10h 55	4mn30	7h 34	201
						Neuston S	11h 05	15mn	7h 44	1934
			C. Amenée	8	5	Bongo 1	11h 57	2mn	8h 36	86
						Bongo 2	12h 06	2mn	8h 45	90
						Neuston S	12h 13	8mn	8h 52	994
			Rejet	8	16	Bongo 1	9h 00	2mn30	5h 39	98
						Bongo 2	9h 06	3mn	5h 45	115
						Neuston S	9h 16	10mn	5h 55	1526
			Référence	8	20	Bongo 1	10h 10	3mn30	6h 49	190
						Bongo 2	10h 19	3mn45	6h 58	174
						Neuston S	9h 48	14mn	6h 27	2015
146	27 Juin	50	Point 3	8	24	Bongo 1	7h 49	5mn30	6h 36	328
						Bongo 2	7h 58	3mn15	6h 45	296
						Neuston S	8h 08	16mn	6h 55	2181
			C. Amenée	6	5	Bongo 1	5h 26	2mn30	4h 13	100
						Bongo 2	5h 34	2mn15	4h 21	124
						Neuston S	5h 43	9mn	4h 30	1075
			Rejet	7	14	Bongo 1	6h 17	3mn15	5h 04	228
						Bongo 2	6h 25	3mn30	5h 12	192
						Neuston S	6h 00	10mn	4h 47	1353
			Référence	8	22	Bongo 1	6h 47	4mn	5h 34	320
						Bongo 2	7h 02	5mn	5h 49	329
						Neuston S	7h 10	15mn	5h 57	2091
147	12 Juillet	51	Point 3	7	25	Bongo 1			3h 42	310
						Bongo 2			3h 42	336
						Neuston S	9h 35		6h 53	1716
			C. Amenée	7	6	Bongo 1	7h 15	2mn15	4h 33	133
						Bongo 2	7h 22	2mn30	4h 40	98
						Neuston S	7h 30	10mn	4h 48	1337
			Rejet	7	15	Bongo 1			3h 42	231
						Bongo 2			3h 42	234
						Neuston S	7h 50	12mn	5h 08	1674
			Référence	7	22	Bongo 1			3h 42	242
						Bongo 2			3h 42	289
						Neuston S	9h 00	14mn	6h 18	1698
148	26 Juillet	51	Point 3	7	25	Bongo 1	8h 02	6mn	7h 39	380
						Bongo 2	8h 18	6mn30	7h 55	385
						Neuston S	7h 45		7h 22	1979
			C. Amenée	7	6	Bongo 1	5h 15	2mn	4h 52	89
						Bongo 2	5h 22	2mn	4h 59	112
						Neuston S	5h 30	11mn	5h 07	1353

			Rejet	7	15	Bongo 1	6h 10	2mn30	5h 47	208
						Bongo 2	6h 17	2mn30	5h 54	195
			Référence	6	22	Neuston S	5h 53	12mn	5h 30	1739
						Bongo 1	6h 40	4mn50	6h 17	327
						Bongo 2	6h 48	5mn	6h 25	336
						Neuston S	7h 07	14mn	6h 44	1952
149	8 Août	42	Point 3	5		Bongo 1	17h 53	7mn	5h 50	346
						Bongo 2	18h 03	7mn	6h 00	368
			Référence	5	22	Neuston S	17h 28	16mn	5h 25	1700
						Bongo 1	16h 30	8mn	4h 27	373
						Bongo 2	16h 44	3mn	4h 41	318
						Neuston S	16h 52	15mn	4h 49	1767
150	23 Août	51	Point 3	3	25	Bongo 1	17h 15	8mn	6h 04	389
						Bongo 2	17h 27	7mn	6h 16	388
			Référence	3	22	Neuston S	16h 53	16mn	5h 42	1980
						Bongo 1	15h 50	7mn	4h 39	345
						Bongo 2	16h 00	1mn0	4h 49	431
						Neuston S	16h 14	16mn	5h 03	1908

*Annexe 5.1 :
Caractéristiques
des prélèvements
effectués en 2000*

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

Mission	Date	Point	Température (°C)		ΔT (°C)		Salinité (10 ⁻³)		Densité	
			Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond
145	13 Juin	Point 3	13,2	13,2			35,10	35,18	26,45	26,51
		C. Amenée	14,0	14,0			35,03	35,06	26,24	26,26
		Rejet	16,3	14,2	2,4	0,2	35,23	35,00	25,87	26,16
		Référence	13,4	13,4			35,08	35,15	26,40	26,45
146	27 Juin	Point 3	14,4	14,4			35,08	35,14	26,18	26,24
		C. Amenée	14,9	14,9			35,07	35,11	26,07	26,10
		Rejet	17,4	14,9	2,5	0	35,10	35,00	25,52	26,01
		Référence	14,8	14,6			35,13	35,17	26,14	26,21
147	12 Juillet	Point 3	14,9	14,9			35,03	35,13	26,04	26,11
		C. Amenée	15,3	15,3			35,08	35,10	25,98	25,99
		Rejet	18,5	16,5	3,2	1,2	35,50	34,61	25,55	25,35
		Référence	15,3	14,9			35,03	35,10	25,95	26,08
148	26 Juillet	Point 3	15,6	15,7			34,90	34,98	25,77	25,83
		C. Amenée	16,2	16,1			34,87	34,98	25,63	25,72
		Rejet	18,2	17,7	2,0	1,6	35,02	35,13	25,26	25,46
		Référence	15,7	15,7			34,97	35,02	25,81	25,84
149	8 août	Point 3	16,8	16,7			34,85	34,91	25,47	25,54
		Référence	17,0	16,9			34,76	34,85	25,35	25,45
150	23 août	Point 3	17,1	17,1			35,02	35,08	25,51	25,56
		Référence	17,4	17,3			35,50	35,06	25,81	25,51

Annexe 5.2 :
Résultats des
mesures
hydrologiques
effectuées en
2000

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total larves	Zoés 1	Zoés 2	Zoés 3	Mégalopes	
145	13 Juin	Point 3	8	Bongo 1	0,005	0,005				
				Bongo 2						
				Neuston S						
		C. Amenée	8	Bongo 1	0,005	0,005				
				Bongo 2						
				Neuston S						
		Rejet	8	Bongo 1	0,005	0,005				
				Bongo 2						
				Neuston S						
		Référence	8	Bongo 1	0,005	0,005				
				Bongo 2						
				Neuston S						
146	27 Juin	Point 3	8	Bongo 1	0,034	0,034				
				Bongo 2						
				Moyenne						
		C. Amenée	6	Bongo 1	0,041	0,032	0,009			
				Bongo 2						
				Neuston S						
		Rejet	7	Bongo 1	0,041	0,032	0,009			
				Bongo 2						
				Neuston S						
		Référence	8	Bongo 1	0,03	0,03				
				Bongo 2						
				Moyenne						
				Moyenne						
				Moyenne						
				Neuston S						
147	12 Juillet	Point 3	7	Bongo 1	0,017	0,017				
				Bongo 2						
				Neuston S						
		C. Amenée	7	Bongo 1	0,043	0,043				
				Bongo 2						
				Neuston S						
		Rejet	7	Bongo 1	0,021	0,021				
				Bongo 2						
				Moyenne						
		Référence	7	Bongo 1	0,018	0,018				
				Bongo 2						
				Neuston S						

Annexe 5.3 :
Densité de larves
de homard en 2000
(en nombre par
10 m³).

148	26 Juillet	Point 3	7	Bongo 1	0,005	0,005			
				Bongo 2					
		C. Amenée	7	Neuston S					
				Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	7	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	6	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
149	8 Août	Point 3	5	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	5	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
150	23 Août	Point 3	3	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	3	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					

Mission	Date	Point	Engin	Mégalopes	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2			
145	13 Juin	Point 3	Bongo 1							
			Bongo 2							
		C. Amenée	Bongo 1							
			Bongo 2							
		Rejet	Bongo 1					0,10	0,10	
		Bongo 2								
		Moyenne			0,05	0,05				
		Référence	Bongo 1							
			Bongo 2							
146	27 Juin	Point 3	Bongo 1							
			Bongo 2							
			Moyenne					0,76	0,70	0,06
								0,57	0,57	
		C. Amenée	Bongo 1					0,67	0,64	0,03
			Bongo 2							
		Rejet	Bongo 1							
			Bongo 2							
		Référence	Bongo 1					0,16	0,16	
			Bongo 2					0,24	0,24	
	Moyenne	0,20	0,20							

147	12 Juillet	Point 3	Bongo 1	0,03	5,52	5,03	0,48
			Bongo 2	0,03	4,31	4,16	0,15
			Moyenne	0,03	4,92	4,60	0,32
		C. Amenée	Bongo 1	0,08			
			Bongo 2	0,10			
			Moyenne	0,09			
		Rejet	Bongo 1		0,22	0,17	0,04
			Bongo 2		0,26	0,21	0,04
			Moyenne		0,24	0,19	0,04
		Référence	Bongo 1		1,36	1,16	0,21
			Bongo 2		1,11	1,07	0,03
			Moyenne		1,23	1,11	0,12
148	26 Juillet	Point 3	Bongo 1	0,13	2,74	1,58	1,16
			Bongo 2	0,18	1,45	0,57	0,88
			Moyenne	0,16	2,09	1,07	1,02
		C. Amenée	Bongo 1				
			Bongo 2				
			Moyenne				
		Rejet	Bongo 1	0,14	0,34	0,10	0,24
			Bongo 2	0,10	0,15	0,10	0,05
			Moyenne	0,12	0,25	0,10	0,15
		Référence	Bongo 1	0,27	2,72	1,77	0,95
			Bongo 2	0,18	2,82	1,55	1,28
			Moyenne	0,23	2,77	1,66	1,11
149	8 Août	Point 3	Bongo 1	0,20	2,31	1,74	0,58
			Bongo 2	0,14	3,31	2,34	0,98
			Moyenne	0,17	2,81	2,04	0,78
		Référence	Bongo 1		0,24	0,11	0,13
			Bongo 2		0,31	0,13	0,19
			Moyenne		0,28	0,12	0,16
150	23 Août	Point 3	Bongo 1	0,15	3,47	2,60	0,87
			Bongo 2	0,21	2,52	1,78	0,75
			Moyenne	0,18	3,00	2,19	0,81
		Référence	Bongo 1	0,06	0,58	0,46	0,12
			Bongo 2	0,12	0,42	0,32	0,09
			Moyenne	0,09	0,50	0,39	0,10

Annexe 5.4 :
Densité de zoés
et mégaloques
d'araignée en
2000 (en
nombre par
10 m³).

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	9	3	6	0	9,9	733	33%
filière 2	16	10	6	0	8,6	440	63%
filière 3	30	20	10	0	7,9	340	67%
filière 4	5	4	1	0	10,3	814	80%
filière 5	23	12	11	0	8,4	419	52%
filière 6	15	11	4	0	9,6	657	73%
filière 7	3	1	2	0	10,2	757	33%
filière 8	7	6	1	0	8,7	480	86%
filière 9	10	6	4	0	9,3	573	60%
filière 10	22	13	9	1	8	358	59%
filière 11	11	8	3	0	9,2	604	73%
filière 12	6	4	2	1	8,6	450	67%
filière 13	7	3	4	0	8,4	420	43%
filière 14	9	7	2	0	8,5	424	78%
filière 15	14	8	6	0	9,3	583	57%
Sous total	187	116	71	2	8,7 cm	486g	62%

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Poids moyen	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	20	10	10	0	8,3	414	50%
filière 2	12	9	3	0	7,9	343	75%
filière 3	17	12	5	0	8,4	401	71%
filière 4	8	3	5	0	9,5	595	38%
filière 5	31	19	12	0	7,8	325	61%
filière 6	13	5	8	0	9,3	566	38%
filière 7	8	6	2	0	9,6	647	75%
filière 8	11	8	3	1	8,7	453	73%
filière 9	9	6	3	0	9,3	566	67%
filière 10	25	13	12	1	8	342	52%
filière 11	18	10	8	0	8,8	479	56%
filière 12	12	6	6	0	8,9	489	50%
filière 13	14	9	5	0	10,5	954	64%
filière 14	6	2	4	0	8,9	461	33%
filière 15	19	9	10	0	9,3	536	47%
Sous total	223	127	96	2	8,7 cm	480g	57%
Total	410	243	167	4	8,7 cm	483g	59%

Annexe 5.5 :
Flamanville –
Résultats des
pêches
expérimentales
de homard en
2000

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	44	20	24	0	13,6	45%
filière 2	48	31	17	0	12,3	65%
filière 3	111	73	38	0	12,3	66%
filière 4	16	11	5	0	13,8	69%
filière 5	104	60	44	0	13,3	58%
filière 6	28	17	11	0	14,1	61%
filière 7	22	13	9	0	15,2	59%
filière 8	82	57	25	0	12,8	70%
filière 9	77	45	32	0	12,8	58%
filière 10	89	61	28	0	12,2	69%
filière 11	19	6	13	0	15,1	32%
filière 12	82	45	37	1	13,4	55%
filière 13	82	47	35	0	13,5	57%
filière 14	79	48	31	0	13,4	61%
filière 15	28	14	14	0	14,9	50%

Sous total	911	548	363	1	13,1 cm	60%
-------------------	------------	------------	------------	----------	----------------	------------

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	53	37	16	0	13,7	70%
filière 2	23	20	3	0	11,8	87%
filière 3	21	14	7	0	11,9	67%
filière 4	54	35	19	0	13,6	65%
filière 5	89	68	21	0	12	76%
filière 6	13	10	3	0	14,5	77%
filière 7	52	39	13	0	13,6	75%
filière 8	18	10	8	0	12	56%
filière 9	118	83	35	0	12,3	70%
filière 10	97	65	32	0	12,7	67%
filière 11	44	29	15	0	13,6	66%
filière 12	61	48	13	0	14,5	79%
filière 13	42	33	9	0	14	79%
filière 14	81	53	28	0	12,9	65%
filière 15	41	31	10	0	14	76%

Sous total	807	575	232	0	13,1 cm	71%
-------------------	------------	------------	------------	----------	----------------	------------

Total	1718	1123	595	1	13,1 cm	65%
--------------	-------------	-------------	------------	----------	----------------	------------

*Annexe 5.6 :
Flamanville –
Résultats des
pêches
expérimentales de
tourteau en 2000*

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuves	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	17	16	1	1	10,7	12%	94%
filière 2	47	36	11	8	12,1	49%	77%
filière 3	30	22	8	3	11	23%	73%
filière 4	24	22	2	0	10,4	21%	92%
filière 5	27	22	5	3	10,5	30%	81%
filière 6	58	36	22	5	8,3	10%	62%
filière 7	32	25	7	2	10,9	13%	78%
filière 8	13	11	2	1	12,8	62%	85%
filière 9	12	11	1	1	11,8	50%	92%
filière 10	13	13	0	0	11,6	38%	100%
filière 11	30	20	10	4	9,4	13%	67%
filière 12	19	17	2	0	10,2	21%	89%
filière 13	7	7	0	0	10,8	29%	100%
filière 14	12	12	0	0	11,3	25%	100%
filière 15	19	15	4	2	10,2	32%	79%
Sous total	360	285	75	30	10,5 cm	26%	79%

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuves	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	35	20	15	1	11,1	26%	57%
filière 2	0	0	0	0			
filière 3	0	0	0	0			
filière 4	17	11	6	0	9,4	12%	65%
filière 5	7	4	3	0	9,2	0%	57%
filière 6	63	30	33	1	9	11%	48%
filière 7	17	8	9	0	8,3	6%	47%
filière 8	1	1	0	0	5,2	0%	100%
filière 9	12	5	7	5	11,6	50%	42%
filière 10	22	12	10	2	10,6	27%	55%
filière 11	108	51	57	1	9,8	14%	47%
filière 12	95	54	41	1	11,6	36%	57%
filière 13	17	12	5	0	11,9	59%	71%
filière 14	6	3	3	1	10,3	0%	50%
filière 15	94	42	52	3	10	7%	45%
Sous total	494	253	241	15	10,3 cm	20%	51%
Total	854	538	316	45	10,4 cm	22%	63%

Annexe 5.7 :
Flamanville –
Résultats des
pêches
expérimentales
d'araignée en
2000

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	9	7	2	1	5,2	22%	78%
filière 2	29	26	3	2	5,6	34%	90%
filière 3	49	43	6	4	5,5	53%	88%
filière 4	3	1	2	1	4,7	0%	33%
filière 5	26	22	4	0	5	27%	85%
filière 6	17	16	1	1	4,9	35%	94%
filière 7	2	2	0	0	5,1	50%	100%
filière 8	4	4	0	0	5,7	25%	100%
filière 9	5	4	1	0	5,7	20%	80%
filière 10	48	46	2	0	5,3	44%	96%
filière 11	1	1	0	0	5,6	100%	100%
filière 12	14	12	2	0	5,4	50%	86%
filière 13	4	2	2	1	5,1	25%	50%
filière 14	1	1	0	0	5,2	0%	100%
filière 15	8	8	0	0	5,2	38%	100%

Sous total	220	195	25	10	5,3 cm	40%	89%
------------	-----	-----	----	----	--------	-----	-----

SEPTEMBRE	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus mous	Sex-ratio (Pourcentage de mâles)
filière 1	7	7	0	0	5,5	0%	100%
filière 2	10	9	1	0	5,4	0%	90%
filière 3	28	22	6	2	5,5	0%	79%
filière 4	5	5	0	0	5,5	0%	100%
filière 5	27	27	0	0	5,4	0%	100%
filière 6	3	3	0	0	5,7	0%	100%
filière 7	3	3	0	0	5,5	0%	100%
filière 8	3	2	1	0	5,3	0%	67%
filière 9	8	8	0	0	5,7	0%	100%
filière 10	19	16	3	0	5,3	0%	84%
filière 11	19	17	2	0	5,4	0%	89%
filière 12	6	6	0	0	5,4	0%	100%
filière 13	2	2	0	0	4,7	0%	100%
filière 14	14	13	1	0	5,3	7%	93%
filière 15	19	18	1	0	5,1	5%	95%

Sous total	173	158	15	2	5,4 cm	1%	91%
------------	-----	-----	----	---	--------	----	-----

Total	393	353	40	12	5,3 cm	23%	90%
-------	-----	-----	----	----	--------	-----	-----

Annexe 5.8 :
Flamanville –
Résultats des
pêches
expérimentales
d'étrille en 2000

Annexe 5.9 :
Flamanville –
Autres résultats
des pêches
expérimentales
en 2000

	Nombre de casiers relevés			Nombre de buccins pêchés			Nombre de pagures pêchés		
	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total	Juin	Septembre	Total
filière 1	80	80	160	46	0	46	168	11	179
filière 2	80	40	120	0	0	0	0	0	0
filière 3	80	60	140	0	0	0	0	0	0
filière 4	80	80	160	90	0	90	208	21	229
filière 5	80	60	140	9	0	9	46	0	46
filière 6	80	80	160	213	31	244	84	42	126
filière 7	80	80	160	268	11	279	438	101	539
filière 8	60	40	100	0	0	0	177	29	206
filière 9	60	80	140	0	0	0	1	0	1
filière 10	60	80	140	2	29	31	20	91	111
filière 11	80	80	160	153	54	207	164	43	207
filière 12	60	76	136	0	9	9	7	3	10
filière 13	80	80	160	0	0	0	11	34	45
filière 14	60	60	120	1	0	1	8	8	16
filière 15	80	80	160	106	71	177	115	85	200
Total	1100	1056	2156	888	205	1093	1447	468	1915

6. Conclusion

L'année 2000 a été, à l'instar des années 1997 et 1998, globalement chaude et humide, comparée aux données météorologiques acquises dans le nord du Cotentin depuis 1949. La température annuelle moyenne de l'air n'atteint pas cependant celle enregistrée en 1999, la plus élevée des cinquante-deux 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 1986-2000 au cours des trois premiers trimestres. L'excédent thermique moyen de l'eau sur l'ensemble de l'année 2000 est estimé à $0,21 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$, en deçà des excédents records de 1999 ($+0,72 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$) et 1995 ($0,70 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{j}^{-1}$). 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 pélagique

Hydrologie

Dans l'ensemble, les résultats sont comparables à ceux des années précédentes. Les variations annuelles des paramètres hydrobiologiques sont fortement influencées par les fluctuations climatiques (température de l'air, pluviosité) et biologiques (assimilation des sels nutritifs par le phytoplancton marin). Les faibles salinités observées à la fin de l'hiver à la côte sont attribuables aux fortes pluviosités enregistrées au mois de février.

Aux trois périodes d'observation, la température est sensiblement plus élevée à la côte qu'au large ; la salinité, plus faible.

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

L'étude des divers paramètres hydrologiques ne permet pas de 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

En 2000, la biomasse algale ne subit aucun impact de transit et aucune tache thermique n'a été décelée. La première campagne de prélèvements s'est déroulée avant le "bloom" printanier. Les espèces phytoplanctoniques correspondent à la succession saisonnière classique du phytoplancton en Manche occidentale. Elles ont présenté des variations normales d'abondance et de dominance. Les diatomées forment toujours le groupe dominant (80 %).

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 2000, 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. Numériquement, les maxima des différents taxons se retrouvent indifféremment sur l'un ou l'autre des points, quel que soit l'époque. De la même manière, les valeurs globales de matière sèche, de carbone et d'azote peuvent présenter des différences significatives, au bénéfice également de l'un ou l'autre des points. Les valeurs des différents paramètres sont, cette année, encore comprises dans les limites habituelles de variations observées depuis la mise en place de la surveillance sur ce site.

Microbiologie

La seule espèce de vibrions détectée fait partie de la flore marine autochtone. Elle est pathogène pour l'homme, pouvant provoquer des otites et des septicémies

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 égales ou 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 2000 dans le compartiment benthique se rapportent aux observations :

- d'une augmentation du stock de *Fucus serratus* en fin d'hiver et d'été ; l'examen de la tendance générale, tous secteurs confondus, montre une baisse importante de ce stock de 1983 à 1992, suivie d'une hausse permettant à ce stock de retrouver le niveau moyen
- d'un nombre important de pieds fertiles aux trois périodes d'observation (66 % en mars, 64 % en juin, 97 % en septembre) ; le taux global de fertilité est moyen (14 % en mars, 30 % en juin, 66 % en septembre) ; comme en 1999, les valeurs notées en juin 2000 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 dans les secteurs de Quedoy et du sémaphore, phénomène non observé tant à Diélette qu'au Rozel.

6.3. Le domaine halieutique

Larves de crustacés

Comme l'illustre bien la figure 2.7 de la page 18, la douceur particulière de l'hiver et du printemps notée les deux années précédentes se reproduit en 2000. 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. Un premier pic de zoés 1 s'est produit le 12 juillet, suivi par un pic de zoés stade 2 et de mégalopes fin juillet ; un deuxième pic de stades 1 s'amorce début août. La densité maximale relevée cette année (3,3 par 10 m^3), rejoint les densités moyennes à faibles observées de 1990 à 1995 et en 1998.

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

Les larves de homard, récoltées jusqu'au 26 juillet seulement, sont également précoces cette année, avec un pic d'abondance fin juin. La densité trouvée lors de ce pic atteint la valeur maximale (0,15 par 10 m^3) 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 cette année 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. Cette zone interdite à la pêche au casier, située dans la zone suivie autour de la centrale, aura un impact sur les résultats des pêches expérimentales et si elle est efficace, induira une augmentation des rendements de pêche. Un biais va donc apparaître dans la série des résultats par rapport à ceux obtenus les années précédentes.

En 2000, tous les paramètres suivis sont relativement stables même si on observe une faible diminution des tailles moyennes (tourteau, homard, étrille) et une stagnation des rendements de pêche (homard, araignée).

BIBLIOGRAPHIE

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

Aldebert (Y.), 1975.- Comparaison des rendements du "Bongo".- Rapport fao - istpm.

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

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

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

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

Drévès (L.), 1992.- Le domaine benthique. In : Drévès (L.), Arzul (G.), Erard-Le Denn (E.), Martin (J.), Miossec (D.), Piriou (J.Y.) et Quintin (J.Y.), 1992.- Surveillance écologique et halieutique [du] site de Flamanville, année 1991.- Rapp. IFREMER DEL/BREST-92.23, juin 1992, 161 p.

Héral (M.), Woehrling (D.), Halgand (D.) et Lassus (P.), 1976.- Utilisation du filet à plancton du type "Bongo".- *Cons. int. Explor. Mer*, Comité du Plancton, **L:19**.

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

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

Martin (J.), 1996.- Hatching period of the larvae of spider crab *Maja squinado* Herbst in the English Channel according to seawater temperature.

Poster presented at the 2nd European Crustacean Conference, Liège (september 2-6).

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

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

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

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

Sherman (K.) et Honey (A.), 1971.- Size selectivity of the Gulf III and Bongo zooplankton Samplers.- *icnaf, research bulletin*, n°8 : 45-48.

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

Siegel (S.), 1956.- Non parametric statistics for behavioral sciences. New York, Toronto, London : Mc Graw Hill, Series in psychology. XVIII - 312 p.

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

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

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

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.
