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

Découvrez plus de documents accessibles gratuitement dans Archimer

Ifremer

Luc Drévès
Luis Lampert – Jocelyne Martin
Myriam Rumebe – Ivan Schlaich

Mars 2003 - Rapport RST-DEL/SR/03.04

Surveillance écologique et halieutique du site électronucléaire de Flamanville

Année 2002

Rapport scientifique annuel

Prélèvements pour l'étude du zoobenthos des substrats durs (Cap de Flamanville – septembre 2002) [Cliché Ifremer-DEL/SR]

Marché EDF n° S62C5001

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de rapport : RST (Rapports de résultats de recherches scientifiques et/ou techniques)	
Numéro d'identification du rapport : **RST-DEL/SR/03.04** **Diffusion : libre** - ~~restreinte~~ - ~~interdite~~ **Validé par** : **Luc Drévès** Adresse électronique : - chemin UNIX : - adresse WWW :	**date de publication** : **mars 2003** **nombre de pages** : **166** **bibliographie** : **illustration(s)** : ***Oui*** **langue du rapport** : ***Français***
Titre et sous-titre du rapport : ***Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville année 2002 – Rapport scientifique annuel*** **Titre traduit** : ***Ecological and fisheries monitoring of the Flamanville nuclear power plant - 2002***	
Auteur(s) principal(aux) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
DRÉVÈS Luc	**Ifremer / Brest / DEL / SR**
LAMPERT Luis	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
MARTIN Jocelyne	**Ifremer / Nantes / DRV / RH**
RUMEBE Myriam	**Ifremer / Arcachon / DEL**
SCHLAICH Ivan	**Ifremer / Port-en-Bessin / DRV**
Collaborateur(s) : nom, prénom	Organisme / Direction / Service, laboratoire
ABERNOT - LE GAC Chantal	**Ifremer / Brest / DEL / SR**
ANNEZO Jean-Pierre	**Ifremer / Brest / DEL / SR**
BEILLOIS Pierre	**Ifremer / Nantes / DRV / RH**
du BOULLAY Hervé	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
BOURRIAU Paul	**Ifremer / Nantes / DRV / RH**
DANIEL Anne	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
GAFFET Jean-Dominique	**Ifremer / Brest / DEL / EC**
GRELLIER Patrick	**Ifremer / Nantes / DRV / RH**
HALGAND Daniel	**Ifremer / Nantes / DRV / RH**
JUSTOME Vincent	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
LAMORT Laure	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
LE GOFF Ronan	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
MAHEUX Franck	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
PIERRE-DUPLESSIX Olivier	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
POULARD Jean-Charles	**Ifremer / Nantes / DRV / RH**
GIRARD Floriane	**Ifremer / Port-en-Bessin / DEL**
d'ELBEE Jean	**LAPHY / Biarritz**
DOROBISZ Laurence	Laboratoire de Rouen
Organisme commanditaire : nom développé, sigle, adresse ***Electricité de France (EDF) - Production Transport - C.N.P.E. de Flamanville B.P. 4 - 50 340 Les Pieux***	
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*** ***IFREMER Station d'Arcachon, Quai du Cdt Silhouette, 33 120 Arcachon*** ***LABORATOIRE DÉPARTEMENTAL Frank DUNCOMBE, 14 053 Caen Cedex*** ***LABORATOIRE MUNICIPAL ET RÉGIONAL 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 : ***Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin***

Convention de marché

Marché EDF n° S 62 C 5001

Projet : ***I.G.A. Impact des Grands Aménagements***

Autres (préciser) :

Campagne océanographique : (nom de campagne, année, nom du navire)

IGA 1-2-3, 2002, N/O THALIA.

Résumé :

L'étude de surveillance n°20 du site électronucléaire de Flamanville (département de la Manche) concerne l'année 2002. Sont étudiés les domaines benthique, halieutique et pélagique. L'année 2002 est la 17ème année de fonctionnement de la Centrale.

Abstract :

Monitoring n°20 of the Flamanville nuclear power plant takes into account studies conducted between March and September 2002. Impacts on hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton, fisheries, intertidal phytobenthos and zoobenthos are reported. This power plant has been in operation for seventeen 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.* (2003). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2002 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/03.04, mars 2003, 166 p.

ou

DREVES L., LAMPERT L., MARTIN J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2003). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2002 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/03.04, mars 2003, 166 p.

Référence particulière

LAMPERT L. (2003) – Hydrologie, 33-52. *In* DREVES L. (coordinateur) et *al.* (2003) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2002 – Rapport scientifique annuel (Edition provisoire). Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/03.04, mars 2003, 166 p.

Conformément à l'**accord tarifaire** passé entre **EDF** et **IFREMER** (document référencé n° S 62 C 5001) pour les deux années 2002 et 2003, une commande de travaux est passée annuellement à l'Ifremer par chacun des cinq sites littoraux (Gravelines, Penly, Paluel, Flamanville) et d'estuaire (Le Blayais).

Chacune de ces commandes prévoit la fourniture par l'Ifremer de trois documents contractuels :

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

Pour le site de Flamanville, les travaux sont réalisés conformément à 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* ».

Concernant la surveillance du C.N.P.E. de Flamanville réalisée au cours de l'année 2002, régie par la commande de travaux EDF n° S62C5001,

- l'**état d'avancement** a été adressé à EDF le 13 juin 2002 [DREVES L. (2002) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2002 – Etat d'avancement des travaux – Premier semestre. Rapp. Ifremer RST.DEL/SR/02.07, juin 2002, 32 p.].
- L'édition provisoire du **rapport annuel** a été remise à EDF début février [DREVES L. (coordinateur) et *al.* (2003). - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, année 2002 – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer -DEL/SR/03.01, janvier 2003, 166 p.]. Les principaux résultats ont fait l'objet d'une présentation orale sur le site de Flamanville le 13 février, puis au cours d'une réunion EDF-Ifremer sur le site du Blayais (Gironde) le 6 mars.
- L'édition définitive du **rapport annuel scientifique** fait l'objet du présent document. Elle prend en compte les remarques formulées sur la version provisoire.

Sommaire

PAGE

Préambule 9

Partie 1. Le fonctionnement de la Centrale de Flamanville et programme d'intervention d'Ifremer en 2002

1.1 Fonctionnement de la centrale 13
1.2 Travaux réalisés par l'Ifremer 17

Partie 2. Les caractéristiques environnementales de l'année 2002

2.1 Climatologie 21
2.2 Température de l'eau de mer 25

Partie 3. Le domaine pélagique

3.1. Méthodologie 33
3.2 Hydrologie 33
3.3 Phytoplancton 57
3.4 Zooplancton 71
3.5 Microbiologie 84
3.6 Trihalométhanes 88
3.7 Bore 89
3.8 M.E.S. 91

Partie 4. Le domaine benthique

4.1 Phytobenthos intertidal 95
4.2 Zoobenthos intertidal – Substrats durs 103

Partie 5. Le domaine halieutique

5.1 Larves de crustacés 119
5.2 Surveillance de la pêche côtière des crustacés 131

Partie 6. Conclusion générale 157

Bibliographie 162

Liste des rapports de surveillance depuis 1983 165

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 CNEXO[2], pour la partie écologique, et l'ISTPM[3], 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.

[1] *Organisme issu de la fusion en 1984 du CNEXO et de l'ISTPM*
[2] *Centre National pour l'Exploitation des Océans*
[3] *Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes*

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

Au cours de 2002, 17ème année de fonctionnement de cette Centrale, les études réalisées par l'Ifremer sur le site de Flamanville sont menées sous la responsabilité de :

- **Luc Drévès**, DEL/SR/Brest[4], pour les caractéristiques environnementales (climatologie, température de l'eau de mer), la microbiologie, les trihalométhanes, le bore, le phytobenthos et le zoobenthos, ainsi que la coordination de l'ensemble des études sur ce site ;
  en collaboration le laboratoire Franck Duncombe de Caen (microbiologie et trihalométhanes), et le laboratoire départemental de Rouen (Bore).
- **Luis Lampert**, DEL/PB[5], pour l'hydrologie et le phytoplancton.
- **Jocelyne Martin**, DRV/RH/Nantes[6], pour les larves de crustacés.
- **Myriam Rumebe**, DEL/AR[7], pour le zooplancton, en collaboration avec le LAPHY de M. **Jean d'Elbée**.
- **Ivan Schlaich**, DRV/RH/Port-en-Bessin, pour la surveillance de la pêche côtière des crustacés.

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

[5] *DEL / Laboratoire côtier de Port-en-Bessin (PB)*

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

[7] *DEL / Laboratoire côtier d'Arcachon (AR)*

1 Fonctionnement du C.N.P.E. de Flamanville et programme d'intervention de l'Ifremer au cours de l'année 2002

Luc Drévès

1.1 Fonctionnement de la Centrale

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

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

L'année 2002 est la dix-septième année de fonctionnement de la centrale de Flamanville, la vingtième année consécutive des études de Surveillance menées par l'Ifremer.

Les principaux arrêts de tranches ont eu lieu, en tranche 1, du 11 mai au 1er juillet, puis du 26 août au 25 septembre ; en tranche 2, du 21 janvier au 22 février, puis du 10 août au 24 septembre (figure 1.1). Un arrêt total de la centrale est donc constaté de fin août à fin septembre.

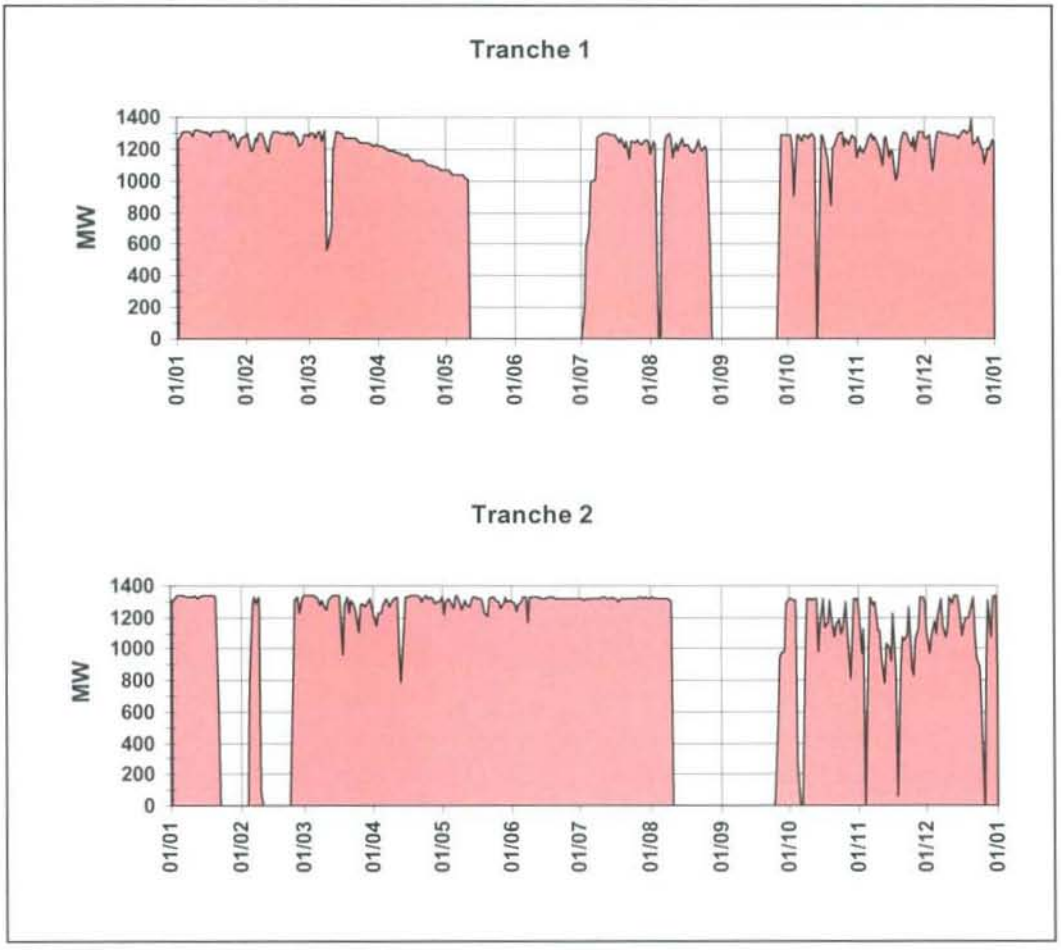


Figure 1.1 : Puissance nette moyenne des tranches 1 et 2 de Flamanville en 2002.

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 2002, comparée à la moyenne journalière enregistrée depuis 1986.

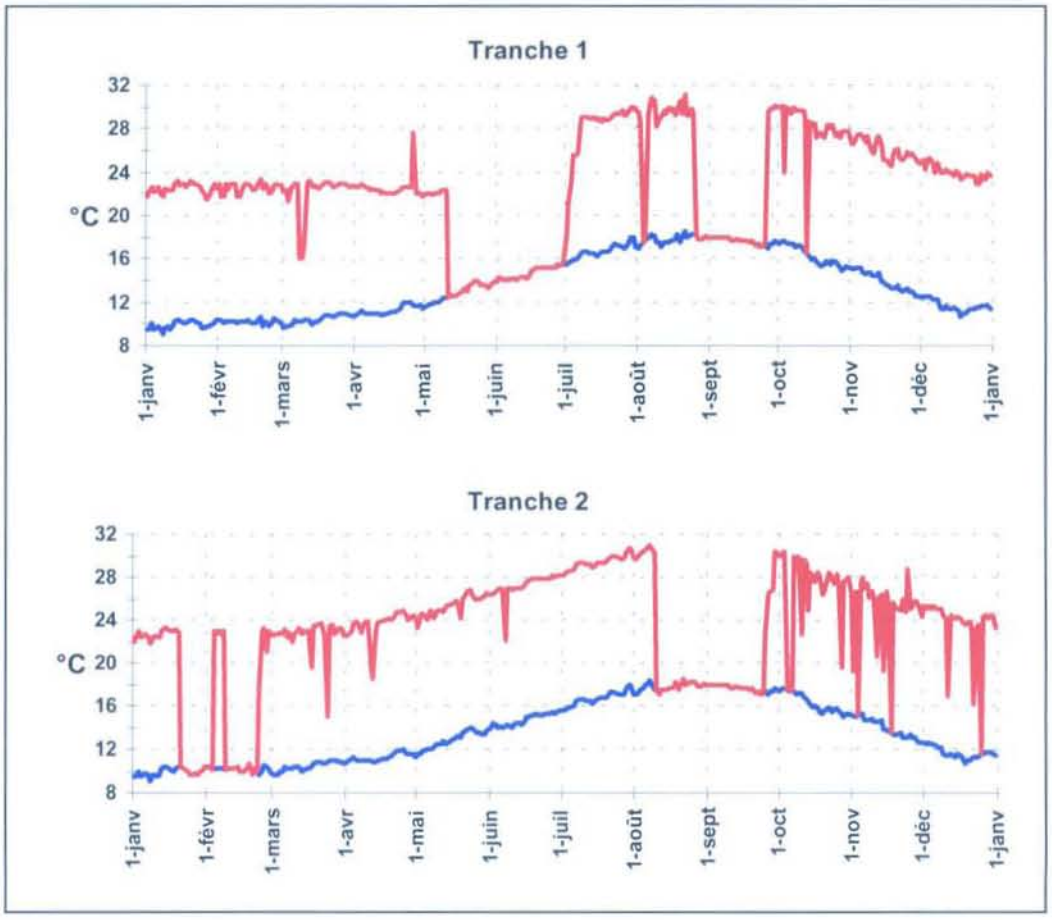


Figure 1. 3 : Comparaison de la température de l'eau de mer entre le canal d'amenée et la sortie des condenseurs des tranches 1 et 2, au cours de l'année 2002

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

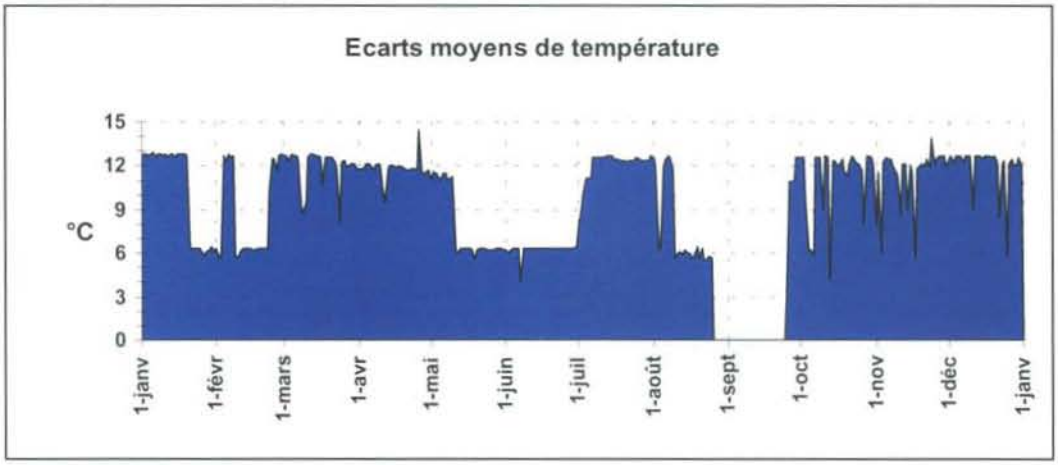


Figure 1. 4 : Ecarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer entre la sortie des deux condenseurs et le canal d'amenée, au cours de l'année 2002.

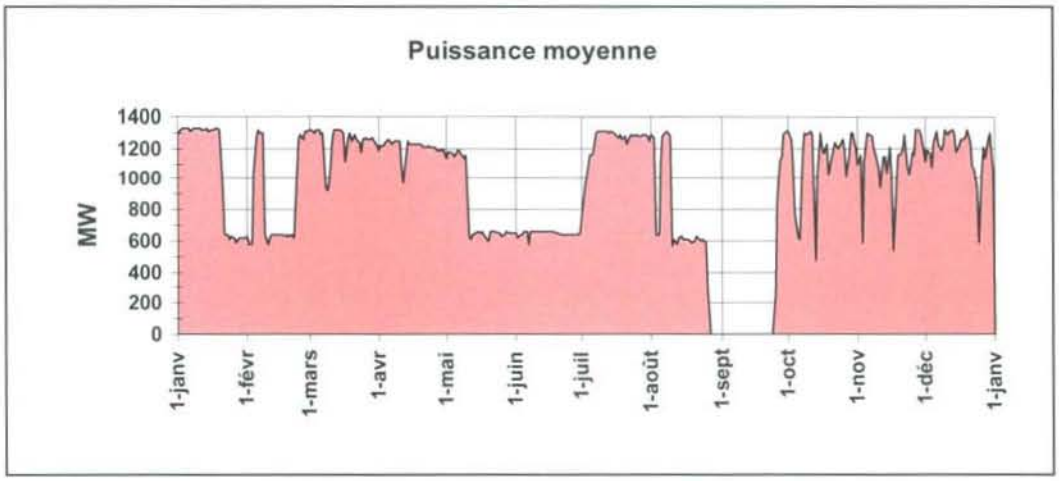


Figure 1.5 : Puissance nette moyenne du CNPE de Flamanville au cours de l'année 2002.

La procédure antisalissure par électrochloration a fonctionné à compter du 15 avril en tranche 1, du 18 avril en tranche 2.

Comme l'indique le tableau 1.1 ci-dessous, 68 tonnes de chlore ont ainsi été injectées dans les circuits de refroidissement au cours des cinq premiers mois de l'année 2002.

Tableau 1 .1 :Récapitulatif du tonnage mensuel de chlore injecté dans le circuit d'eau de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville au cours des cinq premiers mois de l'année 2002.

T chlore	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total
Tranche 1	0	0	0	14,8	10,7	6,4	30,3	27,1	15,6	22,4	25,4	29	181,70
Tranche 2	0	0	0	12,3	30,5	27,3	29,6	8,4	3,2	14,5	0,9	0	126,72
Total	0	0	0	27,1	41,2	33,7	59,9	35,5	18,8	36,9	26,3	29	308,42

Le tonnage moyen de chlore injecté au cours du premier semestre sur la période 1987-2001 est, pour rappel, de 82 tonnes. Les quantités de chlore injectées annuellement sont rappelées dans le tableau 1.2 suivant.

Année	Cumul de janvier à juin	Cumul annuel
1987	100,8	424
1988	59,1	580
1989	**189,6**	570
1990	104,0	**805**
1991	60,4	365
1992	29,5	191
1993	**5,2**	209
1994	80,1	243
1995	117,4	371
1996	52,7	**173**
1997	27,6	266
1998	138,3	428
1999	82,7	256
2000	83,7	327
2001	100,2	408
2002	**74,7**	**308**
Moyenne 87-02	81,7	370,3

Tableau 1 .2 : Récapitulatif du tonnage annuel de chlore injecté dans le circuit de refroidissement du C.N.P.E. de Flamanville

Les années extrêmes sont :

- pour le premier semestre, 1993 (5 tonnes) et 1989 (190 tonnes) ;
- pour le cumul annuel, 1996 (173 tonnes) et 1990 (805 tonnes).

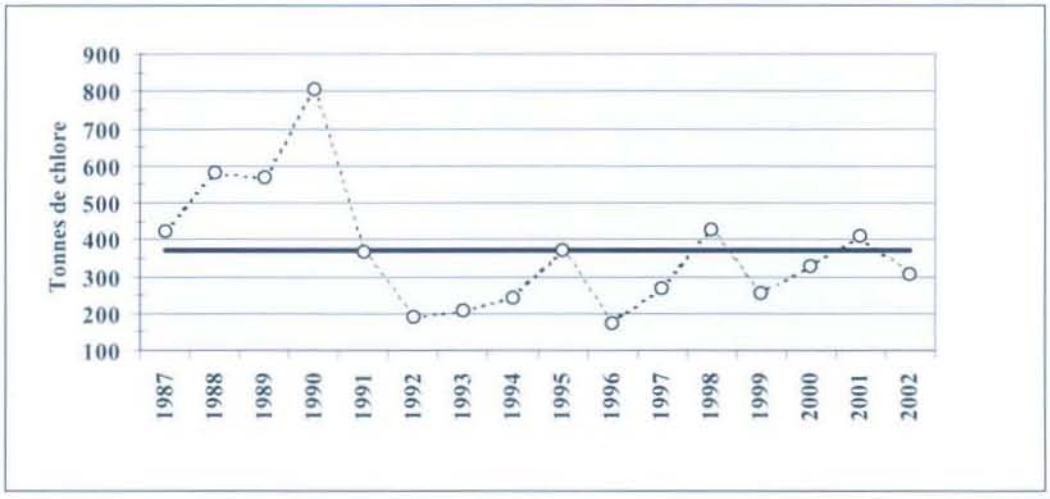


Figure 1.6 : Evolution du tonnage annuel de chlore injecté à Flamanville comparée à la moyenne annuelle depuis 1987

La chloration autorisée est passée de 1 mg/l en 1986 à 0,5 mg/l en 1991. Les défaillances de l'installation constatées de 1992 à 1994 ont conduit EDF en juin 1997 à mettre en service une nouvelle installation. Depuis cette date, le CNPE a choisi une chloration discontinue à 0,25 mg/l.

1.2 Travaux réalisés par l'Ifremer

Les travaux réalisés au cours du premier semestre 2002 se sont déroulés conformément au marché n° S62C5001. Ils sont présentés dans le tableau 1.3. Les points de prélèvements sont inchangés, et localisés sur la carte de la figure 1.7.

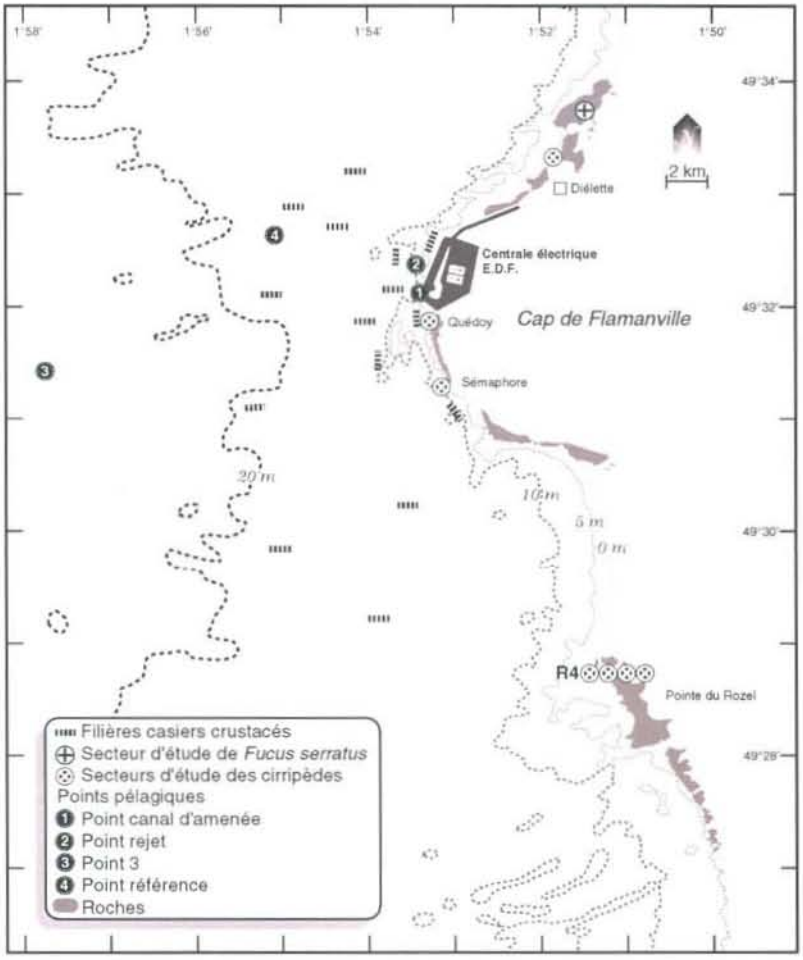


Figure. 1.7 : Carte des abords de Flamanville, indiquant les points de prélèvements échantillonnés par Ifremer

2002	Points de prélèvements	Paramètres étudiés	Nombre de réplicats à chaque point	Dates missions
DOMAINE PELAGIQUE		Température M.E.S. Bore	Référence 1 à -10m Rejet 1 subsurf. C.amenée 1 subsurf.	
Hydrobiologie	Référence	Salinité Haloformes	1 subsurface 2 subsurface	
		Sels nutritifs NH4	Référence 2 subsurf. 2 à -10m	22 / 03
Phytoplancton	Rejet	Chlorophylle Phaeopigments Production primaire Identification des espèces	Rejet 4 subsurf. C.amenée 4 subsurf.	05 / 07 17 / 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 Phytobenthos	Platier de Diélette 3 Radiales Dans la zone à *Fucus serratus*	*Fucus serratus* - Biométrie - Longueur - Nbre de dichotomies - Fertilité - Diamètre du thalle	10 pieds tous les 10 m. sur chaque radiale	25-27 / 02 [24-26 / 06*] 05-08 / 09
Zoobenthos	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	25-27 / 02 [24-26 / 06*] 05-08 / 09
	Points 2, SEM, QUEDOY, Diélette	- Etude de recolonisation	Par point : quadrats (3x25)cm^2	
DOMAINE HALIEUTIQUE Zooplancton et Hydrologie Suivi de l'exploitation	*[Point 3]* Référence Rejet Canal d'amenée N.O. Cotentin	Densité des larves d'araignée et homard - température - salinité Recueil d'informations sur la pêche professionnelle	2 Bongo 1 Neuston surface	04-05 / 06 18-19 / 06 04 / 07 18 / 07 06 / 08 20 / 08
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	03-07 / 06 02-05 / 09

* *hors contrat*

Tableau 1 .3 : Récapitulatif de l'activité réalisée par l'Ifremer au cours de l'année 2002 devant le C.N.P.E. de Flamanville

2 Les caractéristiques environnementales de l'année 2002

Luc Drévès

2.1 Climatologie

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

2.1.1 Pluviométrie

Depuis 1949, la pluviométrie inter annuelle moyenne sur le nord-ouest Cotentin (figure 2.1) est maximale d'octobre à janvier, le maximum des précipitations étant noté en novembre avec 90,4 mm de hauteur moyenne d'eau. La période la plus sèche s'étend de mai (44,1 mm) à août (44,2 mm), avec une valeur moyenne mensuelle minimale en juillet (36,2 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 cumul annuel moyen sur la période de 1949-2002 est de 715 mm, variant de 430 mm en 1953 à 1001 mm en 1994.

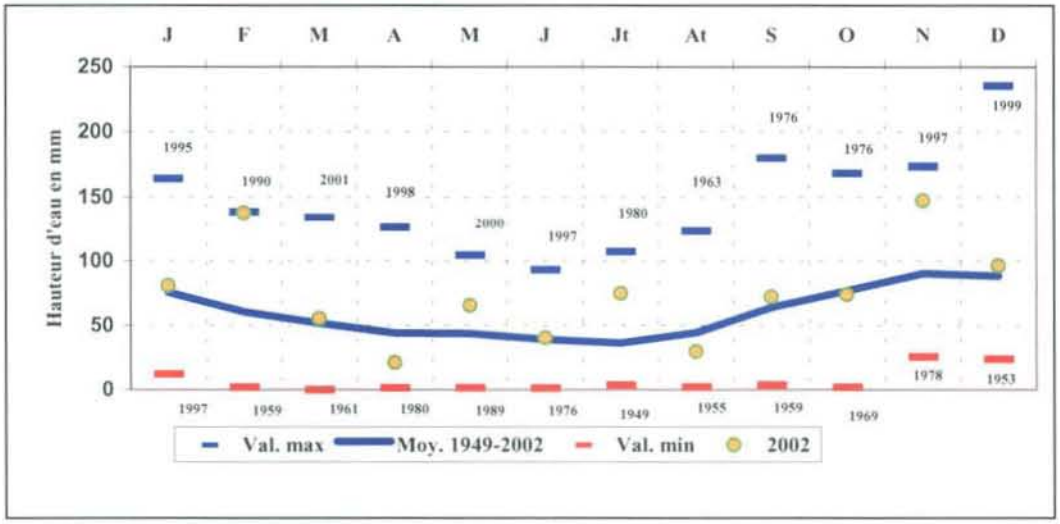


Figure 2.1 : Pluviométrie mensuelle au sémaphore de La Hague en 2002, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues depuis 1949.

Sur la période 1949-2002, l'observation des cumuls annuels par période décennale (figure 2.2) permet d'apprécier la forte pluviométrie de la décennie 1989/1998, avec un cumul annuel moyen de 771 mm, comparée à celle notée au cours de la décennie précédente (689 mm). La décennie 1949-1958 est la plus sèche (651 mm).

L'observation des périodes quinquennales montre une hausse des précipitations encore plus importante. Ainsi, le cumul moyen annuel augmente de 133 mm entre les périodes 1984/1988 (669 mm) et 1994/1998 (802 mm). Pour la période en cours 1999/2003, ce cumul moyen annuel enregistré au cours des quatre premières années est de 849 mm, soit près de 31 % supérieur à la période 1954-1959 (648 mm) la plus sèche !

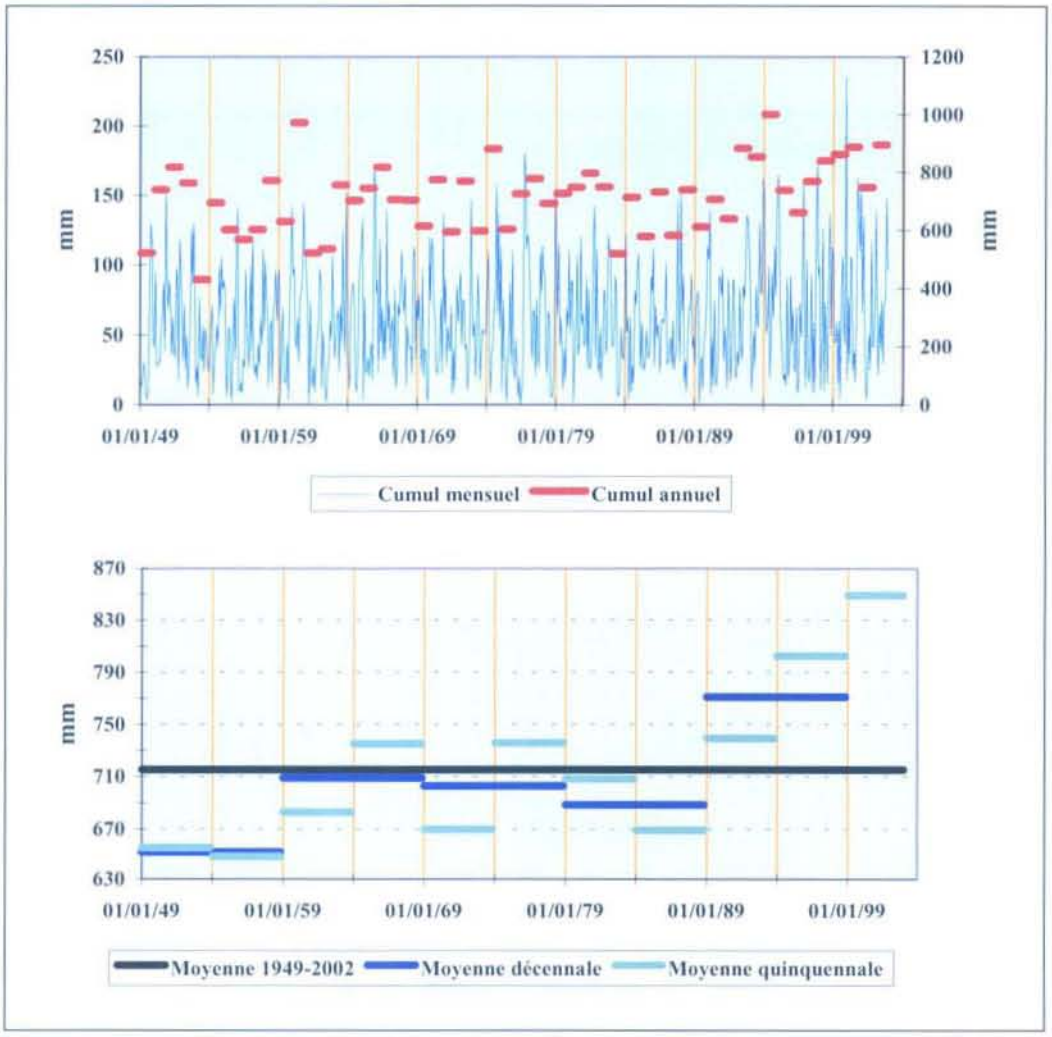


Figure 2.2 : Pluviométrie au sémaphore de La Hague de 1949 à 2002. Comparaison des cumuls mensuels, annuels, quinquennaux et décennaux au cumul moyen annuel observé sur la période totale (715,3 mm).

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 (49 heures) et en janvier (55 heures), et maximale en juillet (212 heures). La couverture nuageuse peut perturber ce schéma. Ainsi, le mois de juin présente une durée d'insolation moyenne (195 heures) inférieure à celle enregistrée en mai (209 heures) et en juillet. Ce comportement particulier de juin, depuis 1986, s'explique par le caractère plus pluvieux de ce mois par rapport à mai et juillet.

L'insolation annuelle moyenne depuis 1986 est de 1 570 heures, les années extrêmes étant 1990 (2 034 heures) et 1991 (1 241 heures). L'année 2002 se caractérise par un déficit d'insolation au cours de huit mois sur douze. Le cumul annuel (1 559 heures) est analogue à celui de 2001 (1 556 heures).

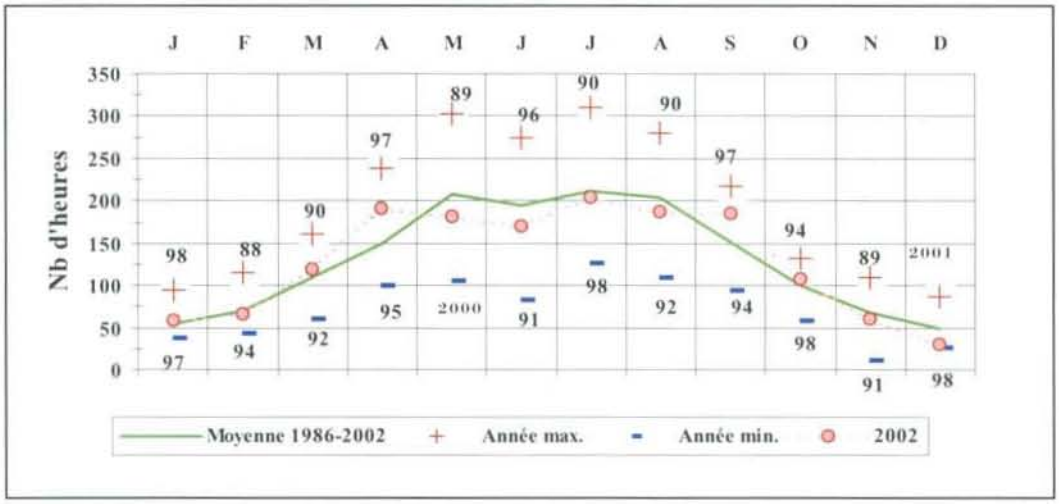


Figure 2.3 : Insolation mensuelle à Valognes au cours de l'année 2002, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles obtenues depuis 1986.

2.1.3 Température de l'air

Au cours des 54 dernières années, la température moyenne mensuelle de l'air (figure 2.4) varie de 6,7 °C en février à 16,8 °C en août. Les moyennes mensuelles extrêmes ont été enregistrées en janvier 1963 (2,0 °C) et en août 1995 (18,5 °C).

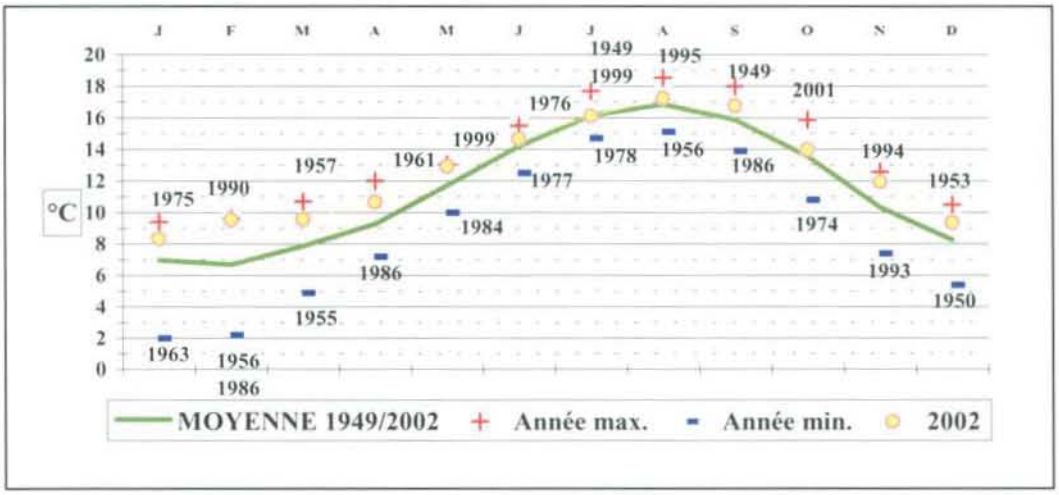


Figure 2.4 : Température mensuelle moyenne de l'air à La Hague au cours de l'année 2002, comparée aux moyennes et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées depuis 1949

Sur la période 1949-2002, la température moyenne annuelle est de 11,47 °C, avec un écart thermique moyen de 10,15 °C entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud. L'année la plus chaude est 2002 avec une température moyenne annuelle de 12,58 °C, succédant à 1999 (12,51 °C) et 1989 (12,43 °C) ; la plus froide, 1963 avec 9,99 °C. Le plus grand écart thermique entre le mois le plus froid et le mois le plus chaud d'une même année est noté en 1987 avec 14,1 °C ; le plus faible en 1974 avec 8,90 °C, année suivie de près par 2002 avec un écart thermique de 8,92 °C. Seul le mois de juillet présente une température mensuelle moyenne inférieure à la moyenne saisonnière (- 0,05 °C).

Sur la période 1949-2002, l'observation de la température mensuelle moyenne de l'air par période décennale (figure 2.5) permet d'apprécier l'échauffement moyen de 0,72 °C entre les décennies 1979/1988 (température moyenne de 11,2 °C) et 1989/1998 (11,9 °C). L'observation des périodes quinquennales montre un échauffement encore plus important. Ainsi, la température moyenne de l'air augmente de 1 °C entre les périodes 1984/1988 (11,0 °C) et 1994/1998 (12,0 °C). Pour la période en cours 1999/2003, la température moyenne enregistrée au cours des quatre premières années est de 12,3 °C !

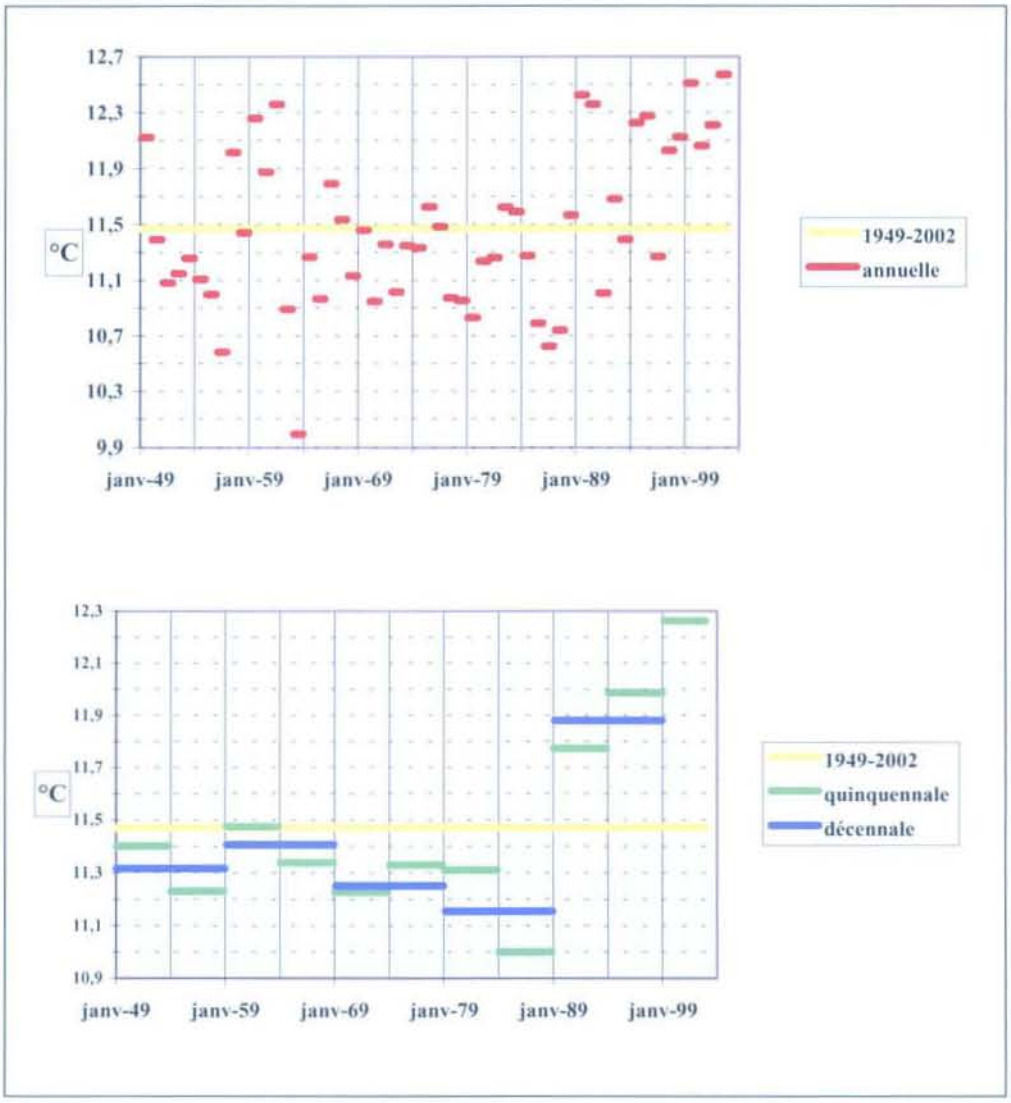


Figure 2.5 : Température de l'air au sémaphore de La Hague de 1949 à 2002. Comparaison des moyennes mensuelles calculées sur 1, 5 et 10 ans, à la moyenne sur la période totale (11,47 °C).

2.1.4 Caractéristiques de l'année 2002

L'année 2002 se caractérise par :

- un cumul annuel des précipitations (896 mm) supérieur, pour la sixième année consécutive, au cumul moyen annuel enregistré depuis 1949

(715,3 mm) ; à l'exception du second trimestre (- 0,12 mm) les trois autres sont excédentaires ;
- une insolation annuelle légèrement déficitaire (1 559 heures), comparée à la moyenne enregistrée depuis 1986 (1570 h.) ;
- une température moyenne annuelle de l'air (12,58 °C) la plus élevée depuis 1949, les moyennes mensuelles se maintenant au-dessus des moyennes saisonnières tout au long de l'année, exception faite du seul mois de juillet.

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'amenée. Le résultat des relevés réalisés au cours de l'année 2002 est présenté à la figure 1.2 (page 14). Le minimum de température mensuelle moyenne de l'eau de mer dans le canal d'amenée (8,68 °C) est noté en février (figure 2.6), les valeurs extrêmes étant enregistrées en 1986 (6,80 °C) et 2002 (10,16 °C). Le maximum mensuel moyen (17,56 °C) est observé en août, oscillant entre 16,28 °C en 1986 et 18,23 °C en 1989. La température moyenne annuelle est de 12,80 °C, les extrêmes étant 11,37 °C en 1986 et 13,61 °C en 2002.

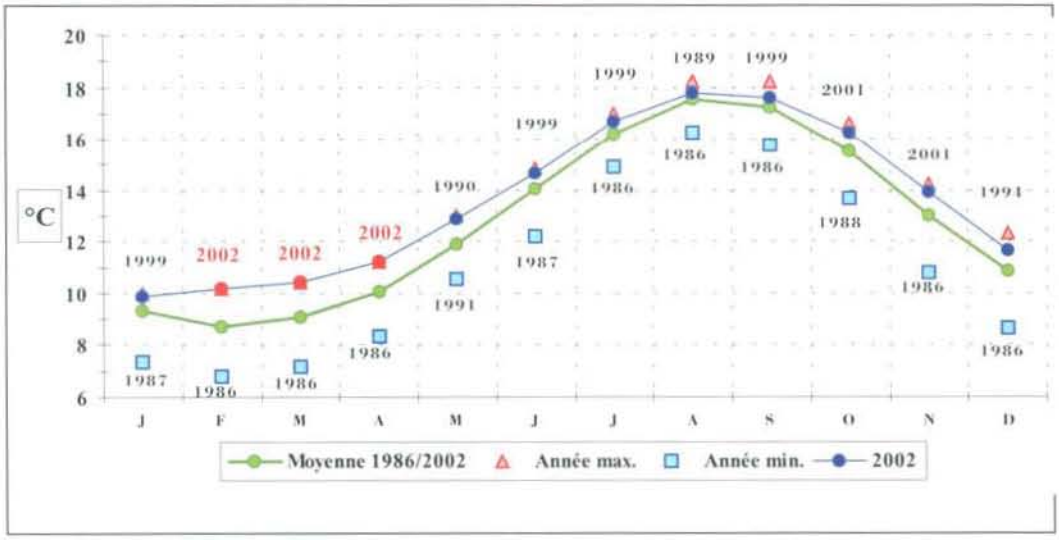


Figure 2.6 : Evolution de la température moyenne mensuelle de l'eau de mer dans le canal d'amenée du CNPE de Flamanville en 2002, comparée aux moyenne et valeurs extrêmes mensuelles enregistrées depuis 1986.

Au cours de l'année 2002, les températures moyennes mensuelles de l'eau de mer sont toujours supérieures aux moyennes saisonnières. Cette observation est à rapprocher de celle faite sur l'air (*cf.* figure 2.4). Trois nouvelles moyennes mensuelles maximales sont enregistrées en février (10,16 °C), mars (10,41 °C) et avril (11,24 °C). Les températures ont variées de 9,0 °C le 8 janvier à 18,5 °C le 21 août.

Pour un jour donné, l'écart journalier à la moyenne quotidienne estimée au cours de ces 17 années est calculé. Les valeurs oscillent entre - 3,12 °C (le 15/11/1986) et + 2,26 °C (le 06/11/2001). 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.

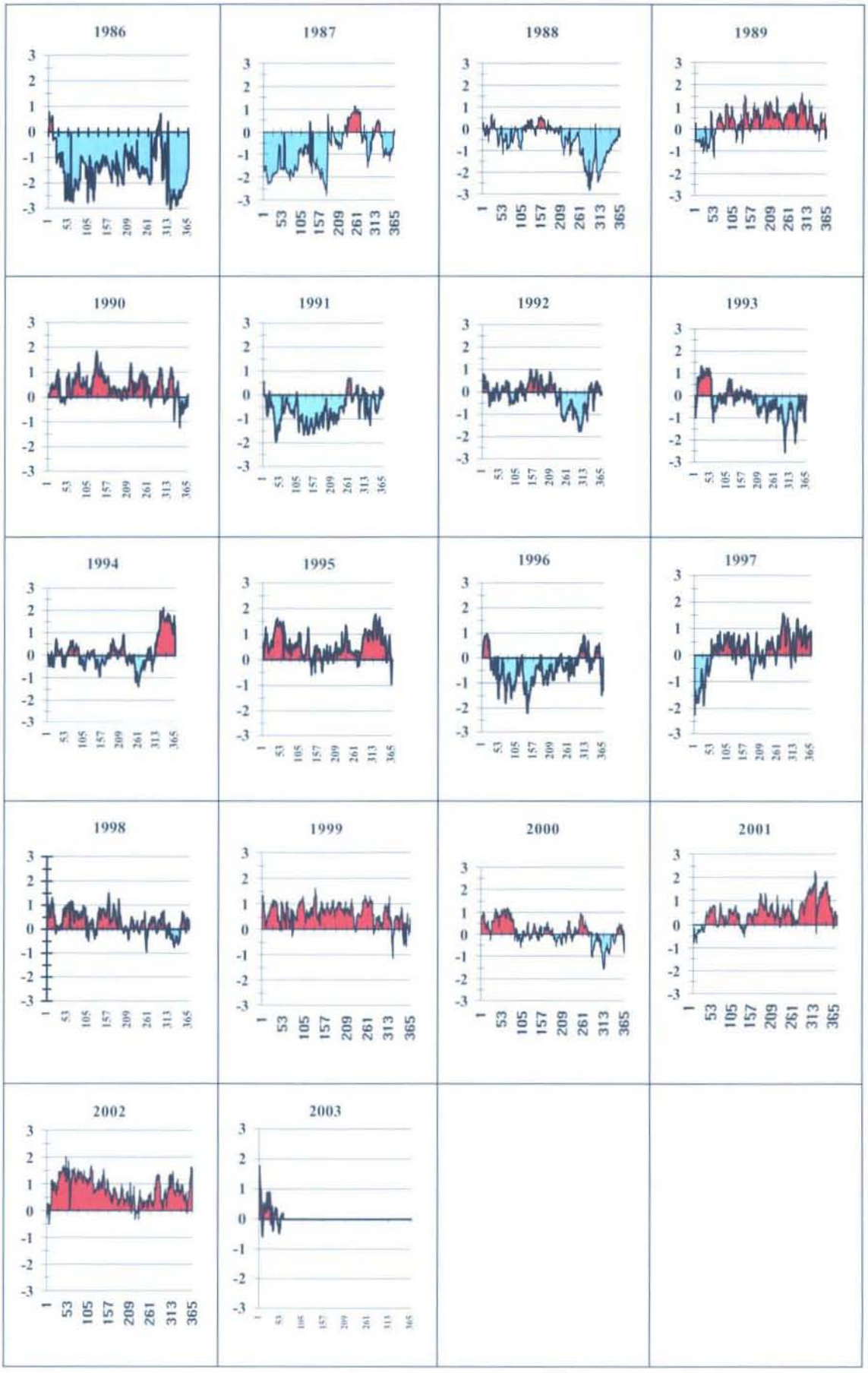


Figure 2.7 : CNPE de Flamanville – Anomalies de la température de l'eau de mer – Ecart journalier, en °C, à la moyenne quotidienne (moyenne du jour estimée sur la période 1986-2002).

Ces écarts, moyennés sur l'année, permettent d'apprécier l'excédent thermique record de l'année 2002 (+ 0,81 °C.j^{-1}). Les années extrêmes sont :

- 2002 (déjà citée), 1999 (+ 0,63 °C.j^{-1}), 1995 (+ 0,59 °C.j^{-1}), et 2001 (+ 0,53 °C.j^{-1}) pour les excédentaires ;
- 1986 (- 1,44 °C.j^{-1}), 1987 (- 0,81 °C.j^{-1}), 1991 (- 0,62 °C.j^{-1}), et 1988 (- 0,53 °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 (en Manche-est ; figure 2.8).

Le caractère plus océanique de Flamanville apparaît nettement par rapport au caractère plus continental des deux autres, à savoir :

- un écart thermique plus faible entre l'hiver et l'été,
- des températures hivernales plus douces que les autres sites plus continentaux, et plus frais en été.

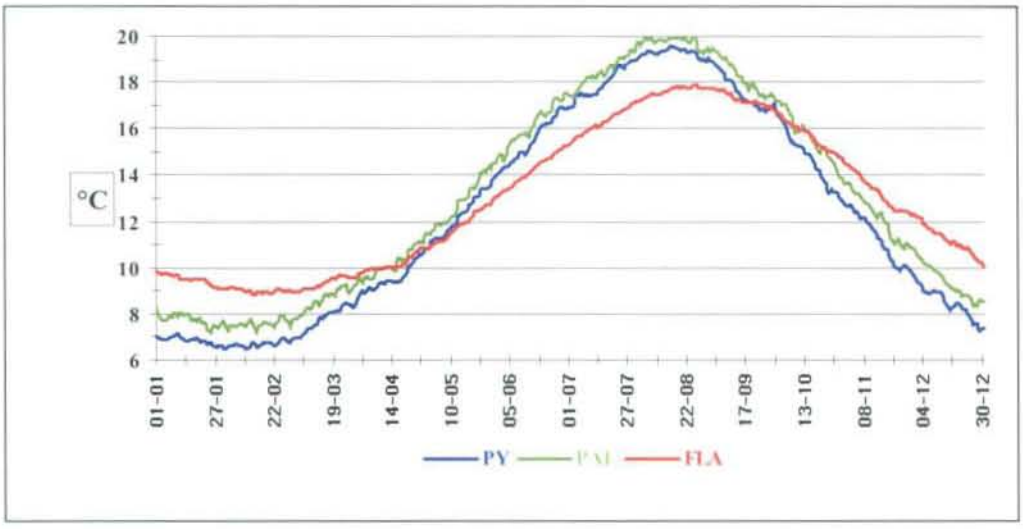


Figure 2.8 : Comparaison des températures journalières moyennes de l'eau de mer entre Penly (PY), Paluel (PAL) et Flamanville (FLA) depuis 1991.

Sur cette période **1991/2002**, la température moyenne annuelle de l'eau de mer à proximité immédiate de la côte est 12,35 °C à Penly, 13,09 °C à Paluel, et 12,96 °C à Flamanville. Ces valeurs sont en augmentation de 0,05 °C à 0,07 °C par rapport aux moyennes annuelles de la période 1991/2001.

L'observation des écarts journaliers moyens de 1991 à 2002 (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. L'écart maximal de température entre ces deux sites est de 2,9 °C fin décembre, et de 1,9°C début août.

La même comparaison entre Penly et Paluel montre l'aspect plus frais de Penly, site le plus à l'est. L'écart maximal de température entre ces deux sites est de – 1,2°C fin octobre, et de – 0,4°C fin juillet.

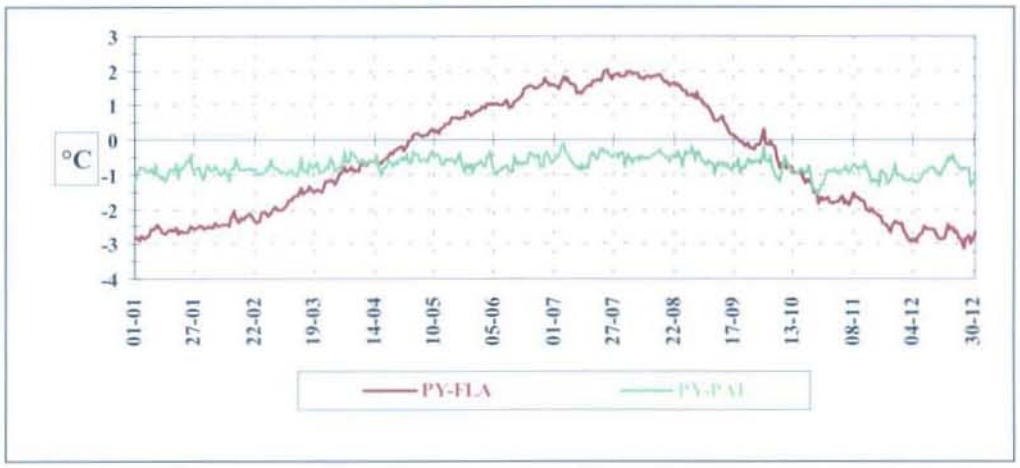


Figure 2.9 : Ecarts journaliers moyens de la température de l'eau de mer, depuis 1991, entre Penly et Flamanville (PY-FLA), et Penly et Paluel (PY-PAL).

La comparaison des températures de l'eau de mer enregistrées à Flamanville et à Penly permet de mettre en évidence une corrélation significative (figure 2.10).

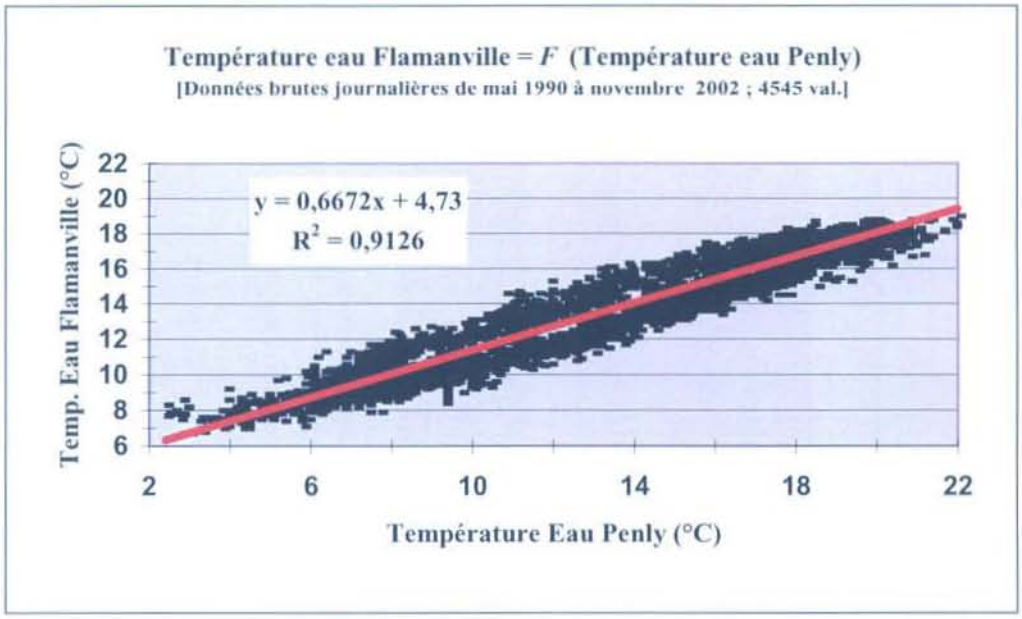


Figure 2.10 : Variation de la température journalière de l'eau de mer à Flamanville en fonction de celle de Penly

La comparaison des moyennes journalières au cours des douze dernières années met en évidence un cycle d'hystérésis avec une représentation graphique en forme d'ellipsoïde (figure 2.11), permettant de distinguer deux comportements saisonniers : l'échauffement progressif de l'eau de janvier à août (partie basse de l'ovale), puis la décroissance des températures jusqu'à décembre (partie haute).

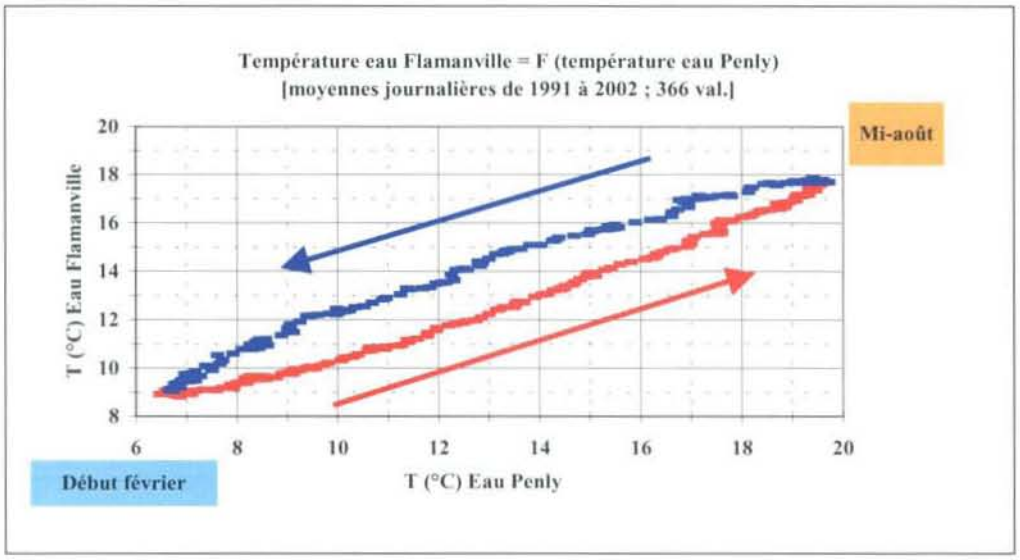


Figure 2.11 : Cycle d'hystérésis de variation de la température journalière de l'eau de mer à Flamanville en fonction de celle de Penly

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

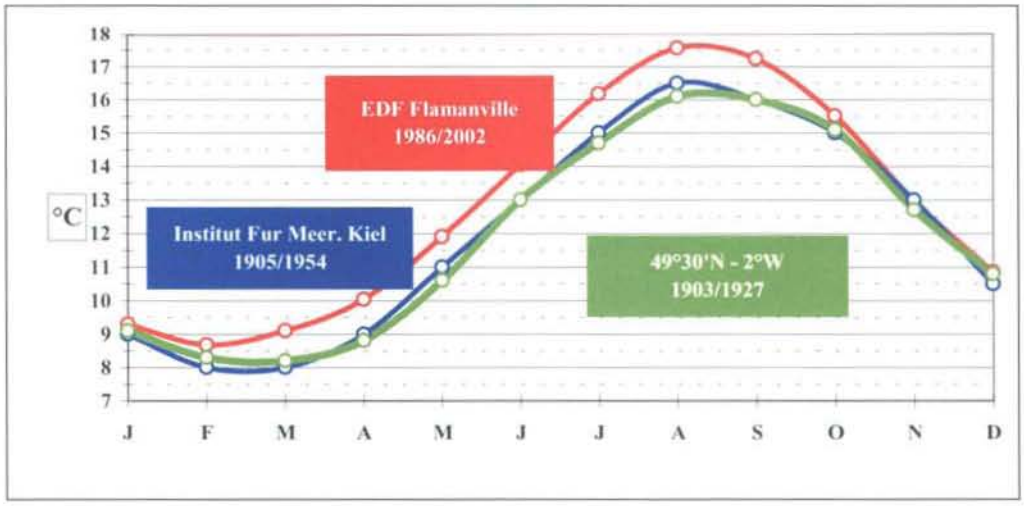


Figure 2.12 : Comparaison des données de température de l'eau acquises dans le secteur nord-ouest Cotentin.

La comparaison, sur la période 1986-2002, des moyennes mensuelles des températures de l'air à La Hague et de l'eau de mer à Flamanville, notamment des « anomalies » mensuelles (figure 2.13), montrent le lien direct entre ces deux éléments, les variations naturelles de température de l'eau suivant celles de l'air avec un léger décalage dans le temps.

Sur cette période 1986-2002, la température moyenne mensuelle de l'eau est 12,77 °C. Celle de l'air est 11,84 °C. Pour rappel, cette dernière est 11,47 °C sur la période 1949-2002.

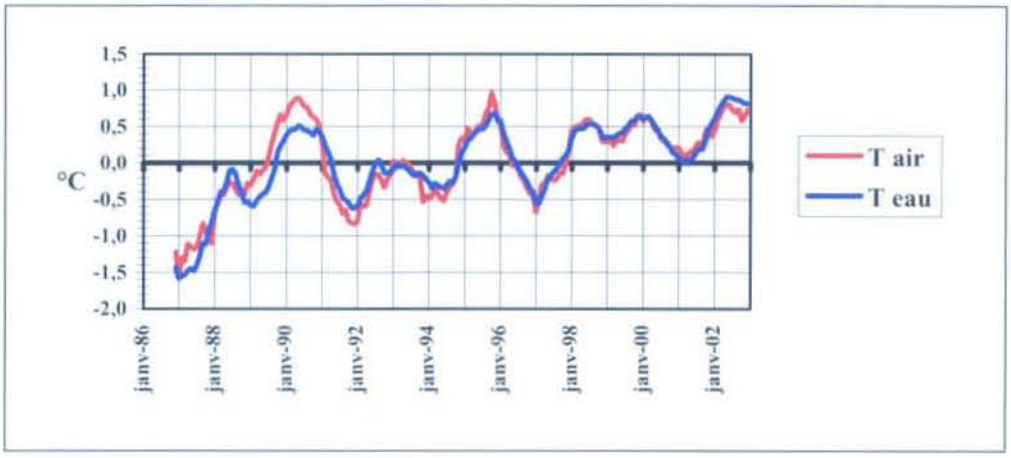


Figure 2.13 : Comparaison des « anomalies » mensuelles des températures de l'air et de l'eau. Pour chaque paramètre, écarts entre la moyenne mobile (calculée sur les 12 derniers mois) et la moyenne générale estimée sur la période 1986-2002.

La comparaison de ces mêmes températures par période quinquennale (figure 2.14) montre que l'échauffement sur le long terme observé au niveau de l'air est également noté pour l'eau de mer.

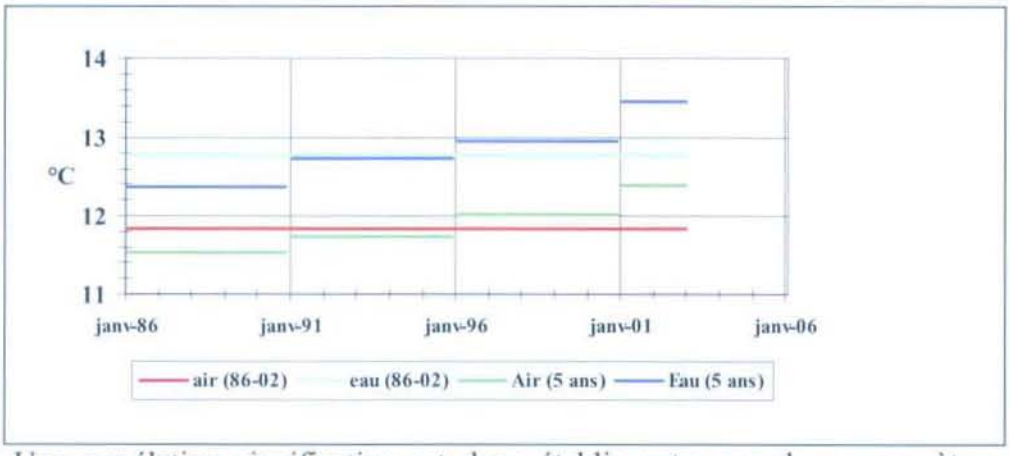


Figure 2.14 : Comparaison des températures de l'air et de l'eau de mer par période quinquennale.

Une corrélation significative est donc établie entre ces deux paramètres (figure 2.15), les valeurs obtenues en 2002 étant repérées dans cette figure (point rouge). A l'instar de la corrélation entre les températures de l'eau à Flamanville et Penly, celle établie entre l'air et l'eau montre l'échauffement plus lent de l'eau de janvier à juillet (points rouges situés sous la courbe de tendance). Il en est de même pour le refroidissement d'août à décembre (points au-dessus de la courbe de tendance).

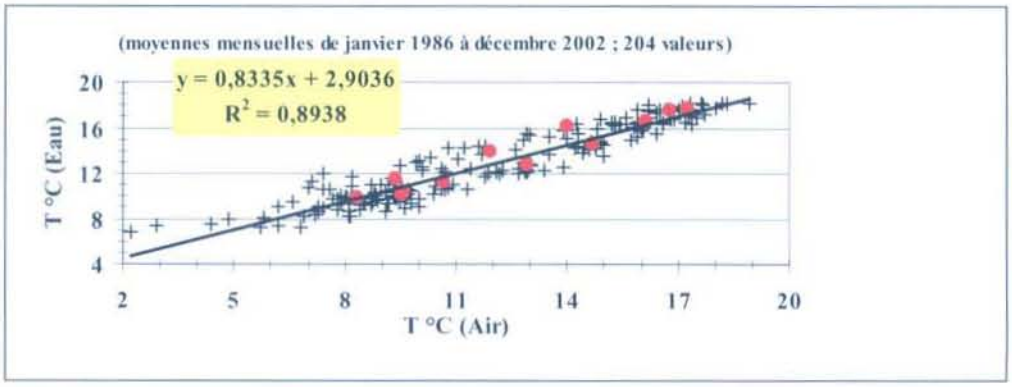


Figure 2.15 : Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau du canal d'amenée (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo-France). Les données 2002 sont repérées en rouge

3 Le domaine pélagique

Etude et rapport réalisés à l'Ifremer par

Luis	*Lampert*	*(Hydrologie et Phytoplancton)*
Myriam	*Rumebe*	*(Zooplancton)*
Luc	*Drévès*	*(Microbiologie, Trihalométhanes, Bore, MES)*

avec la collaboration de

pour les prélèvements et les analyses

Vincent	*Justome*	*(DEL/PB),*
Laure	*Lamort*	*(DEL/PB)*
Frank	*Maheux*	*(DEL/PB)*
Olivier	*Pierre-Duplessix*	*(DEL/PB)*
Floriane	*Girard*	*(DEL/PB)*

pour le traitement et l'interprétation des données

Hervé	*du Boullay*	*(DEL/PB)*
Anne	*Daniel*	*(DEL/PB)*
Ronan	*Le Goff*	*(DEL/PB)*

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

Conformément à la stratégie mise en place pour la surveillance du site de Flamanville, les stations échantillonnées (*cf.* figure 1.7, page 17) sont :

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

Le matériel et les méthodes d'analyses utilisés en 2002 sont les mêmes que ceux appliqués les années précédentes, en application de l'arrêté ministériel du 11 mai 2000.

Le calendrier des missions, les paramètres étudiés et le nombre d'échantillons effectués en chaque point sont donnés dans le tableau 1.3 à la page 18. Les campagnes se sont déroulées par des coefficients de 38-34 le vendredi 22 mars, 40-42 le vendredi 5 juillet, et 46-52 le mardi 17 Septembre à partir du N/O THALIA (hydrobiologie, phytoplancton et zooplancton) et du zodiac de la SNSM de Diélette (bactériologie et trihalométhanes).

A noter que les deux tranches de la centrale se trouvaient simultanément en arrêt au moment de l'échantillonnage du 17 septembre 2002. Cependant il existait un rejet résiduel au point « rejet » de la tranche 1, le système d'électrochloration continuant à y fonctionner, une pompe de circulation étant maintenue en service.

3.2 Hydrologie

3.2.1 Méthode

3.2.1.1 Prélèvements

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

3.2.1.2 Paramètres mesurés et précisions

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

Tableau 3.1 : Précision des analyses

	Temp. (°C)	Salinité	$N0_3^-$ (µM)	NO_2^- (µM)	NH_4^+ (µM)	$P0_4^{3-}$ (µM)	$Si(OH)_4^-$ (µM)
PRÉCISION	*± 0,01*	*± 0,1*	*± 0,1*	*± 0,01*	*± 0,05*	*± 0,01*	*± 0,05*

3.2.1.3 Présentation graphique

Les résultats des campagnes hydrologiques sont présentés sous forme de courbes, d'histogrammes et de boîtes à moustaches. Les courbes présentent les valeurs obtenues lors de l'année 2002, avec leur variabilité saisonnière et spatiale. Les histogrammes et les boîtes à moustaches présentent l'ensemble des données acquises depuis 1987. L'utilisation de la médiane dans les boîtes à moustaches, permet de minimiser l'influence des valeurs extrêmes par rapport à la moyenne. Les résultats 2002 sont présentés avec une couleur différente par rapport aux années précédentes. Pour chaque paramètre et pour chaque station, les histogrammes sont regroupés par campagne (printemps, été et automne).

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

3.2.1.4 Traitement statistique

Un traitement statistique a été réalisé pour les paramètres étudiés sur la période 1987-2002. Cette étude consiste à comparer les données observées aux stations « référence », « rejet » et « canal » afin d'établir s'il existe ou non des différences significatives sur l'ensemble de données par station à long terme. Avant de choisir et d'effectuer des tests statistiques appropriés, il est essentiel de vérifier la normalité de distribution des données. Cette vérification a été réalisée grâce aux coefficients d'asymétrie et d'aplatissement standardisés. Lorsque la distribution s'avérait normale, il a été utilisé le test de Student pour les échantillons appariés pour comparer les données. Dans le cas contraire (distribution non normale), la comparaison des données a été réalisée par le test de signes. Les tests permettent de déterminer la valeur « p-value ». Si la « p-value » est inférieure à 0,05, il existe une différence significative entre les deux séries de données. A l'inverse, si la « p-value » est supérieure à 0,05 nous ne pouvons pas conclure à une différence significative au seuil de 95%.

3.2.2 Résultats des mesures de la surveillance hydrologique pour l'année 2002

Les résultats acquis au cours des différentes campagnes de mesure pour l'année 2002 sur le site de Flamanville sont présentés dans le tableau 3.2.

(Valeurs moyennes ± écart type)		CANAL D'AMENÉE *(n=4)*	REJET *(n=4)*	RÉFÉRENCE SURFACE *(n=2)*	RÉFÉRENCE -10 m *(n=2)*
22 MARS	*Température (°C)*	10,7 ± 0,00	12,3 ± 0,12	10,1 ± 0,00	9,9 ± 0,00
	Salinité	34,4 ± 0,15	34,28 ± 0,15	34,75 ± 0,07	34,50 ± 0,00
	Nitrate (µM)	8,4 ± 0,43	8,1 ± 0,28	8,2 ± 0,35	7,6 ± 0,08
	Nitrite(µM)	0,35 ± 0,02	0,35 ± 0,01	0,38 ± 0,02	0,34 ± 0,00
	Ammonium(µM)	0,37 ± 0,02	0,32 ± 0,00	0,30 ± 0,08	0,23 ± 0,01
	Phosphate (µM)	0,70 ± 0,03	0,66 ± 0,01	0,68 ± 0,04	0,67 ± 0,01
	Silicate (µM)	3,17 ± 0,09	3,03 ± 0,11	3,09 ± 0,04	3,05 ± 0,06
05 JUILLET	*Température (°C)*	15.6 ± 0,00	17,6 ± 0,10	15,3 ± 0,00	15,3 ± 0,00
	Salinité	34,10 ± 0,00	34,08 ± 0,10	34,75 ± 0,07	34,5 ± 0,00
	Nitrate (µM)	0,3 ± 0,09	0,1 ± 0,05	0,1 ± 0,06	0,1 ± 0,10
	Nitrite(µM)	0,14 ± 0,02	0,25 ± 0,07	0,10 ± 0,13	0,17 ± 0,19
	Ammonium(µM)	0,65 ± 0,08	0,71 ± 0,12	0,60 ± 0,06	0,48 ± 0,02
	Phosphate (µM)	0,29 ± 0,02	0,27 ± 0,03	0,26 ± 0,08	0,17 ± 0,07
	Silicate (µM)	1,46 ± 0,11	1,54 ± 0,04	1,56 ± 0,13	1,52 ± 0,18
17 SEPTEMBRE	*Température (°C)*	17,6 ± 0,05	17,6 ± 0,00	17,5 ± 0,00	17,4 ± 0,00
	Salinité	34,93 ± 0,05	34,90 ± 0,00	34,9 ± 0,00	33,65 ± 0,07
	Nitrate (µM)	2,1 ± 0,05	2,2 ± 0,15	3,7 ± 0,03	3,6 ± 0,02
	Nitrite(µM)	0,33 ± 0,03	0,36 ± 0,01	0,46 ± 0,04	0,45 ± 0,02
	Ammonium(µM)	0,83 ± 0,05	0,88 ± 0,08	1,48 ± 0,11	1,40 ± 0,02
	Phosphate (µM)	0,50 ± 0,01	0,48 ± 0,03	0,55 ± 0,02	0,57 ± 0,01
	Silicate (µM)	4,09 ± 0,04	4,16 ± 0,15	4,82 ± 0,08	4,69 ± 0,06

Tableau 3.2 : Récapitulatif des résultats de surveillance pour l'année 2002

3.2.2.1 Température

Les variations de température de l'eau de mer à chacune des stations sont présentées sur la figure 3.1 pour l'année 2002.

3.2.2.1.1 Variations saisonnières

Au cours des campagnes de surveillance 2002, la température de l'eau de mer a varié de 10,7 à 17,6°C à la station « canal », de 12,3 à 17,6°C à la

station « rejet », et de 10,1 à 17,5°C à la station « référence » (Figure 3.1). Sur l'ensemble des stations, la température augmente de mars jusqu'en septembre. L'égalité des valeurs de température aux trois stations en septembre 2002 est atypique du fait de l'arrêt simultané des deux tranches.

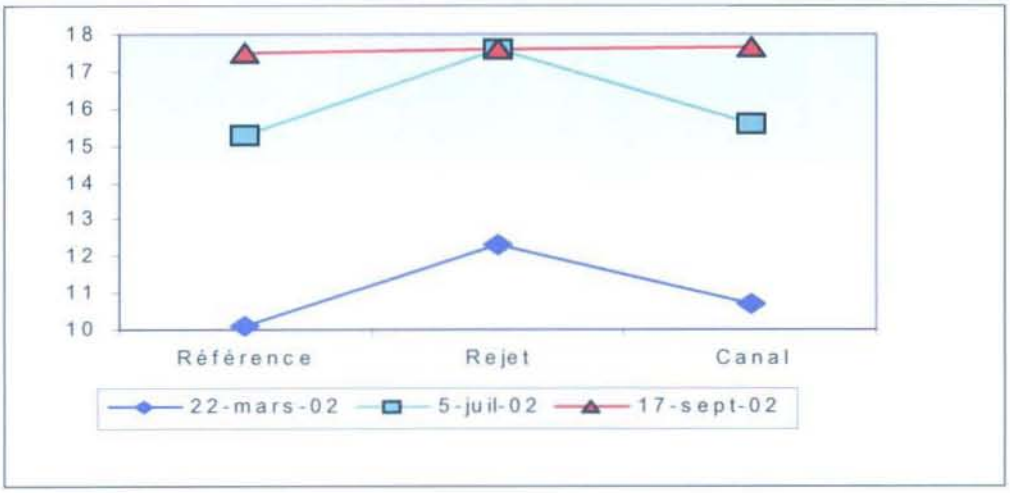


Figure 3.1 : **Température de l'eau (surface) aux trois campagnes 2002.**

L'écart thermique entre le printemps et l'automne est relativement réduit (δT=6.6°C en moyenne). Ce faible écart thermique est lié au brassage important de la colonne d'eau dans ce secteur où les courants de marée sont violents. Dans les secteurs où l'énergie dissipée par la marée est suffisante pour contrecarrer l'effet de stratification induit par le réchauffement en été, les courants de marée peuvent rendre la colonne d'eau homogène.

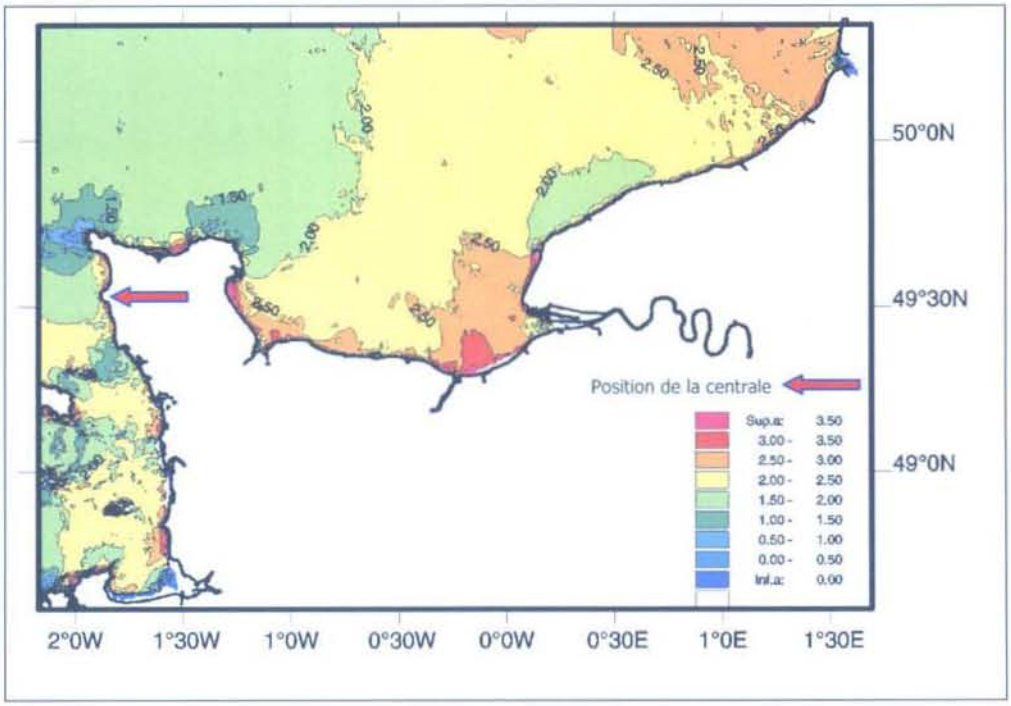


Figure 3.2 : Evolution spatiale du paramètre de stratification (H/u^3) en Manche réalisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique 2D (IFREMER DEL/AO-DEL/PB)

La figure 3.2 présente une caractérisation du renouvellement de mélange en Manche à travers le paramètre de stratification 'H/u^3' défini par Simpson et

Hunter (1974) où H représente la hauteur de la colonne d'eau et « u » le module de la vitesse moyenne de courant au cours d'un cycle de marée.

Les faibles valeurs du paramètre de stratification (< 2,0) indiquent que la colonne d'eau est brassée et les fortes valeurs (> 3,0) définissent les zones où la colonne d'eau peut présenter une stratification en été. La figure 3.2 montre que la centrale est située dans une zone où la colonne d'eau est brassée. Ceci réduit alors le réchauffement estival en surface et explique la gamme réduite de variation de température.

3.2.2.1.2 Variations inter-annuelles

La figure 3.3 montre que les températures de l'eau enregistrées au cours des trois campagnes réalisées en 2002 s'inscrivent globalement dans la plage des variations des températures mesurées depuis 1987. Ces résultats sont d'ailleurs en accord, pour les stations « canal » et « référence », avec les températures observées dans l'étude d'avant projet réalisée en 1976. Cette dernière indiquait une variation de 8 à 17°C au cours du cycle annuel. Ils sont également en accord avec les travaux de Agoumi *et al.* (1983), Taylor et Stephens (1983), Bentley et Maillard-Quisthoudt (1990) et Jones et Jeffs (1991) qui indiquent des variations thermiques similaires dans ce secteur de la Manche.

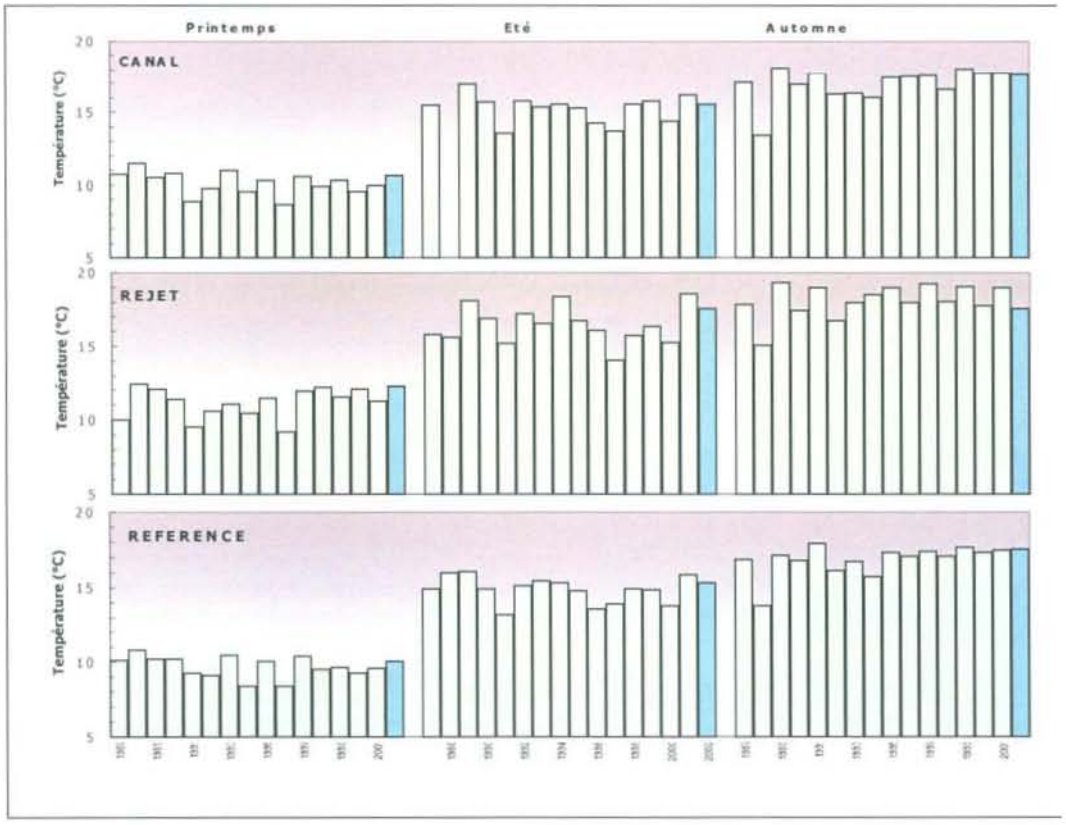


Figure 3.3 : Température de l'eau en surface sur la période 1987-2002. Les années 1987 à 2001 sont en vert clair, 2002 est en turquoise.

Les valeurs printanières en 2002 ont été supérieures d'environ 1 °C aux trois points de prélèvement par rapport à celles observées en 2001. La campagne estivale présentait cependant le cas inverse, avec des valeurs moyennes

inférieures d'environ 1°C par rapport à celles de 2001. En automne nous constatons des valeurs semblables pour les points « canal » et « référence » et une diminution par rapport aux valeurs de 2001 au point « rejet ».

La figure 3.4 compare les distributions de températures obtenues depuis 15 ans, par saison et par station. La valeur médiane pour le « rejet » est toujours supérieure à celles des stations « référence » et « canal », celle du « canal » étant légèrement supérieure à celle de la « référence ». En automne, nous observons une plus forte asymétrie des distributions par rapport aux deux autres saisons.

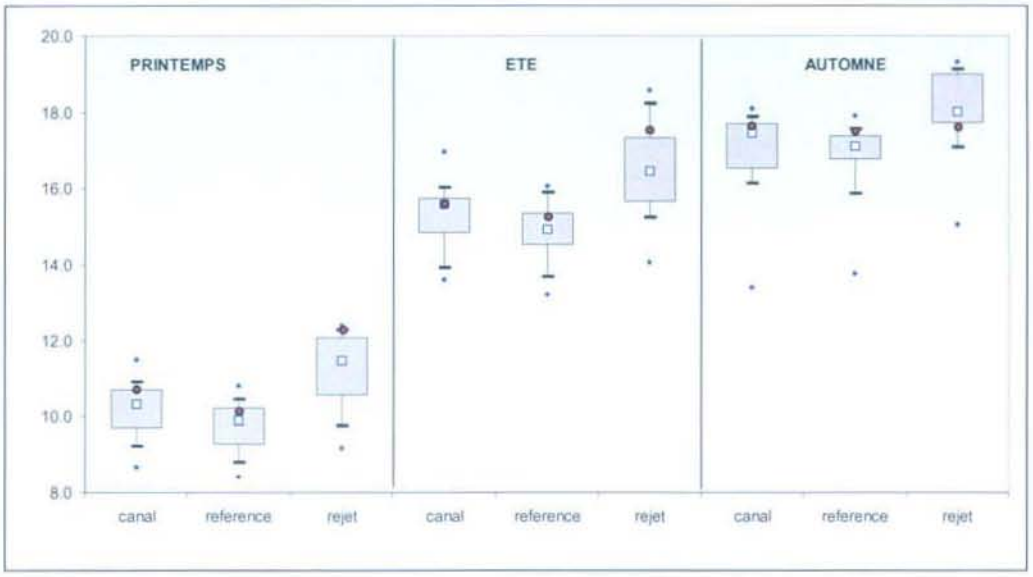


Figure 3.4 : ***Comparaison des distributions de la température par saison et par station depuis 1987.***
Le carré central □ représente la médiane ; la boîte grise englobe 50% de valeurs ; les moustaches (–), 80% de valeurs. Les points extrêmes (1), présentent les valeurs maximales et minimales.

Le point rouge (1) représente la valeur obtenue en 2002.

Ces valeurs sont à rapprocher des températures de l'air (mesurées à la Hague) au cours de la même période (figure 3.5).

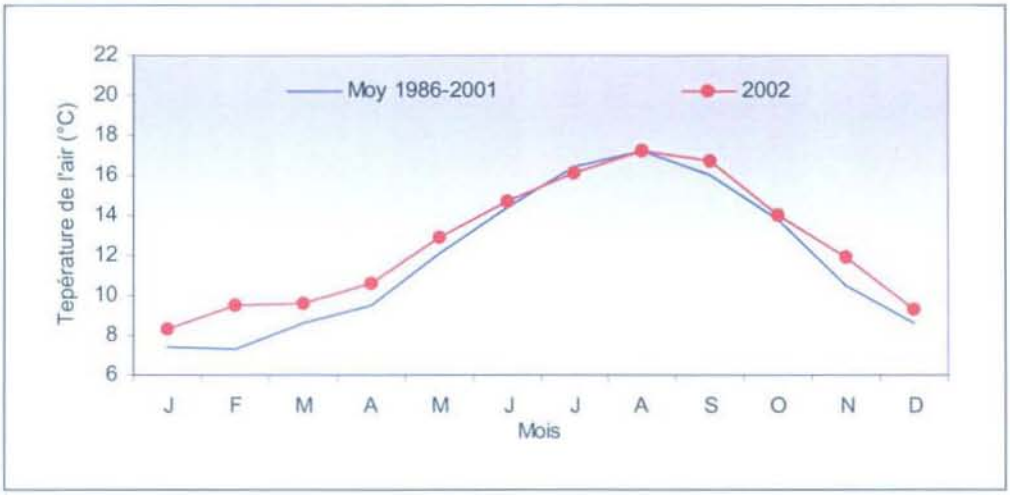


Figure 3.5 : ***Température moyenne mensuelle de l'air à la Hague en 2002 et sur la période 1986-2001. Données Météo France***

La figure 3.5 montre un début d'année 2002 avec des températures supérieures à la moyenne établie sur les 15 dernières années (données Météo France ; *cf.* figure 2.4 p. 23 pour le traitement similaire sur les 54 dernières années). Les hivers et les débuts de printemps plus chauds, deviennent de plus en plus fréquents. En outre, il existe une corrélation

significative entre la température de l'air précitée et celle de l'eau mesurée (données EDF) au niveau du canal d'amenée (figure 3.6 ; *cf.* figure 2.14, p. 30).

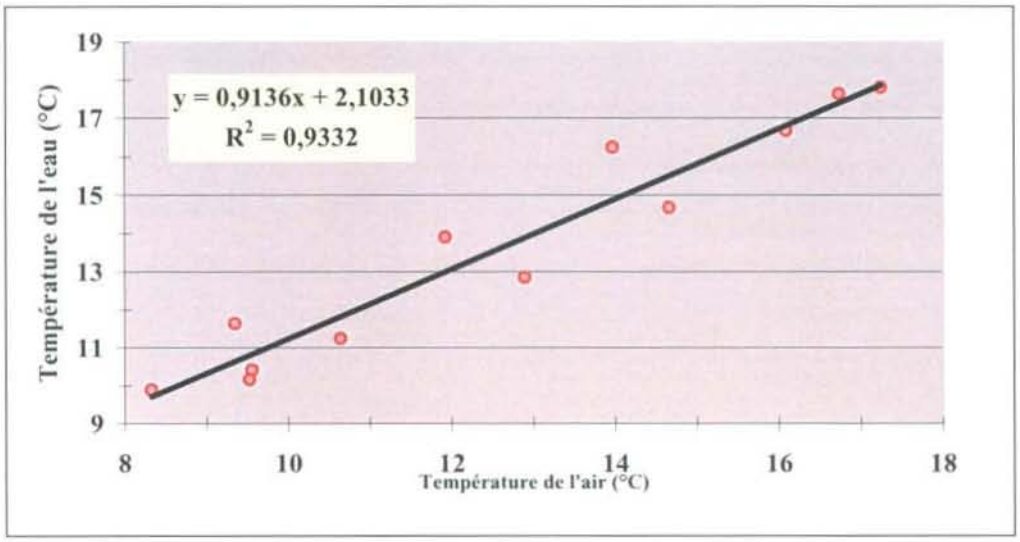


Figure 3.6 : Variation de la température moyenne mensuelle de l'eau du canal d'amenée (données EDF) en fonction de celle de l'air (données Météo France) en 2002.

Les fortes températures de l'eau enregistrées en 2002 s'expliquent par les températures élevées de l'air enregistrées cette année là.

3.2.2.1.3 Variations spatiales et taux de dilution

Aux stations « canal » et « référence » en surface et à mi-profondeur, les écarts de température restent faibles. Au point « rejet », la température est sensiblement supérieure par rapport aux deux points précédents et le point « canal » est sensiblement plus chaud que la « référence » (Figure 3.1). En 2002, les différences de température entre les points « rejet » et « canal » ainsi qu'entre les points « rejet » et « référence » ont été en moyenne de 1,8 °C et 2,2 °C respectivement. Ces moyennes ne tiennent pas compte des valeurs de la campagne automnale, où aucune différence significative des températures n'a été enregistrée du fait de l'arrêt total de la centrale.

Cette figure montre clairement l'influence thermique de la centrale au point « rejet ». La température mesurée au point « rejet » dépend en grande partie de la proportion d'eau chauffée constituant le prélèvement à ce point. Cette proportion peut être calculée d'après la formule suivante :

$$\pi = \frac{t°Rejet - t°Canal}{t°SC - t°Canal} \qquad (1)$$

π représente la proportion d'eau échauffée.

t°Rejet, *t°Canal* et *t°SC* représentent respectivement les températures au point « rejet », au point « canal » et à la sortie du condensateur (données EDF).

Le dénominateur de l'équation (1) représente la différence de température entre les eaux échauffées et celles du milieu récepteur. Cette différence ne

doit pas excéder théoriquement les 15°C (MALHERBE et MANOHA, 1977).

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

Tableau 3.3 : Taux de dilution calculés pour l'année 2002.

%	MARS	JUILLET	SEPTEMBRE
PROPORTION D'EAU ÉCHAUFFÉE π	**11**	**13**	**0**
TAUX DE DILUTION ($1-\pi$)	**89**	**87**	**100**

Des taux de dilution de 89 % sont observés lors des prélèvements du printemps et de 87 % pour la période estivale. Les taux de dilution moyens observés au printemps et en été depuis 15 ans sont de 93 % et de 91 % respectivement.

3.2.2.1.4 Approche statistique

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

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

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	10^{-5}	10^{-6}	10^{-6}
REFERENCE / REJET	$3\cdot 10^{-5}$	$4\cdot 10^{-6}$	$3\cdot 10^{-7}$
CANAL / REFERENCE	10^{-4}	$2\cdot 10^{-7}$	0,120

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

L'étude statistique confirme la visibilité d'un impact thermique localisé à la sortie en mer des rejets.

L'étude statistique montre aussi que les températures du « canal » sont significativement différentes de celles du point « référence » au printemps et en été. L'écart thermique est alors de 0,4°C en moyenne. Deux hypothèses peuvent être avancées pour expliquer cette différence.

- Premièrement, lors du réchauffement de la colonne d'eau, il s'établit en général un gradient côte large. Cependant, c'est en automne, lorsque la température de l'eau est la plus élevée, que ce gradient devrait être le plus marqué. Or en cette saison, il n'existe pas de différence significative entre la station « canal » à la côte et la station « référence » au large.
- La seconde hypothèse susceptible d'expliquer la différence de température pourrait être liée aux courants marins. En effet, en raison de leur caractère alternatif, ils peuvent ramener de l'eau échauffée devant la centrale. Les travaux de Malherbe et Manoha (1977) ont montré que ce phénomène pouvait conduire à une élévation de la température d'environ 1 °C devant la centrale. Les vents de secteur nord peuvent aussi avoir une influence dans l'advection des masses d'eau réchauffées sur le canal d'amené.

En septembre 2002, l'arrêt total de la centrale, a permis de lever le doute sur ces deux hypothèses. L'absence de différence significative de température entre les trois points d'échantillonnage en septembre suggère que les augmentations moyennes de 0,4 °C constatées généralement entre le « canal » et la « référence » sont indubitablement attribuables pour partie aux eaux réchauffées du « rejet ». Les rejets de la centrale de Flamanville sont disposés à une distance de 200 à 300 mètres des digues du canal d'amenée et distants l'un de l'autre de 100 à 150 mètres. L'échauffement d'environ 0,4 °C à 300 mètres de la zone de rejet confirmerait la faible étendue de la zone d'impact thermique.

VIOLEAU et DRIBAULT (1997) ont modélisé le panache thermique de Flamanville à l'aide du modèle TELEMAC-3D pour une morte-eau moyenne et une vive-eau moyenne. Les résultats de cette modélisation confirment, à pleine mer, l'élévation de 0,4 °C sur le canal d'amenée par le panache du rejet. Les résultats montrent que l'impact thermique dépend fortement des courants de marée. Selon le flot ou le jusant, le panache thermique s'affine et s'allonge davantage vers le sud que vers le nord.

Toutefois, quelle que soit la marée, les résultats issus de la modélisation montrent que l'impact thermique lié au rejet d'eau échauffée par la centrale reste très localisé, ce qui confirme les résultats issus des mesures lors des campagnes de surveillance.

3.2.2.2 Salinité

3.2.2.2.1 Variations spatiales et saisonnières

Les salinités moyennes en 2002 ont été comprises entre 34,1 et 34,9 aux stations « canal » et « rejet » et entre 34,2 et 34,9 à la « référence ». En 2002, les salinités les plus faibles ont été mesurées en juillet (minimum de 34,1 au « rejet »), et les plus élevées en septembre (maximum de 34,9 au « canal ») (Figure 3.7).

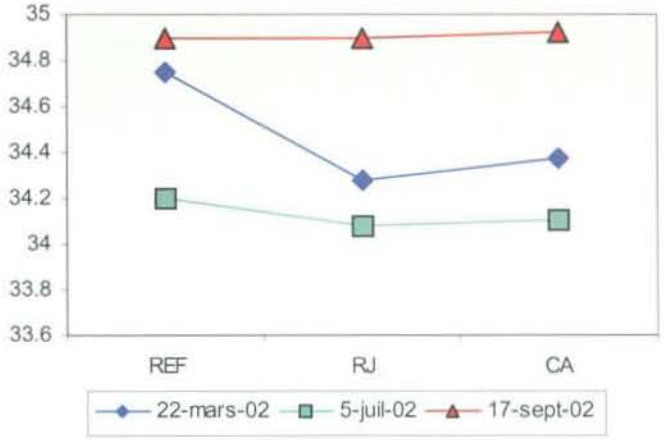


Figure 3.7 : **Salinité de l'eau (surface) pour les campagnes 2002.**

Les fortes précipitations enregistrées à Flamanville pendant les mois de mai et juin ont eu comme conséquence cette diminution des salinités estivales. Nous constatons aussi que les valeurs de salinité en septembre sont plus homogènes que lors des campagnes printanières et estivales.

3.2.2.2.2 Variations inter-annuelles

La figure 3.8 présente les valeurs de salinité aux différentes stations sur la période 1987-2002. Elle montre bien la similarité des salinités aux différentes stations. Tout comme en 2001, au printemps et en été 2002, les salinités sont encore faibles par rapport aux séries enregistrées entre 1987 et 2000. Ceci s'explique par les fortes précipitations enregistrées entre le 12 et le 21 mars (49,4 mm) et entre le 30 juin et le 5 juillet (39,5 mm), juste avant l'exécution des campagnes printanière et estivale du 22 mars et 5 juillet.

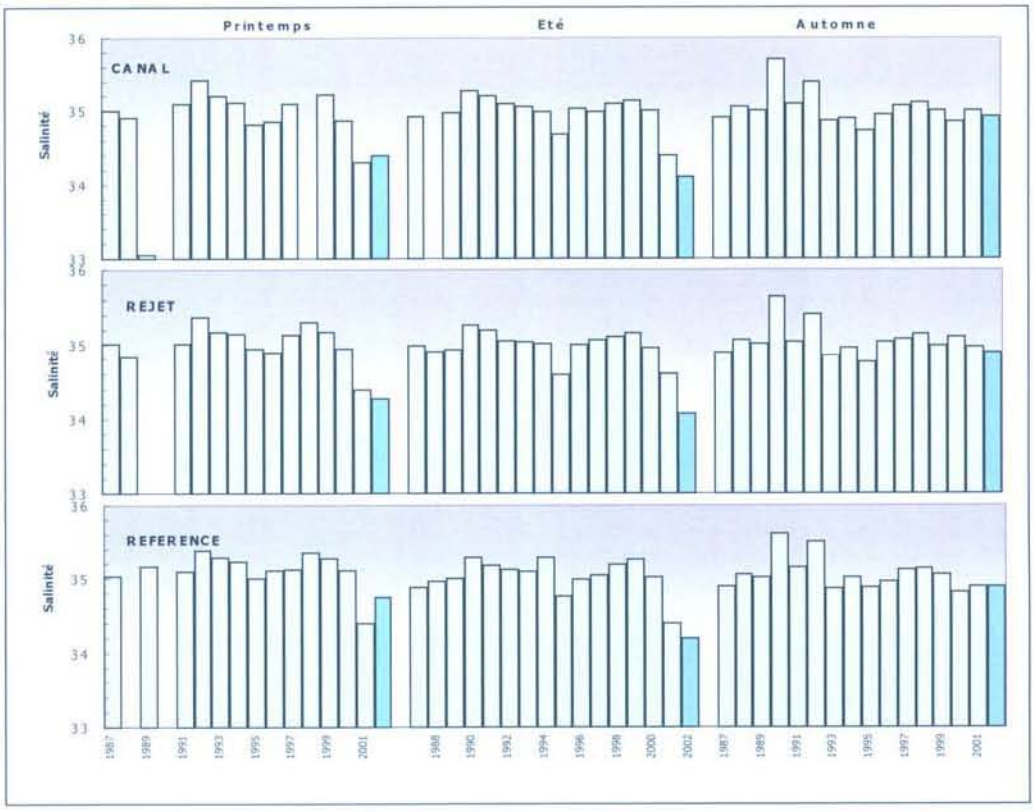


Figure 3.8 : Salinité de l'eau (surface) pour les campagnes 1987 à 2002.

Ce constat apparaît très clairement sur les « boîtes à moustaches » de la figure 3.9, notamment au printemps et en été. Les valeurs mesurées en 2002, figurées par un point rouge, sont parmi les plus basses jamais enregistrées depuis 1987.

La figure 3.9 montre aussi la relative stabilité des valeurs médianes aux alentours de 35, sur les quinze dernières années, confirmant le caractère « marin » de la zone.

L'influence de la pluviométrie sur la salinité dans ce secteur reste toutefois relativement limitée dans le temps et dans l'espace. En moyenne elle est du même ordre de grandeur que celle habituellement relevée en Manche

Occidentale (Armstrong *et al.*, 1972) et reflète l'influence plus marquée des eaux Atlantiques transitant vers la mer du Nord (Pingree et Maddock, 1977 ; Salomon *et al.*, 1993).

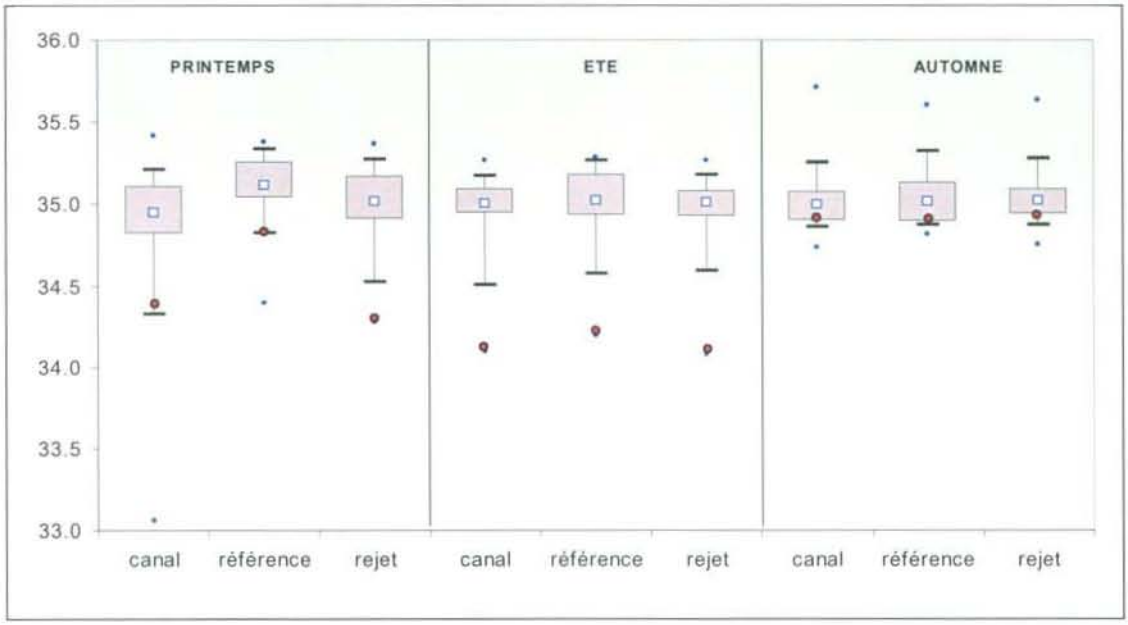


Figure 3.9 : Comparaison des distributions de la salinité par saison et par station depuis 1987.

3.2.2.2.3 Approche statistique

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

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

Comparaison	Printemps	Ete	Automne
Canal / Rejet	0,5460	0,3100	0,2160
Reference / Rejet	**0,0130**	0,2320	1,0000
Canal / Reference	**0,0430**	0,1270	0,3830

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

Les tests indiquent qu'il n'existe généralement pas de différence significative entre les stations. Seules les salinités aux points « canal » et « référence » et aux points « rejet » et « référence » se sont avérées significativement différentes lors des campagnes du printemps. Ceci confirme l'approche graphique de la figure 3.9. Les stations « canal » et « rejet », proches de la côte, sont caractérisées par des salinités toujours légèrement inférieures à celles de la station « référence » située plus au large. Cette différence pourrait s'expliquer par la présence d'un gradient côte-large lié aux apports d'eau douce d'origine continentale.

L'hypothèse d'un impact de la centrale pour expliquer les différences de salinités observées au printemps est peu probable. Bien que la centrale représente une source d'eau douce via les effluents d'eau déminéralisée des circuits primaires, des circuits secondaires ainsi que des circuits annexes pour le refroidissement des auxiliaires de l'îlot nucléaire, les rejets ne

représentent qu'un volume d'environ 100 000 m^3 par an et par tranche (*cf.* Rapport annuel de surveillance de l'environnement ; EDF). Un calcul simple montre que le volume annuel d'eau de mer utilisé pour le circuit de refroidissement de la centrale et dans lequel les rejets sont dilués est d'environ 3 milliards de m^3. Le facteur de dilution des effluents d'eau douce est donc très important. Il est d'environ 15 000.

3.2.2.3 Ammonium

3.2.2.3.1 Variations spatiales et saisonnières

Les teneurs en ammonium sont inférieures à 1,5 µM tout au long de l'année ; elles ont varié au cours des campagnes 2002 de 0,37 à 0,83 µM au point « canal », de 0,32 à 0,88 µM au point « rejet » et de 0,28 à 1,48 µM au point « référence ». Contrairement aux fortes variations spatiales rencontrées en 2001, l'année 2002 est caractérisée par une plus forte stabilité (Figure 3.10).

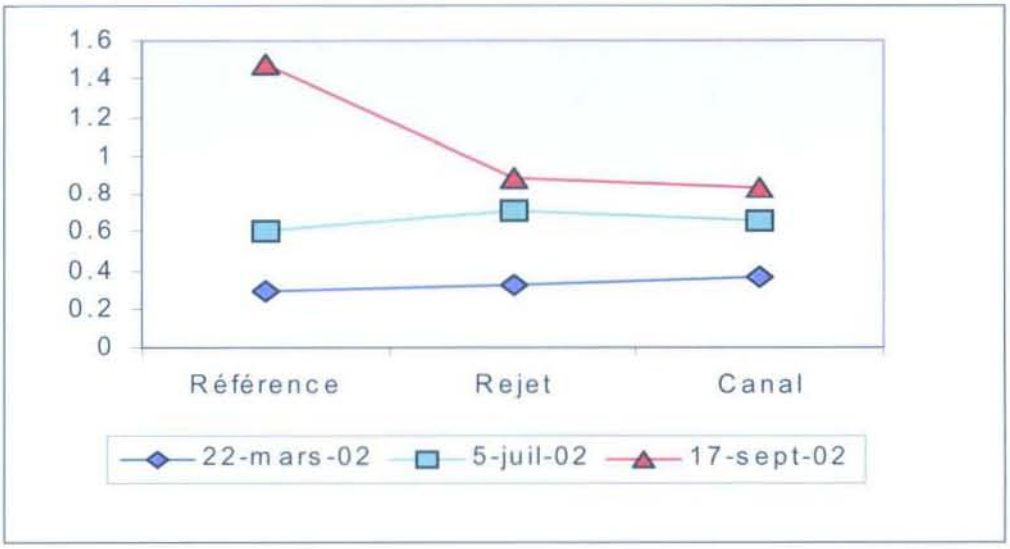


Figure 3.10 : Concentrations en Ammonium (µM) dans les eaux de surface pour les campagnes 2002.

Seule, en septembre, la concentration au point « référence » a été environ une fois et demie supérieure à celles enregistrées aux stations « canal » et « rejet ». Une augmentation des concentrations moyennes d'ammonium est observée du printemps vers la fin de l'été, ce qui est cohérent avec l'augmentation de l'activité hétérotrophe. A la station « référence », les différences de concentrations entre la surface et la mi-profondeur sont faibles avec des concentrations légèrement plus fortes en surface.

3.2.2.3.2 Variations inter-annuelles

Les variations de concentration en ammonium aux différentes stations depuis 1987 sont présentées sur les figures 3.11 et 3.12. Il est difficile d'observer une tendance évolutive de ce paramètre, pour lequel une forte

variabilité inter-annuelle est constatée. Les médianes de la station « référence » sont sensiblement supérieures à celles des deux autres stations en été et en automne (Figure 3.12). Les concentrations présentent une forte dispersion même à l'intérieur de la boîte où se trouvent 50 % des valeurs.

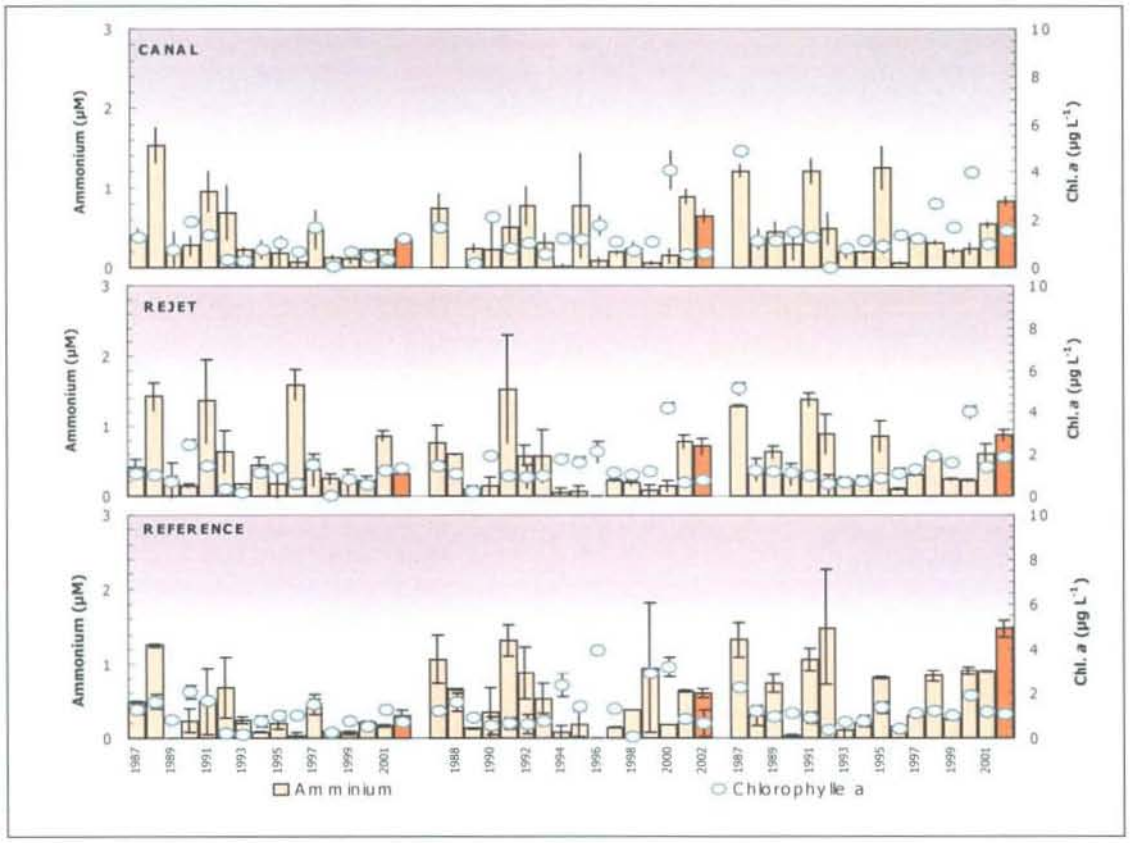


Figure 3.11 : Concentrations en ammonium dans l'eau de surface pour les campagnes de 1987 à 2002.

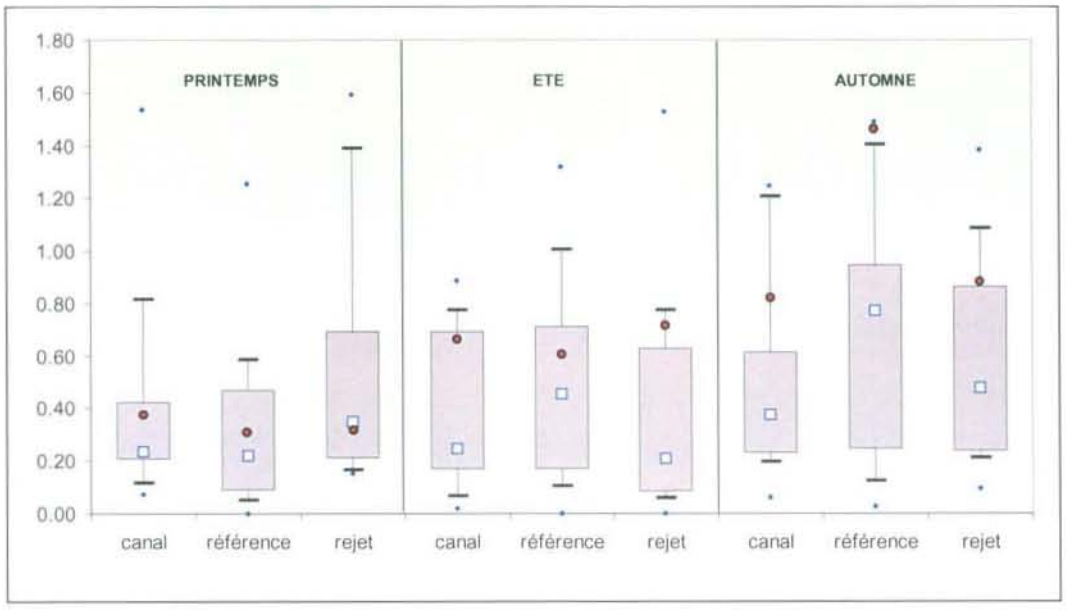


Figure 3.12 : Comparaison des distributions des concentrations en ammonium par saison et par station depuis 1987.

L'accumulation de l'ammonium n'est pas associée à un maximum de chlorophylle *a*, indiquant vraisemblablement la présence d'un processus de régénération ou d'excrétion zooplanctonique.

3.2.2.3.3 Approche statistique

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

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

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	1.000	0,999	**0,024**
REFERENCE / REJET	0.453	0,302	0,105
CANAL / REFERENCE	**0,024**	0,299	0,156

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

Les résultats montrent qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois stations pour ce sel nutritif, excepté au printemps entre le « canal » et la « référence » (bien que proche de la limite) et en automne entre le « canal » et le « rejet ».

La centrale peut représenter une source potentielle d'ammonium via des rejets d'ammoniaque. Le conditionnement du circuit secondaire nécessite en effet l'utilisation de ce produit chimique. Les vidanges de ce circuit occasionnent des rejets d'environ 10 $T.an^{-1}$ (cf. Rapport annuel de surveillance de l'environnement ; EDF). Toutefois, il faut souligner que les vidanges d'ammonium par la centrale dans les rejets sont ponctuelles. La stratégie d'étude peut donc ne pas les détecter. Etant donné l'arrêt de la centrale en septembre, la concentration supérieure en ammonium enregistrée au point « référence » par rapport aux autres stations suggère l'existence d'une autre source d'ammonium qui pourrait être l'activité hétérotrophe (zooplancton en général).

3.2.2.4 Nitrate et nitrite

3.2.2.4.1 Variations spatiales et saisonnières

Les teneurs en nitrate mesurées au cours des campagnes de surveillance 2002 ont été comprises entre 0,3 et 8,4 µM au « canal », entre 0,1 et 8,1 µM au « rejet » et 0,1 et 8,2 µM à la « référence ». Les concentrations en nitrite ont varié de 0,14 à 0,35 µM au « canal », de 0,24 et 0,36 µM au « rejet » et 0,10 et 0,46 µM à la « référence » (Figures 3.13 et 3.14).

L'été est caractérisé par une forte chute des teneurs en nitrate, descendant en-dessous de 0,3 µM sur toutes les stations. Cette diminution aura comme conséquence la limitation de la biomasse phytoplanctonique représentée par la concentration en chlorophylle *a* (chapitre 3.3). Ces valeurs sont du même ordre que celles rapportées au large du plateau continental atlantique français à la fin de l'été par LAMPERT (2001).

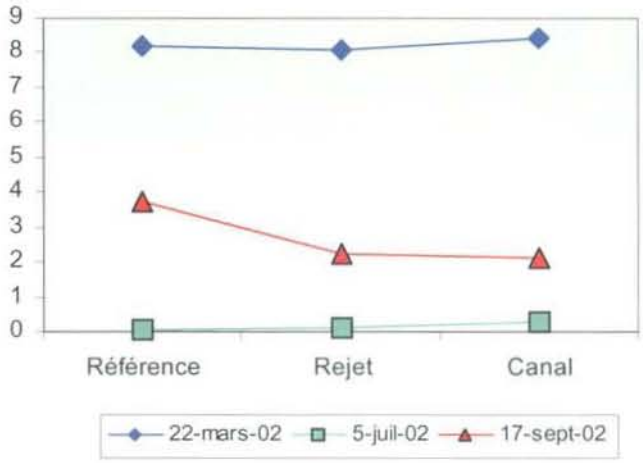


Figure 3.13 : Concentrations en nitrate (µM) dans les eaux de surface pour les campagnes 2002.

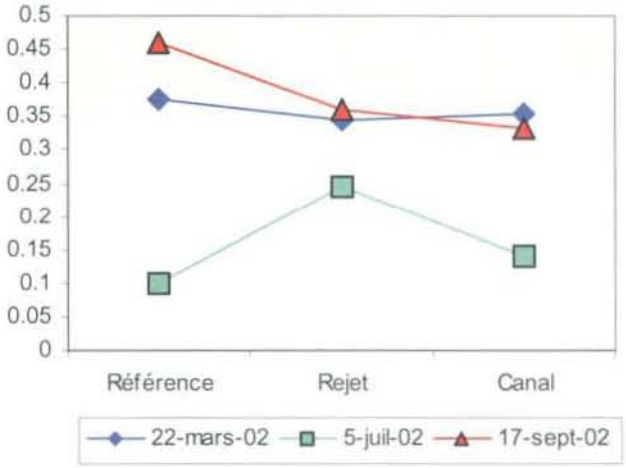


Figure 3.14 : Concentrations en nitrite (µM) dans les eaux de surface pour les campagnes 2002.

Suivant le cycle phytoplanctonique annuel classique, la diminution rapide des nitrates pourrait être attribuée au développement printanier du phytoplancton. En automne, les teneurs augmentent probablement sous l'effet des processus de nitrification plus intenses durant cette saison et à l'injection de nutriments du réservoir profond suite aux premiers coups de vent automnaux.

Les valeurs en nitrite observées au printemps se trouvent dans la même gamme que celles enregistrées en automne, à l'exception du point « référence ». Les valeurs en nitrite de l'été représentent les minima annuels de 2002. En automne, le point « référence » montre la plus forte valeur saisonnière.

3.2.2.4.2 Variations inter-annuelles

Les variations des concentrations en nitrate et nitrite sur la période 1987-2002 sont respectivement présentées sur les figures 3.15 et 3.16.

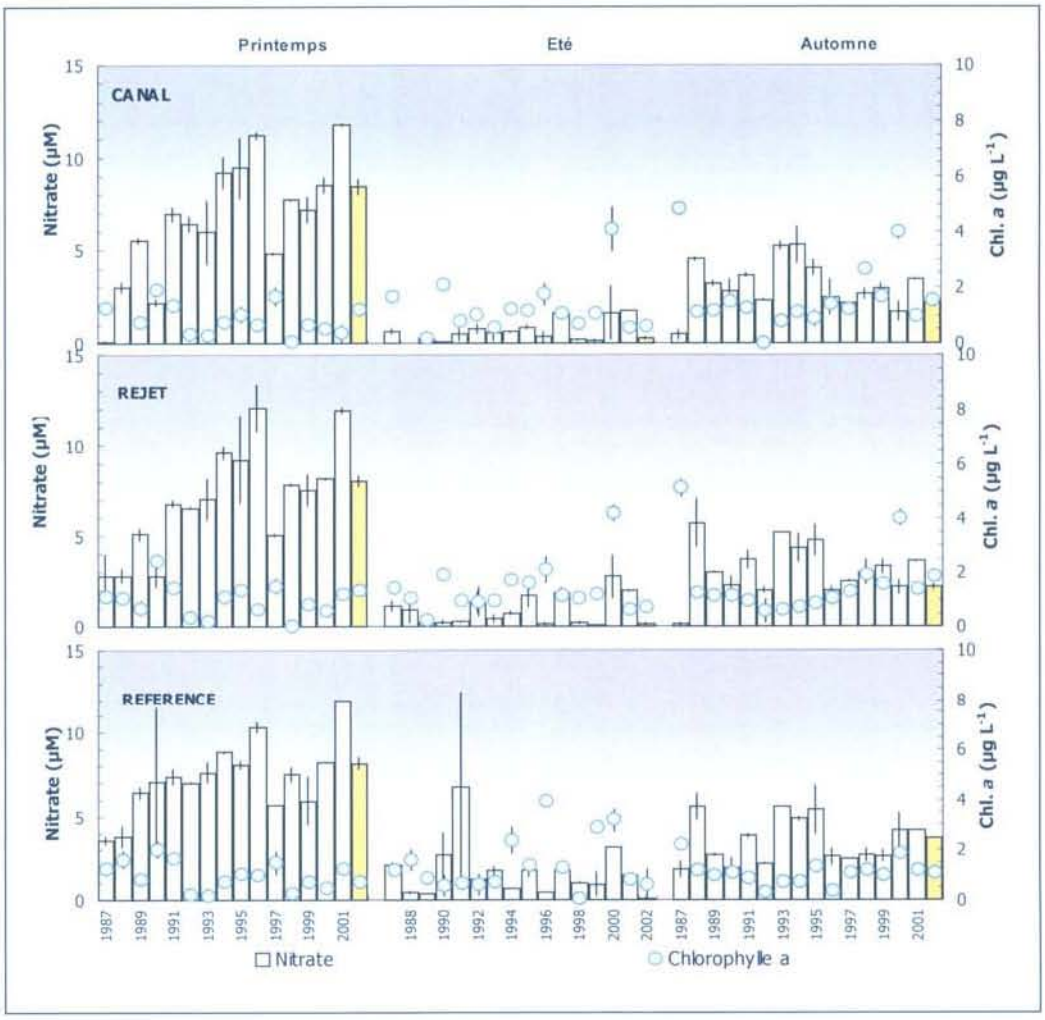


Figure 3.15 : Concentrations en nitrate dans l'eau de surface pour les campagnes de 1987 à 2002

L'été 2002 présente l'une des plus fortes limitations en nitrate enregistrées depuis 1987. Pour le nitrate, en hiver ou au début du printemps, les eaux de la Manche sont en général sous influence des eaux de l'Atlantique et caractérisées par des teneurs de l'ordre de 5 à 6 µM pour des salinités comprises entre 35,25 et 35,30 (LAANE, 1992). Lors des campagnes que nous avons menées depuis 1987, nous constatons effectivement que les valeurs observées au printemps ont été rarement inférieures à 5 µM. Les concentrations mesurées lors de la campagne de mars 2002 se situent donc dans la moyenne générale, mais sensiblement en-dessous des concentrations enregistrées en avril 2001.

Dans le cas du nitrite, les teneurs de mars 2002 sont parmi les plus fortes enregistrées depuis 1987. Cependant, elles se trouvent bien dans la gamme de concentrations (0 - 0,6 µM) couramment observées en Manche pour des salinités comprises entre 34,7 et 35,2 (LAANE, 1992).

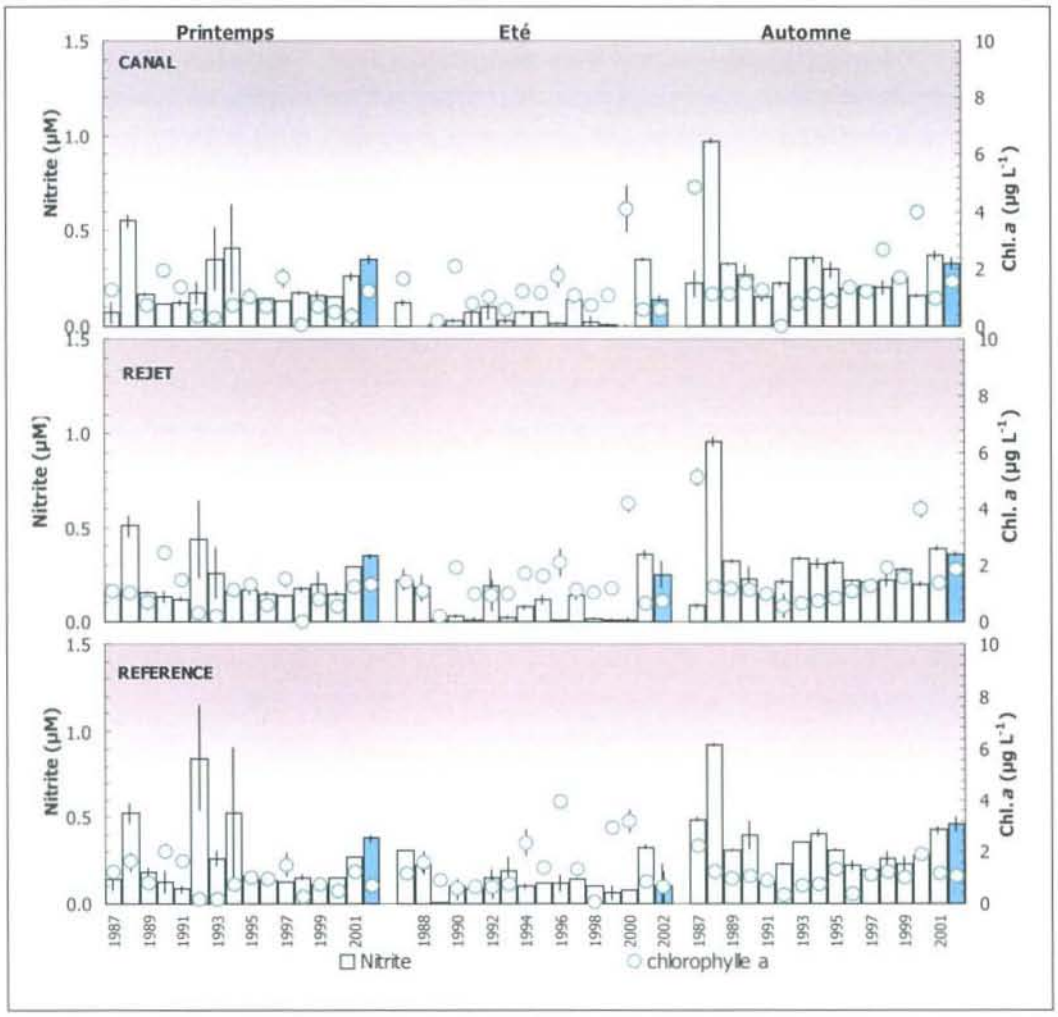


Figure 3.16 : Concentrations en nitrite dans l'eau de surface pour les campagnes 1987 à 2002

La régénération de nitrate en automne est bien mise en évidence sur la figure 3.17, où sont présentées les médianes et leur dispersion. Les plus fortes dispersions sont observées au printemps, suggérant que les prélèvements ont été réalisés, selon les années, avant ou après le premier bloom phytoplanctonique. En effet, pour une même date, il est possible de trouver des niveaux de développement du phytoplancton bien différents d'une année sur l'autre du fait de la variabilité naturelle des paramètres physiques et chimiques, eux-mêmes dépendant des conditions météorologiques.

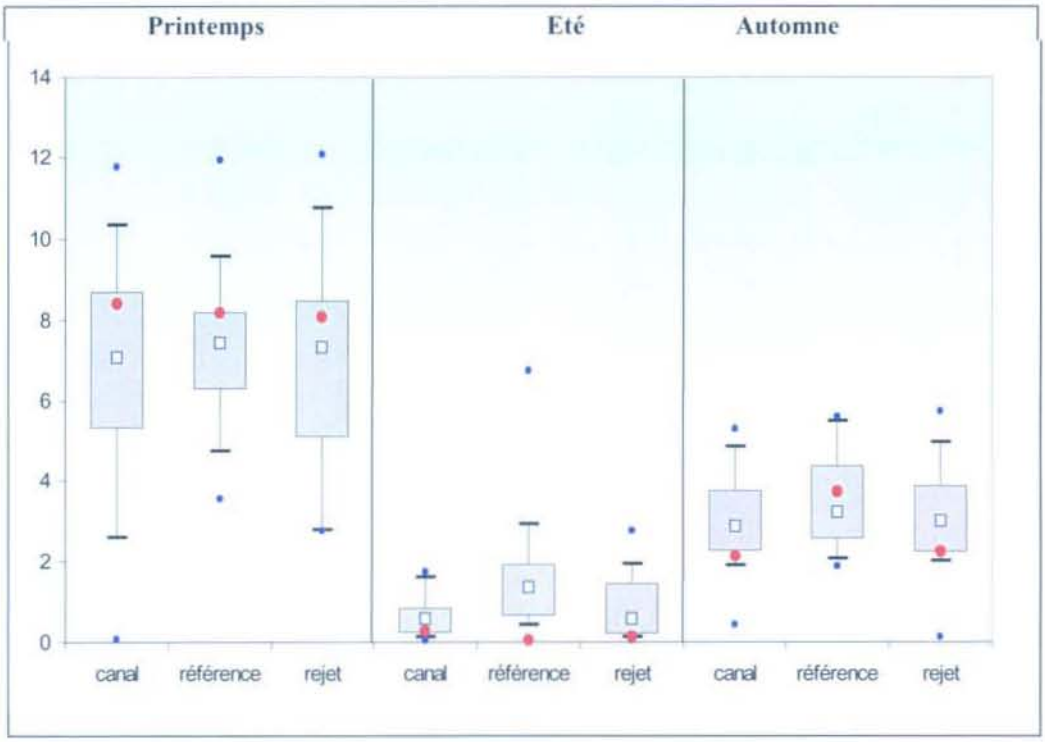


Figure 3.17 : Comparaison des distributions des concentrations en nitrate par saison et par station depuis 1987.

La figure 3.18 présente les variations du nitrite par saison. Une faible dispersion des valeurs est observée au printemps alors que des valeurs élevées sont mesurées en automne.

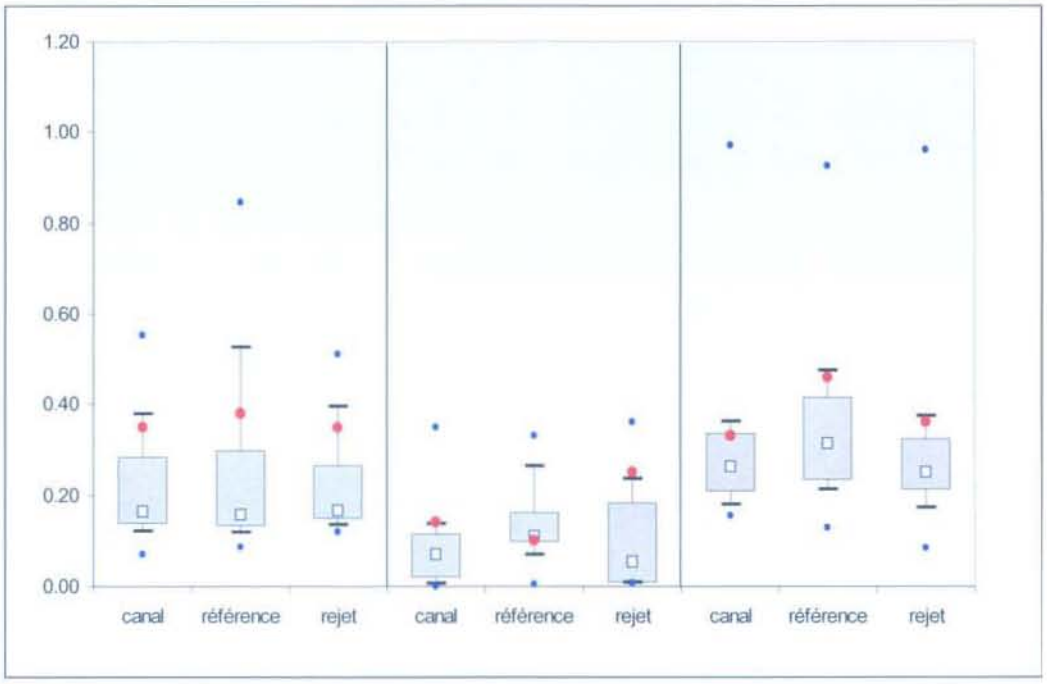


Figure 3.18 : Comparaison des distributions des concentrations en nitrite par saison et par station depuis 1987.

3.2.2.4.3 Approche statistique

Le tableau 3.7 présente les résultats des tests statistiques réalisés pour le nitrate et le nitrite entre 1987 et 2002.

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

	COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
NITRATE	CANAL / REJET	0,453	0,062	0,576
	REFERENCE / REJET	0,211	0,453	0,051
	CANAL / REFERENCE	0,802	**0,009**	**0,048**
NITRITE	CANAL / REJET	0,789	0,149	1,000
	REFERENCE / REJET	0,789	0,070	0,181
	CANAL / REFERENCE	0,579	**0,004**	0,301

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

L'ensemble des résultats statistiques issus des comparaisons des données en nitrate et en nitrite depuis 1987 indique qu'il n'y a globalement pas de différence significative entre les trois stations sauf en été entre les stations « canal » et « référence ». Remarquons toutefois qu'à propos du nitrate, le résultat du test est très proche de la valeur seuil (0,05) pour la comparaison « canal-référence ». Une différence entre les eaux côtières (« canal ») et celles du large (« référence ») est relevée en été. Enfin, il n'y a pas de différence globale à long terme entre les eaux du « canal » et celles du point « rejet », et il n'y a donc *a priori* pas de tendance mesurable sur ce paramètre sur la série de 15 années d'observations.

Finalement en 2002, les variations de teneurs en nitrate et en nitrite sont caractéristiques d'un cycle saisonnier classique. La centrale semble donc ne pas avoir d'influence significative ni sur le cycle annuel, ni sur les teneurs de ces sels nutritifs.

3.2.2.5 Phosphate et silicate

3.2.2.5.1 Variations spatiales et saisonnières

Les teneurs en phosphate mesurées au cours du programme de surveillance 2002 ont été comprises entre 0,29 et 0,70 µM au point « canal », entre 0,27 et 0,66 µM au point « rejet » et 0,25 et 0,68 µM à la « référence ». Les concentrations en silicate ont varié de 1,46 à 4,08 µM au « canal », de 1,54 à 4,16 µM au « rejet » et de 1,55 à 4,81 µM à la « référence ».

Les teneurs des deux sels présentent très peu de variabilité spatiale. Au point « référence », les teneurs sont similaires en surface et à mi-profondeur. Ces résultats sont liés au caractère homogène de la colonne d'eau dans ce secteur de la Manche. La comparaison des teneurs en phosphate et silicate aux stations « canal », « rejet » et « référence » est présentée sur les figures 3.19 et 3.20.

Les teneurs en phosphate présentent des variations saisonnières comparables à celles du nitrate. Au début du printemps, les concentrations sont élevées

sous l'influence des apports telluriques en provenance des bassins versants et du fait de la faible activité phytoplanctonique. Elles ont été du même ordre de grandeur que celles relevées par LAANE (1992) au large, en Manche occidentale (entre 0,4 et 0,5 µM pour le phosphate pour des salinités variant de 35,25 à 35,30).

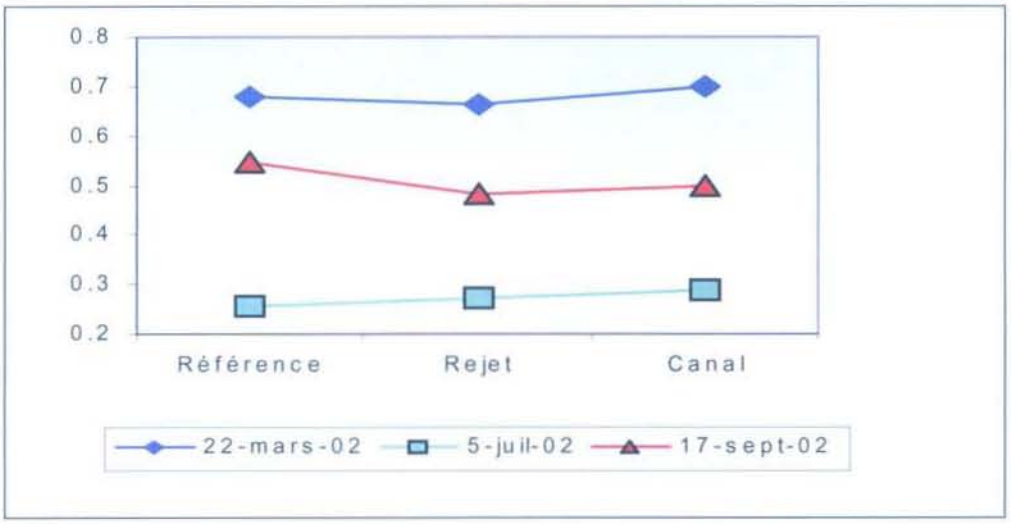


Figure 3.19 : Concentrations en phosphate (µM) dans les eaux de surface pour les campagnes 2002.

En été, les teneurs diminuent fortement en raison du développement du phytoplancton. La diminution des concentrations en silicate est attribuable à une utilisation rapide de la silice par les diatomées, espèce phytoplanctonique dominante dans ce secteur tout au long de l'année (*cf.* chapitre 3.3).

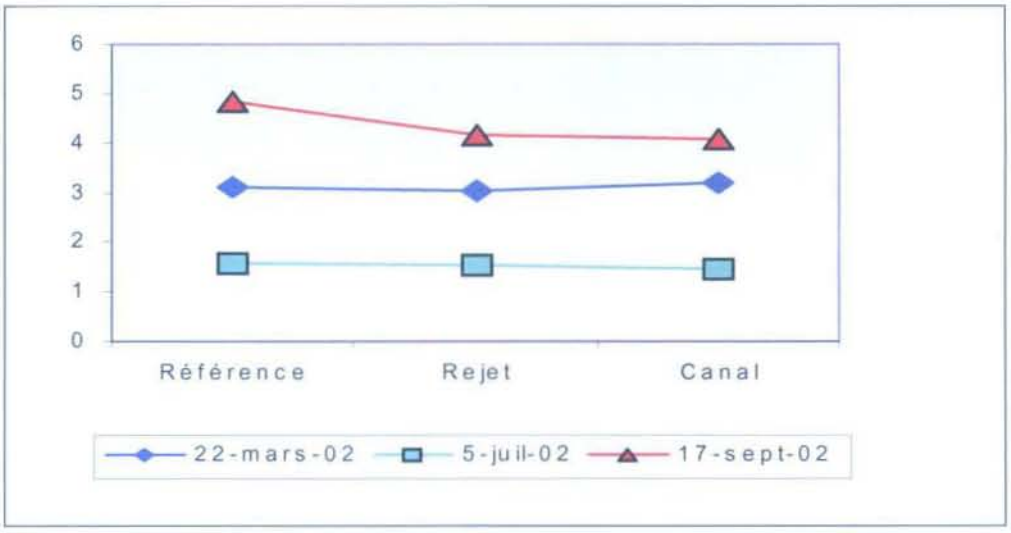


Figure 3.20 : Concentrations en silicate (µM) dans les eaux de surface pour les campagnes 2002

En automne, les teneurs des deux sels nutritifs augmentent. Cette accumulation dans la colonne d'eau doit correspondre à des processus de régénération. Notons que celle de la silice biogénique est en générale plus marquée que celle du phosphate sur le plateau continental Atlantique français (RAGUENEAU *et al.*, 1994 ; LAMPERT, 2001).

3.2.2.5.2 Variations inter-annuelles

Les variations des concentrations en phosphate et silicate sur la période 1987-2002 sont présentées sur les figures 3.21 et 3.22 respectivement.

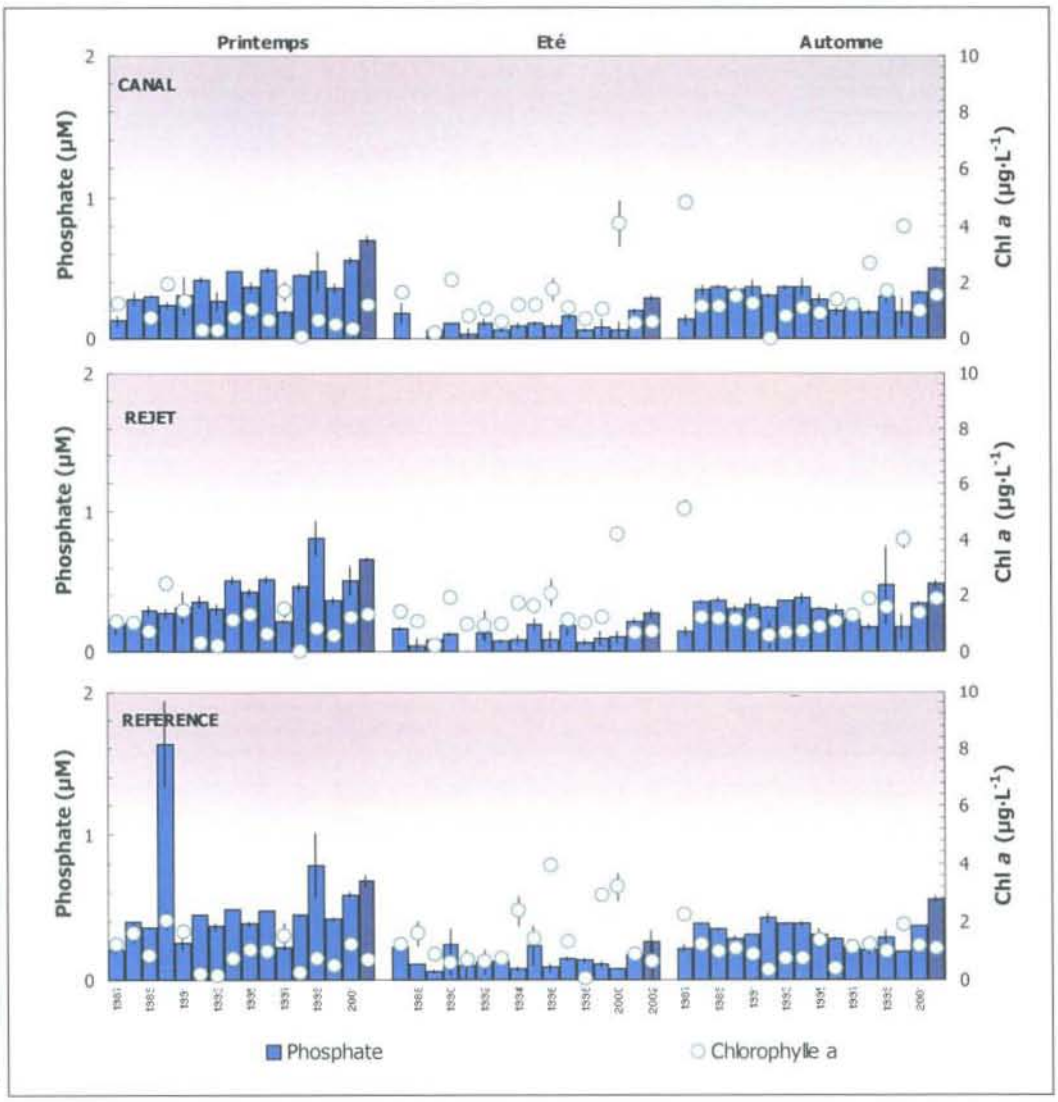


Figure 3.21 : Concentrations en phosphate dans l'eau de surface lors des campagnes 1987 à 2002.

Les valeurs de phosphate enregistrées en 2002 ont été parmi les plus fortes observées au printemps depuis 1987, et indiscutablement les plus fortes pour les périodes d'été et d'automne. Le silicate est cependant resté dans des valeurs moyennes et inférieures à celles observés en 2001.

La tendance saisonnière avec consommation des nutriments en été et régénération en automne est bien mise en évidence dans les figures 3.23 et 3.24. Le silicate semble avoir une plus forte dispersion que le phosphate, avec une plus faible différence entre les médianes du printemps et celles de l'été.

La tendance sur les 15 dernières années est donc en accord avec les cycles phytoplanctoniques saisonniers traditionnellement décrits dans la littérature scientifique.

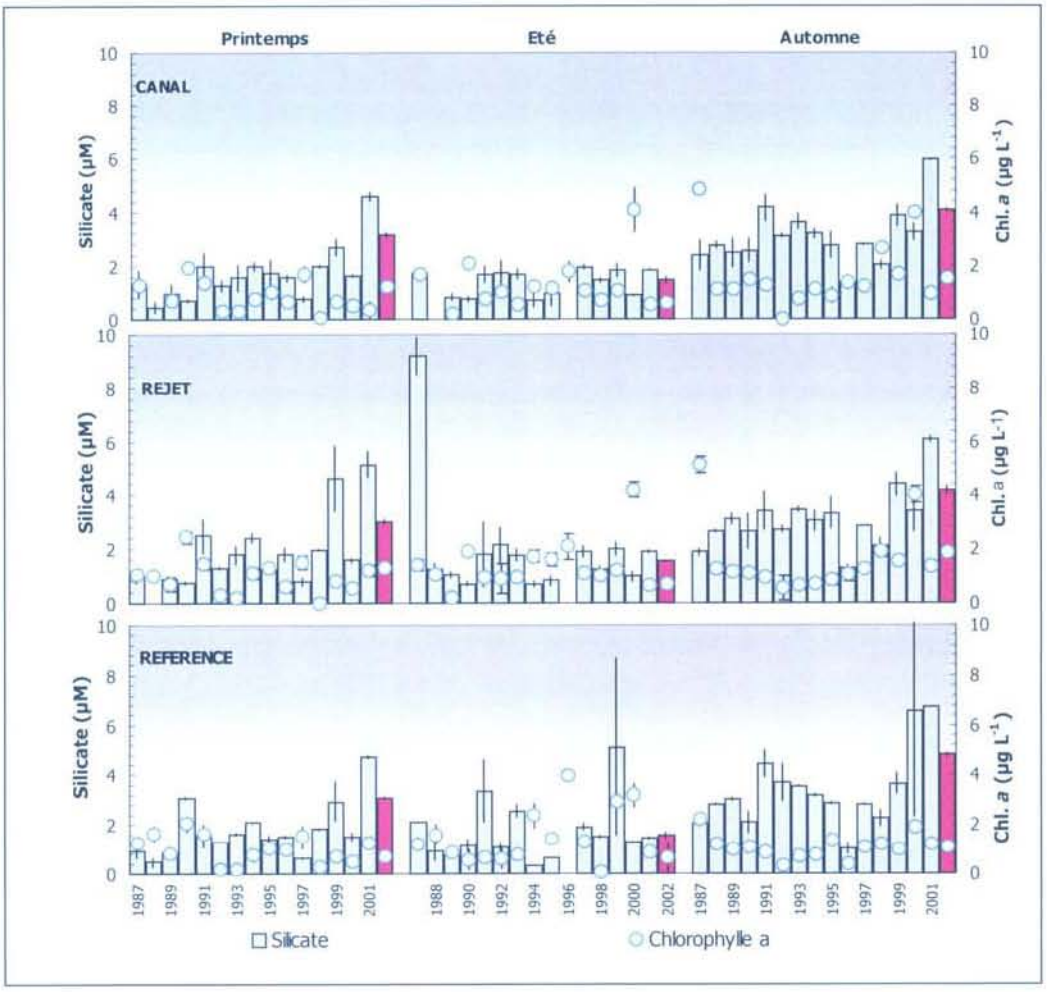


Figure 3.22 : Concentrations en silicate dans l'eau de surface lors des campagnes 1987 à 2002.

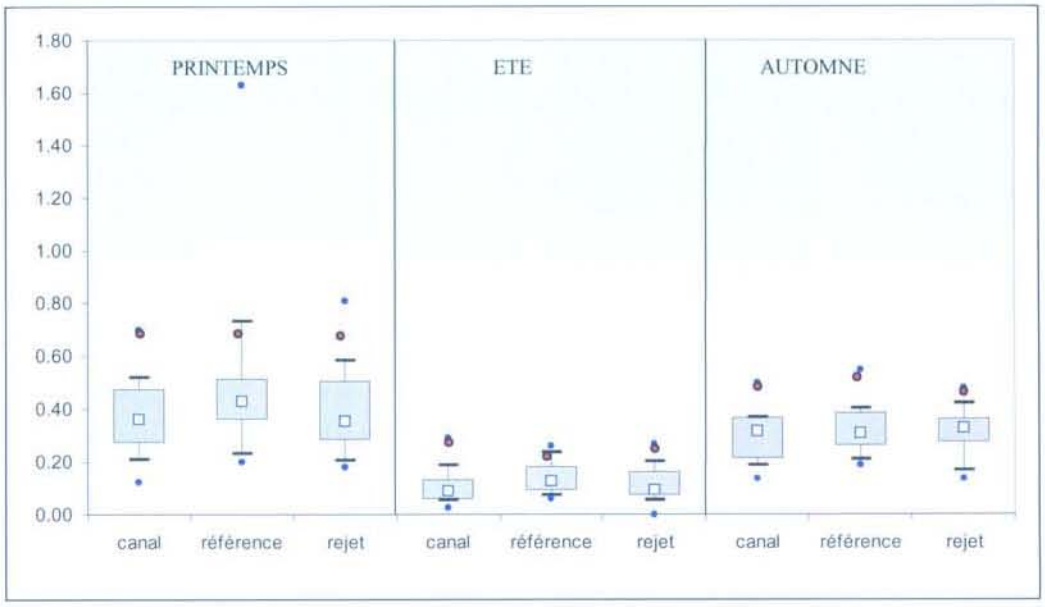


Figure 3.23 : Comparaison des distributions des concentrations en phosphate par saison et par station depuis 1987.

Les phosphates semblent pourtant rester dans des concentrations plus élevées que celles enregistrées sur le plateau continental Atlantique français, où il a été constaté une forte consommation du phosphore minéral.

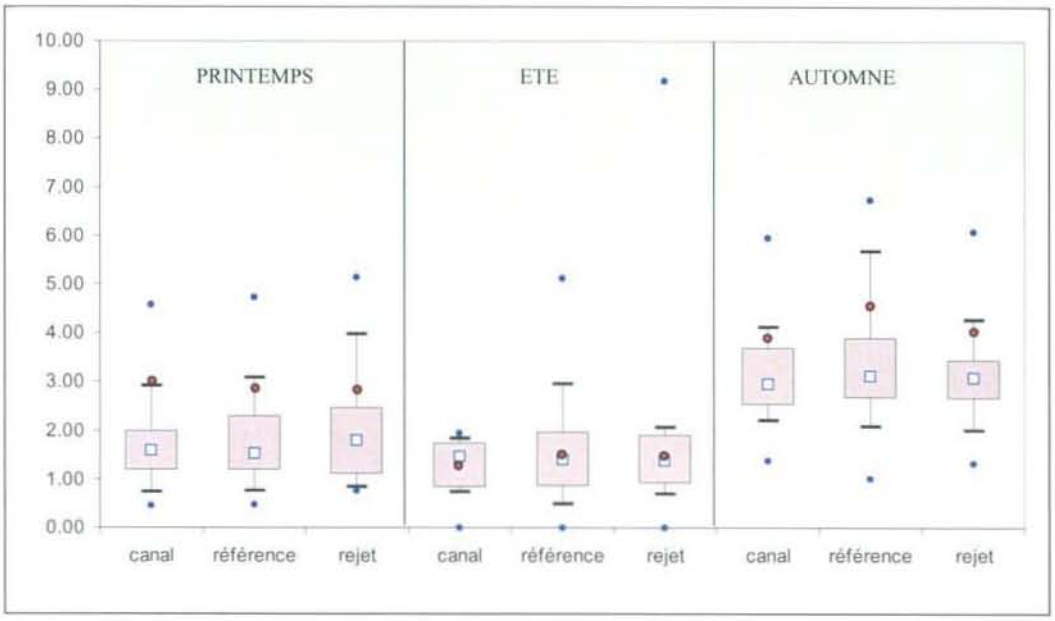


Figure 3.24 : Comparaison des distributions des concentrations en silicate par saison et par station depuis 1987.

3.2.2.5.3 Approche statistique

Les résultats des tests statistiques réalisés sur les teneurs en phosphate et en silicate aux différentes stations sont présentés dans le tableau 3.8. Cette étude révèle qu'il n'existe généralement pas de différence significative de teneurs sur la période 1987-2002 entre les stations.

	Comparaison	Printemps	Ete	Automne
Phosphate	Canal / Rejet	0,422	0,139	0,999
	Reference / Rejet	0,453	0,065	0,423
	Canal / Reference	**0,039**	**0,025**	0,089
Silicate	Canal / Rejet	0,605	0,605	0,910
	Reference / Rejet	**0,039**	1,000	0,453
	Canal / Reference	0,802	0,999	0,211

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

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

Seules les teneurs en phosphate s'avèrent significativement différentes au printemps et en été entre les points « canal » et « référence ». Cependant, notons leurs « *p-value* » proches du seuil de 0.05.

La centrale peut représenter une source de phosphate. Les circuits pour le refroidissement de l'îlot nucléaire sont alimentés en eau déminéralisée conditionnée au phosphate trisodique (Na_3PO_4). Les purges des circuits auxiliaires occasionnent des rejets qui atteignent environ 1 T· an^{-1}

(*cf.* Rapport annuel de surveillance de l'environnement ; EDF). Les résultats des tests statistiques montrent que ces rejets ne sont pas perceptibles.

Les teneurs en phosphate et en silicate semblent présenter des variations saisonnières classiques. Finalement la centrale, via ses rejets, ne semble donc ne pas avoir d'impact sur les teneurs et sur les variations saisonnières de ces deux nutriments.

3.2.3 Conclusion

Les résultats du programme de surveillance 2002 du site de Flamanville montrent l'influence des conditions météorologiques sur les caractéristiques hydrologiques de la colonne d'eau. En raison des fortes précipitations, les plus faibles salinités depuis 1987 ont été observées en été et sur certaines stations au printemps. Il en a résulté des teneurs en sels nutritifs relativement élevées par rapport aux données acquises les années précédentes dans le cadre du programme IGA, mais également par rapport aux concentrations habituellement observées dans ce secteur de la Manche. Une exception est à remarquer, le nitrate en été, qui contrairement aux autres nutriments, a présenté de très faibles concentrations.

La campagne du mois de septembre a permis de constater l'homogénéité de la masse d'eau entre les points « canal », « rejet » et « référence », la centrale de Flamanville étant à l'arrêt total (homogénéité des températures et des salinités). La température en mars et juillet a présenté un gradient croissant « référence » - « canal » - « rejet ». La température plus élevée dans le « canal » par rapport à la « référence » pourrait être attribuée à une reprise partielle des eaux du « rejet ».

Les nutriments mesurés lors des campagnes 2002 semblent avoir suivi un cycle saisonnier classique : consommation par le phytoplancton des sels nutritifs entre le printemps et l'été suite à l'augmentation de l'ensoleillement, suivi de processus de régénération en automne.

Les nutriments ont présenté une plus forte concentration au point « référence » pendant la campagne de septembre, bien que la centrale soit à l'arrêt. La biomasse phytoplanctonique a été, inversement, la plus faible à cette station « référence ».

L'augmentation de l'ammonium et du nitrite au point « référence » pourrait être attribuée à une plus forte activité hétérotrophe (broutage), ce qui pourrait expliquer la diminution de biomasse phytoplanctonique malgré la disponibilité des nutriments

Un récapitulatif des paramètres présentant des différences significatives identifiées à partir de l'étude statistique réalisée sur les données acquises depuis 1987 est présenté dans le tableau 3.9. Cette étude révèle que la température présente toujours des valeurs significativement plus élevées à la station « rejet » qu'aux autres stations, ce qui est attendu. Cependant, les mesures indiquent que l'impact thermique est relativement réduit. En effet,

les échantillons prélevés aux abords du rejet (environ 20 m) présentent des taux de dilution importants (plus de 90% en moyenne depuis 1987). D'ailleurs, la modélisation du rejet montre que l'évolution spatiale de la tâche thermique est fortement dépendante des courants de marée, mais que l'impact thermique reste très localisé dans un panache autour de la centrale et près des côtes.

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

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

Les autres paramètres (salinité, sels nutritifs) présentent peu de différences significatives entre les stations. Les données des 15 années de surveillance n'ont pas permis de déceler d'anomalie dans le cycle saisonnier de ces paramètres hydrologiques entre le point « référence », considéré comme n'étant pas influencé par les rejets de la centrale, et les points « rejet » et « canal ».

Finalement, le principal impact sur l'écosystème est l'échauffement de l'eau aux abords proches du site. La centrale via ses rejets ne semble donc pas modifier les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu (teneurs et variations saisonnières).

3.3 Phytoplancton

L'étude quantitative de l'activité photosynthétique de la population phytoplanctonique complétée par la détermination de la biomasse et l'identification et le dénombrement des cellules, permet de suivre l'évolution des populations et d'évaluer l'influence des facteurs abiotiques.

L'activité photosynthétique d'une population phytoplanctonique dépend de la quantité et de la qualité des pigments contenus dans leurs chloroplastes ainsi que de la quantité d'énergie lumineuse reçue. La biomasse du phytoplancton est souvent exprimée par la concentration de la chlorophylle *a*, présente dans tous les organismes autotrophes.

Une population jeune en voie de développement produira une quantité importante de chlorophylle *a* et à l'inverse, une population vieillissante verra son taux de pigments dégradés (phéopigments) augmenter.

C'est au moyen des descripteurs précités que ce chapitre traitera des résultats quantitatifs et qualitatifs de l'étude des populations phytoplanctoniques présentes lors de trois campagnes de surveillance réalisées en 2002.

3.3.1 Matériel et méthode

Les prélèvements d'eau en vue de l'étude du phytoplancton sont réalisés aux mêmes points et niveaux que pour les paramètres physico-chimiques et avec le même matériel (*cf.* § 3.1 et 3.2.1.1). Les prélèvements sont effectués pour chaque station en surface avec deux bouteilles Niskin. A chaque point de prélèvement, deux réplicats par bouteille sont réalisés pour les analyses de chlorophylle *a*. Pour la mesure de la production primaire, le nombre d'échantillons est doublé.

3.3.1.1 Mesure de la chlorophylle

La quantité de chlorophylle *a* est mesurée par la méthode spectrophotométrique monochromatique de LORENZEN (1967). Un échantillon d'un litre environ est filtré aussitôt après le prélèvement sur un filtre en fibre de verre type GF/F Whatman.

Les filtres sont ensuite congelés à l'obscurité jusqu'au dosage. L'extraction se fait par addition de 10 ml d'acétone à 90 % (90/10, acétone/eau) pendant 18 heures à l'obscurité. Après centrifugation à 3 000 tours pendant 15 mn, le surnageant est placé dans une cuve de trajet optique de 10 cm. L'absorption est alors mesurée à différentes longueurs d'onde sans acidification dans un premier temps, puis après acidification (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

La méthode de mesure de la production primaire a été conçue par STEEMAN NIELSEN (1951, 1952) et décrite en détail par BROUARDEL et RINK (1963). Elle consiste à mesurer la quantité de carbone 14 (^{14}C) retenue par les organismes d'un échantillon d'eau de mer pendant un laps de temps donné. Une quantité connue de carbonate de sodium à atome de carbone radioactif est introduite dans un échantillon d'eau de mer. Grâce à la photosynthèse, les organismes autotrophes contenus dans l'échantillon assimilent le carbone pour élaborer leur matière organique (croissance, reproduction). Après un temps déterminé d'exposition à la lumière (incubation), l'échantillon est filtré. L'activité du ^{14}C contenu dans les organismes retenus par le filtre est mesurée et comparée à l'activité du $NaH^{14}CO_3$ introduit.

La quantité de carbone assimilée par unité de temps varie selon le nombre et l'état physiologique des organismes, la qualité de la lumière (intensité, longueur d'onde) et la constitution physico-chimique de l'eau de mer échantillonnée.

Le ^{14}C mesuré sur le filtre ne correspond pas entièrement au carbone assimilé par photosynthèse. A ce dernier s'ajoute le carbone absorbé par processus physique ou par les bactéries. Pour estimer l'absorption du carbone par des phénomènes autres que la photosynthèse, l'échantillon d'eau est placé à la fois dans un flacon à parois claires et dans un flacon à parois obscures. L'inoculation et l'incubation des deux sous-échantillons

s'effectuent dans les mêmes conditions. Les résultats présentés correspondent aux incubations des flacons clairs.

3.3.1.2 Etude systémique du phytoplancton

100 ml d'échantillon sont fixés par du Lugol acide à bord du bateau immédiatement après le prélèvement. Au laboratoire, 10 ml d'échantillon sont mis à décanter dans des cuves pendant 4 heures selon la technique d'Utermöhl (UTHERMÖHL, 1958). La détermination et le comptage des espèces s'effectue avec un microscope inversé Olympus à contraste de phase. Au moins 100 cellules sont dénombrées afin d'obtenir une précision d'au moins ± 20% (LUND, 1958).

Les résultats sont rendus en nombre de cellules par litre et par espèce.

3.3.2 Résultats

Les résultats obtenus en 2002 sont présentés dans le tableau 3.10 ci-dessous.

	(Valeurs moyennes ± écart type)	Canal d'amenée *(n=4)*	Rejet *(n=4)*	Référence	
				Surface *(n=2)*	- 10 m *(n=2)*
22 Mars	*Chlorophylle a (µg· L⁻¹)*	1,20 ± 0,24	1,31 ± 0,17	0,70 ± 0,08	0,91 ± 0,23
	Phaéopigments (µg· L⁻¹)	0,99 ± 0,23	0,94 ± 0,25	0,17 ± 0,08	0,63 ± 0,04
	Prod. Primaire (mg C· m⁻³· h⁻¹)	4,65 ± 1,54	5,97 ± 0,71	3,54 ± 0,22	3,07 ± 1,11
	µphytoplancton (nbre· L⁻¹)	29 000	34 000	49 000	51 000
05 Juillet	*Chlorophylle a (µg· L⁻¹)*	0,59 ± 0,11	0,72 ± 0,10	0,64 ± 0,61	1,01 ± 0,23
	Phaéopigments (µg· L⁻¹)	0,24 ± 0,15	0,27 ± 0,14	0,93 ± 1,24	0,14 ± 0,19
	Prod. Primaire (mg C· m⁻³· h⁻¹)	3,06 ± 0,44	3,40 ± 0,33	4,76 ± 0,90	4,74 ± 1,18
	µphytoplancton (nbre· L⁻¹)	67 000	56 000	111 000	192 000
17 Septemb	*Chlorophylle a (µg· L⁻¹)*	1,55 ± 0,19	1,87 ± 0,10	1,07 ± 0,15	1,12 ± 0,23
	Phaéopigments (µg· L⁻¹)	0,51 ± 0,11	0,81 ± 0,16	0,32 ± 0,22	0,37 ± 0,20
	Prod. Primaire (mg C· m⁻³· h⁻¹)	6,53 ± 0,84	6,53 ± 2,18	2,50 ± 0,71	2,73 ± 1,23
	µphytoplancton (nbre· L⁻¹)	331000	222 000	62 000	80 000

Tableau 3.10 : Moyenne et écart type des paramètres phytoplanctoniques au droit du CNPE de Flamanville en 2002

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

3.3.2.1 Biomasse chlorophyllienne

3.3.2.1.1 Variations spatiales et saisonnières

Au cours de l'année 2002, les valeurs de chlorophylle *a* s'échelonnent entre 0,59 µg· L^{-1} au point canal en juillet et 1,87 µg· L^{-1} au point rejet en septembre (Figure 3.25). Ces valeurs mettent en évidence la très faible biomasse phytoplanctonique de la zone d'étude lors des trois campagnes

réalisées en 2002 par rapport aux valeurs fournies par GENTILHOMME ET LIZON (1998).

Les plus fortes valeurs en chlorophylle *a* ont été observées en septembre et les plus faibles en juillet. Les plus faibles valeurs de chlorophylle sont généralement mesurées au point « référence ». Cette faible biomasse, en corrélation avec les fortes concentrations en nutriments, nitrite et ammonium observées, suggère l'action de broutage par le zooplancton au point « référence » (*cf.* § 3.2.2.4.1.) ou l'existence d'un démarrage d'efflorescence côtier qui gagne peu à peu le large.

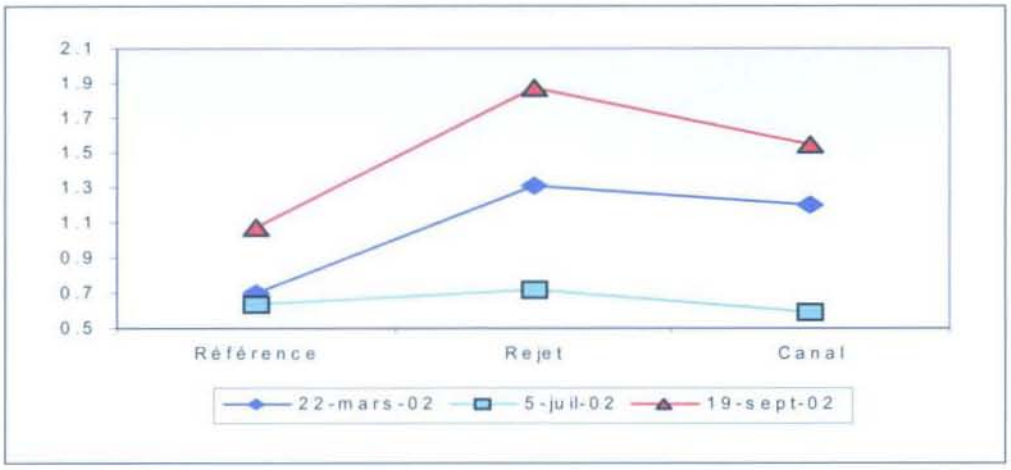


Figure 3.25 : Evolution de la chlorophylle sur les trois campagnes de surveillance 2002.

3.3.2.1.2 Variations inter-annuelles

Les valeurs de concentration en chlorophylle ont présenté peu de variations par rapport à celles observées pendant l'été 2001. Le printemps a été moins contrasté, avec des valeurs similaires dans le « rejet », plus fortes dans le « canal » et inférieures dans la « référence ». L'automne présentait des concentrations plus élevées dans le « canal » et le « rejet » (figure 3.26).

La figure 3.27 montre qu'il y a au printemps une plus faible dispersion des valeurs par rapport aux deux autres saisons. Les boîtes (50 % des valeurs et 80 % dans les moustaches) restent homogènes entre elles avec peu de variabilité sur les trois stations. L'été présente une plus forte dispersion avec de boîtes relativement réduites et dont les tailles sont proches de celles du printemps. Les moustaches par contre, s'étalent vers les fortes valeurs, les valeurs extrêmes atteignant 4 $\mu g \cdot L^{-1}$. Bien qu'en automne les boîtes soient plus réduites, la forte dispersion des valeurs est toujours présente avec des valeurs maximales jusqu'à 5 fois supérieures à la médiane. Le point « référence » présente cependant une plus faible dispersion de valeurs et une médiane sensiblement inférieure à celles des autres points.

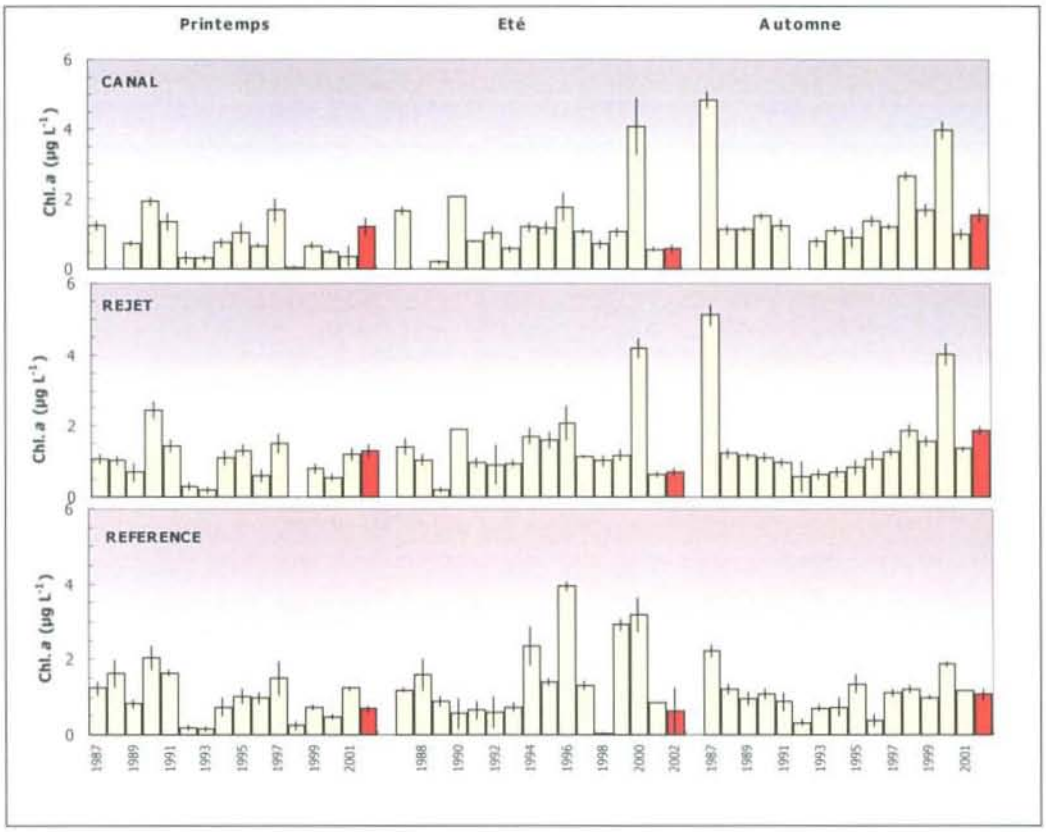


Figure 3.26 : Evolution de la chlorophylle de 1987 à 2002.

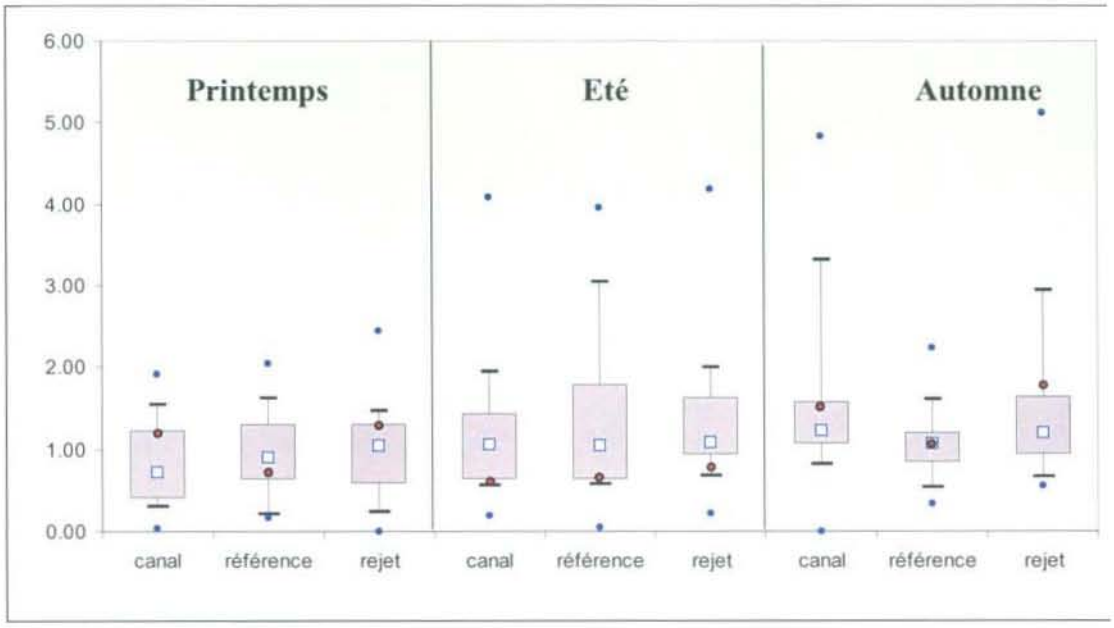


Figure 3.27 : Evolution de la chlorophylle de 1987 à 2002.

3.3.2.1.3 Approche statistique

Les test statistiques présentés dans le tableau 3.11 confirment les tendances pluriannuelles déjà mises en évidence par la figure 3.27. Il faut noter essentiellement la différence significative observée en automne entre les points « canal » et « référence », et celle de l'été entre les points « canal » et « rejet ».

Tableau 3.11 : « p-value » des tests statistiques sur la chlorophylle.

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	0,789	**0,024**	0,610
REFERENCE / REJET	1,000	0,470	0,080
CANAL / REFERENCE	0,860	0,735	**0,024**

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

D'après la figure 3.27 et le tableau 3.11 nous pouvons alors affirmer que la plus faible biomasse phytoplanctonique observé dans le point « référence » en septembre 2002 est un phénomène récurrent observé sur l'ensemble des campagnes automnales.

3.3.2.2 Production primaire

3.3.2.2.1 Variations spatiales et saisonnières

Les valeurs mesurées en 2002 sont comprises entre 2,50 mg C· m^{-3}· h^{-1} en septembre au point « référence » et 6,53 C· m^{-3}· h^{-1} en septembre au « canal » et au « rejet » (Figure 3.28).

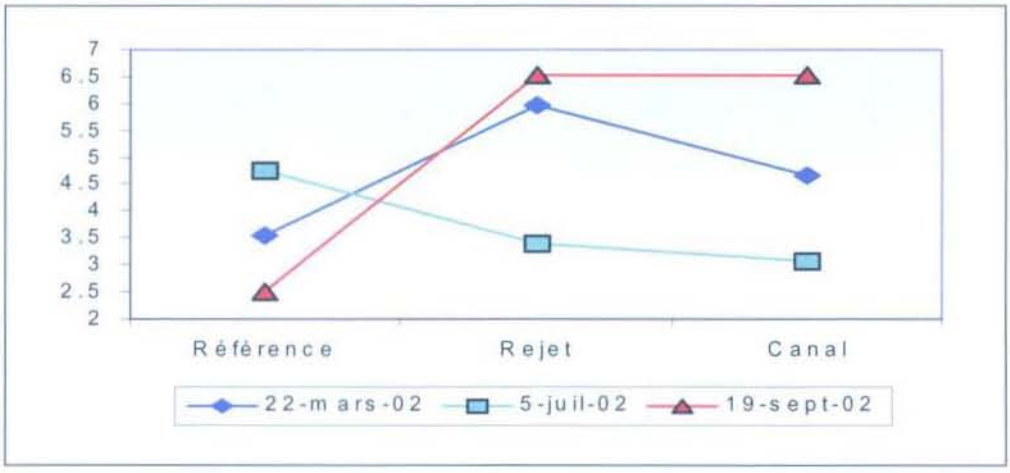


Figure 3.28 : Evolution de la production primaire lors des trois campagnes de surveillance 2002

Les plus faibles valeurs de production primaire sont observées au printemps sur le point « référence ». En automne, le même schéma se reproduit avec une plus forte étendue.

Cette évolution suit de près celle de la biomasse chlorophyllienne présentée en figure 3.26. La situation de l'été est plus atypique car elle présente une évolution spatiale inverse, avec une diminution des valeurs de la station « référence » vers le « rejet » et le « canal ».

3.3.2.2.2 Variations inter-annuelles

Toutes les valeurs de production primaire obtenues en 2002 sont supérieures à celles observées en 2001, à l'exception de celle enregistrée au point « référence » en septembre (figure 3.29). Les écarts les plus importants par rapport aux valeurs de 2001 sont obtenus pour le mois de mars avec des valeurs de deux à quatre fois supérieures.

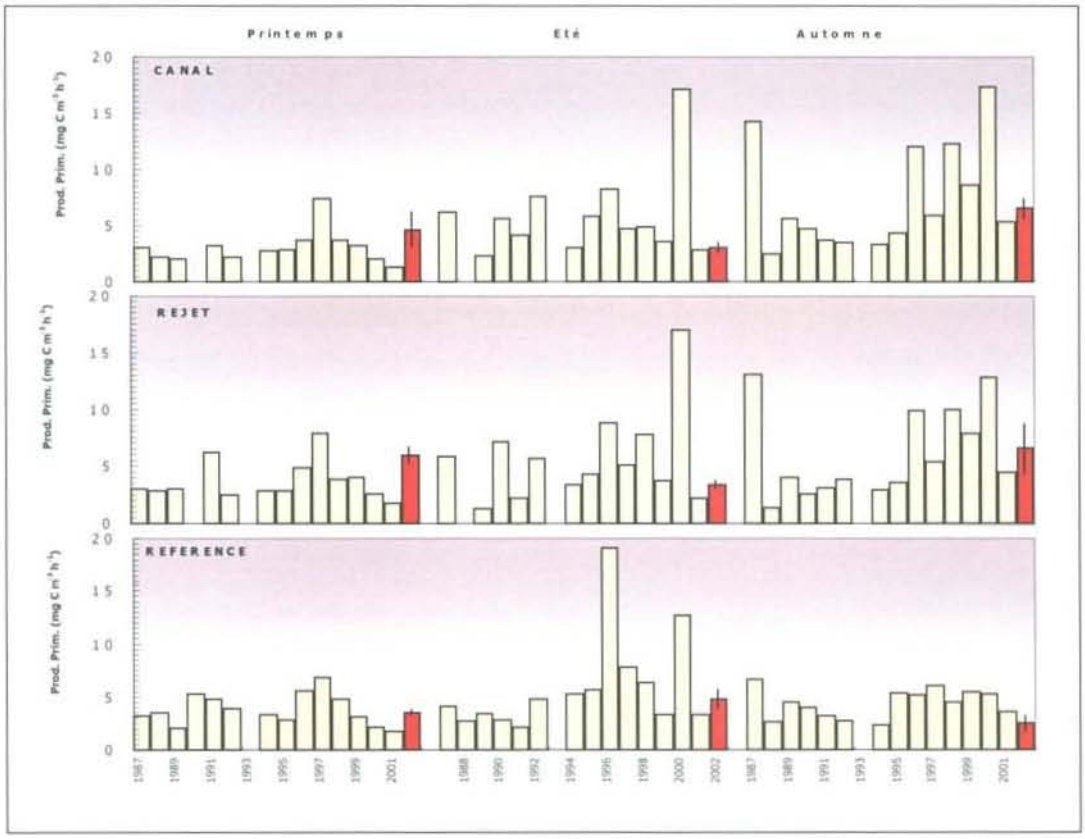


Figure 3.29 : Evolution de la Production primaire de 1987 à 2002.

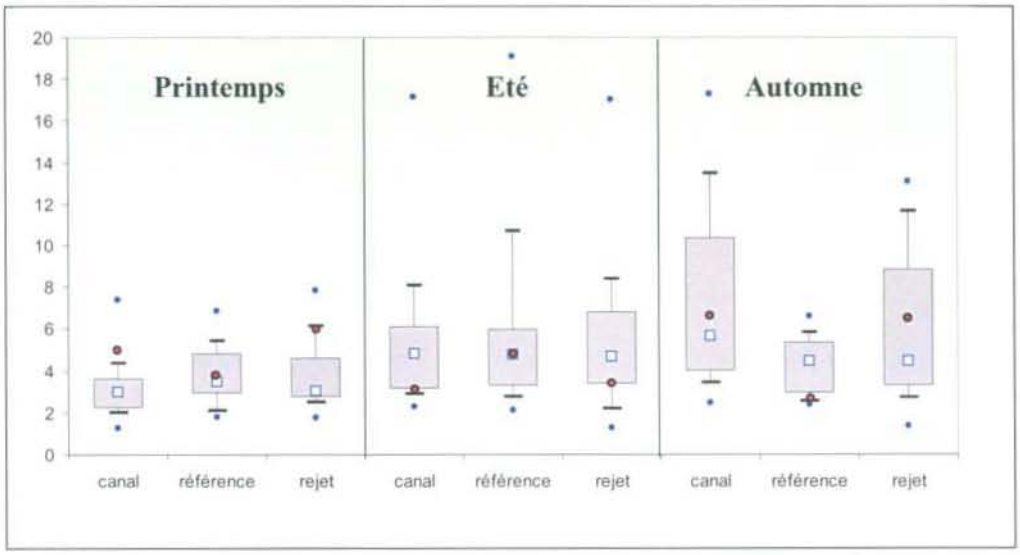


Figure 3.30 : Evolution de la Production primaire de 1987 à 2002.

Tout comme pour la biomasse chlorophyllienne, la dispersion des valeurs observées sur les trois stations en mars est moindre qu'en juillet et septembre (Figure 3.30).

Les valeurs des médianes sont inférieures à celles de juillet et septembre, mettant en évidence une moins forte production primaire au printemps. Les valeurs estivales présentent les plus fortes dispersions.

Le point « référence » en automne présente une étonnamment faible dispersion des valeurs par rapport à celles des points « canal » et « rejet ».

Il reste difficile d'expliquer cette faible dispersion au point « référence » qui présente en plus, une médiane plus faible. Le contrôle de la biomasse phytoplanctonique par le broutage du zooplancton affecterait-il aussi la production primaire ? *A priori* la réponse est non, car il peut y avoir une forte production avec une faible biomasse. Ici les deux sont corrélées.

3.3.2.2.3 Approche statistique

A l'exception de l'automne, où les trois stations présentent des différences significatives entre elles, seule la différence « canal-rejet » au printemps est significative (Tableau 3.12). Sur la série 1987-2002, les différences entre les trois stations automnales se confirment.

Tableau 3.12 : « p-value » des tests statistiques sur la production primaire

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	**0,026**	0,748	**0,003**
REFERENCE / REJET	0,528	1,000	**0,038**
CANAL / REFERENCE	0,059	1,000	**0,007**

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

3.3.2.3 Microphytoplancton

3.3.2.3.1 Variations spatiales et saisonnières

Les dénombrements microphytoplanctoniques effectués en 2002 sont présentés figure 3.31. Ils sont exprimés en nombre de cellules par litre.

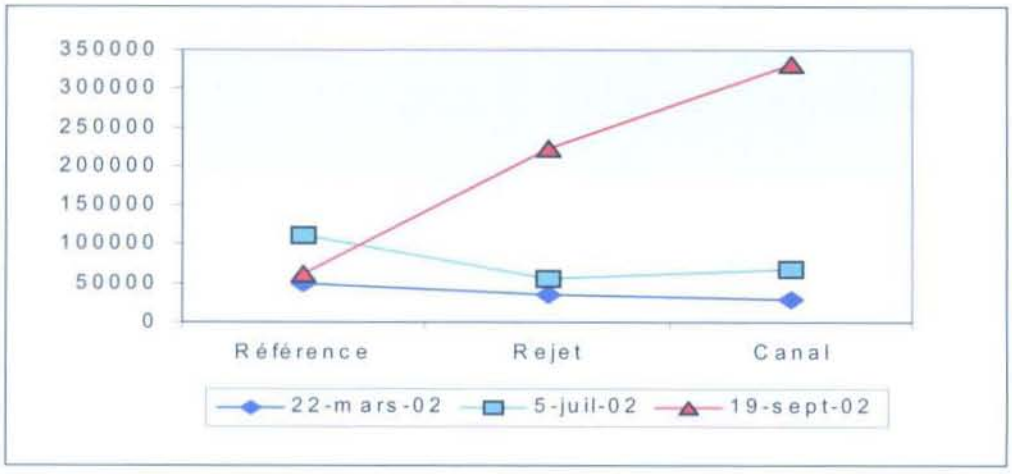


Figure 3.31 : Abondances microphytoplanctoniques pour l'année 2002.

Les plus fortes abondances ont été observées sur le point « canal » en septembre avec 331 000 cel.· L^{-1} et les plus faibles sur le même point en mars, avec 29 000 cel.· L^{-1}. Au printemps et en été, l'abondance phytoplanctonique est plus forte sur la « référence » qu'au « rejet » et au « canal ». En septembre, un gradient décroissant côte-large est observé avec un maximum au « canal » sept fois plus important que dans la « référence ».

3.3.2.3.2 Variations inter-annuelles

Toutes les abondances cellulaires en 2002 ont été supérieures à celles observées en 2001, notamment pour le mois de septembre, où la station « canal » enregistre une augmentation d'un facteur 3 (331 000 cel· L^{-1} ; figure 3.32).

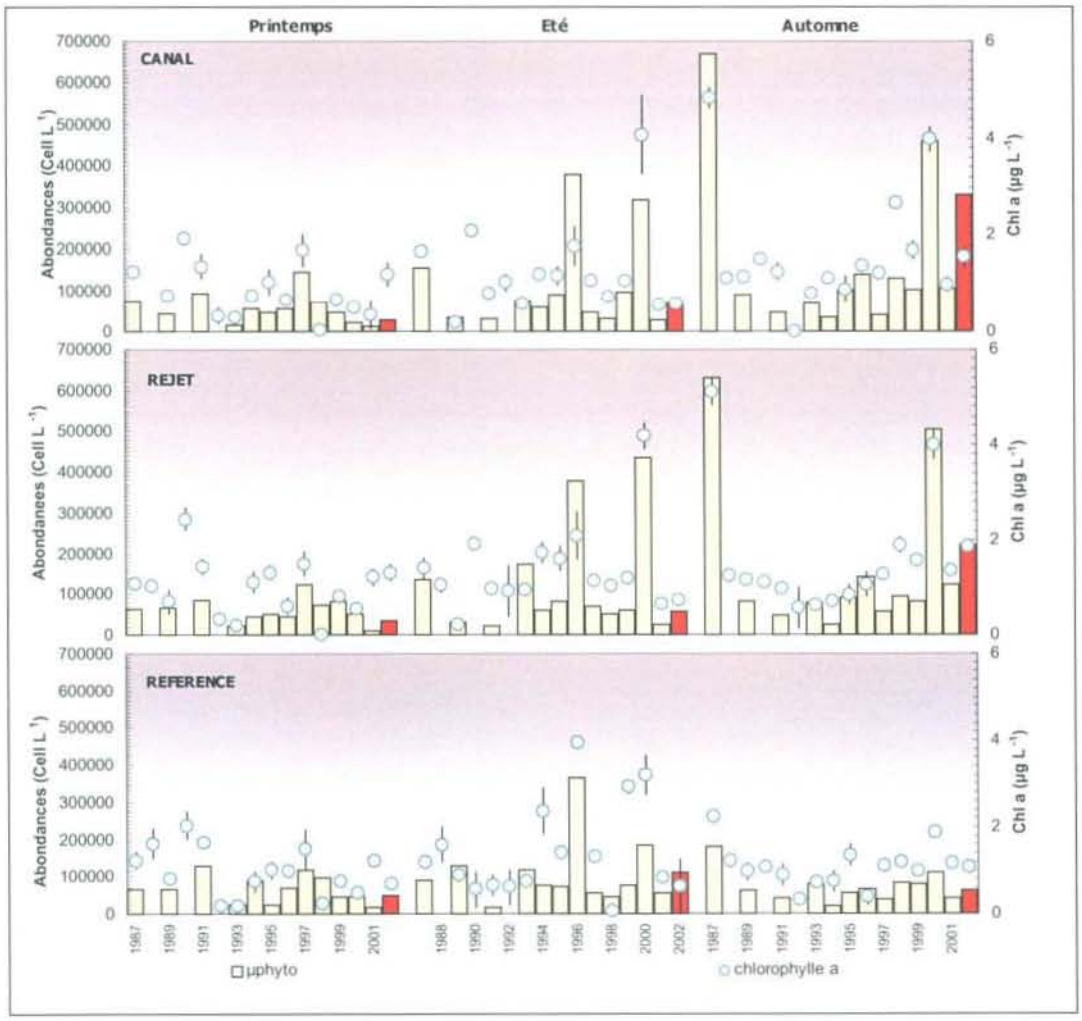


Figure 3.32 : Evolution de l'abondance phytoplanctonique de 1987 à 2002

Les valeurs printanières et estivales peuvent être considérées à l'intérieur du cadre moyen de l'ensemble des valeurs obtenues depuis 1987. L'automne présente des valeurs au-dessus de la moyenne aux points « canal » et « rejet ».

Suivant le schéma déjà mis en évidence par la chlorophylle *a* et par la production primaire, l'abondance phytoplanctonique présente les plus faibles valeurs et dispersions au printemps (figure 3.3x). En juillet et septembre les dispersions de valeurs autour de la médiane sont jusqu'à six fois supérieures. Cette dispersion n'est pas homogène. Les boîtes (contenant 50 % des valeurs) sont relativement réduites et se situent dans la zone des faibles valeurs en été et en automne. La variabilité peut donc être plus forte certaines années en été et en automne.

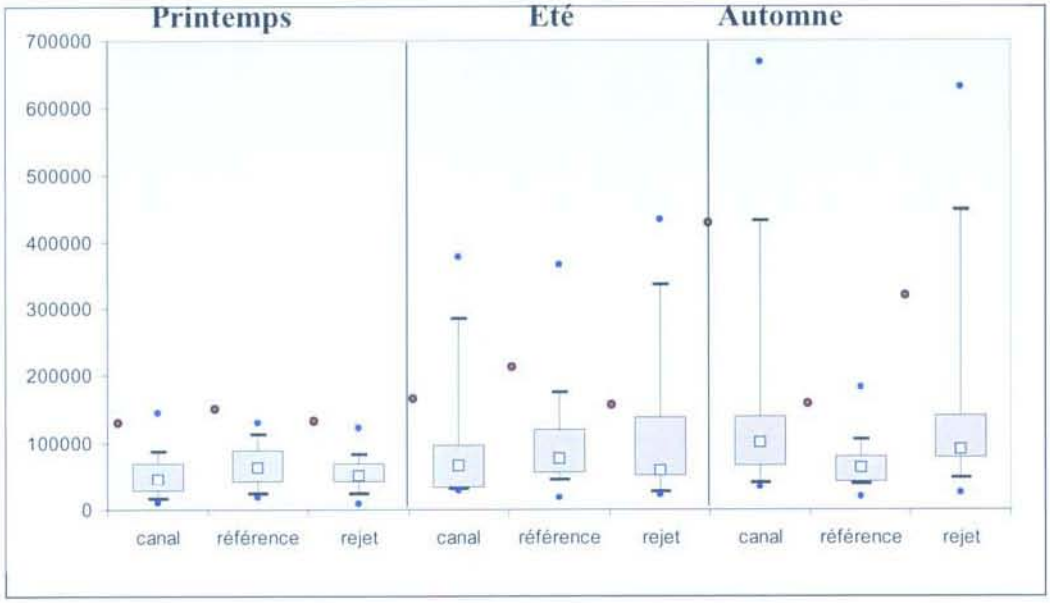


Figure 3.33 : Evolution de l'abondance phytoplanctonique de 1987 à 2002.

3.3.2.3.3 Approche statistique

Les tests statistiques du tableau 3.13 confirment, tout comme pour la production primaire, l'existence d'une différence significative entre le point « référence » et les deux autres stations au mois de septembre.

Tableau 3.13 : « p-value » des tests statistiques sur l'abondance phytoplanctonique.

COMPARAISON	PRINTEMPS	ETE	AUTOMNE
CANAL / REJET	0,520	0,773	1,000
REFERENCE / REJET	0,312	0,579	**0,005**
CANAL / REFERENCE	0,094	0,969	**0,009**

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

3.3.2.4 Populations phytoplanctoniques observées en 2002

Le but de ce suivi n'est pas d'étudier l'évolution saisonnière de chaque population mais de détecter depuis la mise en service de la centrale, un éventuel déséquilibre dans les successions phytoplanctoniques. Les résultats sont exprimés en nombre de cellules par litre et en dominance (%) par rapport à la population microphytoplanctonique totale.

Il faut noter que certaines espèces ont été regroupées car difficilement identifiables par microscopie optique. D'autres ont été identifiées au niveau du genre ou de la classe algale. La fraction microphytoplanctonique en 2002 a été synthétisée en quatre grandes classes : Diatomées, Dinoflagellés, Euglénophycées et Silicoflagellés. En 2002, 65 taxons (taxons plus classes algales) ont été dénombrés. Les diatomées représentent plus de 93 % de la communauté microphytoplanctonique, et peuvent atteindre 100 % au printemps (tableau 3.14).

Tableau 3.14 : Abondances des principales classes algales pour l'année 2002.

Campagne	Station	MICROPHYTOPLANCTON				TOTAL	Dinoflagellés	Diatomées
		diatomées	dinoflagellés	euglènes	silicoflagellés		%	%
IGA 2002-1	canal	28800	0	0	0	28800	0	100
IGA 2002-1	rejet	34000	0	0	0	34000	0	100
IGA 2002-1	ref surf	48700	0	0	0	48700	0	100
IGA 2002-1	ref 1/2 prof.	50700	200	0	100	51000	1	99
IGA 2002-2	canal	62600	4200	200	0	67000	6	93
IGA 2002-2	rejet	53000	3000	400	0	56400	5	94
IGA 2002-2	ref surf	109800	1200	200	200	111400	1	99
IGA 2002-2	ref 1/2 prof.	188600	3400	200	200	192400	2	98
IGA 2002-3	canal	320200	9600	1000	0	330800	3	97
IGA 2002-3	rejet	216800	4200	800	0	221800	2	98
IGA 2002-3	ref surf	60000	400	800	400	61600	1	97
IGA 2002-3	ref 1/2 prof.	76700	1700	1600	0	80000	2	96

L'essentiel du microphytoplancton est composé par des diatomées sur les zones côtières de l'Atlantique nord-est. Cependant il faut garder à l'esprit que bien souvent la fraction nanophytoplanctonique (espèces algales dont la taille est comprise entre 2 µm et 20 µm), difficilement accessible par le microscope optique, peut devenir majoritaire tant par son abondance que par sa biomasse (LAMPERT, 2001).

Les Cryptophycées, représentantes du nanophytoplancton, ont été dénombrées en juillet et en septembre avec des abondances comprises entre 81 000 cel· L^{-1} et 495 000 cel· L^{-1} en septembre. Ceci donne la mesure de l'importance de la fraction nanophytoplanctonique.

Les principales espèces dénombrées en 2002 ont été les suivantes :

Tableau 3.15 : Abondances des principaux genres de diatomées pour l'année 2002.

Campagne	Station	DIATOMEES							Cumul
		Rhizosolenia	Nitzschia	Chaetoceros	Thalassiossira	Skeletonema	Pseudonitzschia	Thalasionema	%
IGA 2002-1	canal	2	13	0	6	68	0	0	89
IGA 2002-1	rejet	3	7	0	7	74	0	0	91
IGA 2002-1	ref surf	0	8	0	7	68	0	0	83
IGA 2002-1	ref 1/2 prof	0	8	0	5	66	0	0	79
IGA 2002-2	canal	55	0	14	5	0	9	7	90
IGA 2002-2	rejet	70	0	2	3	0	7	4	86
IGA 2002-2	ref surf	74	0	7	3	0	6	3	93
IGA 2002-2	ref 1/2 prof	72	0	9	2	0	8	1	92
IGA 2002-3	canal	12	0	51	13	9	7	2	94
IGA 2002-3	rejet	12	0	44	11	16	9	2	94
IGA 2002-3	ref surf	12	0	24	11	40	3	3	93
IGA 2002-3	ref 1/2 prof	7	1	29	11	30	7	7	92

Mars 2002 : Les colonies de la diatomée *Skeletonema costatum* ont représenté de 66 % à 74 % de l'abondance microphytoplanctonique (tableau 3.15 et figure 3.34). *Nitszchia longissima*, *Thalassiossira sp.* et

Synedra sp. se trouvaient avec des valeurs inférieures à 10 %. *Synedra* est une espèce d'eau douce ou saumâtre qui peut se trouver plus facilement en hiver ou au printemps en eau de mer, quand les rivières sont en crue. Pratiquement aucun dinoflagellé n'a été observé pendant cette campagne printanière.

Juillet 2002 : Le genre le plus représenté parmi les diatomées en été est sans conteste le genre *Rhizosolenia*. L'espèce coloniale *Rhizosolenia delicatula* représente de 38 % à 47 % de la fraction microphytoplanctonique, suivie de *Rhizosolenia fragilissima*, avec des dominances comprises entre 9 % et 15 %. Ces dernières sont confirmées par la littérature qui signale que des fortes abondances de *Rhizosolenia delicatula* sont observées tous les ans sur les côtes Atlantiques et de la Manche (KLEIN et SOURNIA, 1987).

Les dinoflagellés ont représenté au mieux 6 % de l'abondance microphytoplanctonique. Les genres rencontrés ont été *Gymnodinium*, *Scrippssiella*, *Gyrodinium* et *Protoperidinium*.

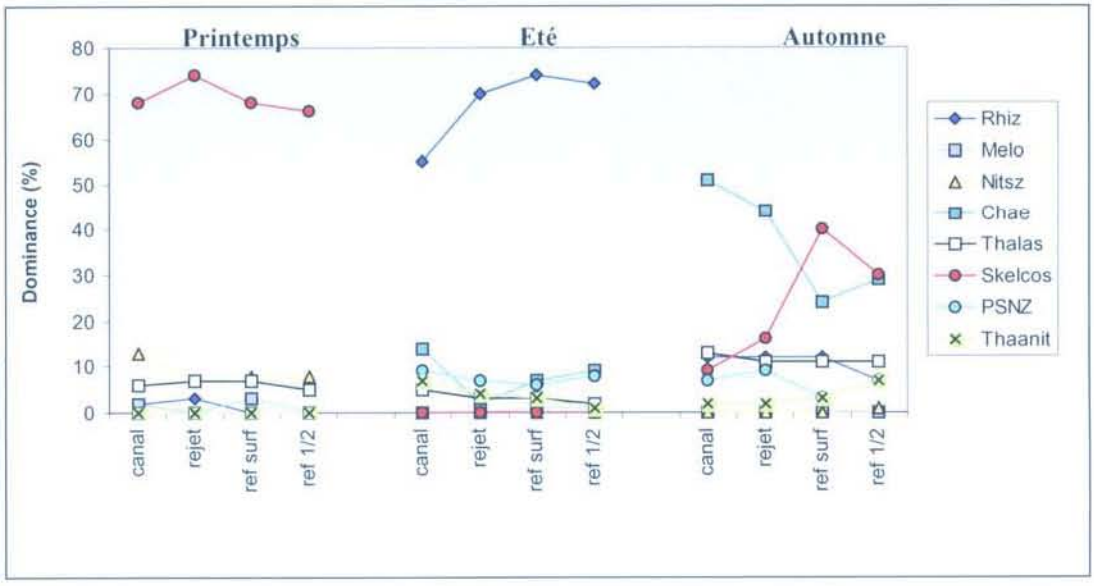


Figure 3.34 : Distribution des abondances en diatomées pour l'année 2002.

Septembre 2002 : Les genres les plus observés en septembre ont été *Chaetoceros*, *Pseudonitzschia*, *Skeletonema*, *Rhizosolenia* et *Thalassiossira*. *Pseudonitzschia*, *Rhizosolenia* et *Thalassiossira* ont été observés avec des dominances de 3 % à 11 % sur l'ensemble des stations, contrairement à *Chaetoceros* qui s'est trouvé avec des valeurs de dominance supérieures à 44 % sur les points « canal » et « rejet » et inférieures à 28 % sur la « référence ». *Skeletonema* a suivi le schéma inverse, avec des dominances de 9 % et 16 % dans le « canal » et le « rejet » et de 29 % et 39 % sur la « référence » (surface et 10 mètres de profondeur respectivement).

La plus forte dominance de dinoflagellés a été observée sur le point « canal » avec 3 %. Le genre *Gymnodinium* a été le plus représenté dans cette fin d'été.

L'indice de diversité H' de Shannon (SCHERRER, 1984) permet d'obtenir une caractérisation de la diversité du peuplement phytoplanctonique. Plus sa valeur est faible, plus la diversité l'est également, et plus le peuplement est pauvre. La figure 3.35 représente l'évolution de cet indice pour l'ensemble des campagnes menées en 2002.

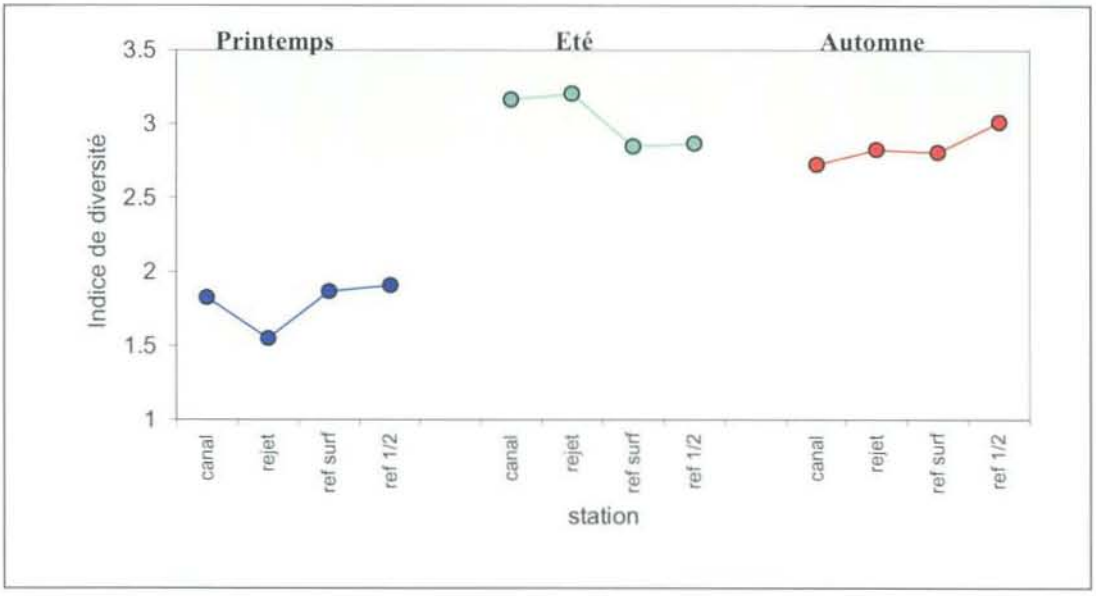


Figure 3.35 : Distribution de l'indice de diversité de Shannon pour l'année 2002.

Nous observons une évolution saisonnière de la diversité microphytoplanctonique. Le printemps présente la plus faible valeur, les peuplements étant tous majoritairement composés de Diatomées. Ces diatomées, constitutives des efflorescences de printemps ont une stratégie du type « r », caractérisée par des taux de croissance élevés et un comportement écologique « opportuniste » (KILHAM et KILHAM, 1980). En été et en début d'automne, les peuplements sont plus diversifiés, avec des populations adoptant une stratégie du type « k » avec des taux de croissance bas et une meilleure adaptation à l'utilisation des faibles concentrations en nutriments. C'est le cas particulièrement des petites cellules de Diatomées et des Dinoflagellés.

Les indices de Shannon par saison sont tout à fait comparables sur les différents points de suivi et ne permettent donc pas de mettre en évidence un impact de la centrale sur la diversité des peuplements phytoplanctoniques.

3.3.3 Comparaison des résultats obtenus aux points « canal » et « rejet »

Le calcul du déficit en biomasse phytoplanctonique au point rejet par rapport au canal d'amenée se calcule au moyen de la formule ci-dessous :

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

V_a : valeur observée au canal d'amenée

V_r : valeur observée au canal rejet

En utilisant les valeurs mesurées en 2002 pour les paramètres chlorophylle, production primaire et abondance phytoplanctonique, les déficits obtenus sont les suivants (Tableau 3.16).

Tableau 3.16 : Déficits des trois paramètres étudiés entre les points « canal » et « rejet ».

(%)	*Chlorophylle a*	*Production primaire*	*µphytoplancton*
22 MARS	- 8	- 28	- 17
5 JUILLET	- 22	- 11	+ 16
17 SEPTEMBRE	- 20	0	+ 33

Sur l'ensemble de l'année, deux « déficits » sont mis en évidence (pour le compartiment « microphytoplancton » en été et en automne). Les autres paramètres présentent une plus forte valeur à la sortie du « rejet » que celle enregistrée au point « canal ».

Ces différences peuvent s'expliquer par le temps de transit de l'eau de mer entre son entrée dans le canal d'amenée et sa sortie aux rejets, estimé à quelques heures, alors que les prélèvements sont faits à 30 minutes d'intervalle. Ces résultats peuvent donc s'expliquer aisément par la variabilité spatiale du milieu marin.

3.3.4 Conclusion

La biomasse chlorophyllienne, la production primaire et les abondances cellulaires montrent des évolutions inter-annuelle et saisonnière similaires. Le cycle phytoplanctonique annuel correspond au cycle classiquement décrit en Atlantique, avec des biomasses comprises entre 0,1 et 8 $\mu g.L^{-1}$. Les plus faibles variabilités annuelles de la biomasse, de la production primaire et de l'abondance sont celles observées sur l'ensemble de points au printemps et, pour le cas particulier du point « référence », en automne.

Les dénombrements microphytoplanctoniques sur le site de Flamanville montrent la régularité du phénomène au cours duquel la population de la période "hivernale", peu développée et dominée par l'espèce *Skeletonema costatum*, est remplacée en été par une population plus diversifiée, mais constituée pour l'essentiel par des Diatomées du genre *Rhizosolenia* (essentiellement *Rhizosolenia delicatula*). Les abondances par espèce et par station ne présentent pas de variations pouvant mettre en cause l'activité de la centrale. Leur évolution dans le temps ne semble pas non plus être différente de celle des eaux de l'Atlantique.

Nous ne pouvons donc pas conclure à l'existence d'un déséquilibre du milieu par l'activité de la centrale de Flamanville, à partir de l'étude du compartiment phytoplanctonique tant en 2002 que les années précédentes.

3.4 Zooplancton

En 2002, les trois campagnes de prélèvements ont eu lieu les 22 mars, 5 juillet et 17 septembre. A chaque campagne, les trois points suivis depuis mai 1987 sont étudiés : Canal d'amenée, Rejet, et Référence.

Pour chaque point, sept réplicats de pêche sont effectués à l'aide d'un filet à plancton triple de type WP_2, 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 congelés afin d'évaluer la biomasse (mesure du poids sec et des poids de carbone et d'azote) ; le septième est formolé en vue de l'étude qualitative et quantitative des espèces animales.

3.4.1 Etude de la biomasse zooplanctonique globale

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

	CANAL	REJET	REFERENCE
Poids sec en mg/m³			
Mars	33.7 ± 4.6	7.6 ± 1.0	6.6 ± 1.2
Juillet	12.0 ± 3.6	8.6 ± 1.4	18.2 ± 2.7
Septembre	22.0 ± 4.2	6.5 ± 0.8	7.5 ± 1.1
Poids de carbone en mg/m³			
Mars	6.8 ± 2.3	2.0 ± 0.6	2.1 ± 0.5
Juillet	3.7 ± 0.9	2.4 ± 0.3	6.1 ± 1.0
Septembre	6.0 ± 1.4	2.0 ± 0.3	2.4 ± 0.3
Poids d'azote en mg/m³			
Mars	1.0 ± 0.4	0.3 ± 0.1	0.5 ± 0.1
Juillet	0.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1	1.3 ± 0.2
Septembre	1.1 ± 0.3	0.4 ± 0.1	0.5 ± 0.1
Rapport C/N			
Mars	5.8 ± 0.3	6.7 ± 0.6	4.6 ± 0.1
Juillet	7.6 ± 0.7	5.7 ± 0.4	4.5 ± 0.1
Septembre	5.4 ± 0.3	4.9 ± 0.2	4.5 ± 0.1

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

En mars, sur le point Rejet, et en juillet sur le point Canal d'amenée, le rapport carbone / azote est élevé par rapport aux valeurs habituellement rencontrées. Cette anomalie est directement liée au prélèvement qui contenait de nombreuses algues rouges, source de carbone, naturellement présentes aux abords de la centrale de Flamanville.

3.4.1.1 Poids sec

En mars, il se dessine un gradient décroissant de la côte (33,7 ± 4,6 mg/m³ au point Canal d'amenée), vers le large (6,6 ± 1,2 mg/m³ au point Référence). Sur le point Canal d'amenée, la valeur obtenue est la plus élevée des trois campagnes. Cette valeur ne correspond pas à une abondance

zooplanctonique (3 874 ind./10m^3), mais à la présence d'algues rouges, particulièrement nombreuses dans cet échantillon.

En juillet et septembre, les valeurs du poids sec les plus basses se situent au point Rejet (respectivement 8,6 ± 1,4 mg/m^3 et 6,5 ± 0,8 mg/m^3).

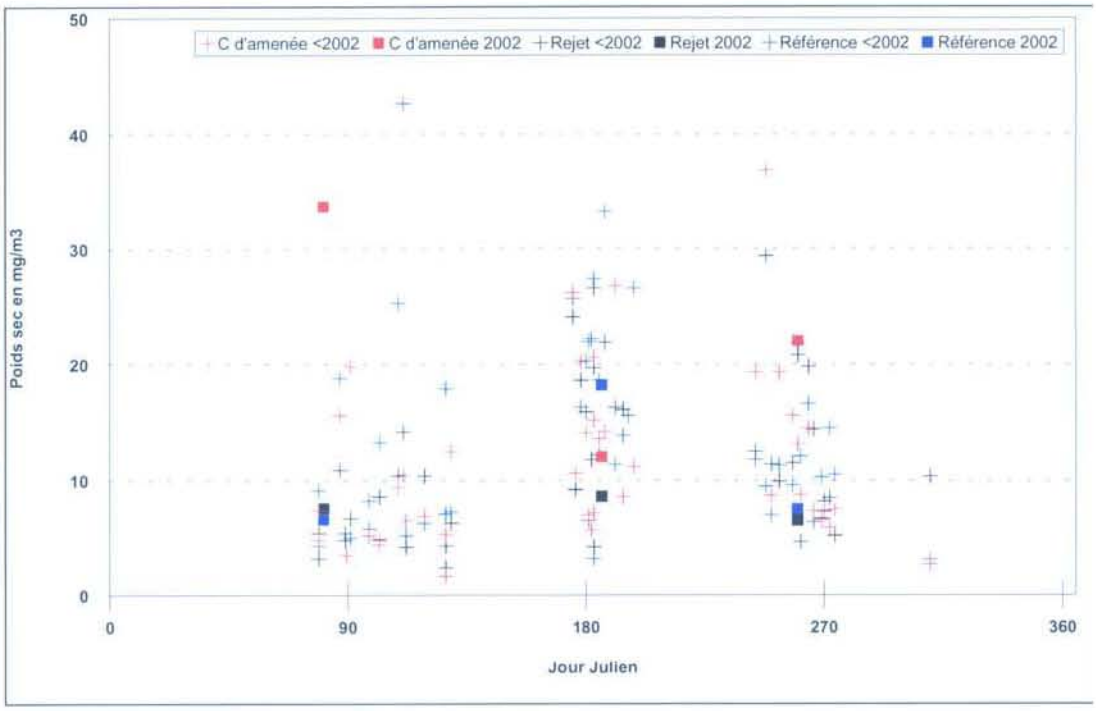


Figure 3.36 : Poids sec en mg/m^3 ; comparaison de l'année 2002 avec les années antérieures.

Globalement, les valeurs de poids sec observées cette année sont comprises dans la fourchette de celles rencontrées depuis que s'effectue la surveillance sur ce site (figure 3.36). La valeur élevée observée sur le point canal d'amenée en mars (présence d'algues rouges) est hors du nuage de points.

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

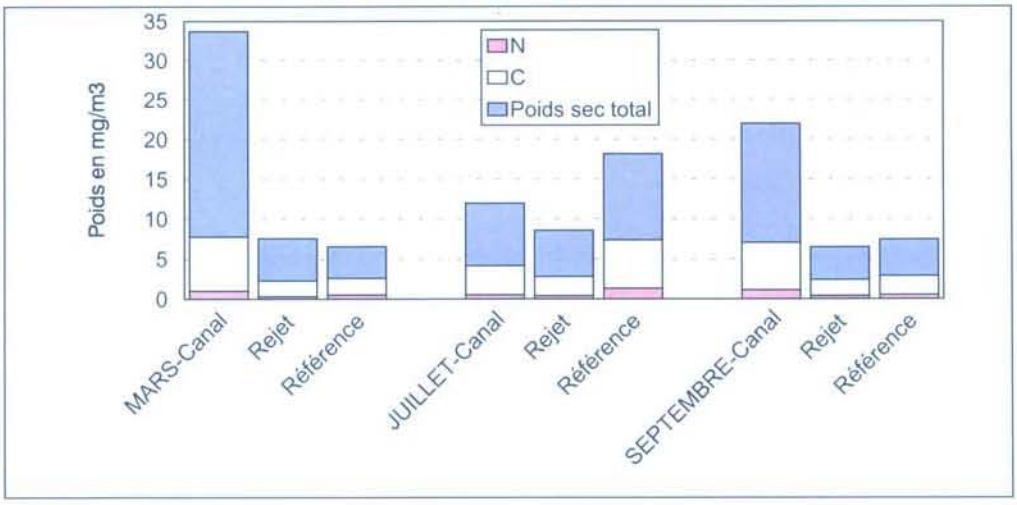


Figure 3.37 : Poids de carbone et d'azote dans la biomasse sèche en 2002.

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

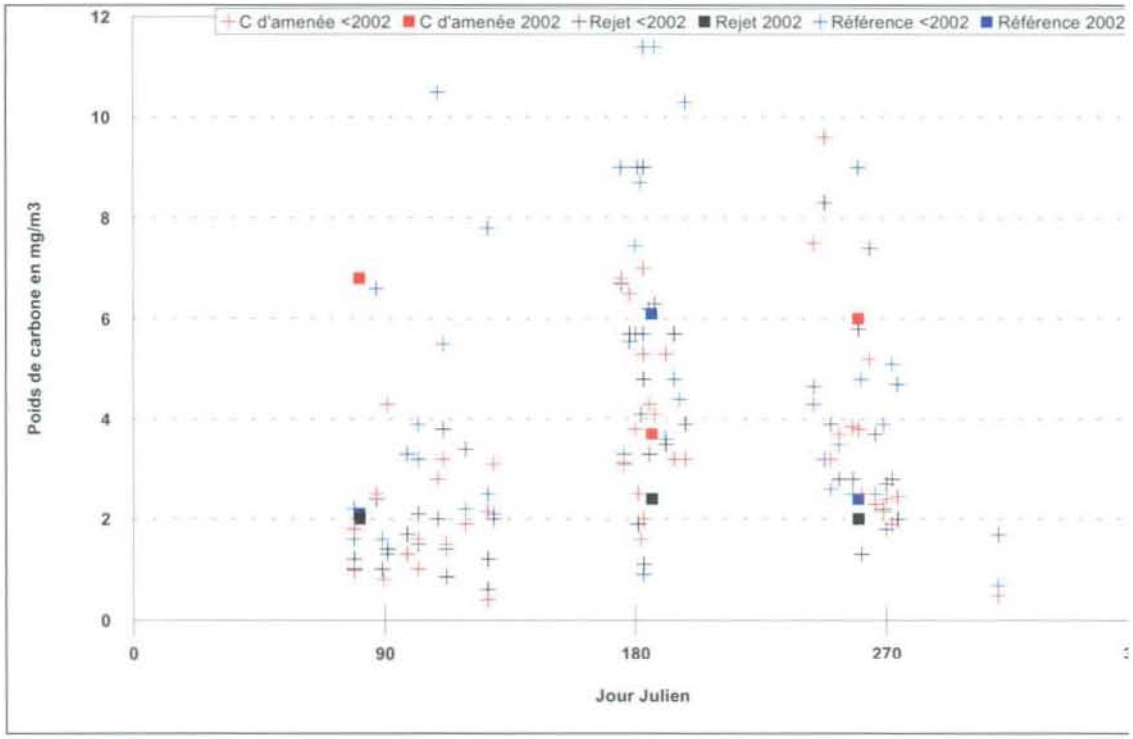


Figure 3.38 : Poids de carbone en mg/m³ ; comparaison de l'année 2002 avec les années antérieures

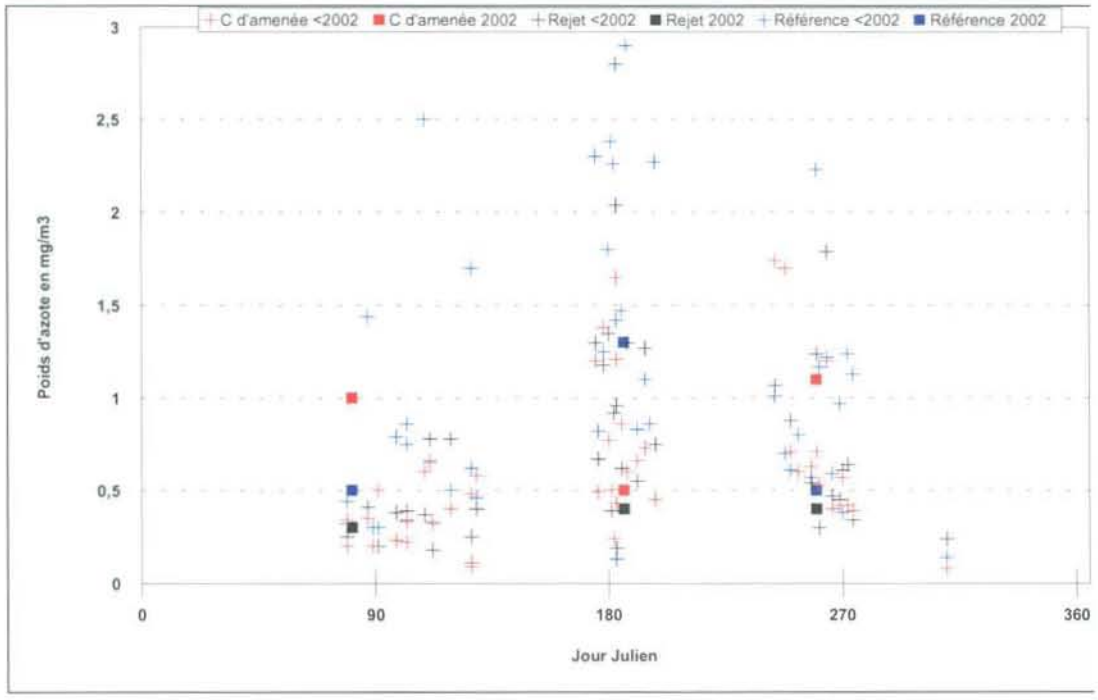


Figure 3.39 : Poids d'azote en mg/m³; comparaison de l'année 2002 avec les années antérieures.

Les tendances des poids de carbone et des poids d'azote observées cette année sont identiques, à savoir :

- Pour les trois campagnes, les valeurs des poids de carbone et d'azote les plus basses sont systématiquement observées au point Rejet, et sont du même ordre (environ 2,0 mg de carbone par m^3 et environ 0,4 mg d'azote par m^3).
- Les valeurs les plus élevées (proches de 6,3 mg de carbone par m^3 et de 1,1 mg d'azote par m^3) sont obtenues au point Canal d'amenée en mars et septembre, et au point Référence en juillet.

Les poids de carbone et d'azote observés en 2002 sont comparables à ceux obtenus les années antérieures (figures 3.38 et 3.39).

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 2002, il varie de $4,5 \pm 0,1$ au point Référence en mars et juillet, à $7,6 \pm 0,7$ au point Canal d'amenée en juillet (figure 3.40). Lors des trois campagnes, les valeurs obtenues sont systématiquement plus élevées à la côte qu'au large.

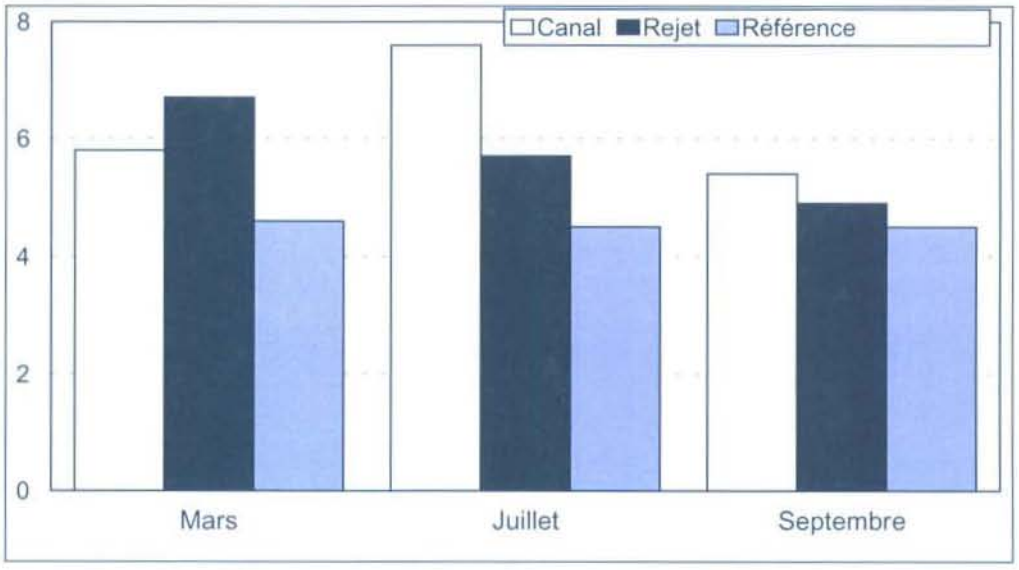


Figure 3.40 : Rapport carbone/azote

Le rapport carbone / azote obtenu en 2002 reste dans les limites des observations habituelles (figure 3.41).

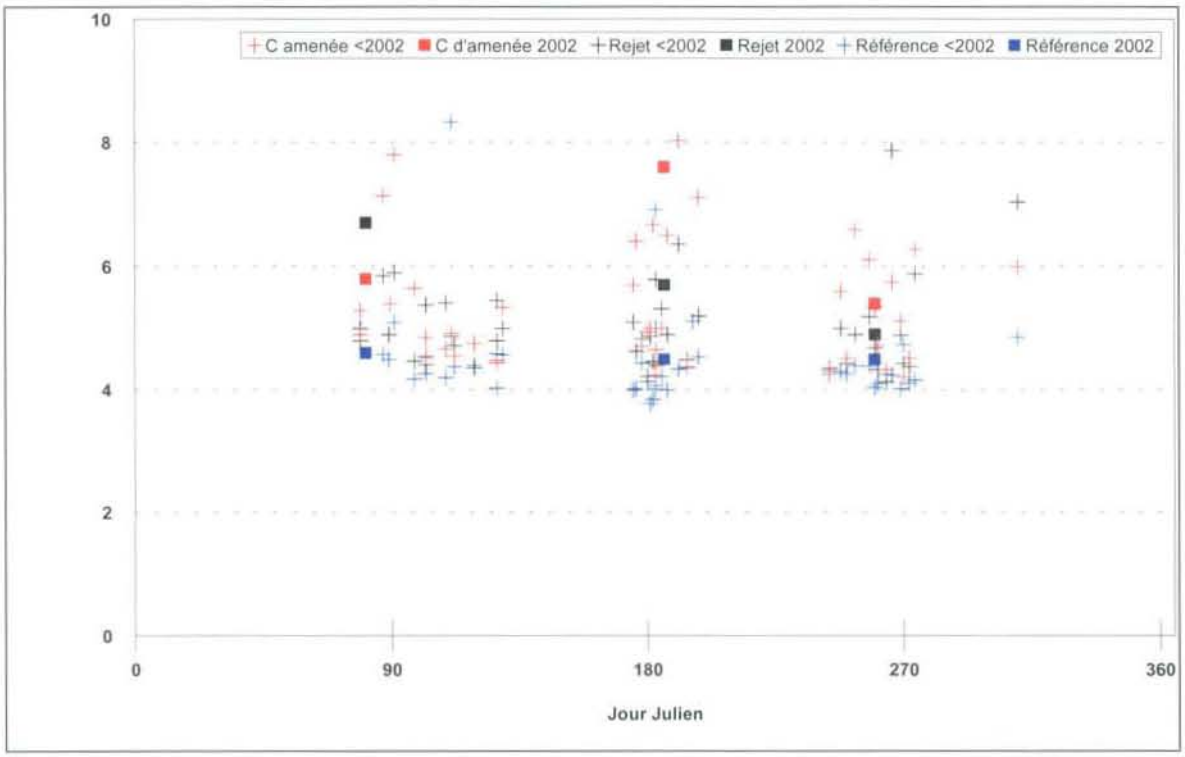


Figure 3.41 : Rapport carbone/azote. Comparaison de l'année 2002 avec les années antérieures.

3.4.2 Etude des espèces zooplanctoniques

Une analyse des moyennes observées, en regroupant les résultats des trois stations Canal d'amenée, Rejet et Référence, permet de situer les tendances de l'année 2002 (tableau 3.18).

Taxons	22/03/2002			05/07/2003			17/09/2002		
	N / 10 m3			N / 10 m3			N / 10 m3		
	Canal	Rejet	Référence	Canal	Rejet	Référence	Canal	Rejet	Référence
TOTAL CNIDAIRES	8	3	25	31		68	56	38	
TOTAL CTENAIRES									
TOTAL CHAETOGNATHES						17		5	88
TOTAL ANNELIDES	42	61	150	10	20	17	843	318	35
TOTAL CLADOCERES						169			
TOTAL L. CIRRIPEDES	3 076	1 500	4 905	794	1 157	898	730	318	79
AMPHIPODES	8				5			3	
ISOPODES		3					28	13	9
CUMACES									
TOTAL MYSIDACES							6		
TOTAL COPEPODES	521	404	4 490	1 560	1 848	2 593	4 888	3 583	2 084
EUPHAUSIACES			11						
LARVES NATANTIA		3		20	81	85	112	38	9
LARVES THALASSINIDEAE					3	305			18
TOT L. ANOMOURES	25	22	27	20	99	1 322	84	38	70
TOT L. BRACHYOURES	76	29	188	13	74	881	6	3	61
TOTAL L. MOLLUSQUES	8	35	127	20	51	966	365	51	193
Cyphonautes BRYOZOAIRES	8	22							9
TOT L. ECHINODERMES									
TOTAL APPENDICULAIRES	84	38	550	41	20	407	983	293	324
Larves et œufs de poissons	16	22	17	15	56	47	28	13	
TOTAL ZOOPLANCTON	3 874	2 143	10 490	2 524	3 414	7 776	8 129	4 712	2 977
MOYENNE ZOOPLANCTON	5502			4571			5273		

Tableau 3.18 : Récapitulatif des taxons rencontrés.

Les densités sont maximales en mars (avec 5 502 ind./10m^3), et minimales en juillet (avec 4 571 ind./10m^3). En septembre, il a été dénombré une moyenne de 5 273 ind./10m^3.

Les valeurs globales du nombre total d'individus rencontrés en chaque point sont comprises dans la fourchette des valeurs observées les années antérieures (figure 3.42).

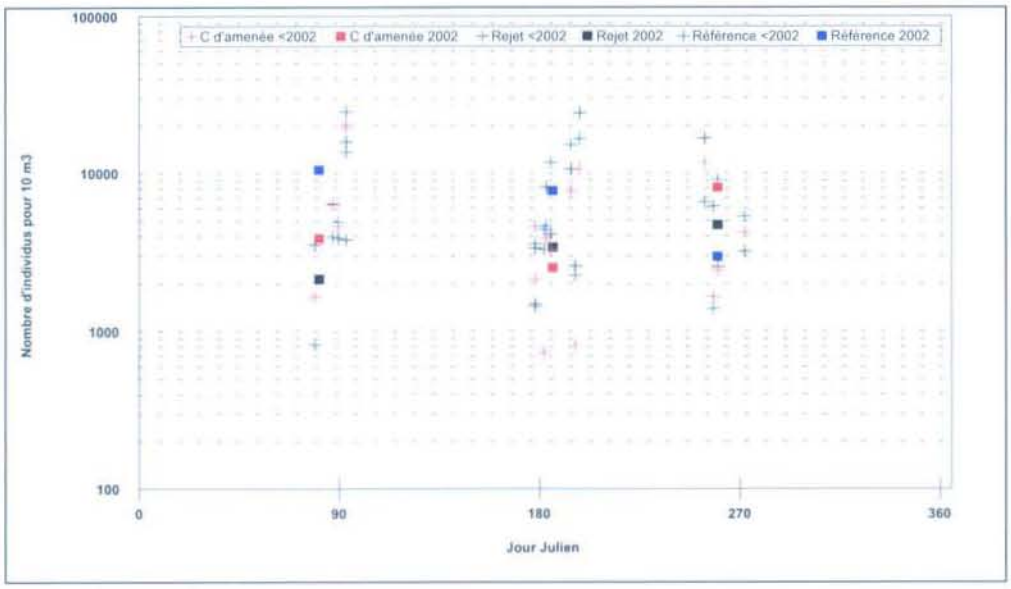


Figure 3.42 : Zooplancton total. Comparaison de l'année 2002 avec les années antérieures. Echelle logarithmique.

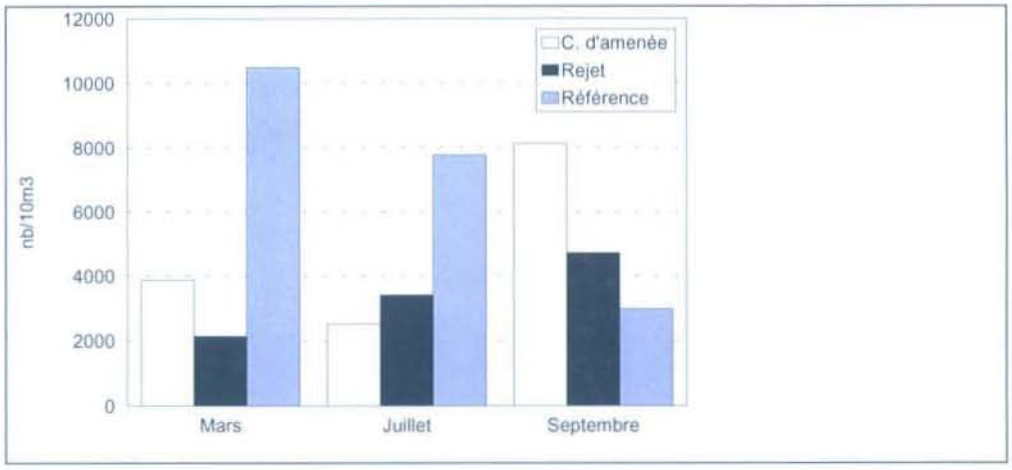


Figure 3.43 : Zooplancton total.

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, Cténaires 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 groupe faunistique par rapport au nombre total d'individu est calculé (tableau 3.19), ainsi que le pourcentage de dominance des différents embranchement au sein du méroplancton et de l'holoplancton (tableau 3.20).

Tableau 3.19 : Pourcentage de dominance.

	C. d'amenée	Rejet	Référence	Moyenne
Total zooplancton N/10m^3				
Mars	3874	2143	10490	5502
Juillet	2524	3414	7776	4571
Septembre	8129	4712	2977	5273
Total holoplancton N/10m^3				
Mars	605	442	5040	2029
Juillet	1601	1868	3186	2218
Septembre	5877	3881	2496	4085
%holoplancton / zooplancton				
Mars	16%	21%	48%	37%
Juillet	63%	55%	41%	49%
Septembre	72%	82%	84%	77%
Total copépodes N/10m^3				
Mars	521	404	4490	1805
Juillet	1560	1848	2593	2000
Septembre	4888	3583	2084	3518
%copépodes / zooplancton				
Mars	13%	19%	43%	33%
Juillet	62%	54%	33%	44%
Septembre	60%	76%	70%	67%
Total méroplancton N/10m^3				
Mars	3267	1700	5450	3472
Juillet	923	1546	4589	2353
Septembre	2252	833	483	1189
%méroplancton / zooplancton				
Mars	84%	79%	52%	63%
Juillet	37%	45%	59%	51%
Septembre	28%	18%	16%	23%

Campagne du 22 mars 2002

Le méroplancton représente, en moyenne, 63 % du zooplancton total, et est dominant sur tous les points. Il est constitué, de 91 % de larves de cirripèdes (dont le stade dominant est le stade nauplius), de 3 % de zoé de brachyoures et de 2 % de larves de mollusques gastéropodes et d'annélides (espèce *Spionodae* dominante).

L'holoplancton est représenté par 89 % de copépodes (espèce *Pseudocalanus elongatus*) et 11 % d'Appendiculaires (espèce *Oikopleura sp.*).

Campagne du 5 Juillet 2002

Le méroplancton représente 51 % du zooplancton total et est dominant sur le point Référence. Il est composé de : 40 % de larves de cirripèdes au stade nauplius ; 20 % de larves d'Anomoures (Porcellanes et Galathées) ; 15 % de larves de mollusques gastéropodes ; 14 % de larves de Brachyoures (stades zoé et mégalope) ; 4 % de larves de Thalassinideae et 3 % de larves de Natantia.

L'holoplancton représente en moyenne 49 % du zooplancton total, et est dominant sur les points Canal d'amenée et Rejet . Il est constitué de 90 % de copépodes (espèces *Temora longicornis, Acartia clausi* et *Centropagès hamatus*), de 7 % d'Appendiculaires (espèce *Oikopleura sp.*) et de 3 % de Cladocères (*Podon et Evadne*).

Campagne du 17 Septembre 2002

L'holoplancton représente en moyenne 77 % du zooplancton total et est dominant sur tous les points. Il est constitué de 86 % de copépodes (espèces *Acartia clausi*, *Euterpina acutifrons* et *Paracalanus parvus*) et de 13 % d'Appendiculaires *Oikopleura sp.* Les copépodes atteignent leur maximum d'abondance.

Le méroplancton représente en moyenne 23 % du zooplancton total. Il est composé de : 34 % d'Annélides (en majorité de *Spionidae*) ; 32 % de nauplii de Cirripèdes ; 17 % de larves de mollusques gastéropodes ; 5 % de larves d'Anomoures (Porcellanes, Galathées et Paguridées) ; 4 % de larves de Natantia et 3 % de Cnidaires *Obelia sp.*

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

	Nature des résultats	22/03/2002		05/07/2002		17/09/2002	
		ind./10m³	Pourcentage	ind./10m³	Pourcentage	ind./10m³	Pourcentage
Méroplancton	Total Cnidaires	12	0%	33	1%	31	3%
	Total Annélides	84	2%	16	1%	399	34%
	Larves de Cirripèdes	3 160	91%	950	40%	376	32%
	Amphipodes	3	0%	2	0%	1	0%
	Isopodes	1	0%			17	1%
	Cumacés						
	Euphausiacés	4	0%				
	Larves Natantia	1	0%	62	3%	53	4%
	Larves Thalassinideae			103	4%	6	1%
	Larves d'Anomoures	25	1%	480	20%	64	5%
	Larves de Brachyoures	98	3%	323	14%	23	2%
	Larves de Mollusques	57	2%	346	15%	203	17%
	Cyphonautes Bryozoaires	10	0%			3	0%
	Téléostéens	18	1%	39	2%	14	1%
	Total méroplancton	**3 472**	**100%**	**2 353**	**100%**	**1 189**	**100%**
Holoplancton	Total Cténaires						
	Total Chaetognathes			6	0%	31	1%
	Total Mysidacés					2	0%
	Total Cladocères			56	3%		
	Total Copépodes	1 805	89%	2 000	90%	3 518	86%
	Total Appendiculaires	224	11%	156	7%	533	13%
	Total holoplancton	**2 029**	**100%**	**2 218**	**100%**	**4 085**	**100%**

3.4.2.2 Variation saisonnière des principaux taxons

L'HOLOPLANCTON

Les copépodes (figure 3.44)

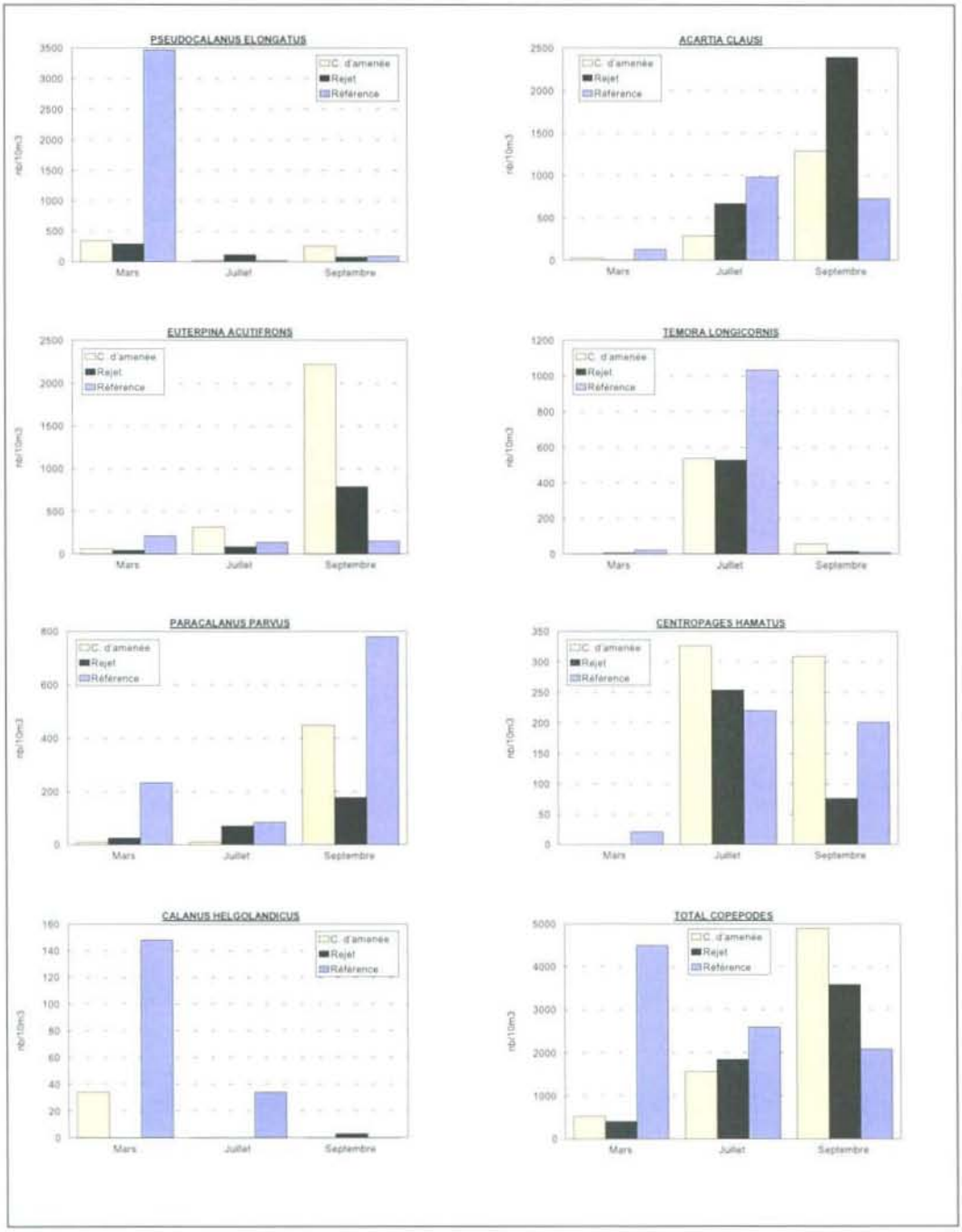


Figure 3.44 : Les principaux copépodes.

Le zooplancton de la Manche est essentiellement constitué par les crustacés copépodes dont le cycle de vie est entièrement pélagique. Ceci est vérifié cette année où, sur les trois campagnes, les copépodes représentent en moyenne 55 % du zooplancton total moyen. La succession des diverses

espèces est conforme au schéma habituel, en relation avec leur préférendum biologique.

Pseudocalanus elongatus

Cette espèce hivernale est présente aux trois campagnes, sur tous les points. Il est le copépode dominant en mars sur chaque point, et présente un pic maximum d'abondance sur le point Référence, avec 3 467 ind./10m^3.

Il est en nette régression en juillet et en septembre, mais reste présent (respectivement, en moyenne 50 ind./10m^3 et 139 ind./10m^3).

Acartia clausi

Cette espèce est présente aux trois campagnes, sur tous les points. Peu abondant en mars, son nombre est en nette augmentation en juillet, où il est le deuxième copépode dominant (avec *Temora longicornis*), avec en moyenne 646 ind./10m^3. Ce mois ci, il se dessine un gradient croissant de la côte vers le large.

En septembre, *Acartia clausi* atteint son maximum d'abondance, avec un pic de 2 392 ind./10m^3 sur le point Rejet.

Euterpina acutifrons, Paracalanus parvus

Ces copépodes, plutôt à tendance estivale, sont présents aux trois campagnes, sur tous les points. Ils atteignent leur maximum d'abondance en septembre, où ils sont, avec *Acartia clausi*, les copépodes dominants. Leur pic maximum d'abondance est obtenu sur le point Canal d'amenée pour l'espèce *Euterpina acutifrons*, avec 2 219 ind./10m^3, et sur le point Référence pour l'espèce *Paracalanus parvus*, avec 779 ind./10m^3.

Sensibles aux variations de température, ils sont présents aux deux autres campagnes, mais en faible quantité.

Temora longicornis

Cette espèce est présente sur tous les points en juillet où il est le copépode dominant sur les points Référence (avec 1 034 ind./10m^3) et Canal d'amenée (avec 539 ind./10m^3).

En septembre, il reste présent sur tous les points, mais en faible quantité (en moyenne, 26 ind./10m^3).

Sensible aux faibles températures de mars, cette espèce est présente en quantité négligeable, voire nulle.

Centropages hamatus

Centropages hamatus est présent en juillet et en septembre, sur tous les points. Cette espèce privilégie le point côtier Canal d'amenée où elle atteint son maximum d'abondance avec 326 ind./10m^3 en juillet, et 309 ind./10m^3 en septembre.

Les autres espèces holoplanctoniques (figure 3.45)

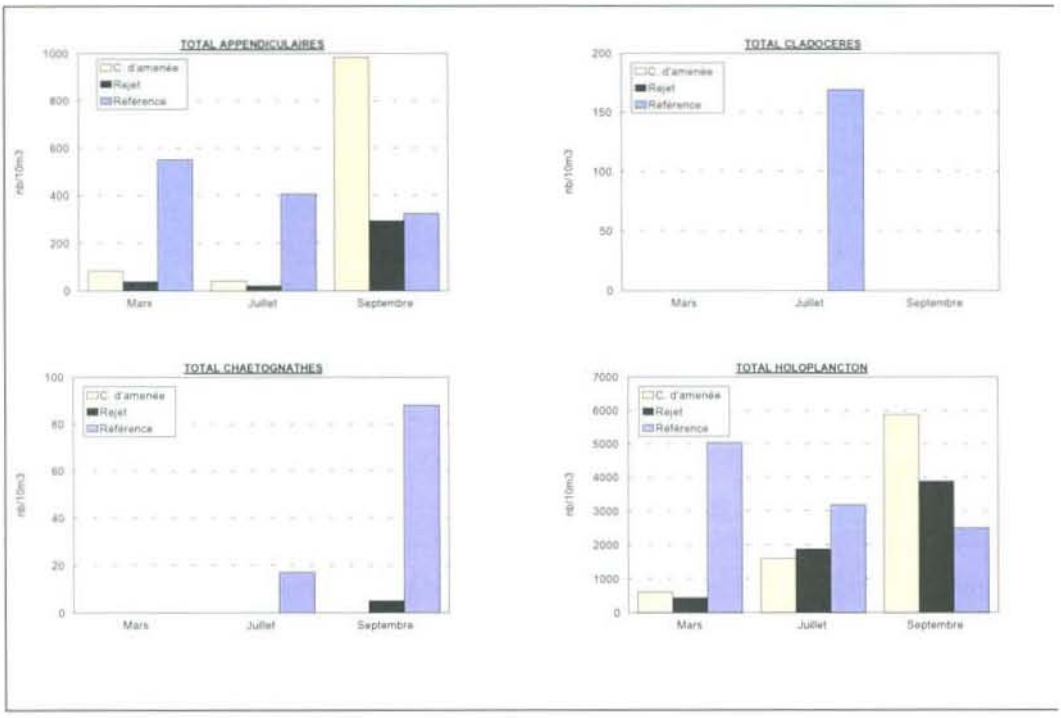


Figure 3.45 :
Les autres espèces holoplanctoniques

- Les Appendiculaires, représentés par *Oikopleura sp.*, sont présents lors des trois campagnes, sur les trois points. Leur abondance maximale se situe en septembre, avec un pic de 983 ind./10m^3 sur le point Canal d'amenée. Sur les deux autres points, ils atteignent en moyenne, 309 ind./10m^3. Lors des campagnes de mars et de juillet, les Appendiculaires privilégient le point au large Référence, sur lequel ils sont beaucoup plus abondants que sur les deux autres points.

- Les Cladocères n'ont été rencontrés qu'en juillet, sur le point Référence, avec 169 ind./10m^3. Ils sont représentés par 153 *Podon sp.*/10m^3, et 16 *Evadne sp.*/10m^3.

- Le chaetognathe *Sagitta setosa* est une espèce carnivore de grande taille. Il est présent en juillet sur le point Référence, avec 17 ind./10m^3, et en septembre sur les points Référence et Rejet (avec respectivement, 88 et 5 ind./10m^3). Lors de ces deux campagnes, les proies sont abondantes.

LE MEROPLANCTON (figure 3.46)

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

Embranchement des Arthropodes [classe des Crustacés]

- Les cirripèdes sont des crustacés qui, à l'état adulte, vivent fixés et constituent une part importante des salissures ("*fouling*"). Les larves émises en grande quantité, constituent un maillon intéressant de la chaîne

alimentaire. Ces larves de très petite taille ne constituent pas une biomasse élevée. Elles représentent cependant, en dehors de la période estivale (une moyenne de 14 % du zooplancton total en juillet et septembre), une part importante du zooplancton ; jusqu'à 57 % du zooplancton total en mars. Elles sont rencontrées aux trois campagnes, sur les trois points. Ces larves atteignent leur abondance maximale en mars, avec un pic maximum de 4 905 ind./10m^3 sur le point Référence. En juillet et septembre, elles sont en nette régression, mais reste présentes (respectivement en moyenne, 950 et 376 ind./10m^3).

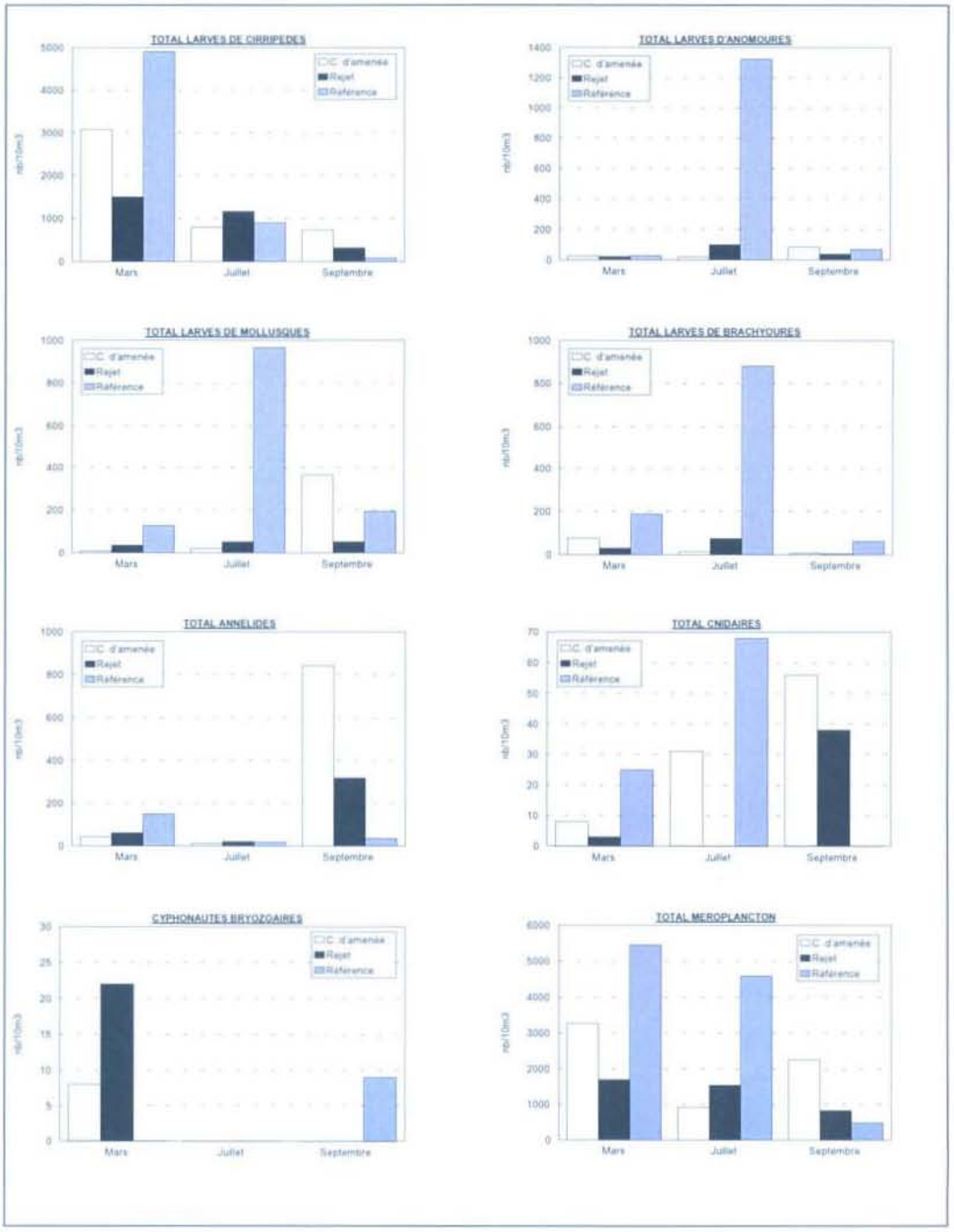


Figure 3.46 : Le méroplancton.

- Les larves d'anomoures (porcellanes, galathées, Bernard l'hermite) rencontrées lors des trois campagnes sur tous les points en faible quantité (en moyenne 48 ind./10m^3), présentent un pic maximum d'abondance en juillet, sur le point Référence (1 322 ind./10m^3).
- Les larves de brachyoures (crabes) sont présentes aux trois campagnes, sur tous les points. En mars et septembre, seul le stade zoé est présent, et en juillet, les deux stades zoé et mégalope sont rencontrés. Leur quantité est de quelques dizaines. Un pic important est observé sur le point Référence en juillet (881 ind./10m^3) et en mars (188 ind./10m^3).

Embranchement des bryozoaires

Des cyphonautes de bryozoaires ont été rencontrés lors de la campagne de mars sur les points Canal d'amenée et Rejet (respectivement 8 et 22 ind./10m^3) et lors de la campagne de septembre sur le point Référence (9 ind./10m^3). Ils sont totalement absents en juillet.

Embranchement des mollusques

Ces larves sont observées lors des trois campagnes, sur tous les points. Seules les larves véligères de gastéropodes sont représentées. Leur densité maximale se situe en juillet sur le point Référence, avec 966 ind./10m^3. Sur tous les autres points, quelques dizaines à quelques centaines d'individus pour 10m^3 ont été dénombrés.

Embranchement des annélides

Ces larves sont émises par diverses espèces dont les adultes constituent une forte proportion de la nourriture de nombreux crustacés et de poissons de fond. Elles sont présentes aux trois campagnes de cette année, sur les trois points. En mars, quelques annélides ont été dénombrées (jusqu'à 150 ind./10m^3 au point Référence). En juillet, seuls quelques dizaines d'individus pour 10m^3 sont rencontrés. En septembre, leur maximum d'abondance est atteint, avec un pic de 843 ind./10m^3 sur le point Canal d'amenée.

Embranchement des cnidaires (hydrozoaires, actinies, méduses)

Ils sont présents aux trois campagnes de cette année. En mars, ils sont retrouvés sur tous les points (quelques dizaines d'individus seulement). Ce sont les espèces *Obelia sp.* et *Hybocodon prolifer* qui sont représentées. En juillet, les cnidaires sont présents sur les points Canal d'amenée et Référence (avec respectivement 31 et 68 ind./10m^3). En septembre, une moyenne de 47 ind./10m^3 a été observée. Il s'agit de l'espèce *Obelia sp.*

3.4.3 Conclusion

En 2002, 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.

		Dénombrement dans 1 ml d'eau des germes totaux en Zobell, 9 jours à 25 °C			Vibrions halophiles dans 1 litre d'eau			Dénombrement en épi fluorescence des germes colorés à l'acridine dans 1 ml d'eau		
2002		22/03	05/07	17/09	22/03	05/07	17/09	22/03	05/07	17/09
CANAL	d'I	356	408	456	*V. a.*	*V. a*	*V. a*	1 106 250	1 015 625	1 175 000
	AJ	282	450	928	*V. a.*	*V.a+V.p.*	*V. a*	1 068 750	1 128 125	1 315 625
	MENE Moyenne	319	429	692	++	++	++	1 087 500	1 071 875	1 245 313
	NE Ecart type	52	30	334				26 517	79 550	99 437
	E T eau °C	10,6	15,9	17,6						
POINT	RK	240	106	244	*V. f.*	*V. a*	*V. a*	1 331 250	1 415 625	884 375
	EL	170	118	274	*V. f.*	*V.a+V.p.*	*V.a+P.d.*	1 162 500	1 334 375	1 359 375
	JE "SUD" Moyenne	205	112	259	++	++	++	1 246 875	1 375 000	1 121 875
	T Ecart type	49	8	21				119 324	57 452	335 876
	1 T eau °C	12,9	25,6	17,6						
POINT	R1	234	204	222	*V. a.*	*V. a.*	*V. a.*	546 875	650 000	462 500
	E2	146	172	218	*V. a.*	*V. a.*	*V. a.*	609 375	575 000	481 250
	JE "NORD" Moyenne	190	188	220	++	++	++	578 125	612 500	471 875
	T Ecart type	62	23	3				44 194	53 033	13 258
	2 T eau °C	12,4	28,6	17,6						
POINT	RE	42	112	270	-	-	*V.a+P.d*	378 125	568 750	518 750
	EF	78	40	138	-	-	*V. a.*	550 000	578 125	509 375
	FG	50	148	140	-	*V. a.*	*V.a+P.d*	568 750	631 250	521 875
	EH	30	102	176	-	-	*P.d.*	562 500	687 500	506 250
	RENE Moyenne	50	101	181	-	+	++++	514 844	616 406	514 063
	NC Ecart type	20	45	62				91 479	54 806	7 439
	E T eau °C	10,1	15,5	17,8						

Tableau 3.21 : Analyses microbiologiques réalisées en 2002 au droit du CNPE de Flamanville.

L.d. = Listonella damsela (anciennement *Vibrio damsela*) = *Photobacterium damsela = P.d.;*
V.a. = Vibrio alginolyticus ; V.c. = Vibrio cholerae ; V.f. = Vibrio fluvialis
V.p. = Vibrio parahaemolyticus ; V.v. = Vibrio vulnificus

3.5 Microbiologie

3.5.1 Matériel et méthode

3.5.1.1 Moyens à la mer

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

Précisons que depuis 1999 l'Ifremer procède, hors contrat, à l'échantillonnage systématique du second rejet (cf. tableau 3.21). Le but est de quantifier, si elle existe, une différence entre les analyses à la sortie du rejet "chaud" (tranche en fonctionnement) et à la sortie du rejet "froid" (tranche à l'arrêt).

3.5.1.2 Analyses.

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

Le milieu de ZOBELL-OPPENHEIMER est préparé avec de la 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/dm^3).

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 2002, des valeurs moyennes par cm^3 comprises entre 50 germes (en fin d'hiver au large) et 692 (en fin d'été dans le canal d'amenée).

Aux trois périodes d'observations, le point côtier (entrée du canal) est quatre à six fois plus riche que celui du large. En ces deux points, un enrichissement du milieu est noté au cours de l'année.

Sur la période 1987-2002 (figure 3.47), le principal constat effectué sur l'abondance des bactéries hétérotrophes porte sur la présence d'un gradient numérique croissant du large vers la côte (à l'exception d'avril 1992), généralement plus évident en début de printemps et en fin d'été.

Les valeurs observées au-dessus des rejets s'intègrent, en général, dans l'intervalle des mesures côte-large. En 2002, comme les années antérieures, il n'existe pas de différence significative entre les deux rejets que les deux

tranches soient simultanément en fonctionnement (mars et juillet) ou à l'arrêt (septembre).

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

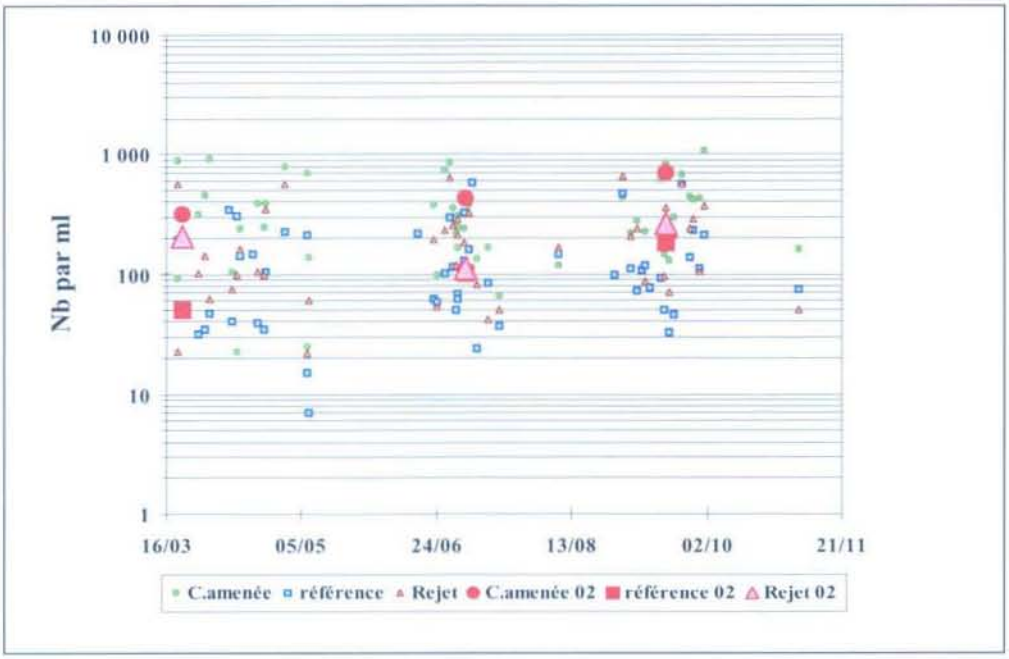


Figure 3.47 : Evolution des germes totaux de 1983 à 2002, au droit du CNPE de Flamanville.

3.5.2.2 Germes colorés à l'acridine

De mars à septembre 2002, le dénombrement microscopique des germes colorés à l'acridine orange montre une relative stabilité des valeurs moyennes par cm^3 en chaque point échantillonné (figure 3.48).

L'examen de l'évolution de ce paramètre de 1987 à 2002 montre :

- la particularité de l'année 1991, où de très faibles densités ($< 10^5.cm^{-3}$) sont notées aux trois points et aux trois périodes ;
- des concentrations moyennes annuelles plus élevées à la côte (900 000 par cm^3) qu'au large (650 000 germes) ; en fin d'hiver qu'en fin d'été à la côte ; et inversement au large.

Depuis mars 2000, soit six observations différentes, le constat est fait d'un dénombrement systématiquement plus important de ces germes au-dessus du rejet « sud » par rapport au rejet « nord ». En 2002, les valeurs notées au rejet « sud » se rapprochent de celles enregistrées dans le canal d'amenée ; celles du rejet « nord » avoisinent celle du large. Les deux rejets auraient donc un comportement différent pour ce paramètre.

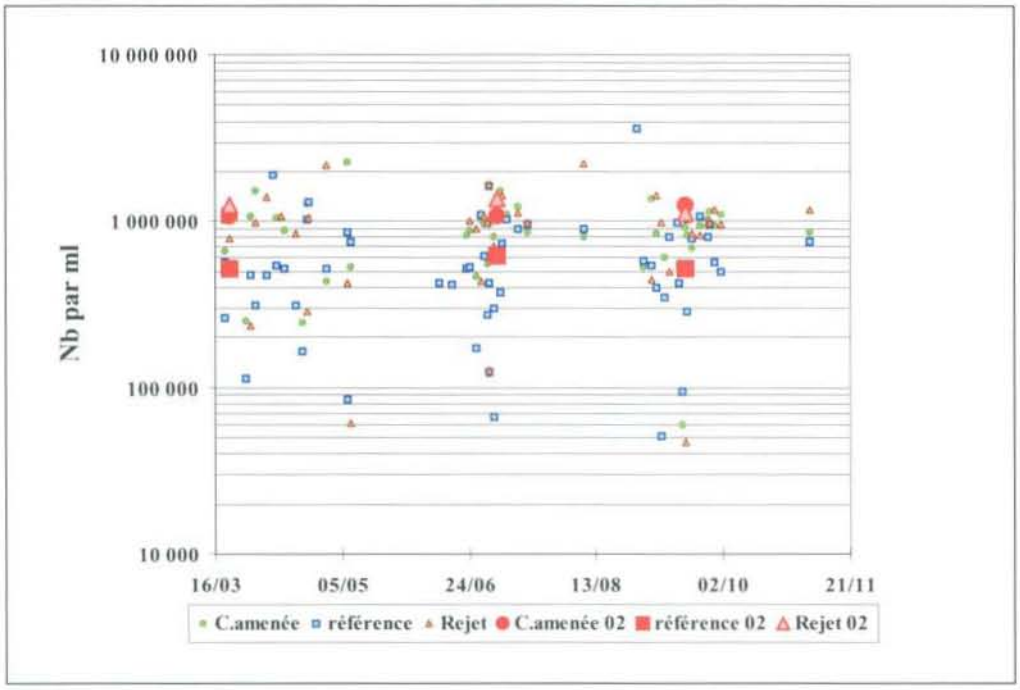


Figure 3.48 : Evolution des germes colorés à l'acridine de 1983 à 2002 au droit du CNPE de Flamanville.

3.5.2.3 Vibrions halophiles

En 2002, quatre espèces de vibrions, faisant partie de la flore marine autochtone, sont identifiées (tableau 3.21) :

Vibrio alginolyticus. Sa présence est notée à chaque campagne. En mars, il est déterminé au niveau du canal d'amenée (température de l'eau = 10,6 °C) et du rejet nord (12,4 °C) ; en juillet (de 15,5 °C à 18,2 °C) et en septembre (17,8 °C à 18 °C) aux quatre points. Ces vibrions furent les premiers répertoriés dans ce secteur, dans le cadre de ces études, en juillet 1983. *Vibrio alginolyticus*, d'après M. Fournier de l'Institut Pasteur de Paris, serait pathogène pour l'homme, pouvant provoquer des otites et des septicémies.

Vibrio fluvialis. Sa présence est notée en mars au rejet de la tranche sud (température de l'eau = 12,9 °C). Ces vibrions, déjà observés au point Référence en mars 1998 (température de l'eau de 9,7 °C) et au point rejet en mars 1999 (12,3 °C) et mars 2001 (10,6 °C), font partie de la flore locale des eaux et sédiments marins, sont pathogènes pour l'homme, pouvant en effet être la cause de gastro-entérite. Cette espèce ne serait donc observée sur ce site qu'en fin d'hiver.

Photobacterium damsela. Cette espèce anciennement dénommée *Vibrio damsela* puis *Listonella damsela*, est déterminée en septembre au rejet sud et au large. Elle est observée sur ce site irrégulièrement depuis septembre 1995. C'est une souche pathogène pour les poissons, à la suite de surinfection de plaies.

Vibrio parahaemolyticus. Détectée une première fois en septembre 1983 sur ce site, puis à partir de 1994, cette souche est recensée en juillet 2002 dans le canal d'amenée et au rejet sud. L'ingestion de coquillages contaminés peut être la cause d'une gastro-entérite chez l'homme.

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 $\mu g.l^{-1}$, avec une moyenne de 25 $\mu g.l^{-1}$. 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 22 mars. Le 5 juillet, les deux tranches étant en service, l'électrochloration devait fonctionner, mais nous n'avons pas le détail. Le 17 septembre, 491 Kg de chlore ont été injectés dans le circuit de refroidissement de la tranche 1, soit une concentration de 0,121 mg de chlore par litre d'eau de mer ; rien en tranche 2.

Les échantillons réalisés en 2002 (tableau 3.22) n'ont pas permis la détection d'un seul des quatre trihalométhanes.

Tableau 3.22: Analyses des trihalométhanes en 2002 sur le site du C.N.P.E. de Flamanville

Trihalométhanes 2002	Limite de détection	Canal d'amenée	Rejet Nord	Rejet Sud	Référence
22 mars					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobromométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)
5 juillet					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobromométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)
17 septembre					
Chloroforme	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dichloromonobromométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Dibromomonochlorométhane	1	(/)	(/)	(/)	(/)
Bromoforme	4	(/)	(/)	(/)	(/)

Résultats exprimés en microgrammes par litre
(/) = composé non détecté

Le même constat est fait depuis 1997. Signalons que du bromoforme fut détecté au point rejet en septembre 1995 (6 $\mu g.l^{-1}$) et en juin 1996 (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), ajouté à l'eau déminéralisée, 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, 6,3 en 2000, 6,9 en 2001 et 5,4 en 2002) se fait par l'intermédiaire des effluents radioactifs liquides (230 000 m^3 en 1998, 247 000 m^3 en 1999, 193 000 m^3 en 2000, 182 000 m^3 en 2001 et 194 000 m^3 en 2002) en conformité aux normes fixées par la réglementation (40 tonnes d'acide borique selon les termes de l'arrêté interministériel du 11 mai 2000 ; contre 98 tonnes antérieurement).

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

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

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

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

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

Un essai inter laboratoire national a été réalisé en janvier 1987 afin de comparer la répétitivité et la reproductibilité des méthodes sur un même échantillon. L'écart-type obtenu est de 0,06 mg/l pour la répétitivité, et 0,18 mg/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 depuis septembre 2000. Les valeurs extrêmes sont notées en 2001 : 5,26 mg/l au point référence (donc hors zone d'impact) en avril 2001 ; 3,86 mg/l au rejet nord en juillet. Mis à part l'optimum d'avril au point référence, ces valeurs correspondent à la teneur normale du bore dans l'eau de mer.

En 2001 et 2002, les valeurs supérieures à 5 $mg.l^{-1}$ sont notées uniquement en fin d'hiver, tant au large qu'à la côte.

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

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

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**
	4,40			
Salinité (g/l)	35,11		34,86	34,90
1 avril 2001				
Mesure n°1	5,21	4,73	5,06	4,88
Mesure n°2	4,71	5,23	4,7	5,06
Mesure n°3				5,62
Mesure n°4				5,49
Moyenne	**4,96**	**4,98**	**4,88**	**5,26**
	4,97			
Salinité (g/l)	34,4		34,3	34,4
6 juillet 2001				
Mesure n°1	4,41	3,76	4,17	4,44
Mesure n°2	4,14	3,95	4,50	4,64
Mesure n°3	-	-	-	4,74
Mesure n°4	-	-	-	4,47
Moyenne	**4,28**	**3,86**	**4,34**	**4,57**
	4,07			
Salinité (g/l)	34,4		34,4	34,4
9 septembre 2001				
Mesure n°1	4,82	4,77	4,60	4,39
Mesure n°2	4,70	4,81	4,77	4,50
Mesure n°3	-	-	-	4,53
Mesure n°4	-	-	-	4,56
Moyenne	**4,76**	**4,79**	**4,69**	**4,50**
	4,78			
Salinité (g/l)	35,0		35,0	34,9
22 mars 2002				
Mesure n°1	5,10	4,94	4,18	4,30
Mesure n°2	4,72	5,05	4,20	5,23
Mesure n°3				4,66
Mesure n°4				4,48
Moyenne	**4,91**	**5,00**	**4,19**	**4,67**
	4,95			
Salinité (g/l)	34,28		34,4	34,75
5 juillet 2002				
Mesure n°1	4,53	4,53	4,57	4,46
Moyenne	**4,53**	**4,53**	**4,57**	**4,46**
Salinité (g/l)	34,08		34,1	34,5
17 septembre 2002				
Mesure n°1	4,15		4,00	4,29
Mesure n°2				4,23
Moyenne	**4,15**		**4,00**	**4,26**
Salinité (g/l)	34,9		34,93	34,9

Tableau 3.23 : Analyses du Bore de septembre 2000 à septembre 2002 à Flamanville
Les valeurs supérieures à 5 mg/l sont repérées en rouge.

3.8 M.E.S.

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

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

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

Tableau 3.24 : M.E.S. observées à Flamanville en 2002 (en mg/.^{1})

2002	22 mars	5 juillet	17 septembre
Canal d'amenée	26,60	3,90	2,60
Rejet	7,90	6,10	3,10
Référence/surface	5,00	5,90	5,70
Rférence/-10 m	6,50	6,60	3,30

Ces résultats sont comparés à ceux acquis sur ce site de juillet 1976 à mai 1977, puis en 1983 (figure 3.49).

Les matières en suspension varient très irrégulièrement et montrent des écarts importants à la côte, les valeurs extrêmes y étant 26,60 $mg.l^{-1}$ en mars 2002 et 1,20 $mg.l^{-1}$ en mai 1983.

La grande variabilité des valeurs de matières en suspension s'explique, d'une part, par les conditions de marée (variation des coefficients), d'autre part par les conditions météorologiques (variation de la force et de la direction du vent).

Les valeurs enregistrées en 2002 sont comprises, hormis celle de mars à la côte, dans la gamme des valeurs déjà obtenues. Le constat est fait, tant en 2002 que sur l'ensemble de la période d'études, de MES plus importante à la côte en hiver, au large au printemps et en fin d'été.

Les MES notées au niveau des rejets sont intermédiaires entre les valeurs à la côte et celles du large.

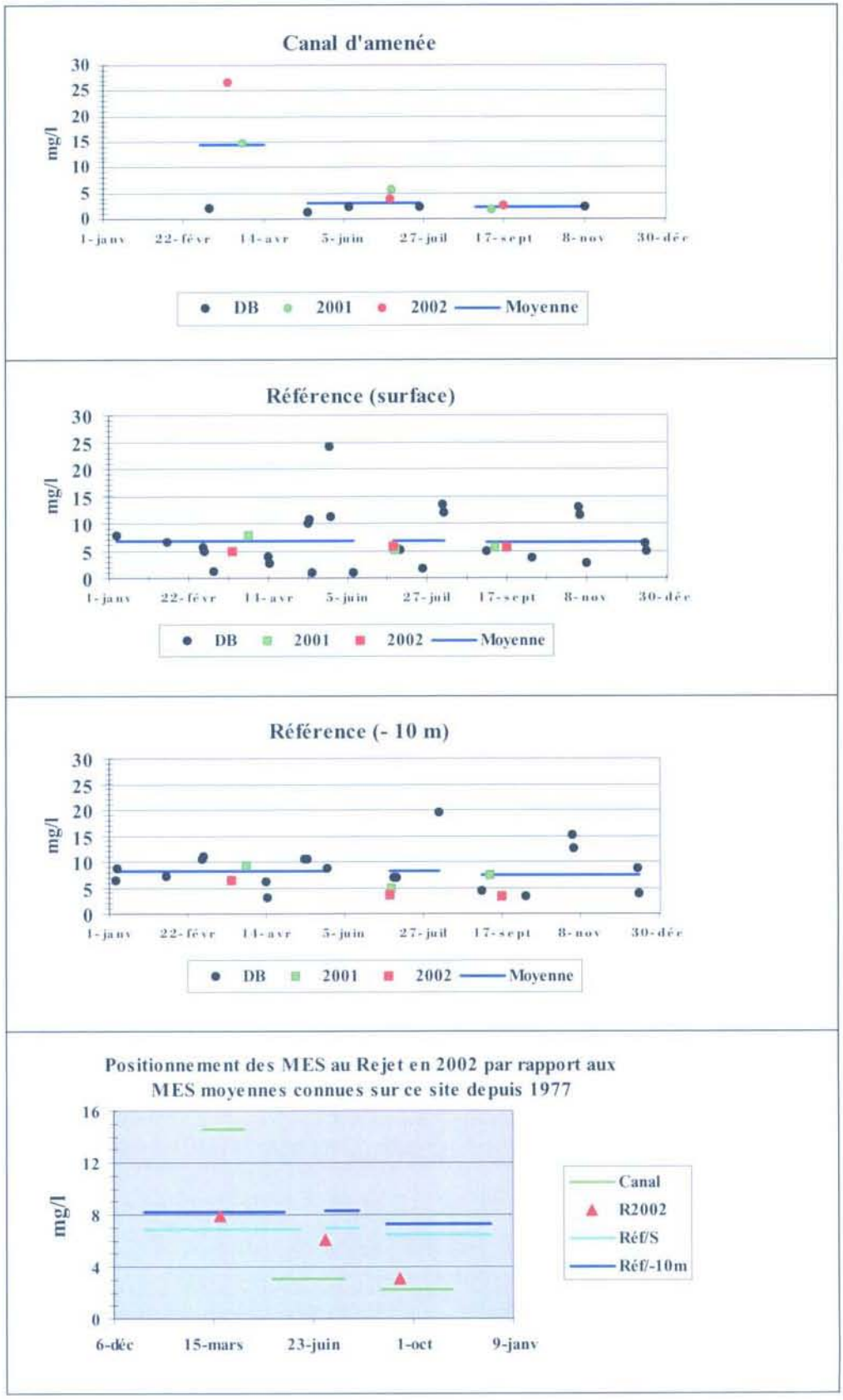


Figure 3.49 : Comparaison des données de MES acquises en 2002 à celles enregistrées antérieurement sur ce site.
DB = données de base

4 Le domaine benthique

Etude et rapport réalisés à l'Ifremer par

Luc Drévès

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

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

4.1 PHYTOBENTHOS INTERTIDAL

La population de *Fucus serratus* du platier de Diélette (figures 1.7 page 17, 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. Etudiée 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

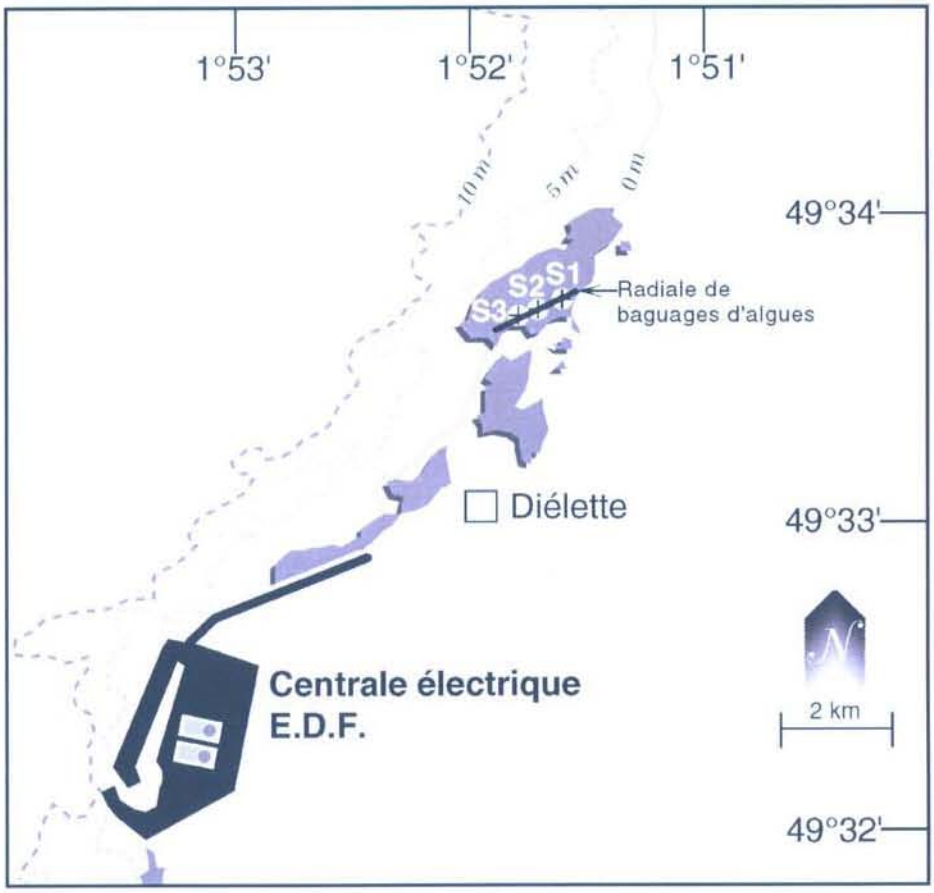
Sur chacune des radiales repérées, 10 points, espacés l'un de l'autre de 10 mètres, sont échantillonnés. En chaque point, 10 pieds de *Fucus serratus* sont bagués d' un collier numéroté de couleur blanche, serré entre le disque basal et la première dichotomie. Seuls les pieds pouvant soutenir une bague 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 de mars 1996 à mars 2002. Le baguage systématique d'un nouveau lot d'individus chaque année depuis 1993 permet ainsi un suivi plus serré de cette population algale.

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



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 (ø) 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 2002 (Figure 4.2) se situe, en poids sec, entre 43 ± 60 g (secteur 1) et 95 ± 57 g (secteur 3) en mars, 38 ± 7 g (secteur 1) et 410 ± 74 g (secteur 3) en septembre. Le stock moyen global sur le platier peut ainsi être estimé, sur la même unité de surface, à 76 g en mars et 254 g en septembre. Les moyennes saisonnières relevées sur la période 1983/2002 sont 127 g en fin d'hiver et 337 g en fin d'été.

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

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

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

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

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

En 2001 et 2002, le stock est faible, surtout en fin d'été.

Figure 4.2 : Evolution du poids sec de <u>Fucus serratus</u> (en g/0,25 m²).
Moyenne et écart-type, comparés au stock moyen estimé sur la totalité de la période.
(Les résultats 2002 sont repérés en rouge)

4.1.2.2 Dénombrement des algues baguées

Le taux de dépopulation au bout des 6 premiers mois de l'année 2002 est de 19 %, inférieur de moitié au taux moyen enregistré depuis 1983 (39 %). Les valeurs extrêmes ont été observées en 1999 et 2002 (19 %) et 1989 (54 %).

Le taux moyen de dépopulation est de 72 % au bout d'un an, et 95 % au bout de deux ans. Il n'est pas possible de faire la part du phénomène naturel (vieillissement des algues, effets des tempêtes) de celle de l'action humaine (arrachage lors de pêche à pied).

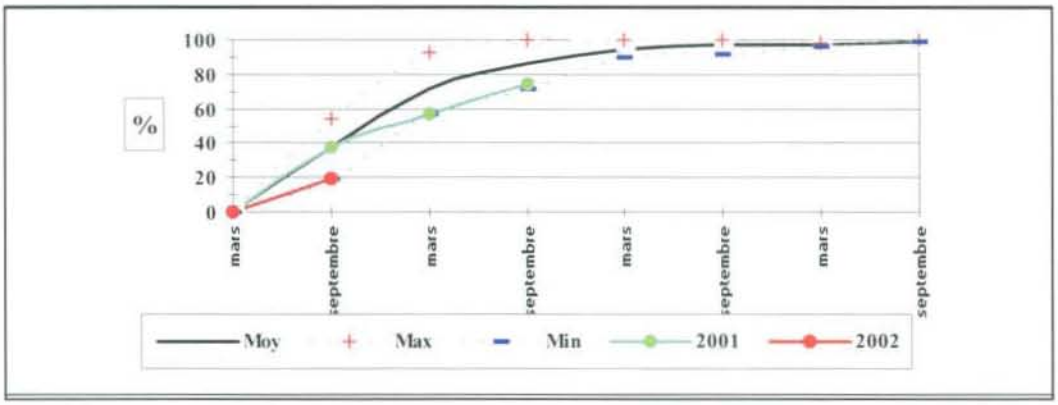


Figure 4.3 : dépopulation, en pourcentage, des individus bagués

4.1.2.3 Biométrie des algues baguées (Figure 4.4)

4.1.2.3.1 Nombre de dichotomies.

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

Par la suite, ce nombre croit régulièrement de mars 1994 (16,7) à mars 1995 (18,2). La baisse observée en septembre 1995 du nombre de dichotomies (16,6) est confirmée en mars 1996 (10,0). La valeur observée en septembre 1996 (15) avoisine la moyenne (16) sur ce site. Les valeurs observées de 1998 (19 et 20) à 2001 (19 et 22) montrent une sensible augmentation. En 2002, le nombre de dichotomies (17 et 18) avoisine la moyenne.

4.1.2.3.2 Diamètre des stipes.

À 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.

De mars 1994 à septembre 2001, le diamètre moyen des individus bagués est supérieur à la valeur moyenne obtenue sur ce site depuis 1977 (6,4 mm). Cet accroissement du diamètre moyen est à lier à celui de la longueur moyenne des thalles. En 2002, les valeurs moyennes sont inférieures à cette moyenne, et décroissent entre mars (6,1 mm) et septembre (5,8 mm).

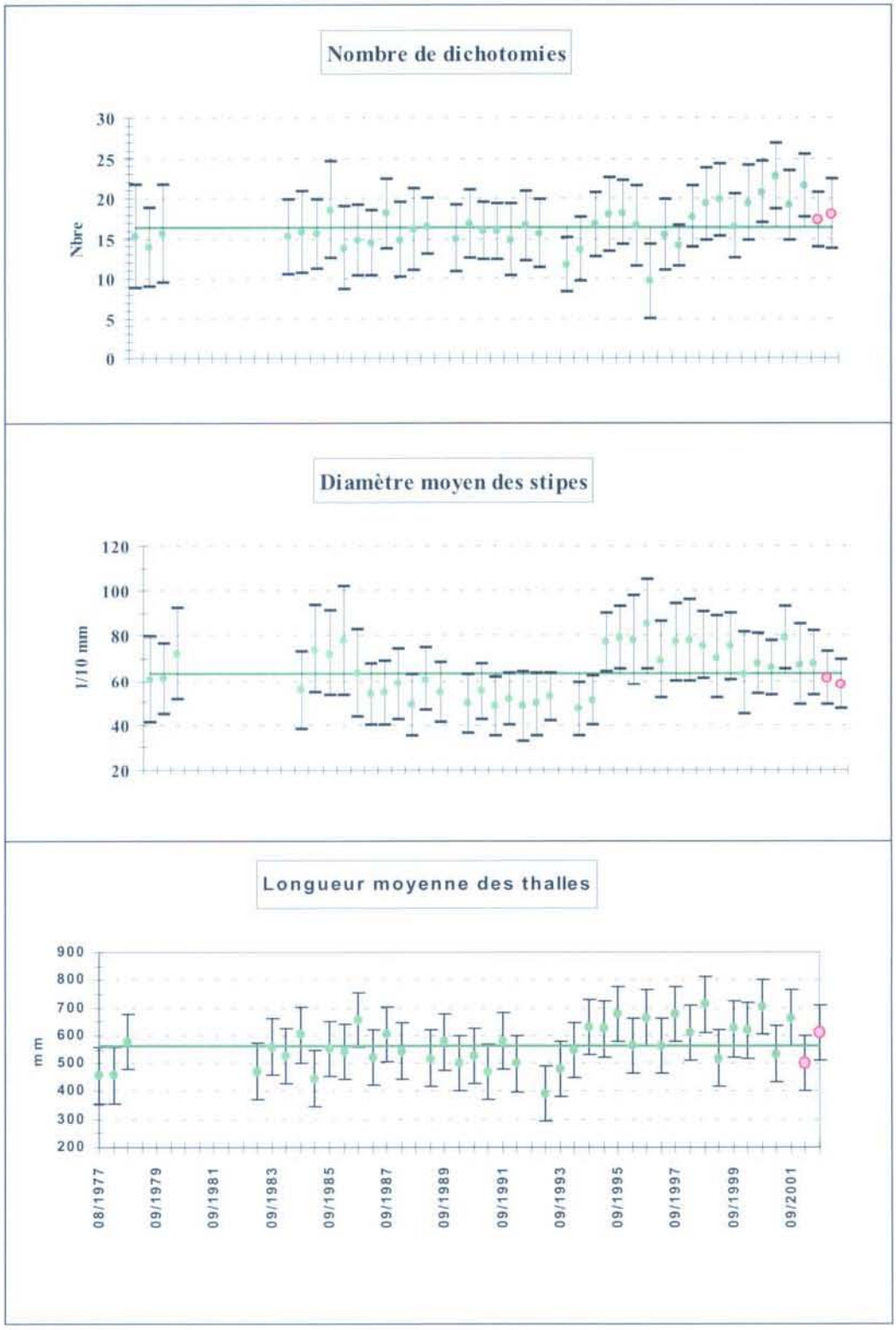


Figure 4.4 : Evolution saisonnière des paramètres mesurés chez Fucus serratus à Diélette (moyenne et écart-type par rapport à la mesure moyenne estimée de 1977 à 2002.

4.1.2.3.3 Longueur des thalles.

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

L'observation des données de longueurs moyennes acquises depuis 1977 ne permet pas, pour l'instant, de conclure à une évolution significative de ce paramètre en relation avec le fonctionnement de la Centrale. Notons depuis 1994 une tendance à une augmentation des longueurs moyennes aux deux périodes d'observations, même si cette augmentation est moindre en 2001 et 2002.

4.1.2.4 Fertilité

Le pourcentage de thalles fertiles, au sens de la seule présence de conceptacles fertiles à l'extrémité de leurs frondes, de Fucus serratus au sein du lot bagué en mars 2002 est de 63 % en mars. L'examen visuel de ces frondes permet de nuancer en cinq stades différents (figure 4.5), de l'absence totale de réceptacles (stade 0) à la présence sur chaque fronde de réceptacles terminaux (stade 4). Le taux de fertilité moyen de ce lot est alors de 23 %. 83 % des 81 individus retrouvés en juin sont fertiles, avec un taux moyen de fertilité du lot de 44 %. Pour les 74 pieds examinés en septembre, les pourcentages sont respectivement 35 % et 7 %.

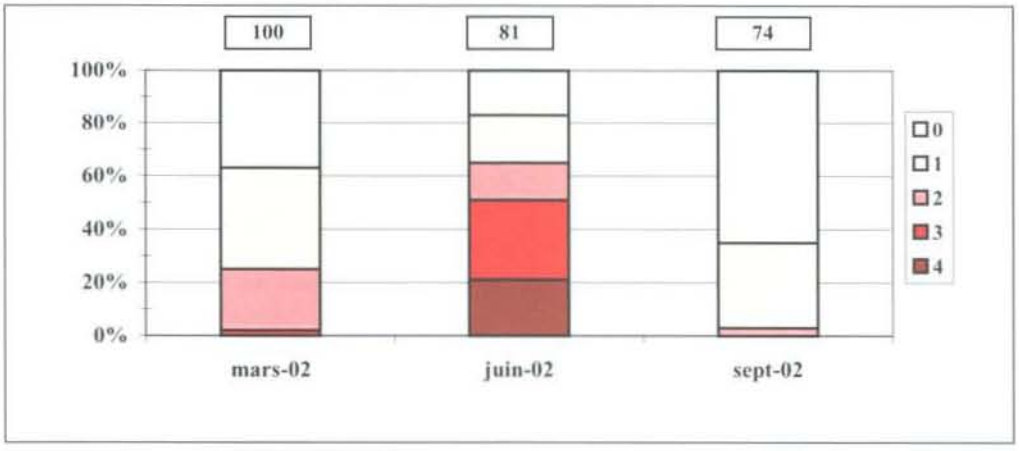


Figure 4.5 : Evolution de la fertilité des pieds de Fucus serratus bagués en 2002.

La comparaison avec les données acquises depuis 1993 permet d'apprécier, pour chaque saison, les fluctuations tant du nombre de pieds fertiles que des différents stades de fertilité (fig. 4.6). Les pieds de Fucus serratus possèdent des conceptacles renfermant des organes mâles ou femelles, selon les individus, plus ou moins fertiles tout au long de l'année.

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

La période optimale de fertilité s'étendrait surtout d'août à janvier, ce que confirment nos observations faites en septembre, exception faite de 2002. En juin, le nombre de pieds fertiles observés au cours des quatre premières années d'observations est faible ; ceux qui le sont présentent des réceptacles défoliés. Mais, de 1999 à 2002, ce nombre est élevé.

Les quatre années 1999, 2000, 2001 et 2002 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.

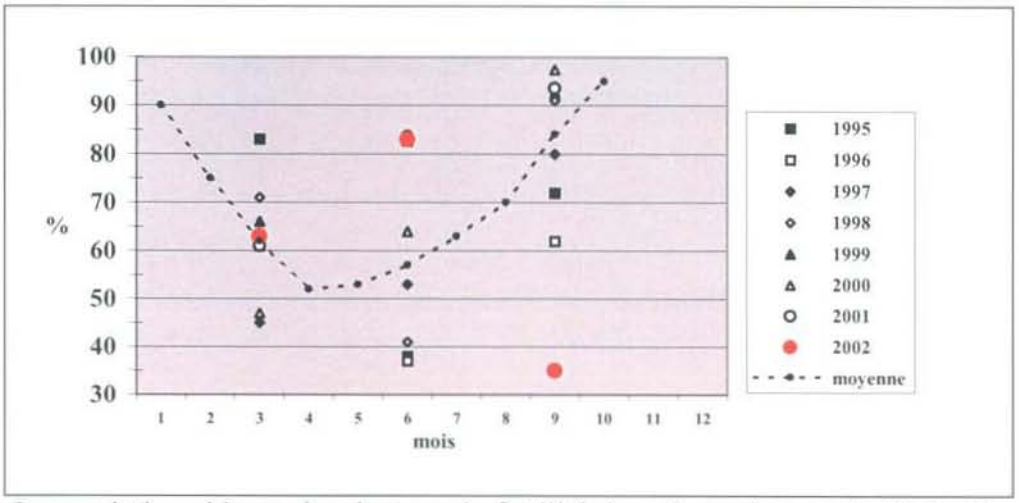


Figure 4.7 : Evolution saisonnière du taux de fertilité de Fucus serratus depuis 1995.

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.

Le peuplement de *Fucus serratus* se caractérise en 2002 par un optimum de fertilité en début d'été et un minimum en fin d'été. Ce schéma, contraire à celui connu pour cette espèce, n'a pas d'explication.

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*.

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

Habitat

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

Reproduction

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

Alimentation

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

Croissance

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

Prédation

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

A la pointe du Rozel, constituée d'un vaste platier de dalles de schistes, les peuplements sont représentés par une ceinture (largeur: 200 m) à *Balanus balanoides* prolongée en bas niveaux par une ceinture (largeur : 50 m) à *Balanus perforatus.*

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

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

4.2.1 Méthodologie

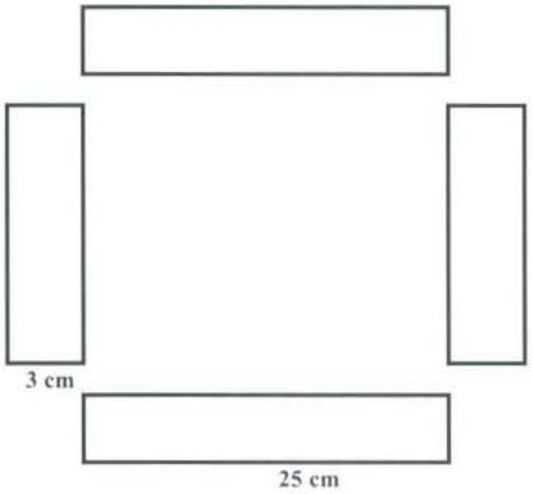
A la pointe du Rozel, quatre points de la radiale R4 sont échantillonnés dans la ceinture à *Balanus balanoides* à raison d'un point par strate. Au cap de Flamanville, les trois points "sémaphore" (ou SEM ; depuis 1983), "Quédoy" et "Diélette" (à partir de 1993) sont retenus comme représentatifs de l'ensemble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

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 1983-2001 ; de 1 à 50 individus par 75 cm^2), concerne en priorité les espèces *Chthamalus montagui, Chthamalus stellatus,* et *Elminius modestus.*

La recolonisation observée entre septembre et mars (2 % ; de 1 à 90 individus par 75 cm^2) n'est en fait que la fin du recrutement estival intervenu après les observations effectuées en septembre précédent.

Tableau 4.1 : Nombre de cirripèdes métamorphosés, comptabilisés par 75 cm² en 2002.

	Rozel	Sémaphore	Quédoy	Diélette
Recrutement automno-hivernal (Comptage des 26 et 27/02)	4 ± 5	Site inaccessible en raison des conditions météorologiques et de l'état de la mer	4 ± 3	1,3 ± 2
Recrutement printanier (Comptage des 24 et 25 / 06)	26 ± 13	223 ± 95	71 ± 15	161 ± 35
Recrutement estival (Comptage des 06 et 07 / 09)	2 ± 4	7 ± 7	0,5 ± 1	3 ± 2
Bilan annuel	32	230	76	165

En 2002, le recrutement printanier représente de 81 % au Rozel à 98 % à Diélette du recrutement annuel.

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 2002 se situe aux abords immédiats de la courbe de tendance obtenue sur la période 1983-2001.

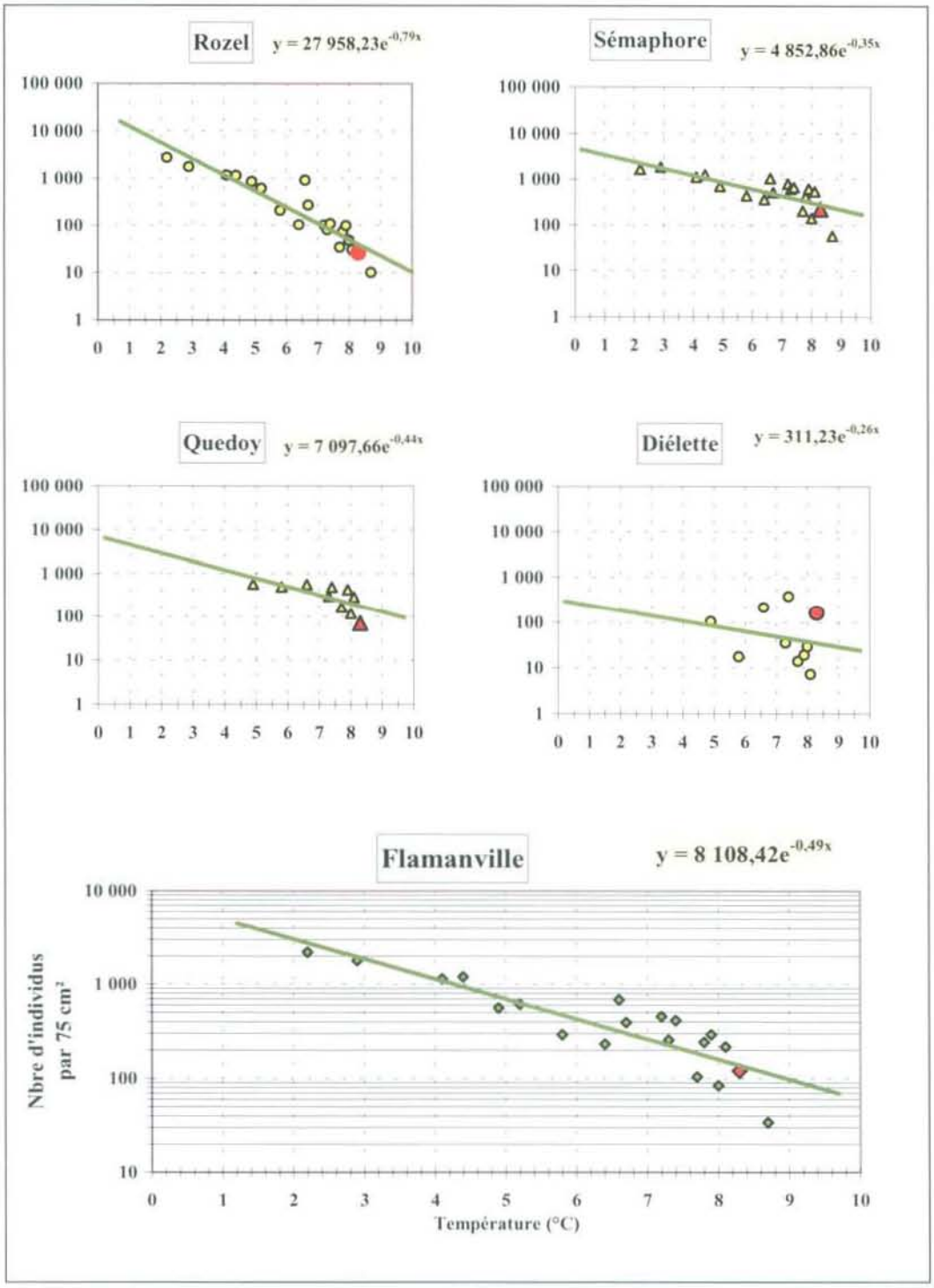


Figure 4.8 : Recrutement printanier des crustacés cirripèdes aux abords de Flamanville (nombre d'individus par 75 cm², exprimé en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air du mois le plus froid de l'hiver [°C]). Le recrutement 2002 est figuré en rouge.

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

L'observation des densités de cirripèdes (tableaux 4.2 et 4.3) 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 4.2 : Densités globales des cirripèdes en 2002 (nombre d'individus par m²)

Septembre 2002		Densité par strate	Surface occupée du substrat	Densité moyenne
Rozel	Point 1	4 933	80 %	3 947
Rozel	Point 2	33 422	50 %	16 711
Rozel	Point 3	32 050	80 %	25 640
Rozel	Point 4	34 356	100 %	34 356
Flamanville	Sem sup.	13 667	100 %	13 667
Flamanville	Sem inf.	34 933	100 %	34 933
Flamanville	Quédoy	36 500	100 %	36 500
Flamanville	Diélette	32 160	100 %	32 160

Après trois années consécutives de faible colonisation de la surface rocheuse par les crustacés cirripèdes, les pourcentages de recouvrement augmentent en 2002, tant à la pointe du Rozel qu'à Diélette. Seule la station « 2 » du Rozel se caractérise par une faible colonisation.

Tableau 4.3 : 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
2001	20 672	36 600	31 511	4 220
2002	20 163	24 300	36 500	21 160
Moy. 1993/2002	*39 569*	*49 659*	*45 204*	*34 492*

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 %).

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 les densités en place observées en septembre (figure 4.9). En 2002, comme en 2001 et 2000, les densités observées sont faibles. Elles résultent des faibles recrutements printaniers successifs.

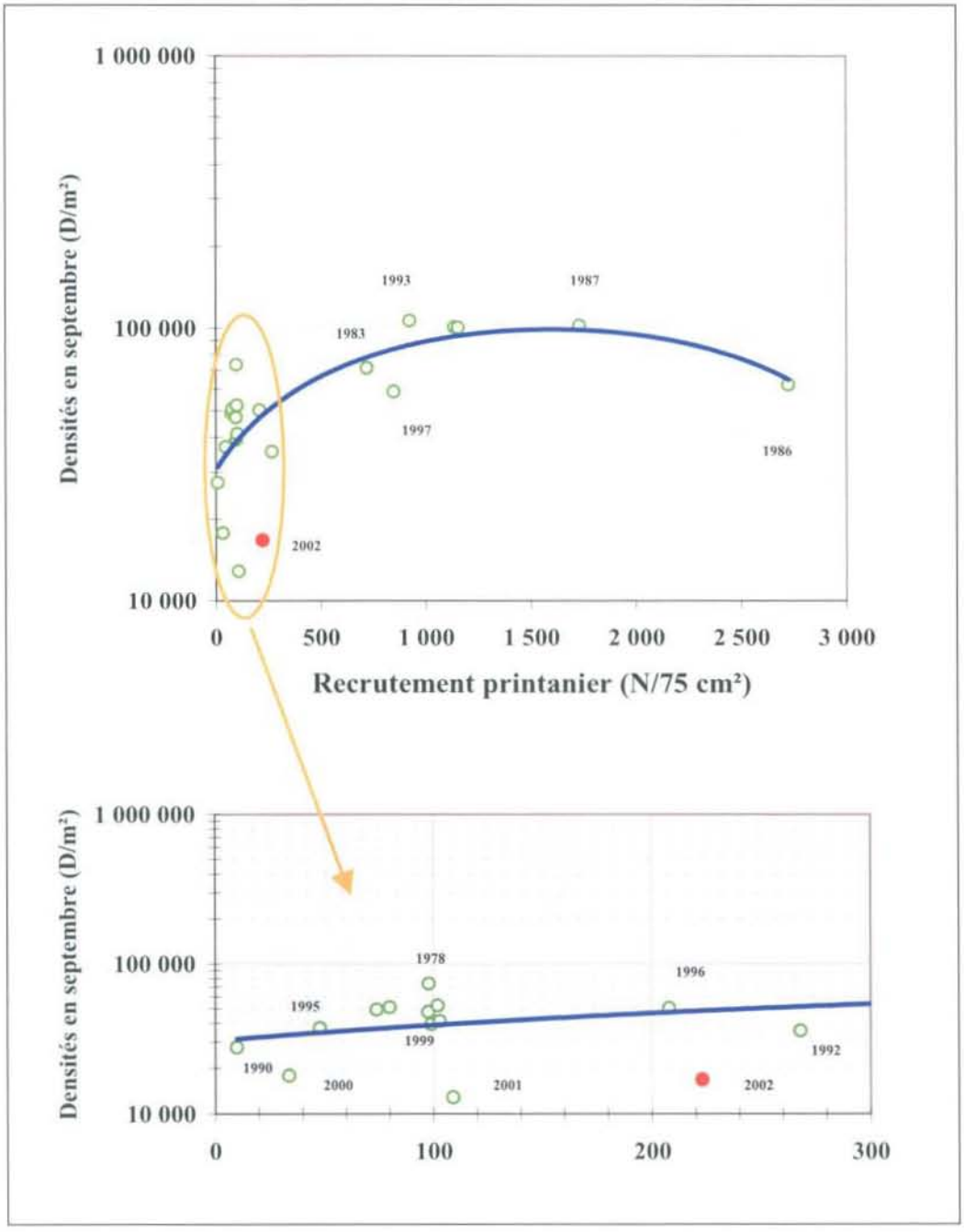


Figure 4.9 Pointe du Rozel - Variations des densités de cirripèdes en place en septembre en fonction du recrutement printanier. (année indiquée sur les graphiques).

NB: Le graphique inférieur est une « loupe » de la partie gauche du graphique supérieur.

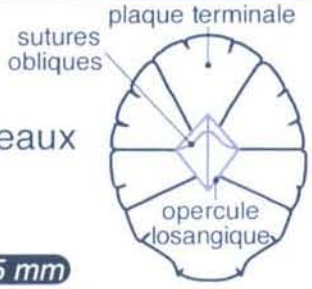
Les proportions des différentes espèces de cirripèdes sont calculées à chaque point. Au niveau du domaine intertidal de ce secteur du nord-ouest Cotentin, quatre espèces sont en compétition pour l'espace, à savoir :

Principaux cirripèdes en zone intertidale sur Flamanville

Balanus balanoides

Muraille : 6 plaques
Sous les pleines mers de mortes-eaux
Atlantique, Manche ouest et est.

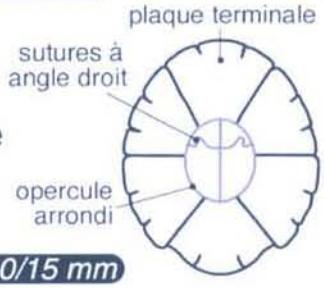
15 mm



Chthamalus stellatus

Muraille : 6 plaques
Niveau sup. de la zone intertidale
Zones exposées
Méditerranée, Atlantique, Manche ouest.

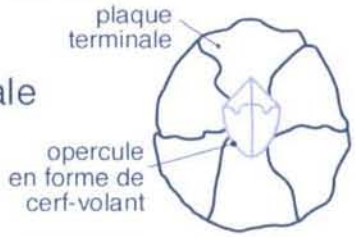
10/15 mm



Chthamalus montagui

Niveau sup. de la zone intertidale
Zones abritées
Méditerranée, Atlantique, Manche ouest.

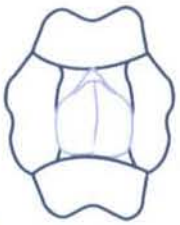
6/10 mm



Elminius modestus

Muraille : 4 plaques symétriques
Origine Nouvelle-Zélande
Extension en cours

5/10 mm



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 2002, succédant aux recrutements également faibles de 1998 à 2001, se traduit par une diminution des densités en place en fin d'été. Cette baisse se répartit quasi

identiquement sur les quatre espèces. Les proportions varient donc faiblement. L'augmentation sensible des Chthamales se poursuit.

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

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

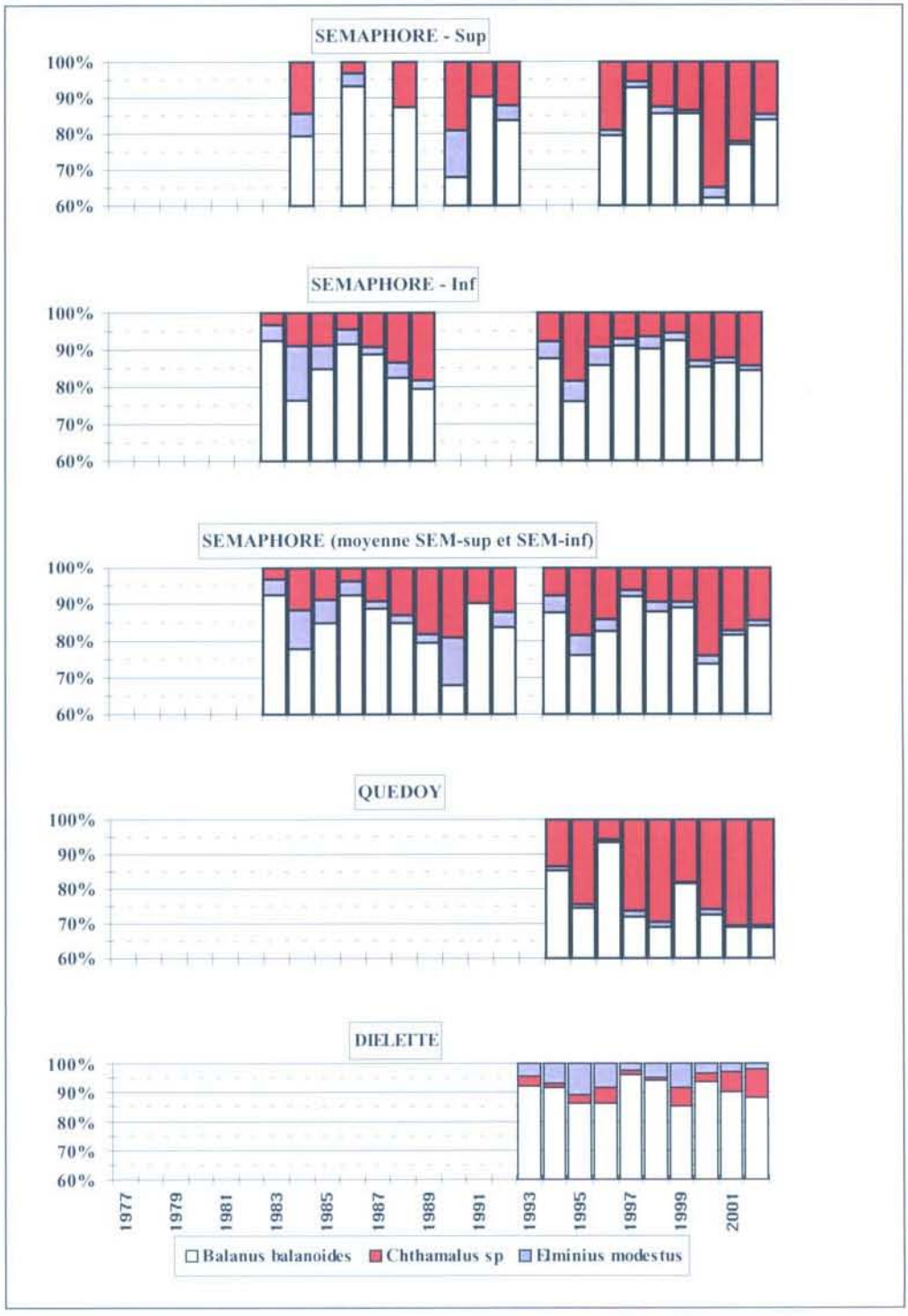


Figure 4.11 : Evolution en %, des quatre espèces de cirripèdes au cap de Flamanville depuis 1983. (Les deux espèces de Chthamales ont été regroupées au niveau du genre).

Globalement, sur l'ensemble du site, l'importance des Chthamales augmente sensiblement.

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

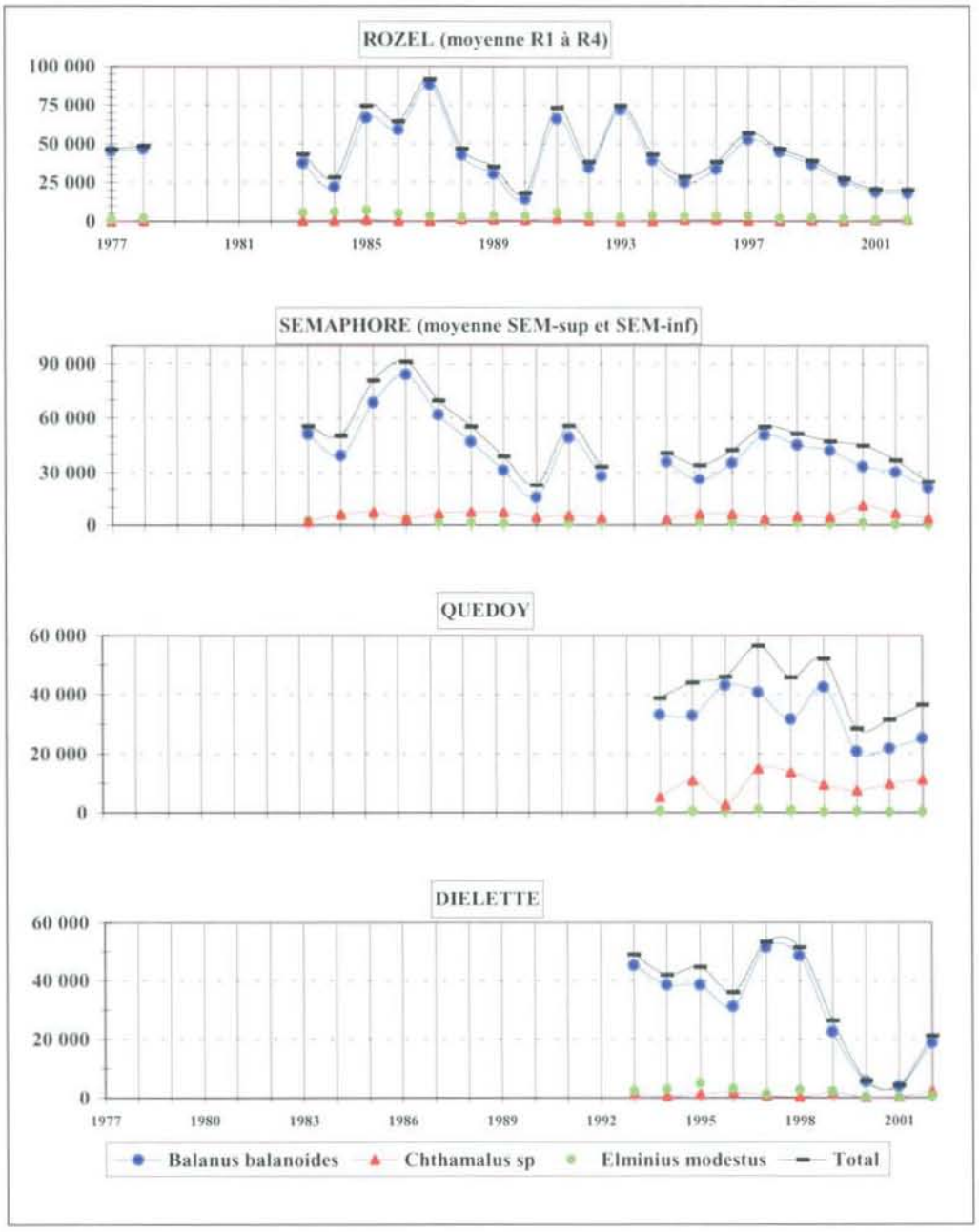


Figure 4.12 : Evolution, en nombre d'individus par m², des densités des quatre espèces de cirripèdes depuis 1983.

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).

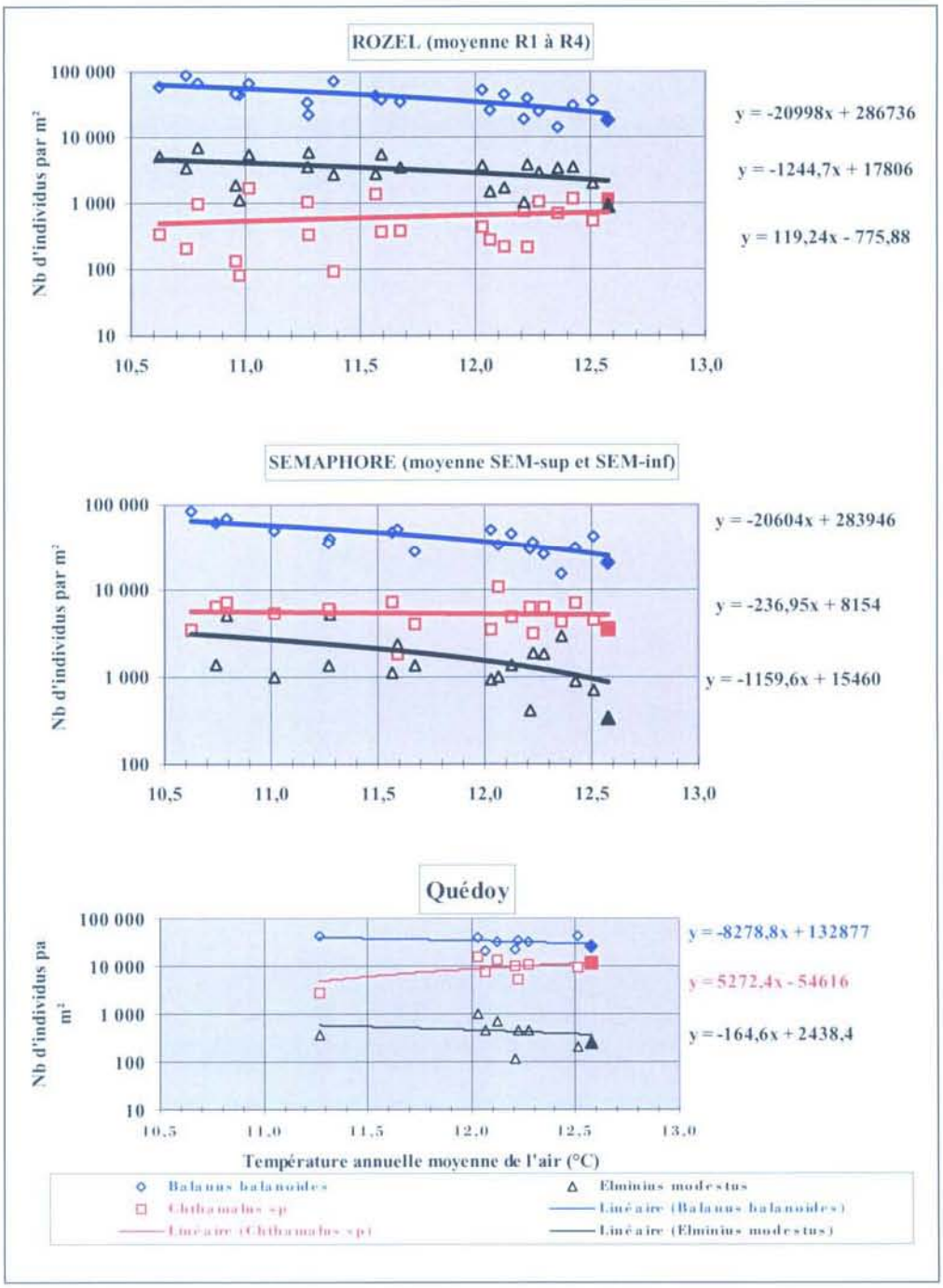


Figure 4.13 : Evolution des densités des cirripèdes intertidaux, à la pointe du Rozel (1977-2002) et au cap de Flamanville, en bas du sémaphore (1983-2002) et dans l'anse de Quédoy (1994-2002), en fonction de la température annuelle moyenne de l'air au cap de La Hague. L'année 2002 est figuré en un symbole plein ».

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

4.2.2.3 Evaluation des densités des principales espèces accompagnatrices

Seuls sont pris en compte pour cette étude les espèces ou groupes d'espèces appartenant à l'embranchement des mollusques (tableau. 4.4).

Tableau 4.4 : Densités moyennes par m² des différentes espèces de mollusques

Septembre 2002	PATE sp	LITT SAX	LITT NER	GIBB PEN	GIBB UMB	THAI LAP	OCEN ERI	LASE RUB	MODI BAR
ROZEL 1	83	275	397	13	0	0	0	6	0
ROZEL 2	18	174	26	12	4	0	0	166	0
ROZEL 3	26	118	32	3	6	0	0	1187	6
ROZEL 4	64	91	64	4	8	0	0	2860	44
Moy.1-4	48	165	130	8	5	0	0	1055	13
Sémaphore sup	116	1652	284	0	0	0	0	664	4
Sémaphore inf	140	1424	496	0	0	0	4	1408	16
Moy	128	1538	390	0	0	0	2	1036	10
Quédoy	168	316	760	0	0	0	0	44	5
Diélette	172	464	152	0	0	0	0	68	0

PATE sp	= ***Patella sp***	LITT SAX	= ***Littorina saxatilis***
LITT NER	= ***Littorina neritoides***	GIBB UMB	= ***Gibbula umbilicalis***
GIBB PEN	= ***Gibbula pennanti***	THAI LAP	= ***Thaïs lapillus***
OCEN ERI	= ***Ocenebra erinaceus***	LASE RUB	= ***Lasea rubra***

Selon l'espèce et le point considérés, la fluctuation des effectifs par rapport aux années antérieures diffère. Notons, à titre d'exemple, une tendance à la baisse des effectifs de *Patella sp* et *Littorina saxatilis* (figure 4.14). Cette tendance est à rapprocher de l'évolution climatique (cf. figures 2.2 et 2.5), plutôt qu'à l'impact de la centrale qui, rappelons le, n'a été mise en service progressivement qu'à partir de l'année 1986.

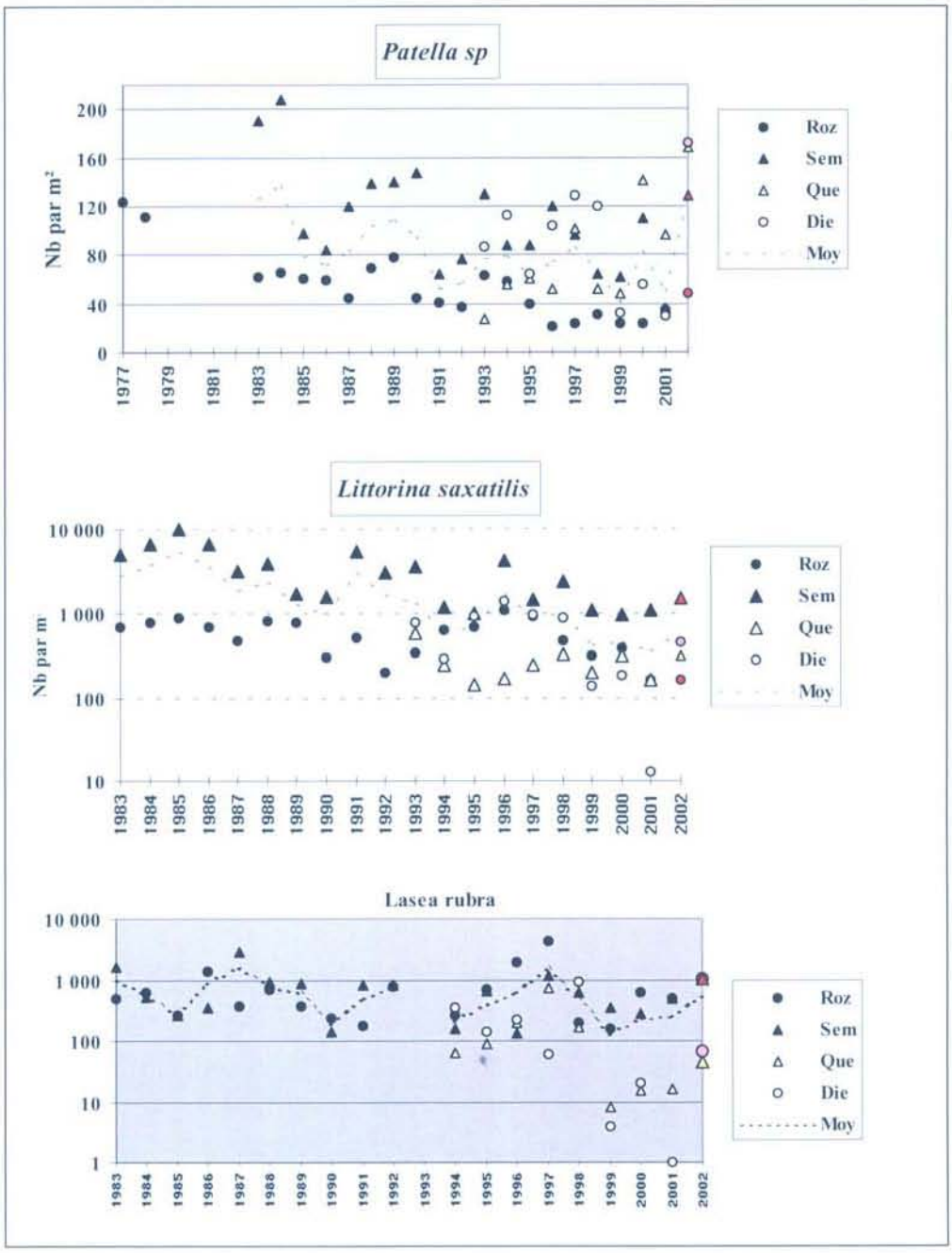


Figure 4.14 : Evolution des densités de quelques mollusques présents dans le peuplement des crustacés cirripèdes.

5 Le domaine halieutique

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

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

avec la collaboration de, pour les missions en mer,

Pierre	*Beillois*	*(DRV/RH/Nantes)*
Paul	*Bourriau*	*(DRV/RH/Nantes)*
Nicolas	*Caroff*	*(DRV/RH/Port-en-Bessin)*
Eric	*Foucher*	*(DRV/RH/Port-en-Bessin)*
Patrick	*Grellier*	*(DRV/RH/Nantes)*
Daniel	*Halgand*	*(DRV/RH/Nantes)*
Laurent	*Pasco*	*(DRV/RH/Port-en-Bessin)*
Jean-Charles	*Poulard*	*(DRV/RH/Nantes)*
Joël	*Vigneau*	*(DRV/RH/Port-en-Bessin)*

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 page 18). Les six missions prévues par le contrat depuis 1997 se sont déroulées cette année du 4 juin au 20 août à bord du chalutier artisanal le *"Lysis Trata"* qui remplace désormais le *"Cap de Carteret"*, avec des intervalles de temps assez réguliers de quatorze à dix-neuf jours.

L'échantillonnage du zooplancton et les relevés hydrologiques sont, depuis 1988, réalisés en quatre points dont la position est indiquée sur la figure 1.7 page 17 : 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 ; toutefois les mauvaises conditions météorologiques subies lors de la mission 159 ne nous ayant pas permis d'échantillonner le point référence nous ont conduit à considérer cette mission comme légère.

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 (généralement renverse de flot qui a lieu environ trois heures après la pleine mer du port de Saint-Malo ; annexe 5.1).

5.1.1.2 Paramètres hydrologiques.

Depuis 1984, deux paramètres seulement sont mesurés à chaque point : la température de l'eau et sa salinité. Les relevés sont faits à deux niveaux (subsurface et voisinage du fond) à l'aide d'une sonde. L'acquisition cette année de la sonde TURO, modèle T 611 D dont la précision (5.10^{-2}°C pour les mesures de température et 2.10^{-1}eps *[échelle pratique de salinité]* pour les mesures de salinité) est proche de celle de la Valeport utilisée précédemment, a malheureusement été la cause de l'absence de mesures de salinité au cours des premières missions en raison du mauvais étalonnage constructeur.

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 nœuds 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 38 m^3 et 262 m^3. Les données concernant chaque traict (sonde, durée, volume filtré) sont indiquées dans l'annexe 5.1, aux pages 143 et 144.

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

De 1988 à 1998, un deuxième Neuston a été utilisé simultanément pour échantillonner l'ensemble de la colonne d'eau ; selon la profondeur, deux ou trois traicts obliques étaient réalisés à la suite de façon à réaliser un traict de durée suffisante (environ 15 minutes) et similaire à celle du traict de surface. Celui-ci a été abandonné en 1999 après onze années d'étude.

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

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

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 œufs 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 m^3). L'ensemble des données est archivé à Nantes sur la mini-base créée spécialement pour la partie "œufs et larves" du domaine halieutique.

5.1.2 Résultats.

Les résultats des paramètres hydrologiques (température et salinité), mesurés dans le cadre de l'étude halieutique, figurent annexe 5.2, page 145.

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

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 ; Drévès *et al.*, 2000) a montré que les prélèvements de surface étaient plus adaptés à la récolte des larves de homard.

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

Nous continuons de prendre en compte les larves trouvées dans les prélèvements au Bongo (destinés à l'étude des larves d'araignée) mais nous ne faisons plus figurer chaque année l'ensemble des résultats obtenus avec cet échantillonneur en raison des volumes filtrés trop faibles qui donnent lieu à une surestimation des densités calculées (un traict de Bongo ne récolte généralement qu'une larve).

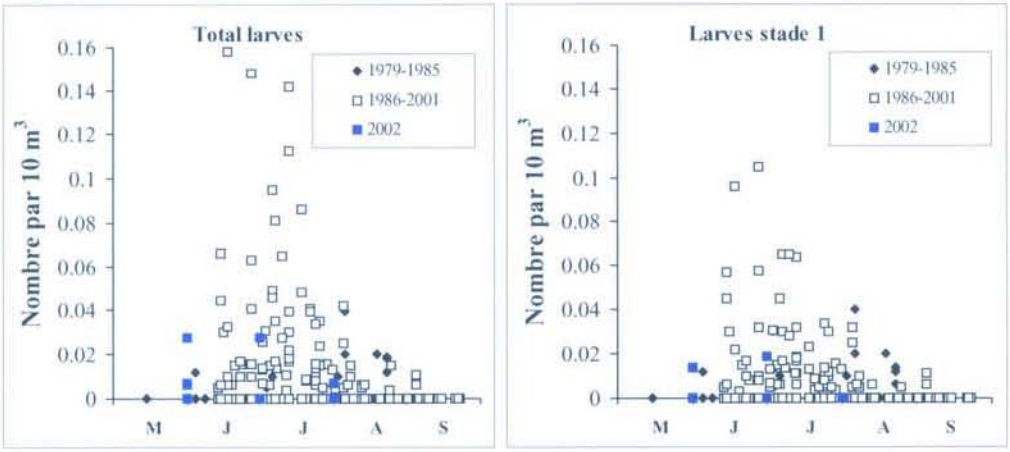


Figure 5.1.- Homarus gammarus, Prélèvement au Neuston en subsurface.

La figure 5.1 qui rassemble tous les résultats obtenus par prélèvement de subsurface depuis 1979, montre que nous avons récolté assez peu de larves au cours de l'été 2002, la densité maximale calculée étant de 0,03 par 10 m^3.

Les figures 5.2 et 5.3 relatives à l'année 2002 montrent que les larves de homard ont été récoltées du 4 juin au 6 août. Les stades 1 sont observés jusqu'au 4 juillet seulement, ce qui suggère des éclosions plutôt précoces, mais il est difficile cette année de situer le pic d'éclosion d'après les courbes des densités de ces stades 1 ; toutefois, compte tenu de la présence de stades 3 dès le début du mois de juin, il est possible qu'il se soit produit avant la première mission.

Les larves récoltées au moyen de l'échantillonneur Bongo (figure 5.3) l'ont été au cours du mois de juin au point 3 ou Référence.

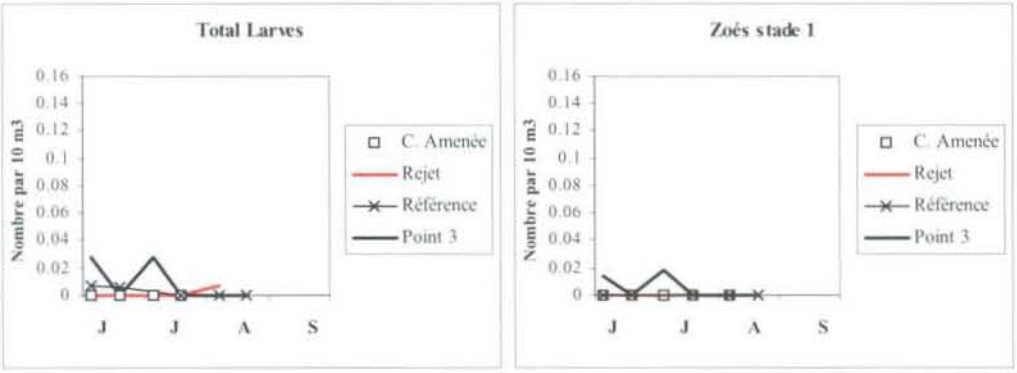


Figure 5.2.- Homarus gammarus, Prélèvement au Neuston en surface.

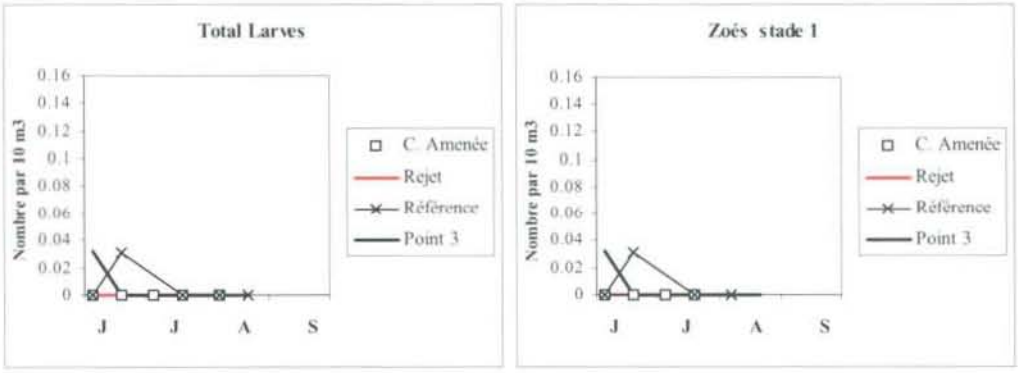


Figure 5.3 : Homarus gammarus. Prélèvement sur toute la colonne d'eau au Bongo.

La figure 5.4 montre que cette année les récoltes du point 3 ont été supérieures à celles du point référence où l'on observe généralement les densités plus importantes. La présence plus sporadique de larves aux environs du rejet est notée cette année avec un stade 3 le 6 août. Comme chaque année depuis 1989, aucune larve n'a été récoltée dans le canal d'amenée.

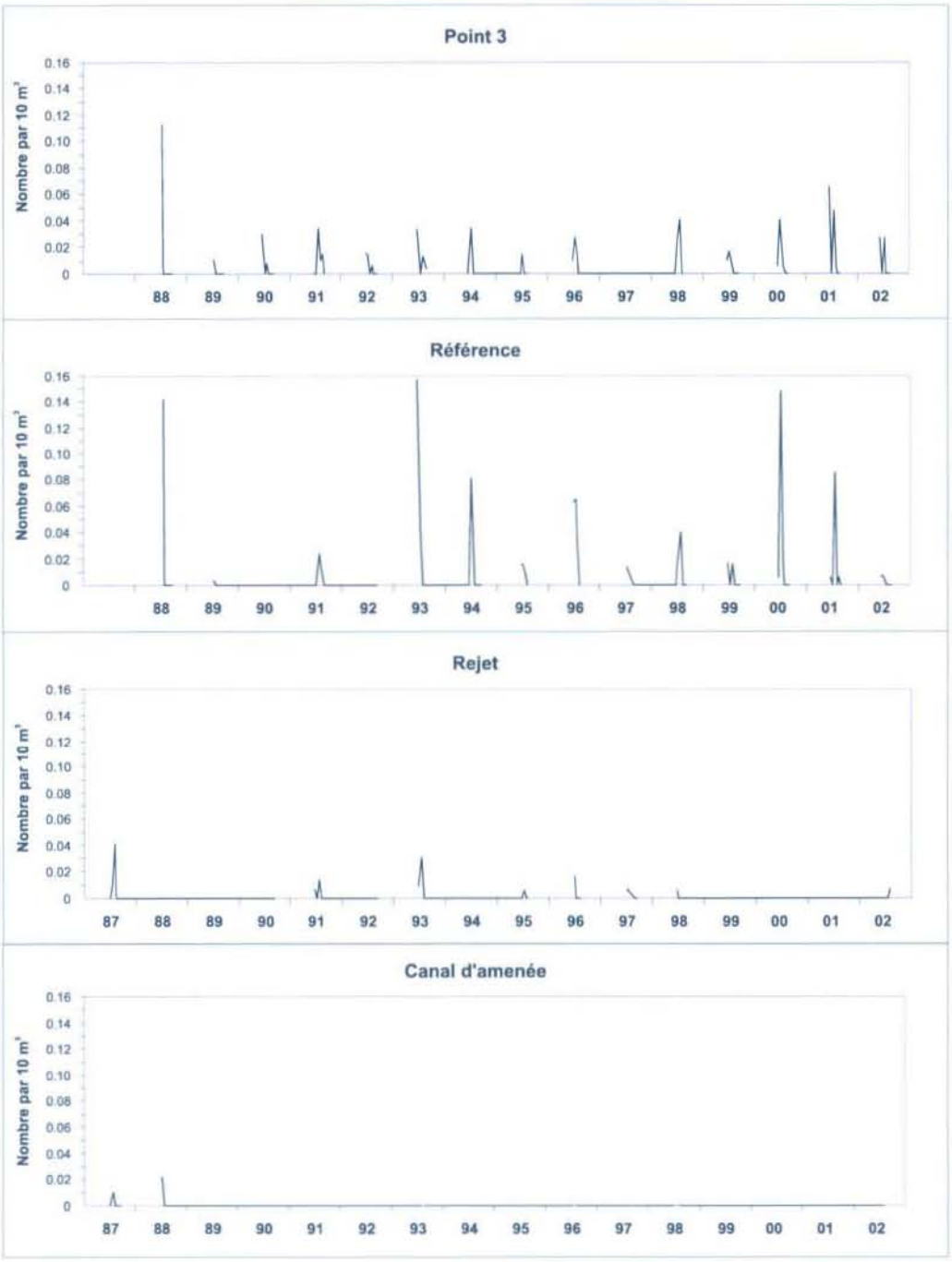


Figure 5.4.- Homarus gammarus, Prélèvements réalisés au Neuston en subsurface depuis le début de la surveillance 2e phase.

5.1.2.2 Larves d'araignée, *Maja brachydactyla* Balss (annexe 5.4)

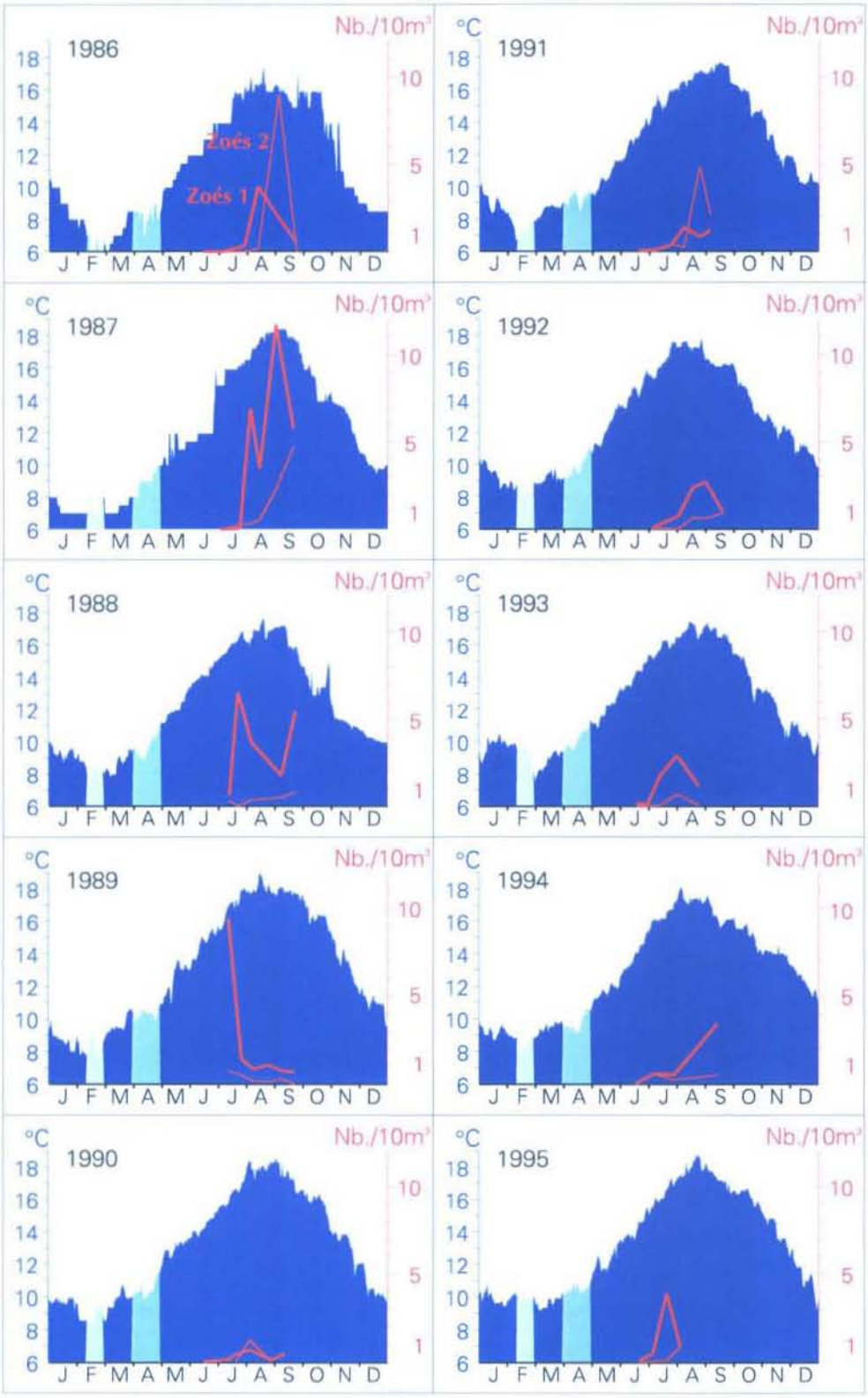
Les récoltes réalisées au point du large (point 3), régulièrement le plus riche en zoés d'araignée et situé en dehors de la tache thermique, sont le reflet de l'influence du climat sur la période d'éclosion de cette espèce.

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

La figure 5.5 montre, pour chaque année étudiée depuis 1986, l'évolution saisonnière des zoés d'araignée et de la température de l'eau. Par souci de clarté dans les graphes et en raison du faible nombre de mesures, nous ne reproduisons plus les températures mesurées lors de chaque mission au point 3. On y observe des années où les zoés d'araignée au stade 1 ne sont récoltées qu'à partir de fin juillet comme 1986 et 1987 et des années plus précoces où la présence de zoés est constatée dès le mois de juin (c'est le cas en 1990, 1993, 1995, et depuis 1998) et, plus particulièrement l'année 1989, où la densité maximale de stades 1 se situe dès le début juillet. Parallèlement à cette précocité d'éclosion des zoés, il apparaît que la quantité d'énergie reçue, matérialisée par les surfaces bleues des courbes de température, est plus importante au cours du printemps de ces années précoces.

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

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


1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
°C
Nb./10m³
Zoés 2
Zoés 1
J F M A M J J A S O N D

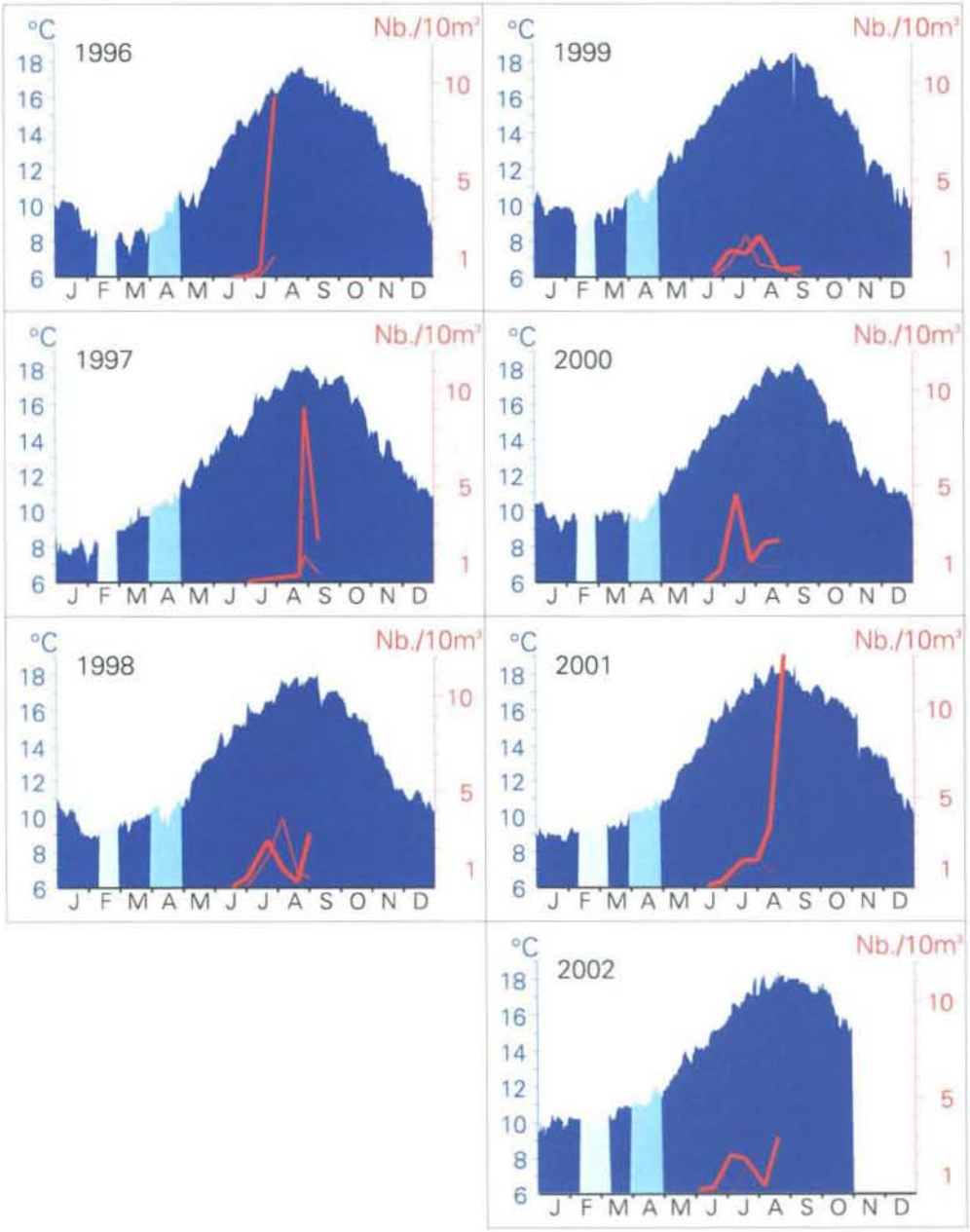


Figure 5.5.- Zoés d'araignées de mer (stades 1 et 2 en rouge, en nombre par 10 m³) récoltées au point 3 et température de l'eau (en °C, aires bleues sombres) à l'entrée de la Centrale. Les deux aires bleues claires correspondent aux deux périodes définies à la figure 5.6 de la page suivante.

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 1996-2002 ; notons que 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 incluses dans 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 œufs 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 période testée	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1	11	21	1
Périodes allant au 15 juin	0.82	0.84	0.85	0.85	0.85	0.83	0.81	0.82	0.82	0.82	0.80	0.78	0.75	0.75	0.71	0.67
Périodes de 10 jours	0.01	0.20	0.38	0.57	0.76	0.71	0.59	0.68	0.68	0.81	0.72	0.63	0.61	0.72	0.65	0.72
		0.31		0.70		0.70		0.71		0.81		0.71		0.73		
Périodes de 20 jours	0.05		0.50		0.76		0.64		0.78		0.75		0.71		0.70	
	0.19			0.74			0.69			0.84			0.75			
Périodes de 30 jours		0.42			0.75			0.77			0.77			0.75		
			0.64			0.71			0.80			0.77				

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 (et les records de température cités au chapitre 2) l'année 2002 s'avère être l'année la plus précoce depuis 1986 pour l'éclosion des zoés d'araignée de mer.

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

La courbe de variation de la densité de zoés stade 1 (figure 5.7) suggère un premier pic d'abondance début juillet et l'amorce d'un deuxième à la fin du mois d'août seulement, comme les années les plus tardives.

La densité maximale de zoés relevée en 2002 (5,3 par 10 m^3) rejoint les valeurs modestes observées de 1990 à 1995 et de 1998 à 2000. L'année 1983 demeure exceptionnelle avec 61 zoés par 10 m^3.

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

- la richesse en zoés du point 3 comparé aux autres points ; seul le point "Référence" se caractérise par une abondance notable en zoés, parfois très proche de celle du point 3 (en 1990, 1991, 1996 et 1998) et qui la dépasse même cette année ; 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'amenée depuis 1992 ; après quelques années de présence plus régulière des zoés et mégalopes, nous avons trouvé une seule zoé en 1994 et 1996 et deux mégalopes en 2000, les premières depuis 1992 ;
- la faible quantité de larves récoltées aux alentours des bouches de rejet ; on note toutefois cette année la présence régulière de zoés du 4 juillet au 6 août avec une densité maximale de 0,10 par 10 m^3 du même ordre que celles relevées antérieurement (de 0,07 à 1,7 par 10 m^3) ; la densité des mégalopes trouvées le 18 juillet et le 6 août (0,03 et 0,05 par 10 m^3) se situe parmi les plus faibles relevées antérieurement en ce point (densité maximale de 0,19 par 10 m^3 en 1987 ; annexe 5.4 pages 148 et 149).

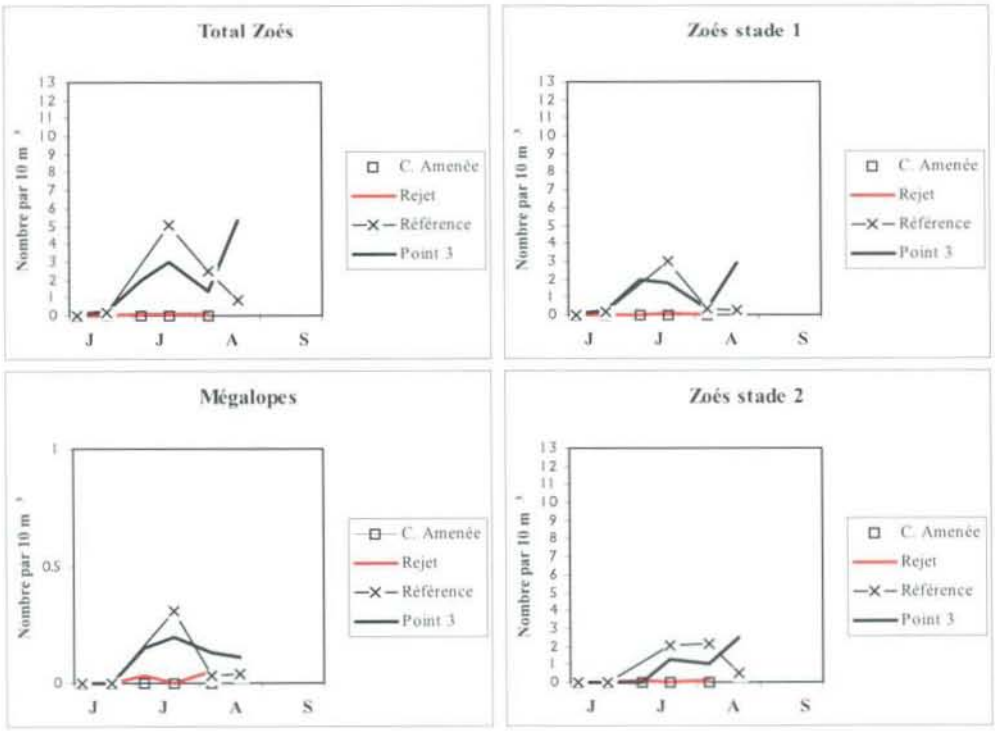


Figure 5.7 : Densité des différents stades larvaires d'araignée de mer Maja brachydactyla.

5.1.3 Conclusion

Comme l'illustre bien la figure 2.7 de la page 26, la douceur de l'hiver et du printemps notée les quatre années précédentes est particulièrement marquée en 2002. 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 très importantes cette année.

Il s'ensuit que les premières larves d'araignée ont éclos particulièrement tôt, dès le 4 juin. Un premier pic d'éclosion se produit entre le début et la moitié du mois de juillet et un deuxième s'amorce au mois d'août au point 3. La densité maximale relevée cette année (5,3 par 10 m^3) rejoint les valeurs modestes notées de 1990 à 1995 et de 1998 à 2000.

La répartition des zoés selon les points se confirme d'année en année avec les densités notables relevées au point 3 et au point Référence, alors que la zone de rejet est très pauvre et qu'on récolte rarement des larves d'araignée dans le canal d'amenée ; mais cette année les densités observées au point référence dépassent légèrement celles du point 3.

Les larves de homard sont également précoces cette année, sans qu'il soit possible de situer le pic d'éclosion qui a pu se produire avant le mois de juin. La densité maximale observée ne dépasse pas 0,03 par 10 m^3.

5.2 SURVEILLANCE DE LA PECHE COTIERE DES CRUSTACES

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

5.2.1 Pêche professionnelle

5.2.1.1 Flottille

En 2002 la flottille est répartie de la façon suivante :

- 1 bateau à Goury.
- 5 à Dielette.
- 19 à Carteret.

5.2.1.2 Activité

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

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

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

Année 2002	Mois											
Métier	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Casier à crustacé	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Casier à bulot	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trémail à raie		■	■	■			■	■	■			
Trémail à sole	■	■	■	■				■	■			
Maillant à araignée				■	■	■	■	■				
Drague à coquille	■	■	■	■						■	■	■
Palangre			■	■			■	■	■	■	■	■

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

5.2.1.3 Production

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

En 2001, les déclarations faites par les professionnels font apparaître une production de 252,639 tonnes de crustacés et de 1 187,773 tonnes de bulots sur l'ensemble du secteur Nord-Ouest Cotentin. La mise en place du système déclaratif des productions et de l'effort de pêche des navires de moins de 10 m étant récente, il est difficile de faire une comparaison des productions annuelles.

Les pêches expérimentales permettent par ailleurs 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 2002, les pêches expérimentales aux casiers ont été réalisées au cours des mois de juin et septembre.

5.2.2.1 Matériel et méthode

Le principe de 15 points définis dans le secteur proche du site de la Centrale a été conservé (figure 5.8). Il faut noter la création en 2000 d'un cantonnement de 1,2 km² 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 influe sur les résultats des pêches expérimentales puisque les filières 2 et 8 sont à l'intérieur de son périmètre, et trois autres (3, 9 et13) sont en périphérie immédiate.

L'effet attendu dés cette interdiction est une augmentation des rendements de pêche, ce qui se traduira par un biais dans les résultats des années futures.

De façon à estimer le taux de recapture et de dispersion dans les secteurs limitrophes, tous les homards pêchés dans le cantonnement ont été marqués d'un numéro puis relâchés au même endroit.

Chaque campagne comporte quatre jours de pêche consécutifs (sauf conditions météorologiques défavorables) au cours d'une marée de mortes-eaux.

Les 15 filières de 20 casiers sont relevées, dans la mesure du possible, à chaque sortie.

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

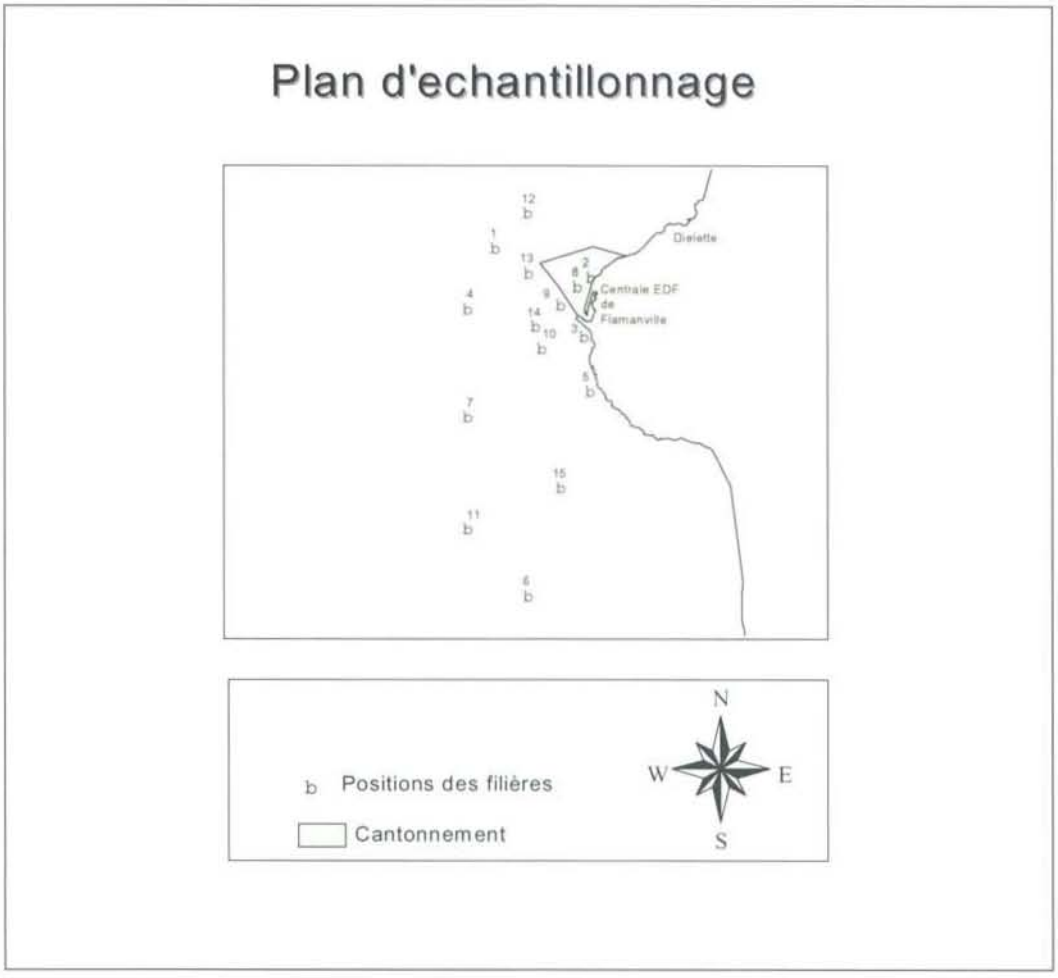


Figure 5.8 : Carte de positionnement des filières.

5.2.2.1.1 Calendrier des sorties

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

Mission	Date	Nombre de filières	Nombre de casiers relevés
Juin	4	15	300
	5	14	280
	6	15	300
	7	15	300
Septembre	2	15	300
	3	15	300
	4	15	300
	5	15	300

Tableau 5.2 : Dates des campagnes 2002 et nombre de filières relevées

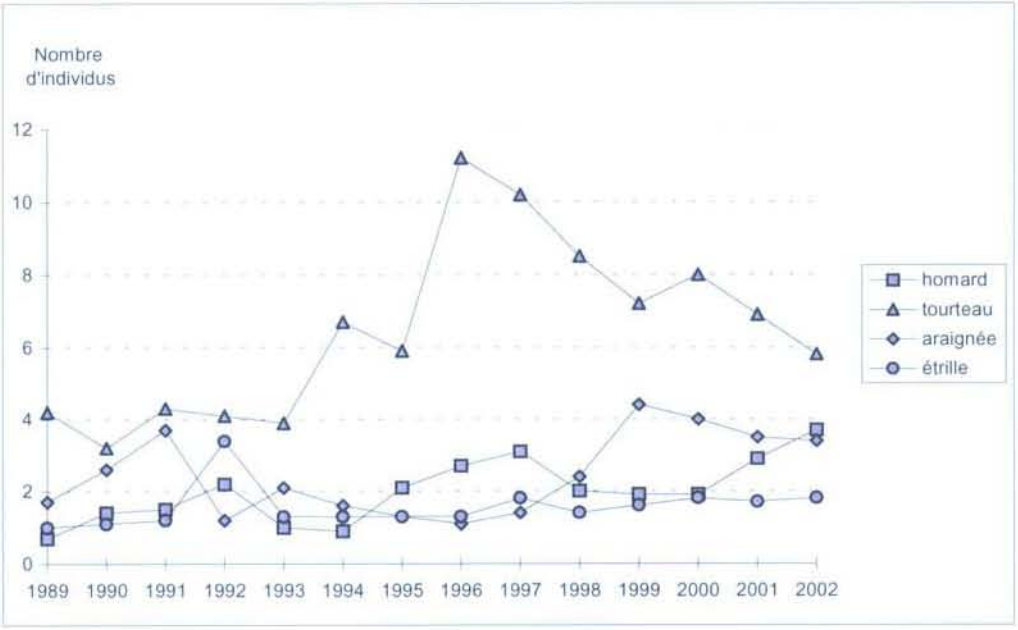


Figure 5.9 : Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers

Figure 5.10 : Evolution des tailles moyennes

5.2.2.1.2 Observations réalisées

Les observations réalisées en 2002 reposent sur 2 380 casiers relevés (annexe 5.9) soit 120 de plus qu'en 2001. Le nombre d'individus capturés par casier est noté pour les espèces suivantes : homard, tourteau, araignée, étrille, buccin et pagures. Les données biologiques prises en compte pour les crustacés (excepté les paguridés) concernent la taille, le sexe, la présence éventuelle d'œufs, la dureté de la carapace (pour l'étrille) et la maturité (pour l'araignée).

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 2002 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 2001.

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 et septembre sont plus élevés que ceux de l'an dernier. Le rendement moyen calculé pour l'ensemble de la saison de pêche est de 3,7 individus pour 10 casiers, soit le meilleur rendement de la série historique. Les rendements des deux filières situées dans le cantonnement sont très nettement supérieurs au reste de la zone prospectée. Ils influencent très nettement l'indice global qui n'est en fait que de 2,6 individus pour 10 casiers hors réserve. Celui ci progresse toutefois depuis la création de cette dernière en 2000, il était à l'époque de 2,2. La figure 5.11 présente une vue globale des rendements sur la zone et permet de mettre en évidence des rendements plus importants sur le sud du cantonnement. Les points situés à l'ouest ont quant à eux des rendements beaucoup plus faibles.

Répartition des tailles (figure 5.10)

La taille moyenne des homards capturés en 2002 est de 8,8 cm (longueur céphalothoracique) et n'est pas significativement différente depuis 1994.

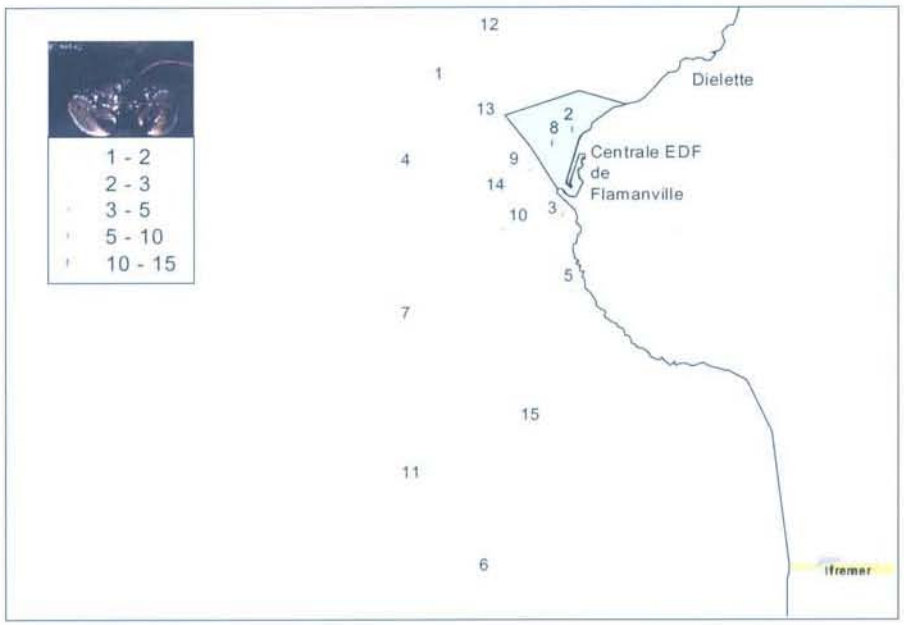


Figure 5.11 : Nombre de Homards pour 10 casiers

Figure 5.12 : Nombre de tourteaux pour 10 casiers

Poids individuel

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

$W = aL^b$	avec W = poids (en g) et L = longueur céphalothoracique (mm)

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

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

Le poids moyen des homards en 2002 est de 479 g contre 529 g en 2001.

Proportion des sexes

La moyenne annuelle du pourcentage de mâles sur le nombre total de captures est reste stable d'une année sur l'autre et toujours voisine de celle observée lors des années de référence : 52% des individus sont de sexe mâle.

5.2.2.2.2 <u>Tourteau</u> (annexe 5.6)

Après une légère amélioration en 2000, les rendements mensuels calculés pour le tourteau diminuent à nouveau en passant sous le seuil des six individus pour dix casiers. Cet indice est identique à celui de 1995. Les rendements varient en fonction d'un gradient côte large et sont plus importants aux abords de la centrale (figure 5.12). Il faut toutefois préciser que les filières de la réserve sont les moins productives.

La taille moyenne des individus capturés (largeur du céphalothorax) diminue sensiblement tout en étant proche des valeurs maximums observées en 1998 et 1999. Elle est de 13,4 cm (figure 5.10) en 2002.

Le sex-ratio des captures est de 66 % d'individus de sexe mâle. Il est comme chaque année, plus important lors de la campagne de septembre (77 %).

5.2.2.2.3 <u>Araignée</u> (annexe 5.7)

Les rendements diminuent à nouveau cette année (3,4 individus pour 10 casiers), avec, comme l'an passé, un nombre de prises supérieur lors de la campagne de juin (figure 5.9). Les captures les plus importantes se situent à l'ouest de l'anse de Sciotot dans une zone où les fonds sont plutôt sableux (figure 5.13).

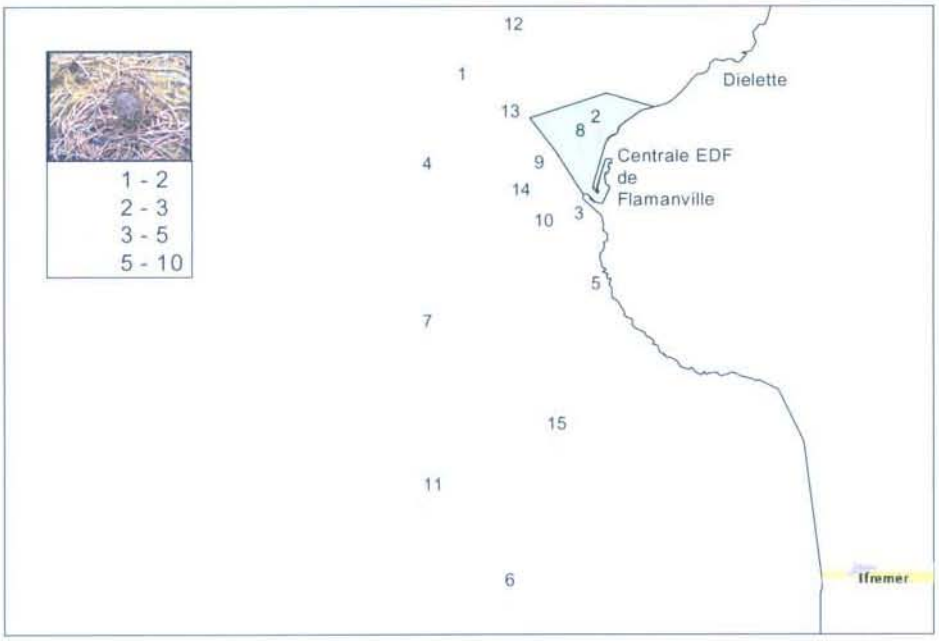


Figure 5.13 : Nombre d'Araignées pour 10 casiers

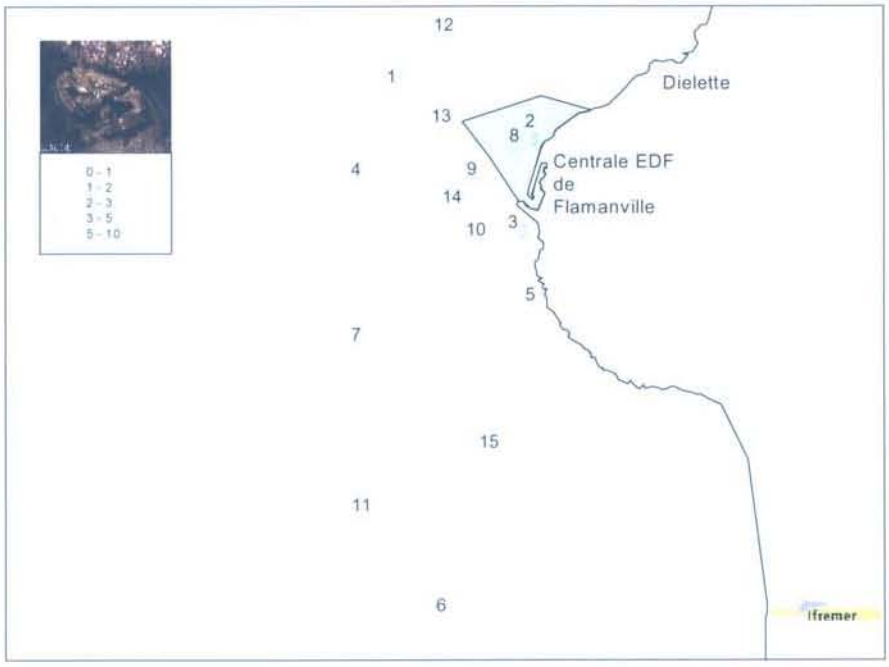


Figure 5.14 : Nombre d'Etrilles pour 10 casiers

Les araignées pêchées en septembre sont plus petites d'où une taille moyenne assez basse. La longueur céphalothoracique moyenne des individus pêchés est de 9,5 cm (figure 5.10) confirmant ainsi une diminution des tailles des araignées capturées lors de nos campagnes. En juin seul 25 % des individus pêchés sont commercialisables et plus de 40 % sont immatures.

La campagne annuelle de juin fait apparaître une proportion de mâles supérieure à 85 % alors que le sexe ratio est quasiment à l'équilibre en septembre.

5.2.2.2.4 **Etrille** (annexe 5.8)

Le rendement moyen est constant depuis 1997 : 1,8 individu pour 10 casiers (figure 5.9). La taille moyenne est de 5,0 cm (figure 5.10). Les concentrations les plus importantes sont situées dans la partie nord de la zone prospectée et tout particulièrement aux abords de la centrale (figure 5.14).

En 2002, comme lors des années précédentes, le sex-ratio est déséquilibré : 87 % des étrilles pêchées sont des mâles. Le pourcentage d'individus mous est de 40 % en juin : valeur identique aux années passées.

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

Les rendements de pêche sont, contrairement à l'année passée, en très forte augmentation.

On observe des indices annuels moyens de 7,5 individus pour 10 casiers pour le buccin et de 6,5 pour les paguridés.

Les filières situées au sud du cap de Flamanville (figures 5.15 et 5.16), ont un fort poids sur la productivité globale. Les captures y sont abondantes cette année même si le maillage utilisé n'est pas adapté à la pêche des individus de petite taille.

Depuis 1992, les captures semblent suivre la même courbe de tendance et restent très faiblement représentées dans le nord de la zone.

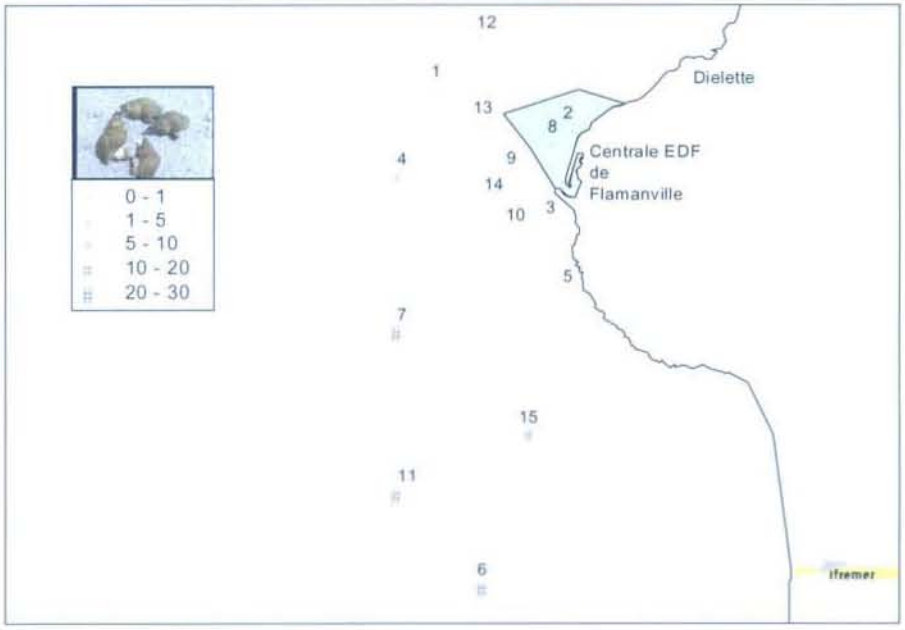


Figure 5.15 : Nombre de Bulots pour 10 casiers

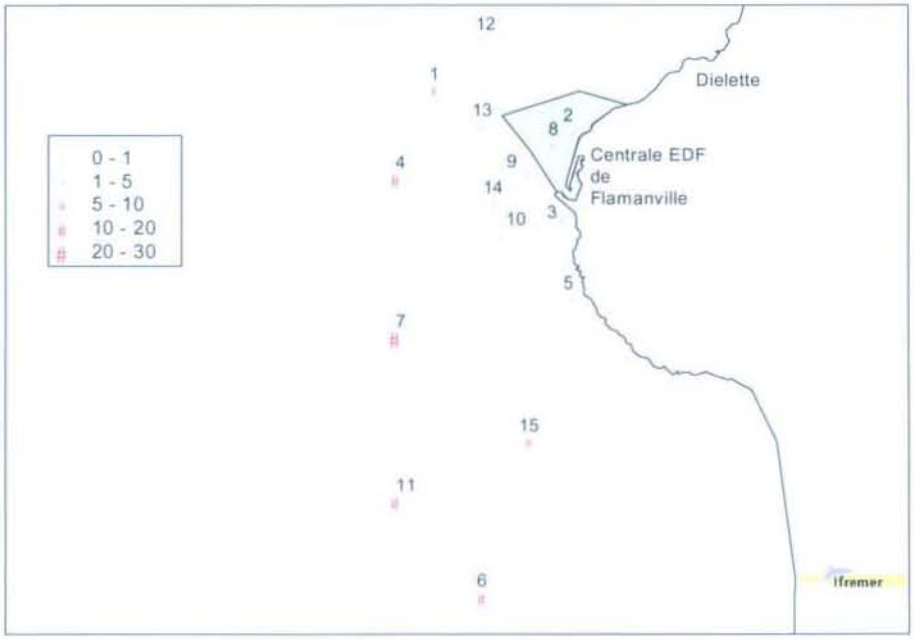


Figure 5.16 : Nombre de paguridés pour 10 casiers.

Figure 5.17 : Paguridés et buccins - Rendements en nombre d'individus pour 10 casiers.

5.2.2.2.6 Zone du Cantonnement :

Les filières 2 et 8, situées dans le cantonnement, ont respectivement des rendements de 10,4 et 10,9 homards pour 10 casiers. Ces valeurs représentent jusqu'à quatre fois les indices globaux, et sont les plus importantes depuis le début de l'étude du suivi des crustacés sur le site de Flamanville.

Pendant la campagne de juin, nous n'avons recapturé que 21 homards sur les 203 marqués et relâchés dans le cantonnement : dix dans la filière 2 et onze dans la filière 8. Aucune prise n'a été faite à l'extérieur.

Il n'a pas été fait de marquage en septembre, toutefois 12 individus ont été repêchés dans la réserve et un seul en limite (point 4).

La longueur céphalothoracique moyenne est supérieure (9,3 cm) à celle observée sur l'ensemble de la population capturée lors des deux campagnes.

Les autres espèces ne semblent pas bénéficier de l'effet réserve, les rendements sont même parfois inférieurs au reste de la zone.

5.2.3 CONCLUSION

Pour pallier la baisse des rendements constatée par les pêcheurs professionnels, ceux-ci ont pris en 2000 des mesures de gestion de la ressource, notamment la création d'un cantonnement pour préserver une fraction du stock de homard à proximité du cap de Flamanville.

Deux ans après la création du cantonnement l'intérêt de la réserve se confirme mais l'augmentation des rendements de pêche de homard reste cantonné aux abords des enrochements de la centrale.

Dans la mesure où les captures de homards réalisées dans le cantonnement représentent 39 % des captures totales, 56 % si l'on ajoute les filières 3 et 9, il est devenu indispensable de dissocier le cantonnement de la zone extérieure. Les récifs qui composent l'enrochement de la centrale constituent sans aucun doute un habitat privilégié par les homards qui ne semblent pas pour l'instant rejoindre les eaux plus ouvertes. Il faudra très probablement attendre plusieurs années avant de voir un échappement significatif et considérer le cantonnement comme un apport à la pêcherie locale.

Le système de marquage utilisé a permis d'identifier tous les individus recapturés mais n'autorise pas leur suivi sur une durée supérieure à la mue. Leur dispersion dans les zones avoisinantes est difficilement estimable et seule une marque directement placée dans la chair du crustacé permettra un suivi pertinent dans le temps. Nous avons cependant récupéré sept marques avec la position de chacun des homards capturés par des professionnels. D'une manière générale, les individus ont été pêchés dans des secteurs voisins de la centrale, sauf un recapturé le 14 juillet au nord ouest de Jersey. Il s'agit d'un mâle de 10,8 cm de longueur céphalothoraxique ayant parcouru une vingtaine de milles en 41 jours.

En dehors de cette anecdote très spécifique, tous les paramètres suivis sont relativement stables, même si on observe une diminution des rendements de pêche pour le tourteau. La taille moyenne des araignées reste quant à elle faible.

Mission	Date	Coeff. Marée	Point	Nuages	Sonde	Engin	Heure début (T.U.)	Durée	Temps après P.M.	Volume (m^3)
157	6 Juin	39	Point 3	8	25	Bongo 1	18h 50	5mn	5h 58	166
						Bongo 2	18h 57		6h 05	158
						Neuston S	19h 11	15mn	6h 19	1404
			C. Amenée	8	5	Bongo 1	16h 20		3h 28	53
						Bongo 2	16h 25	2mn30	3h 33	53
						Neuston S	16h 35	9mn	3h 43	885
			Rejet	8	10	Bongo 1	17h 22	3mn	4h 30	122
						Bongo 2	17h 27	2mn	4h 35	97
						Neuston S	17h 33	10mn	4h 41	879
			Référence	8	22	Bongo 1	18h 00	3mn	5h 08	155
						Bongo 2	18h 05		5h 13	138
						Neuston S	18h 14	15mn	5h 22	1443
158	18 Juin	59	Point 3	8	24	Bongo 1	18h 30	5mn	6h 45	177
						Bongo 2	18h 40		6h 55	140
						Neuston S	18h 47	15mn	7h 02	1452
			C. Amenée	1	6	Bongo 1	16h 15		4h 30	60
						Bongo 2	16h 20	1mn30	4h 35	55
						Neuston S	16h 31	8mn	4h 46	714
			Rejet	2	11	Bongo 1	16h 49	2mn	5h 04	86
						Bongo 2	17h 01		5h 16	99
						Neuston S	17h 10	10mn	5h 25	1085
			Référence	7	21	Bongo 1	17h 39	3mn30	5h 54	200
						Bongo 2	17h 50		6h 05	160
						Neuston S	17h 55	15mn	6h 10	1723
159	4 Juillet	39	Point 3	6	24	Bongo 1	18h 59	3mn30	6h 19	202
						Bongo 2	19h 07	3mn15	6h 27	182
						Neuston S	19h 15	15mn	6h 35	2139
			C. Amenée	6	5	Bongo 1	16h 30	2mn	3h 50	93
						Bongo 2	16h 38	2mn15	3h 58	146
						Neuston S	16h 47	9mn30	4h 07	1182
			Rejet	6	15	Bongo 1	17h 23	3mn30	4h 43	185
						Bongo 2	17h 40	4mn	5h 00	174
						Neuston S	17h 47	13mn	5h 07	1540

160	18 Juillet	60	Point 3	1	23	Bongo 1	7h 19	3mn	7h 39	184
						Bongo 2	7h 25	3mn30	7h 45	262
						Neuston S	7h 38	16mn	7h 58	2155
			C. Amenée	1	5	Bongo 1	4h 40	3mn30	5h 00	167
						Bongo 2	5h 04	3mn30	5h 24	238
						Neuston S	5h 12	10mn	5h 32	1236
			Rejet	1	15	Bongo 1	5h 37	2mn	5h 57	102
						Bongo 2	5h 43	210	5h 63	111
						Neuston S	5h 48	11mn	6h 08	1484
			Référence	1	19	Bongo 1	6h 22	2mn30	6h 42	168
						Bongo 2	6h 28	3mn	6h 48	208
						Neuston S	6h 37	15mn	6h 57	1990
161	6 Août	55	Point 3	5	24	Bongo 1	10h 42	3mn30	6h 44	141
						Bongo 2	10h 48	4mn	6h 50	191
						Neuston S	10h 55	15mn	6h 57	1661
			C. Amenée	1	5	Bongo 1	8h 23		4h 25	54
						Bongo 2	8h 32		4h 34	38
						Neuston S	8h 35	7mn30	4h 37	605
			Rejet	1	16	Bongo 1	8h 55	2mn30	4h 57	124
						Bongo 2	9h 01	2mn	5h 03	109
						Neuston S	9h 07	14mn30	5h 09	1382
			Référence	1	21	Bongo 1	9h 43	4mn	5h 45	171
						Bongo 2	9h 55	4mn	5h 57	131
						Neuston S	10h03	15mn	6h 05	1687
162	20 Août	60	Point 3	4	25	Bongo 1	10h 07	3mn	5h 47	134
						Bongo 2	10h 18	2m30	5h 58	125
						Neuston S	10h 27	15mn	6h 07	1567
			Référence	7	22	Bongo 1	8h 55	3mn	4h 35	136
						Bongo 2	9h 09	3mn	4h 49	140
						Neuston S	9 h23	16mn	5h 03	1627

Annexe 5.1.- Caractéristiques des prélèvements effectués en 2002.

Annexe 5.2.- Résultats des mesures hydrologiques effectuées en 2002.

Mission	Date	Point	Température (°C)		Δ (°C)		Salinité		Densité	
			Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond	Surf.	Fond
157	4 Juin	Point 3	13,47	13,47	1,27					
		C. Amenée	14,10	14,06						
		Rejet	15,37							
		Référence	13,70	13,65						
158	18 Juin	Point 3	14,19	14,18	0,03					
		C. Amenée	15,20	15,13						
		Rejet	15,23	15,18						
		Référence	14,73	14,32						
159	4 Juillet	Point 3	15,52	15,51	1,14					
		C. Amenée	15,98	15,90						
		Rejet	17,12	15,99						
160	18 Juillet	Point 3	15,74	15,71	1,40					
		C. Amenée	16,57	16,61						
		Rejet	17,97	16,30						
		Référence	15,84	15,82						
161	6 Août	Point 3	17,67	17,63	2,22		35,6	35,6	25,8	25,8
		C. Amenée	17,78	17,77			35,4	35,4	25,8	25,7
		Rejet	20,00	17,87			35,5	35,5	25,2	25,7
		Référence	17,72	17,55			35,6	35,7	25,8	25,9
162	20 Août	Point 3	17,55	17,51			35,5	35,5	25,8	25,8
		Référence	17,94	17,66			36,0	35,4	26,0	25,7

Mission	Date	Point	Nuages	Engin	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2	Zoés stade 3	Mégalopes
157	4 Juin	Point 3	8	Bongo 1					
				Bongo 2	0,063	0,063			
				Moyenne	0,032	0,032			
				Neuston S	0,028	0,014	0,014		
		C. Amenée	8	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	8	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	8	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S	0,007			0,007	
158	18 Juin	Point 3	8	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		C. Amenée	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	2	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	7	Bongo 1					
				Bongo 2	0,062	0,062			
				Moyenne	0,031	0,031			
				Neuston S	0,006			0,006	
159	4 Juillet	Point 3	6	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S	0,028	0,019	0,009		
		C. Amenée	6	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	6	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
160	18 Juillet	Point 3	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		C. Amenée	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	1	Bongo 1					
				Bongo 2					

Annexe 5.3.- Densité de larves de homard en 2002 (en nombre par 10 m^3).

				Neuston S					
161	6 Août	Point 3	5	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		C. Amenée	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Rejet	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S	0,007			0,007	
		Référence	1	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
162	20 Août	Point 3	4	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					
		Référence	7	Bongo 1					
				Bongo 2					
				Neuston S					

Mission	Date	Point	Engin	Total Zoés	Zoés stade 1	Zoés stade 2	Mégalopes
157	4 Juin	Point 3	Bongo 1	0,24	0,24		
			Bongo 2				
			Moyenne	**0,12**	**0,12**		
		C. Amenée	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
		Rejet	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
		Référence	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
158	18 Juin	Point 3	Bongo 1	0,28	0,28		
			Bongo 2	0,21	0,21		
			Moyenne	**0,25**	**0,25**		
		C. Amenée	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
		Rejet	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
		Référence	Bongo 1	0,20	0,20		
			Bongo 2	0,12	0,12		
			Moyenne	**0,16**	**0,16**		
159	4 Juillet	Point 3	Bongo 1	1,68	1,63	0,50	0,20
			Bongo 2	2,30	2,30		0,11
			Moyenne	**1,99**	**1,97**	**0,02**	**0,15**
		C. Amenée	Bongo 1				
			Bongo 2				
		Rejet	Bongo 1	0,16	0,50	0,11	0,50
			Bongo 2				
			Moyenne	**0,08**	**0,03**	**0,05**	**0,03**
160	18 Juillet	Point 3	Bongo 1	3,53	2,28	1,25	0,33
			Bongo 2	2,52	1,26	1,26	0,08
			Moyenne	**3,02**	**1,77**	**1,25**	**0,20**
		C. Amenée	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
		Rejet	Bongo 1	0,20	0,20		
			Bongo 2				
			Moyenne	**0,10**	**0,10**		
		Référence	Bongo 1	2,97	1,96	1,10	0,18
			Bongo 2	7,10	4,30	3,70	0,43
			Moyenne	**5,04**	**3,00**	**2,04**	**0,31**

161	**6 Août**	**Point 3**	Bongo 1	2,50	0,49	1,56	
			Bongo 2	0,68	0,16	0,52	0,26
			Moyenne	**1,37**	**0,33**	**1,04**	**0,13**
		C. Amenée	**Bongo 1**				
			Bongo 2				
		Rejet	Bongo 1	0,16		0,16	
			Bongo 2				0,09
			Moyenne	**0,08**		**0,08**	**0,05**
		Référence	Bongo 1	2,57	0,52	2,05	0,06
			Bongo 2	2,37	0,23	2,14	
			Moyenne	**2,47**	**0,38**	**2,10**	**0,03**
162	**20 Août**	**Point 3**	Bongo 1	7,92	4,41	3,51	0,15
			Bongo 2	2,73	1,36	1,36	0,80
			Moyenne	**5,32**	**2,89**	**2,44**	**0,11**
		Référence	Bongo 1	0,88	0,22	0,66	
			Bongo 2	0,79	0,36	0,43	0,70
			Moyenne	**0,83**	**0,29**	**0,55**	**0,04**

Annexe 5.4.- Densité de larves d'araignées de mer en 2002 (en nombre par 10 m³).

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	11	5	6	0	9,7	651	45%
filière 2	104	64	35	5	9,1	540	62%
filière 3	61	27	34	0	8,0	346	44%
filière 4	15	7	6	2	9,5	643	47%
filière 5	26	10	16	0	8,2	367	38%
filière 6	18	9	7	2	8,9	495	50%
filière 7	20	11	9	0	7,9	329	55%
filière 8	97	46	45	6	9,5	595	47%
filière 9	29	16	13	0	8,5	429	55%
filière 10	28	18	10	0	9,1	545	64%
filière 11	8	6	2	0	8,9	509	75%
filière 12	17	10	6	1	8,9	508	59%
filière 13	25	14	9	2	9,1	540	56%
filière 14	24	14	10	0	8,6	440	58%
filière 15	28	16	12	0	8,9	519	57%
Sous total	**511**	**273**	**220**	**18**	**8,9**	**497**	**53%**

Septembre	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne (cm)	Poids moyen (g)	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	19	10	9	0	8,3	401	53%
filière 2	63	30	31	2	9,3	585	48%
filière 3	38	17	21	0	7,6	292	45%
filière 4	9	4	3	2	10,2	741	44%
filière 5	35	16	19	0	8,2	366	46%
filière 6	21	10	11	0	8,8	500	48%
filière 7	4	3	1	0	7,9	331	75%
filière 8	78	37	39	2	9,5	610	47%
filière 9	20	10	9	1	8,2	371	50%
filière 10	21	15	6	0	8,8	461	71%
filière 11	15	8	7	0	8,4	426	53%
filière 12	16	7	8	1	8,7	460	44%
filière 13	8	4	3	1	9,3	563	50%
filière 14	3	2	1	0	8,7	438	67%
filière 15	9	6	3	0	8,2	369	67%
Sous total	**359**	**179**	**171**	**9**	**8,7**	**461**	**50%**
Total	**870**	**452**	**391**	**27**	**8,8**	**479**	**52%**

Annexe 5.5 : Flamanville – Résultats des pêches expérimentales de homard en 2002.

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	36	23	13	0	14,0	64%
filière 2	17	13	4	0	11,7	76%
filière 3	34	24	10	0	11,6	71%
filière 4	34	20	14	0	13,6	59%
filière 5	56	27	29	0	13,4	48%
filière 6	22	12	10	0	14,1	55%
filière 7	38	25	13	0	14,0	66%
filière 8	19	19	0	0	12,9	100%
filière 9	176	97	79	0	11,7	55%
filière 10	88	50	38	0	13,0	57%
filière 11	17	10	7	0	14,7	59%
filière 12	55	25	30	0	13,3	45%
filière 13	73	48	25	0	12,5	66%
filière 14	79	44	35	0	13,2	56%
filière 15	20	8	12	0	14,2	40%
Sous total	**764**	**445**	**319**	**0**	**13,2**	**58%**
Septembre	**Nombre total**	**Nombre mâles**	**Nombre femelles**	**Nombre femelles oeuvées**	**Largeur céphalothoracique moyenne**	**Sex-ratio (% de mâles)**
filière 1	42	34	8	0	14,4	81%
filière 2	21	13	8	0	11,1	62%
filière 3	43	39	4	0	11,9	91%
filière 4	20	14	6	0	14,8	70%
filière 5	43	34	9	0	12,6	79%
filière 6	12	11	1	0	15,0	92%
filière 7	11	7	4	0	12,8	64%
filière 8	6	4	2	0	13,5	67%
filière 9	95	69	26	0	12,5	73%
filière 10	134	108	26	0	13,2	81%
filière 11	36	19	17	0	14,2	53%
filière 12	44	36	8	0	14,5	82%
filière 13	29	17	12	0	14,5	59%
filière 14	56	44	12	0	14,3	79%
filière 15	26	25	1	0	14,4	96%
Sous total	**618**	**474**	**144**	**0**	**13,6**	**77%**
Total	**1382**	**919**	**463**	**0**	**13,4**	**66%**

Annexe 5.6 : Flamanville – Résultats des pêches expérimentales de tourteau en 2002.

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	13	13	0	0	11,0	23%	100%
filière 2	66	59	6	1	11,2	30%	89%
filière 3	28	21	5	2	10,0	11%	75%
filière 4	16	15	1	0	10,0	25%	94%
filière 5	28	21	4	3	11,0	32%	75%
filière 6	93	68	24	1	9,4	14%	73%
filière 7	28	25	1	2	10,1	14%	89%
filière 8	35	31	2	2	11,9	54%	89%
filière 9	43	38	4	1	11,3	37%	88%
filière 10	15	14	1	0	10,4	20%	93%
filière 11	62	53	8	1	9,6	16%	85%
filière 12	24	23	0	1	10,7	0%	96%
filière 13	15	15	0	0	11,2	40%	100%
filière 14	20	19	1	0	11,5	30%	95%
filière 15	55	44	9	2	9,9	22%	80%
Sous total	**541**	**459**	**66**	**16**	**10,6**	**25%**	**85%**

Septembre	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	Pourcentage d'individus de longueur >12 cm	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	8	5	2	1	9,7	13%	63%
filière 2	4	2	2	0	5,8	0%	50%
filière 3	10	6	4	0	8,4	0%	60%
filière 4	26	19	6	1	9,0	19%	73%
filière 5	6	3	3	0	8,8	0%	50%
filière 6	38	19	19	0	7,0	8%	50%
filière 7	40	21	17	2	6,9	8%	53%
filière 8	2	0	2	0	10,6	50%	0%
filière 9	1	1	0	0	10,0	0%	100%
filière 10	3	2	1	0	10,2	0%	67%
filière 11	27	15	12	0	7,6	7%	56%
filière 12	17	10	4	3	7,6	6%	59%
filière 13	6	4	1	1	10,6	0%	67%
filière 14	8	2	6	0	8,0	13%	25%
filière 15	62	26	36	0	7,0	0%	42%
Sous total	**258**	**135**	**115**	**8**	**8,5**	**7%**	**52%**
Total	**799**	**594**	**181**	**24**	**9,5**	**19%**	**74%**

Annexe 5.7 : Flamanville – Résultats des pêches expérimentales d'araignée en 2002.

JUIN	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Longueur céphalothoracique moyenne	% d'individus mous	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	29	23	6	0	5,0	55%	79%
filière 2	26	24	2	0	5,3	58%	92%
filière 3	74	59	9	6	5,2	50%	80%
filière 4	0	0	0	0	0,0	0%	0%
filière 5	1	0	1	0	5,5	0%	0%
filière 6	25	20	3	2	4,9	36%	80%
filière 7	7	6	1	0	4,9	29%	86%
filière 8	12	11	0	1	5,6	67%	92%
filière 9	30	25	4	1	5,0	30%	83%
filière 10	6	6	0	0	5,1	67%	100%
filière 11	2	2	0	0	4,5	0%	100%
filière 12	29	28	0	1	5,1	34%	97%
filière 13	33	29	2	2	5,2	33%	88%
filière 14	15	13	2	0	5,1	40%	87%
filière 15	12	12	0	0	5,2	58%	100%
Sous total	**301**	**258**	**30**	**13**	**4,8**	**40%**	**86%**

Septembre	Nombre total	Nombre mâles	Nombre femelles	Nombre femelles oeuvées	Largeur céphalothoracique moyenne	% d'individus mous	Sex-ratio (% de mâles)
filière 1	9	9	0	0	5,3	0%	100%
filière 2	25	24	1	0	5,4	8%	96%
filière 3	46	40	6	0	5,2	7%	87%
filière 4	1	0	1	0	5,1	100%	0%
filière 5	4	4	0	0	5,2	0%	100%
filière 6	1	1	0	0	5,5	0%	100%
filière 7	1	1	0	0	5,1	0%	100%
filière 8	14	12	2	0	5,5	0%	86%
filière 9	5	5	0	0	5,5	0%	100%
filière 10	10	8	2	0	5,2	0%	80%
filière 11	1	1	0	0	5,3	0%	100%
filière 12	5	4	1	0	4,9	20%	80%
filière 13	5	4	1	0	5,4	0%	80%
filière 14	2	2	0	0	5,0	0%	100%
filière 15	1	1	0	0	5,0	0%	100%
Sous total	**130**	**116**	**14**	**0**	**5,2**	**5%**	**89%**
Total	**431**	**374**	**44**	**13**	**5,0**	**33%**	**87%**

Annexe 5.8 : Flamanville – Résultats des pêches expérimentales d'étrille en 2002.

	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	41	0	41	118	31	149
filière 2	80	80	160	0	0	0	0	8	8
filière 3	80	80	160	0	0	0	1	0	1
filière 4	60	80	140	49	67	116	43	193	236
filière 5	80	80	160	0	0	0	0	0	0
filière 6	80	80	160	290	161	451	144	71	215
filière 7	80	80	160	172	304	476	149	238	387
filière 8	80	80	160	0	0	0	0	0	0
filière 9	80	80	160	0	0	0	1	1	2
filière 10	80	80	160	10	0	10	16	0	16
filière 11	80	80	160	287	100	387	204	63	267
filière 12	80	80	160	0	0	0	9	26	35
filière 13	80	80	160	6	0	6	12	29	41
filière 14	80	80	160	0	0	0	13	41	54
filière 15	80	80	160	238	52	290	92	54	146
Total	1180	1200	**2380**	1093	684	**1777**	802	755	**1557**

Annexe 5.9 : Flamanville – Autres résultats des pêches expérimentales en 2002.

6 Conclusion

L'année 2002 a été, à l'instar des années depuis 1997, globalement chaude et humide, compte-tenu des données météorologiques acquises dans le nord du Cotentin depuis 1949. La température annuelle moyenne de l'air (12,58 °C) est la plus élevée des cinquante-quatre 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 1986-2002 au cours des quatre trimestres. L'excédent thermique moyen de l'eau sur l'ensemble de l'année 2002 est estimé à 0,81 °C.j^{-1}, supérieur au précédent excédent record de 1999 (+ 0,63 °C.j^{-1}). A l'opposé, l'année la plus déficitaire est 1986 (-1,44 °C.j^{-1}).

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

6.1 Le domaine pélagique

Hydrologie

Dans l'ensemble, les résultats sont comparables à ceux des années précédentes. Les variations annuelles des paramètres hydrobiologiques sont fortement influencées par les fluctuations météorologiques (température de l'air, pluviosité) et biologiques (assimilation des sels nutritifs par le phytoplancton marin).

En raison des fortes précipitations, les plus faibles salinités depuis 1987 ont été observées en été et sur certaines stations au printemps. Il en a résulté des teneurs en sels nutritifs relativement élevées par rapport aux données acquises les années précédentes dans le cadre de ce programme de surveillance, mais également par rapport aux concentrations habituellement observées dans ce secteur de la Manche. Une exception est à remarquer, le nitrate en été, qui contrairement aux autres nutriments, a présenté de très faibles concentrations.

La campagne du mois de septembre a permis de constater l'homogénéité de la masse d'eau entre les points « canal », « rejet » et « référence », la centrale de Flamanville étant à l'arrêt total (homogénéité des températures et des salinités).

Les nutriments mesurés lors des campagnes 2002 semblent avoir suivi un cycle saisonnier classique : consommation par le phytoplancton des sels nutritifs entre le printemps et l'été suite à l'augmentation de l'ensoleillement, suivi du processus de régénération en automne.

Les autres paramètres (salinité, sels nutritifs) présentent peu de différences significatives entre les stations. Les données des 17 années de surveillance n'ont pas permis de déceler d'anomalie dans le cycle saisonnier de ces paramètres hydrologiques entre le point « référence », considéré comme n'étant pas influencé par les rejets de la centrale, et les points « rejet » et « canal ».

Le seul constat sur l'écosystème est celui de l'échauffement de l'eau aux abords proches du site. La centrale, via ses rejets, ne semble donc pas modifier les caractéristiques hydrologiques intrinsèques du milieu (teneurs et variations saisonnières).

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

La biomasse chlorophyllienne, la production primaire et les abondances cellulaires montrent des évolutions inter-annuelle et saisonnière similaires. Le cycle phytoplanctonique annuel correspond au cycle classiquement décrit en Atlantique, avec des biomasses comprises entre 0,1 et 8 $\mu g.L^{-1}$. Les plus faibles variabilités annuelles de la biomasse, de la production primaire et de l'abondance sont celles observées sur l'ensemble des points au printemps et, pour le cas particulier du point « référence », en automne.

Les dénombrements microphytoplanctoniques sur le site de Flamanville montrent la régularité du phénomène au cours duquel la population de la période "hivernale", peu développée et dominée par l'espèce *Skeletonema costatum*, est remplacée en été par une population plus diversifiée, mais constituée pour l'essentiel par des Diatomées du genre *Rhizosolenia* (essentiellement *Rhizosolenia delicatula*). Les abondances par espèce et par station ne présentent pas de variation pouvant mettre en cause l'activité de la centrale. Leur évolution dans le temps ne semble pas non plus être différente de celle des eaux de l'Atlantique.

Nous ne pouvons donc pas conclure à l'existence d'un déséquilibre du milieu par l'activité de la centrale de Flamanville, à partir de l'étude du compartiment phytoplanctonique tant en 2002 que les années précédentes.

Zooplancton

En 2002, l'examen des populations zooplanctoniques ne permet pas de conclure à un impact sur le milieu proche des eaux chaudes rejetées par la centrale de Flamanville.

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

Microbiologie

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

Au cours des trois dernières années, le constat est fait d'un dénombrement systématiquement plus important des germes colorés à l'acridine au rejet sud par rapport au rejet nord.

Trihalométhanes

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

Bore

La concentration de cet élément chimique est recherchée depuis septembre 2000. Les résultats obtenus montrent des concentrations non significativement différentes entre les différents points ; les valeurs aux rejets sont similaires, parfois inférieures, à celles mesurées à la côte et au large. Ces concentrations correspondent à la teneur normale du bore dans l'eau de mer (~ 4 $mg.l^{-1}$).

Ces résultats confirment le peu d'intérêt, pour ne pas écrire l'inutilité, de mesurer cet élément dans le milieu marin.

6.2 Le domaine benthique

Les principales conclusions des mesures réalisées en 2002 dans le compartiment benthique se rapportent aux observations :

Phytobenthos

- D'une diminution du stock des algues *Fucus serratus*, plus forte en fin d'été qu'en fin d'hiver ; l'examen de la tendance générale, tous secteurs confondus, montre une baisse importante de ce stock de 1983 à 1992, suivie d'une alternance de faible hausse et de stagnation ; en 2002, ce stock est inférieur à son niveau moyen sur ce site.

- D'un nombre important de pieds fertiles aux deux premières périodes d'observation (63 % en mars, 83 % en juin), mais faible en septembre (35 %) ; le taux global de fertilité est moyen (23 % en mars, 44 % en juin, 7 % en septembre) ; depuis 1999, les valeurs notées en juin sont élevées par rapport aux observations réalisées les années précédentes à la même période où les taux seraient normalement les plus faibles.

Zoobenthos

- D'un faible recrutement printanier des crustacés cirripèdes en relation avec la douceur de l'hiver (température douce = recrutement faible).
- De la persistance de faibles densités, découlant d'une série de recrutements printaniers faibles.
- D'une sensible augmentation des densités de Chthamales en relation avec l'augmentation de la température annuelle moyenne de l'air.

6.3 Le domaine halieutique

Larves de crustacés

Comme l'illustre bien la figure 2.6 de la page 26, la douceur de l'hiver et du printemps notée les quatre années précédentes est particulièrement marquée en 2002. 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 très importantes cette année.

Il s'ensuit que les premières larves d'araignée ont éclos particulièrement tôt, dès le 4 juin. Un premier pic d'éclosion se produit entre le début et la moitié du mois de juillet et un deuxième s'amorce au mois d'août au point 3. La densité maximale relevée cette année (5,3 par 10 m^3) rejoint les valeurs modestes notées de 1990 à 1995 et de 1998 à 2000.

La répartition des zoés selon les points se confirme d'année en année avec les densités notables relevées au point 3 et au point Référence, alors que la zone de rejet est très pauvre et qu'on récolte rarement des larves d'araignée dans le canal d'amenée ; mais cette année les densités observées au point référence dépassent légèrement celles du point 3.

Les larves de homard sont également précoces cette année, sans qu'il soit possible de situer le pic d'éclosion qui a pû se produire avant le mois de juin. La densité maximale observée ne dépasse pas 0,03 par 10 m^3.

Surveillance de la pêche côtière des crustacés

Pour pallier la baisse des rendements constatée par les pêcheurs professionnels, ceux-ci ont pris en 2000 des mesures de gestion de la ressource, notamment la création d'un cantonnement pour préserver une fraction du stock de homard à proximité du cap de Flamanville.

Deux ans après la création du cantonnement l'intérêt de la réserve se confirme mais l'augmentation des rendements de pêche de homard reste cantonné aux abords des enrochements de la centrale.

Dans la mesure où les captures de homards réalisées dans le cantonnement représentent 39 % des captures totales, 56 % si l'on ajoute les filières 3 et 9, il est devenu indispensable de dissocier le cantonnement de la zone extérieure. Les récifs qui composent l'enrochement de la centrale constituent sans aucun doute un habitat privilégié par les homards qui ne semblent pas pour l'instant rejoindre les eaux plus ouvertes. Il faudra très probablement attendre plusieurs années avant de voir un échappement significatif et considérer le cantonnement comme un apport à la pêcherie locale.

Le système de marquage utilisé a permis d'identifier tous les individus recapturés mais n'autorise pas leur suivi sur une durée supérieure à la mue. Leur dispersion dans les zones avoisinantes est difficilement estimable et seule une marque directement placée dans la chair du crustacé permettra un suivi pertinent dans le temps. Nous avons cependant récupéré sept marques avec la position de chacun des homards capturés par des professionnels. D'une manière générale, les individus ont été pêchés dans des secteurs voisins de la centrale, sauf un recapturé le 14 juillet au nord ouest de Jersey. Il s'agit d'un mâle de 10,8 cm de longueur céphalothoraxique ayant parcouru une vingtaine de milles en 41 jours.

En dehors de cette anecdote très spécifique, tous les paramètres suivis sont relativement stables, même si on observe une diminution des rendements de pêche pour le tourteau. La taille moyenne des araignées reste quant à elle faible.

Bibliographie

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

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

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

AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M. 1983.- « Manuel des analyses chimiques en milieu marin » *Centre National pour l'Exploitation des Océans* (CNEXO), Brest, 395 pp.

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

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

BENTLEY, D. & MAILLARD-QUISTHOUDT, C. 1990

« Hydrographic and nutrient surveys in the western English Channel during 1963 and 1964 ». *Journal pour la Recherche Océanographique,* **15**, (3/4) 135-141

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

BROUARDEL, J., RINCK, E. 1963.- « Mesure de la production organiqueen Méditerranée, dans les parages de Monaco, à l'aide du 14C » *Ann. Inst. Océanogr. Monaco*, n. Sér., 40 (2) :109-164.

GENTILHOMME, V., LIZON, F. 1998.- « Seasonal cycle of nitrogen and phytoplankton biomass in a well-mixed coastal system (Eastern English Channel). Hy*drobiologia*. 361 : 191-199.

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

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

KILHAM, P., KILHAM, S.S. 1980.- « The evolutionary ecology of phytoplaznkton » In. Morris I. (ed.). The physiological ecology of phytoplankton. Pp. 571-597. *Blackwell Scientific Publications*. Oxford.

KLEIN, B. ET SOURNIA, A.1987.- « A daily study of the diatom spring bloom at Roscoff (France) in 1985. II. Phytoplankton pigment composition studied by HPLC analysis » *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 37 : 265-275.

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

LAMPERT, L. 2001.- « Dynamique saisonnière et variabilité pigmentaire des populations phytoplanctoniques dans l'Atlantique Nord (Golfe de Gascogne) ». Thèse de troisième cycle, *Université de Bretagne Occidentale*. 328 pp.

LORENZEN, C.J. 1966.- « A method for the continuous measurements of *in vivo* chlorophyll concentrations ». *Deep-Sea Res.* 13: 223-227.

LUND, J.W.G., KIPLING, C., LE CREN, E.D. 1958.- « The inverted microscop method of estimating algal numbers and the statistical bassis of estimations by counting ». *Hydobiologia* 11 : 143-178

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

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

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

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

RAGUENEAU, O., DE BLAS VARELA, E., TRÉGUER, P., QUÉGUINER, B ., DEL AMO, Y. 1994. « Phytoplankton dynamics in relation to the biogeochemical cycle of silicon in a coastal ecosystem of western Europe ». *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **72**, 106-157.

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

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

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* (ed.) Québec. 850 pp.

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.

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

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

STEEMANN NIELSEN, E. 1951.- « Measurement of the productionof organic matterin the sea » *Nature*, 167 : 684.

STEEMANN NIELSEN, E. 1952.- « The use of radioactive carbon (14C) for measuring organic production in the sea » *J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer.* 18 : 117-140.

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

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

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

VIOLEAU, D., DRIBAULT, P. 1997.- .- Centrale de Flamanville, calcul 3D d'impact thermique pour la configuration actuelle (2 tranches de 1300MW) ». Note technique EDF, Département Laboratoire National d'Hydraulique. 68 pp.

UTERMOHL, H. 1958.- « Zur vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9 : 1-38.

*

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

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

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

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

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

MARTIN J., L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, P. GENTIEN, J.Y. PIRIOU, J.Y QUINTIN et G. VERON, 1988. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, **ANNEE 1985**. Rapp. IFREMER DRV-87.19-RH, DERO-87.28-EL, décembre 1988, 311p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, J.Y QUINTIN et G. VERON, 1990. - Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, **ANNEE 1986**. -Rapp. IFREMER DRV-88.06-RH, DERO-88.14-EL, novembre 1990, 136 p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y QUINTIN, 1990. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, **ANNEE 1987**. [Edition définitive] Rapp. IFREMER DRV-89.017-RH, DERO-89.12-EL, novembre 1990, 182 p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, **ANNEE 1988**. Rapp. IFREMER RIDRV-90.46-RH, RIDRO-90.14-EL, mai 1991, 134 p.

MARTIN J., G. ARZUL, L. DREVES, E. ERARD-LE DENN, D. MIOSSEC, J.Y. PIRIOU et J.Y QUINTIN, 1991. -Surveillance écologique et halieutique, Site de Flamanville, **ANNEE 1989**. Rapp. IFREMER RIDRV-90.47-RH, RIDRO-90.15-EL, septembre 1991, 148 p.

DREVES L. (coordinateur), 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. (coordinateur), 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. (coordinateur), 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. (coordinateur), 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. (coordinateur), 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. (coordinateur), 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), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (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), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (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), ERARD-LE-DENN E., GAFFET J.D., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y. (1999) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, **ANNEE 1998**. Rapp. IFREMER DEL/99.09/Brest, juin 1999, 126 p.

DREVES L. (coordinateur), ERARD-LE-DENN E., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., QUINTIN J.Y.. (2000) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, **ANNEE 1999**. Rapp. IFREMER DEL/00.04/Brest, juin 2000, 122 p.

DREVES L. (coordinateur), ERARD-LE-DENN E., GAFFET J.D., de KERGARIOU G., LUNVEN M., MARTIN J., MIOSSEC D., RUMEBE M.,. (2001) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, **ANNEE 2000**. Rapp. IFREMER RST.DEL/01.04, mars 2001, 128 p.

DREVES L. (coordinateur), MARTIN J., MONBET P., RUMEBE M., SCHLAICH I., du BOULLAY H., (2002) - Surveillance écologique et halieutique du Site de Flamanville, **ANNEE 2001**. Rapp. IFREMER RST.DEL/02.04, mars 2002, 154 p.

DREVES L. (coordinateur), LAMPERT L., MARTIN J., RUMEBE M., SCHLAICH I. (2003) - Surveillance écologique et halieutique du site de Flamanville, **ANNEE 2002** – Rapport scientifique annuel. Rapp. Ifremer RST-DEL/SR/03.04, mars 2003, 166 p.

***

Impression : Service TMSI/IDM/RIC
IFREMER – Centre de Brest
BP 70 – 29280 Plouzané
Tél. : 02 98 22 43 53