

## Laboratoire Environnement côtier & Ressources aquacoles (LER)

Coordonnateur : Alain Lefebvre

Auteurs : Elvire Antajan, Régis Delesmont, Jean-Marie Dewarumez,  
Alain Lefebvre, Christophe Luczak

LER/BL/RST/08/01

### Surveillance Écologique et Halieutique Site de Gravelines

Novembre 2006 - Octobre 2007



Mars 2008

**FICHE DOCUMENTAIRE**

<b>Numéro d'identification du rapport :</b> LER/BL/RST/08/01		<b>date de publication</b> Mars 2008
<b>Diffusion :</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/>		<b>nombre de pages</b> 158
<b>Validé par :</b> Groupe de lecture Ifremer / EDF		<b>bibliographie (Oui / Non)</b> 
<b>Version du document :</b> DEFINITIVE		<b>illustration(s) (Oui / Non)</b> 
<b>langue du rapport</b> Français		
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b> Surveillance écologique et halieutique du site de production électronucléaire de Gravelines Novembre 2006 – Octobre 2007		
<b>Titre traduit :</b> Ecological and fisheries monitoring of the Gravelines nuclear power plant November 2006 – October 2007		
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> ANTAJAN Elvire DELESMONT Régis DEWARUMEZ Jean Marie LEFEBVRE Alain LUCZAK Christophe	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> Ifremer Boulogne Institut Pasteur/Gravelines Station Marine de Wimereux Ifremer Boulogne Station Marine de Wimereux	
<b>Collaborateur(s) :</b> BLONDEL Camille COTONNEC Gwénaelle DELESMONT Edith DUQUESNE Vincent HEBERT Pascale LELIEVRE Stéphanie LE ROY Didier MENU Dominique PHILIPPON Xavier QUILLIET Anne-Sophie VERIN Françoise	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b> Ifremer Boulogne LIMUL - ULCO Institut Pasteur/Gravelines Ifremer Boulogne Ifremer Boulogne Ifremer Boulogne Ifremer Boulogne Station Marine de Wimereux IfremerBrest LIMUL – ULCO Ifremer Boulogne	
<b>Titre du contrat de recherche :</b> Surveillance écologique et halieutique du site de production électronucléaire de Gravelines	<b>Marchés :</b> EDF : 5100-CPC-4200137156 Ifremer : 07/1216504/MF	
<b>Organisme commanditaire :</b> Electricité de France (E.D.F.) – Production transport – CNPE Gravelines BP 149 - 59820 Gravelines		
<b>Organisme(s) réalisateur(s) :</b> Institut Français de Recherche pour l'exploitation durable de la mer (Ifremer) Boulogne – 150, quai Gambetta BP 699 – 62321 Boulogne sur mer Ifremer Centre de Brest – BP 70 – 29280 Plouzané Ifremer Centre de Nantes – BP 21105 – 44311 Nantes cedex 03 Institut Pasteur de Gravelines – Route du Grand Colombier – 59820 Gravelines Station Marine de Wimereux – 28, avenue Foch BP 80 – 62930 Wimereux		
<b>Responsable scientifique :</b> LEFEBVRE Alain Ifremer/LER/BL		
<b>Cadre de la recherche :</b> Surveillance des centrales nucléaires littorales et estuariennes		
<b>Programme :</b> Surveillance et évaluation de la qualité du milieu marin		
<b>Convention :</b>		
<b>Projet :</b> Impacts des Grands Aménagements IGA		
<b>Autres (préciser) :</b>		
<b>Campagne océanographique :</b> (nom de campagne, année, nom du navire)		

**Résumé**

Ce travail constitue le 30<sup>e</sup> rapport de surveillance du site électronucléaire de Gravelines dont la grande puissance est assurée par le fonctionnement de 6 tranches. Ce site, implanté sur le littoral, présente une prise d'eau de mer assurant le refroidissement du système et un rejet côtier d'eau chaude en surface. Le fonctionnement de la centrale a débuté en 1980 et elle a atteint la puissance maximale en 1986. La surveillance concerne le milieu halieutique (larves et œufs de Sole, de Sprat et crevettes grises), les milieux benthiques (intertidal et subtidal) et pélagique (hydrologie, microbiologie, phytoplancton, zooplancton). La stratégie de surveillance est basée sur une approche spatiale et temporelle (i) Etude de l'impact immédiat par comparaison de la station « Prise d'eau » et de la station « Canal de rejet » sur une surface limitée (ii) Etude de l'évolution à moyen ou à long terme du milieu marin par rapport à une situation de référence (échelle locale).

*Voir les principaux résultats dans la section suivante*

**Abstract**

This is the 30<sup>th</sup> annual surveillance report concerning the central nuclear power plant of Gravelines. This very high power level results from six plant units located on the shore and is characterised by a cooling system with a coastal surface input and output. The production of electricity began in 1980 and reached maximum in 1986. Surveillance studies concern monitoring of fish populations (larvae and eggs of Sole and Sprat) or crustaceans (shrimps), benthic system (intertidal and subtidal) and pelagic system (hydrology, microbiology, phytoplankton, zooplankton). This survey deals with spatial and temporal approaches (i) study of the direct impact by comparison of the input and output seawater stations, (ii) study of medium and long term evolution of the area by comparison with a reference station.

*See review of the main results in the next section*

**Mots-clés :**

Centrale nucléaire - Gravelines - Surveillance - Hydrologie - Halieutique - Plancton –  
Microbiologie - Benthos

**Keywords :**

Nuclear power plant - Gravelines - Network survey - Hydrology - Fisheries - Plankton -  
Microbiology - Benthos

---

## RESUMÉ Période de surveillance Novembre 2006 – Octobre 2007

### Généralités

La puissance hebdomadaire moyenne de la période est de 4332 MW, soit l'équivalent de 4,8 tranches. Le débit hebdomadaire moyen est de 213 m<sup>3</sup>/s. L'augmentation moyenne calculée de la température de l'eau au rejet est de 9,70 °C ± 0,92 °C.

La stratégie reste inchangée pour l'ensemble des compartiments étudiés.

Les campagnes pélagiques ont eu lieu le 30 mai et le 25 septembre 2007.

### Chloration

La chloration de l'eau du système a été détectée pendant 9 mois. Les composés chimiques formés sont essentiellement bromés et le plus abondant est le bromoforme (98,2 % au total des produits dérivés – 93,5 % en 2005-2006) avec une concentration moyenne de 18,8 µg/L, conforme à ce qui est mesuré lors des périodes de surveillance précédentes. Le 2-4-6 bromo-phénol est présent en faibles concentrations. Les possibilités de sélection et de fixation sur le site d'espèces bactériennes sont fortement influencées par le pourcentage de re-circulation des masses d'eaux, estimé à partir de la mesure de persistance du bromoforme dans les dosages. Ce taux est de 4,7 % (4,8 % en 2005-2006).

### Bactériologie

Le passage de l'eau de mer dans l'ensemble du système constitué par la centrale et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre de vibrions (d'un facteur 103 en moyenne géométrique annuelle) (96 lors de la période précédente). La concentration est de 206 vibrions/L au canal d'amenée et de 17460 vibrions/L au canal de rejet. Cette concentration au canal de rejet est la troisième valeur la plus importante enregistrée depuis 2004 (12 980 vibrions/L en 2004-2005 ; 11587 vibrions/L en 2005-2006). L'amplitude du cycle d'abondance des vibrions est stable dans le rejet.

*Vibrio alginolyticus* reste l'espèce dominante observée sur le site avec 59,7 % d'isolement au niveau du canal de rejet (82,9 % lors du cycle précédent). L'augmentation de la diversité des espèces présentes depuis le développement des activités aquacoles est confirmée cette année. Les espèces accompagnatrices de *V. alginolyticus*, par ordre d'isolement décroissant, sont : *V. fluvialis* (20,2 %), *V. cholerae* Nag (4,6 % + 8,9 %) (cf. paragraphe ci-dessous), *V. vulnificus* (3,7 %), *V. parahaemolyticus* (2,3 %), *V. damsela* (0,3 %) et *V. mimicus* (0,1 %).

Une modification dans l'interprétation des profils biochimiques utilisés pour affecter des noms d'espèces aux vibrions isolés est intervenue en raison de la parution d'un nouveau catalogue analytique API 20 E. L'utilisation de ce nouveau catalogue a principalement des incidences pour l'espèce *Vibrio cholerae*. De nombreux germes auparavant classés *V. cholerae* sont maintenant considérés comme mal-discriminés entre *V. cholerae* et d'autres espèces (ce qui a pour conséquence de diminuer le nombre de *Vibrio cholerae* isolés sur le site).

Les deux sérotypes de *V. cholerae* Nag présentant un risque sanitaire n'ont jamais été mis en évidence sur le site.

### Sels Nutritifs, Phytoplancton & Zooplancton

La biomasse phytoplanctonique du site est caractérisé par la concentration en chlorophylle a. Celle-ci évolue entre 0,05 et 45,57 mg/m<sup>3</sup> entre 1978 et 2007, toutes

---

saisons confondues. Lors du cycle de surveillance 2006-2007, la concentration maximale est de 25,43 mg/m<sup>3</sup> le 21 mars 2007.

Les plus fortes biomasses phytoplanctoniques sont observées à la fin du mois de mars, au début du mois de juillet, lors de la première quinzaine des mois de septembre et d'octobre. Ces efflorescences sont la plupart du temps liées à la présence de diatomées (concentration maximale : 1638054 cellules/L). En avril, c'est la prymnésiofycée *Phaeocystis globosa* (1318656 cell./L) qui domine largement la communauté phytoplanctonique.

La détermination sous microscope inversé de l'ensemble des taxons présents ainsi que le calcul d'indices de diversité (Sanders, Shannon) permettent de caractériser la dynamique de la succession phytoplanctonique indispensable à la compréhension de l'écosystème (lien avec les autres compartiments biologiques).

Aucun épisode toxique défini par la présence des genres *Alexandrium*, *Dinophysis* et *Pseudo-nitzschia* n'a eu lieu.

Aucun phénomène d'eau rouge lié à la présence des dinoflagellés noctiluques n'est apparu pendant la période de surveillance. L'hypothèse d'une augmentation de la durée de présence de ce taxon évoquée antérieurement est remise en question.

La succession temporelle des espèces zooplanctoniques holoplanctoniques et méroplanctoniques et la succession des espèces herbivores, carnivores, omnivores sont classiques. Les copépodes qui constituaient le taxon dominant de l'holoplancton présentent une succession saisonnière classique des espèces pour la région. L'abondance des stades larvaires (copépodites) au printemps semble indiquer que les adultes ont su mettre à profit la poussée phytoplanctonique printanière, et est un bon indice de la santé générale de l'écosystème.

On note la diminution régulière de l'abondance de l'appendiculaire, *Oikopleura dioica*, depuis 2003.

L'écosystème du large est typique de celui de la baie sud de la mer du Nord.

### **Zooplancton halieutique**

La précocité de la période de ponte de la sole et du sprat (avril) et l'occurrence des effectifs maximums de larves en mai sont confirmées en 2007.

Les abondances 2007 d'œufs de sole correspondent à la moyenne des effectifs généralement observés sur le site. Les abondances des larves de sole sont par contre assez faibles.

La précocité de la période de ponte pour le sprat se confirme cette année, avec des proportions d'œufs au stade 2 de développement très élevées dès le mois d'avril et une disparition des œufs dès la mi-mai, où seules les larves de sprat sont alors identifiées dans les échantillons. Les abondances des œufs et larves de sprat sont faibles pour le site mais cela peut être dû à un mauvais recouvrement du cycle de ponte et des dates de prélèvements.

Les abondances de larves de crevette grise sont, comme en 2006, assez faibles depuis la reprise des comptages en 2001 et par rapport à l'ensemble des valeurs obtenues avant 1990.

### **Benthos intertidal**

La morphologie de l'estran est stable.

Les densités globales estimées au niveau des trois radiales sont comparables à celles des années 2005 et 2006, supérieures à celle de 2002 mais nettement inférieures à celle de

---

2004. Par ailleurs le nombre de taxon est en régression depuis 2004 (passage de 30 à 23 taxons observés en 3 ans).

La régression des espèces a forte affinité pour les eaux saumâtres amorcée en 2006 se poursuit en 2007 et traduit la faible influence des apports de la rivière Aa.

Certains taxons vont présenter des évolutions majeures en 2007. Le point E est caractérisé par un retour de la population de *Hydrobia ulvae* à un niveau comparable à celui de 2004 après une phase de forte augmentation ces dernières années. Au point F, la densité de *Cerastoderma edule* chute et la population de *Macoma balthica* disparaît quasiment. *Donax vittatus* n'a pas été récolté aux points G et H. La densité de *Hydrobia ulvae* et de *Corphium arenarium* régresse au point I. Les populations, historiquement stables, de *Haustorius arenarius* et de *Portumnus latipes* n'ont pas été récoltées aux points L.

Globalement, la biomasse est plutôt établie sur les niveaux supérieurs et moyens supérieurs de la partie ouest de l'estran. La plage de Gravelines présente une forte capacité de charge avec des fluctuations inter-annuelles marquées.

### **Benthos subtidal**

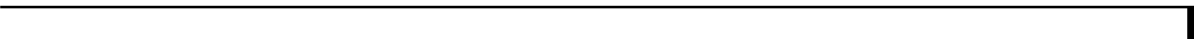
Le cycle sédimentaire classique (teneurs en pélites maximales en été et minimales en hiver et au printemps) au point B (dit non impacté) est observé en 2006. Les caractéristiques granulométriques du point C (dit impacté) sont classiques (absence de pélites).

L'étude de la composition bionomique des peuplements permet de mettre en évidence 62 taxons au point B et 18 taxons au point C, avec, respectivement, 96317 et 252 individus/m<sup>2</sup>. La densité globale augmente considérablement au point B en 2007 du fait du recrutement important de l'annélide polychète *Lanice conchilega* en avril alors qu'elle régresse au point C en réponse de modifications observées au sein des peuplements sur l'estran proche.

Le couteau *Ensis arcuatus* est observé au point C pour la première fois depuis sa disparition en 1991 suite à l'arrivée du couteau américain, *Ensis directus*.

L'impact engendré par la mise en service de la centrale et constaté grâce à la comparaison des points, historiquement semblables avant la mise en œuvre du système de circulation d'eau nécessaire au refroidissement de l'installation, reste important sur les peuplements subtidaux au point C. Le déficit de densité entre le point C et le point B est considérable en 2007 : 99,8 % (contre 98 % en 2006 et 79 % en 2005). Le déficit de biomasse (99 %) est supérieur à ce qu'il était lors des cycles de surveillance antérieurs (97 en 2006, 94 % en 2004 et 2005). Cependant, il faut noter que le peuplement installé au point C est tout à fait semblable, tant au point de vue de la composition faunistique, qu'en ce qui concerne la densité et la biomasse globales à ceux établis sur les sédiments similaires dans la région. De plus, la zone de déficit est localisée au débouché du canal de rejet et ne s'étend pas au-delà de quelques centaines de mètres. Enfin, ce déficit est uniquement dû à l'action de la courantologie.

Les populations à *Abra alba* et à *Tellina fabula* n'atteignent toujours pas le niveau qu'elles avaient dans les années 80-90. En 2007, la densité de population d'*Abra alba* diminue classiquement à la fin de l'hiver et au début du printemps, mais le recrutement est tardif.



## sommaire

1. PRÉSENTATION DU SITE – STRATÉGIE D'ÉTUDE.....	9
1.1. RAPPEL SUR LE SITE.....	11
1.2. HYDROGRAPHIE.....	11
1.3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS.....	12
1.4. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE .....	13
1.4.1. Domaine pélagique.....	13
1.4.2. Domaine halieutique.....	14
1.4.3. Domaine benthique.....	14
2. CLIMATOLOGIE – HYDROLOGIE – FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE – PRÉSENTATION DES CAMPAGNES PÉLAGIQUES .....	17
2.1. CLIMATOLOGIE.....	19
2.2. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE .....	21
2.3. HYDROLOGIE.....	21
2.3.1. Points <i>canal d'aménée</i> et <i>canal de rejet</i> .....	24
2.3.2. Campagnes pélagiques .....	27
3. ÉTUDE DE LA CHLORATION ET BACTÉRIOLOGIE.....	29
3.1. CHLORATION .....	31
3.2. BACTÉRIOLOGIE .....	32
3.3. CAMPAGNES PÉLAGIQUES.....	40
3.4. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION .....	42
4. PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLIENNE.....	49
4.1. INTRODUCTION .....	51
4.2. CHLOROPHYLLE a & PHEOPIGMENTS .....	51
4.3. PHYTOPLANCTON.....	53
4.4. CAMPAGNES PELAGIQUES.....	60
4.5. ÉLÈMENTS DE CONCLUSION.....	65
5. DINOFLAGELLES, NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON .....	69
5.1 METHODOLOGIE .....	71
5.1.1 Stratégie de prélèvements du zooplancton.....	71
5.1.2 Prélèvements du zooplancton.....	71
5.1.3 Mesure de la biomasse sestonique.....	72
5.1.4 Analyse taxinomique.....	72
5.2 RÉSULTATS.....	72
5.2.1 Surveillance du point <i>canal d'aménée</i> .....	72
5.2.2 Surveillance du milieu récepteur.....	80
5.3 ÉLÉMENTS DE CONCLUSION .....	84
6. ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE .....	95
6.1 INTRODUCTION.....	97
6.2 MATERIELS & METHODES.....	97
6.3 RESULTATS - DISCUSSION .....	99
6.3.1 La sole .....	99
6.3.2 Le sprat.....	101
6.3.3 La crevette grise .....	104
6.4 ELEMENTS DE CONCLUSION .....	106



7. LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL .....	107
7.1. INTRODUCTION .....	109
7.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	109
7.3. RÉSULTATS.....	110
7.3.1. Composition bionomique .....	110
7.3.2. Résultats globaux .....	111
7.4. CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION DE L'ESTRAN.....	121
7.4.1. Cas de la partie ouest.....	121
7.4.2. Cas des Spionidés .....	121
7.4.3. Cas de la biomasse .....	122
7.5. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION .....	124
8. LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL .....	133
8.1. INTRODUCTION .....	135
8.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES .....	135
8.3. RESULTATS.....	135
8.3.1. Analyses granulométriques.....	135
8.3.2. Composition bionomique .....	139
8.3.3. Résultats .....	140
8.4. ÉTUDE DES POPULATIONS DE <i>ABRA ALBA</i> ET DE <i>TELLINA FABULA</i> .....	144
8.4.1. Étude de la population de <i>Abra alba</i> .....	144
8.4.2. Étude de la population de <i>Tellina fabula</i> .....	146
8.5. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION .....	148
BIBLIOGRAPHIE.....	155

---

## 1. PRÉSENTATION DU SITE – STRATÉGIE D'ÉTUDE

Auteurs : Delesmont R., Lefebvre A.

Collaboratrice : Delesmont E.







Débits moyens estimés :

Canal de Dunkerque :	4,6 m <sup>3</sup> /s
Fleuve Aa :	7,5 m <sup>3</sup> /s
Canaux de Calais :	3,0 m <sup>3</sup> /s

L'influence de ces cours d'eau n'est pas prépondérante sur la qualité de l'eau de mer transitant par la centrale. Les dessalures significatives observées sur le site ont lieu par temps sec, quand le vent de nord-est, établi sur de longues périodes, modifie les courants et amène sur le site des eaux de la côte belge (Belgrano *et al.*, 1990).

### 1.3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

Le *Centre Nucléaire de Production d'Électricité* (CNPE) de Gravelines est composé de six tranches d'une puissance unitaire de 900 MW. Le circuit de refroidissement est alimenté en eau de mer prélevée dans l'avant port de Dunkerque et son débit est de 40 m<sup>3</sup> par seconde et par tranche. Le débit nominal total du rejet est ainsi de 240 m<sup>3</sup> par seconde. L'eau réchauffée est rejetée dans un canal à ciel ouvert qui se déverse à la côte.

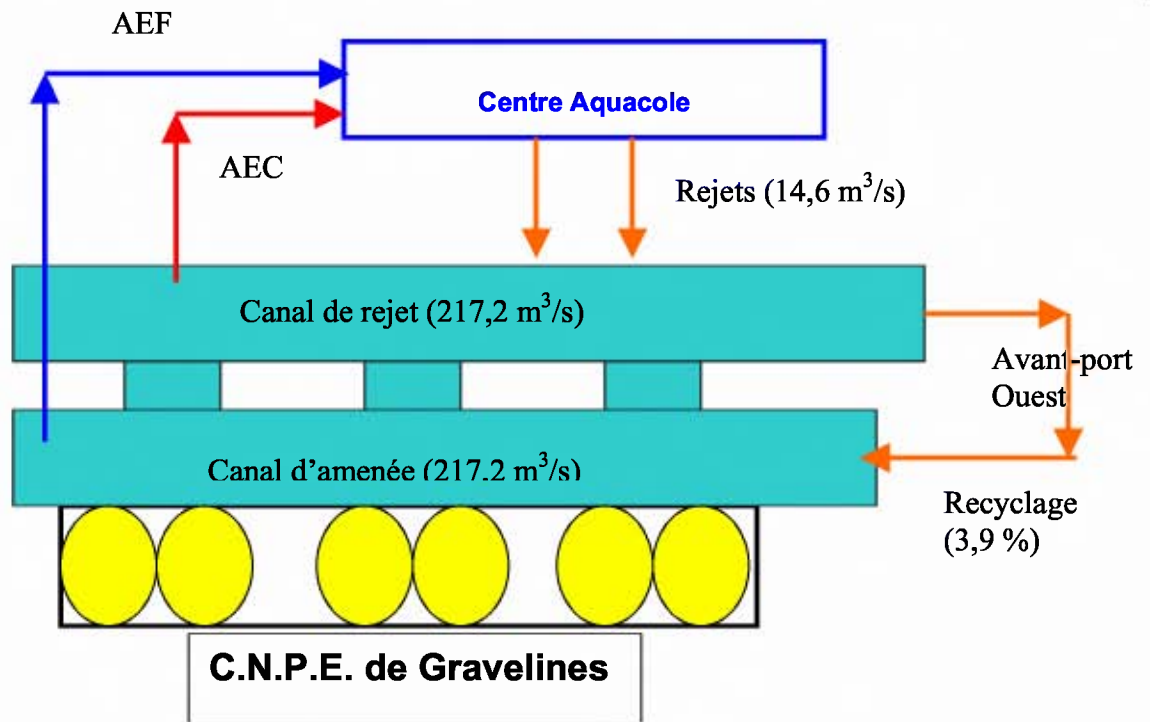
Depuis 1984, des installations aquacoles utilisent cette eau tiède pour l'élevage de bars et de daurades. La production actuelle est de l'ordre de 2000 tonnes de poisson par an. Une phase d'extension est actuellement en cours pour porter la capacité de production annuelle à 4000 tonnes.

Actuellement, les débits utilisés par la ferme aquacole sont en augmentation avec la mise en service d'une seconde station de pompage

Le rejet des eaux de la ferme aquacole se fait dans le canal de rejet de la centrale. Depuis l'été 2003, un second rejet situé plus en amont sur le canal de rejet est en service.

Les effets observés au rejet de la centrale sont donc la résultante des influences conjuguées des deux installations, la centrale électrique et la ferme aquacole (Fig. 1.2.).





AEC : Alimentation Eau Chaude ( $11,5 \text{ m}^3/\text{s}$ )

AEF : Alimentation Eau Froide ( $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$ )

**Figure 1.2. Schéma de la circulation de l'eau sur le site de Gravelines**  
(Valeurs chiffrées en 2006)

#### 1.4. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

##### 1.4.1. Domaine pélagique

###### 1.4.1.1. Surveillance des eaux du canal d'amenée et du canal de rejet

La stratégie d'échantillonnage mise en place depuis 1989 a été reconduite sans modification dans les domaines pélagique et benthique (Tabl. 1.1.).

Les quatre points définis lors des études antérieures (*canal d'amenée*, *canal de rejet*, *contrôle* avec échauffement résiduel de 3 à 4° C dans le panache de rejet, et *référence* hors panache) (Fig. 1.3.) sont étudiés simultanément dans deux situations annuelles différentes (printemps et fin de l'été) (Chapitres 1 & 2).

Des prélèvements hebdomadaires sont également réalisés depuis les berges aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet*. Ils concernent la bactériologie (vibrions) et l'étude de la chloration (Chapitre 3). Le phytoplancton (Chapitre 4) et le zooplancton (Chapitre 5) sont également échantillonnés au canal d'amenée, en particulier lors des périodes de proliférations de certaines espèces.

La périodicité des divers prélèvements réalisés au canal d'amenée est détaillée dans le tableau 1.1.

**Tableau 1.1. Stratégie de Prélèvements au point canal d'amenée**

Périodicité	Paramètres
Hebdomadaire	Température +Chlore + Haloformes +Vibrions
Hebdomadaire	Chlorophylle + Phéopigments
Mensuelle	Noctiluques + Zooplancton

#### 1.4.1.2. Milieu récepteur

Les deux campagnes de prélèvements en mer se sont déroulées à bord du navire l'*EMERAUDE* (Tabl. 1.2.).

**Tableau 1.2. Dates et horaires des campagnes pélagiques**

Date	Pleine mer (heure locale)	Coeft.	Canal d'amenée	Rejet	Contrôle	Référence
30/05/07	13 h 06	63	13 h 14	12 h 20	11 h 25	12 h 10
25/09/07	12 h 35	80	11 h 28	11h45	12 h 00	11 h 00

#### 1.4.2. Domaine halieutique

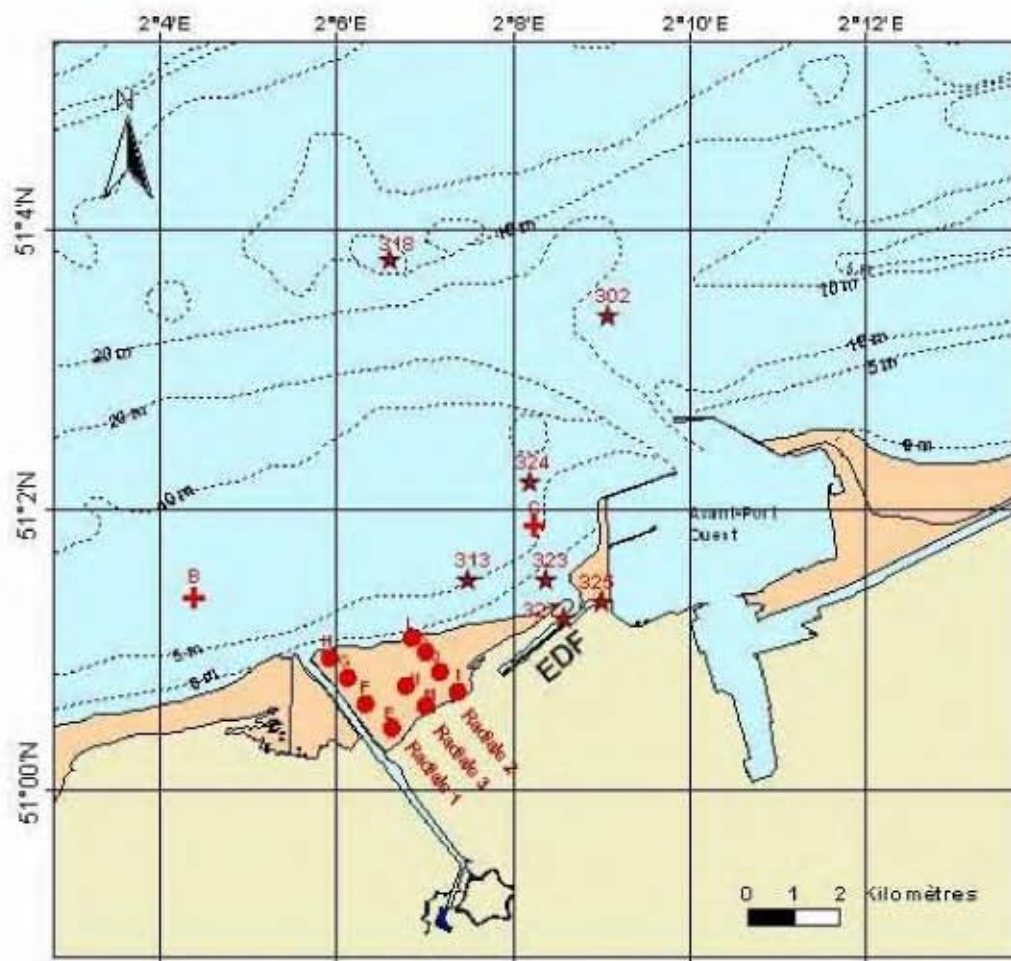
La surveillance du zooplancton halieutique comprend quatre campagnes :

- 2 campagnes à quatre points en mer (11 avril et 14 mai 2006) selon un gradient côte-large dans le milieu récepteur (Chapitre 6).
- 2 campagnes de deux points couvrant la largeur du pont au canal d'amenée (28 mars et 3 mai) (Chapitre 6).

#### 1.4.3. Domaine benthique

En zone intertidale, une campagne annuelle comprenant deux radiales de 4 points et 1 radiale à 2 points de hauts niveaux a été réalisée le 3 juillet 2007 (Chapitre 7).

En zone subtidale, la surveillance du peuplement à *Abra alba* consiste en la réalisation de 4 campagnes de deux points, l'un non impacté (Point B), l'autre potentiellement impacté (Point C) par le fonctionnement de la centrale (20 février, 18 avril, 26 juin et 14 décembre 2007) (Chapitre 8).



- Points benthos intertidal
- + Points benthos subtidal
- ★ Points domaine pélagique

Station (Réf. Quadrigé)	Latitude	Longitude	Libellé
302	51°3'40 N	2°9'10 E	Référence 02 = large
313	51°1'50 N	2°7'50 E	Côte : Pt 1 halieutique
318	51°3'80 N	2°6'60 E	Référence 18 : Pt 3 halieutique
323	51°1'50 N	2°8'40 E	Côte : Pt pélagique
324	51°2'20 N	2°8'20 E	Contrôle ou Médian
325	51°1'38 N	2°9'10 E	Canal d'amenée
327	51°1'26 N	2°8'60 E	Canal de rejet

Figure 1.3. Localisation des points de prélèvements tous domaines d'études confondus





---

## **2. CLIMATOLOGIE – HYDROLOGIE – FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE – PRÉSENTATION DES CAMPAGNES PÉLAGIQUES**

Auteurs : Delesmont R., Lefebvre A.

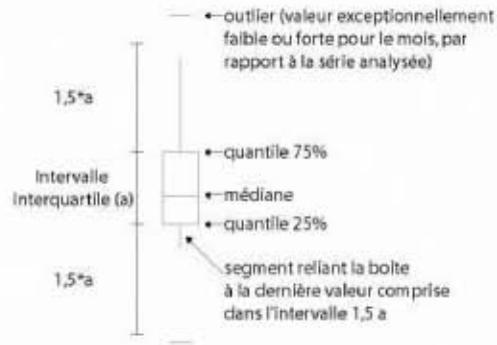
Collaboratrice : Delesmont E.





## 2.1. CLIMATOLOGIE

### Interprétation des figures :



**1<sup>er</sup> Quartile** : 25 % des éléments de la population ont une valeur inférieure à ce premier quartile ou quantile 25 %

**Médiane** : valeur de part et d'autres de laquelle se répartissent également les valeurs d'une population

**3<sup>ème</sup> Quartile** : 75 % des éléments de la population ont une valeur inférieure à ce troisième quartile ou quantile 75 %

Les données relevées par Météo France au sémaphore de Dunkerque mettent en évidence la forte variabilité journalière (intra-boîte) et mensuelle (inter-boîtes) de la température de l'air (Fig. 2.1.). Au cours de cette période de surveillance, la température de l'air évolue entre 0,4 °C (janvier 2007) et 23,6 °C (août 2007) (médiane : 12,5 °C et moyenne : 12,3 °C).

Les précipitations évoluent entre 0,2 mm (avril 2007) et 46,8 mm (juillet 2007) (médiane : 0,2 mm et moyenne : 2,3 mm) (Fig. 2.2.).

La série de données de température de l'eau acquise sur le site entre 1975 et 2002 a fait l'objet d'une valorisation sous forme de publication en 2005 :

*Woehrling D., A. Lefebvre, G. Le Fèvre-Lehoërff & Delesmont R., 2005. Seasonal and longer term trends in sea temperature along the french North Sea coast, 1975 to 2002. J. Mar. Biol. Ass. U.K., 85 (1) : 39-48.*

Une telle approche pourrait être envisagée pour d'autres paramètres climatologiques, physico-chimiques et pourrait être étendue au traitement des données des compartiments biologiques (phytoplancton et zooplancton notamment). La longueur des séries de données devrait permettre de dégager des schémas de fonctionnement de l'écosystème liés à des évolutions d'origine naturelle ou en réponse à des forçages anthropiques dépassant largement la zone d'influence du CNPE de Gravelines.

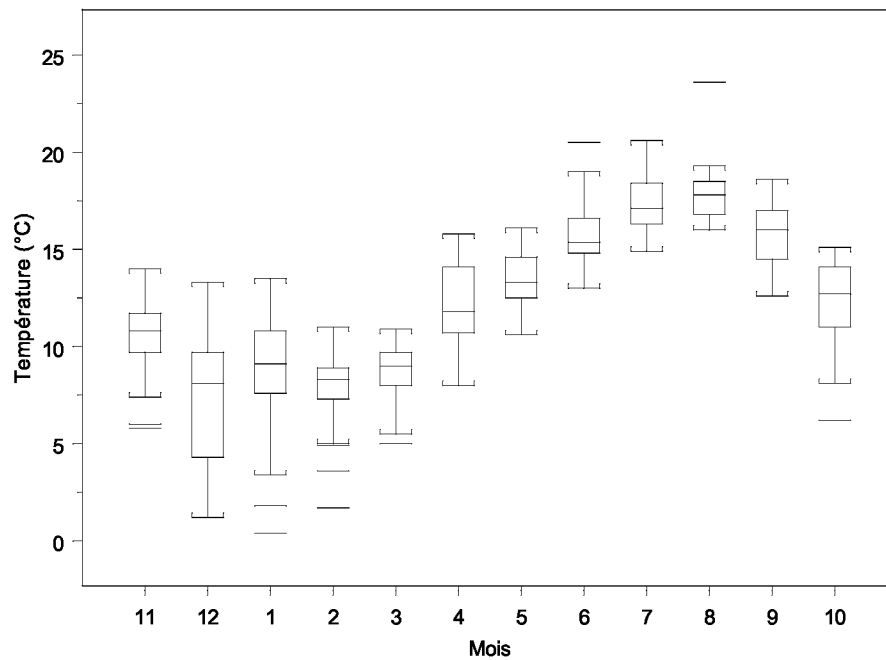


Figure 2.1. Boîtes de dispersion décrivant la distribution mensuelle des températures de l'air (°C) entre novembre 2006 et octobre 2007 au sémaphore de Dunkerque (Source : Météo France).

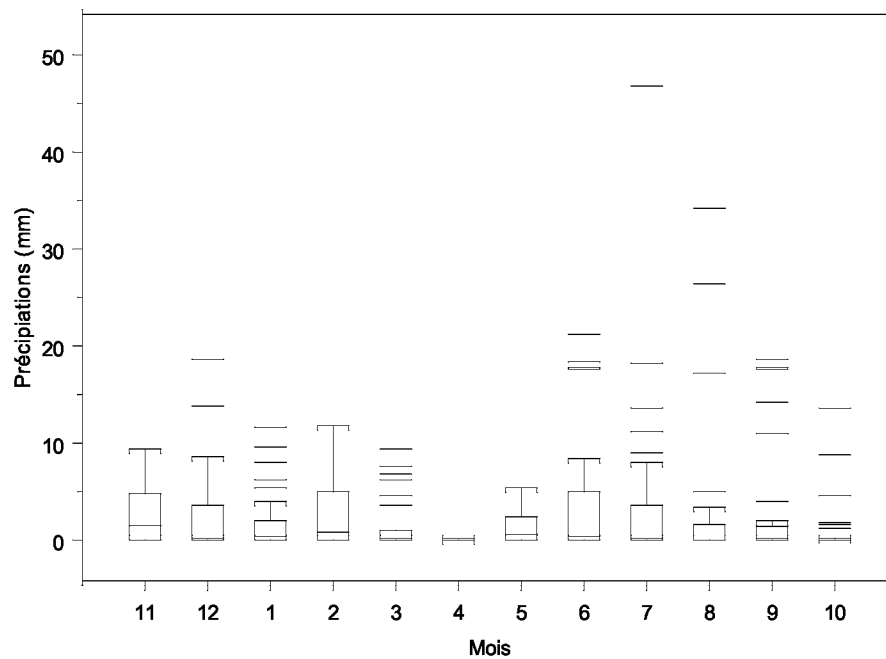


Figure 2.2. Boîtes de dispersion décrivant la distribution mensuelle des précipitations (mm) entre novembre 2006 et octobre 2007 au sémaphore de Dunkerque (Source : Météo France).

## 2.2. FONCTIONNEMENT DE LA CENTRALE

Ce paragraphe est réalisé à partir des données de fonctionnement communiquées par la Centrale de Gravelines.

La centrale de Gravelines comprend six réacteurs d'une puissance électrique unitaire de 900 MW.

En 2006-2007, la puissance électrique produite par la centrale correspond en moyenne hebdomadaire à l'équivalent de 3,5 à 6,0 tranches de 900 MW (Fig. 2.3. & Tabl. 2.1.). La production est comme à l'habitude, plus importante en saison froide. La puissance moyenne de la période est de 4332 MW, soit l'équivalent de 4,8 tranches (4,9 lors de la période précédente).

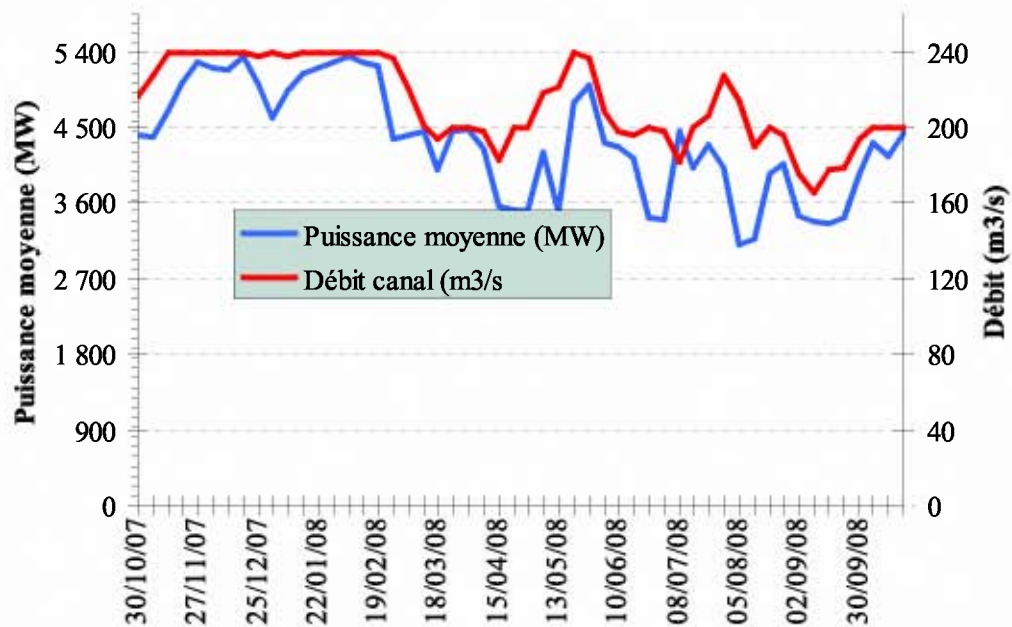
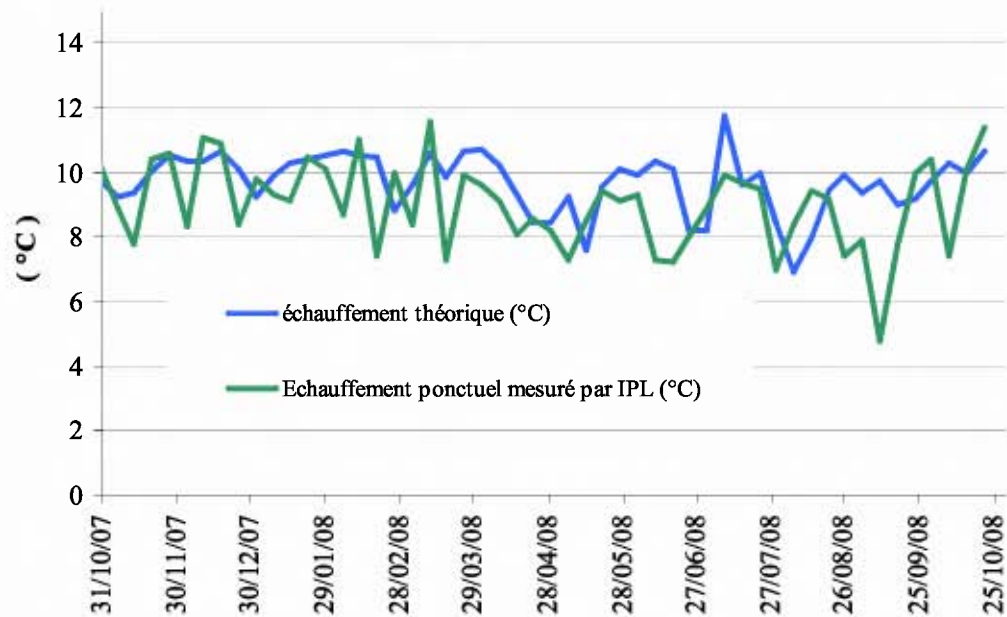


Figure 2.3. Fonctionnement de la centrale de Gravelines

En première approximation, on peut considérer que la production d'un mégawatt électrique s'accompagne de la dissipation dans l'eau de mer de deux mégawatts thermiques. Il est alors possible de calculer un échauffement théorique du rejet de la centrale sur la base des données hebdomadaires de puissance électrique. Dans la réalité, suite aux variations de la hauteur de l'eau de mer avec la marée, le débit des pompes de refroidissement varie légèrement et l'élévation de température observée fluctue d'environ 10 % autour de la valeur nominale calculée.

Les débits d'eau de mer de refroidissement des condenseurs ont varié de 166 à 240 m<sup>3</sup>/s, soit les débits unitaires de pompage de 4 à 6 tranches (Fig. 2.4. & Tabl. 2.1.). Le débit moyen calculé sur une base hebdomadaire est de 213 m<sup>3</sup>/s, soit l'équivalent du débit de pompage de 5,3 tranches.



**Figure 2.4. Comparaison entre les échauffements calculés et mesurés au rejet**

Les variations de production électriques ne s'accompagnent pas toujours de variations identiques du débit de l'eau de refroidissement pompée ce qui occasionne des variations de l'échauffement de l'eau par transit. Lors de la période 2006-2007, ces variations sont relativement faibles :

Échauffement moyen calculé :  $9,70\text{ °C} \pm 0,92\text{ °C}$   
 Échauffement moyen (mesures IPL) :  $9,01\text{ °C} \pm 1,35\text{ °C}$

Les échauffements sont légèrement plus faibles au printemps et en été ; cette variation est de l'ordre de un degré.

Les valeurs que nous avons relevées au point de rejet lors de nos prélèvements ponctuels sont en moyenne inférieures de  $0,69\text{ °C}$  aux moyennes hebdomadaires calculées par EDF.

**Tableau 2.1. Fonctionnement de la centrale en 2006-2007**  
**(Débit et puissance calculés à partir des données fournies par EDF)**

Semaine du	au	Puissance moyenne (MW)	Débit canal (m <sup>3</sup> /s)	Échauffement théorique (°C)	Échauffement ponctuel mesuré par IPL (°C)
30/10/2006	05/11/2006	4402	216	9,8	10,2
06/11/2006	12/11/2006	4392	227	9,3	8,9
13/11/2006	19/11/2006	4699	240	9,4	7,8
20/11/2006	26/11/2006	5026	240	10,0	10,4
27/11/2006	03/12/2006	5280	240	10,5	10,6
04/12/2006	10/12/2006	5203	240	10,4	8,3
11/12/2006	17/12/2006	5187	240	10,3	11,1
18/12/2006	24/12/2006	5352	240	10,7	10,9
25/12/2006	31/12/2006	5011	238	10,1	8,4
01/01/2007	07/01/2007	4626	240	9,2	9,8
08/01/2007	14/01/2007	4942	238	9,9	9,3
15/01/2007	21/01/2007	5145	240	10,3	9,1
22/01/2007	28/01/2007	5208	240	10,4	10,5
29/01/2007	04/02/2007	5283	240	10,5	10,1
05/02/2007	11/02/2007	5352	240	10,7	8,7
12/02/2007	18/02/2007	5277	240	10,5	11,0
19/02/2007	25/02/2007	5236	240	10,4	7,4
26/02/2007	03/03/2007	4366	237	8,8	10,0
04/03/2007	10/03/2007	4413	220	9,6	8,4
11/03/2007	17/03/2007	4459	201	10,6	11,6
18/03/2007	24/03/2007	3997	194	9,9	7,3
25/03/2007	31/03/2007	4447	200	10,6	9,9
01/04/2007	07/04/2007	4468	200	10,7	9,6
08/04/2007	14/04/2007	4243	198	10,3	9,1
15/04/2007	21/04/2007	3560	183	9,3	8,1
22/04/2007	28/04/2007	3529	200	8,4	8,6
29/04/2007	05/05/2007	3529	200	8,4	8,2
06/05/2007	12/05/2007	4213	218	9,2	7,3
13/05/2007	19/05/2007	3494	221	7,6	8,5
20/05/2007	26/05/2007	4791	240	9,6	9,4
27/05/2007	02/06/2007	5015	237	10,1	9,1
03/06/2007	09/06/2007	4320	208	9,9	9,3
10/06/2007	16/06/2007	4278	198	10,3	7,3
17/06/2007	23/06/2007	4141	196	10,1	7,2
24/06/2007	30/06/2007	3418	200	8,2	8,0
01/07/2007	07/07/2007	3397	198	8,2	8,9
08/07/2007	14/07/2007	4462	182	11,7	9,9
15/07/2007	21/07/2007	4024	200	9,6	9,7
22/07/2007	28/07/2007	4290	206	10,0	9,5
29/07/2007	04/08/2007	4027	228	8,5	7,0
05/08/2007	11/08/2007	3103	214	6,9	8,4
12/08/2007	18/08/2007	3168	190	8,0	9,4
19/08/2007	25/08/2007	3950	200	9,5	9,2
26/08/2007	01/09/2007	4069	196	9,9	7,4
02/09/2007	08/09/2007	3450	176	9,4	7,9
09/09/2007	15/09/2007	3384	166	9,8	4,8
16/09/2007	22/09/2007	3358	178	9,0	7,8
23/09/2007	29/09/2007	3431	179	9,2	10,0
30/09/2007	06/10/2007	3951	194	9,7	10,4
07/10/2007	13/10/2007	4309	200	10,3	7,4
14/10/2007	20/10/2007	4166	200	10,0	10,1
21/10/2007	27/10/2007	4442	200	10,6	11,4



## 2.3. HYDROLOGIE

### 2.3.1. Points *canal d'amenée* et *canal de rejet*

#### 2.3.1.1. Température

Au point *canal d'amené*, la moyenne des températures de l'eau est de 13,9 °C, cette valeur est presque supérieure de 1,0 °C à celles des cinq cycles précédents pour lesquels des moyennes variant de 13,0 à 13,2 °C ont été mesurées.

L'année 2006-2007 est marquée par des températures particulièrement élevées en saison froide alors que l'été fut maussade.

Au point *canal d'amenée*, la température minimale (8,6 °C) est observée le 21/03/07.

Une température supérieure à 20,0 °C a été relevée à 1 seule occasion le 07/08/07 (Fig. 2.5.). Ce maximum est en retrait sur les années précédentes

Au point *canal de rejet*, aucune température supérieure à 30,0 °C n'a été relevée cette année (maximum 29,0°C le 24/07/07) (Fig. 2.5.).

Le transit de l'eau dans la centrale, calculé sur la base des prélèvements hebdomadaires réalisés, se traduit par un échauffement moyen de 8,96 °C qui est une valeur habituelle par rapport aux périodes d'études précédentes.

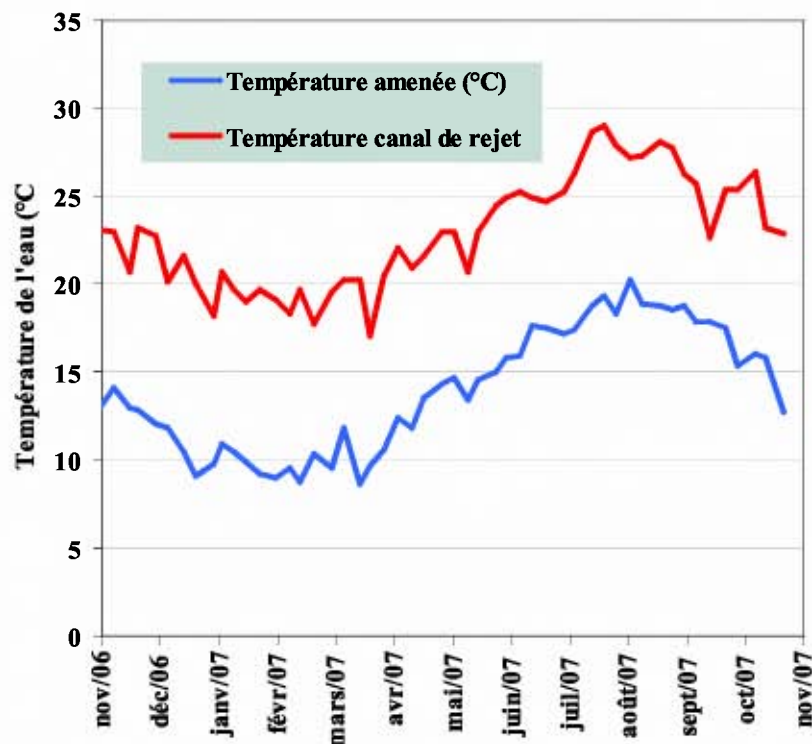


Figure 2.5. Température de l'eau de mer (°C) aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet* au cours de la période 2006-2007

#### 2.3.1.2. Sels nutritifs

En raison des apports en azote dus à la ferme aquacole implantée sur le site et afin de mieux expliquer les phénomènes au niveau du phytoplancton, des dosages d'azote sont réalisés aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet*. Deux formes d'azote ont été

mesurées : l'azote réduit ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) et l'azote oxydé sous forme de nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ).

L'azote oxydé composé principalement de nitrates voit son stock hivernal consommé de février à avril par le phytoplancton. Du printemps à l'automne, les concentrations sont plus élevées au rejet qu'au canal d'amenée. Ce phénomène de faible ampleur a déjà été observé lors des six cycles d'étude précédents.

En moyenne annuelle, un apport peu significatif de nitrate de  $0,27 \mu\text{mol/L}$  est observé (Fig. 2.6. & Tabl. 2.2.). Un apport de l'ordre de  $2 \mu\text{mol/L}$  au maximum a été observé dans les cycles d'études antérieurs. Ce résultat confirme la stabilité des apports de nitrate signalé lors des précédents cycles de surveillance.

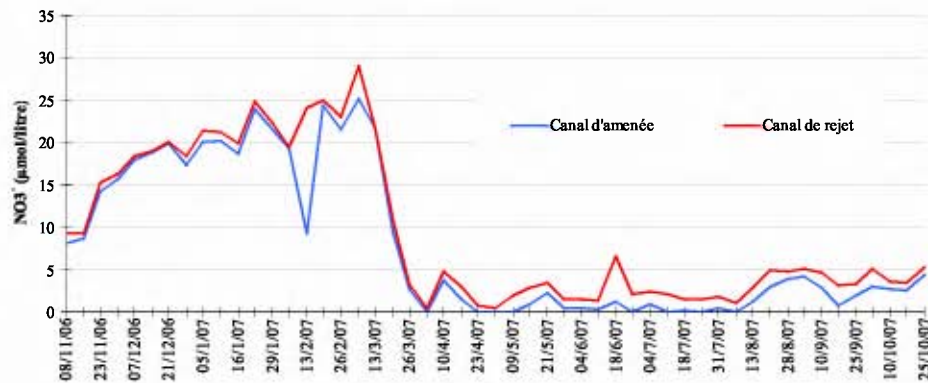


Figure 2.6. Azote oxydé ( $\text{NO}_3^-$  en  $\mu\text{mol/L}$ ) aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet* au cours de la période 2006-2007

Pour l'ammonium, les constatations sont identiques à celles de la période précédente (Fig. 2.7. & Tabl. 2.2.). Les concentrations observées restent faibles et aucune variation saisonnière importante ne se dégage si ce n'est une hausse des concentrations accompagnant la dégradation du plancton lors du transit.

En bilan annuel, le transit se traduit cette année par un apport moyen de  $0,55 \mu\text{mol/L}$  ( $0,43 \mu\text{mol/L}$  lors du cycle de surveillance précédent lors duquel nous signalions déjà une augmentation et non une faible diminution de la concentration comme à l'accoutumé).

Les apports de la ferme aquacole sont peu visibles en termes de bilan. La production d'ammonium par les poissons plus importante en saison chaude semble compensée par la consommation due à la mise en service de la chloration.

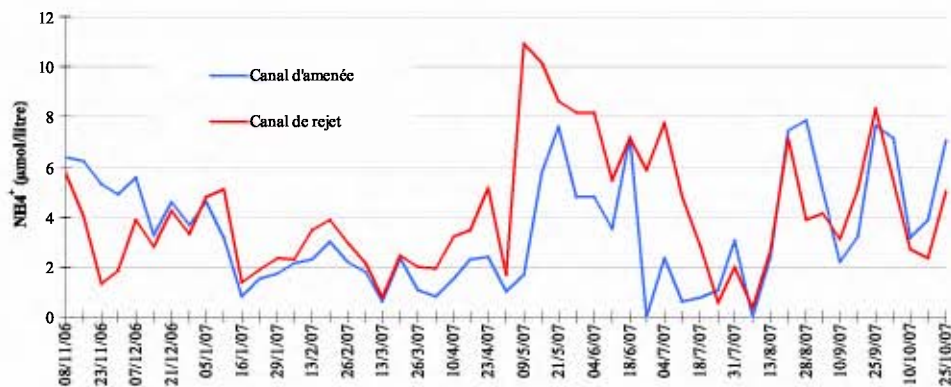


Figure 2.7. Ammonium ( $\mu\text{mol/L}$ ) aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet* au cours de la période 2006-2007

**Tableau 2.2. Évolution temporelle des concentrations en sels nutritifs  
aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet***

Date	Canal d'amenée		Canal de rejet	
	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol/L)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol/L)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol/L)
08/11/06	6,4	8,0	5,8	9,2
15/11/06	6,2	8,7	4,0	9,3
23/11/06	5,3	14,2	1,3	15,3
27/11/06	4,9	15,7	1,9	16,3
07/12/06	5,6	18,0	3,9	18,3
13/12/06	3,3	18,9	2,8	19,0
21/12/06	4,6	19,9	4,2	20,1
27/12/06	3,7	17,4	3,3	18,5
05/01/07	4,6	20,1	4,8	21,3
10/01/07	3,2	20,2	5,1	21,2
16/01/07	0,8	18,7	1,4	19,9
22/01/07	1,5	23,9	1,9	24,8
29/01/07	1,8	21,6	2,4	22,2
06/02/07	2,1	19,3	2,3	19,4
13/02/07	2,3	9,3	3,5	24,1
19/02/07	3,0	24,4	3,9	25,0
26/02/07	2,2	21,5	3,0	23,0
07/03/07	1,8	25,2	2,1	29,0
13/03/07	0,6	21,8	0,8	21,6
21/03/07	2,4	9,4	2,4	10,9
26/03/07	1,1	2,7	2,0	3,2
03/04/07	0,8	<0,1	1,9	0,5
10/04/07	1,5	3,7	3,2	4,8
17/04/07	2,3	1,5	3,5	3,0
23/04/07	2,4	<0,1	5,2	0,7
02/05/07	1,0	<0,1	1,7	0,5
09/05/07	1,7	<0,1	10,9	1,9
16/05/07	5,8	0,8	10,2	2,8
21/05/07	7,6	2,2	8,6	3,4
30/05/07	4,8	0,5	8,2	1,6
04/06/07	4,8	0,5	8,2	1,6
11/06/07	3,5	0,4	5,5	1,3
18/06/07	7,2	1,1	7,2	6,6
25/06/07	<0,1	<0,1	5,9	2,1
04/07/07	2,4	0,9	7,7	2,4
09/07/07	0,6	<0,1	4,8	2,1
18/07/07	0,8	0,2	2,8	1,4
24/07/07	1,1	0,0	0,6	1,5
31/07/07	3,1	0,5	2,0	1,8
07/08/07	<0,1	<0,1	0,4	1,0
13/08/07	2,4	1,2	2,7	2,8
22/08/07	7,5	3,1	7,1	5,0
28/08/07	7,9	3,9	3,9	4,8
03/09/07	5,0	4,2	4,1	5,1
10/09/07	2,2	2,9	3,1	4,6
17/09/07	3,2	0,8	5,1	3,2
25/09/07	7,7	1,9	8,3	3,3
01/10/07	7,2	3,0	5,4	5,1
10/10/07	3,2	2,6	2,7	3,6
15/10/07	3,9	2,5	2,3	3,4
25/10/07	7,1	4,3	5,0	5,3

## 2.3.2. Campagnes pélagiques

### 2.3.2.1. Température

Les deux campagnes annuelles de prélèvements ont été réalisées en mai et en septembre.

En raison des turbulences importantes régnant dans les canaux d'amenée et de rejet, leurs températures sont considérées comme homogènes. La différence de température entre le canal d'amenée et le canal de rejet est de 9,4°C en mai et de 7,8°C en septembre. Au point *contrôle*, la stratification thermique verticale habituelle du panache de rejet est observée lors des campagnes de mai et de septembre malgré la faible profondeur (Fig. 2.8. & 2.9.). Le gradient de température surface-fond est de 4,1 °C pour les deux campagnes. Une stratification de moindre ampleur est observée au niveau du point de référence (Fig. 2.8. et 2.9.) : 0,1 °C en mai et 0,9 °C en septembre.

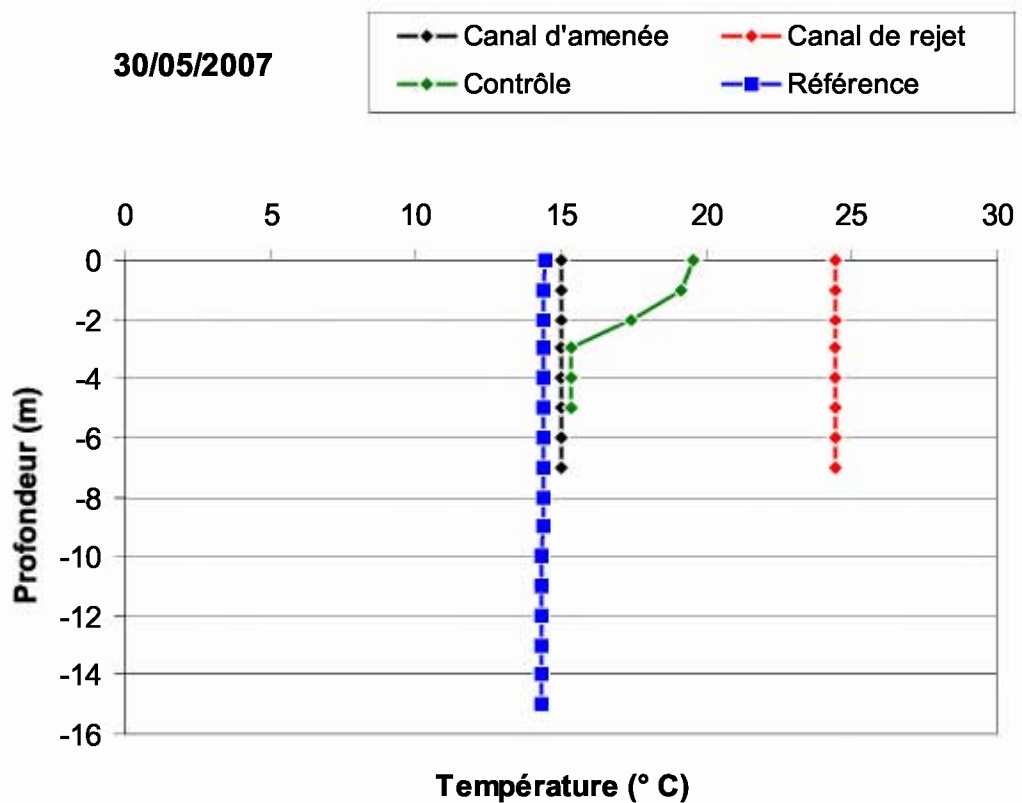


Figure 2.8. Profils de température lors de la campagne de prélèvements du 30/05/2007

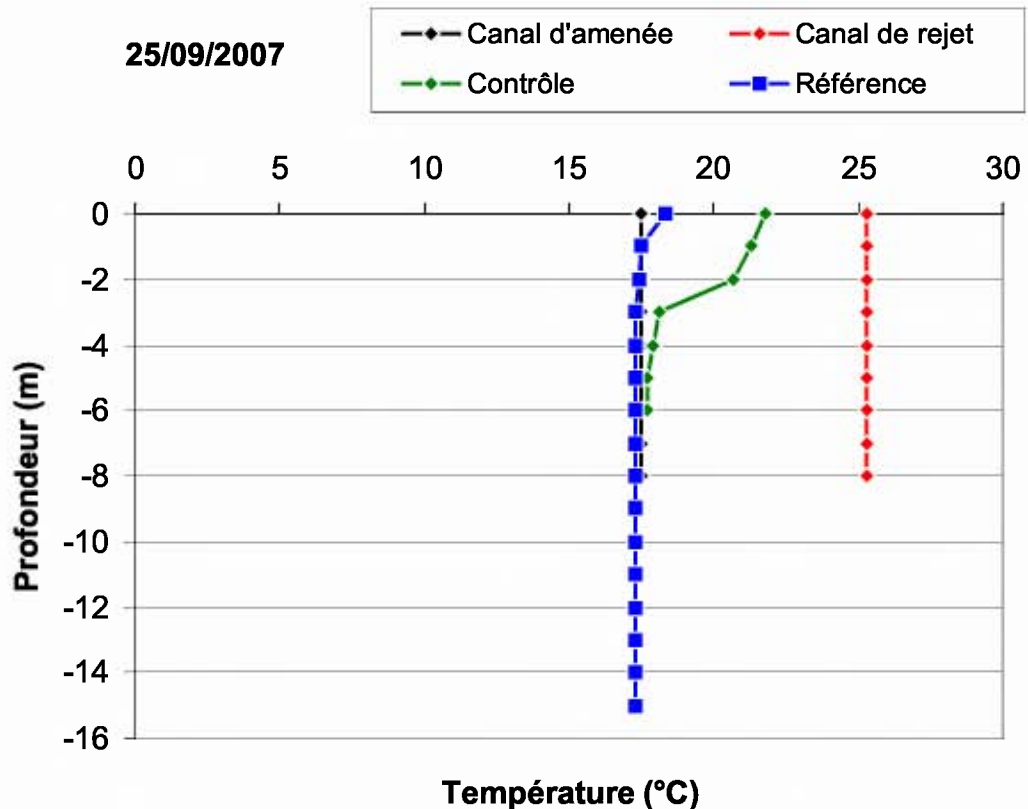


Figure 2.9. Profils de température lors de la campagne de prélèvements du 25/09/2007

### 2.3.2.2. Salinité

Lors des deux campagnes pélagiques, les mesures de salinité mettent en évidence une grande homogénéité de l'ensemble de la zone d'étude (Tabl. 2.3. & 2.4.). La salinité est forte, supérieure à 34\*, c'est à dire sans influence côtière visible lors des deux campagnes. (Tabl. 2.3. & 2.4.).

Tableau 2.3. Salinités mesurées lors de la campagne pélagique du 30 mai 2007

Profondeur	canal d'amenée	canal de rejet	contrôle	référence
surface	34,3	34,3	34,3	34,5

Tableau 2.4. Salinités mesurées lors de la campagne pélagique du 25 septembre 2007

Profondeur	canal d'amenée	canal de rejet	contrôle	référence
surface	34,1	34,1	34,2	34,4

\* : La salinité est exprimée par un nombre sans dimension qui est un rapport de conductivité (P.S.U. ou « Practical Salinity Unit »). Sur le plan pratique, elle est proche du gramme par kilogramme d'eau.

### **3. ÉTUDE DE LA CHLORATION ET BACTÉRIOLOGIE**

Auteur : Delesmont R.

Collaboratrice : Delesmont E.





### 3.1. CHLORATION

Afin de limiter les proliférations biologiques, du chlore produit par électrolyse de l'eau de mer est injecté dans les circuits de refroidissement. L'oxydant injecté est consommé de façon rapide par l'eau de mer.

Cette disparition s'accompagne de la formation de composés chimiques stables, essentiellement des trihalométhanes (essentiellement du bromoforme) et d'autres composés en quantités beaucoup plus faibles comme le tribromophénol.

La figure 3.1. permet de visualiser la concentration en bromoforme en relation avec la température de l'eau au canal d'amenée.

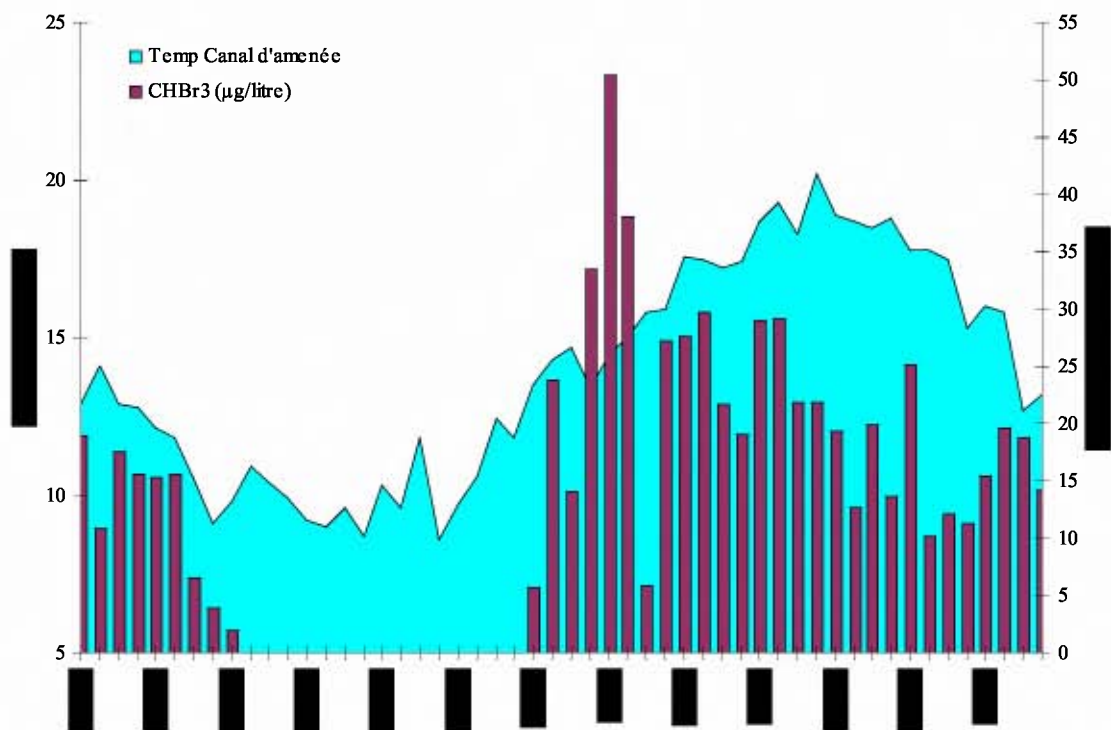


Figure 3.1. Bromoforme (en  $\mu\text{g/L}$ ) au point *canal de rejet* (histogrammes) en relation avec la température (en  $^{\circ}\text{C}$ ) de l'eau au point *canal d'amenée* (courbe)

En se basant sur les résultats du dosage du bromoforme au point *canal de rejet*, on observe que la chloration a été mise en œuvre durant 9 mois. Le bromoforme n'est pas détecté entre le 10 janvier et le 17 avril 2007.

La disparition du chlore s'accompagne de la formation de dérivés stables. Le bromoforme est, en eau de mer, le plus abondant de ces produits de réaction. Il représente cette année 98,2 % des haloformes avec une concentration moyenne de 18,8  $\mu\text{g/L}$  (Figure 3.1. & Tabl. 3.1.). Cette concentration moyenne est voisine de celles observées les années précédentes (environ 14 à 18,8  $\mu\text{g/L}$ ) contrairement aux faibles concentrations mesurées en 2004-2005 (7,5  $\mu\text{g/L}$ ) et aux valeurs hautes observées en 2005-2006 (23,8  $\mu\text{g/L}$ ).

Les deux autres composés formés et mis en évidence sont également des composés bromés :



- monochlorodibromométhane ( $\text{CHClBr}_2$ ) : 1,5 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,29  $\mu\text{g/L}$
- dichlorobromométhane ( $\text{CHCl}_2\text{Br}$ ) : 0,23 % du total formé avec une concentration moyenne de 0,04  $\mu\text{g/L}$

Ces concentrations moyennes sont dans la gamme de valeurs habituellement observées sur le site.

La persistance du bromoforme en mer permet également de quantifier le pourcentage d'eau de refroidissement qui passe une seconde fois dans la centrale (« taux de re-circulation »). La valeur calculée en 2006-2007 est de 4,7 % au cours de la période de chloration.

Ce pourcentage a une grande importance sur le plan bactériologique car le recyclage de l'eau du rejet permet de sélectionner et de fixer sur le site des espèces bactériennes.

Des recherches de bromophénols, composés issus de la chloration de masse plus importante que les trihalométhanes, ont été réalisées de façon mensuelle. Les dosages ont été réalisés en chromatographie en phase gazeuse après dérivation. Seules de faibles quantités de 2,4,6 tri-bromo-phénol ont été détectées durant la saison de chloration (Tabl. 3.2.).

### 3.2. BACTÉRIOLOGIE

Depuis 1989, les études bactériologiques portent uniquement sur les vibrions. En effet, cette catégorie de bactéries marines est particulièrement sensible aux modifications du milieu engendrées par le fonctionnement de la centrale et par d'importantes activités aquacoles en constant développement sur le site même du rejet.

Les mesures ne concernent que les vibrions capables de cultiver à 37 °C, ces bactéries marines pouvant présenter des caractères pathogènes pour l'homme. Dans le milieu marin, l'abondance des vibrions varie avec la température de l'eau : peu nombreux en hiver, leur maximum est observé à la fin de l'été.

À Gravelines, le transit de l'eau de mer dans la centrale (et les installations aquacoles) entraîne une importante multiplication des vibrions qui amplifie le cycle naturel d'abondance de ces bactéries.

#### 3.2.1. Aspect quantitatif

Au point *canal d'amenée*, la concentration moyenne des vibrions est cette année de 206 par litre, valeur plus forte que celles enregistrées lors des six périodes précédentes (105 à 128 vibrions/L) (Tabl. 3.3. & 3.4.). La relative douceur de l'hiver pourrait être la cause de cette concentration plus importante.

Entre le point *canal d'amenée* et le point *canal de rejet*, leur nombre est, en moyenne géométrique (rapport des moyennes du logarithme des concentrations) annuelle, multiplié par 85.

La concentration au canal de rejet est de 17460 vibrions/L en moyenne géométrique (Fig. 3.3.) soit la moyenne la plus importante enregistrée depuis le début des études de surveillance (précédente valeur importante : 12980 vibrions/L en 2004-2005). Cette concentration est particulièrement importante depuis le cycle de surveillance 2004-2005.

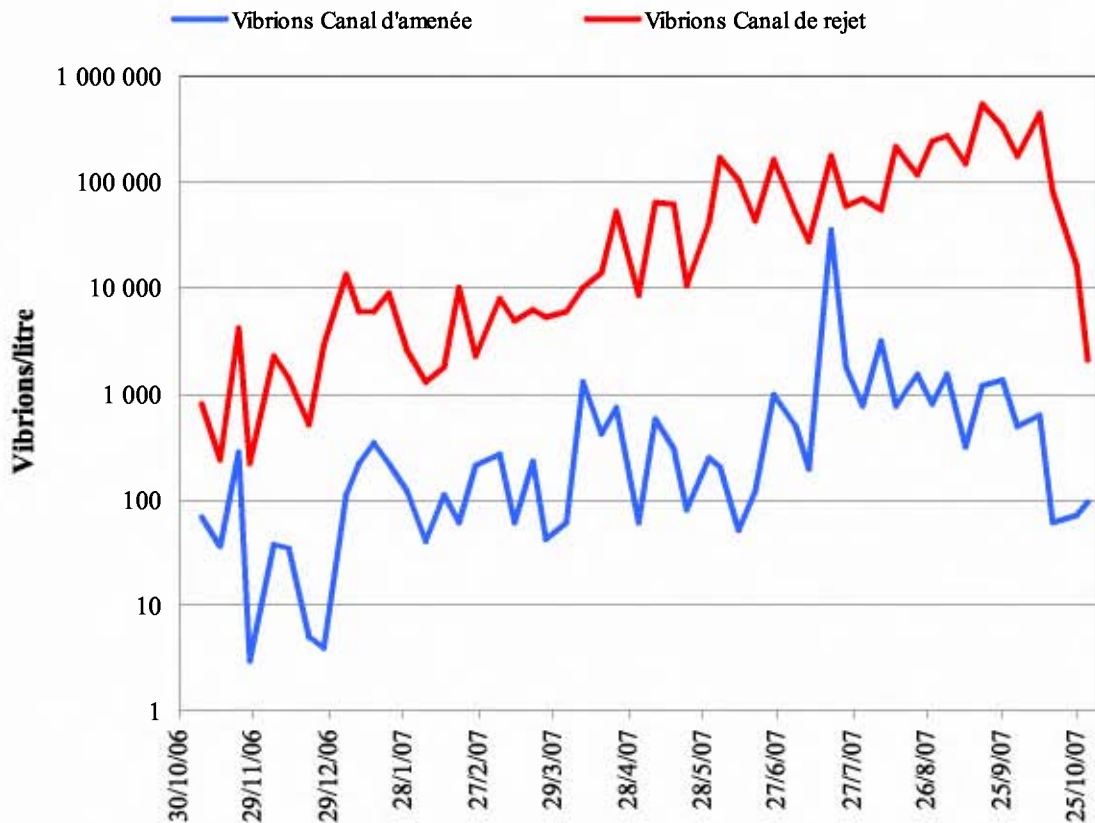
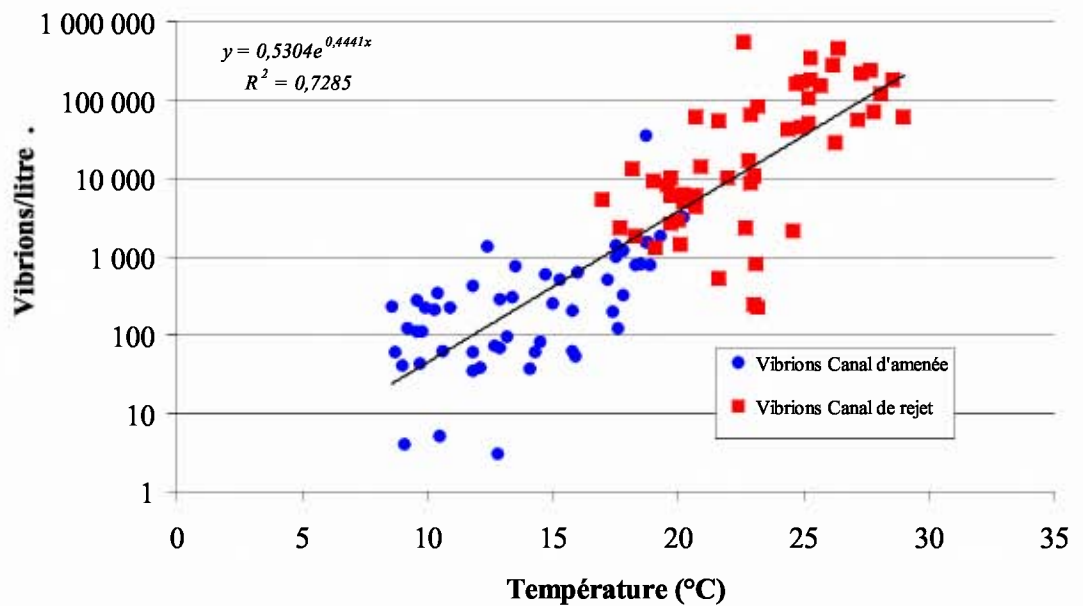


Figure 3.2. Abondance des vibrions cultivables à 37 °C (Vibrions/L en échelle logarithmique)

La température de l'eau de mer est, depuis le début des études de surveillance, le facteur du milieu expliquant le mieux les variations de la concentration en vibrions.

Au-dessus de 4°C, un accroissement de la température de l'eau de 6 °C se traduit par une abondance en vibrions environ 10 fois plus grande (Fig. 3.2. - Tabl. 3.3. & 3.4.). Pour les mesures réalisées aux points *canal d'amenée* et *canal de rejet* lors de ce cycle d'étude, les relations entre concentration en vibrions et température sont résumées sur la figure 3.3.



**Figure 3.3. Relations entre température et concentration en vibrions aux points canal d'amenée (bleu) et canal de rejet (rouge)**

En dépit de variations liées aux conditions climatiques, l'abondance des vibrions dans le rejet est relativement stable depuis la mise en service des six tranches de la centrale de Gravelines (flèches noires sur le graphique) (Fig. 3.4.).

Le développement de l'aquaculture (phase expérimentale en 1984 puis extensions en 1991, 1992 et 2003) ne semble pas avoir eu d'influence majeure sur les vibrions en termes d'abondance. Si les concentrations maximales observées semblent se stabiliser, l'amplitude des cycles annuels semble se réduire. La clémence des derniers hivers et le développement de l'aquaculture pourraient être à l'origine de ce phénomène (Fig. 3.4.).

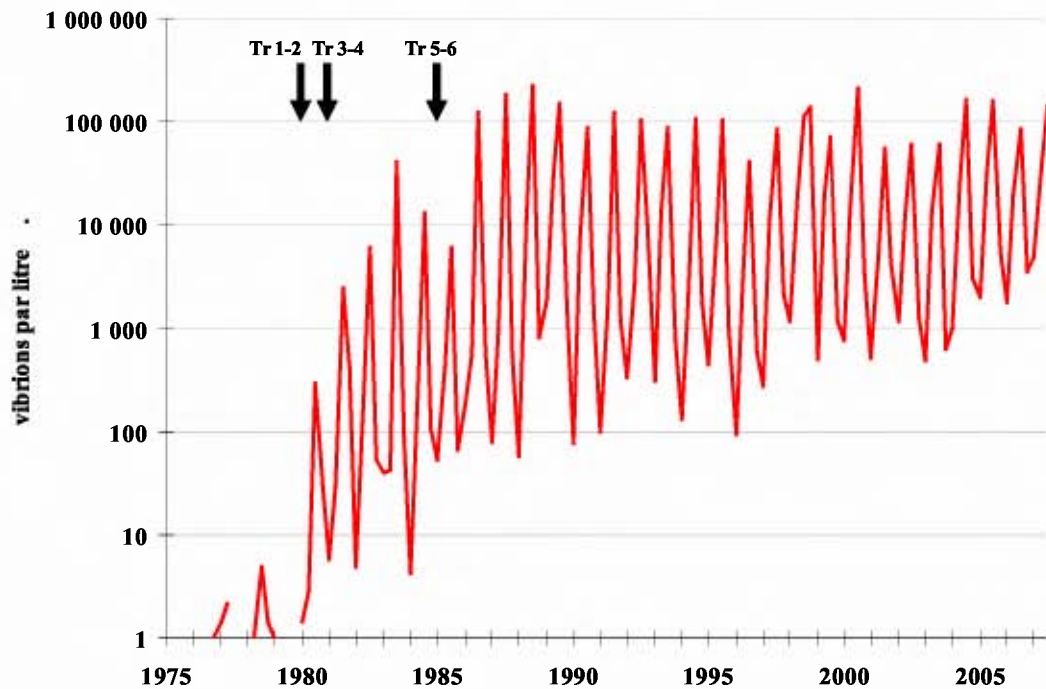


Figure 3.4. Moyenne géométrique des abondances trimestrielles de 1976 à 2007 (Vibrions par litre) (Flèches : Mise en service des différentes tranches du CNPE : 1-2, 3-4 puis 5-6)

### 3.2.2. Aspect qualitatif

Une modification dans l'interprétation des profils biochimiques utilisés pour affecter des noms d'espèces aux vibrions isolés est intervenue en raison de la parution d'un nouveau catalogue analytique API 20 E.

L'utilisation de ce nouveau catalogue a surtout des incidences en ce qui concerne l'espèce *Vibrio cholerae*. De nombreux germes auparavant classés *V. cholerae* sont maintenant considérés comme mal-discriminés entre *V. cholerae* et d'autres espèces ce qui a pour conséquence de diminuer le nombre de *Vibrio cholerae* isolés sur le site. Ceci permet d'écarter du groupe *V. cholerae*, un certain nombre de souches de l'environnement très éloignées du véritable *V. cholerae* épidémique.

Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions isolés sur le site était représentée par *Vibrio alginolyticus*. Parallèlement au développement de l'aquaculture sur le site, une diversité croissante des espèces de vibrions a été observée.

En 2006-2007, au point *canal de rejet*, *Vibrio alginolyticus* reste l'espèce la plus souvent isolée avec un pourcentage moyen d'isolement de 59,7 % (Fig. 3.6.) (82,9 % en 2005-2006).

*Vibrio cholerae* non agglutinable (Nag) n'est plus, cette année, la seconde espèce par ordre d'importance avec un pourcentage d'isolement de 4,6 % au rejet (Fig. 3.5.).

La modification des clés d'identification intervenue cette année est pour une grande part responsable de cette évolution apparente. Pour comparer la valeur 2006-2007 à celles des périodes précédentes, il faudrait ajouter au pourcentage de *V. cholerae* les pourcentages de Vibrions mal discriminés « *V. cholerae* Nag ou *V. fluvialis* » et une partie des *V.*

*fluvialis*. Le pourcentage en *Vibrio cholerae* obtenu avec l'ancien codage aurait été de 16,5% (voir figure 3.5).

En ce qui concerne le pourcentage d'isolement de *V. cholerae* Nag, la valeur maximale relevée a été de 24,2 % en 2005.

Les souches de *Vibrio cholerae* isolées sur le site ne sont pas agglutinables par les sérums anti-*Vibrio cholerae* O1 et anti-*Vibrio cholerae* O139 et sont, de plus, halophiles strictes, ce qui permet de les différencier des souches épidémiques.

La seconde espèce la plus fréquente après *V. alginolyticus* est *V. fluvialis* avec un pourcentage d'isolement de 20,2 %.

Les autres espèces mises en évidence en 2006-2007 au rejet sont :

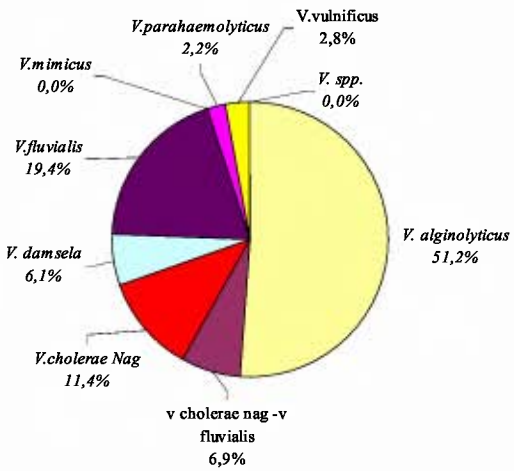
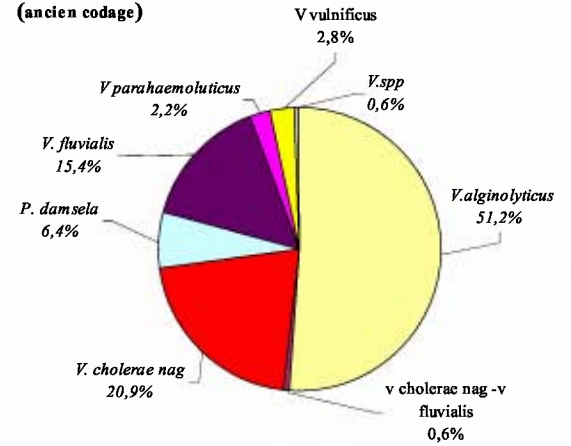
*V. parahaemolyticus* (2,3 %), *V. vulnificus* (3,7 %), *V. damsela* (0,3 %) et *V. mimicus* (0,1 %).

Ces pourcentages sont à rapprocher des valeurs moyennes pour l'ensemble de la période 1989 à 2006 au point *canal de rejet*

<i>V. alginolyticus</i>	68,6 %	<i>V. cholerae</i> Nag	11,8 %
<i>V. fluvialis</i>	5,6 %	<i>V. damsela</i>	4,8 %
<i>V. parahaemolyticus</i>	3,5 %	<i>V. mimicus</i>	2,8 %
<i>V. vulnificus</i>	0,7%		

La répartition des genres de *Vibrions* entre le canal d'amenée et le canal de rejet est particulière en 2007 : les différences entre les deux points concernant *Vibrio alginolyticus* sont plus faibles que lors des périodes précédentes. Ce germe est habituellement très dominant en été et moins en hiver. L'hiver tempéré et l'été frais et humide peuvent être à l'origine de ces pourcentages inhabituels.

## Canal d'amenée

Canal d'amenée  
(ancien codage)

## Canal de rejet

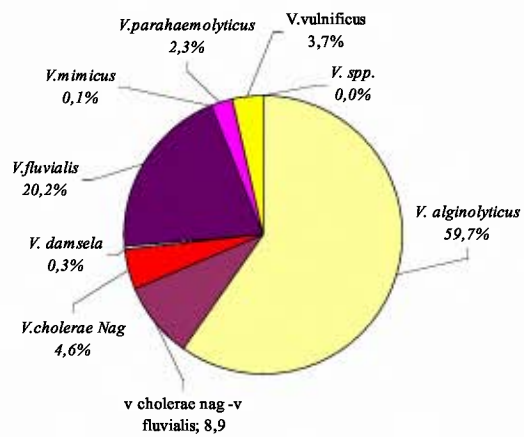
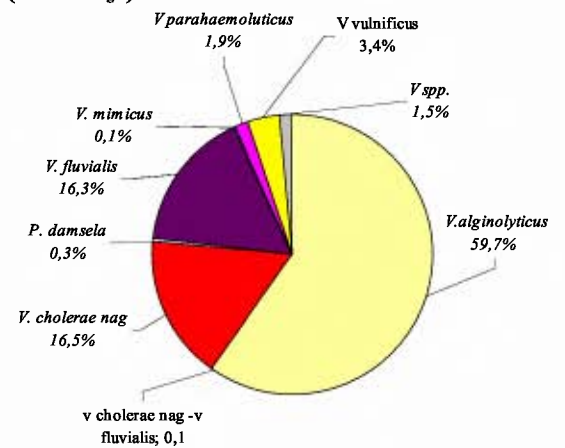
Canal de rejet  
(ancien codage)

Figure 3.5. Pourcentages moyens d'isolement des diverses espèces de vibriosis aux points canal d'amenée et canal de rejet selon l'ancien et le nouveau code

En moyenne géométrique, *Vibrio alginolyticus* reste l'espèce la plus adaptée aux conditions actuelles du site avec un facteur moyen de multiplication de 103 fois entre le point *canal d'amenée* et le point *canal de rejet* (moyenne des rapports du logarithme des concentrations) (Fig. 3.6. & 3.7.).

*Vibrio cholerae* Nag qui occupait depuis quelques années la seconde place par l'importance de sa multiplication sur le site, a cette année un facteur de multiplication faible de 3,4 fois (moyenne géométrique des logarithmes des concentrations) pour la seconde période consécutive alors qu'il était auparavant proche de celui mesuré pour *Vibrio alginolyticus*. Ce facteur est affecté par le changement de codeur microbiologique mais sa faiblesse aurait été également observée avec l'ancien codage d'identification (15 fois).

Les conditions de cette période ont été particulièrement favorables à *V. fluvialis* avec un facteur de multiplication moyen de 32.

En ce qui concerne les autres espèces mises en évidence sur le site, les facteurs de multiplication calculés sont moins significatifs compte tenu de la rareté de leur mise en évidence (Fig. 3.6. & 3.7.).

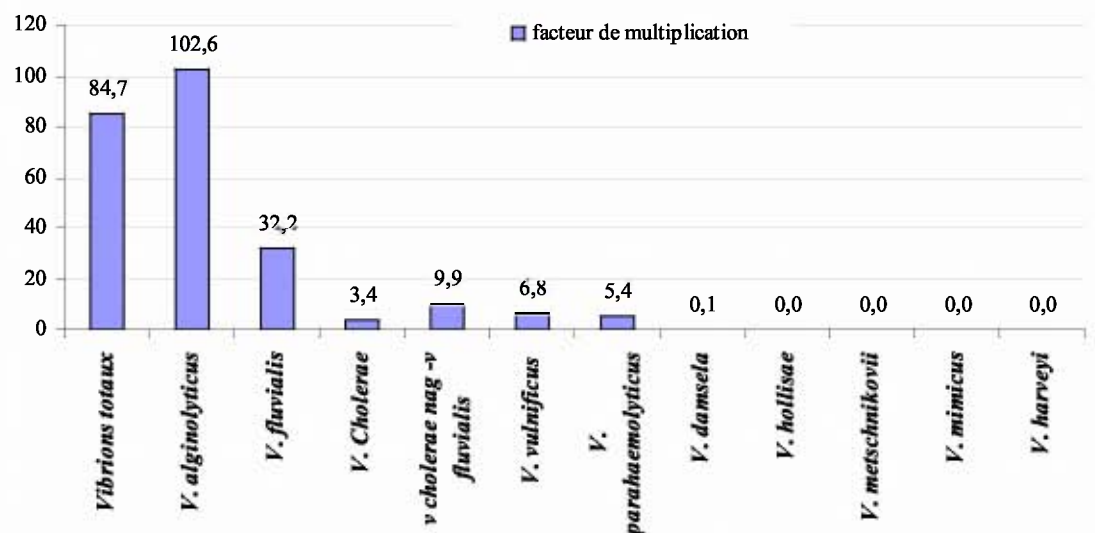
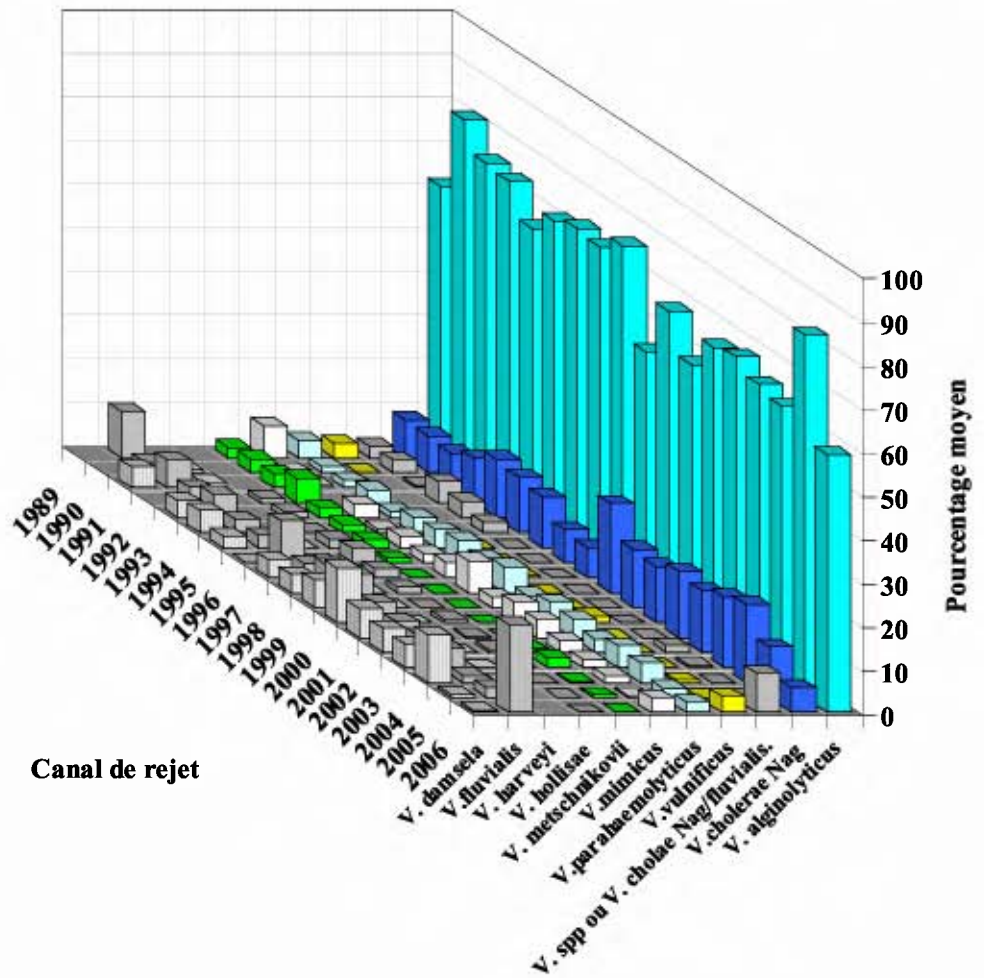


Figure. 3.6. Rapport (%) des concentrations moyennes des diverses espèces de vibrions entre les points *canal de rejet* et *canal d'amenée* (Axe des abscisses : espèces du genre *Vibrio*)



**Figure 3.7. Évolution de l'abondance relative des diverses espèces de vibrions de 1989 à 2007 au point *canal de rejet* (moyennes des pourcentages d'abondances hebdomadaires) (Pour les années : 2006 signifie période de novembre 2006 à octobre 2007)**



### 3.3. CAMPAGNES PÉLAGIQUES

Les données relatives aux campagnes de surveillance pélagique de mai et de septembre 2007 ainsi que les résultats des études bactériologiques et de la chloration sont résumés dans le tableau 3.5. et les figures 3.8., 3.9. et 3.10.

Les mesures de ces campagnes sont réalisées en un point amont du rejet sur le radeau de pompage à l'extrémité de la partie rectiligne du canal. Le point habituel des mesures hebdomadaires à l'extrémité du canal a été réalisé en supplément.

Les températures observées au canal d'amenée (figure 3.8.) sont très proches de celles relevées au point *référence* en surface lors des deux campagnes.

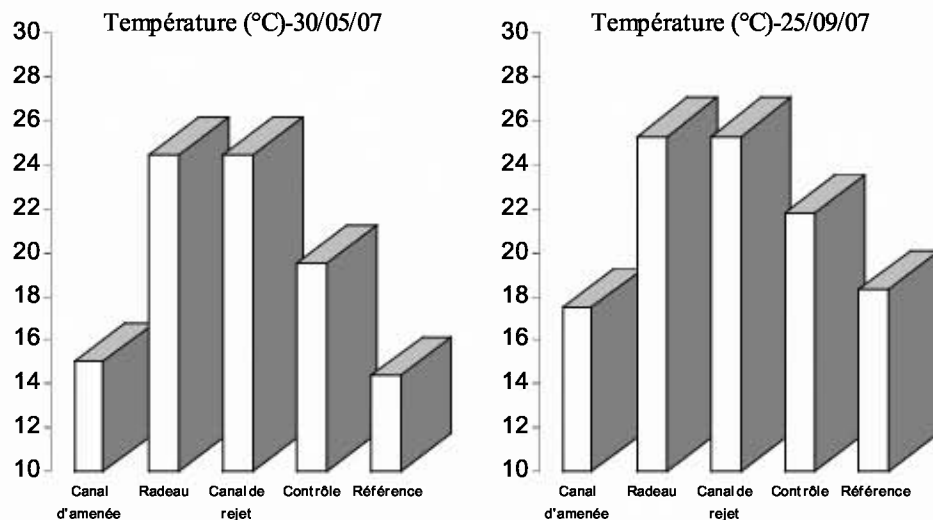


Figure 3.8. Campagnes pélagiques – Températures de surface (en °C) pour chaque point

Au niveau du radeau, la multiplication des vibrions n'est qu'amorcée en raison de la subsistance d'oxydant résiduel. Cette augmentation des concentrations en vibrions se poursuit de manière importante dans la partie terminale du canal de rejet. La dilution l'emporte au point *contrôle* et des concentrations voisines de celles du niveau naturel sont retrouvées au point *référence* (Fig. 3.9.).

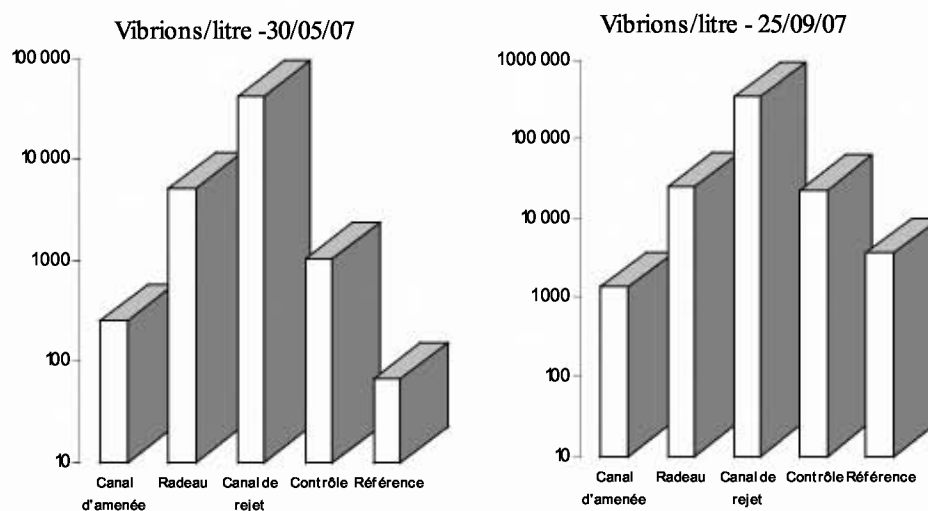


Fig. 3.9. Campagnes pélagiques – Vibrions par litre pour chaque point

Lors des deux campagnes, le bromoforme est quantifiable sur l'ensemble de la zone d'étude. Des différences peu significatives existent entre les points radeau et canal de rejet (Fig. 3.10.).

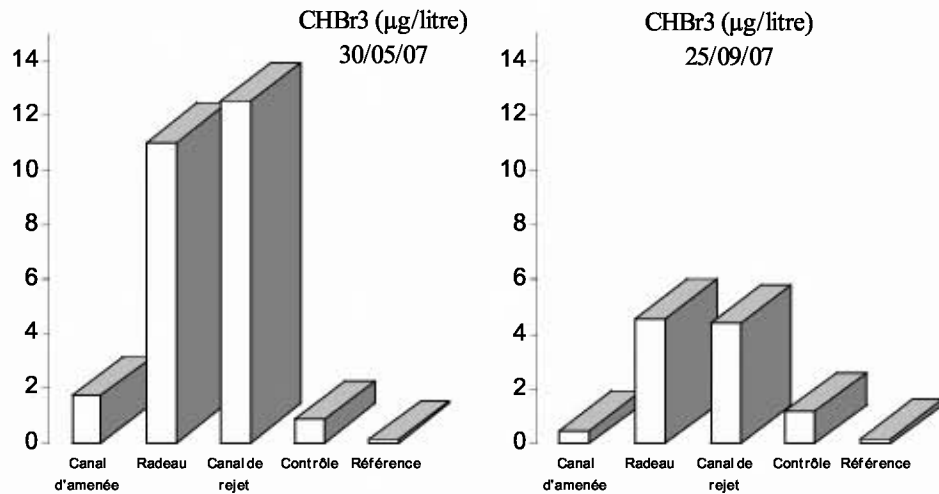


Fig. 3.10. Campagnes pélagiques – Bromoforme (µg/L) en surface pour chaque point

### 3.4. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

Les résultats obtenus cette année précisent et confirment les observations de ces dernières années d'étude de surveillance écologique du site de Gravelines.

Une modification dans la stratégie d'échantillonnage est intervenue cette année pour des raisons liées à la sécurité : les prélèvements hebdomadaires sont réalisés à marée basse et non plus à mi-marée.

La chloration de l'eau a été en service durant 9 mois sur 12 au cours de la période 2006-2007. Les composés chimiques formés sont essentiellement bromés et le plus abondant est le bromoforme avec une concentration moyenne de 18,8 µg/L (98,2 % du total des haloformes). Cette concentration moyenne est voisine de celles observées les années précédentes (environ 14 à 18,8 µg/L) contrairement aux valeurs anormalement basses mesurées en 2004-2005.

Les dosages d'haloformes (et en particulier du plus abondant d'entre eux, le bromoforme), permettent, outre leur rôle de traceur de la chloration, de mesurer l'étendue du panache de rejet et d'estimer le taux de re-circulation de l'eau de refroidissement (4,7 % en 2006-2007). Le 2,4,6-tribromo-phénol a été mis en évidence cette année encore en faibles concentrations (maximum 0,16 µg/L) de façon régulière en saison de chloration.

Le passage de l'eau dans l'ensemble constitué par la centrale électrique et les installations aquacoles entraîne une multiplication importante du nombre des vibrions (d'un facteur 85 en moyenne géométrique).

Les concentrations de vibrions dans le canal de rejet sont relativement stables depuis la mise en service des six tranches de la centrale (1986). Cependant l'amplitude du cycle annuel semble se réduire depuis quelques années. Les évolutions climatiques et le développement de l'aquaculture sur le site peuvent être des facteurs d'explication.

Une modification dans l'interprétation des profils biochimiques utilisés pour affecter des noms d'espèces aux vibrions isolés est intervenue en raison de la parution d'un nouveau catalogue analytique API 20 E. L'utilisation de ce nouveau catalogue a principalement des incidences pour l'espèce *Vibrio cholerae*. De nombreux germes auparavant classés *V. cholerae* sont maintenant considérés comme mal-discriminés entre *V. cholerae* et d'autres espèces (Ceci permet d'écarter du groupe *V. cholerae*, un certain nombre de souches de l'environnement très éloignées du véritable *V. cholerae* épidémique).

Avant 1984, la quasi totalité de la flore des vibrions isolés sur le site était représentée par *Vibrio alginolyticus*. Parallèlement au développement de l'aquaculture sur le site, une diversité croissante des espèces de vibrions a été observée.

*Vibrio alginolyticus* qui était auparavant la seule espèce de vibron mise en évidence sur le site, reste l'espèce majoritaire dans le rejet de la centrale avec 59,7 % des isollements. Au rejet, *Vibrio fluvialis* est l'espèce la plus fréquemment isolée après *V. alginolyticus* avec un pourcentage de 20,2 %. Le pourcentage d'isolement de *V. cholerae* est de 4,6 % alors que le plus grand pourcentage d'isolement de *V. cholerae* avait été relevée en 2004-2005 (24,2%). Il aurait été de 16,5 % avec l'ancien codage.

Les souches de *Vibrio cholerae* isolées sur le site ne sont pas agglutinables par les sérums anti-*Vibrio cholerae* O1 et anti-*Vibrio cholerae* O139 ce qui permet de les distinguer des souches épidémiques. En ce qui concerne *Vibrio cholerae*, il convient de rappeler que cette espèce comprend environ 140 sérotypes et que seulement deux de ces sérotypes présentent un risque sanitaire important (O1 et O139). Ces derniers n'ont jamais été mis en évidence sur le site de Gravelines.

---

### Références

- Anonyme, 1968. Courants de marée dans la Manche et sur les côtes de l'Atlantique. Ed. Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Paris, 287 p.
- Belgrano A., Vincx M., Dewarumez J. M., Richard A., Craeymeersch J. & C. Heip, 1990. Recruitment of meroplanktonic larvae in the Southern Bight of the North Sea. *Oceanis*, 16 (3): 225-243.



Tableau 3.1. Chlore résiduel et haloformes

Date	Canal d'aménée			Canal de rejet			
	CHCl2Br (µg/litre)	CHClBr2 (µg/litre)	CHBr3 (µg/litre)	Chlore tot.DPD (mg/litre)	CHCl2Br (µg/litre)	CHClBr2 (µg/litre)	CHBr3 (µg/litre)
08/11/2006	<0,02	0,98	0,2	<0,05	0,14	0,49	18,9
15/11/2006	<0,02	0,84	0,2	<0,05	0,17	0,27	10,9
23/11/2006	<0,02	0,81	0,2	<0,05	<0,02	0,33	17,5
27/11/2006	<0,02	1,85	0,5	<0,05	<0,02	0,26	15,6
07/12/2006	<0,02	<0,02	0,6	0,05	<0,02	0,24	15,2
13/12/2006	<0,02	<0,02	<0,05	0,06	<0,02	0,27	15,6
21/12/2006	<0,02	<0,02	<0,05	0,05	<0,02	<0,02	6,6
27/12/2006	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	3,9
05/01/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	2,0
10/01/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
16/01/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
22/01/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
29/01/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
06/02/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
13/02/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
19/02/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
26/02/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
07/03/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
13/03/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
21/03/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
26/03/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
03/04/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
10/04/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
17/04/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	<0,05
23/04/2007	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	<0,02	<0,02	5,7
02/05/2007	<0,02	<0,02	0,7	<0,05	0,06	0,30	23,8
09/05/2007	<0,02	<0,02	2,2	<0,05	0,04	0,19	14,0
16/05/2007	<0,02	<0,02	1,3	0,05	<0,02	0,41	33,5
21/05/2007	<0,02	<0,02	1,2	0,05	0,06	0,73	50,4
30/05/2007	<0,02	<0,02	0,8	<0,05	0,08	0,60	38,0
04/06/2007	<0,02	<0,02	1,5	<0,05	<0,02	0,05	5,8
11/06/2007	<0,02	<0,02	0,9	0,05	0,13	0,49	27,3
18/06/2007	<0,02	<0,02	1,4	<0,05	0,12	0,40	27,7
25/06/2007	<0,02	<0,02	2,1	<0,05	0,05	0,39	29,7
04/07/2007	<0,02	<0,02	1,0	<0,05	0,04	0,28	21,7
09/07/2007	<0,02	<0,02	1,2	<0,05	0,06	0,23	19,0
18/07/2007	<0,02	<0,02	2,0	0,08	0,04	0,36	29,0
24/07/2007	<0,02	<0,02	1,9	0,05	0,07	0,43	29,2
31/07/2007	<0,02	<0,02	1,4	<0,05	0,05	0,26	21,7
07/08/2007	<0,02	<0,02	1,1	0,08	0,03	0,37	21,8
13/08/2007	<0,02	<0,02	0,9	<0,05	<0,02	0,36	19,3
22/08/2007	<0,02	<0,02	0,8	<0,05	<0,02	0,20	12,7
28/08/2007	<0,02	<0,02	0,4	<0,05	<0,02	0,27	19,8
03/09/2007	<0,02	<0,02	1,2	<0,05	<0,02	0,21	13,6
10/09/2007	<0,02	<0,02	0,5	<0,05	<0,02	0,41	25,1
17/09/2007	<0,02	<0,02	0,7	<0,05	0,03	0,15	10,1
25/09/2007	<0,02	<0,02	1,2	<0,05	0,05	0,18	12,1
01/10/2007	<0,02	<0,02	0,5	<0,05	<0,02	0,16	11,3
10/10/2007	<0,02	<0,02	1,3	<0,05	<0,02	0,32	15,4
15/10/2007	<0,02	<0,02	2,2	<0,05	0,12	0,48	19,5
25/10/2007	<0,02	<0,02	0,4	<0,05	0,12	0,52	18,7
25/10/2004	<0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,11	0,28	14,2
<b>Seuils de détection :</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,05</b>

**Tableau 3.2. Dosages des bromo-phénols au point *canal de rejet* (valeurs en µg/L)**

	2,4,6- tribromo- phénol	2,6- dibromo- phénol	2,4- dibromo- phénol	4-bromo- phénol	3-bromo- phénol	2-bromo- phénol
08/11/06	0,16	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
07/12/06	0,11	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
05/01/07	<0,01	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
06/02/07	<0,01	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
07/03/07	<0,01	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
03/04/07	<0,01	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
02/05/07	0,01	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
04/06/07	0,02	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
09/07/07	0,05	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
13/08/07	0,02	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
03/09/07	0,04	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1
01/10/07	0,07	< 0,05	< 0,05	< 1	< 1	< 1

Tableau 3.3 Bactériologie -mesures hebdomadaires au point canal d'amenée (vibrions/L)

Date	Température (°C)	Vibrions totaux/litre	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> nag - <i>v. fluvialis</i>	<i>V. cholerae</i> Nag	<i>V. damsela</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. harveyi</i>	<i>V. hollisae</i>	<i>V. metschnikovii</i>	<i>V. mimicus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i> /litre	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. spp.</i>
08/11/06	12,9	68	24	22	14	0	0	0	0	0	0	8	0	0
15/11/06	14,1	36	30	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
23/11/06	12,9	280	90	0	0	0	180	0	0	0	0	0	10	0
27/11/06	12,8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/12/06	12,1	38	24	10	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
13/12/06	11,8	34	12	0	0	2	20	0	0	0	0	0	0	0
21/12/06	10,5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/12/06	9,1	4	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
05/01/07	9,8	110	30	0	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0
10/01/07	10,9	220	40	0	0	60	120	0	0	0	0	0	0	0
16/01/07	10,4	340	80	0	180	40	0	0	0	0	0	40	0	0
22/01/07	9,9	220	180	0	0	0	40	0	0	0	0	0	0	0
29/01/07	9,2	120	110	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
06/02/07	9,0	40	30	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
13/02/07	9,6	110	20	0	0	0	90	0	0	0	0	0	0	0
19/02/07	8,7	60	46	0	8	6	0	0	0	0	0	0	0	0
26/02/07	10,3	210	190	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0
07/03/07	9,6	270	10	0	0	0	260	0	0	0	0	0	0	0
13/03/07	11,8	60	20	0	10	10	0	0	0	0	0	20	0	0
21/03/07	8,6	230	20	100	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/03/07	9,7	42	30	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/04/07	10,6	62	42	0	14	0	2	0	0	0	0	2	2	0
10/04/07	12,4	1 320	100	0	600	40	580	0	0	0	0	0	0	0
17/04/07	11,8	420	80	0	40	20	280	0	0	0	0	0	0	0
23/04/07	13,5	740	120	0	620	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/05/07	14,3	60	14	0	34	0	12	0	0	0	0	0	0	0
09/05/07	14,7	580	200	200	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0
16/05/07	13,4	300	80	0	0	70	0	0	0	0	0	20	130	0
21/05/07	14,5	82	36	0	26	18	0	0	0	0	0	2	0	0
30/05/07	15,0	250	140	0	80	20	10	0	0	0	0	0	0	0
04/06/07	15,8	200	90	60	0	30	0	0	0	0	0	0	20	0
11/06/07	15,9	52	24	20	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0
18/06/07	17,6	120	90	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0
25/06/07	17,5	1 000	600	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/07/07	17,2	500	40	160	0	200	80	0	0	0	0	20	0	0
09/07/07	17,4	196	126	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0
18/07/07	18,7	35 000	35 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/07/07	19,3	1 800	1 600	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
31/07/07	18,3	760	320	20	0	420	0	0	0	0	0	0	0	0
07/08/07	20,2	3 100	2 000	0	0	0	1 000	0	0	0	0	0	100	0
13/08/07	18,9	780	200	0	300	0	200	0	0	0	0	0	80	0
22/08/07	18,7	1 500	700	400	0	200	200	0	0	0	0	0	0	0
28/08/07	18,5	800	500	200	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
03/09/07	18,8	1 500	700	0	100	0	700	0	0	0	0	0	0	0
10/09/07	17,8	320	100	0	0	20	200	0	0	0	0	0	0	0
17/09/07	17,8	1 180	660	0	0	0	520	0	0	0	0	0	0	0
25/09/07	17,5	1 360	800	0	0	0	200	0	0	0	0	300	60	0
01/10/07	15,3	500	440	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	0
10/10/07	16,0	620	240	0	240	60	20	0	0	0	0	0	60	0
15/10/07	15,8	62	48	0	8	0	0	0	0	0	0	0	6	0
25/10/07	12,7	72	54	0	6	0	3	0	0	0	0	3	6	0
29/10/07	13,2	94	43	20	17	0	0	0	0	0	0	0	14	0

Tableau 3.4. Bactériologie - mesures hebdomadaires au point canal de rejet (vibrions/L)

Date	Température (°C)	Vibrions totaux /litre	<i>V. alginolyticus</i>	<i>v cholerae nag -v fluvialis</i>	<i>V.cholerae Nag</i>	<i>V. damsela</i>	<i>V.fluvialis</i>	<i>V. harveyi</i>	<i>V. hollisae</i>	<i>V. metschnikovii</i>	<i>V.mimicus</i>	<i>V.parahaemolyticus</i>	<i>V.vulnificus</i>	<i>V. spp.</i>
08/11/06	23,1	800	380	0	0	100	300	0	0	0	0	20	0	0
15/11/06	23,0	240	20	0	0	0	220	0	0	0	0	0	0	0
23/11/06	20,7	4 200	3 800	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0
27/11/06	23,2	220	220	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/12/06	22,7	2 300	1 200	1 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/12/06	20,1	1 400	200	200	0	0	1 000	0	0	0	0	0	0	0
21/12/06	21,6	520	180	0	0	0	340	0	0	0	0	0	0	0
27/12/06	20,0	2 900	1 500	1 400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/01/07	18,2	13 200	2 200	0	0	0	11 000	0	0	0	0	0	0	0
10/01/07	20,7	6 000	5 000	0	0	0	1 000	0	0	0	0	0	0	0
16/01/07	19,7	6 000	2 700	0	0	0	3 300	0	0	0	0	0	0	0
22/01/07	19,0	9 000	4 000	1 000	0	0	4 000	0	0	0	0	0	0	0
29/01/07	19,7	2 600	1 600	0	0	0	1 000	0	0	0	0	0	0	0
06/02/07	19,1	1 300	1 200	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
13/02/07	18,3	1 800	800	0	0	0	1 000	0	0	0	0	0	0	0
19/02/07	19,7	10 000	10 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/02/07	17,7	2 300	2 200	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
07/03/07	19,6	8 000	6 000	0	0	0	2 000	0	0	0	0	0	0	0
13/03/07	20,2	4 900	200	0	500	0	3 400	0	0	0	0	800	0	0
21/03/07	20,2	6 200	4 100	600	0	0	1 500	0	0	0	0	0	0	0
26/03/07	17,0	5 300	2 900	0	300	0	800	0	0	0	0	100	1 200	0
03/04/07	20,5	5 900	4 000	0	1 500	0	0	0	0	0	0	0	400	0
10/04/07	22,0	10 000	6 000	0	3 000	0	1 000	0	0	0	0	0	0	0
17/04/07	20,9	14 000	8 000	0	1 000	0	1 000	0	0	0	0	4 000	0	0
23/04/07	21,6	53 000	20 000	0	0	3 000	30 000	0	0	0	0	0	0	0
02/05/07	22,9	8 700	8 200	0	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/05/07	22,9	65 000	7 000	52 000	0	0	6 000	0	0	0	0	0	0	0
16/05/07	20,7	61 000	56 000	0	0	0	2 000	0	0	0	0	3 000	0	0
21/05/07	23,0	10 600	8 700	1 900	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/05/07	24,4	42 000	25 000	0	10 000	0	0	0	0	0	0	0	7 000	0
04/06/07	24,9	170 000	130 000	0	30 000	0	10 000	0	0	0	0	0	0	0
11/06/07	25,2	104 000	71 000	0	18 000	0	0	0	0	0	0	6 000	9 000	0
18/06/07	24,9	44 000	25 000	0	0	0	3 000	0	0	0	0	7 000	9 000	0
25/06/07	24,7	160 000	100 000	10 000	0	0	50 000	0	0	0	0	0	0	0
04/07/07	25,2	50 000	30 000	10 000	0	0	10 000	0	0	0	0	0	0	0
09/07/07	26,3	28 000	10 000	16 000	0	0	2 000	0	0	0	0	0	0	0
18/07/07	28,6	180 000	110 000	0	0	0	70 000	0	0	0	0	0	0	0
24/07/07	29,0	60 000	56 000	0	0	0	0	0	0	0	0	4 000	0	0
31/07/07	27,8	70 000	70 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/08/07	27,2	56 000	26 000	6 000	16 000	0	6 000	0	0	0	0	0	2 000	0
13/08/07	27,3	220 000	90 000	60 000	0	0	40 000	0	0	0	0	0	30 000	0
22/08/07	28,1	120 000	110 000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10 000	0
28/08/07	27,7	240 000	110 000	10 000	30 000	0	20 000	0	0	0	0	0	70 000	0
03/09/07	26,2	280 000	170 000	40 000	0	0	50 000	0	0	0	20 000	0	0	0
10/09/07	25,7	150 000	100 000	0	0	0	30 000	0	0	0	0	0	20 000	0
17/09/07	22,6	540 000	110 000	250 000	0	0	180 000	0	0	0	0	0	0	0
25/09/07	25,3	340 300	320 000	0	20 000	0	300	0	0	0	0	0	0	0
01/10/07	25,3	180 000	40 000	10 000	60 000	0	10 000	0	0	0	0	0	60 000	0
10/10/07	26,4	450 000	360 000	0	50 000	0	0	0	0	0	0	0	40 000	0
15/10/07	23,2	83 000	38 000	29 000	0	0	0	0	0	0	0	10 000	6 000	0
25/10/07	22,8	16 700	8 000	0	1 000	0	6 000	0	0	0	0	1 400	300	0
29/10/07	24,6	2 120	1 800	180	0	0	140	0	0	0	0	0	0	0



Tableau 3.5. Campagnes pélagiques. Bactériologie (Vibrions par Litre) et chloration

Date	Point	Température (°C)	Vibrions 37°C/litre								Haloformes			
			Vibrions totaux	<i>V. alginolyticus</i>	<i>V. cholerae</i> Nag	<i>V. damsela</i>	<i>V. fluvialis</i>	<i>V. vulnificus</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>V. mimicus</i>	<i>V. metschnikovii</i>	CHCl <sub>2</sub> Br (µg/litre)	CHClBr <sub>2</sub> (µg/litre)	CHBr <sub>3</sub> (µg/litre)
30/5/07	Canal d'amenée	15,0	250	140	80	20	10					< 0,05	< 0,05	1,8
	Radeau	24,4	5 200	5 200								1,15	1,16	11,0
	Canal de rejet	24,4	42 000	25 000	10 000			7 000				0,44	1,91	12,5
	Contrôle	19,5	1 060	600	360				100			0,05	0,58	0,9
	Référence	14,4	68	36	18	14						< 0,05	< 0,05	0,1
25/09/07	Canal d'amenée	17,5	1 360	800			200	60	300			< 0,05	< 0,05	0,5
	Radeau	25,3	25 000	10 000			12 000		3 000			3,67	0,52	4,6
	Canal de rejet	25,3	340 300	320 000	20 000		300					0,39	0,08	4,4
	Contrôle	21,8	23 000	2 000	9 000		7 000	3 000	2 000			< 0,05	< 0,05	1,2
	Référence	18,3	3 700	200			3 100	400				< 0,05	< 0,05	0,2

## 4. PHYTOPLANCTON ET BIOMASSE CHLOROPHYLLIENNE

Auteur : Lefebvre A.

Collaborateurs : Hébert P., Blondel C., Duquesne V.



#### 4.1. INTRODUCTION

Le phytoplancton est le premier maillon de la chaîne alimentaire. Il est important de suivre son évolution dans les eaux marines. Les observations régulières en un même lieu montrent des variations d'abondance de grande amplitude au cours de l'année. Chaque espèce a un cycle annuel qui lui est propre. On observe chaque année des blooms sans qu'il soit possible de prévoir la date et la durée du phénomène. Certaines espèces contiennent des toxines dangereuses pour l'homme, les coquillages ou les poissons. Dans les zones de climat tempéré, la croissance du phytoplancton peut être limitée par deux types de facteurs : les facteurs physiques (température, éclairage, turbulence, turbidité des masses d'eau...) et les facteurs nutritionnels. Au cours des périodes post-automnales, la température et surtout l'ensoleillement diminuent, limitant la croissance du phytoplancton. Ceci permet la reconstitution des stocks de sels nutritifs par la minéralisation de la matière organique qui est favorisée par les apports fluviaux. A la fin de l'hiver, l'abondance des sels nutritifs, l'allongement des jours, de l'ensoleillement et le réchauffement progressif de l'eau sont favorables au développement du phytoplancton. Dans le secteur côtier non soumis à des apports terrigènes significatifs, les sels nutritifs sont consommés par le phytoplancton, ce qui diminue leur concentration. Pendant la période estivale, on observe les dinoflagellés, dont la croissance et les besoins nutritionnels sont moindres. Une efflorescence accessoire de diatomées peut intervenir en automne.

Le phytoplancton et la biomasse chlorophyllienne sont habituellement suivis lors des campagnes de prélèvements hydrologiques du printemps et de l'automne. Ils permettent de comparer les valeurs des prélèvements aux points *canal d'amenée*, *canal de rejet*, *contrôle* situé dans la tache thermique. Ces 3 points sont comparés à un point *référence* éloigné de la centrale et caractéristique du milieu marin hors influence de la centrale.

Des prélèvements d'eau hebdomadaires au point *canal d'amenée* permettent de caractériser les variations saisonnières de la biomasse chlorophyllienne et du phytoplancton. Ils permettent de situer les deux campagnes de prélèvements hydrologiques par rapport au cycle saisonnier de l'écosystème.

#### 4.2. CHLOROPHYLLE *a* et PHÉOPIGMENTS dans le canal d'amenée

La chlorophylle *a* est un indicateur de la biomasse phytoplanctonique et les phéopigments constituent un indicateur qualitatif de l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques, de la composition du phytoplancton et des interactions entre le phytoplancton et le zooplancton (phénomène de broutage).

Au cours de la période 1978-2007, la concentration en chlorophylle *a* au canal d'amenée est comprise entre 0,05 et 45,57 mg/m<sup>3</sup> toutes saisons confondues (médiane : 4,30 mg/m<sup>3</sup>; moyenne : 6,21 mg/m<sup>3</sup>).

La période de surveillance 2006-2007 se caractérise par une concentration comprise entre 0,77 et 25,43 mg/m<sup>3</sup> (maximum de 15,49 mg/m<sup>3</sup> lors de la période précédente) (Figure 4.1 & Annexe 1). La concentration en chlorophylle est faible, inférieure à 4,00 mg/m<sup>3</sup> entre novembre 2006 et la première quinzaine de mars 2007. Une première efflorescence de grande ampleur se produit à la fin du mois de mars (valeur maximale : 25,43 mg/m<sup>3</sup> le



21/03). La concentration en chlorophylle a reste importante au mois d'avril puis diminue progressivement jusqu'au début du mois de juin ( $3,08 \text{ mg/m}^3$  le 11/06). Une seconde efflorescence de moindre ampleur est observée au début du mois de juillet ( $16,74$  et  $18,11 \text{ mg/m}^3$ , respectivement, le 4 et le 9 juillet) (Figure 4.1 & Annexe 1). La période automnale de l'année 2007 est caractérisée par deux augmentations significatives de la concentration en chlorophylle *a* ( $14,90 \text{ mg/m}^3$  le 10/09 et  $10,25 \text{ mg/m}^3$  le 10/10). Ces blooms automnaux sont caractéristiques des systèmes tempérés mais ne sont pas systématiques (Voir le paragraphe 4.3.2. pour l'identification des taxons phytoplanctoniques responsables de ces augmentations de biomasse).

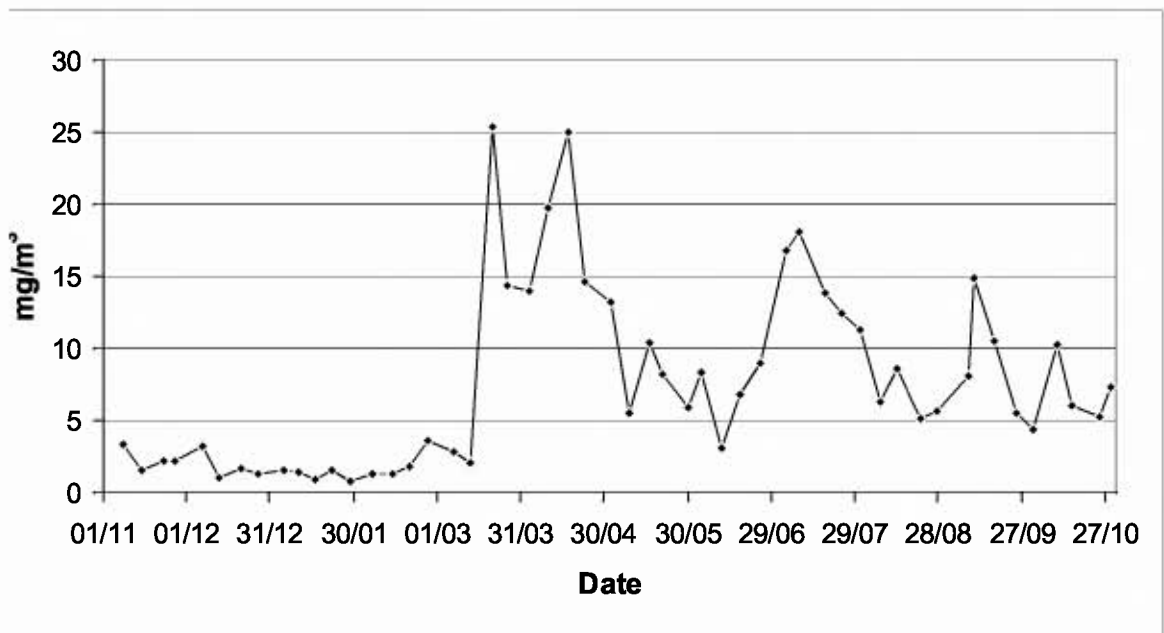


Figure 4.1. Évolution des concentrations de surface en chlorophylle *a* ( $\text{mg/m}^3$ ) au point canal d'amenée au cours de la période 2006-2007

Le pourcentage de chlorophylle active (rapport de la concentration en chlorophylle *a* sur la concentration en chlorophylle *a* et phéopigments) est un indicateur de l'état physiologique des cellules phytoplanctoniques, de la composition du phytoplancton et des interactions entre le phytoplancton et le zooplancton herbivore.

Au canal d'amenée, ce pourcentage évolue entre 62,9 et 100 au cours de la période de surveillance 2006-2007 (Figure 4.2. & Annexe 1). Le minimum absolu est observé en décembre 2006. Il reflète le minimum d'activité chlorophyllienne classiquement observé en cette période hivernale. L'activité augmente progressivement dès janvier pour atteindre son maximum le 10 avril. Elle reste supérieure à 80 % jusqu'à la mi-août. La fin du mois d'août se caractérise par une chute de l'activité chlorophyllienne (environ 70 %). Les valeurs sont supérieures à 75 % jusqu'à la fin de la période de surveillance (Figure 4.2. & Annexe 1).

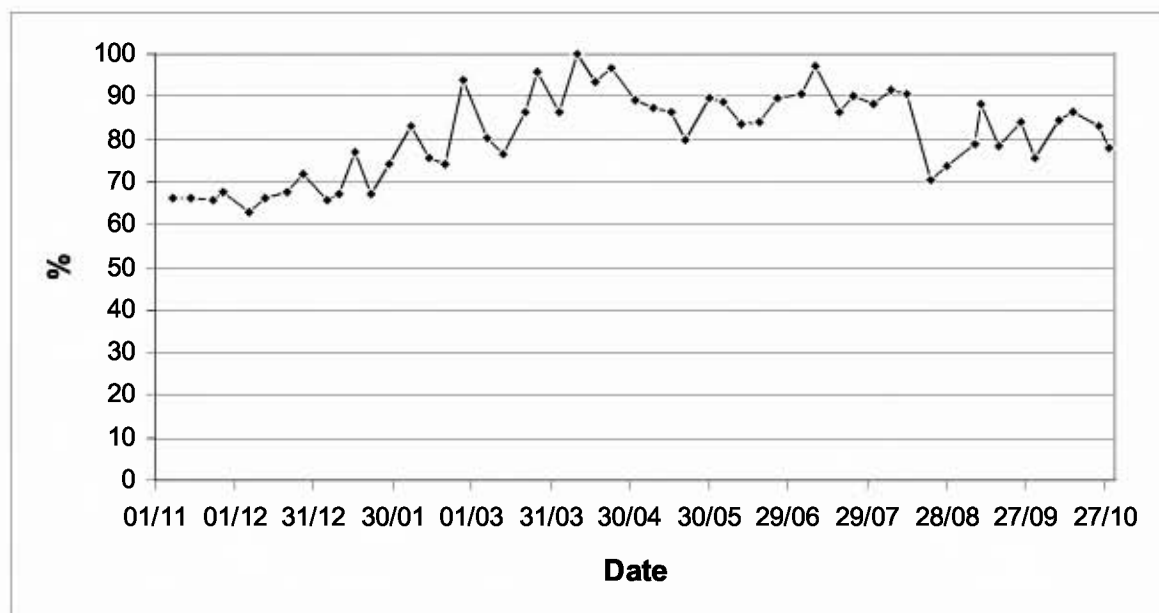


Figure 4.2. Évolution du pourcentage de chlorophylle active au point canal d'amenée au cours de la période 2006-2007

#### 4.3. PHYTOPLANCTON

##### 4.3.1. Abondance, composition du phytoplancton au canal d'amenée

Lors du cycle de surveillance mis en œuvre entre novembre 2006 et octobre 2007, l'abondance phytoplanctonique globale évolue entre 2500 et  $1,35 \cdot 10^7$  cellules par litre au canal d'amenée (Figure 4.3). Les valeurs les plus importantes sont relevées au cours des mois d'avril et mai, à la fin du mois de juin et au début du mois de juillet puis en septembre (plusieurs millions de cellules par litre).

La proportion des taxons évolue au cours du cycle biologique. Les principales classes phytoplanctoniques échantillonnées sont celles des chlorophycées, des chrysophycées, des cryptophycées, des diatomées, des dictyochophycées, des dinoflagellées, des prasinophycées, des prymnésiofycées et des raphidophycées. Les abondances des classes les plus représentatives estimées sur la période de surveillance novembre 2006-octobre 2007 sont résumées dans le tableau 4.1.

Tableau 4.1. Paramètres statistiques de base (abondance en nombre de cellules par litre) des principales classes phytoplanctoniques observées au point canal d'amenée

	Diatomées	Dinoflagellés	Prymnésiophycées
<b>Minimum</b>	2400	0	0
<b>Moyenne</b>	264650	4991	868956
<b>Médiane</b>	67558	1527	0
<b>Maximum</b>	1638054	56128	13318656

Les diatomées, en période de non-prolifération de *Phaeocystis*, dominent le compartiment phytoplanctonique.

Le genre *Phaeocystis* a été observé en forte concentration ( $> 10^6$  cellules par litre) dans les échantillons d'avril, de mai et de septembre 2007. L'abondance maximale est observée le

23 avril (13318656 cellules par litre). La présence de quelques cellules a été notée en octobre 2007.

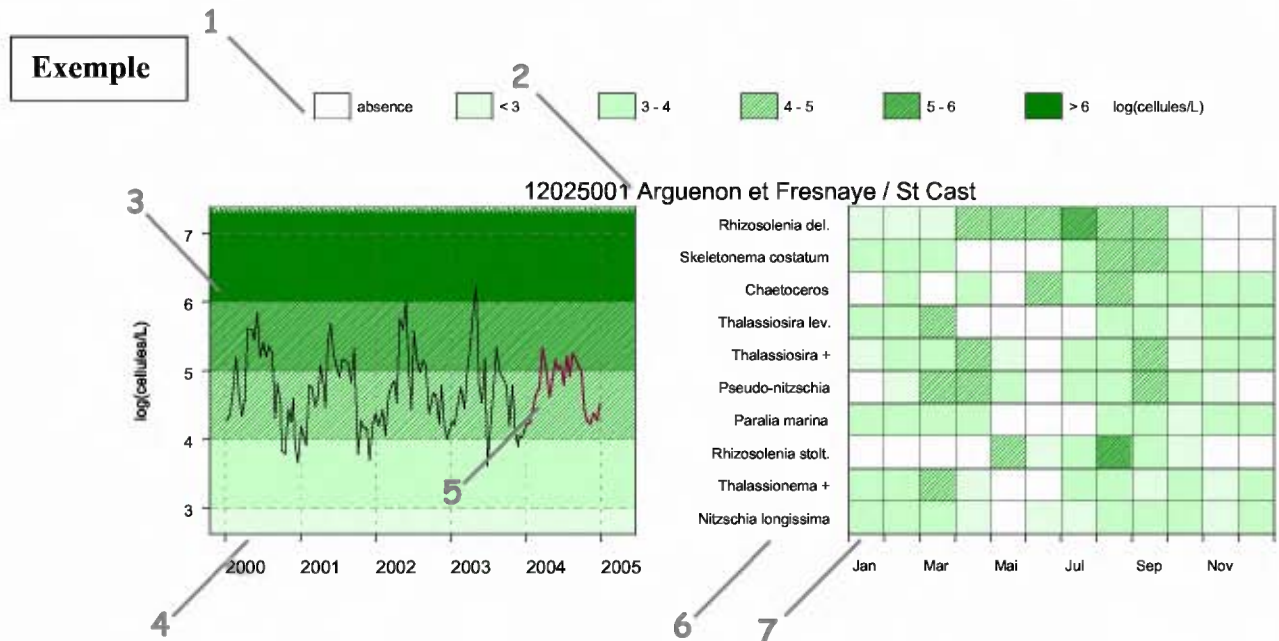
#### 4.3.2. Indice de SANDERS

L'indice biologique d'une espèce est l'addition des rangs occupés par cette espèce pour toutes les dates (dates auxquelles l'espèce a été dénombrée). Le rang de l'espèce pour une date donnée est fonction de sa dominance par rapport à celles des autres espèces présentes. L'indice biologique est calculé selon la méthode de Sanders (1960). Pour chaque date, les espèces sont classées en fonction de leur abondance. La plus abondante, donc la plus dominante à cette date, est notée 10. La seconde 9, la troisième 8 jusqu'à la dixième 1, les suivantes étant notées 0. Ainsi pour chaque date, 10 espèces sont classées. Pour chaque espèce, les notes obtenues à toutes les dates sont additionnées et leur somme correspond à l'indice de Sanders rencontré dans les tableaux de résultats. Guille (1970) propose la classification biocénétique suivante des espèces, en fonction de la valeur de l'indice de SANDERS, pour un site donné :

- Les espèces classées dans les dix premières sont appelées espèces *préférantes* du site.
- Les espèces classées dans les dix suivantes sont les espèces *accompagnatrices* du site.
- Les espèces dont l'indice de SANDERS est égal à 0 sont dites *accessoire*s du site.

Les 10 taxons dominants, ou préférants, pour le point *canal d'amenée* et par trimestre pour l'année considérée sont représentés dans un tableau qui indique une classe d'abondance. Ces taxons sont ordonnés de haut en bas en fonction de leur indice de Sanders. Le taxon en première ligne est jugé le plus caractéristique du point pour l'année considéré. Lorsque différentes classes phytoplanctoniques sont mentionnées dans le tableau, les diatomées sont libellées en bleu foncé, les dinoflagellés en magenta, les cryptophycées en bleu vif, les prymnésiofycées en vert et les autres espèces en noir. Au cours de ce cycle d'étude, seules des diatomées ont été mises en évidence dans les dix premiers rangs.

Un graphique de flores totales sur 5 ans est systématiquement associé à un tableau présentant les 10 taxons dominants de la dernière année, afin de décrire la diversité floristique du point.



- 1 Légende. Les chiffres correspondent à la puissance de 10 du dénombrement ; par exemple, « 3-4 » indiquent des valeurs comprises entre  $10^3$  et  $10^4$ , soit entre 1 000 et 10 000 cellules par litre.
- 2 Point (identifiant) Site (libellé) / Point (libellé).
- 3 Somme des taxons dénombrés dans les flores totales (sauf ciliés).  
L'étendue de l'échelle verticale est commune à tous les graphiques.  
L'unité est exprimée en « log(cellules/L) ». Par exemple, « 6 » indique  $10^6$ , soit un million de cellules par litre
- 4 La période d'observation s'étend du 01/10/2000 au 31/10/2005.
- 5 Les observations de l'année 2005 sont mises en relief au moyen d'une couleur rouge.
- 6 Les 10 taxons dominants, de l'année 2005 pour ce point, sont représentés dans un tableau qui indique la classe d'abondance par mois.  
Le libellé des taxons est placé en en-tête de ligne (ce sont des libellés abrégés, les libellés exacts, ainsi que leur classe, sont indiqués dans le tableau des taxons dominants).  
Ces taxons sont ordonnés de haut en bas en fonction de leur indice de Sanders (le taxon en première ligne est jugé le plus caractéristique du point pour l'année 2005).
- 7 Les mois de l'année 2005 sont placés en en-tête de colonne.



## Résultats

Le calcul de l'indice de Sanders confirme la dominance des diatomées au niveau du compartiment phytoplanctonique échantillonné au point *canal d'amenée* (Tabl. 4.2). Le genre *Phaeocystis* n'apparaît pas dans la liste des espèces préférantes à l'échelle de l'année pour ce cycle de surveillance. Par contre, le calcul de cet indice par trimestre fait apparaître *Phaeocystis* comme deuxième taxon préférants au second trimestre 2007 en parfait accord avec les fortes concentrations cellulaires observées en cette période (jusqu'à plus de 13 millions de cellules par litre).

La partie droite de la figure 4.3. permet de visualiser les variations saisonnières des taxons préférants du site. Alors que certains sont présents tout au long de la période de surveillance en quantité plus ou moins importante (*Paralia marina*, *Nitzschia longissima*, *Rhizosolenia imbricata*, *Pseudonitzschia*), d'autres n'apparaissent qu'à certaines périodes (*Skeletonema costatum* ou *Leptocylindrus minimus*).

Certaines espèces vont contribuer de manière très significative à la biomasse estimée grâce à la mesure de la concentration en chlorophylle *a* (paragraphe 4.2.). Ce type de relation entre abondance et biomasse chlorophyllienne ne tient pas compte de la taille des cellules qui peut être un facteur déterminant : un grand nombre de petites cellules peut correspondre à une biomasse chlorophyllienne aussi importante qu'un nombre moins important de grosses cellules. Les gammes de taille pour une espèce donnée disponibles dans la littérature sont relativement importantes et ne permettent pas, en l'état actuel des informations disponibles d'approfondir ce type d'approche. A titre d'information, le ou les taxons dont l'abondance cellulaire est maximale ou très forte par rapport aux autres lors du maximum de concentration en chlorophylle *a* sont présentés ci-dessous :

- maximum de chlorophylle *a* du 21/03/2007 :

*Lauderia* + *Schroederella* (210480 cellules par litre)

- maximum de chlorophylle *a* du 17/04/2007 :

*Phaeocystis globosa* (7811904 cellules par litre)

- maximum de chlorophylle *a* du 09/07/2007 :

*Rhizosolenia imbricata* + *styliformis* (526198 cellules par litre), *Chaetoceros curvisetus* + *debilis* + *C. pseudocurvicetus*, *Chaetoceros sp.*

- maximum de chlorophylle *a* du 10/09/2007 :

*Leptocylindrus minimus* (1139810 cellules par litre), *Chaetoceros sp.*

- maximum de chlorophylle *a* du 10/10/2007:

*Pseudonitzschia sp.*(9100 cellules par litre), *Leptocylindrus minimus*, *Guinardia delicatula*



### Résultats REPHY

#### Abondance totale sur 5 ans et abondance des 10 taxons dominants en 2006

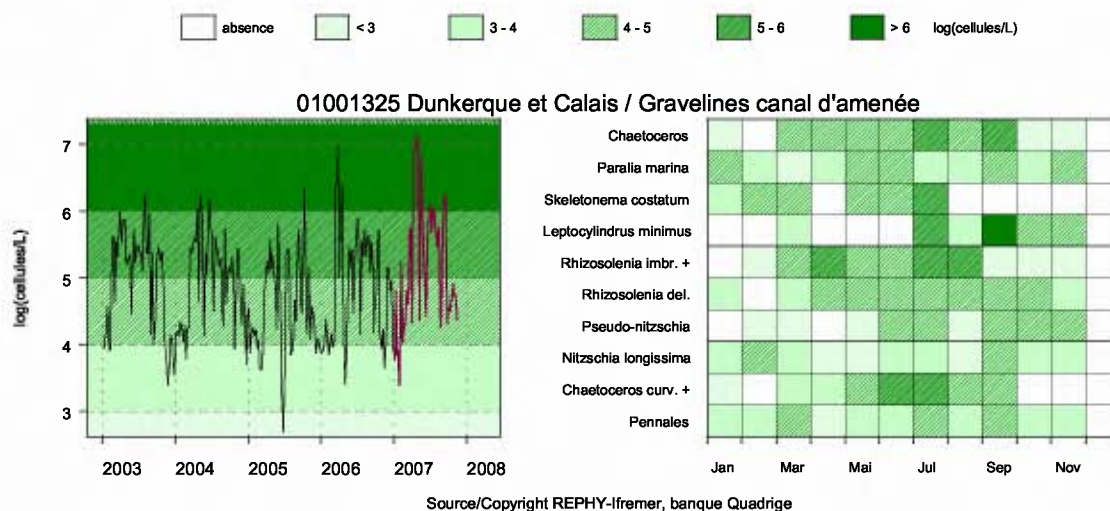


Figure 4.3. Évolution de l'abondance phytoplanctonique totale entre 2003 et 2007 et classement des 10 taxons dominants (Indice de Sanders) par points et par mois au canal d'amenée (point 325)

Tableau 4.2. Liste des taxons dominants au cours de l'année 2007 aux points canal d'amenée, canal de rejet, contrôle et référence.

#### REPHY - Taxons dominants - signification des libellés

Intitulé graphe	Intitulé Quadrige	Classe
Chaetoceros	<i>Chaetoceros</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros curv. +	<i>Chaetoceros curvisetus</i> + <i>debilis</i> + <i>pseudocurvisetus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Chaetoceros didymus +	<i>Chaetoceros didymus</i> + <i>protuberans</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Eucampia +	<i>Eucampia</i> + <i>Climacodium</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Guinardia striata	<i>Guinardia striata</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus dan. +	<i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Leptocylindrus minimus	<i>Leptocylindrus minimus</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Nitzschia longissima	<i>Nitzschia longissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Paralia marina	<i>Paralia marina</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pennales	Pennales	<i>Diatomophyceae</i>
Plagiogrammopsis	<i>Plagiogrammopsis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia	<i>Pseudo-nitzschia</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Pseudo-nitzschia del.	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia del.	<i>Guinardia delicatula</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Rhizosolenia imbr. +	<i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>	<i>Diatomophyceae</i>

Intitulé graphe	Intitulé Quadrige	Classe
Skeletonema costatum	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Stephanopyxis	<i>Stephanopyxis</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassionema nitzsch.	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Diatomophyceae</i>
Thalassiosira rotula	<i>Thalassiosira rotula</i>	<i>Diatomophyceae</i>

#### 4.3.3. Indice de SHANNON

La diversité des éléments d'une communauté est une « qualité » qui s'impose d'emblée à l'analyse. En fait, la notion recouvre deux aspects :

- (1) le nombre de catégories d'éléments : nombre de taxons distincts ; on dénombre couramment les espèces (on parlera alors de *diversité spécifique*), dans d'autres cas les genres (*diversité générique*), etc.
- (2) la régularité : façon plus ou moins égale ou inégale selon laquelle les individus, pour un nombre de catégories (par exemple espèces) donné, se répartissent entre celles-ci.

La seconde notion est plus élaborée que le simple « nombre d'espèces ». Elle correspond cependant à l'intuition courante : si, parmi les espèces dénombrées, l'une d'entre elles (ou un très petit nombre) représente la plus grande partie des individus recensés, les autres étant beaucoup plus rares, on tend à dire que la communauté est « peu diversifiée ». Si au contraire on rencontre un grand nombre d'espèces moyennement abondantes, on tend à qualifier la communauté de « très diversifiée ».

L'indice de diversité, retenu ici pour caractériser la diversité spécifique, est l'indice de Shannon, noté H.

$$H = -\sum P_i \log_2(P_i)$$

avec  $P_i$ , la fréquence de l'espèce  $i$  dans l'échantillon, soit  $P_i = (N_i / N)$

$N_i$  est l'effectif de l'espèce  $i$  dans l'échantillon et  $N$  l'effectif total ( $\sum N_i = N$ ).

L'indice de diversité donne une information synthétique sur la richesse spécifique et l'équilibre du peuplement considéré. Toutefois, il dépend à la fois du nombre d'espèces et de leurs abondances relatives, donc une faible valeur peut traduire deux situations différentes :

- quand le nombre d'espèces est faible,
- quand le nombre d'espèces est élevé, mais quelques espèces dominant.

Il est généralement admis que la diversité est faible lorsque l'indice de Shannon est proche de 0,5. On dit qu'elle est forte lorsque l'indice est voisin de 6.

### Résultats

L'indice de Shannon est compris entre 0,16 et 3,81 au canal d'amenée au cours de la période de surveillance (Figure 4.4 & Annexe 1).

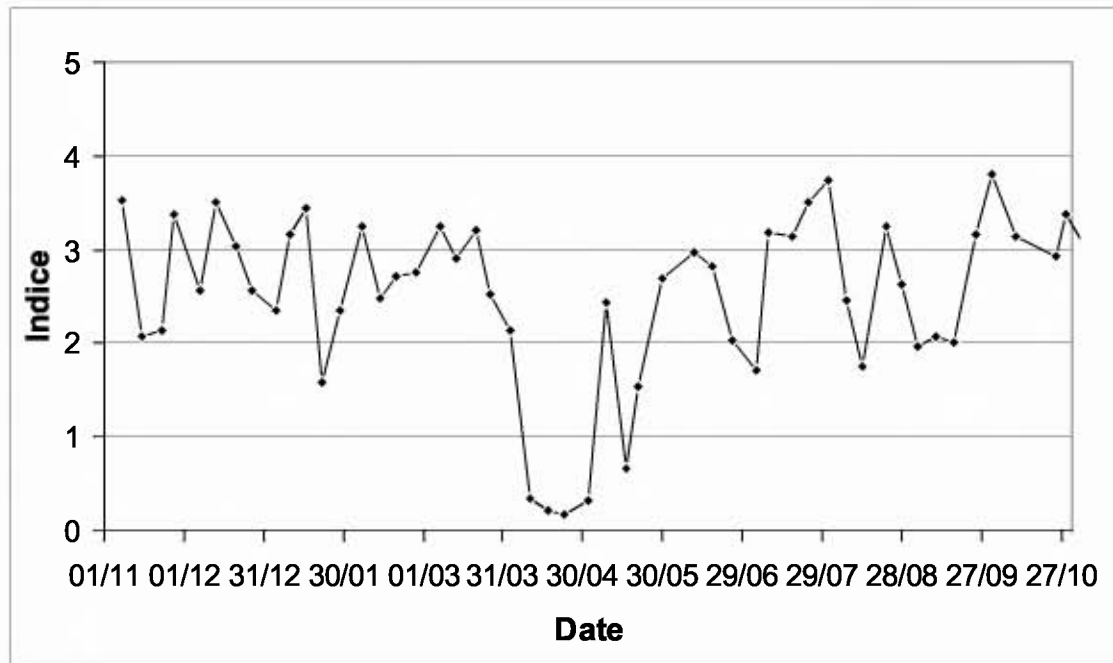


Figure 4.4. Évolution de l'indice de Shannon au point canal d'amenée au cours de la période 2006-2007

Les plus forts indices sont le reflet d'une communauté phytoplanctonique plus ou moins diversifiée mais avec des taxons équi-dominants.

Dans cette étude, les minima sont le reflet de la dominance d'un ou plusieurs taxons de la communauté échantillonnée (Figure 4.4 & Annexe 1) :

La chute de l'indice le 22 janvier est lié à la dominance de *Paralia marina* (5800 cellules par litres) sur les autres taxons (< 600 cell./L).

La période comprise entre le 10 avril et le 2 mai est caractérisée par le bloom de *Phaeocystis globosa* (10/4 : 6371184 cell./L – 17/4 : 7811904 cell./L – 23/4 : 13318656 cell./L – 02/5 : 9892944 cell./L). C'est également *Phaeocystis* qui est responsable du faible indice calculé le 16/5.

Un bloom de *Chaetoceros socialis* est à l'origine de la chute de l'indice le 25/6 (757588 cell./L) et le 04/7 (901564 cell./L). Il en est de même le 07/8 et le 13/8 à cause d'un bloom de *Rhizosolenia imbricata* + *styliformis* (respectivement, 101732 et 397648 cell./L).

Le faible indice calculé début septembre est lié à la présence dominante de *Leptocylindrus minimus* (03/9 : 342030 cell./L et 10/9 : 1139810 cell./L).

#### 4.4. CAMPAGNES PÉLAGIQUES

Les campagnes pélagiques se caractérisent par un échantillonnage au niveau des 4 points de surveillance et ont eu lieu le 30 mai et le 25 septembre 2007.

Pour les points *canal d'amenée* et *canal de rejet*, les prélèvements ne concernent que la sub-surface alors qu'ils sont réalisés au fond et en surface pour le point *contrôle* et au fond, à mi-profondeur et en surface pour le point *référence*.

##### 4.4.1. Chlorophylle *a* & phéopigments

Lors de la campagne du 30 mai, la différence de concentration en chlorophylle *a* entre le canal de rejet et le canal d'amenée est de 2,2 mg/m<sup>3</sup> (Figure 4.5 & annexe 2). La différence de concentration entre la surface et le fond est, comme lors des périodes de surveillance précédentes, plus marquée au point *contrôle* ( $\Delta = - 2,4$  mg/m<sup>3</sup>) qu'au point *référence* ( $\Delta = - 0,1$  mg/m<sup>3</sup>).

En septembre, la différence de concentration en chlorophylle *a* entre le canal de rejet et le canal d'amenée est du même ordre de grandeur qu'en mai (1,9 mg/m<sup>3</sup>). Le gradient entre la surface et le fond est plus important au point *contrôle* ( $\Delta = - 0,9$  mg/m<sup>3</sup>) qu'au point *référence* ( $\Delta = - 0,3$  mg/m<sup>3</sup>).

Le schéma d'évolution de la concentration en chlorophylle *a* entre les 4 points est semblable lors des deux campagnes. Les différences peuvent être exacerbées entre certains points indépendamment de la saison de prélèvements (les différences étaient plus importantes lors de la campagne estivale 2006 par rapport à la campagne automnale). Ces différences sont liées non à des différences du nombre de taxons présents aux diverses profondeurs mais à des différences de composition au sein des communautés phytoplanctoniques échantillonnées.

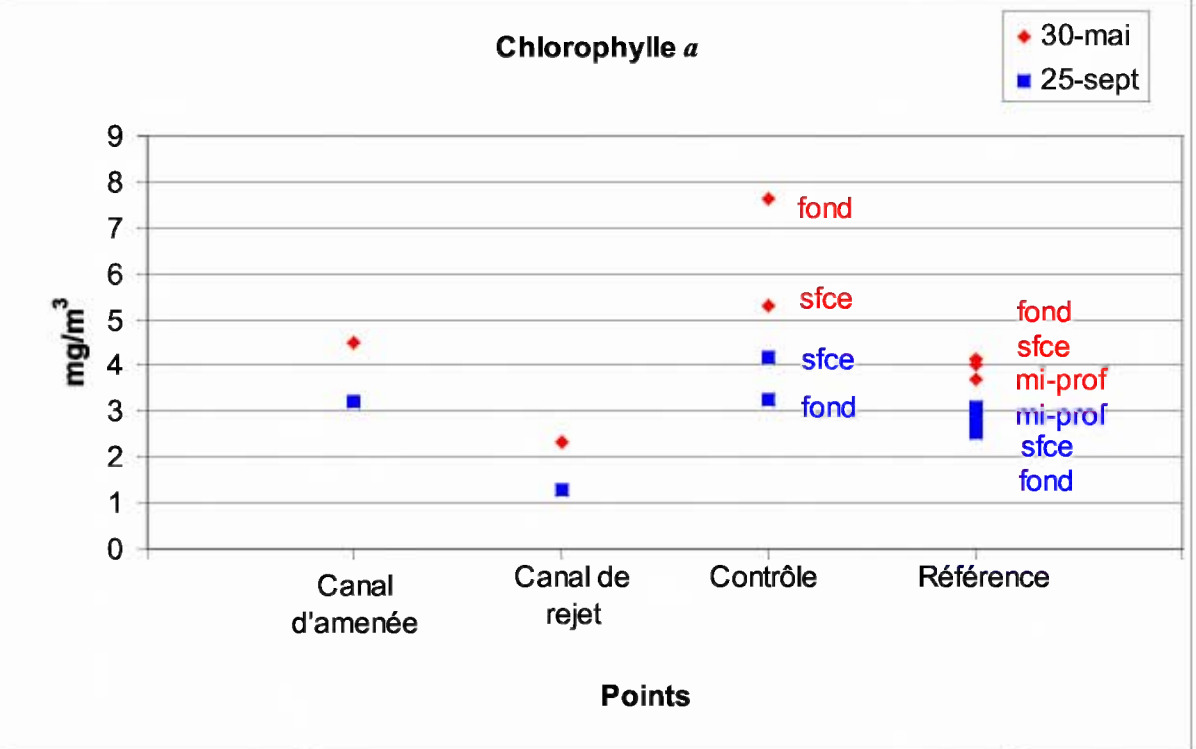


Figure 4.5. Évolution spatiale de la concentration en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) au cours de la période 2006-2007

Le schéma de distribution de la proportion de chlorophylle active entre les points est également le même lors des deux campagnes. On observe une différence du pourcentage de chlorophylle active entre le canal d'amenée et le canal de rejet de 19,7 et 27,0 % en mai et septembre 2007 (ces différences étaient de 6,0 et 7,3 %, respectivement, en juin et en septembre 2006) (Figure 4.6 & annexe 3). Les différences sont importantes entre le canal d'amenée et le point *contrôle* (23,3 %) ainsi qu'entre le point *contrôle* et le point *référence* (26,2 %) en mai. Les différences entre la surface et le fond aux points *contrôle* et *référence* sont marquées (> 10 %) sauf en septembre au point *contrôle*.

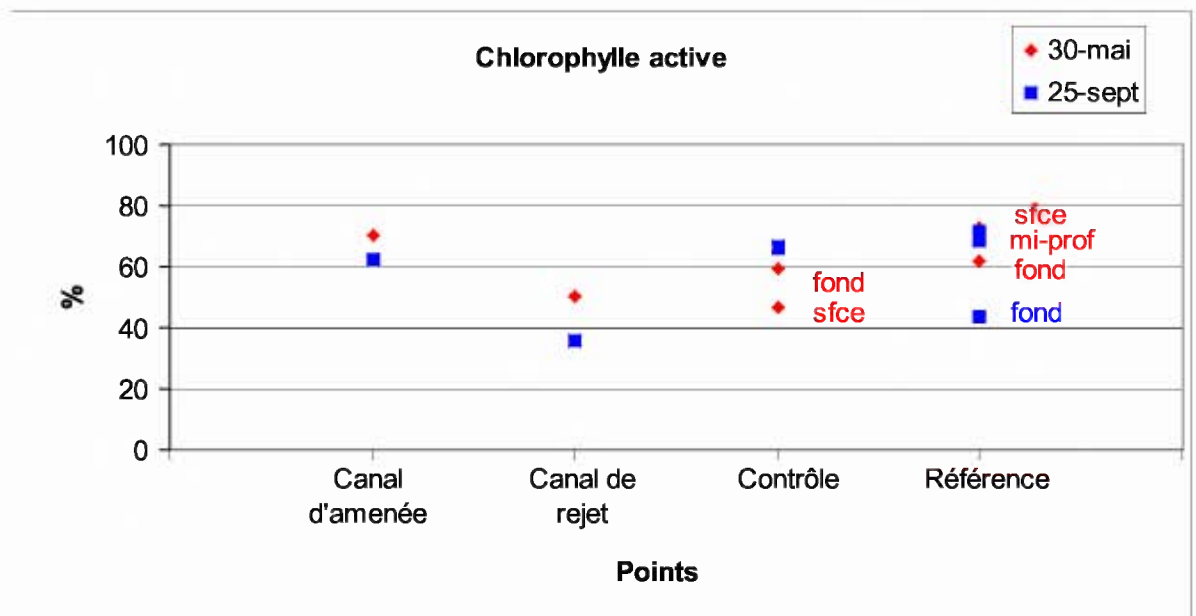


Figure 4.6. Évolution spatiale du pourcentage de chlorophylle active au cours de la période 2006-2007

#### 4.4.2. Phytoplancton

Lors de la campagne du 30 mai, le nombre de taxons identifiés au niveau des 4 points de surveillance est compris entre 19 et 27 (11 et 17 lors de la campagne du 5 juin 2006) (Tableau 4.3).

Le 25 septembre, de 19 à 35 ont été échantillonnés (7 à 19 taxons lors de la campagne du 22 septembre 2006) (Tableau 4.3).

Les diatomées dominent la communauté phytoplanctonique quel que soit le point considéré lors des deux campagnes (Tableau 4.4). Par ailleurs, cette communauté est également constituée de cryptophycées et de dinoflagellés (plus en mai qu'en septembre). Les autres classes sont peu représentées ou absentes (Tableau 4.4).

Les prélèvements réalisés à différentes profondeurs révèlent l'hétérogénéité verticale au sein de la communauté phytoplanctonique (Tableau 4.4).

Les modifications de la concentration en chlorophylle *a* observées dans le paragraphe 4.4.1. entre les différents points et/ou entre les profondeurs sont principalement dues aux différences d'abondances des diatomées. A abondances équivalentes en diatomées, ce sont les variations d'abondances de flagellés qui expliquent ces différences.

Les taxons caractérisés par la plus forte abondance lors des campagnes pélagiques du 30 mai et du 25 septembre 2007 sont présentés dans le tableau 4.5.

Les différences au niveau du nombre de taxons et la différence de représentativité des familles phytoplanctoniques entre les différents points reflètent davantage une différence de communautés phytoplanctoniques entre la côte et le large et/ou entre la surface et le fond liée aux conditions hydrodynamiques lors des prélèvements (contraintes techniques qui entraîne un étalement de la campagne d'échantillonnage sur plusieurs heures) qu'une conséquence quelconque du fonctionnement de la centrale.

**Tableau 4.3. Évolution spatiale du nombre total d'espèces phytoplanctoniques en surface lors des campagnes pélagiques du 30 mai et du 25 septembre 2007**

Campagnes	Points			
	<i>Canal d'amenée</i>	<i>Canal de rejet</i>	<i>Contrôle</i>	<i>Référence</i>
30 mai 2007	27	19	27	21
25 septembre 2007	20	19	35	34

**Tableau 4.4. Répartition par classe des abondances phytoplanctoniques (cellules par litre) observées lors des campagnes pélagiques du 30 mai et du 25 septembre 2007 (affichage de toutes les classes observées sur l'ensemble du cycle de surveillance novembre 2006 – octobre 2007)**

date	points	Chlorophycées	Chrysophycées	Cryptophycées	Diatomées	Dictyochophycées	Dinoflagellés	Prasinophycées	Prymésiophycées	Raphidophycées	Total
30/05/2007	Canal d'amenée surface			2631	305588	100	5462				313781
30/05/2007	Canal de rejet surface				172415		3508				175923
30/05/2007	Contrôle surface				400435		7893				408328
30/05/2007	Contrôle fond	400		800	362331		1700				365231
30/05/2007	Référence surface			1754	574535		7116	877			584282
30/05/2007	Référence mi-profondeur	500			64600		1500				66600
30/05/2007	Référence fond			1754	431183		11501	1754			446192
25/09/2007	Canal d'amenée surface				18800		1800				20600
25/09/2007	Canal de rejet surface			400	23300		1100				24800
25/09/2007	Contrôle surface				40000		600				40600
25/09/2007	Contrôle fond	400		100	43900	200	1000				45600
25/09/2007	Référence surface			200	40500	300	1200	100			42300
25/09/2007	Référence mi-profondeur			200	72864	100	1400				74564
25/09/2007	Référence fond				41100	100	800		152		42152



Tableau 4.5. Taxons présentant les plus fortes abondances (seuils arbitraires) lors des campagnes pélagiques du 30 mai et du 25 septembre 2007 (pour comparaison qualitative uniquement).

Points / date	30 mai 2007	25 septembre 2007
<b>Canal d'amenée</b>	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> <i>Chaetoceros</i> sp., <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Skeletonema costatum</i>	<i>Leptocylindrus minimus</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Pseudo-nitzschia</i> sp.
<b>Canal de rejet</b>	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i> , <i>Chaetoceros</i> sp., <i>Guinardia striata</i>	<i>Pseudo-nitzschia</i> sp., <i>Paralia marina</i> , <i>Guinardia delicatula</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Leptocylindrus minimus</i> , Pennales
<b>Contrôle surface</b>	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Guinardia delicatula</i> , <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Chaetoceros</i> sp., <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Paralia marina</i>	<i>Paralia marina</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Plagiogrammopsis</i> sp.
<b>Contrôle fond</b>	<i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Guinardia delicatula</i> , <i>Skeletonema costatum</i> , <i>Thalassiosira rotula</i>	<i>Lithodesmium</i> sp., <i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Paralia marina</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i> , <i>Leptocylindrus minimus</i>
<b>Référence surface</b>	<i>Skeletonema costatum</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Guinardia delicatula</i> , <i>Chaetoceros curvisetus</i> + <i>debilis</i> + <i>pseudocurvisetus</i> , <i>Thalassiosira rotula</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Eucampia</i> sp. + <i>Climacodium</i> sp., <i>Paralia marina</i>
<b>Référence mi-profondeur</b>	<i>Guinardia delicatula</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Skeletonema costatum</i>	<i>Guinardia delicatula</i> , <i>Paralia marina</i> , <i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i>
<b>Référence fond</b>	<i>Chaetoceros socialis</i> + <i>radians</i> , <i>Chaetoceros curvisetus</i> + <i>debilis</i> + <i>pseudocurvisetus</i> , <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> , <i>Guinardia delicatula</i> , <i>Thalassiosira rotula</i> , <i>Skeletonema costatum</i>	<i>Leptocylindrus danicus</i> + <i>curvatulus</i> , <i>Paralia marina</i> , <i>Rhizosolenia imbricata</i> + <i>styliformis</i>

#### 4.5. ELEMENTS DE CONCLUSION

Le suivi hebdomadaire au point *canal d'amenée* met en évidence la conformité de l'évolution de la concentration en chlorophylle *a*, en phéopigments et de l'évolution de l'abondance phytoplanctonique par rapport à la connaissance acquise sur le site depuis 1973. Les différences d'amplitude, le nombre plus ou moins important de 'pics' et de 'creux' n'est que le reflet de la variabilité inter-annuelle.

La concentration maximale en chlorophylle *a*, donc la biomasse phytoplanctonique maximale, a été mesurée à la fin du mois de mars 2007 (25,43 mg/m<sup>3</sup>). Cette concentration fait de l'année 2007 une année intermédiaire (au même titre que les années 1995, 1999 et 2004, 2005, 2006) par comparaison aux années de fortes concentrations (> 40 mg/m<sup>3</sup>) : 1993, 1996 et 2001 et celles de faible concentration : 1990 à 1992, 1997, 1998, 2000, 2002, 2003.

Plusieurs maxima de chlorophylle *a*, de moindres ampleurs, ont été observés en avril (25,04 mg/m<sup>3</sup>), juillet (18,11 mg/m<sup>3</sup>), septembre (14,90 mg/m<sup>3</sup>) et octobre (10,25 mg/m<sup>3</sup>). L'activité phytoplanctonique (pourcentage de chlorophylle active) est supérieure à 70 % de janvier à décembre 2007. Le maximum est observé en avril.

En dehors des périodes de proliférations de la prymnésioptéryciées *Phaeocystis globosa*, les échantillons sont dominés, par ordre décroissant de la fraction qu'ils représentent, par les diatomées, les dinoflagellés, les cryptophycées, les dictyochophycées, les prasinophycées et les chlorophycées. L'abondance de *Phaeocystis sp.* est plus importante qu'en 2005 et 2006. Elle atteint plus de 13 millions de cellules par litre le 23 avril 2007. Les abondances restent globalement supérieures au million de cellules par litre de mars à septembre au canal d'amenée.

A l'échelle annuelle, les efflorescences phytoplanctoniques (tous points confondus), hors celle du genre *Phaeocystis*, sont principalement liées à la prolifération, de manière individuelle ou sous forme d'association des taxons suivants : *Paralia marina*, *Chaetoceros socialis*, *Rhizosolenia imbricata*, *R. styliformis*, *Leptocylindrus minimus*.

Les campagnes pélagiques se caractérisent par un déficit de chlorophylle *a*, de phéopigments et du nombre de taxons identifiés (hors cycle saisonnier) entre les points *canal d'amenée* et *canal de rejet*. Les différences de composition spécifique observées entre les différents points reflètent plus la distribution des communautés phytoplanctoniques dans un contexte hydrodynamique particulier (panache thermique) qu'un impact du fonctionnement de la centrale sur ce compartiment biologique.

#### Références

Guille, A, 1970. Bionomics of the benthos of the continental plateau of the French Catalan coast. II. The macrofauna communities. Vie Milieu (B). Vol. 21, no. I-B, pp. 149-280.  
Sanders HL, 1960. Benthic studies in Buzzards Bay III. The structure of the soft-bottom community. Limnology and Oceanography, Vol. 5, no. 2, pp. 138-153.

**ANNEXE 1** : Surveillance hebdomadaire au point *canal d'amenée* : concentrations en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) et en phéopigment ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), pourcentages de chlorophylle active, indices de Shannon ( / : absence de résultat – *les résultats des 3 premières colonnes sont acquis sur un échantillon différent de celui nécessaire au calcul du résultat de l'indice de Shannon*).

Date	chlorophylle a	phéopigments	chlorophylle active	Shannon
08/11/2006	3,32	1,68	66,4	3,5
15/11/2006	1,48	0,75	66,4	2,1
23/11/2006	2,22	1,15	65,9	2,1
27/11/2006	2,15	1,04	67,4	3,4
07/12/2006	3,20	1,89	62,9	2,6
13/12/2006	1,06	0,54	66,3	3,5
21/12/2006	1,66	0,79	67,8	3,0
27/12/2006	1,29	0,51	71,7	2,6
05/01/2007	1,55	0,80	66,0	2,4
10/01/2007	1,47	0,72	67,1	3,2
16/01/2007	0,91	0,27	77,1	3,4
22/01/2007	1,52	0,74	67,3	1,6
29/01/2007	0,77	0,27	74,0	2,4
06/02/2007	1,24	0,25	83,2	3,2
13/02/2007	1,31	0,42	75,7	2,5
19/02/2007	1,78	0,62	74,2	2,7
26/02/2007	3,60	0,23	94,0	2,8
07/03/2007	2,84	0,70	80,2	3,2
13/03/2007	2,01	0,62	76,4	2,9
21/03/2007	25,43	4,01	86,4	3,2
26/03/2007	14,41	0,66	95,6	2,5
03/04/2007	13,98	2,20	86,4	2,1
10/04/2007	19,80	0,00	100,0	0,3
17/04/2007	25,04	1,78	93,4	0,2
23/04/2007	14,63	0,50	96,7	0,2
02/05/2007	13,19	1,60	89,2	0,3
09/05/2007	5,54	0,80	87,4	2,4
16/05/2007	10,40	1,66	86,2	0,7
21/05/2007	8,24	2,06	80,0	1,5
30/05/2007	5,91	0,67	89,8	2,7
04/06/07	8,33	1,08	88,5	/
11/06/2007	3,08	0,60	83,7	3,0
18/06/2007	6,83	1,29	84,1	2,8
25/06/2007	8,96	1,04	89,6	2,0
04/07/2007	16,74	1,72	90,7	1,7
09/07/2007	18,11	0,51	97,3	3,2
18/07/2007	13,86	2,18	86,4	3,2
24/07/2007	12,42	1,37	90,1	3,5
31/07/2007	11,22	1,51	88,1	3,7
07/08/2007	6,27	0,58	91,5	2,4
13/08/2007	8,57	0,89	90,6	1,8
22/08/2007	5,18	2,16	70,6	3,3
28/08/2007	5,70	2,04	73,6	2,6
03/09/2007	8,10	2,15	79,0	2,0

**ANNEXE 1** : Surveillance hebdomadaire au point *canal d'amenée* : concentrations en chlorophylle a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) et en phéopigment ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), pourcentages de chlorophylle active, indices de Shannon.

<b>Date</b>	<b>chlorophylle a</b>	<b>phéopigments</b>	<b>chlorophylle active</b>	<b>Shannon</b>
10/09/2007	14,90	1,95	88,4	2,1
17/09/2007	10,57	2,88	78,6	2,0
25/09/2007	5,49	1,04	84,1	3,2
01/10/2007	4,30	1,39	75,6	3,8
10/10/2007	10,25	1,89	84,4	3,1
15/10/2007	6,07	0,95	86,5	/
25/10/2007	5,30	1,09	82,9	2,9
29/10/2007	7,37	2,09	77,9	3,4



**ANNEXE 2 : Variabilité spatiale de la biomasse chlorophyllienne (mg/m<sup>3</sup>)**

Points	Concentrations moyennes en chlorophylle <i>a</i> (mg/m <sup>3</sup> )	
	30 mai 2007	25 septembre 2007
<i>Canal d'aménée</i>	4,50	3,21
<i>Canal de rejet</i>	2,34	1,28
<i>Contrôle surface</i>	5,30	4,18
<i>Contrôle fond</i>	7,65	3,25
<i>Référence surface</i>	4,00	2,83
<i>Référence milieu</i>	3,71	3,10
<i>Référence fond</i>	4,13	2,53

**ANNEXE 3 : Variabilité spatiale de la concentration en phéopigments (mg/m<sup>3</sup>)**

Points	Concentrations en phéopigments (mg/m <sup>3</sup> )	
	30 mai 2007	25 septembre 2007
<i>Canal d'aménée</i>	1,92	1,91
<i>Canal de rejet</i>	2,30	2,30
<i>Contrôle surface</i>	6,02	2,15
<i>Contrôle fond</i>	5,22	1,62
<i>Référence surface</i>	1,48	1,31
<i>Référence milieu</i>	1,63	1,25
<i>Référence fond</i>	2,53	3,30

## 5. DINOFLAGELLÉS NOCTILUQUES ET ZOOPLANCTON

Auteur : Antajan E.

Collaborateurs : Institut Pasteur de Lille (Gravelines)

Louis W., Leroy D., Verin F., Philippon X. (Ifremer)





## 5.1. MÉTHODOLOGIE

### 5.1.1. Stratégie de prélèvements du zooplancton

Les variations saisonnières dans le milieu naturel (non impacté) sont estimées par la surveillance au point *canal d'amenée*. Les prélèvements de zooplancton y sont réalisés selon une périodicité mensuelle. Les résultats obtenus peuvent être comparés aux données de concentration de chlorophylle *a* et de température mesurées au même point selon une fréquence hebdomadaire.

Cette surveillance permet de suivre l'évolution du plancton en relation avec les conditions météorologiques. On détecte ainsi l'arrivée à date variable des blooms de *Phaeocystis*, de noctiluques ou de *Pleurobrachia*. Lors des maximums de *Phaeocystis* (de fin mars à mai selon les années) ou des noctiluques, il y a risque de colmatage des engins de prélèvements (en particulier des filets à plancton WP2 de vide de maille de 200 µm) entraînant une mauvaise évaluation des abondances et des biomasses du fait du refoulement et de l'évitement à l'entrée du filet. L'estimation de la biomasse totale en poids sec et de la composition en carbone et azote est ainsi biaisée lorsque les *Phaeocystis* constituent une part importante du prélèvement. Dans un autre domaine, au moment de la prolifération des cténaires *Pleurobrachia* ou *Beroe* au printemps, il y a risque de colmatage des grilles des tambours de filtration à l'entrée du circuit de refroidissement des condenseurs en raison de la taille des individus.

En 2007, les deux campagnes annuelles, destinées au suivi de l'impact du rejet de la centrale par la comparaison des prélèvements selon un axe *côte-large*, ont été réalisées le 30 mai pour la mission printanière et le 25 septembre pour la mission automnale. Lors de chaque mission les quatre points suivants sont étudiés : *canal d'amenée*, *canal de rejet*, *contrôle*, *référence* (définitions dans le paragraphe 1.4.1.1. et localisation sur la figure 1.3. du chapitre 1).

### 5.1.2. Prélèvements du zooplancton

Deux filets à plancton différents sont utilisés selon l'accessibilité des points de prélèvement :

- Les prélèvements en mer aux deux points *contrôle* et *référence* sont réalisés à l'aide d'un filet WP2 (ouverture 0,25 m<sup>2</sup>, hauteur 261 cm, cylindro-conique, vide de maille 200 µm – Tranter 1968<sup>1</sup>) abaissé jusqu'à une profondeur donnée pour ensuite être ramenés verticalement à la surface à une vitesse de 1 m.s<sup>-1</sup>. Un volucompteur est attaché à l'entrée du filet afin de connaître précisément le volume d'eau filtrée.
- Les prélèvements à terre aux points *canal d'amenée* (depuis le pont enjambant le canal) et *canal de rejet* (depuis le radeau), sont effectués à l'aide d'un filet de plus petite taille (0,9 m<sup>2</sup>, hauteur 110 cm, conique, vide de maille 200 µm). Le prélèvement se fait juste sous la surface en raison du courant et des remous qui homogénéisent la colonne d'eau. Un volucompteur (TSK) est également situé à l'entrée du filet pour estimer le volume d'eau filtré.

Lors des deux missions comportant les quatre points de prélèvement, sept traits de filet à plancton sont effectués. Six échantillons sont filtrés, au laboratoire, sur des soies et aussitôt congelés afin d'évaluer la biomasse sestonique (mesure du poids sec et composition en

<sup>1</sup> Tranter, D. J., and P. E. Smith. 1968. Filtration performance. In Reviews on zooplankton sampling methods, Part I (D. J. Tranter, ed.), p. 27-56. Monogr. Oceanogr. Methodol. 2, Zooplankton Sampling. UNESCO (United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization) Press, Paris.



carbone et azote). L'échantillon restant est fixé immédiatement au formol (concentration finale ~ 4 %) en vue du dénombrement et de l'identification du zooplancton.

Lors du suivi mensuel au point *canal d'amenée*, deux traits de filet à plancton seulement sont effectués. L'un des échantillons est formolé et le second est filtré comme précédemment pour la biomasse sestonique (mesure du poids sec et composition en carbone et azote).

### 5.1.3. Mesure de la biomasse sestonique

Les échantillons pour la biomasse sestonique sont filtrés au laboratoire sur des soies de 100 µm pré-pesées, puis sont conservés au congélateur (- 20 °C) jusqu'à leur analyse. Selon la concentration des échantillons plusieurs réplicats peuvent être filtrés sur un même filtre. Ces échantillons seront ensuite séchés dans une étuve à 60 °C pendant 48 heures. Les soies comportant le plancton séché seront ensuite pesées et les poids secs ou biomasses du seston déduits. Le poids sec récolté et le volume filtré permettront d'évaluer le poids sec (mg) par unité de volume (m<sup>3</sup>).

Les échantillons de poids sec sont par la suite broyés et rassemblés pour ne faire qu'une seule analyse au CHN LECO pour les dosages de carbone (C) et d'azote (N). L'expression des résultats est obtenue en poids carbone (mg C) ou d'azote (mg N) par unité de volume (m<sup>3</sup>).

### 5.1.4. Analyse taxinomique

Les échantillons formolés sont rincés sur un tamis de 200 µm afin d'éliminer le formol et les particules les plus fines qui gênent le comptage du zooplancton. En fonction de la concentration de l'échantillon celui-ci est fractionné en sous-échantillons à la boîte de Motoda (Motoda 1983<sup>2</sup>). Le sous-échantillon est alors placé dans une cuve de Dolffus et dénombré dans sa totalité à la loupe binoculaire (grossissement maximum x 80) en éclairage diascopique. Le dénombrement s'arrête lorsqu'une classe de tri (Exemples : *Temora longicornis* : adultes, copépodites ; *Oikopleura dioica* ; nauplii de cirripèdes...) atteint un minimum de 100 individus. D'après Frontier (1972)<sup>3</sup>, l'erreur relative sur l'estimation du nombre total d'individus est de ± 30 %. Le nombre d'individus comptés est ensuite ramené au volume total de l'échantillon (ind./m<sup>3</sup>).

La bibliographie utilisée pour l'identification des zooplanctontes est très variée et inclue notamment : les fiches d'identification du plancton CIEM (1939 - 1986), Faune de France des copépodes pélagiques (Rose, 1933).

## 5.2. RÉSULTATS

### 5.2.1. Surveillance du point *canal d'amenée*

#### 5.2.1.1. Biomasse sestonique

On appelle seston, l'ensemble des particules en suspension dans l'eau qu'elles soient d'origine minérale ou organique. Dans les eaux du large ou dans des milieux oligotrophes, peu turbides, le seston récolté avec un filet à plancton est essentiellement constitué de zooplancton et sa biomasse peut donc être assimilée à celle du zooplancton. Par contre dans les eaux côtières, souvent peu profondes (< 40 m), avec un fort hydrodynamisme le seston comprend également une part non négligeable de sables, vases, débris végétaux, ... dû à la

<sup>2</sup> Motoda S. (1959). Devices of simple plankton apparatus. Memoirs. Faculty of Fisheries. Hokkaido University 7, 73-94.

<sup>3</sup> Frontier (1972) Calcul de l'erreur sur un comptage de zooplancton. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 8, pp. 121-132

remise en suspension des sédiments dans la colonne d'eau. Dans ce cas il est difficile d'attribuer la biomasse sestonique à celle du zooplancton.

Après un minimum en hiver ( $5,2 \text{ mg/m}^3$  en janvier), la biomasse sestonique a augmenté fortement dès le mois de mars pour atteindre un maximum de  $84 \text{ mg/m}^3$  fin avril - début mai (Figure 5.1). La biomasse a de nouveau diminué au début de l'été ( $11,2 \text{ mg/m}^3$  fin juin), avant d'augmenter encore en juillet ( $40,4 \text{ mg/m}^3$ ).

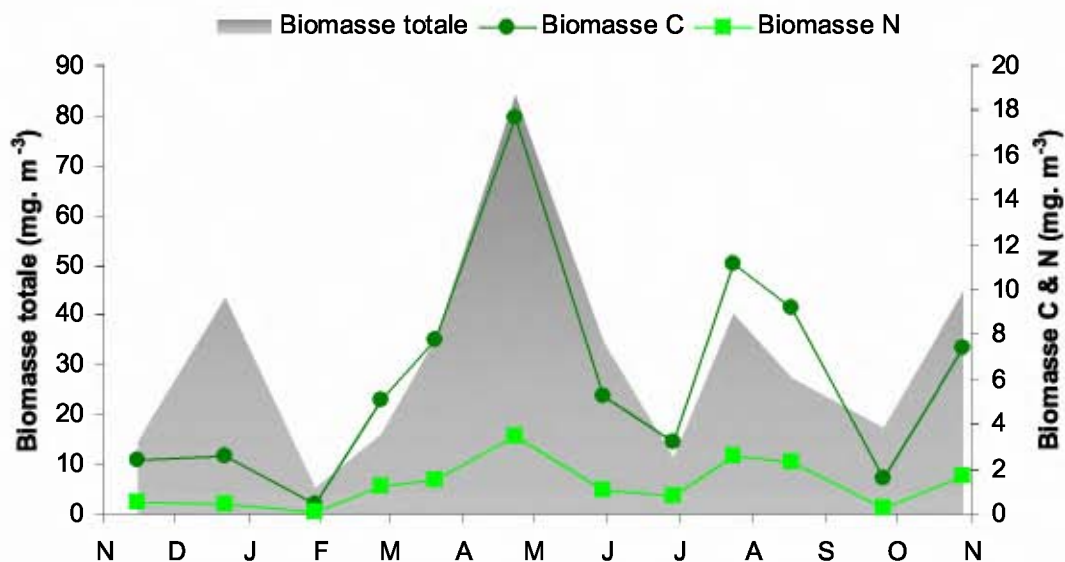


Figure 5.1. Évolution de la biomasse sestonique (poids sec, poids C et poids N) au point *canal d'amenée* au cours de la surveillance écologique mensuelle de 2006-2007

Les plus fortes biomasses ont donc coïncidées avec le bloom phytoplanctonique printanier, comme l'indique l'évolution de la concentration en chlorophylle *a* au point *canal d'amenée* au cours de la même période d'étude (Figure 5.2).

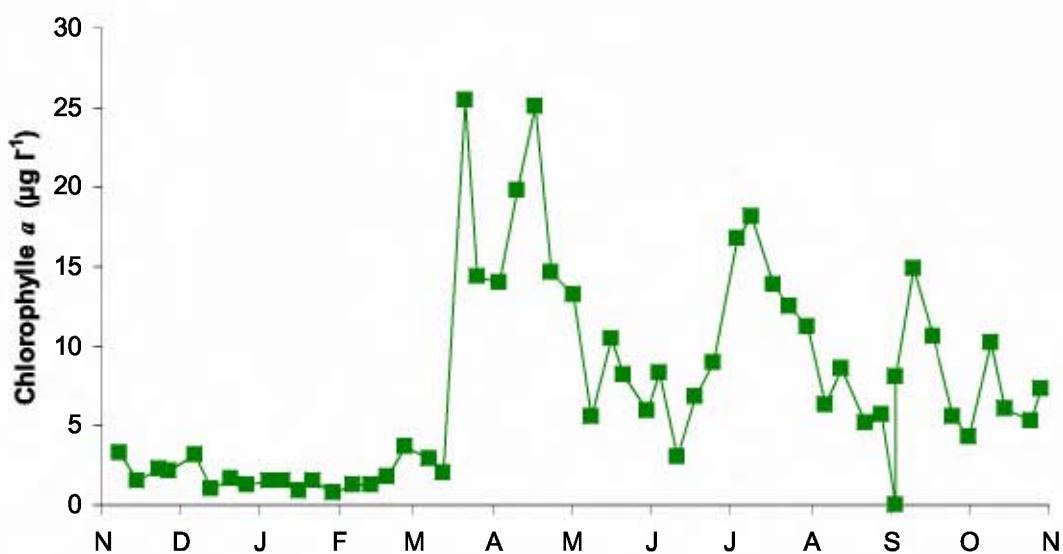


Figure 5.2. Évolution hebdomadaire de la Chlorophylle *a* au point *canal d'amenée* en 2006-2007

Ceci explique sans doute pourquoi la relation entre biomasse sestonique et abondance zooplanctonique n'est pas cohérente (Figure 5.4). En effet de nombreux échantillons étaient contaminés par du sable ou des déchets organiques végétaux. Les rapports C/N mesurés sur les échantillons filtrés de seston ont fluctué entre 4,0 et 6,3 (Figure 5.3). Ce rapport peut habituellement caractériser un compartiment tel que le zooplancton (rapport C/N ~ 4 ; Mauchline, 1998)<sup>4</sup> ou le phytoplancton (C/N > 5).

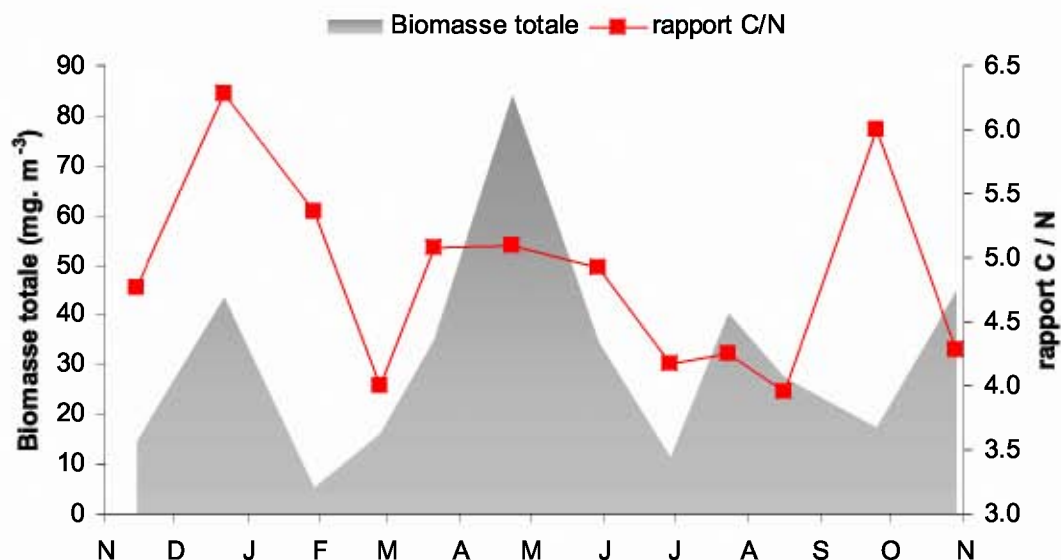


Figure 5.3. Évolution du rapport C/N du seston au point *canal d'amenée* en 2007

Sans doute en raison de la contamination potentielle liée à la forte turbidité du site (sable, fragment d'algues, ...), les rapports C/N mesurés au point *canal d'amenée* étaient très élevés en hiver 2006 et automne 2007 (> 6) et semblent difficilement attribuable au zooplancton seul. De même, à la biomasse maximale observée fin avril correspond des rapports C/N de l'ordre de 5 plus caractéristique du phytoplancton que du zooplancton. Pour toutes ces raisons il semble donc difficile d'utiliser, sur le site de Gravelines, la biomasse sestonique comme un indicateur de la biomasse zooplanctonique.

#### 5.2.1.2. Abondance et composition du zooplancton

Les dénombrements zooplanctoniques totaux effectués en 2007 sont présentés sur la figure 5.4 et sont exprimés en nombre d'individus par m<sup>3</sup> d'eau de mer.

Les plus fortes abondances ont été observées en juillet – août avec un peu plus de 2500 ind./m<sup>3</sup>, et les plus faibles de novembre 2006 à janvier 2007 (entre 98 et 126 ind./m<sup>3</sup>).

<sup>4</sup> Mauchline, J. (1998). The biology of calanoid copepods. *Advances in Marine Biology* 33: 1-710

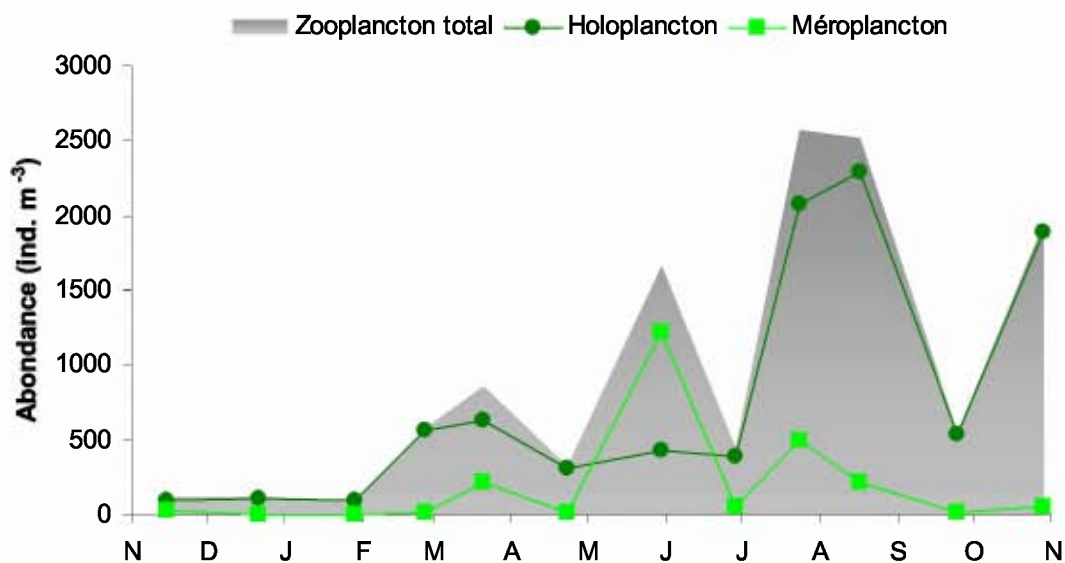


Figure 5.4. Évolution de l'abondance du zooplancton et de ses fractions holo- et méroplanctonique au point canal d'aménée en 2007

Un certain nombre d'espèces accomplissent l'intégralité de leur cycle biologique (œufs, larves, adultes) au sein du milieu pélagique ; ce sont les espèces holoplanctoniques. En 2007, l'holoplancton représentait généralement plus de 90 % du zooplancton total à l'exception du mois de mai (27 %). Cette fraction était essentiellement composée de crustacés copépodes (> 80 %). Selon la saison, s'y ajoutent quelques espèces moins abondantes, appartenant à d'autres embranchements comme les cladocères, les appendiculaires et les chaetognathes. D'autres organismes holoplanctoniques comme les mysidacés et les cténaïres ont été très peu présents cette année (Tableau 5.1).

Par opposition à l'holoplancton, le méroplancton constitue la fraction temporaire du zooplancton, il regroupe les organismes dont seule une partie du cycle vital est planctonique. Il s'agit principalement de larves à vie pélagique émises par de nombreuses espèces à phase adulte benthique errante (crabes, annélides...) ou fixée (annélides, mollusques type moules...) et crustacés cirripèdes (balanes...), nombreux sur l'estran rocheux. Le méroplancton est aussi constitué de phases pélagiques d'espèces fixées (méduses, qui représentent les phases sexuées libres de cnidaires) ou bien des œufs et larves de poissons qui ne peuvent encore lutter contre les courants. Il est donc de fait plus abondant au printemps, pendant les périodes de reproduction des espèces benthiques (Tableau 5.1).

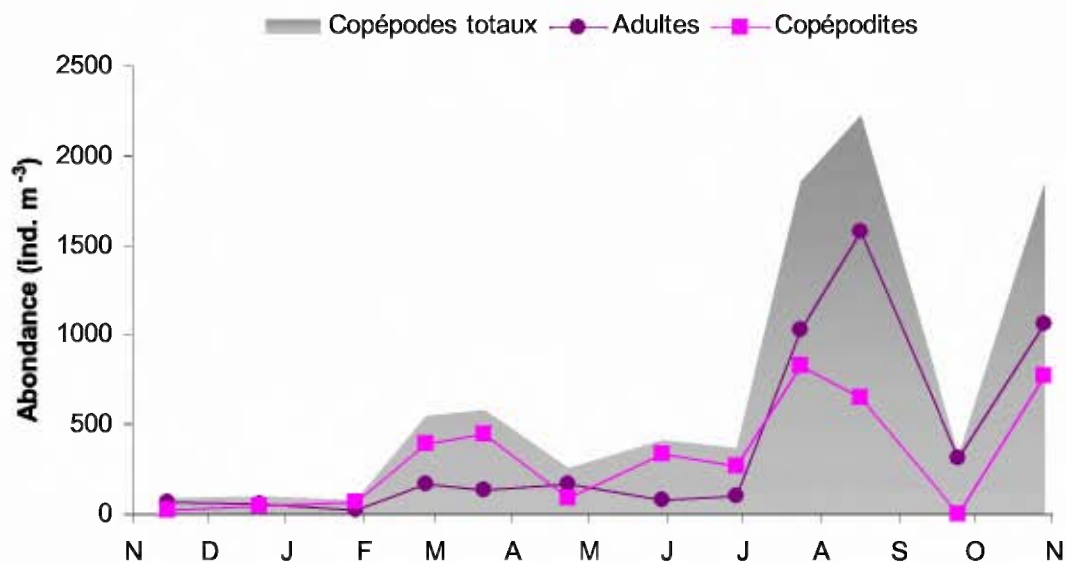
**Tableau 5.1. Abondance et dominance des principaux groupes zooplanctoniques au point *canal d'amenée* au cours de la période de surveillance 2006-2007**

	15/11/2006		22/12/2006		29/01/2007		26/02/2007		21/03/2007		23/04/2007		30/05/2007		29/06/2007		24/07/2007		17/08/2007		25/09/2007		29/10/2007			
	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%	Ind. m <sup>-3</sup>	%		
<b>HOLOPLANCTON</b>																										
Nectilica	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	211	38	0	0
Cténaires	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladocères	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cirripèdes	6	5	0	0	2	2	5	1	35	5	2	1	11	3	27	7	264	11	93	4	3	1	7	0	7	0
Nauplii (copepodes)	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	6	2	54	2	9	0	0	0	0	0	12	1
Copépodes	91	86	101	90	81	85	552	97	577	86	252	82	411	92	373	90	1853	79	2224	93	319	59	1837	97	0	0
Ostracodes	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mysidacés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Appendiculaires	2	2	10	9	11	12	6	1	51	8	51	17	21	5	6	1	167	7	11	0	2	0	33	2	0	0
Chaetognathes	3	3	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	53	2	4	1	7	0	0	0
<b>Holoplancton total</b>	<b>105</b>	<b>83</b>	<b>112</b>	<b>96</b>	<b>95</b>	<b>97</b>	<b>566</b>	<b>98</b>	<b>667</b>	<b>78</b>	<b>306</b>	<b>97</b>	<b>445</b>	<b>27</b>	<b>413</b>	<b>95</b>	<b>2342</b>	<b>91</b>	<b>2390</b>	<b>95</b>	<b>540</b>	<b>97</b>	<b>1895</b>	<b>98</b>		
<b>MÉROPLANCTON</b>																										
Cnidaires	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	23	2	4	18	9	4	3	3	1	6	5	11	0	0
Annélides	3	15	1	19	0	13	9	79	181	98	6	53	46	4	12	53	77	34	8	6	5	38	12	28	0	0
Mollusques	9	45	3	55	0	0	0	0	1	0	2	16	4	0	3	11	66	29	71	57	4	25	5	11	0	0
Bryozoaires	8	39	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	1	3	39	17	14	11	0	0	14	33	0	0
Isopodes	0	0	0	7	0	13	1	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	4	0	0	2	6	0	0
Amphipodes	0	0	0	10	0	6	0	0	0	0	1	5	2	0	1	2	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Cumacés	0	0	0	2	0	0	1	5	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	9	7	0	0	2	6	0	0
Décapodes	0	1	0	2	2	69	1	11	2	1	0	0	5	0	1	2	30	13	11	9	0	0	2	6	0	0
Echinodermes	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	21	1128	93	2	7	4	2	3	3	4	28	0	0	0	0
Téléostéens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<b>Méropplancton total</b>	<b>21</b>	<b>17</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>184</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>1211</b>	<b>73</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>229</b>	<b>9</b>	<b>124</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>3</b>	<b>42</b>	<b>2</b>		
<b>Zooplancton total</b>	<b>126</b>		<b>117</b>		<b>98</b>		<b>578</b>		<b>852</b>		<b>316</b>		<b>1656</b>		<b>435</b>		<b>2571</b>		<b>2514</b>		<b>556</b>		<b>1937</b>			

## HOLOPLANCTON

- Les copépodes

Les copépodes, qui constituaient le taxon dominant de l'holoplancton, ont montré la même évolution saisonnière que celui-ci (Figure 5.5). Les plus faibles abondances de copépodes ont été observées en hiver (80 à 100 ind./m<sup>3</sup>) et les plus fortes abondances en juillet-août (1 800 à 2 200 ind./m<sup>3</sup>).



**Figure 5.5. Évolution de l'abondance des copépodes (adultes et copépodites) au point *canal d'amenée* au cours de la période de surveillance 2006-2007**

Les copépodites (stades larvaires) étaient plus abondants que les adultes durant la période printanière et estivale. En automne et en hiver ce sont les adultes qui constituaient la fraction la plus importante des copépodes. Ceci est lié à la succession des espèces au cours de l'année (Figure 5.6).

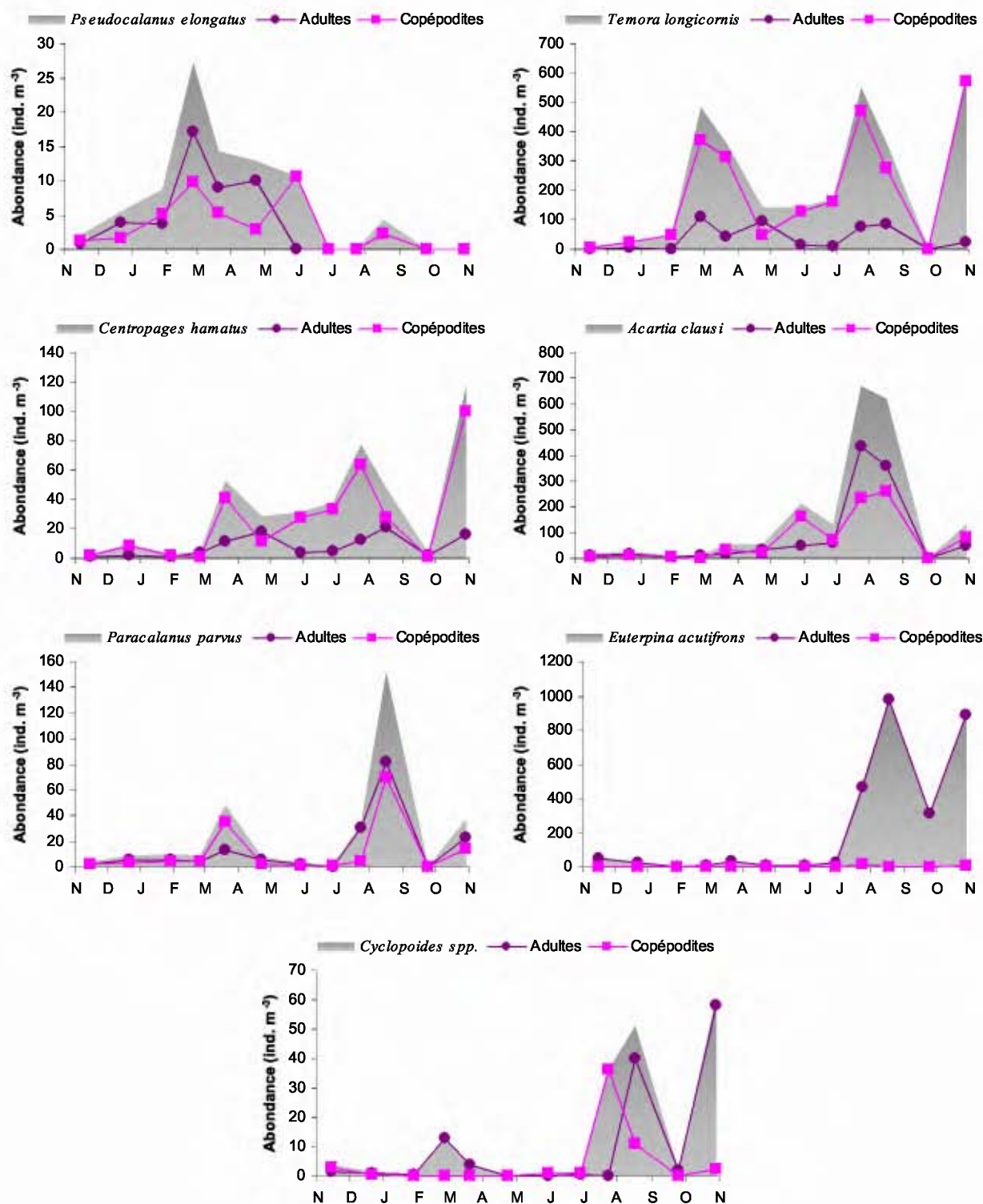


Figure 5.6. Abondance (adultes et copépodites) des principales espèces de copépodes au point canal d'aménée au cours de la période de surveillance 2006-2007

Aux espèces printanières, *Pseudocalanus elongatus* (11 à 27 ind./m<sup>3</sup> de mars à mai) et *Temora longicornis* (360 à 479 ind./m<sup>3</sup>), ont succédé des espèces plus estivales comme *Centropages hamatus* (29 à 77 ind./m<sup>3</sup> de mars à juillet) et *Acartia clausi* (129 à 671 ind./m<sup>3</sup> de juin à août). *T. longicornis* est resté présent en assez grand nombre après son pic printanier et a de nouveau montré un maximum d'abondance fin juillet (546 ind./m<sup>3</sup>). La fin de l'été voit apparaître également une espèce qui annonce généralement l'arrivée de la période automnale,

*Pseudocalanus parvus*, avec un maximum de 151 ind./m<sup>3</sup> fin août. Ces espèces sont de taille moyenne et correspondent bien à la taille cible des organismes retenus par la maille des filets à plancton (200 à 2000 µm). Les trois derniers stades copépodites de ces espèces (qui en comptent 5) sont également d'une taille suffisante pour être correctement échantillonnés. Ce qui explique leur importance dans les échantillons.

A la fin de l'été et en automne, des espèces de plus petites tailles apparaissent dans les prélèvements. Il s'agit de diverses espèces de cyclopoïdes (50 à 60 ind./m<sup>3</sup>) et de l'espèce *Euterpina acutifrons* qui domine d'août à octobre (~ 900 ind./m<sup>3</sup>). Cette espèce est de plus petite taille que les autres espèces précédemment citées et à un mode de vie étroitement lié aux sédiments. En général seuls les adultes sont collectés dans la colonne d'eau (surtout des femelles) avec les filets à plancton, soit que les copépodites soient trop petits et passent à travers la maille du filet, soit qu'ils vivent trop près du fond pour être collectés.

#### Note :

D'après Frost (1989) et Renj & Hirche (2007) l'aire de répartition géographique des espèces du genre *Pseudocalanus* indique que nous sommes sur nos côtes en présence de l'espèce *elongatus* et non *minutus* comme mentionné dans les rapports des années précédentes.

- Les autres espèces holoplanctoniques

En dehors des copépodes d'autres espèces holoplanctoniques ont présenté des abondances parfois importantes en 2007 (Figure 5.7) :

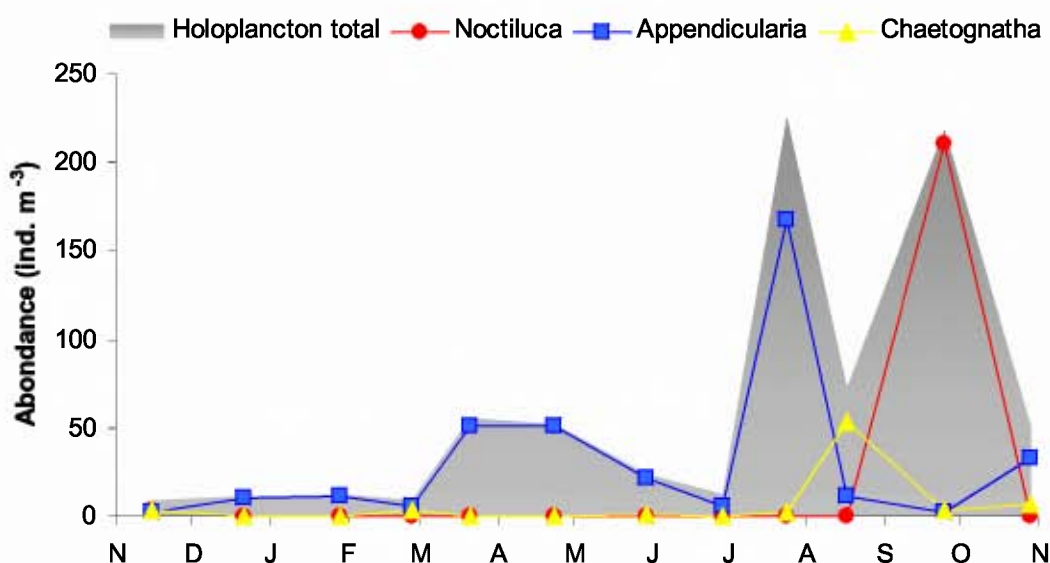


Figure 5.7. Abondance de certaines espèces holoplanctoniques au point canal d'amenée au cours de la période de surveillance 2006-2007

L'apparition plus tardive des **noctiluques** *Noctiluca scintillans* (dinoflagellés) observé en 2006, alors qu'on les observe habituellement de mai à juillet dans la région est confirmé en 2007 (~ 200 ind./m<sup>3</sup> en septembre). On reste, encore cette année, bien en dessous des abondances exceptionnelles de 2005 (43 270 ind./m<sup>3</sup> en juin).

Les **appendiculaires** (chordés) sont des organismes filtreurs, en partie phytophages. Leurs abondances dépendent des fluctuations du phytoplancton et de la température de l'eau. L'espèce *Oikopleura dioica* est favorisée par des peuplements phytoplanctoniques abondants et des températures élevées. En 2007, deux maximums ont été notés (Figure 5.7) : le premier

en mars-avril (50 ind./m<sup>3</sup>), après le maximum de chlorophylle, le second fin juillet (167 ind./m<sup>3</sup>), après un maximum de chlorophylle au début du mois.

L'espèce *Fritillaria borealis*, était absente cette année comme en 2005.

Les **chætognathes** du genre *Parasagitta* sont carnivores et se nourrissent principalement aux dépens des stocks de copépodes. Leur population était surtout développée à la fin de l'été (53 ind./m<sup>3</sup> au mois d'août), et reste du même ordre de grandeur qu'en 2006 (40 ind./m<sup>3</sup>) (Figure 5.7).

## MEROPLANCTON

A la fin du mois de mai la proportion d'holoplancton dans les échantillons était de seulement 27 % du fait de l'apparition dans la fraction méroplanctonique de larves d'**échinodermes** (Figure 5.8), en particulier des larves echinopluteus (larves d'oursin : 518 ind./m<sup>3</sup>), des larves d'ophiopluteus (larves d'ophiure : 590 ind./m<sup>3</sup>) et quelques larves d'*Echinocardium* (oursin irrégulier des sables : 18 ind./m<sup>3</sup>).

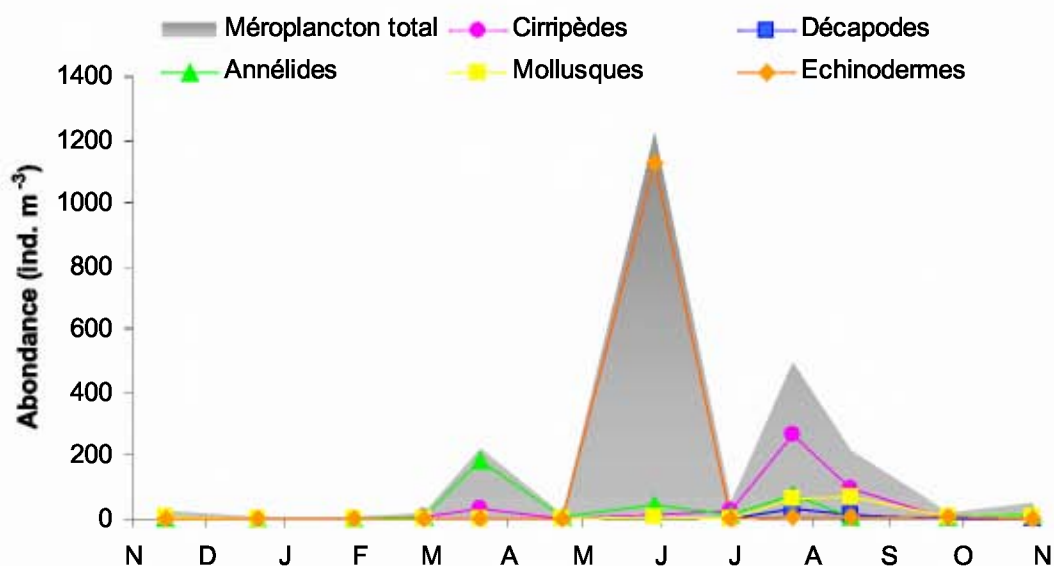


Figure 5.8. Abondance de certaines espèces méroplanctoniques au point canal d'aménée au cours de la période de surveillance 2006-2007

Les crustacés **cirripèdes** sont des espèces encroûtantes contribuant aux salissures marines. En 2007, leurs stades larvaires planctoniques (*nauplius*, stades âgés *cypris*) et les juvéniles ont été observés lors deux maximums annuels : le premier fin mars (34 ind./m<sup>3</sup>) et le second, plus conséquent fin juillet (264 ind./m<sup>3</sup>). Contrairement à 2006 (Maximums annuels : 748 et 400 ind./m<sup>3</sup>), l'abondance des stades larvaires de cirripèdes de 2007 s'inscrit plutôt dans une tendance à la baisse des effectifs observée depuis 2002.

Les larves d'**annélides** étaient essentiellement représentées par l'espèce des fonds sablo-vaseux *Lanice conchilega* et par des larves de spionidés (groupe non identifié à l'espèce). Comme pour les larves de cirripèdes, les larves d'annélides sont apparues en mars et en juillet (respectivement, 180 et 77 ind./m<sup>3</sup>).



Les larves de **mollusques** gastéropodes sont apparues en nombre en juillet-août ( $\sim 70 \text{ ind./m}^3$ ). Enfin signalons toujours pour cette même période un maximum de larves de **crustacés décapodes** brachyours (principalement des stades zoé de crabes) qui était de  $30 \text{ ind./m}^3$ .

## 5.2.2. Surveillance du milieu récepteur

La surveillance du milieu récepteur est assurée par deux missions annuelles, l'une printanière, l'autre au début de l'automne. En 2007, les deux missions ont été effectuées respectivement le 30 mai et le 25 septembre.

### 5.2.2.1. Biomasse sestonique

Les biomasses sestoniques mesurées aux quatre points de prélèvements étaient 2 à 5 fois plus importantes fin mai qu'en septembre (Figure 5.9). Lors des deux missions nous avons observé un gradient de biomasse croissant de la côte vers le large. En juin, la biomasse maximale était de  $488 \text{ mg/m}^3$  au point *référence* et la plus faible de  $43 \text{ mg/m}^3$  au point *canal d'amenée*.

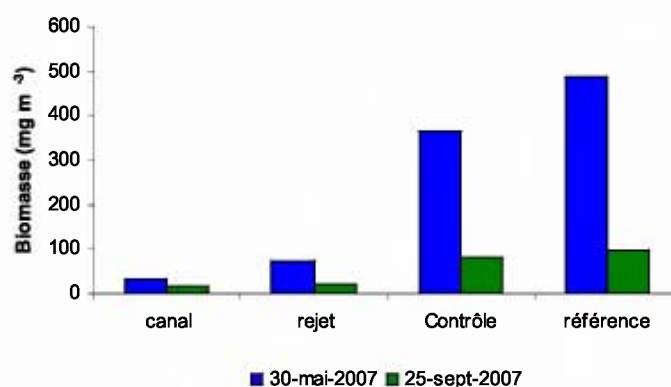


Figure 5.9. Évolution de la biomasse sestonique au cours des deux missions de surveillance 2007

Comme expliqué plus haut, les rapports C/N  $> 5$  (Figure 5.10) semblent indiquer ici aussi que le seston filtré contenait une fraction importante de débris végétaux et minéraux (sables). Ils ne sont donc pas représentatifs de la variabilité du zooplancton dans la colonne d'eau, mais davantage de la charge particulaire liée aux conditions hydrodynamiques du milieu (courants, remous, faible profondeur d'eau...).

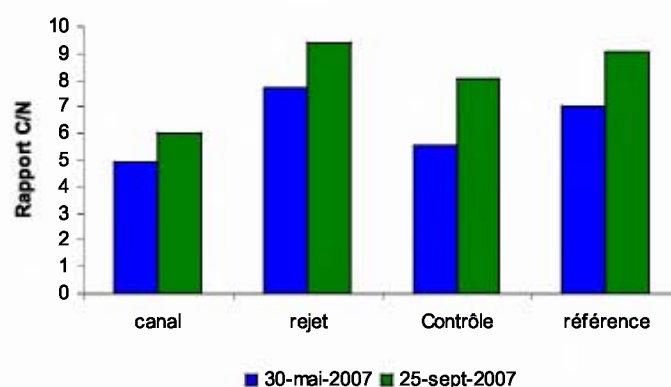


Figure 5.10. Évolution du rapport C/N du seston au cours des deux missions de surveillance 2007

### 5.2.2.2. Abondance et composition du zooplancton

En mai 2007, l'abondance zooplanctonique maximale (Figure 5.11) a été observée au point *référence* (9 540 ind./m<sup>3</sup>) et la plus faible au point *canal de rejet* (511 ind./m<sup>3</sup>). La différence d'abondance importante entre les points accessibles depuis la terre (*canal d'amenée* et *canal de rejet*) et les deux points en mer (*contrôle* et *référence*) pourrait être une conséquence de l'utilisation de filets à plancton de tailles et de formes différentes. Le petit filet utilisé à terre à une plus petite ouverture et une forme conique qui le rendent plus sensible aux effets de colmatage et de reflux, surtout au printemps quand les algues (e.g. *Phaeocystis*) prolifèrent. Le filet WP2 avec sa plus large ouverture et sa forme cylindro-conique qui permet d'éviter le reflux dans le filet, est alors mieux adapté pour capturer efficacement le zooplancton. La fraction méroplanctonique du zooplancton était 2 à 3 fois plus importante au point *canal d'amenée*. On a observé un faible gradient d'abondance méroplanctonique croissante de la côte vers le large en mai (*canal de rejet* - *référence*) et en septembre (*canal d'amenée* - *référence*). Les abondances du mois de septembre étaient < 1000 ind./m<sup>3</sup>.

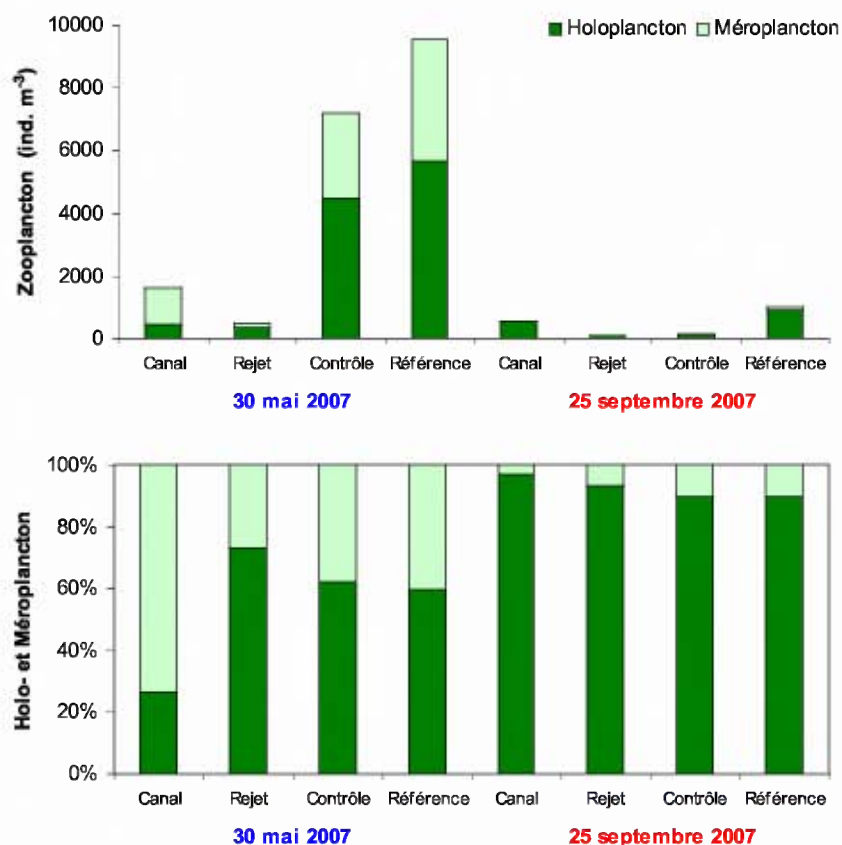


Figure 5.11. Abondance de l'holoplancton et du méroplancton dans le zooplancton total lors des campagnes de 2007

### HOLOPLANCTON

- Les copépodes

Comme précédemment, les copépodes représentaient le groupe majeur du zooplancton et de l'holoplancton en particulier. Ce groupe était constitué essentiellement de stades copépodites en mai (~ 80 % ; figure 5.11). Il semble donc que la production secondaire des copépodes a pu être soutenue par la poussée phytoplanctonique printanière.

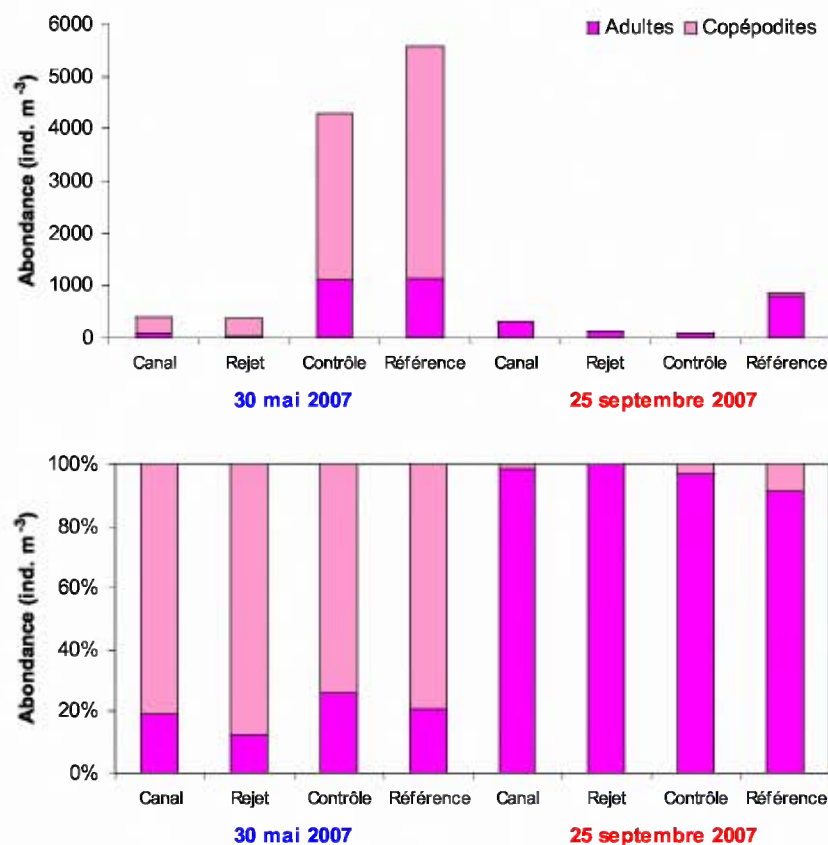


Figure 5.11. Abondance des copépodes (adultes et copépodites) dans le zooplancton total lors des campagnes de 2007

- Les autres espèces holoplanctoniques

En mai, les appendiculaires étaient aussi plus abondants aux points du large (Figure 5.12). L'abondance au point *canal de rejet* était plus faible qu'au point *canal d'amenée* (3 ind./m<sup>3</sup>)

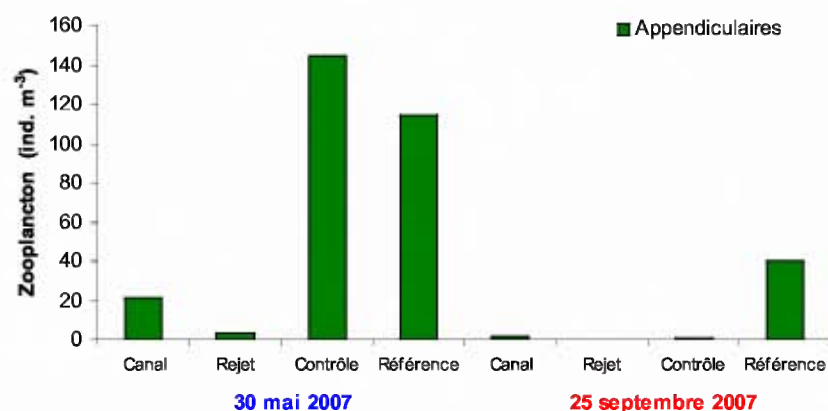


Figure 5.12. Abondance des appendiculaires au cours des deux missions de 2007

Le déficit pour ce groupe semble assez systématique entre les deux points de prélèvements ; il se vérifie sur les 5 dernières années. Ceci pourrait être attribué à la fragilité de ces organismes ou à une sensibilité plus grande à l'augmentation de la température dans le canal de rejet.

## MEROPLANCTON

Le méroplancton étant présent surtout au printemps, les variations spatiales d'abondance ne peuvent s'étudier que sur quelques groupes présents dans nos échantillons au mois de mai (Figure 5.13).

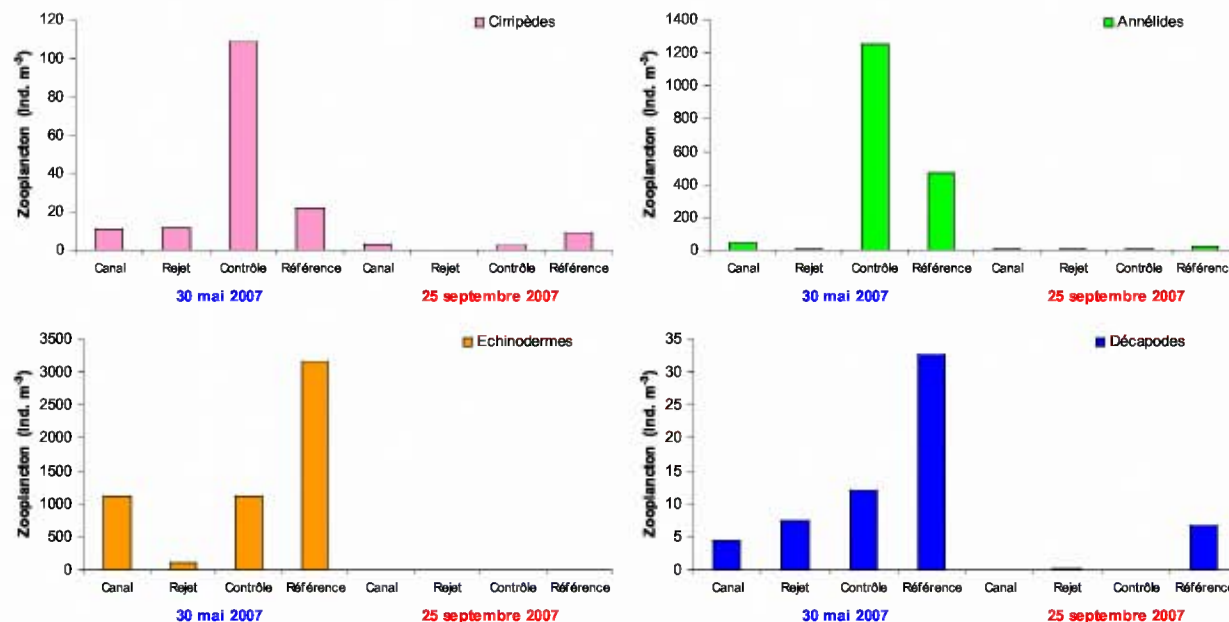


Figure 5.13. Abondance des principaux groupes méroplanctoniques au cours des deux missions de 2007

Les larves de cirripèdes étaient 5 fois plus abondantes au point *contrôle* (108 ind./m<sup>3</sup>) par rapport aux points *côtiers* et au point *référence*. La même observation a été faite pour les larves d'annélides. Comme pour les appendiculaires, on a retrouvé très peu de larves d'échinodermes dans les eaux de rejet de la centrale, 102 ind./m<sup>3</sup>, contre plus de 1100 ind./m<sup>3</sup> aux points *canal d'amenée* et *contrôle*, et plus de 3000 ind./m<sup>3</sup> au point *référence*. Les larves de décapodes étaient plus abondantes selon un gradient *côte-large*.

### 5.3. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

En raison i) des rapports C/N souvent élevés ( $> 5$ ) mesurés sur les échantillons filtrés de plancton, ii) de la divergence entre la biomasse (poids sec) et l'abondance zooplanctonique, il est préférable de considérer cette biomasse comme une estimation de la charge sestonique de la colonne d'eau plutôt que comme une estimation de la biomasse zooplanctonique. En conséquence, les analyses et les paragraphes concernés ont été ré-intitulés 'biomasse sestonique' pour éviter toute confusion.

L'abondance zooplanctonique était maximale en été (2 500 ind./m<sup>3</sup>) et était largement représentée par l'holoplancton ( $> 90\%$ ) à l'exception du mois de mai où le méroplancton représentait 75 % du zooplancton global. Au cours de cette période de surveillance, les copépodes qui constituaient le taxon dominant de l'holoplancton présentaient une succession saisonnière classique des espèces pour la région. L'abondance des stades larvaires (copépodites) au printemps semble indiquer que les adultes ont su mettre à profit la poussée phytoplanctonique printanière, et est un bon indice de la santé générale de l'écosystème.

Le maximum relevé pour l'abondance des noctiluques *Noctiluca scintillans* (dinoflagellés) a été très faible (100 ind./10 m<sup>3</sup>). Ceci confirmerait une phase de diminution d'abondance et de durée de présence depuis un maximum observé en 2004 avec plus d'un million d'individus pour 10 m<sup>3</sup>.

L'impact du fonctionnement de la centrale, s'il est réel, reste difficile à estimer. En effet, on n'observe pas, lors des deux missions en 2007, de déficit d'abondance zooplanctonique entre le canal d'amenée et le canal de rejet, sauf pour les appendiculaires et les larves d'échinodermes qu'on ne retrouve pas ou peu dans le canal de rejet. Cependant les différences d'abondance observées entre les points côtiers et plus au large montrent la difficulté d'évaluer si les différences observées sont dues à la variabilité naturelle du système ou à un effet direct de la centrale. Pour palier en partie à ce problème nous avons décidé pour la prochaine année de surveillance (2007-2008) d'utiliser le même type de filet à plancton (WP2) pour les quatre points de prélèvement. Ceci afin d'éliminer tout biais qui serait dû à une différence dans le mode d'échantillonnage du zooplancton.

#### Références

- Frost B. W. (1989). A taxonomy of the marine calanoid copepod genus *Pseudocalanus*. Can. J. Zool. 67: 525-551.
- Renj J. & Hirche J.J. (2007). *Pseudocalanus* species in the Baltic Sea and North Sea : Comparative field studies on the life cycles of congener species in adjacent waters. Human and climate forcing of zooplankton population, p 144. 4th Int. Zooplankton Production Symp. Hiroshima (Japan), 28 May – 1 June 2007.

**Annexe 5.1. Variations saisonnières et spatiales du poids sec, et de la biomasse en carbone et azote du zooplancton (A) au point *canal d'aménée* lors du suivi mensuel et (B) lors des campagnes pélagiques du 30 mai et du 25 septembre 2007.**

**(A)**

Date	Station	Poids sec (mg m <sup>-3</sup> )	Biomasse C (mg C m <sup>-3</sup> )	Biomasse N (mg N m <sup>-3</sup> )	rapport C/N	%C	%N
15/11/2006	Canal	14.4	2.40	0.50	4.8	16.60	3.49
22/12/2006	Canal	43.4	2.55	0.40	6.3	5.87	0.93
29/01/2007	Canal	5.2	0.44	0.08	5.4	8.37	1.56
26/02/2007	Canal	16.0	5.07	1.27	4.0	31.65	7.92
21/03/2007	Canal	34.9	7.76	1.53	5.1	22.23	4.38
23/04/2007	Canal	84.0	17.66	3.47	5.1	21.02	4.13
30/05/2007	Canal	34.4	5.29	1.08	4.9	15.41	3.13
29/06/2007	Canal	11.2	3.21	0.77	4.2	28.61	6.86
24/07/2007	Canal	40.4	11.13	2.62	4.2	27.57	6.49
17/08/2007	Canal	27.4	9.17	2.32	4.0	33.42	8.45
25/09/2007	Canal	17.4	1.57	0.26	6.0	9.05	1.51
29/10/2007	Canal	44.5	7.45	1.74	4.3	16.74	3.91

**(B)**

Date	Station	Biomasse (mg m <sup>-3</sup> )	Biomasse C (mg C m <sup>-3</sup> )	Biomasse N (mg N m <sup>-3</sup> )	rapport C/N	%C	%N
30/05/2007	Canal	34.4	5.29	1.08	4.9	15.41	40.90
30/05/2007	Rejet	71.6	7.01	0.91	7.7	9.79	15.91
30/05/2007	Contrôle	366.8	50.96	9.15	5.6	13.89	233.41
30/05/2007	Référence	487.7	19.41	2.76	7.0	3.98	23.96
25/09/2007	Canal	17.4	1.57	0.26	6.0	9.05	5.35
25/09/2007	Rejet	21.9	2.10	0.22	9.4	9.60	2.78
25/09/2007	Contrôle	79.8	11.30	1.40	8.1	14.16	23.53
25/09/2007	Référence	98.4	7.84	0.87	9.0	7.97	7.22

## Annexe 5.2. Abondance des taxons ou stades larvaires de taxons dénombrés lors des campagnes au point canal d'amenée (2006-2007)

Date:	15/11/2006	22/12/2006	29/01/2007	26/02/2007	21/03/2007	23/04/2007	30/05/2007	29/06/2007	24/07/2007	17/08/2007	25/09/2007	29/10/2007
Heure	15:35	11:45	16:15	14:25	09:58	14:25	13:03	11:00	10:50	10:20	11:28	09:50
Station:	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal
Volume échantillonné (m3)	9.77	72.02	87.08	25.98	42.52	14.37	5.33	15.76	7.47	14.72	4.44	13.74
<b>Copépodes adultes (ind. m<sup>-3</sup>)</b>												
<i>Acartia clausi</i>	9.83	13.88	5.51	9.85	18.81	33.41	50.30	60.17	434.91	358.67	0.00	48.89
<i>Acartia discaudata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Calanus helgolandicus</i>	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Candacia armata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Centropages hamatus</i>	0.82	1.56	1.10	3.70	11.29	17.82	3.75	4.32	12.85	20.65	2.25	16.30
<i>Centropages typicus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eurytemora affinis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Isias clavipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Labidocera wollastonii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Metridia lucens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paracalanus parvus</i>	2.46	5.22	5.33	4.31	13.55	5.01	2.25	0.25	29.99	81.52	0.00	23.28
<i>Parapontella brevicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	0.82	3.78	3.67	17.24	9.03	10.02	0.00	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00
<i>Stephos minor</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Temora longicornis</i>	2.25	2.78	0.55	109.63	44.40	92.99	14.27	8.63	77.13	85.86	1.35	23.28
<i>Corycaeus anglicus</i>	0.20	0.11	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.66
<i>Cyclopina littoralis</i>	0.41	0.11	0.00	12.93	3.01	0.00	0.00	0.51	0.00	36.95	0.00	2.33
<i>Oithona nana</i>	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oithona similis</i>	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	51.22
<i>Oncaea sp.</i>	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclopoide sp.</i>	0.00	0.22	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	3.26	0.00	0.00
<i>Euterpina acutifrons</i>	52.01	22.55	2.02	6.77	30.85	5.01	7.51	28.18	469.19	980.37	308.88	891.67
<i>Laophonte sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Thalestris sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Tigriopus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	0.00	0.00	0.51	0.00	3.26	0.00	0.00
<i>Harpacticoides sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	2.33
<i>Caligidae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ergasilus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Lernaeocera sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Monstrillidae</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
non identifié	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Gymnoplea</b>	<b>16.18</b>	<b>27.32</b>	<b>16.17</b>	<b>144.73</b>	<b>97.08</b>	<b>159.25</b>	<b>70.58</b>	<b>73.37</b>	<b>554.88</b>	<b>548.88</b>	<b>3.60</b>	<b>111.75</b>
<b>Total Podoplea</b>	<b>53.24</b>	<b>23.55</b>	<b>2.39</b>	<b>19.71</b>	<b>36.12</b>	<b>5.01</b>	<b>7.51</b>	<b>29.20</b>	<b>469.19</b>	<b>1023.85</b>	<b>311.13</b>	<b>952.20</b>
<b>Total copépodes adultes</b>	<b>69.42</b>	<b>50.87</b>	<b>18.56</b>	<b>164.44</b>	<b>133.20</b>	<b>164.26</b>	<b>78.08</b>	<b>102.56</b>	<b>1024.07</b>	<b>1572.73</b>	<b>314.73</b>	<b>1063.95</b>

## Annexe 5.2. Suite 1

Date:	15/11/2006	22/12/2006	29/01/2007	26/02/2007	21/03/2007	23/04/2007	30/05/2007	29/06/2007	24/07/2007	17/08/2007	25/09/2007	29/10/2007
Heure	15:35	11:45	16:15	14:25	09:58	14:25	13:03	11:00	10:50	10:20	11:28	09:50
Station:	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal
Volume échantillonné (m3)	9.77	72.02	87.08	25.98	42.52	14.37	5.33	15.76	7.47	14.72	4.44	13.74
<b>Copépodites (ind. m<sup>-3</sup>)</b>												
<i>Acartia</i>	6.96	12.44	5.14	1.23	35.37	22.27	163.67	69.31	235.67	261.94	0.90	79.16
<i>Calanus</i>	0.00	0.11	0.00	0.00	0.75	0.56	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Candacia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Centropages</i>	1.84	8.22	1.65	1.23	41.39	11.14	27.78	33.77	64.27	27.17	1.35	100.11
<i>Isias</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Labidocera</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	2.14	0.00	0.00	0.00
<i>Paracalanus</i>	2.05	3.55	4.78	4.31	34.62	2.23	0.75	1.27	4.28	69.56	0.45	13.97
<i>Pseudocalanus</i>	1.23	1.67	5.14	9.85	5.27	2.78	10.51	0.00	0.00	2.17	0.00	0.00
<i>Temora</i>	5.12	23.22	45.38	369.53	315.31	48.44	128.39	164.26	469.19	277.16	1.80	572.72
non identifié	0.00	0.00	0.00	1.23	10.54	0.00	0.00	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00
<i>Corycaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclopina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oithona</i>	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oncaea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclopoide spp.</i>	2.46	0.67	0.18	0.00	0.00	0.00	0.75	1.02	36.42	10.87	0.00	2.33
<i>Euterpina acutifrons</i>	1.23	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.76	17.14	1.09	0.00	4.66
<b>Total Gymnoplea</b>	<b>17.20</b>	<b>49.21</b>	<b>62.10</b>	<b>387.39</b>	<b>443.24</b>	<b>87.42</b>	<b>331.85</b>	<b>268.85</b>	<b>775.55</b>	<b>639.09</b>	<b>4.50</b>	<b>765.95</b>
<b>Total Podoplea</b>	<b>3.89</b>	<b>0.67</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>1.78</b>	<b>53.56</b>	<b>11.96</b>	<b>0.00</b>	<b>6.98</b>
<b>Total Copépodites</b>	<b>21.09</b>	<b>49.87</b>	<b>62.29</b>	<b>387.39</b>	<b>444.00</b>	<b>87.42</b>	<b>332.61</b>	<b>270.63</b>	<b>829.11</b>	<b>651.05</b>	<b>4.50</b>	<b>772.94</b>



## Annexe 5.2. Suite 2

Date:	15/11/2006	22/12/2006	29/01/2007	26/02/2007	21/03/2007	23/04/2007	30/05/2007	29/06/2007	24/07/2007	17/08/2007	25/09/2007	29/10/2007
Heure	15:35	11:45	16:15	14:25	09:58	14:25	13:03	11:00	10:50	10:20	11:28	09:50
Station:	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal
Volume échantillonné (m <sup>3</sup> )	9.77	72.02	87.08	25.98	42.52	14.37	5.33	15.76	7.47	14.72	4.44	13.74
<b>Autres crustacés (Ind. m<sup>-3</sup>)</b>												
Daphnia sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Penilia sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Podon sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	1.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Evadne sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Cladocères</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>1.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Cypris	1.23	0.11	0.00	0.00	18.06	1.11	2.25	2.54	19.28	11.96	1.80	0.00
Nauplii	4.30	0.33	2.20	4.93	16.56	1.11	9.01	24.37	244.23	81.52	1.35	6.98
<b>Total Cirripèdes</b>	<b>5.53</b>	<b>0.44</b>	<b>2.20</b>	<b>4.93</b>	<b>34.62</b>	<b>2.23</b>	<b>11.26</b>	<b>26.91</b>	<b>263.52</b>	<b>93.47</b>	<b>3.15</b>	<b>6.98</b>
Nauplii	0.00	0.00	0.55	0.00	3.01	0.00	0.00	6.35	53.56	8.70	0.00	11.64
<b>Total Copépodes</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.55</b>	<b>0.00</b>	<b>3.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>6.35</b>	<b>53.56</b>	<b>8.70</b>	<b>0.00</b>	<b>11.64</b>
Ostracoda sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	2.14	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ostracodes</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.14</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Anchialina agilis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mesopodopsis slabberii	0.20	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.00
Mysidopsis sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Schistomysis kervielli	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Schistomysis spiritus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Mysidacés</b>	<b>0.20</b>	<b>0.33</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.80</b>	<b>0.00</b>
Gnathidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larve microniscus	0.00	0.33	0.37	0.62	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	4.35	0.00	2.33
<b>Total Isopodes</b>	<b>0.00</b>	<b>0.33</b>	<b>0.37</b>	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.25</b>	<b>0.00</b>	<b>4.35</b>	<b>0.00</b>	<b>2.33</b>
Caprellidea	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gammaridea	0.00	0.33	0.18	0.00	0.00	0.56	1.50	0.51	2.14	1.09	0.00	0.00
Hyperidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Amphipodes</b>	<b>0.00</b>	<b>0.44</b>	<b>0.18</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.56</b>	<b>1.50</b>	<b>0.51</b>	<b>2.14</b>	<b>1.09</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Cumacea sp.	0.00	0.11	0.00	0.62	0.00	0.00	0.75	0.25	2.14	8.70	0.00	2.33
<b>Total Cumacés</b>	<b>0.00</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.25</b>	<b>2.14</b>	<b>8.70</b>	<b>0.00</b>	<b>2.33</b>
Larves Caridea	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	2.14	6.52	0.00	2.33
Larves Thalassinidea	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves Anomoura	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	4.28	0.00	0.00	0.00
Zoe de Brachyours	0.20	0.11	1.65	1.23	2.26	0.00	3.75	0.00	17.14	2.17	0.00	0.00
Mégaloque de Brachyours	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	2.17	0.00	0.00
Larves decapoda ND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Decapodes</b>	<b>0.20</b>	<b>0.11</b>	<b>2.02</b>	<b>1.23</b>	<b>2.26</b>	<b>0.00</b>	<b>4.50</b>	<b>0.51</b>	<b>29.99</b>	<b>10.87</b>	<b>0.00</b>	<b>2.33</b>

Date:	15/11/2006	22/12/2006	29/01/2007	26/02/2007	21/03/2007	23/04/2007	30/05/2007	29/06/2007	24/07/2007	17/08/2007	25/09/2007	29/10/2007
Heure:	15:35	11:45	16:15	14:25	09:58	14:25	13:03	11:00	10:50	10:20	11:28	09:50
Station:	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal	Canal
Volume échantillonné (m3)	9.77	72.02	87.08	25.98	42.52	14.37	5.33	15.76	7.47	14.72	4.44	13.74
<b>Autres zooplanctontes (ind. m<sup>-3</sup>)</b>												
Noctiluca scintillans	3.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51	0.00	0.00	210.72	0.00
<b>Total Noctiluques</b>	<b>3.48</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.51</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>210.72</b>	<b>0.00</b>
Clytia hemisphaerica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.76	2.14	3.26	0.45	0.00
Eucoilota maculata	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hybocodon prolifer	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Obelia sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	15.77	2.28	2.14	0.00	0.00	0.00
Podocoryne sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sarsia sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ratkea / Bougainvillea sp	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	5.26	1.02	0.00	0.00	0.00	0.00
Cnidaire sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.28	0.00	0.45	4.66
<b>Total Cnidaires</b>	<b>0.00</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>23.27</b>	<b>4.06</b>	<b>8.57</b>	<b>3.26</b>	<b>0.90</b>	<b>4.66</b>
Pleurobrachia pileus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Beroe sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves cydippides	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ctenaires</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.62</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Lanice conchilega	0.61	0.11	0.00	3.70	95.57	3.90	39.79	6.85	38.56	3.26	3.15	9.31
Aphroditidae	0.00	0.00	0.00	0.00	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Magelonidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.67	3.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Spionidae	0.00	0.00	0.00	0.00	68.48	0.00	0.00	2.79	10.71	2.17	0.00	2.33
Syllidae	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	2.14	0.00	0.00	0.00
Larves nectochètes	2.46	0.78	0.37	4.93	0.75	0.00	1.50	2.28	25.71	2.17	2.25	0.00
Polychaete sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	14.30	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Annelides</b>	<b>3.07</b>	<b>0.89</b>	<b>0.37</b>	<b>9.24</b>	<b>180.61</b>	<b>5.57</b>	<b>45.80</b>	<b>11.93</b>	<b>77.13</b>	<b>7.61</b>	<b>5.40</b>	<b>11.64</b>
Larves Bivalves	8.19	0.00	0.00	0.00	0.75	1.11	0.00	0.00	6.43	39.13	1.35	4.66
Larves Gastéropodes	1.23	2.55	0.00	0.00	0.00	0.56	3.75	2.54	59.99	31.52	2.25	0.00
<b>Total Mollusques</b>	<b>9.42</b>	<b>2.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>1.67</b>	<b>3.75</b>	<b>2.54</b>	<b>66.41</b>	<b>70.65</b>	<b>3.60</b>	<b>4.66</b>
Larves cyphonautes	8.19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	0.76	38.56	14.13	0.00	13.97
<b>Total Bryozoaires</b>	<b>8.19</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3.75</b>	<b>0.76</b>	<b>38.56</b>	<b>14.13</b>	<b>0.00</b>	<b>13.97</b>
Echinocardium (L. echinopluteus)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.23	18.02	0.00	4.28	0.00	0.00	0.00
Larves echinopluteus	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	518.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves ophioluteus	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	590.13	1.52	0.00	3.26	3.60	0.00
Larves bipinnaria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ophiura sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00
<b>Total Echinodermes</b>	<b>0.20</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>2.23</b>	<b>1127.70</b>	<b>1.52</b>	<b>4.28</b>	<b>3.26</b>	<b>4.05</b>	<b>0.00</b>
Oikopleura dioica	2.46	10.33	11.21	5.54	51.17	50.67	21.02	5.84	167.11	10.87	1.80	32.59
Fritillaria borealis	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Appendiculaires</b>	<b>2.46</b>	<b>10.33</b>	<b>11.21</b>	<b>5.54</b>	<b>51.17</b>	<b>50.67</b>	<b>21.02</b>	<b>5.84</b>	<b>167.11</b>	<b>10.87</b>	<b>1.80</b>	<b>32.59</b>
Sagitta sp.	3.07	0.33	0.18	3.08	0.00	0.00	0.75	0.25	2.14	53.26	3.60	6.98
<b>Total Chaetognathes</b>	<b>3.07</b>	<b>0.33</b>	<b>0.18</b>	<b>3.08</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.75</b>	<b>0.25</b>	<b>2.14</b>	<b>53.26</b>	<b>3.60</b>	<b>6.98</b>
Œufs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Alevins et Larves	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00
<b>Total Teleosteen</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.56</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.45</b>	<b>0.00</b>

**Annexe 5.3. Abondances des taxons ou stades larvaires de taxons dénombrés lors des campagnes des 30 mai et 25 septembre 2007 menées aux différents points du site de Gravelines**

Date:	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007
Heure	13:03	11:52	11:55	12:50	11:28		11:00	12:00
Station:	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence
Volume échantillonné (m3)	5.33	7.46	2.66	5.88	4.44	4.45	3.59	7.18
<b>Copépodes adultes (ind. m<sup>-3</sup>)</b>								
<i>Acartia clausi</i>	50.30	35.40	493.72	636.35	0.00	0.00	0.28	2.23
<i>Acartia discaudata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Calanus helgolandicus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Candacia armata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Centropages hamatus</i>	3.75	0.00	168.59	65.27	2.25	0.22	0.00	4.46
<i>Centropages typicus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Eurytemora affinis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Isias clavipes</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Labidocera wollastonii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Metridia lucens</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paracalanus parvus</i>	2.25	1.07	12.04	10.88	0.00	0.00	0.56	42.37
<i>Parapontella brevicornis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Pseudocalanus elongatus</i>	0.00	0.00	0.00	59.83	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Stephos minor</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Temora longicornis</i>	14.27	2.15	204.71	342.65	1.35	0.22	1.11	4.46
<i>Corycaeus anglicus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.23
<i>Cyclopina littoralis</i>	0.00	0.00	60.21	16.32	0.00	0.00	0.56	0.00
<i>Oithona nana</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oithona similis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	5.85	0.00	6.69
<i>Oncaea sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclopoide sp.</i>	0.00	0.00	36.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Euterpina acutifrons</i>	7.51	6.44	108.38	0.00	308.88	107.29	98.95	724.68
<i>Laophonte sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Thalestris sp.</i>	0.00	0.00	12.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Tigriopus sp.</i>	0.00	0.00	12.04	10.88	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Harpacticoides sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.90	0.00	0.00
Caligidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ergasilus sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Lerneocera sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Monstrillidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
non identifié	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Gymnoplea</b>	<b>70.58</b>	<b>38.62</b>	<b>879.05</b>	<b>1114.97</b>	<b>3.60</b>	<b>0.45</b>	<b>1.95</b>	<b>53.52</b>
<b>Total Podoplea</b>	<b>7.51</b>	<b>6.44</b>	<b>228.79</b>	<b>27.19</b>	<b>311.13</b>	<b>114.04</b>	<b>99.50</b>	<b>733.60</b>
<b>Total Copépodes adultes</b>	<b>78.08</b>	<b>45.06</b>	<b>1107.85</b>	<b>1142.16</b>	<b>314.73</b>	<b>114.49</b>	<b>101.46</b>	<b>787.12</b>

## Annexe 5.3. Suite 1

Date:	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007
Heure	13:03	11:52	11:55	12:50	11:28		11:00	12:00
Station:	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence
Volume échantillonné (m3)	5.33	7.46	2.66	5.88	4.44	4.45	3.59	7.18
<b>Copépodites (ind. m<sup>-3</sup>)</b>								
<i>Acartia</i>	163.67	203.84	806.80	2338.71	0.90	0.00	0.56	11.15
<i>Calanus</i>	0.75	0.00	0.00	16.32	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Candacia</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Centropages</i>	27.78	21.46	180.63	429.67	1.35	0.00	0.28	2.23
<i>Isias</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.23
<i>Labidocera</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Paracalanus</i>	0.75	1.07	84.29	21.76	0.45	0.00	0.84	28.99
<i>Pseudocalanus</i>	10.51	0.00	24.08	152.29	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Temora</i>	128.39	93.34	1950.78	1289.01	1.80	0.22	0.56	22.30
non identifié	0.00	1.07	132.46	174.04	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Corycaeus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Cyclopina</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oithona</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Oncaea</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cyclopoide spp.	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	11.15
<i>Euterpina acutifrons</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Gymnoplea</b>	<b>331.85</b>	<b>320.78</b>	<b>3179.05</b>	<b>4421.79</b>	<b>4.50</b>	<b>0.22</b>	<b>2.23</b>	<b>66.89</b>
<b>Total Podoplea</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.11</b>	<b>11.15</b>
<b>Total Copépodites</b>	<b>332.61</b>	<b>320.78</b>	<b>3179.05</b>	<b>4421.79</b>	<b>4.50</b>	<b>0.22</b>	<b>3.34</b>	<b>78.04</b>

## Annexe 5.3. Suite 2

Date:	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007
Heure	13:03	11:52	11:55	12:50	11:28		11:00	12:00
Station:	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence
Volume échantillonné (m3)	5.33	7.46	2.66	5.88	4.44	4.45	3.59	7.18
<b>Autres crustacés (ind. m<sup>-3</sup>)</b>								
<i>Daphnia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Penilia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Podon sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Evadne sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Cladocères</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Cypris	2.25	1.07	72.25	21.76	1.80	0.00	2.23	0.00
Nauplii	9.01	10.73	36.13	0.00	1.35	0.22	0.00	8.92
<b>Total Cirripèdes</b>	<b>11.26</b>	<b>11.80</b>	<b>108.38</b>	<b>21.76</b>	<b>3.15</b>	<b>0.22</b>	<b>2.23</b>	<b>8.92</b>
Nauplii	0.00	4.29	48.17	0.00	0.00	0.00	0.00	15.61
<b>Total Copépodes</b>	<b>0.00</b>	<b>4.29</b>	<b>48.17</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>15.61</b>
Ostracoda sp.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Ostracodes</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<i>Anchialina agilis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mesopodopsis slabberii</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	0.67	1.11	0.00
<i>Mysidopsis sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Schistomysis kervieli</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Schistomysis spiritus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Mysidacés</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1.80</b>	<b>0.67</b>	<b>1.11</b>	<b>0.00</b>
Gnathidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larve microniscus	0.00	1.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Isopodes</b>	<b>0.00</b>	<b>1.07</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
Caprellidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Gammaridea	1.50	2.15	48.17	5.44	0.00	0.00	0.00	8.92
Hyperidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Amphipodes</b>	<b>1.50</b>	<b>2.15</b>	<b>48.17</b>	<b>5.44</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>8.92</b>
Cumacea sp.	0.75	0.00	0.00	16.32	0.00	0.00	0.00	24.53
<b>Total Cumacés</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>16.32</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>24.53</b>
Larves Caridea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	6.69
Larves Thalassinidea	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves Anomoura	0.75	0.00	0.00	10.88	0.00	0.00	0.00	0.00
Zoe de Brachyours	3.75	7.51	0.00	21.76	0.00	0.00	0.00	0.00
Mégaloque de Brachyours	0.00	0.00	12.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves decapoda ND	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Decapodes</b>	<b>4.50</b>	<b>7.51</b>	<b>12.04</b>	<b>32.63</b>	<b>0.00</b>	<b>0.22</b>	<b>0.00</b>	<b>6.69</b>

Date:	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	30/05/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007	25/09/2007
Heure	13:03	11:52	11:55	12:50	11:28		11:00	12:00
Station:	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence	Amenée	Radeau	Contrôle	Référence
Volume échantillonné (m3)	5.33	7.46	2.66	5.88	4.44	4.45	3.59	7.18
<b>Autres zooplanctontes (ind. m<sup>-3</sup>)</b>								
<i>Noctiluca scintillans</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	210.72	0.00	5.30	0.00
<b>Total Noctiluques</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>210.72</b>	<b>0.00</b>	<b>5.30</b>	<b>0.00</b>
<i>Clytia hemisphaerica</i>	0.75	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	2.23
<i>Eucheilota maculata</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Hybocodon prolifér</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Obelia sp.</i>	15.77	0.00	72.25	10.88	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Podocoryne sp.</i>	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Sarsia sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ratkea / Bougainvillea sp</i>	5.26	0.00	12.04	5.44	0.00	0.00	0.28	0.00
Cnidaire sp.	0.00	0.00	36.13	5.44	0.45	0.67	0.00	0.00
<b>Total Cnidaires</b>	<b>23.27</b>	<b>0.00</b>	<b>120.42</b>	<b>21.76</b>	<b>0.90</b>	<b>0.67</b>	<b>0.28</b>	<b>2.23</b>
<i>Pleurobrachia pileus</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Beroe sp.</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves cydippides	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.18	0.00
<b>Total Ctenaires</b>	<b>1.50</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.18</b>	<b>0.00</b>
<i>Lanice conchilega</i>	39.79	3.22	1131.93	331.77	3.15	0.45	3.62	13.38
Aphroditidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Magelonidae	3.75	1.07	12.04	108.78	0.00	0.00	0.00	0.00
Spionidae	0.00	2.15	96.33	21.76	0.00	0.22	0.84	2.23
Syllidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves nectochètes	1.50	0.00	12.04	0.00	2.25	4.50	0.84	2.23
Polychaete sp.	0.75	0.00	0.00	5.44	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Annelides</b>	<b>45.80</b>	<b>6.44</b>	<b>1252.35</b>	<b>467.74</b>	<b>5.40</b>	<b>5.17</b>	<b>5.30</b>	<b>17.84</b>
Larves Bivalves	0.00	0.00	0.00	16.32	1.35	1.35	3.07	20.07
Larves Gastéropodes	3.75	2.15	12.04	32.63	2.25	0.45	0.56	13.38
<b>Total Mollusques</b>	<b>3.75</b>	<b>2.15</b>	<b>12.04</b>	<b>48.95</b>	<b>3.60</b>	<b>1.80</b>	<b>3.62</b>	<b>33.45</b>
Larves cyphonautes	3.75	3.22	36.13	81.58	0.00	0.00	0.28	4.46
<b>Total Bryozoaires</b>	<b>3.75</b>	<b>3.22</b>	<b>36.13</b>	<b>81.58</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.28</b>	<b>4.46</b>
Echinocardium (L. echinopluteus)	18.02	67.59	144.50	135.97	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves echinopluteus	518.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Larves ophiopluteus	590.13	34.33	975.39	2975.05	3.60	0.00	0.84	0.00
Larves bipinnaria	0.75	0.00	0.00	5.44	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Ophiura sp.</i>	0.75	0.00	0.00	38.07	0.45	0.00	1.11	2.23
<b>Total Echonodermes</b>	<b>1127.70</b>	<b>101.92</b>	<b>1119.89</b>	<b>3154.54</b>	<b>4.05</b>	<b>0.00</b>	<b>1.95</b>	<b>2.23</b>
<i>Oikopleura dioica</i>	21.02	3.22	144.50	114.22	1.80	0.00	0.84	40.14
<i>Fritillaria borealis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total Appendiculaires</b>	<b>21.02</b>	<b>3.22</b>	<b>144.50</b>	<b>114.22</b>	<b>1.80</b>	<b>0.00</b>	<b>0.84</b>	<b>40.14</b>
<i>Sagitta sp.</i>	0.75	0.00	0.00	5.44	3.60	0.45	0.56	11.15
<b>Total Chaetognaths</b>	<b>0.75</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5.44</b>	<b>3.60</b>	<b>0.45</b>	<b>0.56</b>	<b>11.15</b>
Œufs	0.00	0.00	0.00	5.44	0.00	0.00	0.00	0.00
Alevins et Larves	0.00	1.07	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00
<b>Total Teleosteen</b>	<b>0.00</b>	<b>1.07</b>	<b>0.00</b>	<b>5.44</b>	<b>0.45</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>



## 6. ZOOPLANCTON HALIEUTIQUE

Auteur : Antajan E.

Collaborateurs : Louis W., Le Roy D., Lelièvre S. (Ifremer)

Cotonnec G., Quilliet A-S. (LIMUL – ULCO)







## 6.1. INTRODUCTION

Le volet 'Écologie halieutique' de l'étude du site de Gravelines est centré sur les principales espèces constituant les ressources vivantes du secteur et son rôle de biotope. En effet, compte tenu de ses caractéristiques, le site s'inscrit dans une famille d'aires côtières de nutrition, frayères et nourriceries, en particulier pour les espèces halieutiques et notamment les poissons plats.

Situées en bordure orientale de l'entonnoir formé par le bassin du sud de la mer du Nord, dans un secteur de convergence de hauts-fonds, les eaux côtières de Gravelines présentent les caractéristiques d'une mer épicontinentale enrichie de nombreux apports telluriques. À cet égard, le site est en continuité avec les côtes belges et hollandaises, à la frange méridionale de l'importante frayère de sole de mer du Nord, dont l'épicentre se situe à peine à quelques dizaines de kilomètres au nord-est.

L'étude est focalisée sur les stades planctoniques de trois espèces cibles retenues pour leur importance économique effective ou potentielle et la reproductibilité de leur présence dans le milieu : deux poissons, la sole et le sprat, à ponte côtière, et un crustacé, la crevette grise, tous caractéristiques du site. Le choix de deux poissons d'écologie différente en phase adulte (la première est benthique, le seconde pélagique), outre son intérêt direct, permet de mettre en évidence des processus généraux affectant le site.

## 6.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le matériel et les méthodes de terrain et de laboratoire sont issus de ceux utilisés depuis le début des études et harmonisés pour l'ensemble des sites d'implantation de centrales nucléaires. Ils sont décrits en détail dans les précédents rapports. Nous les résumons ci-dessous en précisant les particularités de l'année 2007.

### 6.2.1. Rappel succinct

Les mesures de température et salinité ont été réalisées au moyen d'une sonde *WTW Multi 340i*.

Les prélèvements de zooplancton sont effectués à l'échantillonneur *BONGO* grand modèle (61 cm de diamètre d'ouverture) muni de deux filets de maillage 500 µm dont les pêches sont mélangées, à l'exception du point 325 à l'entrée du canal d'amenée où l'on utilise une armature simple à un seul filet (maillage de 500 µm).

Deux réplicats sont réalisés en chaque point (l'engin est mis à l'eau deux fois successives). Les volumes filtrés sont calculés à partir des indications de flux-mètres *General Oceanics* montés à l'entrée des filets.

### 6.2.2. Localisation des points de prélèvement

Les prélèvements sont réalisés en trois points situés en mer le long d'une radiale (points 313 : *côte*, 324 : *médian* (ou '*contrôle*'), 318 : *large*) et un point (325) situé à l'entrée du canal d'amenée (au niveau du pont enjambant le canal de prise d'eau).

### 6.2.3. Chronologie

Il est prévu quatre campagnes par an, dont deux ayant lieu en mer alternant avec deux campagnes au canal d'amenée, dans un intervalle allant de fin mars à mai, afin de couvrir au mieux la période de reproduction de la sole et du sprat, sachant que la présence des zoés (larves) de crevette grise s'échelonne tout au long de l'année avec cependant une prédominance au printemps.

Comme lors des années précédentes, compte tenu de l'évolution des périodes de ponte, plus précoces depuis quelques années (décalage d'une quinzaine de jours à un mois environ), les dates des campagnes ont été avancées. En 2007, elles se sont ainsi échelonnées du 28 mars au 14 mai. Depuis 2002, et à fins de comparaison, les prélèvements en mer sont complétés de prélèvements réalisés au canal d'amenée. La chronologie, ainsi que les principales caractéristiques des campagnes, figurent dans le tableau 6.1 ci-dessous.

**Tableau 6.1. Caractéristiques des campagnes 'Zooplankton halieutique' sur le site de Gravelines en 2007 (- : absence de résultat)**

N° de campagne	Date	Point	Température surface (°C)	Température fond (°C)	Salinité Surface (P.S.U.)	Salinité Fond (P.S.U.)	Répliques	Heure du prélèvement	Durée du trait (min)	Volume filtré (m <sup>3</sup> )
229	28 mars	325	9,12	9,05	-	-	1	14h24	15	66,04
							2	14h48	15	62,43
230	11 avril	325	10,59	10,61	-	-	1	11h55	15	98,90
							2	12h40	15	70,54
		313	11,24	11,03	-	-	1	17h46	6	120,63
							2	17h59	6	108,10
		324	10,4	10,3	-	-	1	17h14	6	104,78
							2	17h24	6	102,12
318	9,88	9,76	-	-	1	16h40	6	119,13		
					2	16h50	6	101,97		
231	3 mai	325	13,7	13,6	33,1	33,0	1	9h09	15	72,24
							2	9h52	15	52,15
232	14 mai	325	13,7	13,7	33,77	33,78	1	15h38	15	56,79
							2	16h15	15	35,99
		313	13,15	13,1	33,78	33,78	1	10h53	6	68,21
							2	11h14	6	53,67
		324	12,85	12,85	33,95	33,93	1	11h32	6	65,67
							2	11h47	6	78,82
318	12,85	12,68	33,6	33,82	1	12h13	6	66,94		
					2	-	-	-		

### 6.3. RÉSULTATS-DISCUSSION

#### 6.3.1. La sole *Solea solea* (Linné, 1758) = *Solea vulgaris* (Quensel, 1806)

La sole commune constitue l'une des grandes ressources halieutiques du secteur. Le site est inclus dans une famille d'aires de reproduction, à proximité du barycentre de la frayère de mer du Nord. Les œufs et larves de sole forment ainsi un élément caractéristique du plancton de Gravelines et les cycles annuels d'abondance sont bien reproductibles.

**Tableau 6.2. Abondances des œufs et des larves de sole à Gravelines en 2007 (en nombre par 10 m<sup>3</sup>)**

Date	Point	Réplicats	Total œufs	Œufs stade 1	Œufs stade 2	Larves
28 mars	325	1	4,54	2,42	2,12	0,45
		2	7,37	5,93	1,44	0,96
		<b>Moyenne</b>	<b>5,96</b>	<b>4,17</b>	<b>1,78</b>	<b>0,71</b>
11 avril	325	1	7,58	5,06	2,53	0,61
		2	30,05	19,70	10,35	2,41
		<b>Moyenne</b>	<b>18,82</b>	<b>12,38</b>	<b>6,44</b>	<b>1,51</b>
	313	1	12,19	7,63	4,56	0,41
		2	10,08	6,48	3,61	0,56
		<b>Moyenne</b>	<b>11,13</b>	<b>7,05</b>	<b>4,08</b>	<b>0,48</b>
	324	1	16,61	10,02	6,59	0,95
		2	17,92	11,26	6,66	0,69
		<b>Moyenne</b>	<b>17,26</b>	<b>10,64</b>	<b>6,62</b>	<b>0,82</b>
	318	1	8,23	4,70	3,53	0,84
		2	9,32	5,49	3,82	1,18
		<b>Moyenne</b>	<b>8,77</b>	<b>5,10</b>	<b>3,68</b>	<b>1,01</b>
3 mai	325	1	4,98	2,08	2,91	0,97
		2	4,22	1,53	2,68	0,38
		<b>Moyenne</b>	<b>4,60</b>	<b>1,81</b>	<b>2,80</b>	<b>0,68</b>
14 mai	325	1	0,00	0,00	0,00	0,18
		2	0,00	0,00	0,00	0,56
		<b>Moyenne</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,37</b>
	313	1	6,89	3,81	3,08	0,15
		2	0,00	0,00	0,00	0,37
		<b>Moyenne</b>	<b>3,45</b>	<b>1,91</b>	<b>1,54</b>	<b>0,26</b>
	324	1	0,30	0,30	0,00	1,52
		2	0,38	0,25	0,13	0,76
		<b>Moyenne</b>	<b>0,34</b>	<b>0,28</b>	<b>0,06</b>	<b>1,14</b>
	318	1	0,60	0,60	0,00	1,05
		2	-	-	-	-
		<b>Moyenne</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### Œufs

Depuis 2002, et afin de mieux encadrer le pic de ponte, les prélèvements sont programmés pour avoir lieu dès la fin du mois de mars. En 2007, l'examen des effectifs lors des campagnes successives a indiqué un bon recouvrement du pic de ponte (Tableau 6.2 et Fig. 6.1). Avec un pic de 19 œufs par 10 m<sup>3</sup> en avril au point *canal d'aménée*, les abondances de 2007 étaient supérieures à celles de 2006 où les abondances étaient particulièrement faibles pour le site (< 10 œufs par 10 m<sup>3</sup>). Depuis environ une décennie et hormis les valeurs exceptionnelles de 1996 (plus d'une centaine d'œufs par 10 m<sup>3</sup>), les abondances se situent plutôt dans la partie basse de la moyenne des effectifs du site.

Cette année la période de ponte était moins étendue qu'en 2006, les abondances lors de la deuxième sortie en mer étant comprises entre 0 et 4 œufs par 10 m<sup>3</sup>. Indice d'un éloignement de la période maximale de ponte, la proportion des stades 2 (œufs à embryon

développé) qui était  $> 80\%$  le 14 mai contre 30 à 42 % lors de la mission du mois d'avril (Fig. 6.2). De même un gradient croissant de la côte vers le large de la proportion d'œufs de stade 2 a été observé lors de la mission du mois d'avril, conformément à la biologie de cette espèce à ponte côtière dans les zones septentrionales.

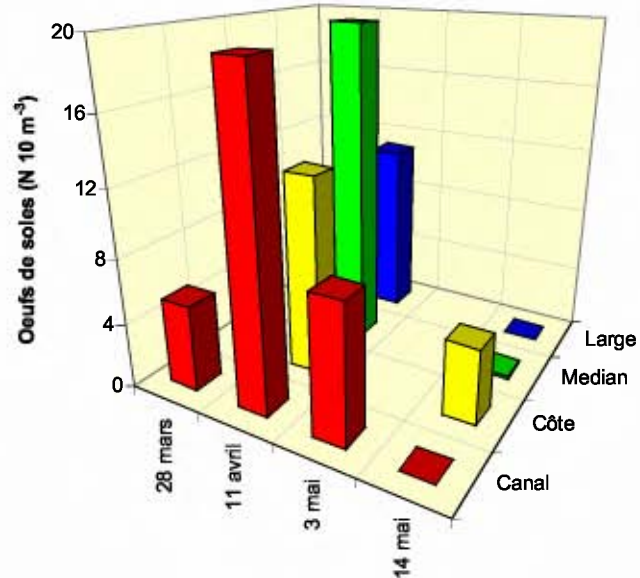


Figure 6.1. Abondance des œufs de sole à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement

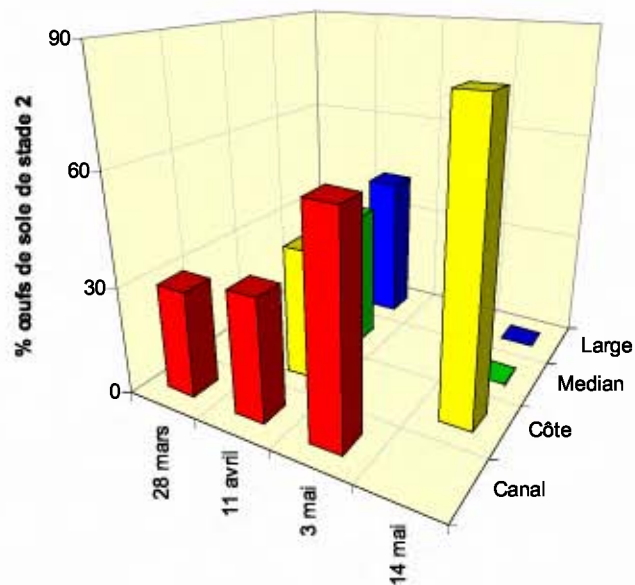


Figure 6.2. Proportion d'œufs de sole de stade 2 à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement

## Larves

Comme pour les œufs, les larves de sole présentait un pic d'abondance en avril au point *canal d'amenée* avec 1,5 larves par 10 m<sup>3</sup>, soit 2,5 fois plus qu'en 2006. Les effectifs étaient croissants du point *côte* au point *large* lors des deux missions en mer.

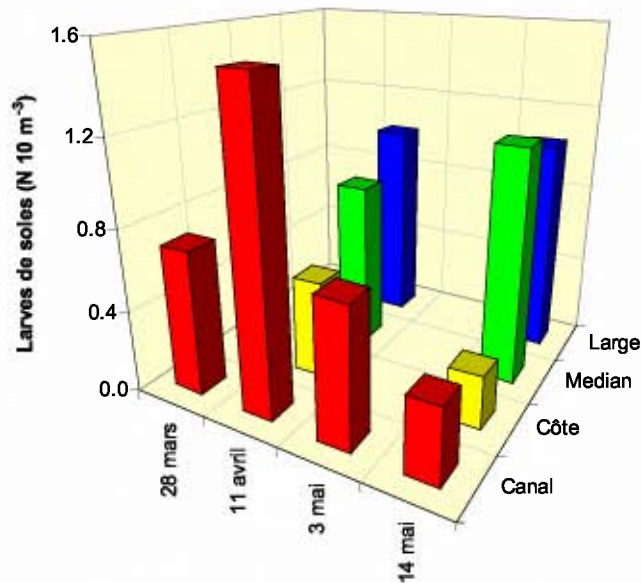


Figure 6.3. Abondance des larves de sole à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement

### 6.3.2. Le sprat *Sprattus sprattus* (Linné, 1758)

Cette espèce pélagique, bien que n'étant pas exploitée à Gravelines, est très représentative des peuplements du secteur et régulièrement présente dans le plancton. L'abondance de ses phases œufs et larves, jointe à la reproductibilité des cycles d'abondance en fait une espèce caractéristique du site lequel s'inscrit dans une famille de frayères locales pour l'espèce.

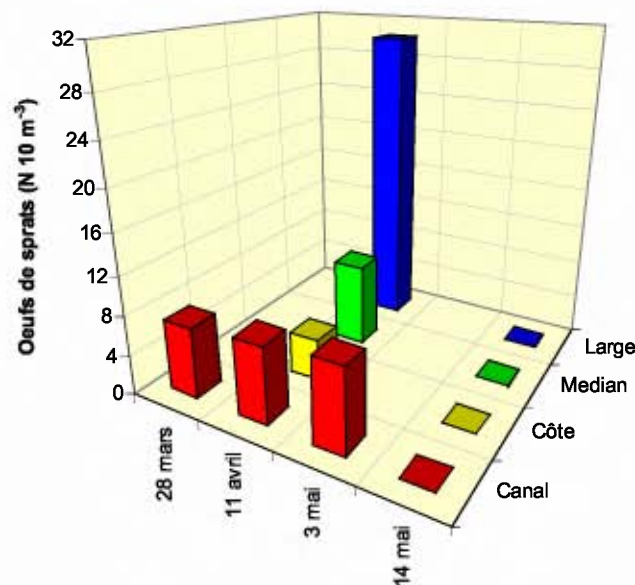
En effet, bien que pélagique et migrateur, le sprat forme des populations relativement inféodées à un secteur donné. Celles-ci s'égrènent le long des côtes du sud de la mer du Nord, essentiellement les côtes belges et hollandaises.

## Œufs

L'abondance maximale a été observée lors de la mission du mois d'avril au point *large* avec 30 œufs par 10 m<sup>3</sup>, conformément au comportement reproducteur de cette espèce pélagique qui fraie à quelque distance de la côte (Tableau 6.3 et Fig. 6.4). Les abondances se situent parmi les valeurs les plus faibles observées sur le site. La reproduction semble avoir été plus précoce que les années précédentes puisque lors de la mission de mai aucun œuf de sprat n'a été identifié dans les prélèvements. La proportion d'œufs de stade 2 dans les échantillons était comprise entre 60 et 83 %, ce qui confirme bien qu'en avril nous étions déjà à la fin de la période de ponte (Fig. 6.5).

**Tableau 6.3. Abondance des œufs et des larves de sprat à Gravelines en 2007 (en nombre par 10 m<sup>3</sup>)**

Date	Point	Réplicats	Total œufs	Œufs stade 1	Œufs stade 2	Larves
28 mars	325	1	7,12	2,27	4,85	0,00
		2	7,21	1,41	5,77	0,00
		<b>Moyenne</b>	<b>7,16</b>	<b>1,86</b>	<b>5,31</b>	<b>0,00</b>
11 avril	325	1	5,56	2,02	3,54	0,00
		2	10,06	3,83	6,24	0,85
		<b>Moyenne</b>	<b>7,81</b>	<b>2,92</b>	<b>4,89</b>	<b>0,43</b>
	313	1	4,89	0,66	4,23	0,17
		2	3,52	0,74	2,78	0,09
		<b>Moyenne</b>	<b>4,20</b>	<b>0,70</b>	<b>3,50</b>	<b>0,13</b>
	324	1	8,59	2,10	6,49	0,10
		2	8,32	2,84	5,48	0,20
		<b>Moyenne</b>	<b>8,46</b>	<b>2,47</b>	<b>5,99</b>	<b>0,15</b>
	318	1	25,52	10,66	14,86	0,00
		2	34,91	14,12	20,79	0,10
		<b>Moyenne</b>	<b>30,21</b>	<b>12,39</b>	<b>17,82</b>	<b>0,05</b>
3 mai	325	1	4,98	2,63	2,35	0,28
		2	11,89	4,41	7,48	0,38
		<b>Moyenne</b>	<b>8,44</b>	<b>3,52</b>	<b>4,92</b>	<b>0,33</b>
14 mai	325	1	0,00	0,00	0,00	0,00
		2	0,00	0,00	0,00	1,67
		<b>Moyenne</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,83</b>
	313	1	0,00	0,00	0,00	1,47
		2	0,00	0,00	0,00	0,37
		<b>Moyenne</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,92</b>
	324	1	0,15	0,00	0,15	1,07
		2	0,00	0,00	0,00	2,03
		<b>Moyenne</b>	<b>0,08</b>	<b>0,00</b>	<b>0,08</b>	<b>1,55</b>
	318	1	0,00	0,00	0,00	0,30
		2	-	-	-	-
		<b>Moyenne</b>	-	-	-	-



**Figure 6.4. Abondance des œufs de sprat à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement**

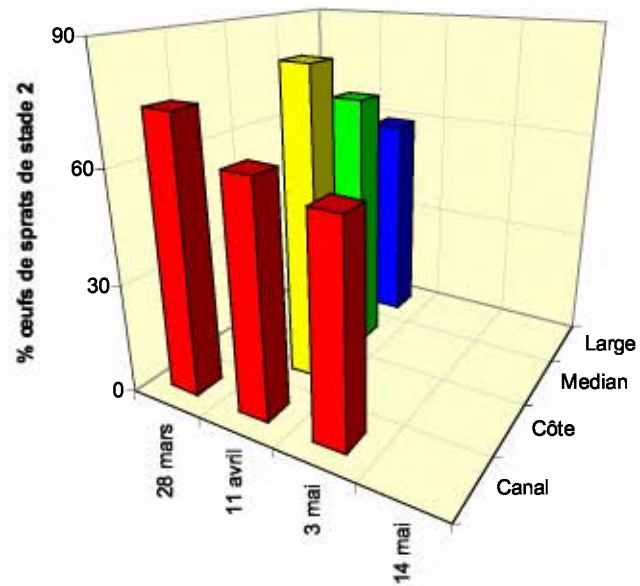


Figure 6.5. Proportion d'œufs de sprat de stade 2 à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement

### Larves

Comme en 2006, les abondances observées en 2007 ont montré également une baisse drastique des larves de sprat qui en sont à leur niveau le plus faible jamais noté sur le site (Fig. 6.6.). Les effectifs atteignent à peine un pic de 1,5 larves par  $10\text{ m}^3$  au point médian lors de la mission du 14 mai.

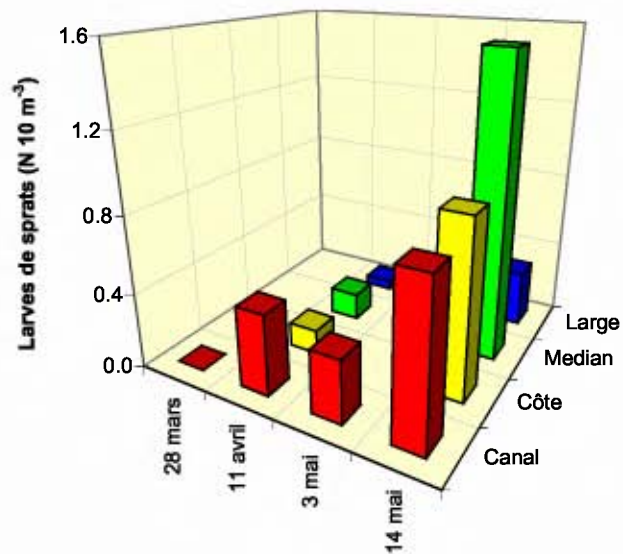


Figure 6.6. Abondance des larves de sprat à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement



### 6.3.3 La crevette grise *Crangon crangon* (Linné, 1758)

L'étude des zoés de la crevette grise avait cessé en 1989, au moment de la dernière réactualisation du programme de surveillance qui avait conduit à l'abandon des campagnes de suivi des phases benthiques de poissons plats sur le site, auxquelles la crevette était associée sur le plan méthodologique. Les présomptions de raréfaction de l'espèce font à nouveau croître depuis quelques années l'intérêt pour la crevette grise. L'échantillonnage a repris en 2001.

Le substrat sablo-vaseux du site de Gravelines lui est particulièrement favorable et les densités de zoés y étaient nettement supérieures à celles relevées sur d'autres sites de Manche, comme Penly, Paluel ou Flamanville.

La période de reproduction de la crevette grise est très étendue et ses zoés sont *a priori* présentes tout au long de l'année. Chaque femelle pond en fait plusieurs fois par an ; cependant, selon plusieurs auteurs, la reproduction s'effectue selon un rythme saisonnier qui conduit globalement à un maximum de zoés en été et un minimum en hiver (Meixner, 1968).

**Tableau 6.4. Densités de zoés et mégalopes de crevette grise à Gravelines en 2007**  
(en nombre par 10 m<sup>3</sup>)

Date	Point	Repliquat	Zoés	Mégalopes
28 mars	325	1	0,76	0,00
		2	6,09	0,00
		<b>Moyenne</b>	<b>3,42</b>	<b>0,00</b>
11 avril	325	1	1,31	0,00
		2	6,24	0,14
		<b>Moyenne</b>	<b>3,78</b>	<b>0,07</b>
	313	1	6,22	0,41
		2	4,90	1,20
		<b>Moyenne</b>	<b>5,56</b>	<b>0,81</b>
	324	1	2,58	0,29
		2	5,29	0,29
		<b>Moyenne</b>	<b>3,93</b>	<b>0,29</b>
	318	1	2,35	0,00
		2	1,67	0,00
		<b>Moyenne</b>	<b>2,01</b>	<b>0,00</b>
3 mai	325	1	24,92	8,58
		2	25,89	8,82
		<b>Moyenne</b>	<b>25,40</b>	<b>8,70</b>
14 mai	325	1	0,00	0,00
		2	0,00	0,28
		<b>Moyenne</b>	<b>0,00</b>	<b>0,14</b>
	313	1	5,28	8,80
		2	1,30	1,68
		<b>Moyenne</b>	<b>3,29</b>	<b>5,24</b>
	324	1	2,89	0,30
		2	1,90	0,25
		<b>Moyenne</b>	<b>2,40</b>	<b>0,28</b>
	318	1	3,44	0,45
		2	-	-
		<b>Moyenne</b>	-	-

### Zoés (larves)

À Gravelines, les zoés sont généralement présentes toute l'année, mais surtout de mars à septembre avec un pic d'avril à juin. Leurs abondances pouvaient atteindre plusieurs dizaines par  $10\text{ m}^3$  avec des pics de 100 à 200 dans les années 1980. En comparaison, les abondances relevées depuis 2001, année de la reprise des comptages, sont très faibles (sauf en 2005). Comme l'an passé, les abondances des zoés de la crevette grise en 2007 sont faibles pour le site ( $< 5$  larves par  $10\text{ m}^3$ ; Tableau 6.4 & Fig. 6.7). Toutefois, la sortie du 3 mai au point *canal d'amenée* présentait un pic d'abondance de 25 larves par  $10\text{ m}^3$ , correspondant davantage à ce que l'on avait l'habitude de relever sur ce site en cette saison.

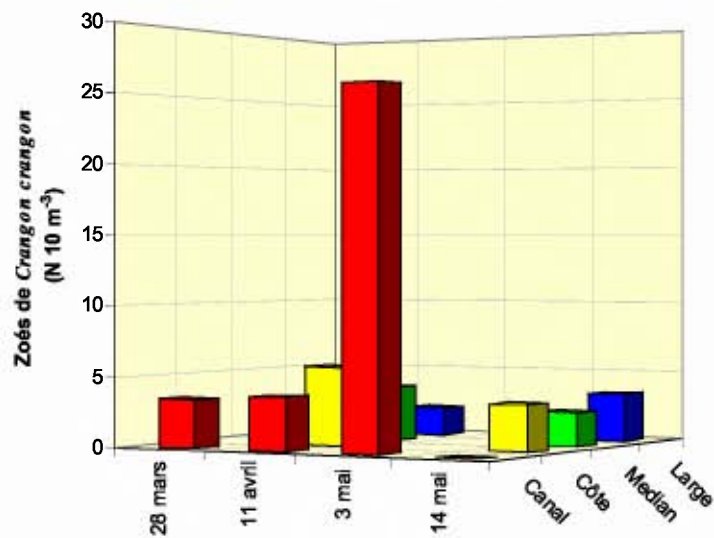


Figure 6.7. Abondance des zoés de la crevette grise *Crangon crangon* à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement

### Mégalopes (post-larves)

Comme pour les zoés, le maximum d'abondance pour les mégalopes de crevette grise a été observé le 3 mai au point *canal d'amenée* avec un pic de 8,7 mégalopes par  $10\text{ m}^3$ . Pour les autres prélèvements les abondances étaient inférieures à une post-larve par  $10\text{ m}^3$ , sauf au point *côte* le 14 mai où on a atteint un peu plus de 5 mégalopes par  $10\text{ m}^3$ . Ces effectifs sont loin d'avoisiner les abondances observées durant les années 80 (jusqu'à 25 par  $10\text{ m}^3$ ), bien qu'il soit difficile d'évaluer l'état d'une population sur la base de quatre prélèvements annuels.

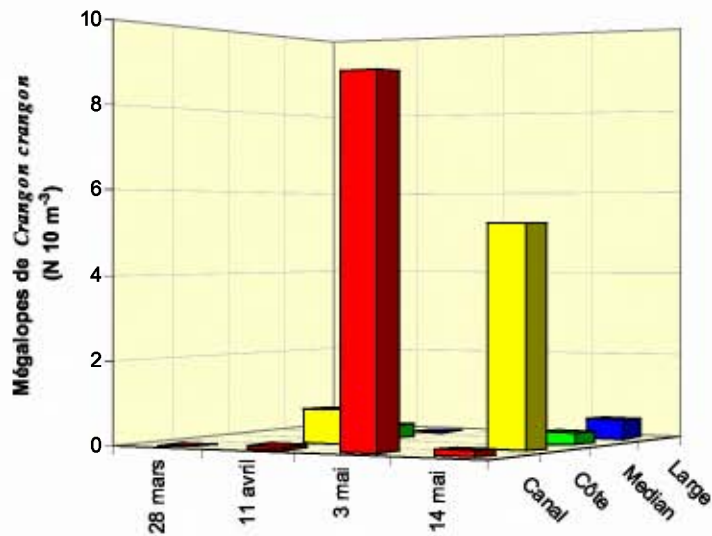


Figure 6.8. Abondance des mégaloopes de la crevette grise *Crangon crangon* à Gravelines en 2007 en fonction de la date et du point de prélèvement

#### 6.4. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

Conformément à la tendance à la précocité qui s'est installée depuis quelques années, la période de ponte de la sole et du sprat est centrée sur le mois d'avril, et les effectifs maximums de larves sont observés en mai.

Avec une abondance maximale d'œufs de **sole** égale à 19 par 10 m<sup>3</sup> en avril, les valeurs de 2007 se situent dans la moyenne des effectifs du site (10 à 30 œufs par 10 m<sup>3</sup>). Pour les larves, les abondances (< 2 par 10 m<sup>3</sup>) sont plutôt faibles pour le site.

Pour le **sprat**, la reproduction semble plus précoce puisque à la mi-mai aucun œuf n'a été identifié dans les prélèvements et qu'en avril les œufs étaient déjà en majorité au stade 2 de leur développement. Ceci pourrait expliquer pourquoi les abondances (< 10 œufs par 10 m<sup>3</sup>, hors le maximum de 30 œufs par 10 m<sup>3</sup> observé au point *large* en avril) se situent parmi les valeurs les plus faibles observées sur le site.

Enfin, la **crevette grise**, présente toujours des effectifs assez faibles depuis la reprise des comptages en 2001 et par rapport à l'ensemble des valeurs obtenues avant 1990.

#### Références

De Clerck R. et Van de Velde J., 1973.- A study of the spawning and nursery areas of sole along the belgian coasts.- Cons. Int. Explor. Mer, Comité des Poissons de fond (Nord), F : 34

Meixner R., 1968.- Reproduction of the sand shrimp *Crangon crangon* (L.) - Fish. Rep. FAO, 57 (2) : 259-264

## 7. LE DOMAINE BENTHIQUE INTERTIDAL

Auteur : Dewarumez J.-M.

Collaborateur : Menu D.





## 7.1. INTRODUCTION

Les études écologiques menées depuis 1973 sur l'estran de Petit Fort Philippe ont permis d'avoir une bonne connaissance des facteurs qui déterminent l'organisation, la répartition et l'évolution des peuplements benthiques intertidaux.

Ces peuplements sont sous l'influence directe de deux principaux facteurs de l'environnement : la salinité et la teneur en fines du sédiment. Il a été démontré également que l'impact thermique de la centrale pouvait jouer un rôle important dans la structuration bionomique de l'estran, et ce, notamment, au niveau de deux populations d'Annélides Polychètes de la famille des Spionidiens : *Spio martinensis* et *Pygospio elegans*. Ces deux populations se répartissent sur l'estran en fonction de leur préférence thermique, *Pygospio elegans* étant plus thermophile que *Spio martinensis*. Il faut néanmoins relativiser l'ampleur de cet impact dans la mesure où l'exclusion réciproque des deux populations n'est pas systématique et que la densité de population des deux espèces varie fortement.

Les modifications bionomiques mises en évidence sur l'estran de Gravelines peuvent être expliquées dans une large mesure par les évolutions respectives de ces trois facteurs. Ces altérations sont particulièrement évidentes au niveau des populations de la partie supérieure de l'estran et notamment de celles du peuplement des espèces vasicoles et d'eaux saumâtres. Les niveaux inférieurs de l'estran sont caractérisés depuis plusieurs années par une grande stabilité bionomique qui ne peut être remise en cause temporairement que par la résonance dans ces niveaux des phénomènes qui se déroulent dans le milieu subtidal proche. Ces phénomènes sont toujours indépendants du fonctionnement de la centrale.

## 7.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

La stratégie d'échantillonnage a été modifiée lors de l'étude 2000. En effet, étant donnée la stabilité bionomique des niveaux inférieurs depuis plusieurs années, ne révélant par ailleurs aucun impact de la centrale, il avait été décidé de porter davantage notre attention sur la continuité de l'impact mis en évidence dans les niveaux supérieurs de l'estran et de délaissier les niveaux inférieurs. Dans ce but, deux points en haut niveau (point M) et en moyen niveau supérieur (point N) sur une nouvelle radiale située entre les deux radiales précédemment étudiées ont été rajoutés en 2000. Cependant, lors des campagnes réalisées depuis 2000 nous avons conservé la grille d'échantillonnage des niveaux inférieurs du fait du recrutement de *Donax vittatus*, espèce qui n'avait pas été récoltée depuis de nombreuses années sur l'estran.

La campagne a eu lieu le 3 juillet 2007. L'échantillonnage a encore cette année porté sur les 10 points, dans la mesure où il nous semble dommage d'interrompre une série qui dure maintenant depuis plus de 30 ans.

Depuis 1996, nous utilisons la méthode du poids sec libre de cendres (PSLC) pour la mesure de la biomasse.



## 7.3. RESULTATS

### 7.3.1. Composition bionomique

23 taxons ont été récoltés sur les trois radiales. Ils se répartissent comme suit :

- 1 Némerte
- 1 Annélide Oligochète
- 9 Annélides Polychètes
  - 3 errantes
  - 6 sédentaires
- 4 Mollusques
  - 1 Gastéropode
  - 3 Bivalves
- 7 Crustacés
  - 2 Isopodes
  - 4 Amphipodes
  - 1 Décapode
- 1 Insecte

Ces 23 taxons correspondent à 19219 individus récoltés sur les trois radiales :

- 16430 sur la radiale 1
- 530 sur la radiale 2
- 2259 sur la radiale 3

Ces résultats d'abondance sont assez proches de ceux enregistrés en 2005 et 2006 (respectivement 13679, 725 et 1966 pour un total de 16370 en 2005 et 15870, 735, 2224 pour un total de 18829 en 2006). Ils sont globalement très largement supérieurs à ceux enregistrés en 2002 (respectivement 1579 sur la radiale 1, 674 sur la radiale 2 et 434 sur la radiale 3 pour un total de 2687 individus) et en 2003 (10772, 1335 et 3441 individus sur les trois radiales). Par contre, ils sont encore plus faibles qu'en 2004 : 17347, 1638 et 3979 pour les trois radiales et 22964 individus récoltés.

L'année 2002 avait été caractérisée par un fort appauvrissement des populations benthiques de l'estran à la fois en richesse spécifique et en densité de population. Par contre l'année 2003 avait vu les peuplements revenir à un état normal de densité qui s'est maintenu par la suite. En 2006, les densités sont restées au même niveau qu'en 2005, alors que le nombre d'espèce chute fortement de 30 espèces récoltées en 2005 à 24 espèces en 2006. En 2007 le nombre d'espèces diminue encore (23 taxons).

En 2003, la population de *Hydrobia ulvae* représentait 75,8 % du total des individus récoltés contre 36,8 % en 2002, 6,3 % en 2001 et 63,9 % en 2000. En 2004 la population semblait exploser : les effectifs globaux de cette espèce sont passés de 327 en 2001 à 988 en 2002 puis à 11800 en 2003 et 20143 en 2004. En 2005 la densité globale était de 15010, donc en baisse par rapport à 2004. Cette espèce représentait 88,1 % des individus récoltés en 2004 et 91,7 % en 2005. En 2006, l'espèce a été récoltée sur 8 stations sur 10 et elle représentait 95 % des individus récoltés. En 2007, elle a été trouvée à 5 stations et ne représente plus que 80 % des individus récoltés.



La forte augmentation des populations de *Corophium arenarium* et de *Bathyporeia pilosa* observée en 2006 se confirme en 2007.

Les espèces à forte affinité pour les eaux saumâtres (*Enchytraeidae*, *Enoplus brevis* et *Ophelia ratkhei* et *Hediste diversicolor*) avaient fortement régressé en 2006 ; cette tendance est largement confirmée en 2007, seuls 4 *Enchytraeidae* et 1 *Hediste diversicolor* ont été récoltés sur la radiale 3.

### 7.3.2. Résultats globaux

(Figures 7.1. à 7.3., Tableaux 7.1. à 7.6.)

On ne note pas, en 2007, d'évolution de la morphologie de l'estran. Les résultats des analyses granulométriques ne font pas apparaître d'évolution majeure des sédiments intertidaux (Tableau 7.1. et Figures 7.1. à 7.3.).

#### Radiale 1

##### Point E

Des placages de vase sont toujours présents, ils sont localisés au-dessus de ce niveau et surtout vers l'est, entre le point E et le point M. Les sédiments à proximité du chenal de l'Aa sont peu envasés, très meubles et fluents. Lors de la campagne de 2000, nous avons noté un fort appauvrissement en pélites du sédiment qui s'est confirmé en 2001, la teneur en pélites n'était plus alors que de 0,43 %. En 2002, la teneur en pélites augmentait de nouveau pour atteindre 1,85 % du poids total du sédiment. En 2003, la teneur en pélites revenait à un niveau comparable à celui de 2001, puis en 2004 la teneur en pélites chutait de manière significative. En 2006, les sables moyens restaient dominants et la teneur en pélites remontait légèrement. En 2007, le sédiment s'affine : les pélites et les sables fins augmentent et les sables moyens diminuent en conséquence (Tabl. 7.1. & Fig. 7.1.).

années	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
% pondéraux												
Pélites	2,76	0,04	4,58	3,03	0,62	0,43	1,85	0,23	0,09	0,23	1,70	3,22
Sables fins	27,11	31,61	38,28	42,63	35,26	43,38	23,91	33,74	28,41	25,73	24,72	29,13
Sables moyens	67,55	64,72	50,33	50,76	52,44	53,00	63,13	61,51	67,47	65,19	70,18	61,68

La fraction fine du sédiment (sables moyens et fins + pélites) représente toujours plus de 90 % du poids total du sédiment depuis la campagne de 2001 (94 % en 2007).





Densité (ind./m <sup>2</sup> )	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Hydrobia ulvae</i>	5772	17584	2028	72	8	120	27416	53312	43420	57828	54612
<i>Spio martinensis</i>	76	8	0	0	40	20	0	0	0	0	0
<i>Pygospio elegans</i>	160	0	0	0	0	0	8	0	0	0	92
<i>Eurydice affinis</i>	160	48	364	4	0	20	12	16	420	468	88
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1376	16	3688	0	8	0	0	0	12	1132	896
<i>Corophium arenarium</i>	200	40	184	20	120	40	100	4	156	368	1428

En 2005, la population de *Hydrobia ulvae* régressait légèrement (43420 ind./m<sup>2</sup>; Tabl. 7.2.) par rapport à 2004. En 2004 cette espèce présentait la plus forte densité jamais enregistrée sur le site (53312 ind./m<sup>2</sup>). L'année 2003 avait déjà été exceptionnelle pour cette espèce (27416 ind./m<sup>2</sup>); un niveau de densité équivalent à celui de 2003 avait été trouvé en 1989 (25740 ind./m<sup>2</sup>). L'augmentation de la densité observée en 2004 était due au recrutement (poids moyen individuel est de 0,22 mg). En 2005 on est en présence de la même cohorte, les individus sont de plus grande taille (poids moyen individuel de 0,52 mg). En 2006, la densité de *Hydrobia ulvae* dépassait de plus de 4000 ind./m<sup>2</sup> celle enregistrée en 2004. En 2007 la population de *Hydrobia ulvae* revient au niveau de celui de 2004.

La densité globale atteint 57140 ind./m<sup>2</sup> en 2007 contre 59888 en 2006, mais *Hydrobia ulvae* ne contribue plus que pour 92 % à la densité globale contre 97 % en 2006; la densité de *Corophium arenarium* est en très forte augmentation. Tout comme en 1999, 2000, 2003, 2004, 2005 et 2006 *Spio martinensis* n'a pas été récoltée à ce point en 2007; cette espèce n'a d'ailleurs été récoltée qu'au point H en 2007.

La biomasse enregistrée en 2003 avait été exceptionnelle : 16,2 g/m<sup>2</sup>. En 2005, du fait de la croissance de *Hydrobia ulvae*, la biomasse était presque le double de celle de 2004 (22,9 g/m<sup>2</sup> contre 11,9 g/m<sup>2</sup>), c'était la plus forte valeur enregistrée à cette station depuis le début des études. En 2007 la biomasse revient au niveau enregistré en 2005 : 24,5 g/m<sup>2</sup> (Tabl. 7.3.). Pour mémoire, la biomasse n'était que de 0,17 g/m<sup>2</sup> en 2002, de 0,11 g/m<sup>2</sup> en 2001 et de 0,05 g/m<sup>2</sup> en 2000. Les évolutions de la biomasse sont liées à la densité de *Hydrobia ulvae* et à la structure démographique de sa population.

La biomasse individuelle de *Hydrobia ulvae* est de 0,42 mg en 2007 contre 0,54 mg en 2006, la population est constituée par le recrutement 2007 qui a sans doute été plus intense qu'en 2006 ce qui explique la diminution du poids moyen individuel. L'espèce représente 96 % de la biomasse totale à cette station contre 97 % en 2006.

Les espèces accompagnatrices sont trop peu abondantes pour contribuer fortement à l'élaboration de la biomasse.



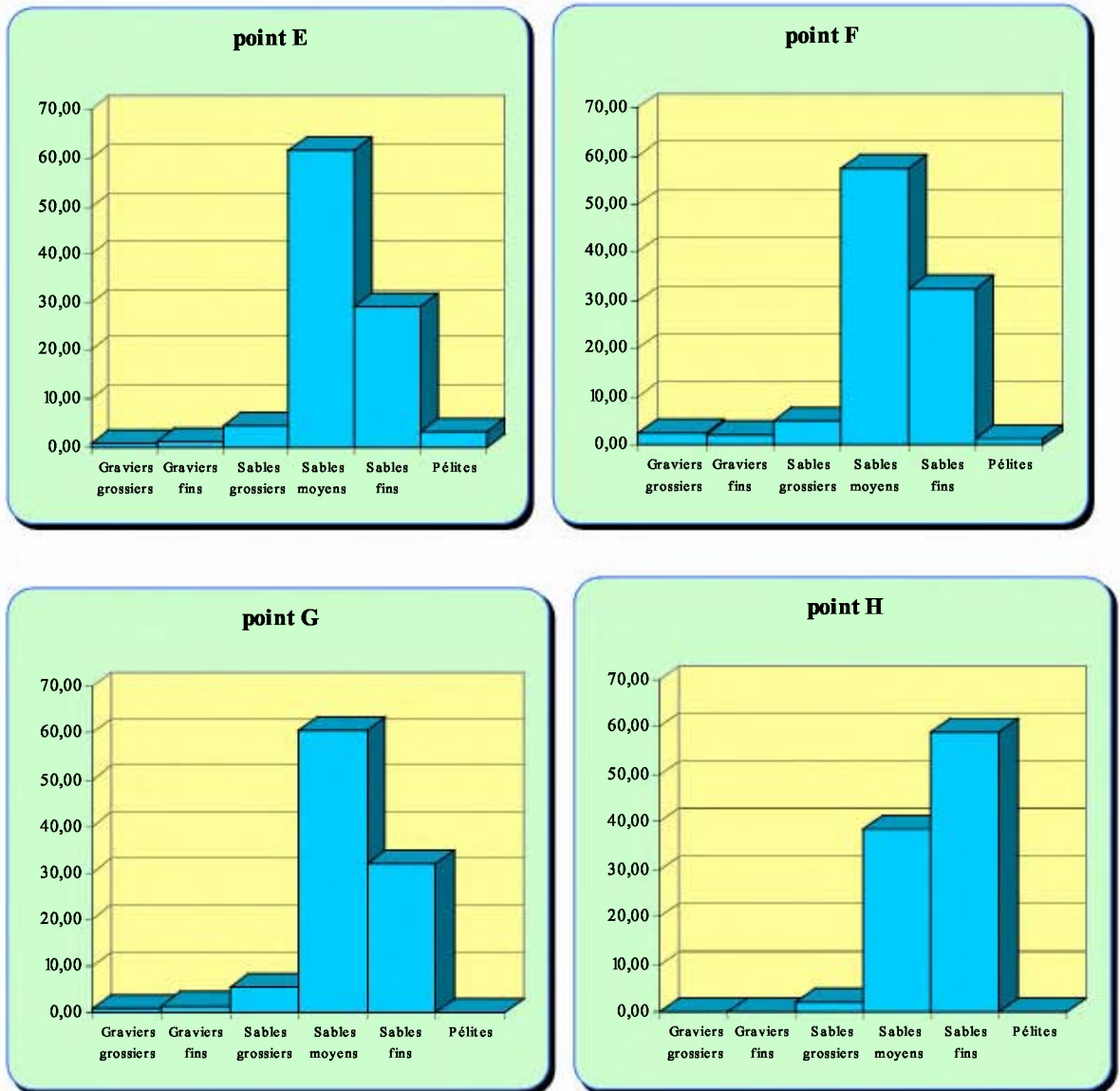


Figure 7.1. Radiale 1, Caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)

## Point F

C'est à ce point que les plus fortes variations tant en biomasse qu'en densité ont pu être mises en évidence depuis le début des études. Ces variations concernent également la composition faunistique du peuplement.

Ces évolutions sont surtout liées aux populations de mollusques bivalves (*Macoma balthica* et *Cerastoderma edule*) mais aussi à l'influence plus ou moins grande de la dessalure causée par l'Aa et à son impact sur la densité des espèces euryhalines.

Densité (ind./m <sup>2</sup> )	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Hediste diversicolor</i>	68	56	116	72	116	48	100	264	20	4	0
<i>Spio martinensis</i>	192	36	0	0	88	8	4	0	0	0	0
<i>Pygospio elegans</i>	2	0	0	0	8	0	0	4	40	0	4
<i>Ophelia rathkei</i>	460	588	24	0	64	92	8	8	24	0	0
<i>Hydrobia ulvae</i>	56	9176	26140	8448	12	3404	11448	12120	9336	448	4064
<i>Cerastoderma edule</i>	52	800	144	32	236	248	32	36	108	228	12
<i>Macoma balthica</i>	648	168	748	696	316	1040	404	356	220	32	4
<i>Corophium arenarium</i>	0	0	0	0	0	4	12	80	176	8	8

Si l'on excepte *Hydrobia ulvae* et *Bathyporeia pilosa* (tableau 7.2.), les effectifs des espèces principales sont en régression parfois importante.

La population de *Cerastoderma edule* était restée remarquablement stable entre 2001 et 2002 après avoir connu une forte régression entre 1998 et 2000. En 2003, aucun des individus récoltés n'appartenait à la cohorte 2000. En 2004, la densité n'évoluait pas mais tous les individus récoltés étaient de la cohorte 2003. En 2005, on notait un recrutement faible, mais significatif. En 2006, on notait un recrutement plus important. Deux cohortes étaient présentes : la cohorte 2005 et la cohorte 2006 qui représentaient 70% de la population. En 2007 la densité de population avait encore diminué pour arriver à un niveau non rencontré depuis plus de 10 ans ; de très nombreuses coquilles vides étaient présentes sur l'estran au niveau de cette station. Les résultats enregistrés au niveau de la biomasse confirment l'évolution démographique. La biomasse de cette espèce était de 4,5 g/m<sup>2</sup> en 2003, de 5,3 g/m<sup>2</sup> en 2004, de 8,4 g/m<sup>2</sup> en 2005, elle atteint 12,5 g/m<sup>2</sup> en 2006 elle n'est plus que de 2,8 g/m<sup>2</sup> en 2007 (Tabl. 7.3).

*Macoma balthica* avait bénéficié d'un recrutement très important à l'automne 2001, la densité de cette espèce en 2002 était la plus forte enregistrée depuis plusieurs années (1040 ind./m<sup>2</sup>) (Tabl. 7.2.). Du fait du maintien de la cohorte de 2000, la biomasse avait augmenté de manière considérable (39,7 g/m<sup>2</sup> contre 15,5 g/m<sup>2</sup> en 1999, 15,6 g/m<sup>2</sup> en 2000 et 4,1 g/m<sup>2</sup> en 2001) En 2003, la disparition de la cohorte 2000 provoquait une diminution importante de la biomasse. En fait, la biomasse et la densité de cette espèce revenaient à leur niveau de 2001. En 2004, la classe dominante était celle des individus de 2001. En 2005 la densité diminuait encore, c'est en fait la cohorte 2001 qui disparaît et un nouveau

recrutement était mis en évidence. En 2006, il ne restait plus que quelques individus de la cohorte 2005, la densité de cette espèce était très faible en comparaison des études précédentes (32 ind./m<sup>2</sup>). En 2007, la population a quasiment disparu (4 ind./m<sup>2</sup>). La tendance à la diminution de la biomasse de cette espèce se confirme donc en 2007 : 0,1 g/m<sup>2</sup> (Tabl. 7.3.) (4,0 g/m<sup>2</sup> en 2006, 4,9 g/m<sup>2</sup> en 2005, de 23,0 g/m<sup>2</sup> en 2004 et de 18,5 g/m<sup>2</sup> en 2003).

Ces deux bivalves représentaient plus de 93 % de la biomasse totale à ce point en 2006. Ils ne représentent plus que 49 % en 2007.

En 1998, nous avons noté que la population de *Hydrobia ulvae* gagnait les moyens niveaux supérieurs. En 1999, ce phénomène se confirmait et s'amplifiait. Néanmoins comme la densité globale de *Hydrobia ulvae* restait équivalente dans les niveaux supérieurs de la partie ouest de l'estran (13380 ind./m<sup>2</sup>, en 1998 contre 14084 ind./m<sup>2</sup> en 1999), nous avons donc conclu que cette espèce se redistribuait sur l'estran. Les résultats obtenus en 2000 semblaient infirmer cette hypothèse : la population de *Hydrobia ulvae* régressait sur la totalité des niveaux supérieurs mais restait cependant la plus importante au point F, au niveau des densités de 1998 (8448 ind./m<sup>2</sup>). En 2001, la population de *Hydrobia ulvae* disparaissait complètement au point F (12 ind./m<sup>2</sup> pour une biomasse de 2,2 ind./m<sup>2</sup>). L'espèce *Hydrobia ulvae* est réapparue en 2002 à un niveau de densité certes inférieur à celui des années 1998 et 1999 (3404 ind./m<sup>2</sup>), mais suffisant pour permettre la régénération de la population. Cette implantation s'est confirmée en 2003, la densité étant du même ordre que dans la période 1998-2000 (11448 ind./m<sup>2</sup>). En 2004 la situation restait analogue au niveau de la densité (12120 ind./m<sup>2</sup>) et de la biomasse, les individus étaient de plus grande taille qu'au point E. En 2005, la densité régressait légèrement avec les individus de la même taille que ceux du point E (poids moyen de 0,5 mg). En 2006, comme signalé plus haut la population s'est réinstallée dans les niveaux supérieurs, la densité n'était plus que de 448 ind./m<sup>2</sup>. Les résultats de 2007 confirment cette tendance même si la densité est en augmentation (Tabl. 7.2.). La biomasse individuelle est de 0,64 mg. On trouve donc à ce point quelques individus de grande taille qui se sont donc maintenus et des individus de la cohorte 2007.

En 2006, la population de *Hediste diversicolor* avait fortement régressé ; tout comme les autres espèces à affinité « eaux saumâtres » (les *Enchytraeidae* et *Enoplus brevis* qui avait totalement disparu). Aucune de ces trois espèces n'a été récoltée en 2007

Du fait de ces modifications bionomiques, la biomasse diminue fortement (6,0 g/m<sup>2</sup> en 2007 contre 17,8 g/m<sup>2</sup> en 2006). Elle était de 18,4 g/m<sup>2</sup> en 2005, de 32,7 g/m<sup>2</sup> en 2004, de 38,09 g/m<sup>2</sup> en 2003 et de 67,1 g/m<sup>2</sup> en 2002 (Tabl. 7.3.).

*Macoma balthica* et *Cerastoderma edule* restent les espèces qui contribuent le plus fortement à la biomasse.

#### Points G et H

Ces deux points devaient dans la nouvelle stratégie d'échantillonnage être remplacés par un point intermédiaire. La présence de *Donax vittatus* dans les bas niveaux nous avait conduits depuis l'étude de 2000 à maintenir l'échantillonnage de ces deux points. Nous avons décidé finalement de poursuivre l'échantillonnage pour ne pas interrompre la série



d'observation. Ces points sont caractérisés depuis plusieurs années par une très grande stabilité, une faible diversité spécifique, une faible densité et une faible biomasse.

En 2004, l'évolution constatée en 2003 était remise en cause, le peuplement en place était beaucoup moins diversifié tout comme en 2005 et 2006 : très faible densité et faible richesse spécifique, avec comme corollaire une faible biomasse. La situation reste identique en 2007 : densité globale respectivement de 160 et 208 ind./m<sup>2</sup> et biomasse de 1,1 g/m<sup>2</sup> et de 0,8 g/m<sup>2</sup>.

Aucun *Donax vittatus* n'a été récolté au point H depuis 2003.

## Radiale 2

### Point I

Ce point est le reflet du résultat des actions combinées des trois facteurs écologiques principaux qui régissent la répartition des communautés benthiques de l'estran de Petit Fort Philippe. Les peuplements benthiques établis à ce point sont rendus instables par la proximité du rejet de la centrale. On peut aussi y noter une forte influence des eaux douces de ruissellement.

Toutes les populations avaient considérablement régressé à cette station en 2005. La situation est identique en 2006, les populations restent à un niveau très faible.

Après de fortes augmentations en 1998 (1468 ind./m<sup>2</sup>) et 1999 (2620 ind./m<sup>2</sup>), la densité de la population de *Hydrobia ulvae* avait fortement diminué en 2000 (680 ind./m<sup>2</sup>). La population était alors constituée d'individus de grande taille (poids moyen par individu de 0,2 mg en 1998, 0,5 mg en 1999 et 0,8 mg en 2000). La densité de population était remontée à 900 ind./m<sup>2</sup> en 2001 et nous avons conclu à un vieillissement de la population sans nouveau recrutement. En 2002, la population avait quasiment disparu de ce point (72 ind./m<sup>2</sup>) (Tabl. 7.4.). En 2003, la population semblait s'être reconstituée au même niveau que pendant les années 2000-2001 à ceci près que la population était constituée de très jeunes individus (0,25 mg de poids moyen individuel). En 2004, la situation était identique. En 2005, la population de cette espèce était en forte régression et la densité est la plus faible des 12 dernières années. La situation de cette espèce en 2006 était restée identique. En 2007, La densité de *Hydrobia ulvae* régresse encore.

Densité(ind./m <sup>2</sup> )	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Enchytraeidae</i>	4	212	104	0	4	816	0	2396	12	32	4	0
<i>Pygospio elegans</i>	64	1144	0	60	4	3440	332	168	936	96	0	40
<i>Spio martinensis</i>	0	0	186	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrobia ulvae</i>	840	204	1468	2620	680	900	72	832	876	40	52	8
<i>Corophium arenarium</i>	1604	1508	7004	1792	3348	3916	140	220	3772	280	380	836
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0	4	40	4	4	4	0	36	4	4	8	308
<i>Eurydice affinis</i>	24	36	0	8	48	4	0	268	0	12	56	44

La population de *Corophium arenarium* avait elle aussi régressé d'une manière considérable en 2005 (280 ind./m<sup>2</sup> contre 3772 ind./m<sup>2</sup> en 2004). La densité de cette espèce en 2006 progressait un peu par rapport à 2005 (380 ind./m<sup>2</sup>). En 2007 cette tendance se confirme (836 ind./m<sup>2</sup>). La population d'*Enchytraeidae* qui avait complètement disparu en 2002 s'était rétablie à un niveau de densité très important (le plus fort enregistré à ce point) en 2003 (2396 ind./m<sup>2</sup>). En 2005, elle restait au même niveau qu'en 2004, la population avait presque totalement disparu de ce point : 32 ind./m<sup>2</sup>. Ce résultat s'est confirmé en 2006 (4 ind./m<sup>2</sup>). En 2007 l'espèce n'a pas été récoltée à ce point. Par contre la population de *Pygospio elegans* réapparaît en faible densité.

### Point J

Ce point est situé à proximité immédiate du complexe de dunes et de bâches situé à mi-estran. Il a été pendant plusieurs années, le siège d'un lent phénomène d'érosion qui a éliminé du sédiment les particules fines (Fig.7.2.), avec pour conséquence de faire évoluer le peuplement installé à ce point vers des aspects caractéristiques de moyens niveaux inférieurs. Depuis 1997, cette évolution semble s'être inversée : le cortège spécifique du peuplement installé à ce point est d'un type intermédiaire, constitué à la fois d'espèces caractéristiques des niveaux supérieurs et d'espèces inféodées aux moyens niveaux inférieurs. En 2001, le peuplement de ce point était constitué majoritairement d'espèces inféodées aux niveaux supérieurs de l'estran.

Densité (ind./m <sup>2</sup> )	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Scolecipis squamata</i>	76	4	0	28	48	28	56	36	24	84	56	0
<i>Eurydice affinis</i>	0	188	36	376	0	252	44	160	140	452	220	4
<i>Eurydice pulchra</i>	120	20	32	0	368	4	12	0	0	24	0	488
<i>Corophium arenarium</i>	1604	80	132	8	4	248	352	4	180	376	112	0
<i>Bathyporeia sarsi</i>	288	0	1020	292	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bathyporeia pilosa</i>	0	988	0	0	364	3316	1056	128	4	226	1184	256

Ce schéma a peu évolué entre 2001 et 2006, *Corophium arenarium* et *Eurydice affinis* (espèces de haut niveau) étaient dominantes ou présentes tandis que *Bathyporeia sarsi* et *Eurydice pulchra* (espèces de moyen niveau) étaient absentes. La densité de *Scolecipis squamata* (espèces de moyen niveau) reste moyenne. En 2007, un retour vers la structure d'avant 2001 semble s'amorcer (Tabl. 7.4.) avec de très fortes densités de *Eurydice pulchra* et de *Bathyporeia pilosa*. La différence principale étant l'absence de *Scolecipis squamata*. Toutefois cette dernière espèce a fortement régressé sur la totalité de l'estran.

La biomasse, reste faible maintenant depuis plusieurs années : 0,2 g/m<sup>2</sup>.



### Points K et L

Pendant plusieurs années, les peuplements établis dans les niveaux inférieurs de la radiale 2 étaient caractérisés par une très grande stabilité. Oligospécifiques, ils étaient dominés par des espèces classiquement rencontrées à ces niveaux : *Nephtys cirrosa*, *Haustorius arenarius* et *Portumnus latipes*. Cette année, les deux dernières espèces n'ont pas été récoltées au point L.

Un résultat tout à fait surprenant a été enregistré au point K en 2005, la présence fugace de *Scolelepis squamata* : en très forte densité (964 ind./m<sup>2</sup>) en juillet et complètement absent en août 2005 lors d'un prélèvement de contrôle. En 2007, l'espèce est présente en faible densité à ce point (16 ind./m<sup>2</sup>).

*Haustorius arenarius*, amphipode caractéristique des milieux dunaires de mi-estran est toujours présente au point K.

Le cortège spécifique du point L est dominé par *Nephtys cirrosa* (76 ind./m<sup>2</sup>) (Tabl. 7.4.).

*Donax vittatus* n'a pas été récolté dans les niveaux inférieurs de la radiale 2. La biomasse à ces deux points est inférieure à 1 g/m<sup>2</sup>.

### **Radiale 3**

Cette radiale a été échantillonnée pour la première fois en 2000. Seuls les niveaux supérieurs sont étudiés afin de visualiser la continuité des effets respectifs de la dessalure de l'Aa et de l'impact thermique de la centrale.

Les résultats obtenus en 2003 et 2004 montraient que pour les espèces typiquement estuariennes (*Hydrobia ulvae*, *Hediste diversicolor*, *Macoma balthica*, *Cerastoderma edule* et *Ophelia ratkhei*) les gradients de répartition sont décroissants d'ouest en est alors que pour *Corophium arenarium* et *Bathyporeia pilosa* les gradients étaient inverses. Les résultats de 2005 confirmaient ces répartitions. En 2007 les choses semblent moins nettes (Tabl. 7.6.).

On notera l'augmentation de la densité de *Corophium arenarium* au point M.

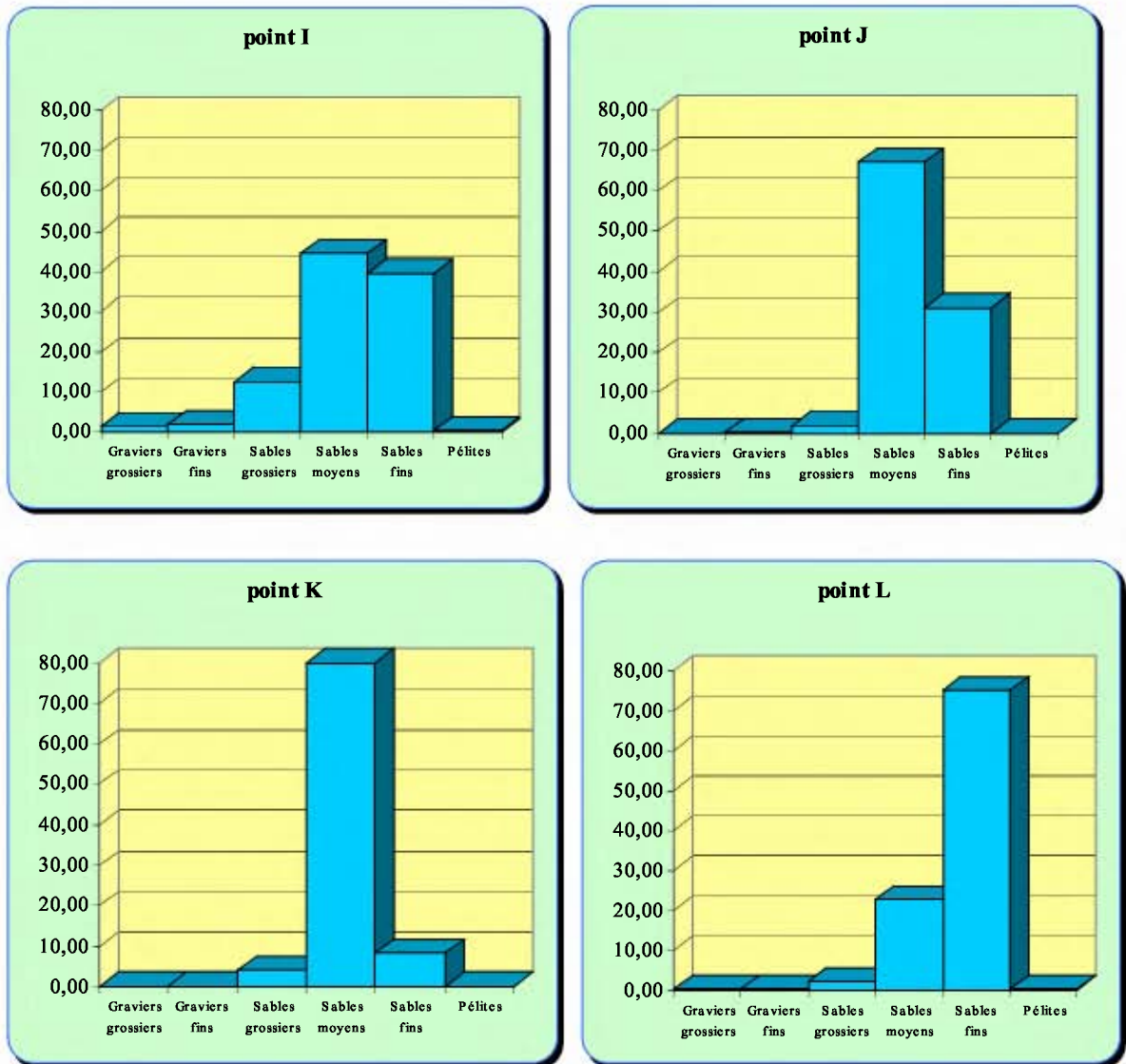


Figure 7.2. Radiale 2, Caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)





Figure 7.3. Radiale 3, Caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)

## 7.4. CONCLUSION SUR L'ÉVOLUTION DE L'ESTRAN

### 7.4.1. Cas de la partie ouest

Les peuplements typiquement estuariens ont disparu de la partie ouest de l'estran dès la mise en service de la centrale. La disparition de la dune hydraulique a entraîné le lessivage des fines, mais l'influence de la dessalure causée par l'Aa reste importante. Néanmoins les populations d'espèces euryhalines présentent une très grande variabilité dans le temps.

Densité moyenne (ind./m <sup>2</sup> )	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Ophelia rathkei</i>	396	115	148	9	20	16	23	461	2	6	1	0
<i>Enchytraeidae</i>	6	4	0	9	1	20	184	103	8	12	27	0
<i>Hediste diversicolor</i>	2	17	14	29	18	29	12	25	66	5	1	0

Depuis maintenant plusieurs années, l'influence de la dessalure de l'Aa semble rester faible. Les trois espèces typiquement estuariennes sont en régression depuis 2003. En 2007 elles semblent avoir disparu de la partie ouest de l'estran

### 7.4.2. Cas des Spionidés

Le principe de la séparation spatiale des populations de *Spio martinensis* et de *Pygospio elegans*, très marquée jusqu'en 1995, a été remis en cause en 1996 du fait de la complète disparition de *Spio martinensis*. En 1997, la situation semblait être redevenue normale avec séparation parfaite des deux populations, bien que les densités de *Spio martinensis* soient encore faibles et que cette espèce ait été récoltée en bas niveau de la radiale 2. En 1998, la disparition complète de l'estran de *Pygospio elegans* et la colonisation de la totalité de l'estran par *Spio martinensis* remettaient en cause la séparation des deux populations. En 1999, la situation évoluait encore, *Spio martinensis* disparaissait des niveaux supérieurs de l'estran tandis que *Pygospio elegans* réapparaissait au point I. En 2001 et en 2002, les populations de spionidiens retrouvaient des répartitions diamétralement opposées et conformes à ce que l'on observait au début des années 1990.

En 2003, le schéma de répartition de *Pygospio elegans* et de *Spio martinensis* a été confirmé. En 2004, *Spio martinensis* était absent des niveaux supérieurs de l'estran. Cette espèce n'avait été récoltée qu'à la station H. En 2005, *Pygospio elegans* a été récolté sur pratiquement tout l'estran, mais la population est située plutôt dans les niveaux supérieurs de l'estran sauf au point E. En 2005 et 2006 *Spio martinensis* est complètement absent de l'estran. En 2006, *Pygospio elegans* n'avait été récolté que sur la radiale 2. En 2007, *Spio martinensis* n'a été récolté qu'au point H, tandis que *Pygospio elegans* réapparaît sur l'estran en cinq points tous situés en haut niveau ou moyen niveau supérieur et en forte densité au point N (488 ind./m<sup>2</sup>).



Densité (ind./m <sup>2</sup> )		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Spio martinensis</i>	E	348	0	76	8	0	0	40	20	0	0	0	0	0
	F	692	0	196	36	0	0	0	8	84	0	0	0	0
	M	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	-	-	-	-	-	36	0	0	0	0	0	0	0
	I	0	0	0	186	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	J	0	0	60	4	0	0	24	0	0	0	0	0	0
<i>Pygospio elegans</i>	E	0	32	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	92
	F	0	672	0	0	0	0	8	0	0	4	40	40	4
	M	-	-	-	-	-	52	124	456	264	0	108	40	72
	N	-	-	-	-	-	0	40	68	408	616	208	8	488
	I	772	64	1144	0	60	4	3440	332	168	936	96	0	40
	J	0	4	0	0	0	16	24	156	0	80	8	0	0

#### 7.4.3. Cas de la biomasse

Toute altération de la structure bionomique d'un peuplement provoque une altération de la biomasse qui peut être positive ou négative. L'arrivée d'une espèce pionnière provoquera une forte augmentation de la biomasse. L'évolution de la structure démographique (proportion des différentes cohortes) influe aussi fortement sur la biomasse.



g/m <sup>2</sup>	1995	1996	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>E</b>	9,87	8,68	11,82	8,79	19,34	2,36	0,05	0,11	0,17	16,24	11,90	22,85	32,1	24,51
<b>F</b>	3,42	25,94	31,16	52,64	39,59	48,47	24,91	23,61	67,05	32,74	38,09	18,37	22,5	5,99
<b>G</b>	0,77	0,44	0,47	0,27	0,40	1,76	0,28	0,23	0,09	2,16	0,48	0,77	0,48	1,09
<b>H</b>	0,77	0,29	0,31	0,48	0,68	0,83	6,56	0,56	0,68	1,30	0,44	0,49	0,26	0,81
<b>I</b>	1,68	1,49	2,34	1,72	4,29	2,23	7,19	5,83	0,13	0,87	3,68	0,19	0,54	0,52
<b>J</b>	0,75	0,48	0,48	0,49	0,35	0,40	0,50	0,76	0,59	0,23	1,34	0,58	0,57	0,25
<b>K</b>	0,55	1,03	1,06	0,29	0,69	0,52	1,28	0,95	0,44	1,57	0,34	5,41	0,89	0,28
<b>L</b>	2,49	1,84	1,91	0,28	0,32	1,34	0,64	12,91	0,74	4,44	0,55	0,19	1,00	0,64
<b>M</b>	-	-	-	-	-	-	1,34	0,82	0,53	2,84	9,83	3,30	5,79	2,64
<b>N</b>	-	-	-	-	-	-	0,31	1,43	0,33	4,01	8,37	1,99	7,85	4,11
<b>Moyenne estran</b>	2,05	5,02	6,19	8,12	8,21	7,25	4,31	4,72	7,08	6,64	7,50	5,41	7,20	4,08

NB : depuis 1996 les mesures de biomasse sont effectuées à l'aide de la méthode du poids sec libre de cendres.

La biomasse moyenne de l'estran calculée en 2007 est très inférieure à celles de 2006 (7,20 g/m<sup>2</sup>) et à celle des années 2002 à 2004 (respectivement 7,08, 6,64 et 7,50 g/m<sup>2</sup>), mais aussi à celle enregistrée en 2005. Cette biomasse est principalement établie sur les niveaux supérieurs et moyens supérieurs de la partie ouest de l'estran (points E, F, M, et N).

Cette étude confirme la forte capacité de charge de la plage de Gravelines même si elle peut être soumise à des évolutions fortes d'une année sur l'autre. Depuis 2004 la biomasse est répartie comme dans les systèmes classiques des estrans à énergie modérée dans lesquels la biomasse est plus forte dans les niveaux supérieurs grâce aux espèces euryhalines que l'on y rencontre.

## 7.5. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

Nous avons noté en 2003 un retour à une situation classique. L'appauvrissement faunistique de la plage que nous avons constaté en 2002 ne s'était pas confirmé en 2003. Nous n'avons d'ailleurs pas trouvé d'explication pertinente (granulométrie ou activité de la centrale par exemple) à l'évolution constatée. En 2004, nous constatons un développement extraordinaire de la population de *Hydrobia ulvae*. La partie ouest de l'estran avait été le lieu d'un recrutement très important de cette espèce. Ce recrutement était de moins en moins sensible au fur et à mesure que l'on s'éloignait du point E. Le schéma de 2005 pour cette espèce restait identique à ceci près qu'il n'y avait pas eu de recrutement important en 2005. Par conséquent, les individus récoltés appartenant à la même cohorte 2004 ont vu leur biomasse augmentée naturellement. La cohorte 2004 semblait s'être redistribuée sur l'estran en 2005. En 2006, on assistait à une nouvelle redistribution des cohortes sur l'estran : les individus les plus grands issus de la cohorte 2004 (biomasse individuelle supérieure à 1 mg) s'étaient redistribués sur les niveaux moyens, voire inférieurs, l'espèce ayant été trouvée au niveau de 8 points sur 10. Les individus de la cohorte 2006 et quelques recrues de 2005 s'étaient redistribués dans les niveaux supérieurs de l'estran où l'on trouve les plus fortes densités quelque soit la radiale.

L'étude 2007 confirme les gradients de répartition de plusieurs espèces grâce à l'échantillonnage sur 3 radiales :

- Gradient décroissant ouest-est pour *Hydrobia ulvae* et *Corophium arenarium*. Pour cette dernière espèce on assiste à une homogénéisation de la partie ouest de l'estran (radiales 1 et 3)
- La population de *Bathyporeia pilosa* s'est fortement développée également sur la partie ouest de l'estran

Le principal résultat de l'année 2007 concerne la confirmation de la chute de la richesse spécifique (23 taxons en 2007 contre 24 en 2006 et 30 en 2005). Les conditions climatiques printanières ont été atypiques en 2007 (épisode chaud en avril puis coup de froid ensuite) ; ce qui a peut-être favorisés le développement des 3 espèces citées plus haut.

La densité globale reste stable mais la biomasse globale est en forte diminution.

D'autres études récurrentes que nous menons dans la partie française de la mer du Nord ont montré que les peuplements benthiques littoraux et sublittoraux avaient été affectés en 2007, c'est pourquoi on peut penser qu'il s'agit de la conséquence d'un phénomène à plus grande échelle que celle de l'impact de la centrale.

Mais on peut penser cependant que l'estran conserve l'intégralité de ses capacités productives à moyen terme et une certaine stabilité même si des oscillations autour d'une situation moyenne sont perceptibles et récurrentes. Nous nous attacherons cette année de traiter l'ensemble des données enregistrées depuis le début des études.



**Tableau 7.1. Caractéristiques granulométriques du sédiment aux 10 points intertidaux (% pondéraux)**

<b>radiale 1</b>	<b>point E</b>	<b>point F</b>	<b>point G</b>	<b>point H</b>
Graviers grossiers	0,70	2,55	0,76	0,15
Graviers fins	0,91	1,88	1,41	0,28
Sables grossiers	4,35	4,75	5,34	2,34
Sables moyens	61,68	57,16	60,50	38,37
Sables fins	29,13	32,34	31,97	58,81
Pélites	3,22	1,33	0,02	0,06

<b>radiale 2</b>	<b>point I</b>	<b>point J</b>	<b>point K</b>	<b>point L</b>
Graviers grossiers	1,24	0,00	0,00	0,02
Graviers fins	1,99	0,06	0,14	0,23
Sables grossiers	12,43	1,86	4,01	2,19
Sables moyens	44,57	67,04	87,58	22,55
Sables fins	39,46	31,04	8,27	74,99
Pélites	0,31	0,00	0,00	0,02

<b>radiale 3</b>	<b>point M</b>	<b>point N</b>
Graviers grossiers	0,75	1,37
Graviers fins	1,03	2,42
Sables grossiers	5,51	11,46
Sables moyens	53,49	63,32
Sables fins	37,42	21,01
Pélites	1,80	0,42

Tableau 7.2. Radiale 1, résultats bruts (nombre d'individus par 0,25 m<sup>2</sup>)

Radiale 1	Point E	Point F	Point G	Point H
<b>Némertes</b>				
<i>Némertes sp</i>			1	
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Scolecipis squamata</i>	2	2	1	
<i>Pygospio elegans</i>	23	1		
<i>Spio martinensis</i>				2
<i>Magelona johnstoni</i>				23
<i>Capitella capitata</i>			1	
<i>Nephtys cirrosa</i>			9	26
<b>Mollusques</b>				
<i>Hydrobia ulvae</i>	13653	1016		
<i>Macoma balthica</i>		1		
<i>Cerastoderma edule</i>		3		
<b>Crustacés</b>				
<i>Eurydice affinis</i>	22	33		
<i>Eurydice pulchra</i>	4	13	5	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	224	441		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			16	
<i>Corophium arenarium</i>	357	2		
<i>Crangon crangon</i>			7	1
<b>Insectes</b>				
Larves de diptères		1		
<b>Richesse spécifique</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL / 0,25 m<sup>2</sup></b>	<b>14285</b>	<b>1513</b>	<b>40</b>	<b>52</b>
<b>TOTAL / m<sup>2</sup></b>	<b>57140</b>	<b>6052</b>	<b>160</b>	<b>208</b>

Tableau 7.3. Radiale 1, résultats bruts (biomasse en mg par 0,25 m<sup>2</sup>)

Radiale 1	Point E	Point F	Point G	Point H
<b>Némertes</b>				
<i>Némertes sp</i>			14,4	
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Scolelepis squamata</i>	12,0	1,4	21,6	
<i>Pygospio elegans</i>	3,1	0,1		
<i>Spio martinensis</i>				0,2
<i>Magelona johnstoni</i>				6,6
<i>Capitella capitata</i>			0,2	
<i>Nephtys cirrosa</i>			168,2	196,1
<b>Mollusques</b>				
<i>Hydrobia ulvae</i>	5871,8	649,6		
<i>Macoma balthica</i>		24,9		
<i>Cerastoderma edule</i>		713,7		
<b>Crustacés</b>				
<i>Eurydice affinis</i>	6,4	10,8		
<i>Eurydice pulchra</i>	3,2	8,1	1,9	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	51,1	84,6		
<i>Bathyporeia sarsi</i>			4,6	
<i>Corophium arenarium</i>	178,8	1,6		
<i>Crangon crangon</i>			60,4	0,9
<b>Insectes</b>				
Larves de diptères		2,3		
<b>Richesse spécifique</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL / 0,25 m<sup>2</sup></b>	<b>6126,4</b>	<b>1497,1</b>	<b>271,3</b>	<b>203,8</b>
<b>TOTAL / m<sup>2</sup></b>	<b>24505,6</b>	<b>5988,4</b>	<b>1085,2</b>	<b>815,2</b>



Tableau 7.4. Radiale 1, résultats bruts (nombre d'individus par 0,25 m<sup>2</sup>)

Radiale 2	Point I	Point J	Point K	Point L
<b>Némertes</b>				
Némertes sp			1	
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Scolelepis squamata</i>	2		3	
<i>Pygospio elegans</i>	10			
<i>Capitella capitata</i>				1
<i>Nephtys cirrosa</i>			1	19
<i>Lanice conchilega</i>				2
<b>Mollusques</b>				
<i>Hydrobia ulvae</i>	2	2		
<i>Tellina fabula</i>				1
<b>Crustacés</b>				
<i>Eurydice affinis</i>	11	1		
<i>Eurydice pulchra</i>	2	122		
<i>Haustorius arenarius</i>			2	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	77	64		
<i>Corophium arenarium</i>	209			
<b>Insectes</b>				
Larves de diptères	2			
<b>Richesse spécifique</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL / 0,25 m<sup>2</sup></b>	<b>311</b>	<b>189</b>	<b>7</b>	<b>23</b>
<b>TOTAL / m<sup>2</sup></b>	<b>1244</b>	<b>756</b>	<b>28</b>	<b>92</b>

Tableau 7.5. Radiale 2, résultats bruts (biomasse en mg par 0,25 m<sup>2</sup>)

Radiale 2	Point I	Point J	Point K	Point L
<b>Némertes</b>				
Némertes sp			0,8	
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Scolelepis squamata</i>	10,5		15,7	
<i>Pygospio elegans</i>	0,3			
<i>Capitella capitata</i>				0,1
<i>Nephtys cirrosa</i>			44,7	140,4
<i>Lanice conchilega</i>				6,6
<b>Mollusques</b>				
<i>Hydrobia ulvae</i>	3,0	1,0		
<i>Tellina fabula</i>				13,4
<b>Crustacés</b>				
<i>Eurydice affinis</i>	3,5	0,6		
<i>Eurydice pulchra</i>	1,0	43,3		
<i>Haustorius arenarius</i>			7,8	
<i>Bathyporeia pilosa</i>	17,5	16,6		
<i>Corophium arenarium</i>	88,6			
<b>Insectes</b>				
Larves de diptères	4,4			
<b>Richesse spécifique</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>TOTAL / 0,25 m<sup>2</sup></b>	<b>128,8</b>	<b>61,5</b>	<b>69,0</b>	<b>160,5</b>
<b>TOTAL / m<sup>2</sup></b>	<b>515,2</b>	<b>246,0</b>	<b>276,0</b>	<b>642,0</b>

Tableau 7.6. Radiale 3, résultats bruts (nombre d'individus par 0,25 m<sup>2</sup>)

<b>Radiale 3</b>	<b>Point M</b>	<b>Point N</b>
<b>Annélides Oligochètes</b>		
<i>Enchytraeidae</i> sp	4	
<b>Annélides Polychètes</b>		
<i>Pygospio elegans</i>	18	147
<i>Scolelepis squamata</i>		13
<i>Eteone longa</i>		1
<i>Hediste diversicolor</i>		1
<b>Mollusques</b>		
<i>Hydrobia ulvae</i>	670	
<b>Crustacés</b>		
<i>Eurydice affinis</i>	1	
<i>Eurydice pulchra</i>	2	221
<i>Bathyporeia pilosa</i>	6	858
<i>Corophium arenarium</i>	189	127
<b>Insectes</b>		
Larves de diptères		1
<b>Richesse spécifique</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>TOTAL / 0,25 m<sup>2</sup></b>	<b>890</b>	<b>1369</b>
<b>TOTAL / m<sup>2</sup></b>	<b>3560</b>	<b>5476</b>

Tableau 7.7. Radiale 3, résultats bruts (biomasse en mg par 0,25 g/m<sup>2</sup>)

<b>Radiale 3</b>	<b>Point M</b>	<b>Point N</b>
<b>Annélides Oligochètes</b>		
<i>Enchytraeidae</i> sp	0,2	
<b>Annélides Polychètes</b>		
<i>Pygospio elegans</i>	1,2	8,2
<i>Scolelepis squamata</i>		52,5
<i>Eteone longa</i>		1
<i>Hediste diversicolor</i>		6,6
<b>Mollusques</b>		
<i>Hydrobia ulvae</i>	569,5	
<b>Crustacés</b>		
<i>Eurydice affinis</i>	0,3	
<i>Eurydice pulchra</i>	0,6	675,9
<i>Bathyporeia pilosa</i>	1,6	225,8
<i>Corophium arenarium</i>	85,8	53,3
<b>Insectes</b>		
Larves de diptères		3,2
<b>Richesse spécifique</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
<b>TOTAL / 0,25 m<sup>2</sup></b>	<b>659,2</b>	<b>1026,5</b>
<b>TOTAL / m<sup>2</sup></b>	<b>2636,8</b>	<b>4106,0</b>



## 8. LE DOMAINE BENTHIQUE SUBTIDAL

Auteurs : Dewarumez J.-M. & Luczak C.

Collaborateur : Menu D.





## 8.1. INTRODUCTION

Les études écologiques du benthos subtidal du site de Gravelines sont menées depuis 1973. Aux études descriptives des premières années ont succédé des études quantitatives du peuplement à *Abra alba* qui s'effectuent depuis 1976 à partir du point C (peuplement potentiellement perturbé par le fonctionnement de la centrale) et du point B (peuplement non perturbé). La comparaison de l'évolution des peuplements installés à ces deux points permet de mettre en évidence l'impact de la centrale sur les communautés benthiques du champ proche du rejet. Le fonctionnement de la centrale y induit un lessivage des fines en raison du fort courant engendré par le rejet des eaux de refroidissement. Ce lessivage a entraîné la disparition des espèces vasicoles qui y étaient établies.

Néanmoins, le point C est soumis aux mêmes recrutements que le point B. Plusieurs études l'ont montré et notamment celle de 1991 à l'occasion du recrutement de *Ensis directus*. Mais si le recrutement avait bien eu lieu avec la même intensité aux deux points, la population de *Ensis directus* ne s'est pas maintenue au point C du fait d'un sédiment inapproprié, tandis qu'au point B les conditions ont été favorables au maintien des recrues.

Le peuplement à *Abra alba* est particulièrement productif. La biomasse a déjà été proche de 700 g/m<sup>2</sup> (poids sec libre de cendres).

## 8.2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Deux points, l'un impacté (point C) et l'autre non impacté (point B) sont échantillonnés à chaque saison. L'échantillonnage consiste à effectuer 10 prélèvements à la benne Van Veen (0,1 m<sup>2</sup>) correspondant à 1 m<sup>2</sup> de surface échantillonnée pour les études faunistiques. Un 11<sup>e</sup> échantillon est prélevé aux fins d'analyses granulométriques. Le sédiment est tamisé sur une maille circulaire de 1 mm. La faune est identifiée autant que possible au niveau spécifique.

Nous employons depuis 1996 la méthode du poids sec libre de cendres pour la mesure de la biomasse.

Les quatre campagnes ont été effectuées les 20 février, 18 avril, 26 juin et 14 décembre 2007.

## 8.3. RÉSULTATS

### 8.3.1. Analyses granulométriques

L'ensemble des résultats des analyses granulométriques est présenté dans le tableau 8.1 et sur les figures 8.1. et 8.2.

#### Point B

Une altération sédimentologique a été mise en évidence au point B au printemps 1991. Le sédiment comportait une importante fraction d'éléments grossiers. Cette altération s'est progressivement résorbée par envasement et ensablement. En 1998, le sédiment était redevenu tout à fait normal, présentant des taux de pélites variant de 1,1 à 9,7 %. La teneur



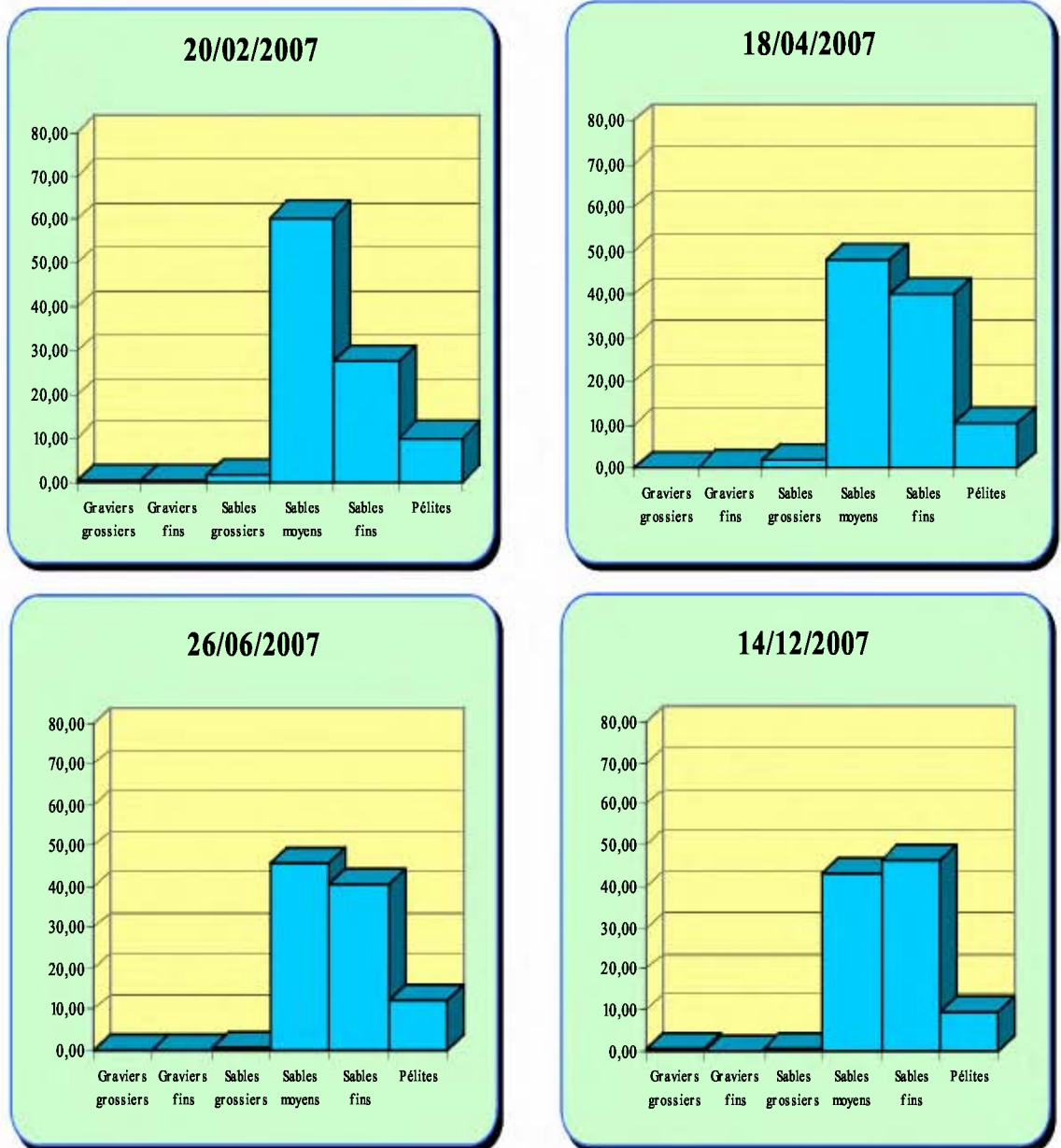


en sable grossier restait comprise entre 1 et 3 %. En 1999, le sédiment s'est considérablement envasé, la teneur en pélites variant entre 10 et 36 %. En 2000, le sédiment est resté fortement envasé (de 6,7 à 11,3 %). Le cycle habituel de pélites semblait aussi s'être inversé : les teneurs les plus fortes étaient rencontrées en hiver et au printemps. En 2001, le schéma était identique : teneurs en pélites de 5,6 à 14,5 % et cycle inversé. En 2002, le schéma classique (teneurs en pélites maximales en été - environ 9 % - et minimales en hiver et au printemps - de 2 à 5 %) semblait se remettre en place. Le sédiment était dominé par les sables fins et moyens (89 à 94 % du sédiment), la part d'éléments fins (sables moyens + sables fins + pélites) représentant entre 98,5 et 99,5 % du sédiment. Les résultats de 2003 confirmaient la remise en place du cycle : la teneur en pélites était maximale au cours de la période printemps-été (7,67 à 9,57 %) et minimale en automne-hiver (environ 5,5 %). Le sédiment était généralement dominé par les sables fins et moyens (81 à 93 % du sédiment). En 2004 le schéma était identique : teneur maximum du sédiment en pélites en printemps-été (15,5 % pondéral) et minimum hivernal (3,8%). Le sédiment était largement dominé par les sables fins (plus de 56%) et la fraction fine du sédiment (sables moyens + sables fins + pélites) n'était jamais inférieure à 93 % du poids total du sédiment. En 2005, le cycle sédimentaire semblait se mettre en place jusqu'au printemps, puis la teneur en pélites chutait en été pour revenir à des valeurs caractéristiques de la période hivernale. Nous avons relié cette diminution avec l'absence complète de recrutement de *Lanice conchilega* (phénomène général sur les côtes de la baie sud de la mer du Nord en 2005), l'action bioturbatrice de cette espèce permet le maintien en place des pélites. En 2006 le cycle de la teneur en pélites était à nouveau conforme au schéma habituel : augmentation printanière, maximum estival et décroissance à l'automne. Par contre on notait au cours de l'année une oscillation des catégories granulométriques dominantes, les sables fins et moyens. Cette oscillation était moins importante qu'il n'y paraissait dans la mesure où elle était due en fait à l'importance de deux classes granulométriques situées à la limite des deux catégories [0,16-0,2 mm] et [0,2-0,25mm]. En 2007, le cycle de la teneur en pélites du sédiment se maintient : augmentation de la teneur au printemps (10,4 %) et en été (12,2 %) puis diminution en automne (9,4 %) et en hiver (10,2 %). Les différences entre les saisons sont toutefois moins marquées qu'habituellement. Le sédiment est constitué sables moyens et fins en proportions semblables sauf en hiver. La fraction grossière est quasi inexistante.

### Point C

Le sédiment du point C reste dominé par les sables moyens et fins. Ces deux classes représentent au minimum 98 % du poids total du sédiment, les sables moyens représentant 82 à 89 % pondéraux du sédiment et les sables fins de 9 à 17 %. Le sédiment est presque totalement dépourvu de pélites (de 0,00 à 0,01%).





**Figure 8.1. Point B, caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)**

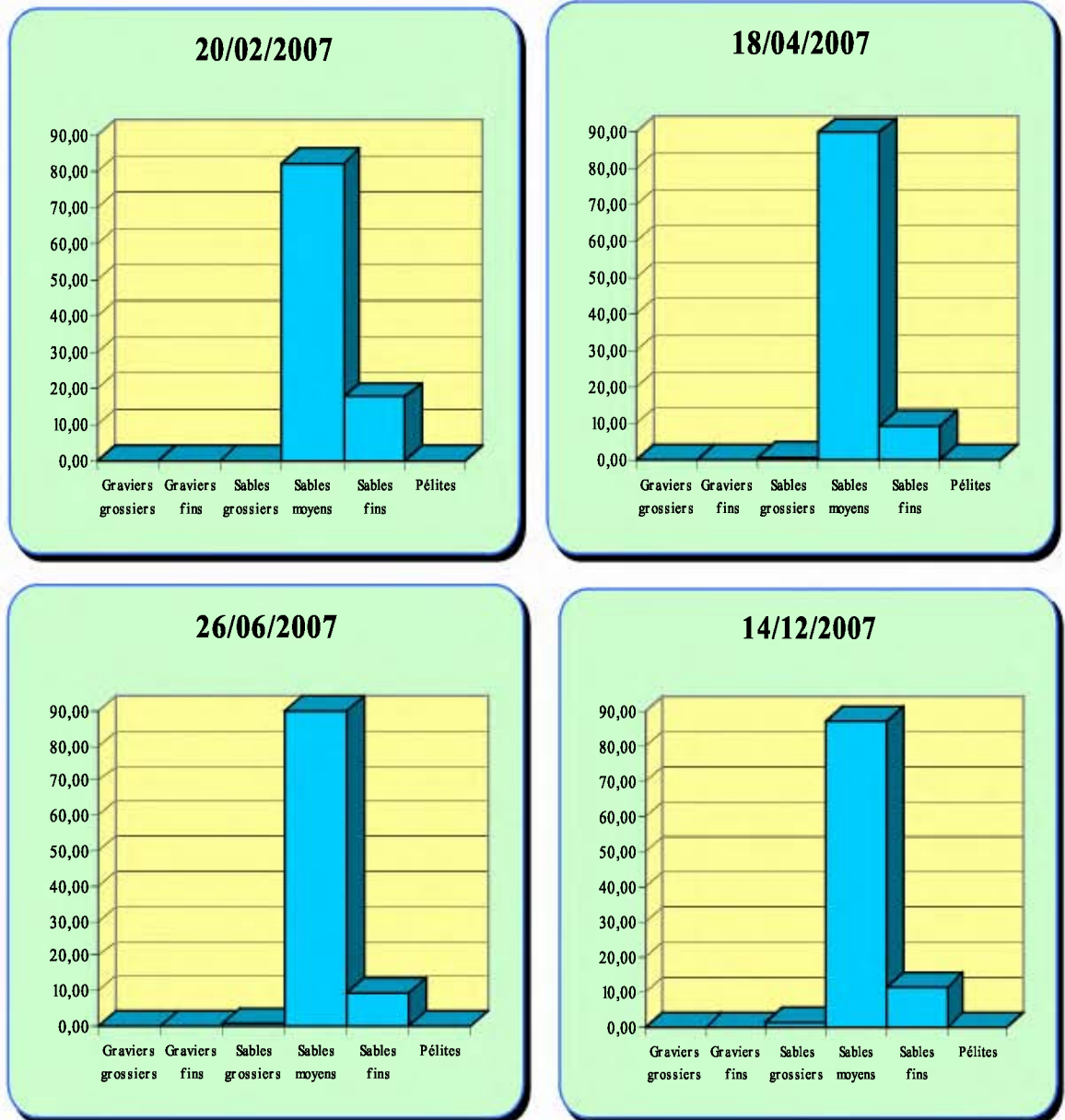


Figure 8.2. Point C, caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)

### 8.3.2. Composition bionomique

L'ensemble des résultats bionomiques figure dans les tableaux 8.2. à 8.5.

#### 8.3.2.1. Point B

L'analyse faunistique a permis de recenser, en 2007, 62 taxons différents au point B (60 taxons avaient été récoltés au point B en 2006 et 62 en 2005). Ils se répartissent comme suit :

- 1 Cnidaire
- 2 Némertes
- 1 Annélide Oligochète (sp.)
- 27 Annélides Polychètes
  - 13 sédentaires
  - 14 errantes
- 10 Mollusques
  - 3 Gastéropodes
  - 7 Bivalves
- 18 Crustacés
- 3 Echinodermes Ophiurides

Ces 62 taxons représentent 96317 individus récoltés. La densité totale était de 21639 en 2006 et 5566 au point B en 2005. Cette densité importante en 2007 est due au recrutement très important de *Lanice conchilega* en avril (près de 89000 individus).

#### 8.3.2.2. Point C

L'analyse faunistique a permis de recenser 18 taxons différents. En 2006, 30 taxons avaient été récoltés (33 taxons en 2005, 38 en 2004, 29 en 2003 et 26 en 2002). Les 18 taxons se répartissent comme suit :

- 1 Némerte
- 5 Annélides Polychètes
  - 3 sédentaires
  - 2 errantes
- 3 Mollusques
  - 1 Gastéropode
  - 2 Bivalves
- 6 Crustacés
  - 1 Isopode
  - 1 Mysidacés
  - 2 Amphipodes
  - 2 Décapodes
- 2 Echinodermes Ophiurides
- 1 Poisson

Ces 18 taxons représentent 252 individus récoltés, la densité totale était de 477 en 2006, de 1165 en 2005, de 715 en 2004, de 409 en 2003 et de 466 en 2002. Après une période de



2 ans pendant laquelle sa densité globale a été en augmentation, le peuplement installé à la sortie du rejet de la centrale était revenu en 2006 à des niveaux de densité équivalents aux années 2002 et 2003. En 2007 la densité globale diminue fortement.

*Nephtys cirrosa* est l'espèce dominante du peuplement avec 56 % des individus récoltés (60 % en 2006, 32 % en 2005, 45 % en 2004 et 72 % en 2003).

La faible richesse spécifique et la faible densité du peuplement sur une période annuelle vient confirmer les résultats obtenus au niveau de l'estran dont cette station n'est pas très éloignée.

### 8.3.3. Résultats

#### 8.3.3.1. Point B

Ce point est représentatif du peuplement à *Abra alba*. Il est situé en dehors de l'impact courantologique de la centrale. C'est en ce point qu'ont été mis en évidence les basculements bionomiques caractéristiques de ce peuplement. Ces basculements pour importants qu'ils soient ne remettent jamais en cause la structuration du peuplement, organisé autour d'une dizaine d'espèces.

Le recrutement pléthorique de *Ensis directus* en 1991 avait modifié l'organisation du peuplement. Mais, depuis quelques années, il semble apparaître un lent retour à des conditions similaires à ce qu'elles étaient avant 1991. Le processus de retour à la normale a débuté en 1997 ; on peut estimer qu'en 1999, les densités étaient redevenues normales pour certaines espèces.

Phénomène relativement rare dans le cas d'espèces invasives, *Ensis directus* a été intégré au cortège spécifique du peuplement alors que l'on assiste en général plutôt à une prééminence qui tend à limiter les populations des autres espèces. Il est à noter la disparition du couteau *Ensis arcuatus* depuis 1991 dans les prélèvements de la zone. Cette espèce n'a toujours pas été observée en 2007 à la station B.

En février 2007, le peuplement est à l'étiage hivernal. La richesse spécifique est du même ordre de grandeur que les années antérieures avec **41 espèces** (contre 37 en 2006). La densité globale, avec **817 individus par m<sup>2</sup>**, est supérieure à celle de 2006 (620 ind./m<sup>2</sup>), mais est toujours nettement plus faible que la densité globale de mars 2005 (1389 ind./m<sup>2</sup>). Le peuplement est dominé par *Spiophanes bombyx* (187 ind./m<sup>2</sup>), *Nephtys hombergii* (126 ind./m<sup>2</sup>) et des *Oligochètes sp.* (110 ind./m<sup>2</sup>). La biomasse globale de **14,13 g/m<sup>2</sup>** est légèrement inférieure à celle de février 2006 (16,58 g/m<sup>2</sup>) mais très nettement inférieure aux 56,2 g/m<sup>2</sup> de mars 2005. Cette biomasse est due principalement à cinq espèces : *Ensis directus* (5,67 g/m<sup>2</sup>), *Nassarius reticulatus* (1,53 g/m<sup>2</sup>), *Pagurus bernardus* (1,24 g/m<sup>2</sup>), *Nephtys hombergii* (0,99 g/m<sup>2</sup>) et *Owenia fusiformis* (0,93 g/m<sup>2</sup>). Ces cinq espèces représentent 73,3 % de la biomasse totale. A noter que la biomasse des *Ensis directus* « cassés » est nettement sous-estimée dans la mesure où ce ne sont que les parties antérieures qui sont prélevées (cette remarque vaut également pour les autres dates de prélèvement). Ce *Solenidae* contribue donc encore davantage à la biomasse.

En avril 2007, la richesse spécifique diminue avec **31 espèces**. Mais la densité globale augmente énormément avec **89503 individus par m<sup>2</sup>**. Cette densité est due au recrutement très important de l'Annélide *Lanice conchilega* avec 88981 individus, soit 99 % de l'abondance totale. Les autres densités sont beaucoup plus faibles : *Mysella bidentata*



(118 ind./m<sup>2</sup>), *Nephtys hombergii* (77 ind./m<sup>2</sup>) et *Owenia fusiformis* (63 ind./m<sup>2</sup>). A noter, comme les années antérieures, la présence en densité assez importantes du nécrophage *Nassarius reticulatus* (48 ind./m<sup>2</sup>) qui est l'espèce présentant la biomasse la plus importante. En effet, la biomasse est plus importante qu'en février avec **53,96 g/m<sup>2</sup>** et elle est essentiellement constituée de *Nassarius reticulatus* (21,05 g/m<sup>2</sup>), suivi de *Lanice conchilega* (13,72 g/m<sup>2</sup>), *Ensis directus* (8,56 g/m<sup>2</sup>) et *Owenia fusiformis* (5,13 g/m<sup>2</sup>). Ces quatre espèces représentent 89,8 % de la biomasse totale.

Au mois de **juin**, la richesse spécifique augmente avec **48 espèces**. La densité diminue de manière significative par rapport au mois d'avril avec un total de **3331 individus par m<sup>2</sup>**. Cette diminution est due à la mortalité importante des jeunes *Lanice conchilega* recrutés en avril (2535 ind./m<sup>2</sup>). Quelques espèces présentent cependant un recrutement détectable : *Eumida sanguinea* (168 ind./m<sup>2</sup>) et *Nephtys hombergii* (135 ind./m<sup>2</sup>). Ces trois espèces représentent 85,2 % de l'ensemble des organismes récoltés à cette date. Il faut également remarquer les densités toujours non négligeables de *Nassarius reticulatus* (39 ind./m<sup>2</sup>), sans doute en lien avec une mortalité importante de jeunes recrues, donc une ressource alimentaire abondante. La biomasse globale est faible avec **21,93 g/m<sup>2</sup>** en relation avec le fait que les individus récoltés sont jeunes et donc de petites tailles. Cette valeur est cependant la plus faible de ces cinq dernières années : 87,3 g/m<sup>2</sup> en 2006, 32,1 g/m<sup>2</sup> en 2005 et en 30,9 g/m<sup>2</sup> en 2004. L'espèce qui y contribue le plus est *Lanice conchilega* (7,68 g/m<sup>2</sup>). Suivent ensuite *Ensis directus*, *Nassarius reticulatus*, *Spisula subtruncata* et *Polybius holsatus* avec, respectivement, 4,57, 3,87, 1,35 et 1,09 g/m<sup>2</sup>. A noter que l'importante biomasse de ces deux dernières espèces est due à la présence d'individus de grande taille. Ces cinq espèces représentent alors 84,7 % de la biomasse totale.

En **décembre**, la richesse spécifique diminue pour atteindre **42 espèces**. De même, la densité globale chute de près de 20 % par rapport à juin avec **2666 individus par m<sup>2</sup>**. Les espèces les plus abondantes sont celles issues du recrutement automnal : *Owenia fusiformis* (576 ind./m<sup>2</sup>), *Abra alba* (562 ind./m<sup>2</sup>), *Notomastus latericeus* (296 ind./m<sup>2</sup>). S'y ajoutent *Nephtys hombergii* (281 ind./m<sup>2</sup>) et *Spiophanes bombyx* (239 ind./m<sup>2</sup>) avec de jeunes recrues. *Pectinaria koreni* présente une densité importante également (155 ind./m<sup>2</sup>), mais les individus sont de grandes tailles. A noter, comme en 2006, la disparition totale de *Lanice conchilega*. Par contre, la biomasse globale augmente significativement par rapport à celle de juin avec **158,92 g/m<sup>2</sup>**. Les principales espèces constituant cette biomasse sont : *Pectinaria koreni* (40,27 g/m<sup>2</sup>), *Owenia fusiformis* (39,50 g/m<sup>2</sup>), *Abra alba* (38,40 g/m<sup>2</sup>), *Notomastus latericeus* (12,43 g/m<sup>2</sup>). Elles représentent 82,2 % de la biomasse totale.

### 8.3.3.2. Point C

Le point C permet de visualiser l'impact de la centrale sur le peuplement à *Abra alba* dans le champ proche du rejet. Le lessivage des fines du sédiment par les eaux rejetées par la centrale, parfaitement matérialisé par les analyses granulométriques, provoque la disparition des espèces vasicoles. Cependant certains recrutements observés au point B peuvent être observés, en résonance, de manière atténuée au point C. Ce phénomène a déjà été observé plusieurs fois, par exemple en 1991 avec *Ensis directus* et en 2000 avec *Lanice conchilega*.

Les résultats enregistrés en 2007 au point C confirment à la fois l'impact de la centrale sur les peuplements benthiques du champ proche de la centrale mais aussi la stabilité de cet



impact au cours du temps. Le maintien du peuplement en place confirme la constance de la perturbation. *Nephtys cirrosa* demeure l'espèce la plus importante du peuplement établi à ce point.

Pendant la campagne 2006, le peuplement établi au point C avait été caractérisé par une baisse générale de tous les indices biocénotiques : densité, richesse spécifique et biomasse. Mais les variations de ces paramètres se déroulaient dans une logique écologique respectant les saisons. En 2007 on assiste encore à une évolution normale de ces indices par rapport aux évolutions saisonnières, mais à un niveau encore inférieur à celui de 2006.

La campagne de **février 2007** donne des résultats similaires à ce que l'on peut rencontrer habituellement dans les conditions hivernales. La densité est faible (**60 ind./m<sup>2</sup>**) de l'ordre celles des années 2004 et 2005 (58 et 81 ind./m<sup>2</sup>) mais bien inférieure à celles enregistrées en 2006 (134 ind./m<sup>2</sup>) et au début des années 2000 : 122 ind./m<sup>2</sup> en 2003, 106 en 2002 et 108 en 2001. *Nephtys cirrosa* représente 67 % des individus récoltés (79 % en 2005, 74 % en 2004 et 84 % en 2003). La richesse spécifique est en forte diminution par rapport à 2006 : **8 espèces** contre 13 espèces en 2006 (8 espèces en 2004 et 2005, 11 en 2003, 12 en 2002 et 9 en 2001). Le peuplement est dominé par *Nephtys cirrosa* (41 ind./m<sup>2</sup>), *Portumnus latipes* (7 ind./m<sup>2</sup>) et *Scolelepis squamata* (4 ind./m<sup>2</sup>). Ces quatre espèces représentent 87 % de la densité globale. La biomasse est nettement inférieure à celle de 2006 : 0,4 g/m<sup>2</sup> contre 1,26 en 2006. Elle redevient de l'ordre de grandeur de celles des années précédentes : 0,59 g/m<sup>2</sup> en 2005 et 0,44 g/m<sup>2</sup> en 2004 et 0,35 g/m<sup>2</sup> en 2002. Les espèces le plus contributives à l'élaboration de la biomasse sont *Nephtys cirrosa* (0,19 g/m<sup>2</sup>) et *Portumnus latipes* (0,18 g/m<sup>2</sup>).

En **avril 2007**, le peuplement se diversifie, la richesse spécifique augmente (**13 espèces**), par contre la densité globale n'augmente que faiblement (**68 ind./m<sup>2</sup>**). Le peuplement est dominé par : *Nephtys cirrosa* avec 28 ind./m<sup>2</sup> (77 ind./m<sup>2</sup> en 2006, 70 en 2005, 75 en 2004, 63 en 2003 en 2003 et 60 en 2002). D'autres espèces sont également en densité relativement importante, mais les individus récoltés sont tous des juvéniles : *Ophiothrix fragilis* (14 ind./m<sup>2</sup>) et *Lanice conchilega* (8 ind./m<sup>2</sup>). La présence de ces deux espèces est sans doute liée au réchauffement printanier. La présence d'une autre espèce est tout à fait significative, c'est *Ensis arcuatus*, récoltée pour la première fois sur le site depuis 1991 date de l'arrivée de *Ensis directus*. Les espèces qui contribuent le plus à l'élaboration de la biomasse sont *Portumnus latipes* (0,13 g/m<sup>2</sup>), *Nephtys cirrosa* (0,11 g/m<sup>2</sup>) (0,35 g/m<sup>2</sup> en 2006, 0,49 g/m<sup>2</sup> en 2005, 0,57 g/m<sup>2</sup> en 2004 et 0,54 g/m<sup>2</sup> en 2003) et *Ensis arcuatus* (0,10 g/m<sup>2</sup>).

En **juin 2007**, la richesse spécifique diminue (**8 espèces**), mais la densité globale augmente légèrement (**85 ind./m<sup>2</sup>**). En 2006 on avait remarqué le même phénomène mais à un niveau de densité et de richesse spécifique supérieure. Les espèces dominantes sont *Nephtys cirrosa* (43 ind./m<sup>2</sup>) (elle était de 63 ind./m<sup>2</sup> en 2006 et 103 en 2005) et *Lanice conchilega* (27 ind./m<sup>2</sup>) (408 ind./m<sup>2</sup> en 2005). Signalons que les individus récoltés sont encore des post-larves et que l'on a donc assisté en 2007 à deux recrutements de cette espèce. En 2006, les individus récoltés étaient des juvéniles de moins de 15 mm. La biomasse reste au même niveau par rapport à celle du mois d'avril (0,5 g/m<sup>2</sup>). *Portumnus latipes* (0,24 g/m<sup>2</sup>) et *Nephtys cirrosa* (0,23 g/m<sup>2</sup>) représentent 95 % de la biomasse totale.

En **décembre 2007**, la densité de la communauté évolue peu (**9 espèces** récoltés), la densité de population chute à **39 ind./m<sup>2</sup>**. La densité de la population de *Nephtys cirrosa*



est identique à celle du printemps (28 ind./m<sup>2</sup>). Les espèces les plus contributives à l'élaboration de la biomasse sont *Portumnus latipes* (0,41 g/m<sup>2</sup> et représente 61 % de la biomasse totale pour un seul individu récolté) et *Nephtys cirrosa* (0,24 g/m<sup>2</sup> et représente 35 % de la biomasse totale).

Le déficit en densité au point C par rapport au point témoin B est encore important lors de ce cycle de surveillance, il atteint plus de 99 %.

<b>Densités (ind./m<sup>2</sup>)</b>	Février 2007	Avril 2007	Juin 2007	Décembre 2007	<b>2007</b>
Station B	817	89503	3331	2666	<b>96317</b>
Station C	60	68	85	39	<b>252</b>
Déficit	93 %	99,9 %	97,5 %	98,5 %	<b>99,8 %</b>
<b>Biomasses (g/m<sup>2</sup>)</b>					
Station B	14,13	53,96	21,93	158,97	<b>249,11</b>
Station C	0,40	0,45	0,50	0,68	<b>2,02</b>
Déficit	97 %	99 %	98 %	99,6 %	<b>99 %</b>

L'impact en biomasse est considérable (99 %) et est, toute proportion gardée, supérieur aux valeurs habituellement observées.

L'impact de la centrale sur les peuplements benthiques reste donc très fort dans le champ proche de la centrale. Il provoque un déficit de plus de 99 % de la densité (densité moyenne annuelle de 63 ind./m<sup>2</sup> au point C contre 24079 ind./m<sup>2</sup> au point B) et de 99 % de la biomasse : moyenne annuelle de 0,51 g/m<sup>2</sup> au point C contre 62,25 g/m<sup>2</sup> au point B.



## 8.4. ÉTUDE DES POPULATIONS D' *ABRA ALBA* ET DE *TELLINA FABULA*

### 8.4.1. Étude de la population de *Abra alba*

La population d'*Abra alba* est connue pour ses fluctuations brutales, liées à son caractère pionnier. Ces fluctuations peuvent être attribuées au recrutement ou à des migrations passives. La dynamique de la population de cette espèce est basée sur un cycle de 7 à 8 ans. Cette espèce a présenté en 1998 et 1999 de bons recrutements (1249 ind./m<sup>2</sup> et 1068 ind./m<sup>2</sup>) alors que depuis 1991 seuls deux recrutements importants avaient été mis en évidence sans maintien de la population. En 2000, la population s'était maintenue à un niveau de densité de 700 à 800 ind./m<sup>2</sup> puis après une forte régression jusqu'à l'automne 2001, la densité, grâce aux nouvelles recrues, avait atteint 762 ind./m<sup>2</sup> pour diminuer à nouveau durant l'hiver 2002 et atteindre 611 ind./m<sup>2</sup> à l'automne de la même année.

En 2003, la population diminue de nouveau durant la période hivernale pour atteindre seulement 139 ind./m<sup>2</sup> en juillet. Un important recrutement est cependant noté au début de l'automne et les densités atteignent 1116 ind./m<sup>2</sup> en octobre. Une telle abondance n'avait pas été atteinte depuis septembre 1999.

De 2004 à 2006, le cycle habituel apparaît avec une diminution des densités en fin d'hiver-début de printemps et un recrutement en juin avec un maintien en automne.

En 2007, un scénario différent est visible : après une diminution classique en fin d'hiver-début de printemps (68 et 45 ind./m<sup>2</sup> respectivement en février et avril), les densités restent faibles en juin (55 ind./m<sup>2</sup>), le recrutement a eu lieu plus tardivement en automne comme le soulignent les 562 ind./m<sup>2</sup> observés en décembre.

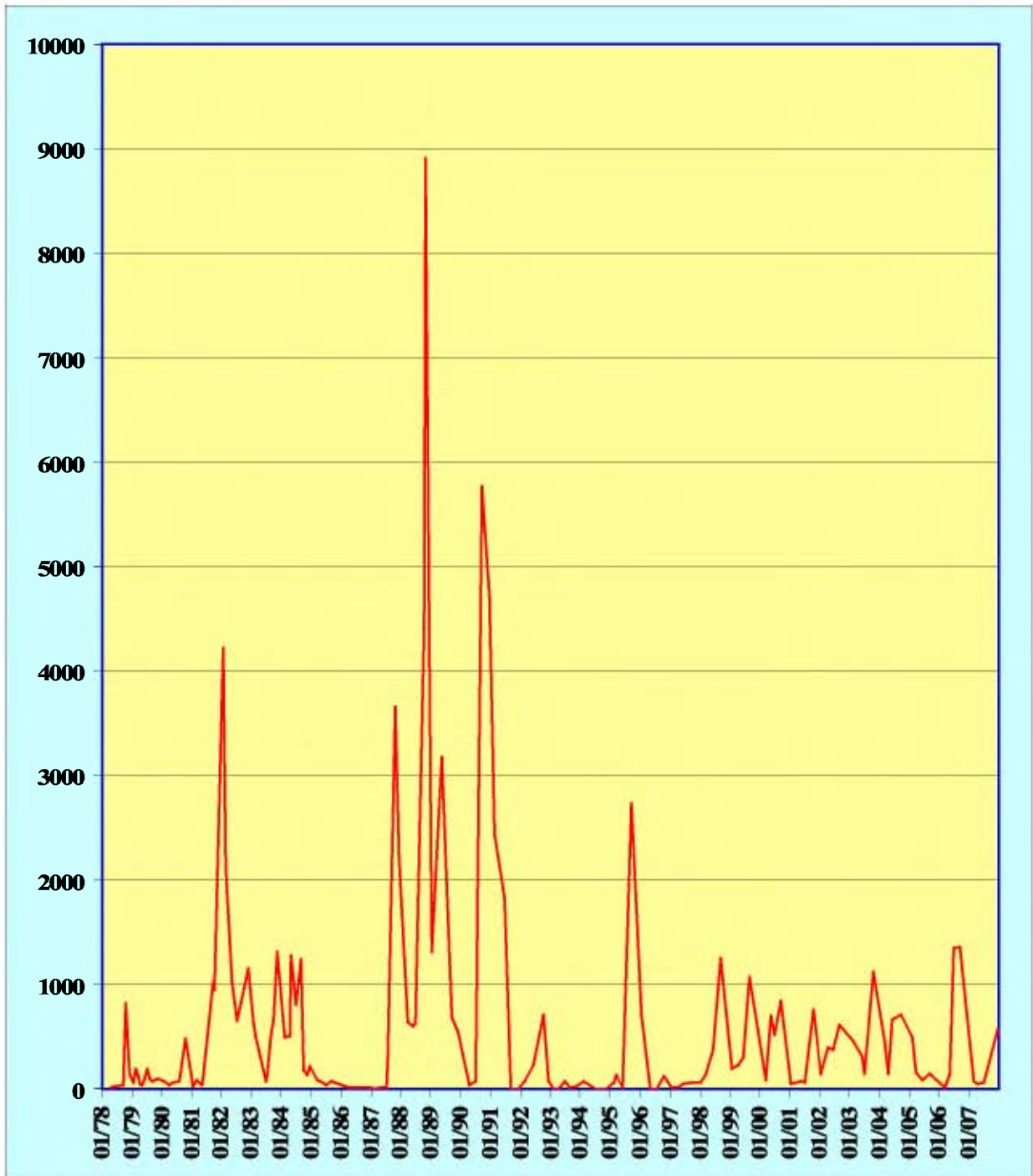


Figure 8.3. *Abra alba*, évolution de la densité (par m<sup>2</sup>) de la population entre 1978 et 2007

#### 8.4.2. Étude de la population de *Tellina fabula*

Cette espèce n'est pas une espèce pionnière et sa densité habituelle n'atteint jamais celle d'*Abra alba*. La diminution drastique de ses densités coïncide avec l'arrivée du couteau américain *Ensis directus* en 1991. La densité de cette espèce était restée à un niveau très faible en 1997 et avait bénéficié en 1998 et 1999 de recrutements légèrement meilleurs (66 ind./m<sup>2</sup> en 1998 et 83 ind./m<sup>2</sup> en 1999). Le recrutement ne s'était pas maintenu au cours des deux années suivantes. En 2000, la population est restée à un niveau faible toute l'année, et inférieure à 50 ind./m<sup>2</sup>. En 2001, les densités étaient encore inférieures à celles de 2000 et la population était constituée de très petits individus. En 2002, le scénario était assez proche de celui de 2001, avec un maximum de 43 ind./m<sup>2</sup> en juin. En 2004 et en 2005, la quasi-totalité des individus était de petite taille. Une fois de plus, tout se passe donc comme si les recrues (en nombre limité d'ailleurs) ne trouvaient pas localement les conditions nécessaires à leur survie au-delà de quelques semaines à quelques mois. En effet, avec 97 ind./m<sup>2</sup> en octobre 2003, densité la plus élevée depuis 1991, la question se posait de la possibilité d'une réimplantation de l'espèce de façon plus importante sur le site. Les chiffres de 2005 confirment l'interprétation de 2004 et montrent qu'il n'en est rien. En 2006, la densité d'octobre 2003 est presque atteinte en septembre avec 96 ind./m<sup>2</sup>. Cette densité résulte d'un recrutement peu important au printemps mais qui s'est maintenu durant l'été.

En 2007, les effectifs reviennent à des valeurs faibles mais stables durant toute l'année (de 14 à 24 ind./m<sup>2</sup>).

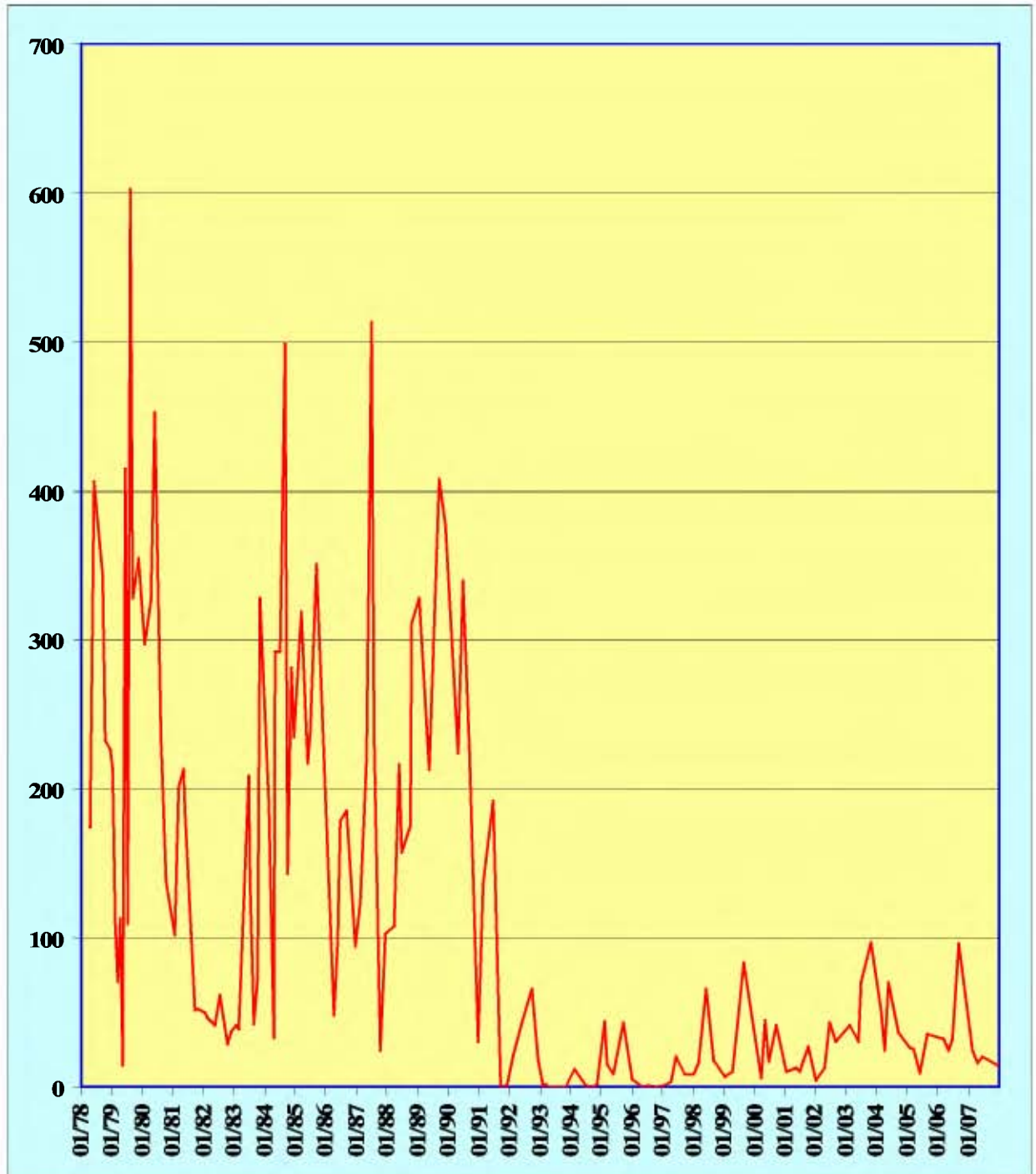


Figure 8.4. *Tellina fabula*, évolution de la densité (par m<sup>2</sup>) de la population entre 1978 et 2007

## 8.5. ÉLÉMENTS DE CONCLUSION

Le point B a été caractérisé en 2007 par un recrutement très important de *Lanice conchilega* très tôt en saison. La population s'est visiblement éteinte au cours de la période été-automne. Le recrutement global habituel de juin est très faible cette année, et il semble qu'un recrutement plus important ait eu lieu entre l'été et l'automne comme le soulignent les densités observées en décembre.

Sur le plan global, la densité moyenne de 24079 ind./m<sup>2</sup> est nettement supérieure à celles de 2006 et 2005 (respectivement 5410 et 1391 ind./m<sup>2</sup>). Ceci s'explique par le recrutement pléthorique de *Lanice conchilega* en avril 2007, population qui se maintient jusqu'en juin. La biomasse moyenne est en augmentation par rapport à 2006 et 2005 avec 62,25 g/m<sup>2</sup>, mais, malgré un bon recrutement, elle reste inférieure aux valeurs atteintes en 2001 et 2003 avec respectivement 130,96 g/m<sup>2</sup> et 128,29 g/m<sup>2</sup>. La richesse spécifique avec 62 espèces correspond au niveau des années antérieures (mis à part 2004) ; elle était de 60 espèces en 2006 contre 73 en 2004, 67 en 2003, 63 en 2005, 62 en 2002 et 52 en 2001

Les résultats enregistrés au point C révèlent une année 2007 caractérisée par des résultats très faibles au niveau de la richesse spécifique, des densités et de la biomasse, encore en retrait par rapport à celles de 2006. En fait les résultats sont très proches de ceux enregistrés pendant les années 2001 à 2003. Ces résultats confirment ce que nous avons pu observer sur l'estran et dans d'autres sites de la région.

Les peuplements qui sont établis à ce point sont toujours du type sabulicole et le déficit en densité et biomasse est toujours considérable par rapport au point B : respectivement 99,8 % et 99 %. Ce déficit apparaît plus important que les années précédentes.

Cependant, il faut rappeler que le peuplement installé au point C est tout à fait semblable, tant au point de vue de la composition faunistique, qu'en ce qui concerne la densité et la biomasse globales, à ceux établis sur les sédiments similaires dans la région. De plus, la zone de déficit est localisée au débouché du canal de rejet et ne s'étend pas au-delà de quelques centaines de mètres. Enfin, ce déficit est uniquement dû à l'action de la courantométrie et que rien ne permet de penser que l'on puisse être en présence d'un autre impact du rejet.

La densité des populations d'*Abra alba* et de *Tellina fabula* n'atteignent toujours pas le niveau qu'elles avaient au cours des années 80 et 90.



Tableau 8.1. Caractéristiques granulométriques du sédiment (% pondéraux)

<b>Station B</b>	20 févr 2007	18 avr 2007	26 juin 2007	14 déc 2007
Graviers grossiers	0,28	0,11	0,10	0,43
Graviers fins	0,13	0,17	0,09	0,10
Sables grossiers	1,40	1,61	0,83	0,67
Sables moyens	60,41	47,80	45,94	43,11
Sables fins	27,74	39,88	40,84	46,26
Pélites	10,05	10,43	12,20	9,42

<b>Station C</b>	20 févr 2007	18 avr 2007	26 juin 2007	14 déc 2007
Graviers grossiers	0,00	0,01	0,02	0,00
Graviers fins	0,05	0,08	0,07	0,11
Sables grossiers	0,29	0,73	0,71	1,19
Sables moyens	82,09	89,64	89,75	87,20
Sables fins	17,55	9,54	9,45	11,48
Pélites	0,01	0,00	0,00	0,01

Tableau 8.2. Point B, nombre d'individus par m<sup>2</sup> (partie 1/2)

	20-févr-07	18-avr-07	26-juin-07	14-déc-07
<b>Cnidaires</b>				
<i>Sagartia troglodytes</i>	1	1	2	8
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Capitella capitata</i>	8	0	2	0
<i>Heteromastus filiformis</i>	0	0	3	36
<i>Notomastus latericeus</i>	0	0	2	296
<i>Scoloplos armiger</i>	35	0	4	1
<i>Glycera alba</i>	3	0	3	10
<i>Glycera tridactyla</i>	1	0	0	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	9	1	3	2
<i>Nephtys hombergii</i>	126	77	135	281
<i>Nephtys longosetosa</i>	2	0	2	3
<i>Eunereis longissima</i>	0	1	0	0
<i>Pholoë baltica</i>	1	0	1	25
<i>Eteone longa</i>	1	0	1	1
<i>Eteone picta</i>	1	0	0	6
<i>Eumida sanguinea</i>	1	0	168	7
<i>Phyllodoce mucosa</i>	0	1	3	92
<i>Malmgrenia arenicolae</i>	0	6	5	1
<i>Malmgrenia glabra</i>	0	31	13	0
<i>Sigalion mathildae</i>	1	0	1	2
<i>Sthenelais boa</i>	1	1	0	4
<i>Syllidae sp.</i>	0	0	1	1
<i>Owenia fusiformis</i>	51	63	10	576
<i>Magelona johnstoni</i>	3	0	26	5
<i>Spio martinensis</i>	4	0	7	0
<i>Spiophanes bombyx</i>	187	1	69	239
<i>Chaetozone setosa</i>	2	0	0	37
<i>Pectinaria koreni</i>	1	0	9	155
<i>Lanice conchilega</i>	0	88981	2535	0
<b>Annélides Oligochètes</b>				
<i>Oligochaete sp</i>	110	0	0	15
<b>Mollusques Gastéropodes</b>				
<i>Crepidula fornicata</i>	1	0	0	1
<i>Nassarius reticulatus</i>	11	48	39	25
<i>Euspira pulchella</i>	6	0	2	0
<b>Mollusques Bivalves</b>				
<i>Donax vittatus</i>	1	0	1	1
<i>Spisula subtruncata</i>	0	1	5	2
<i>Mysella bidentata</i>	58	118	24	93
<i>Ensis directus</i>	17	25	24	26
<i>Abra alba</i>	68	45	55	562
<i>Macoma balthica</i>	2	0	5	0
<i>Tellina fabula</i>	24	16	20	14

Tableau 8.2. Point B, nombre d'individus par m<sup>2</sup> (partie 2/2)

	20-févr-07	18-avr-07	26-juin-07	14-déc-07
<b>Némertes</b>				
Tubulanus polymorphus	0	0	0	3
Cerebratulus sp	0	2	8	0
<b>Crustacés</b>				
Crangon crangon	0	6	2	7
Pagurus bernhardus	35	14	2	2
Corystes cassivelaunus	0	1	0	0
Polybius arcuatus	0	1	0	0
Polybius holsatus	1	10	2	1
Pinnotheres pisum	1	0	0	0
Schistomysis kervillei	1	0	0	0
Gastrosaccus spinifer	0	3	2	3
Pariambus typicus	1	0	0	0
Atylus swammerdami	0	1	84	0
Leucothè incisà	2	2	12	33
Orchomenella nana	0	0	2	0
Melita palmata	0	0	1	0
Urothoë poseidonis	19	15	7	1
Bodotria scorpioides	1	0	6	0
Diastylis bradyi	3	2	6	1
Iphinoe trispinosa	0	0	3	0
Apseudes talpa	0	11	1	0
<b>Echinodermes</b>				
Amphiura brachiata	11	8	2	4
Ophiura albida	5	10	11	83
Ophiura ophiura	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>	<b>817</b>	<b>89503</b>	<b>3331</b>	<b>2666</b>
Richesse spécifique	41	31	48	42



Tableau 8.3. Point B, biomasse en g par m<sup>2</sup>

	20-févr-07	18-avr-07	26-juin-07	14-déc-07
<b>Cnidaires</b>				
<i>Sagartia troglodytes</i>	0,161	0,236	0,509	1,082
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Notomastus latericeus</i>			0,052	12,433
<i>Scoloplos armiger</i>	0,017			
<i>Glycera alba</i>	0,027			0,196
<i>Nephtys hombergii</i>	0,995	0,864	0,522	8,500
<i>Eunereis longissima</i>		0,014		
<i>Eumida sanguinea</i>			0,060	
<i>Sthenelais boa</i>	0,019			0,061
<i>Malmgrenia glabra</i>		0,011		
<i>Sigalion mathildae</i>	0,010			0,024
<i>Phyllodoce mucosa</i>				0,076
<i>Owenia fusiformis</i>	0,929	5,129	0,129	39,504
<i>Spiophanes bombyx</i>	0,070			0,046
<i>Pectinaria koreni</i>	0,021		0,004	40,266
<i>Lanice conchilega</i>		13,715	7,680	
<b>Mollusques</b>				
<i>Nassarius reticulatus</i>	1,526	21,050	3,871	7,627
<i>Euspira pulchella</i>	0,014		0,010	
<i>Crepidula fornicata</i>	0,001			
<i>Donax vittatus</i>	0,001			0,0004
<i>Spisula subtruncata</i>		0,022	1,352	0,699
<i>Mysella bidentata</i>	0,014	0,022	0,002	0,071
<i>Ensis directus "entiers"</i>				0,092
<i>Ensis directus "cassés"</i>	5,671	8,564	4,570	6,755
<i>Abra alba</i>	0,804	0,713	0,531	38,399
<i>Macoma balthica</i>	0,108		0,569	
<i>Tellina fabula</i>	0,438	0,183	0,212	0,168
<b>Némerte</b>				
<i>Cerebratulus sp</i>		0,179	0,028	
<b>Crustacés</b>				
<i>Polybius holsatus</i>	0,581	1,189	1,096	1,441
<i>Polybius arcuatus</i>		0,069		
<i>Pagurus bernardus</i>	1,236	0,896	0,035	0,202
<b>Echinodermes</b>				
<i>Amphiura brachiata</i>	0,852	0,507		0,187
<i>Ophiura albida</i>	0,608	0,583	0,633	0,760
<i>Ophiura ophiura</i>				0,267
<b>divers</b>	0,023	0,051	0,152	0,115
<b>TOTAL</b>	<b>14,125</b>	<b>53,996</b>	<b>22,015</b>	<b>158,970</b>

Tableau 8.4. Point C, nombre d'individus par m<sup>2</sup>

	20/02/2007	18/04/2007	26/06/2007	14/12/2007
<b>Nemertes</b>				
Némerte sp		1	1	
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Scolelepis squamata</i>	4	1	4	2
<i>Spiophanes bombyx</i>		2		
<i>Nephtys cirrosa</i>	41	28	43	28
<i>Glycera tridactyla</i>	2			
<i>Lanice conchilega</i>		8	27	
<b>Mollusques</b>				
<i>Hydrobia ulvae</i>		2		
<i>Macoma balthica</i>				1
<i>Ensis arcuatus</i>		1		
<b>Crustacés</b>				
<i>Eurydice pulchra</i>	2			
<i>Bathyporeia elegans</i>			1	1
<i>Pontocrates altamarinus</i>	2	1	2	1
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1	1		5
<i>Crangon crangon</i>	1	3		
<i>Portumnus latipes</i>	7	4	6	1
<b>Echinodermes</b>				
<i>Ophiura albida</i>		1		
<i>Ophiothrix fragilis</i>		14	1	
<b>Poissons</b>				
<i>Ammodytes tobianus</i>		1		
<b>Richesse spécifique</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Total /m<sup>2</sup></b>	<b>60</b>	<b>68</b>	<b>85</b>	<b>39</b>

Tableau 8.5. Point C, biomasse en mg par m<sup>2</sup>

	20/02/2007	18/04/2007	26/06/2007	14/12/2007
<b>Nemertes</b>				
Némerte sp		5,3	13,4	
<b>Annélides Polychètes</b>				
<i>Scolelepis squamata</i>	1,8	1,4	3,4	3,6
<i>Spiophanes bombyx</i>		0,2		
<i>Nephtys cirrosa</i>	192,6	111,6	231,4	241,7
<i>Glycera tridactyla</i>	8,7			
<i>Lanice conchilega</i>		0,4	1,6	
<b>Mollusques</b>				
<i>Hydrobia ulvae</i>		0,6		
<i>Macoma balthica</i>				1,0
<i>Ensis arcuatus</i>		104,5		
<b>Crustacés</b>				
<i>Eurydice pulchra</i>	0,4			
<i>Bathyporeia elegans</i>			0,3	0,3
<i>Pontocrates altamarinus</i>	0,9	0,2	0,5	0,3
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1,9	0,9		24,7
<i>Crangon crangon</i>	9,4	14,6		
<i>Portumnus latipes</i>	181,0	126,9	241,6	405,7
<b>Echinodermes</b>				
<i>Ophiura albida</i>		0,4		
<i>Ophiothrix fragilis</i>		0,8	2,9	
<b>Poissons</b>				
<i>Ammodytes tobianus</i>		84,6		
<b>Richesse spécifique</b>	<b>8</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>Total mg/m<sup>2</sup></b>	<b>396,7</b>	<b>452,4</b>	<b>495,1</b>	<b>677,3</b>

## **BIBLIOGRAPHIE**

### Rapports C.N.E.X.O

- 1975.** Etude écologique du site de Gravelines. Rapport des travaux au 30 août 1975. ELGMM-CNEXO pour EDF. Août 1975 (2 volumes).
- 1976.** Etude écologique de projet. Site de Gravelines. Rapport final 1<sup>er</sup> cycle. ELGMM-CNEXO / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Juin 1976 (4 volumes).
- 1977.** Etude écologique de projet. Site de Gravelines 2<sup>ème</sup> cycle. ELGMM-CNEXO / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Novembre 1977 (3 volumes).
- 1981.** Etude de surveillance écologique 1<sup>er</sup> cycle (janvier 1978 à juin 1979) Site de Gravelines. CNEXO-COB-ELGMM / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Janvier 1981.
- 1981.** Première étude de surveillance du site de Gravelines. Description statistique des données et interprétation écologique. CNEXO-COB-ELGMM pour EDF. Août 1981.
- 1982.** Etude de surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n°2 juillet 1979 - octobre 1980). CNEXO-COB-LGMM / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Février 1982.
- 1982.** Etude de surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 3 novembre 1980 - octobre 1981). CNEXO-COB-ELGMM / IBMR Wimereux / Université de Lille pour EDF. Novembre 1982.
- 1983.** Surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 4 novembre 1981 - octobre 1982). CNEXO-COB-ELGMM / SBMW / Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1983.
- 1984.** Surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 5 novembre 1982 - octobre 1983). CNEXO-COB-ELGMM / SBMW / Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1984.
- 1985.** Surveillance écologique du site de Gravelines (Surveillance n° 6 novembre 1983 - octobre 1984). IFREMER-Centre de Brest-DERO-EL / Station Marine de Wimereux / Institut Pasteur de Lille pour EDF. Avril 1985.

### Rapports I.S.T.P.M

- 1980.** Etude halieutique de projet de site, Gravelines, rapport de fin d'études. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1980.
- 1981.** Site de Gravelines, rapport de fin d'étude de projet, 1<sup>ère</sup> partie : zooplanctonologie halieutique. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1981.
- 1982.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques année 1980. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1981.
- 1982.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1981. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1982.
- 1983.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1982. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1983.
- 1984.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1983. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1984.
- 1985.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique des ressources halieutiques, année 1984. Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes, édit., Nantes pour EDF. 1985.

### Rapports I.F.R.E.M.E.R

- 1986.** Site de Gravelines. Etude de surveillance écologique et halieutique (novembre 1984 - octobre 1985) IFREMER / Brest / Nantes / Ouistreham / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Lille. DERO 86.09.EL pour EDF. 1986. (2 volumes).
- 1987.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1985 - octobre 1986) IFREMER / Brest / Nantes / Ouistreham / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Lille. DERO 87.06.EL pour EDF. 1987. 157 p.
- 1988.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1986 - octobre 1987) IFREMER / Brest / Nantes / Ouistreham / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Gravelines. DERO 88.17.EL pour EDF. 1988. 156 p.
- 1989.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1987 - octobre 1988) IFREMER / Station marine de Wimereux / Institut Pasteur de Gravelines. DERO 89.08.EL pour EDF. 1989. 153 p.
- 1990.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1988 - octobre 1989) IFREMER DRO 90.12.EL pour EDF. 1990. 120 p.
- 1991.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1989 - octobre 1990) IFREMER DRO 91.10.EL pour EDF. 1991. 93 p.
- 1992.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1990 - octobre 1991) IFREMER DEL 92.14. 1992. 119 p.
- 1993.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1991 - octobre 1992) IFREMER DEL 93.11. 1993. 105 p.
- 1994.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1992 - octobre 1993) IFREMER DEL 94.05. 1994. 117 p.
- 1995.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1993 - octobre 1994) IFREMER DEL 95.07. 1995. 107 p.
- 1996.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1994 - octobre 1995) IFREMER DEL/Brest 96.04. 1996. 111 p.
- 1997.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1995 - octobre 1996) IFREMER DEL/EC/RST 97.08 . 1997 121 p.
- 1998.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1996 - octobre 1997) IFREMER DEL/EC 98.03 BREST. 1998 123 p.
- 1999.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1997 - octobre 1998) IFREMER DEL/EC - R. INT 99.06. BREST 1999 134 p.
- 2000.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1998 - octobre 1999) IFREMER DEL/EC R. INT 00.07. BREST 2000 149 p. + annexe bibliographique.
- 2001.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 1999 - octobre 2000) IFREMER DEL/EC R INT 01.05. BREST 2000 156 p + annexe bibliographique.
- 2002.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 2000 - octobre 2001). Rapport Interne DEL/BL/RST/02/01, 169 pages.
- 2003.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 2001 - octobre 2002). Rapport Interne DEL/BL/RST/03/01, 167 pages.
- 2004.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 2002 - octobre 2003). Rapport Interne DEL/BL/RST/04/01, 164 pages.
- 2005.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 2003 - octobre 2004). Rapport Interne LER/BL/RST/05/01, 170 pages.
- 2006.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 2004 - octobre 2005). Rapport Interne LER/BL/RST/06/01, 174 pages.

**2007.** Site de Gravelines. Surveillance écologique et halieutique (novembre 2005 - octobre 2006). Rapport Interne LER/BL/RST/07/01, 182 pages.

**Nota :**

- Un rapport préliminaire paraissait chaque année en janvier et le rapport annuel complet paraissait en avril. Ce rapport préliminaire n'existe plus depuis 2001.
- **Citations des auteurs** : le grand nombre d'auteurs impliqués dans la rédaction des rapports cités ci-dessus ne nous a pas permis de lister l'ensemble. Il est admis que :

1<sup>er</sup> cas : si un auteur est cité dans une bibliographie et texte de publication, il doit l'être de la manière suivante .

Exemple d'un texte de benthos subtidal cité

J.M. DEWARUMEZ et D. MENU 1990 Benthos Subtidal (ch. VIII p 97-120)

in : Le Fèvre – Lehoërff G. (coordinatrice) et *al.* (1990) site de Gravelines- Surveillance écologique et halieutique (novembre 1988 - octobre 1989) IFREMER DRO 90.12 EL pour EDF. 1990. 120 p.

2<sup>ème</sup> cas : si on cite le rapport dans sa totalité on citera

**Pour les rapports Ifremer jusque 2001 :**

Le Fèvre – Lehoërff G. (coordonnatrice) *et al.* (1990) Site de Gravelines - Surveillance écologique et halieutique (novembre 1988 - octobre 1989) IFREMER DRO 90.12 EL pour EDF. 1990. 120 p.

**Pour les rapports Ifremer après 2001 :**

Lefebvre A. (coordonnateur) *et al.*, 2002. Surveillance écologique et halieutique. Site de Gravelines. Novembre 2000 - Octobre 2001. Rapport Ifremer DEL/BL/RST/02/01, 169 pages.