

Découvrez un ensemble de documents, scientifiques ou techniques,  
dans la base Archimer : <http://www.ifremer.fr/docelec/>

**ifremer**

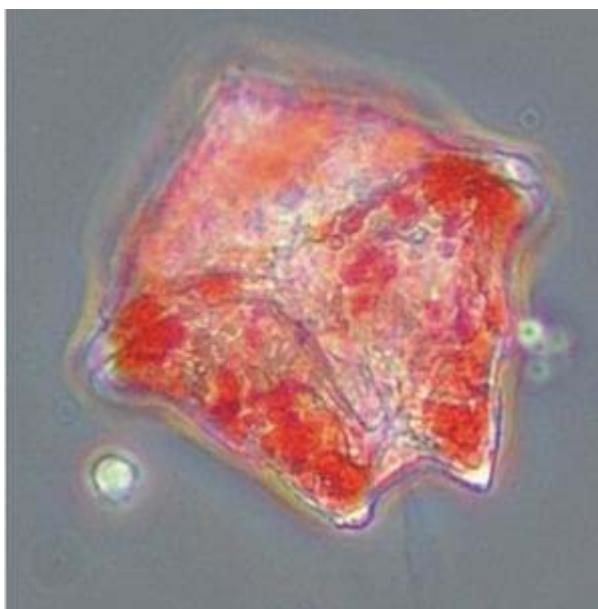
**Direction des programmes et de la stratégie  
Direction des opérations**

**Laboratoire Environnement Ressources de  
Normandie (LERN)**

**Lampert Luis**

**RST./07.02 LERN/Port en Bessin**

**Surveillance hydrologique et  
phytoplanctonique du site AREVA NC  
(La Hague) – Année 2006**



Protoperidinium sp. – Ifremer

Contrat AREVA NC N° 40005318

**Mars 2007**





---

**SOMMAIRE**

<b>1. L'hydrologie .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Matériel et méthodes.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.1. Prélèvements.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1.2. Mesures et analyses .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.3. Représentations graphiques .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Résultats .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1. Météorologie.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.2. Température .....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3. Salinité .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.4. Ammonium .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.5. Nitrate.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.6. Nitrite.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.7. Phosphate.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.8. Oxygène dissous .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Conclusion.....</b>	<b>23</b>
<b>2. Le Phytoplancton .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Matériel et méthodes.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.1. Mesure de la chlorophylle.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.2. Étude systémique du phytoplancton.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2. Résultats .....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.1. Biomasse chlorophyllienne .....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2. Abondance microphytoplanctonique .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.3. Peuplements observés en 2004 .....</b>	<b>36</b>
<b>2.3. Conclusion.....</b>	<b>43</b>
<b>2.4. Bibliographie .....</b>	<b>44</b>



## 1. L'Hydrologie

*Rapport*

Luis Lampert (LERN).

*Prélèvements et Analyses* Olivier Pierre-Duplessix (LERN),

Vincent Justôme (LERN),

Claude Etourneau (LERN),

Luis Lampert (LERN),

LASEM - Cherbourg,

LDA 50.



## 1.1 Matériel et méthodes

### 1.1.1. Prélèvements

Les prélèvements ont été effectués en janvier, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre 2006. Les prélèvements d'eau pour l'étude de l'hydrologie ont été réalisés par la marine nationale à bord du navire de surveillance radiologique *CORALLINE*.

La société AREVA NC est gestionnaire des prélèvements en mer et de l'envoi des échantillons au laboratoire IFREMER de Port-en-Bessin (eau brute et échantillons fixés) pour les dénombrements phytoplanctoniques, la chlorophylle, les phéopigments et le dosage des sels nutritifs (nitrate, nitrite, ammonium et phosphate) et au laboratoire départemental de la Manche (LDA 50) de Saint Lô pour la salinité et l'oxygène dissous. Les prélèvements ont été effectués en surface et à mi profondeur à chaque point. Les dénombrements phytoplanctoniques ne portent que sur les prélèvements de surface.

Les deux points de prélèvement qui ont été échantillonnés en 2006 (figure 1.1) sont :

- Jobourg (49° 39,8' N et 001° 58,4' W) ;
- Barneville (49° 22,7' N et 001° 51,7' W).



Figure 1.1 : Situation géographique des points d'échantillonnage

Pour chaque point de prélèvement, deux bidons de 50 L sont remplis par pompage (surface) ou au moyen d'une bouteille NISKIN de 30 L (mi profondeur). Le lendemain, les sous échantillons, fixés et filtrés, sont adressés aux deux laboratoires d'analyses précités.

### 1.1.2. Mesures et analyses

#### 1.1.2.1. Mesure de la température

La température est enregistrée en surface et à mi profondeur au moyen d'une sonde de température Hanna HI 935005 par le personnel du bord. Sa résolution est de 0,1 °C et l'exactitude  $\pm 0,4$  °C.

#### 1.1.2.1. Mesure de la salinité

Réalisée par électrochimie selon le protocole du LDA 50 : MPC 076

#### 1.1.2.2. Analyse de l'ammonium

Pré-filtré sur une soie de 150  $\mu\text{m}$  lors du prélèvement, les échantillons d'ammonium sont immédiatement fixés. Ils sont ensuite conservés à l'abri de la lumière jusqu'à leur dosage au laboratoire. Ils sont analysés selon la méthode spectrophotométrique de Koroleff (1970), selon Aminot et Kérouel, 2004. La précision de la mesure est de 0,05  $\mu\text{M}$ .

#### 1.1.2.3. Analyse du nitrite

Réalisée selon la méthode de la réaction de Griess appliquée à l'eau de mer par Benschneider et Robinson (1952) au moyen d'un autoanalyseur Technicon III (Tréguer et Le Corre, 1975), selon Aminot et Kérouel, 2004. Précision :  $\pm 0,01$   $\mu\text{M}$

#### 1.1.2.4. Analyse du nitrate

Réalisée sur colonne de cadmium traité au cuivre (Wood *et al.*, 1967) au moyen d'un autoanalyseur Technicon III (Tréguer et Le Corre, 1975), selon Aminot et Kérouel, 2004. Précision :  $\pm 0,1$   $\mu\text{M}$

#### 1.1.2.5. Analyse du phosphate

Réalisée selon la méthode de Murphy et Riley (1962) au moyen d'un auto-analyseur Technicon III (Tréguer et Le Corre, 1975), selon Aminot et Kérouel, 2004. Précision :  $\pm 0,01$   $\mu\text{M}$

#### 1.1.2.6. Mesure de l'oxygène dissous

Réalisée par le LDA 50 selon la norme NFEN 25813 (méthode de Winkler – T 90-141).

Les analyses réalisées par l'Ifremer sur les paramètres : ammonium, nitrate, nitrite et phosphate, répondent aux exigences de l'arrêté NOR : DEVO0630201A du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable du 29 novembre 2006, édité dans le J.O. du 21 décembre 2006.

### 1.1.3. Représentations graphiques

Les paramètres hydrologiques acquis lors des campagnes de 2006 sont présentés sous la forme de courbes ou de boîtes à moustaches. Dans ces dernières la valeur centrale représente la médiane de la série, la boîte contient 50 % des valeurs et les

moustaches encadrent 80 % de valeurs. Les maximum et minimum sont également représentés.

## 1.2 Résultats

Les résultats des mesures et des analyses effectuées en 2006 sont présentés dans le tableau 1.1 ci-dessous :

<b>J O B O U R G</b>							
DATE	T° (°C)	Sal	O2 (mg.l <sup>-1</sup> )	NH4 (µM)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	PO4 (µM)
<b>S U R F A C E</b>							
3/1/06	9.9	34.4	11.7	0.17	0.21	10.95	0.57
6/3/06	8	34.7	VD	0.08	0.19	15.30	0.62
3/4/06	9.4	35	8.7	0.24	0.21	7.61	0.37
3/5/06	10.5	34.9	9.9	0.78	0.13	4.70	0.21
6/6/06	13	34.6	9.9	0.05	0.09	1.97	0.11
4/7/06	15	34.1	9.3	0.2	0.12	1.39	0.13
7/8/06	18	34.8	7	0.78	0.21	1.47	0.19
4/9/06	19	35	7.2	1.37	0.29	3.30	0.25
10/10/06	18	34.8	6.9	0.5	0.67	4.54	0.33
<b>M I P R O F O N D E U R</b>							
3/1/06	9.5	34.5	9.5	0.16	0.20	10.59	0.59
6/3/06	8	34.7	8.8	0.06	0.21	15.36	0.64
3/4/06	9	35.2	9.7	1.65	0.21	7.59	0.37
3/5/06	10.5	35	4.8	0.79	0.13	3.63	0.22
6/6/06	12.5	34.9	9.4	0.8	0.11	2.14	0.28
4/7/06	14.5	34.7	9.1	0.46	0.14	1.83	0.16
7/8/06	17	34.7	7.8	1.28	0.21	1.75	0.26
4/9/06	18	35	7.2	0.94	0.29	2.81	0.28
10/10/06	18	34.9	6.9	0.45	0.67	4.88	0.31
<b>B A R N E V I L L E</b>							
DATE	T° (°C)	Sal	O2 (mg.l <sup>-1</sup> )	NH4 (µM)	NO2 (µM)	NO3 (µM)	PO4 (µM)
<b>S U R F A C E</b>							
3/1/06	12.4	34.4	10.6	0.23	0.18	8.72	0.51
6/3/06	7.2	34.9	9.9	0.1	0.12	8.29	0.28
3/4/06	8.9	35.1	9.4	0.82	0.17	6.13	0.26
3/5/06	9.9	35.2	10.2	0.37	0.08	5.94	0.15
6/6/06	14	35	8.6	0.05	0.00	0.08	0.05
4/7/06	16	34.9	12.3	0.05	0.04	2.89	0.08
7/8/06	19	35.1	10.8	0.1	0.03	0.02	0.08
4/9/06	20	35.1	6.4	0.49	0.05	0.30	0.19
10/10/06	18	34.8	8.3	0.44	0.61	5.02	0.29
<b>M I P R O F O N D E U R</b>							
3/1/06	12.5	34.6	9.4	0.71	0.20	9.13	0.52
6/3/06	7	35	9.1	1.87	0.13	8.89	0.31
3/4/06	9.2	35.1	7.5	0.18	0.18	6.14	0.28
3/5/06	10.5	35.2	9.9	0.27	0.09	2.35	0.13
6/6/06	14	35.1	9	0.24	0.01	0.25	0.08
4/7/06	15.5	35	9.3	0.43	0.04	1.02	0.12
7/8/06	19	35.2	8.9	0.45	0.04	0.18	0.08
4/9/06	19	35.1	6.4	0.42	0.05	0.25	0.15
10/10/06	18	35.1	7.9	0.39	0.60	4.16	0.27

VD : Valeur douteuse ; NR : Non renseigné

**Tableau 1.1 : Récapitulatif des résultats obtenus pour les campagnes de 2006**

### 1.2.1. Météorologie

#### 1.2.1.1. Température de l'air

Les températures enregistrées en 2006 à Flamanville par Météo France ont été au-dessus de la moyenne pluriannuelle 1949-2005 (figure 1.2) à partir du mois de mai. Cet écart devient plus fort dès le mois de juillet. Entre septembre et décembre, les températures moyennes mensuelles se situent près des maximums de la période 1949-2005. Les mois de janvier, février et mars présentent des températures inférieures à la moyenne, créant ainsi un fort contraste avec les températures estivales. L'année 2006 s'inscrit donc, dans le même schéma que les années précédentes.

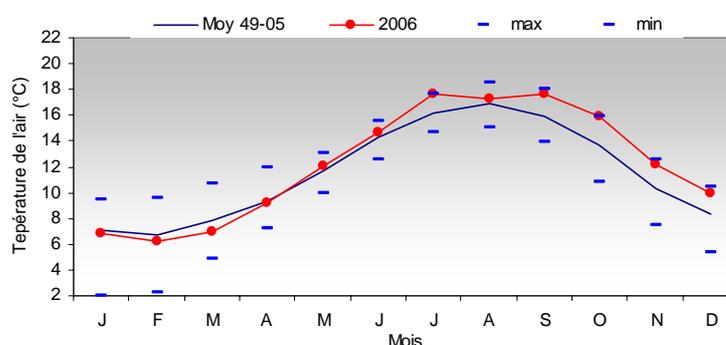


Figure 1.2 : Température moyenne mensuelle de l'air à Flamanville en 2006 et moyenne sur la période 1949-2005 (Météo France)

#### 1.2.1.2. Pluviométrie et débit des fleuves

La pluviométrie en 2006 a évolué près de la moyenne entre mars et novembre, elle a été excédentaire en février et décembre et déficitaire en janvier. Le bilan global de 2006 (749,1 mm) est donc supérieur (712,6 mm) à la moyenne annuelle 1950-2005 (figure 1.3).

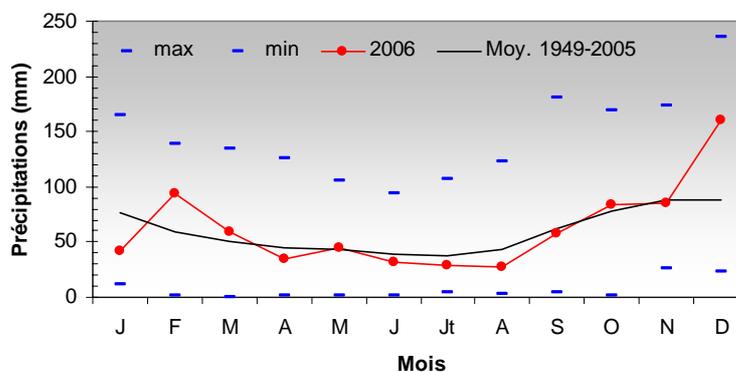


Figure 1.3 : Précipitations mensuelles à Flamanville pour l'année 2006. Moyenne, maximum et minimum sur la période 1949-2005

## 1.2.2. Température de l'eau de mer

### 1.2.2.1. Variations spatio-temporelles de la température en 2006

La température minimale observée a été de 7,0 °C en mars au point Barneville (mi profondeur) ; la température maximale a atteint 20,0 °C au point Barneville (surface) en septembre (figure 1.4).

Au mois de janvier, nous observons un écart de plus de 2°C entre les valeurs des points Barneville et Jobourg. La température de l'eau de mer descend entre janvier et mars, où les valeurs du point Barneville se situent en dessous de celles de Jobourg. Il s'en suit une croissance continue de températures jusqu'au mois de septembre. En octobre, les températures de l'eau de mer se stabilisent ou diminuent.

Les températures de surface au point Jobourg sont supérieures ou similaires à celles enregistrées à mi profondeur tout le long de l'année. Au point Barneville, la température à mi profondeur a été supérieure à celle de surface en janvier (écart de 0,1°C) et en mai (écart de 0,6°C). Cependant, l'écart constaté en janvier ne peut pas être considéré, car se situe dans l'intervalle d'incertitude de mesure de l'appareil.

Les valeurs observées entre juin et septembre sont d'un degré supérieur au point Barneville par rapport à Jobourg. En octobre, l'ensemble des points présente la même température de 18°C.

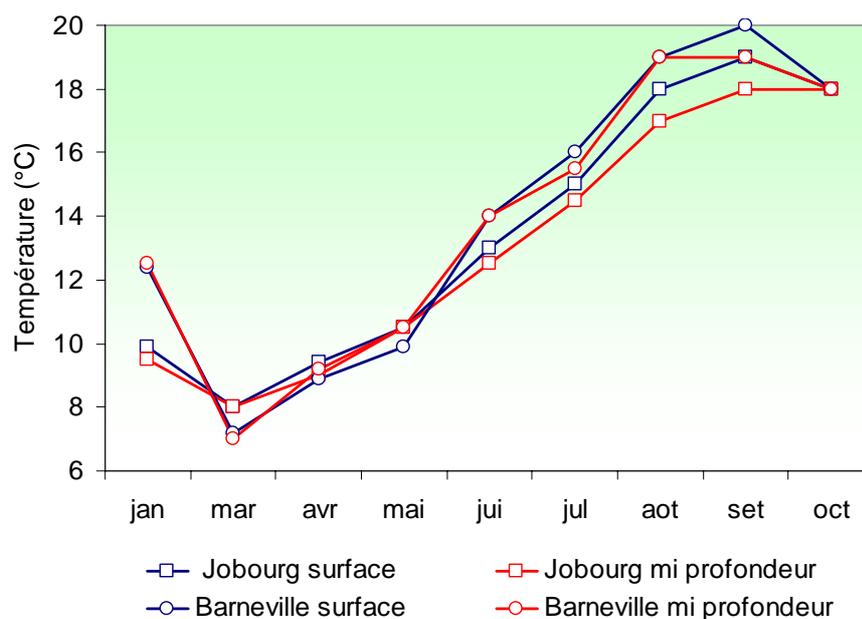


Figure 1.4 : Distribution des températures par point d'échantillonnage et par mois en 2006

### 1.2.2.2. Variations interannuelles

Avec déjà quatre années d'enregistrements, nous pouvons présenter l'évolution de la température et sa variabilité, ainsi que les valeurs de l'année d'étude à l'intérieur de la série (figure 1.5).

Les températures de surface à Jobourg ont été proches ou en dessous des médianes de janvier à juillet, et au-dessus d'août à octobre. A Barneville la situation est similaire, sauf au mois de janvier où la température observée en 2006 a été supérieure à la médiane.

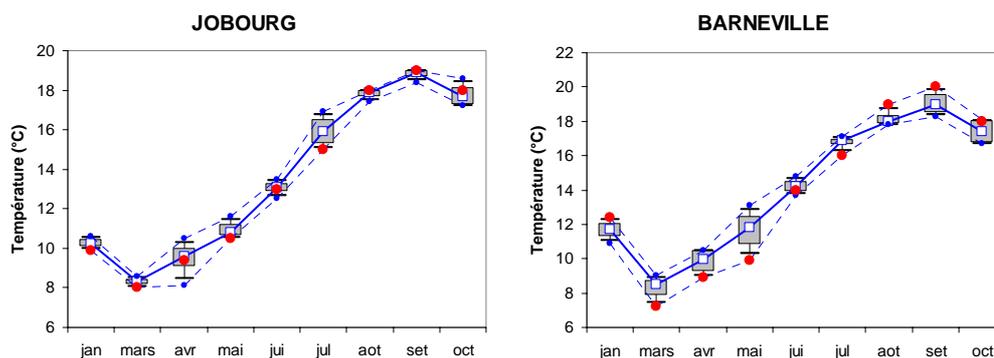


Figure 1.5 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de température de surface de l'eau de mer à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006. Le point central représente la médiane (□) ; la boîte englobe 50 % des valeurs (▭) ; les moustaches 80% des valeurs (┆). Les points extrêmes, présentent les valeurs maximales et minimales (●). Le carré rouge (●) représente les valeurs obtenues en 2006.

La comparaison des médianes de température de surface de la série 2002-2006 sur les deux points de suivi, montre de plus fortes températures enregistrées à Barneville entre janvier et juillet, avec de plus faibles écarts en mars et avril (figure 1.6). D'août à octobre ces différences deviennent peu significatives et les deux masses d'eau présentent le même profil de températures de surface.

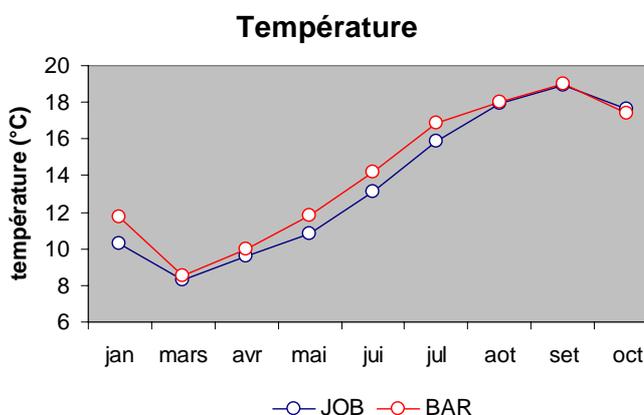
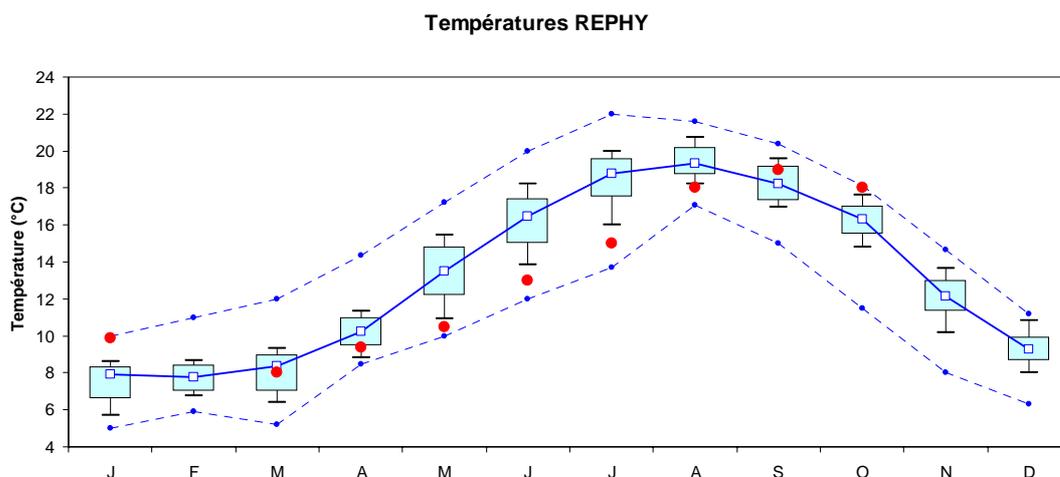


Figure 1.6 : Distribution des médianes de la température de surface des points Jobourg et Barneville pour la série 2002-2006

### 1.2.2.3. Contexte régional

Afin de donner un cadre géographique à l'évolution de la température dans le secteur proche de l'usine AREVA NC de La Hague, nous avons utilisé les valeurs de température enregistrées par le réseau national de surveillance phytoplanktonique (REPHY) entre 1987 et 2006 sur les points de suivi situés entre Granville et Barfleur. Nous avons comparé ces valeurs à celles observées au point Jobourg de surface en 2006 (figure 1.7).



**Figure 1.7 : Températures médianes et leur dispersion obtenues par le réseau REPHY entre 1987 et 2006 sur les points d'échantillonnage situés entre Granville et Barfleur (890 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg de surface (2006) aux mêmes périodes**

L'évolution annuelle de la température présente une forme sinusoïdale caractéristique des mers tempérées, avec un maximum observé en août et un minimum aux mois de janvier et février. Les valeurs du point Jobourg se situent au dessus de la médiane du REPHY en janvier, septembre et octobre, et en dessous de celle-ci de mars à août. Cette évolution met en évidence le caractère océanique de la masse d'eau du point Jobourg par rapport aux eaux échantillonnées par le REPHY, très côtières en générale. La plus forte inertie des eaux océaniques rends compte de cet effet 'tampon' qui se traduit par des températures plus chaudes en hiver et plus fraîches en été.

### 1.2.3. Salinité

#### 1.2.3.1. Variations spatio-temporelles de la salinité en 2006

La plus faible salinité a été enregistrée au point Jobourg au mois de juillet (34,1) et la plus élevée (35,2) au point Barneville –surface– en mai et août, et à mi profondeur en avril (figure 1.8). Cette même valeur a également été observée au point Jobourg –mi profondeur– au mois de mai. L'étendue maximale de salinité constatée en 2006 (1,1) a été égale a celle de 2005 et inférieure à celles de 2004

(1,2) et 2003 (2,7). Les plus forts écarts de salinité sont enregistrés en juin et juillet (jusqu'à 0,6). Les mois de janvier, avril et septembre présentent les plus faibles variabilités de salinité. La salinité augmente de janvier à avril, pour diminuer ensuite jusqu'au mois de juillet. Une faible augmentation a lieu en août, pour rester stable par la suite. Sauf pour les mois de janvier et octobre, où les salinités ont été similaires, la salinité en surface au point Barneville a été supérieure à celle du point Jobourg.

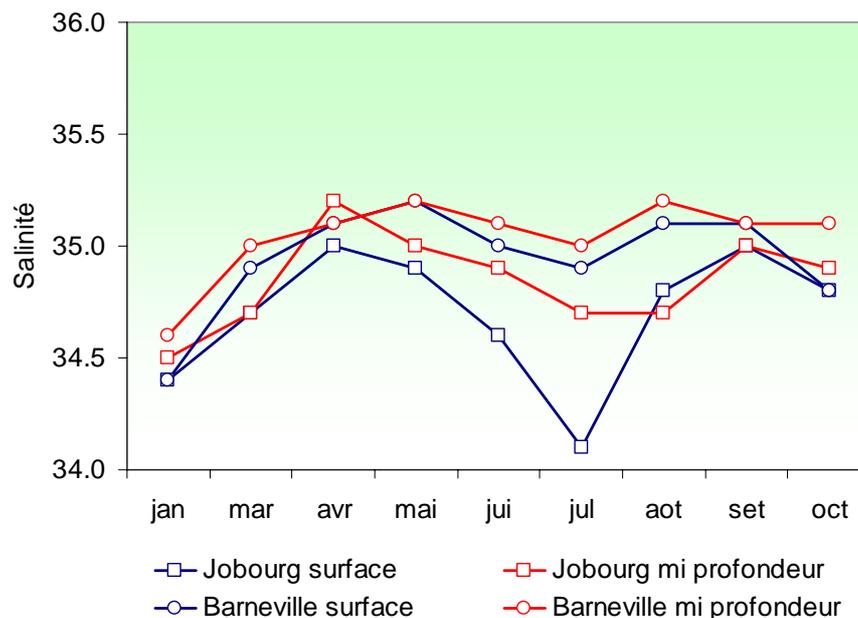


Figure 1.8 : Distribution de salinités par point d'échantillonnage et par mois en 2006

Au point Jobourg, les plus faibles salinités se trouvent en surface, où l'écart vertical est maximal en juillet. La même situation est observée au point Barneville, avec de plus faibles différences.

### 1.2.3.2. Variations interannuelles

L'évolution de la salinité est plus complexe que celle de la température, avec une plus forte variabilité interannuelle (figure 1.9).

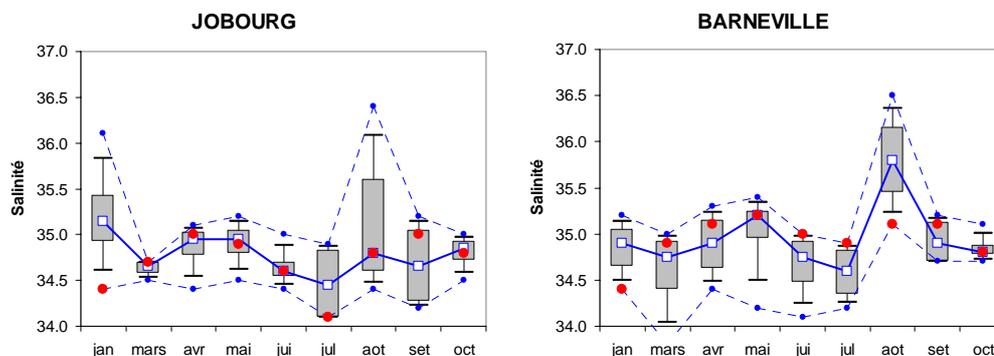


Figure 1.9 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de salinité de surface de l'eau de mer à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

Par rapport à la médiane pluriannuelle, les salinités au point Jobourg de surface en 2006 se situent en dessous pour les mois de janvier et juillet, et au-dessus en septembre. A Barneville, la plupart des valeurs 2006 sont supérieures à cette médiane, à l'exception des valeurs des mois de janvier et août. En octobre les valeurs sont similaires.

Les médianes de salinité des deux points (surface) de la série 2002-2006 mettent en évidence de plus fortes salinités au point Barneville entre mai et septembre, avec un fort écart de valeurs au mois d'août (figure 1.10). Cette différence peut être la conséquence du plus faible nombre de valeurs disponibles sur ce mois, où une valeur extrême ou aberrante a une plus forte incidence. Malgré cet écart, les deux points suivent la même évolution saisonnière.

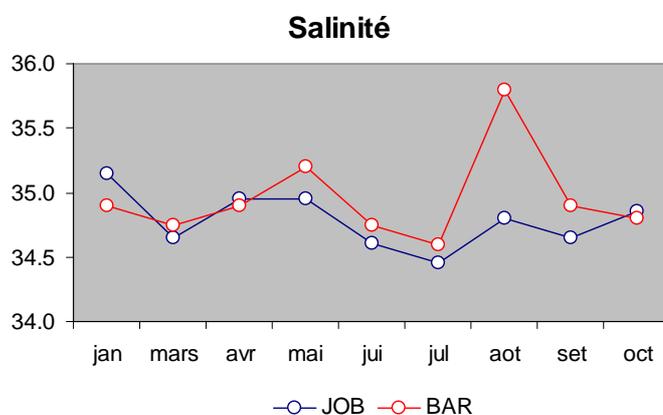


Figure 1.10 : Distribution des médianes de la salinité des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006

### 1.2.3.3. Contexte régional

La comparaison des salinités du point Jobourg (surface) avec celles obtenues par le REPHY entre 1993 et 2006 sont présentées dans la figure 1.11.

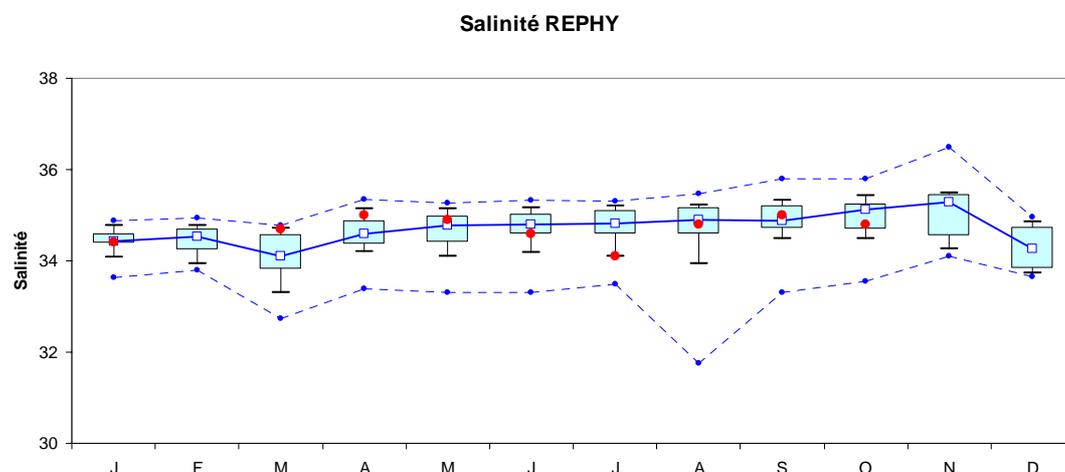


Figure 1.11 : Salinités médianes et leur dispersion obtenues lors de l'exécution du REPHY entre 1993 et 2006 sur les points d'échantillonnage situés entre Granville et Barfleur (406 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg en surface (2006) aux mêmes périodes

L'ensemble des valeurs enregistrées en 2006 au point Jobourg –surface– se situe à l'intérieur du cadre moyen des valeurs observées par le réseau REPHY. Les valeurs 2006 sont supérieures à la médiane en mars et avril, elles sont inférieures à cette médiane en juillet et août, et le reste de l'année elles se situent proches de celle-ci.

#### 1.2.4. Ammonium

##### 1.2.4.1. Variations spatio-temporelles de l'ammonium en 2006

Les plus faibles concentrations en ammonium sont observées au point Barneville –surface– en juin et juillet ( $0,05 \mu\text{M}$ ), et au point Jobourg surface en juin (figure 1.12). Une valeur de  $0,06 \mu\text{M}$  a été également mesurée au point Jobourg à mi profondeur au mois de mars. Les plus fortes concentrations en ammonium ont été enregistrées en mars au point Barneville à mi profondeur ( $1,87 \mu\text{M}$ ) et au point Jobourg à mi profondeur au mois d'avril ( $1,65 \mu\text{M}$ ). Le plus fort écart ( $1,77 \mu\text{M}$ ) est constaté au mois de mars, entre la surface et la mi profondeur du point Barneville.

A l'exception de la situation du mois de mai, et tout au long de l'année, les concentrations en surface du point Jobourg restent supérieures ou égales à celles observées à Barneville. L'écart maximum a été de  $0,9 \mu\text{M}$  au mois de septembre. Il est également à remarquer que les concentrations en ammonium à mi profondeur sont le plus souvent supérieures à celles observées en surface.

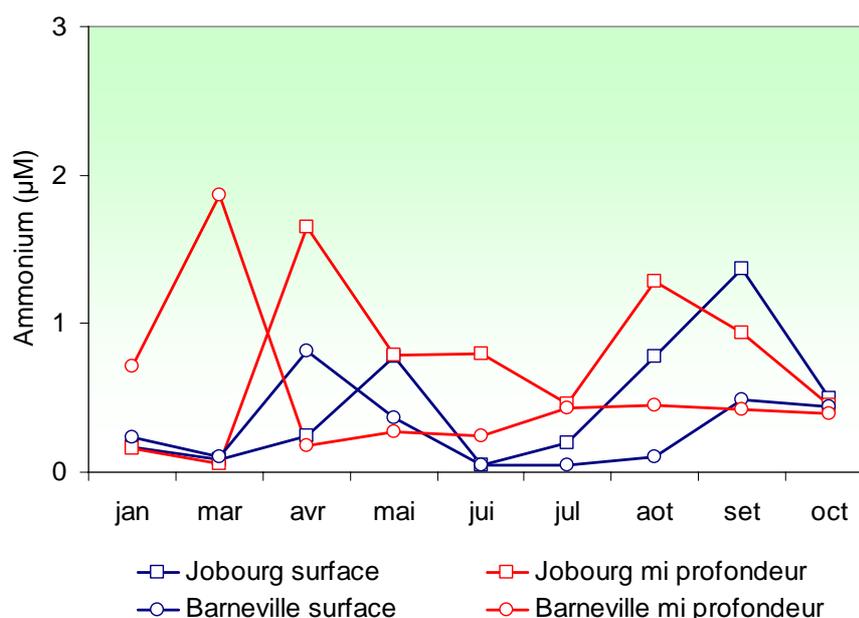


Figure 1.12 : Distribution de l'ammonium ( $\mu\text{M}$ ) par point d'échantillonnage et par mois en 2006

### 1.2.4.2. Variations interannuelles

Bien que la série de valeurs soit encore restreinte, nous pouvons déjà observer une plus forte variabilité à Jobourg (figure 1.13). A Barneville la série du mois d'octobre est cependant d'une plus forte étendue que celle observée à Jobourg. A l'exception des mois d'août à octobre au point Jobourg, l'ensemble des valeurs d'ammonium 2006 se situent en dessous des médianes pluriannuelles.

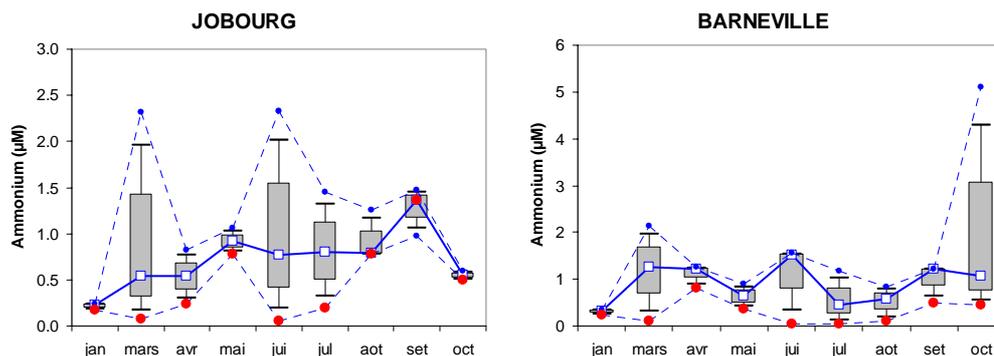


Figure 1.13 : Boîte à moustaches présentant les valeurs d'ammonium de surface de l'eau de mer à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

Au point Jobourg, la médiane pluriannuelle présente une croissance régulière de janvier vers septembre pour ensuite chuter en octobre (figure 1.14). La médiane d'ammonium à Barneville, au contraire, oscille avec des écarts de jusqu'à  $1\mu\text{M}$  sur deux mois consécutifs.

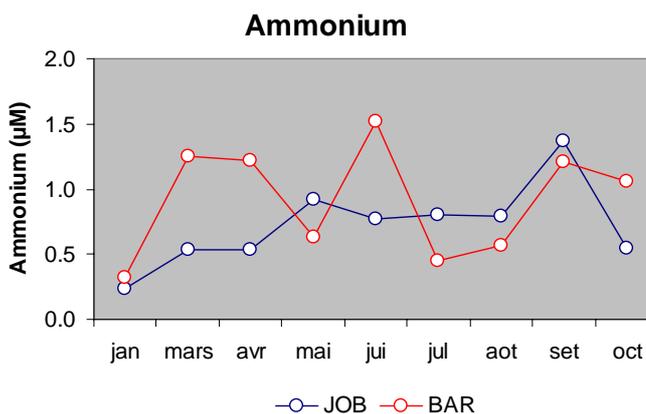
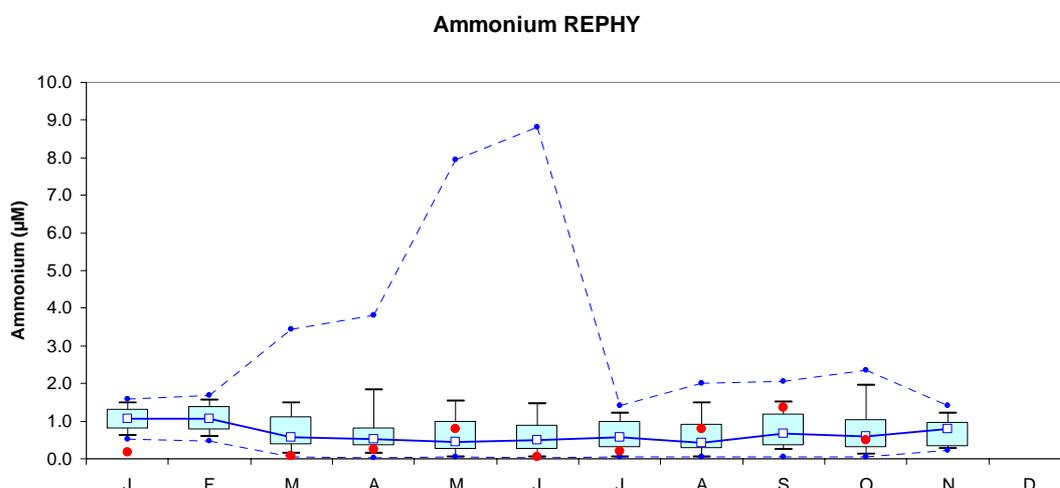


Figure 1.14 : Distribution des médianes de l'ammonium des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006

### 1.2.4.3. Contexte régional

Les valeurs des concentrations en ammonium du point Jobourg en surface se situent dans le cadre défini par le REPHY entre 2001 et 2006 (figure 1.15). Seule la valeur du mois de janvier se situe à l'extérieur des limites, suggérant une faible activité hétérotrophe dans les eaux océaniques par rapport aux eaux côtières.

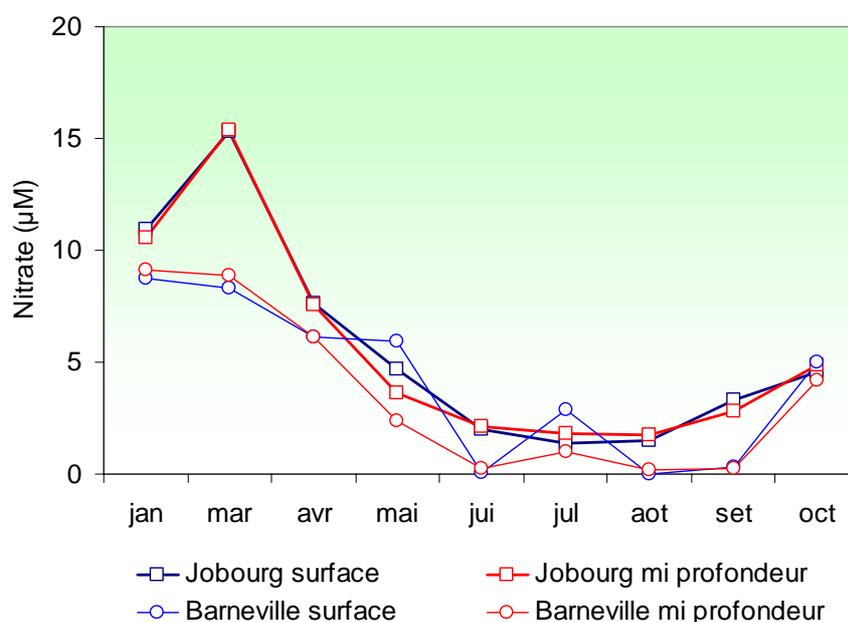


**Figure 1.15 :** Valeurs moyennes d'ammonium et leur dispersion obtenues lors de l'exécution du REPHY entre 2001 et 2006 sur les points d'échantillonnage situés entre Granville et Barfleur (306 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg en surface (2006) aux mêmes périodes

### 1.2.5. Nitrate

#### 1.2.5.1. Variations spatio-temporelles du nitrate en 2006

Les plus fortes valeurs en nitrate sont observées au mois de mars au point Jobourg –surface et mi profondeur– avec respectivement 15,30 et 15,36 µM (figure 1.16). Les plus faibles valeurs –en dessous du seuil de détection– sont observées en juin, août et septembre, au point Barneville –surface et mi profondeur–.



**Figure 1.16 :** Distribution du nitrate (µM) par point d'échantillonnage et par mois en 2006

En règle générale, les concentrations mesurées au point Jobourg sont supérieures à celles du point Barneville. Seules aux mois de mai et juillet les valeurs de Barneville en surface ont été supérieures à celles des autres points. De même que pour la température et l'ammonium, au mois d'octobre, l'ensemble des concentrations de nitrate présente une forte homogénéité. Le plus fort écart entre les concentrations de surface et celles de mi profondeur est constaté au mois de mars, où entre les deux niveaux à Barneville atteint 7,01  $\mu\text{M}$ .

Les écarts entre surface et mi profondeur au point Jobourg restent très limités, tandis qu'au point Barneville ils sont plus marqués en mai et juillet.

Les quatre points d'échantillonnage présentent la même évolution temporelle. Elle suggère l'action du phytoplancton sur l'épuisement des nutriments disponibles dans l'eau de mer suivant un cycle saisonnier classique : consommation par le phytoplancton des sels nutritifs entre le printemps et l'été à la suite de l'augmentation de l'ensoleillement, suivie en automne des processus de régénération et de mélange. La régénération est la conséquence de l'action des agents bactériens sur les particules détritiques de matière organique. D'autre part c'est en automne que l'augmentation du régime de vents favorise le mélange des eaux du large et l'arrivée des nutriments du réservoir profond via l'advection vers les régions plus côtières. Cette disponibilité des nutriments donne lieu aux efflorescences automnales (blooms secondaires), caractéristiques des régions tempérées. L'augmentation du débit des fleuves permet aussi une fertilisation des eaux côtières par le lessivage des sols et les apports anthropiques.

Les concentrations en nitrate au point Jobourg sont significativement supérieures à celles de Barneville en janvier, mars, juillet, août et septembre. Ce phénomène pourrait s'expliquer par le développement phytoplanctonique plus intense à Barneville, plus influencé par le milieu côtier, et qui auraient pour effet la plus forte consommation ce nutriment.

#### 1.2.5.2. Variations interannuelles

La distribution de l'ensemble de valeurs de nitrate enregistrées depuis 2003 au point Jobourg (surface), présente une extrême régularité et une faible variabilité par rapport à l'évolution du point Barneville (figure 1.17). A Jobourg, seul le mois de mars présente une valeur inférieure à la médiane, tandis qu'au point Barneville, ce sont les mois de mars et septembre qui se situent en dessous.

La forme de la courbe de distribution du nitrate à Barneville est également influencée par le faible nombre de mesures présentes dans la série à ce jour. Dans les années à venir, avec l'augmentation du nombre de valeurs, la figure permettra d'évaluer la variabilité d'une façon plus pertinente et robuste.

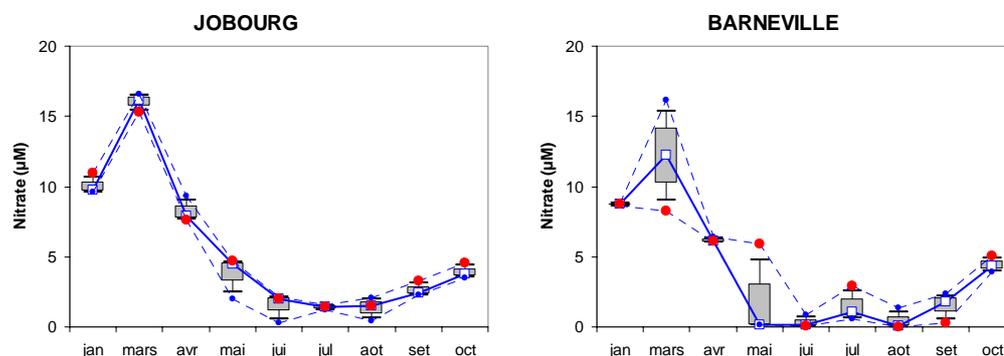


Figure 1.17 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de nitrate de surface à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

De l'étude des médianes de nitrate en surface, nous constatons des concentrations plus élevées au point Jobourg, avec de plus forts écarts par rapport au point Barneville en mars, mai et juin (figure 1.18).

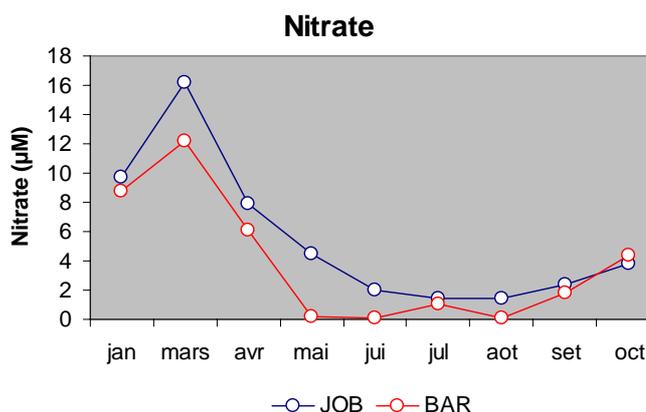
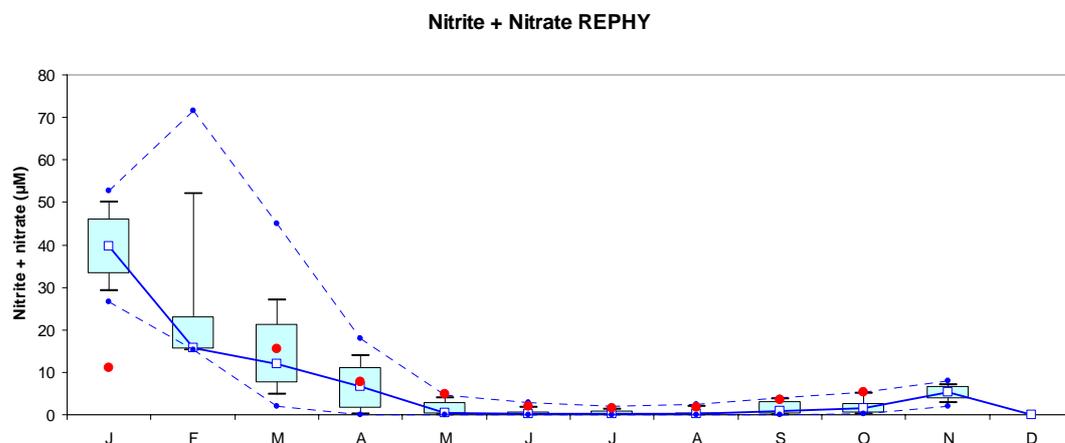


Figure 1.18 : Distribution des médianes du nitrate des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006

### 1.2.5.3. Contexte régional

Le REPHY suit l'évolution des concentrations en nitrate+nitrite sur les masses d'eau côtières proches du site de l'usine Cogema de La Hague. Nous avons additionnée les concentrations en nitrate et nitrite obtenues au point Jobourg afin de pouvoir les comparer aux résultats du REPHY (figure 1.19). Les valeurs observées au point Jobourg se situent près des médianes du REPHY, à l'exception de la concentration observée au mois de janvier. Ceci pourrait être dû à la différence entre les masses d'eau océaniques (point Jobourg) et côtières (points REPHY).

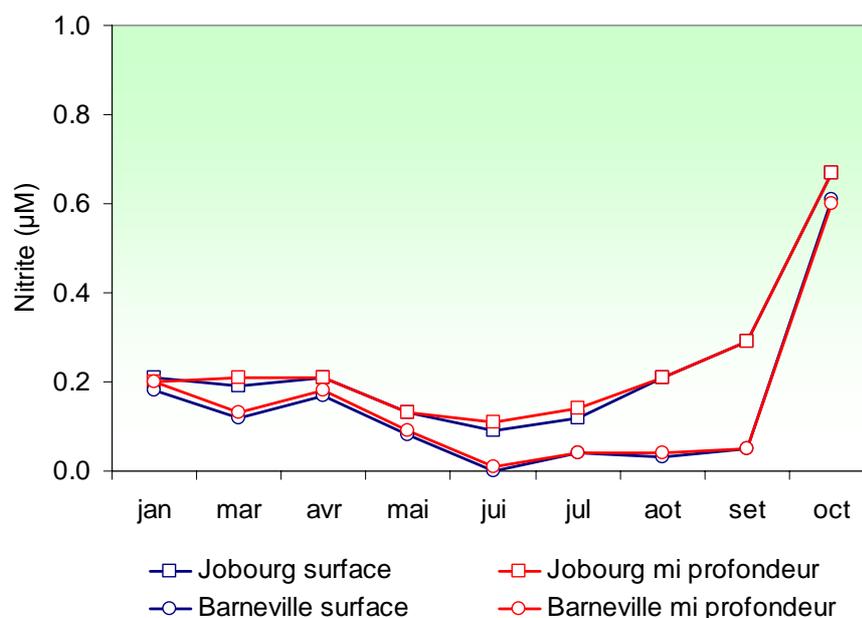


**Figure 1.19 :** Valeurs moyennes du nitrate+nitrite et leur dispersion obtenues lors de l'exécution du REPHY entre 2001 et 2006 sur les points d'échantillonnage situés entre Granville et Barfleur (329 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg (2006) pour les mêmes périodes

## 1.2.6. Nitrite

### 1.2.6.1. Variations spatio-temporelles du nitrite en 2006

La plus forte valeur de nitrite ( $0,67 \mu\text{M}$ ) est observée en octobre au point Jobourg aux deux profondeurs (figure 1.20). Les plus faibles –en dessous de la limite de détection– ont été enregistrées de juin au point Barneville aux deux profondeurs.



**Figure 1.20 :** Distribution du nitrite ( $\mu\text{M}$ ) par point d'échantillonnage et par mois en 2006

De mars à juin l'ensemble de concentrations diminue pour atteindre leur minimum annuel en été. A partir du mois de juillet les valeurs de nitrite augmentent jusqu'au maximum observé en octobre.

Les concentrations en nitrite observées à Jobourg sont supérieures à celles enregistrées à Barneville. Cette différence est plus marquée de juin à septembre et tout particulièrement en septembre, où l'écart maximum atteint  $0,3 \mu\text{M}$ . Les différences entre surface et mi profondeur restent très faibles sur les deux points.

### 1.2.6.2. Variations interannuelles

L'allure des courbes est similaire pour les deux points de suivi en surface (figure 1.21). Cependant, les concentrations en nitrite au point Barneville atteignent l'épuisement en été, tandis que ce phénomène n'est pas mis en évidence à Jobourg. Les valeurs de nitrite observées en 2006 se situent proches ou au-dessous de la médiane pluriannuelle. Cet écart est maximum, pour les deux points, au mois de mars.

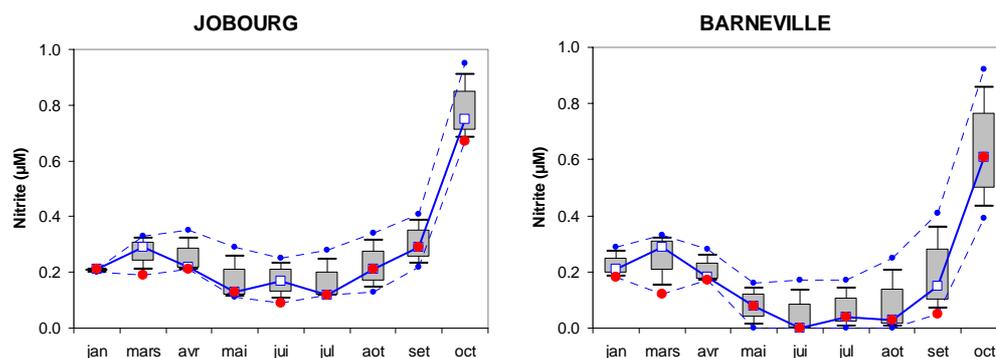


Figure 1.21 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de nitrite de surface à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

Les concentrations médianes de nitrite calculés sur la période 2002-2006 présentent des plus fortes valeurs dans les eaux du point Jobourg, tout particulièrement à partir du mois de juin (figure 1.22). Ces écarts sont toutefois limités.

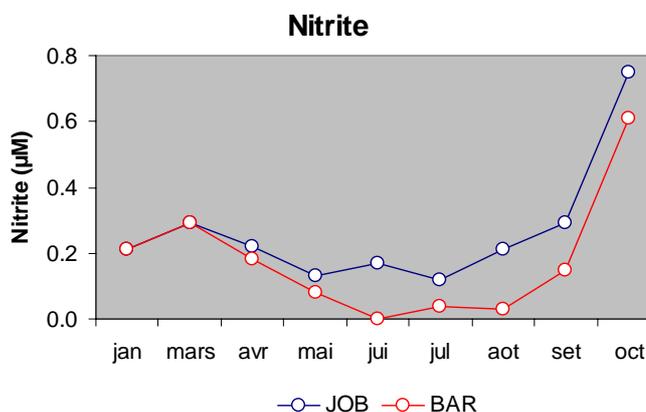


Figure 1.22 : Distribution des médianes du nitrite des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006

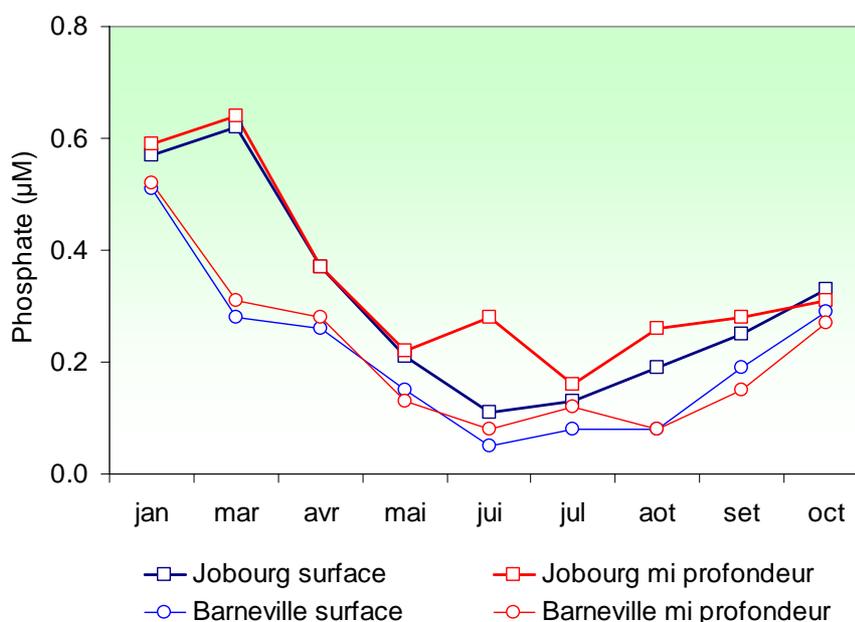
### 1.2.6.3. Contexte régional

Seul la somme de nitrate et nitrite est suivi par le réseaux de surveillance REPHY de l'Ifremer (figure 1.19).

## 1.2.7. Phosphate

### 1.2.7.1. Variations spatio-temporelles du phosphate en 2006

La plus forte valeur de phosphate ( $0,64 \mu\text{M}$ ) a été observée au point Jobourg à mi profondeur au mois de mars (figure 1.23) ; et la plus faible, au point Barneville de surface en juin ( $0,05 \mu\text{M}$ ).



**Figure 1.23 : Distribution du phosphate par point d'échantillonnage et par mois en 2006**

L'évolution du phosphate est proche de celle du nitrate, avec un stock hivernal, suivi d'une forte diminution des concentrations en été et une augmentation automnale plus marquée que pour le nitrate. C'est le cycle classiquement décrit dans les mers tempérées.

En 2006, les concentrations en phosphate sont supérieures au point Jobourg tout le long de l'année. Cette différence est maximale au mois de mars, où l'écart entre les deux points en surface est de  $0,34 \mu\text{M}$ . Peu de différences significatives sont mises en évidence entre les concentrations de surface et celles à mi profondeur. Ces différences sont uniquement remarquables en juin et août au point Jobourg.

En plus des phénomènes de régénération par l'activité bactérienne, le phosphate peut présenter des augmentations de concentration dans la colonne d'eau par

adsorption. La présence des matières en suspension favorise l'ampleur de ce phénomène.

### 1.2.7.2. Variations interannuelles

L'évolution saisonnière du phosphate, sur les deux points d'échantillonnage est similaire à celle du nitrate (figure 1.24). Les phénomènes sous-tendus de cette évolution sont les mêmes pour ces deux nutriments, qui sont les deux formes minérales principalement consommées par le phytoplancton. En règle générale en 2006, les valeurs enregistrées à Jobourg et Barneville sont proches de la médiane pluriannuelle ou en dessous. Le plus fort écart est constaté au mois de mars à Barneville. Mais encore une fois, le faible nombre de valeurs dont nous disposons, a une forte influence dans cette figure, et elle gagnera en robustesse avec les années.

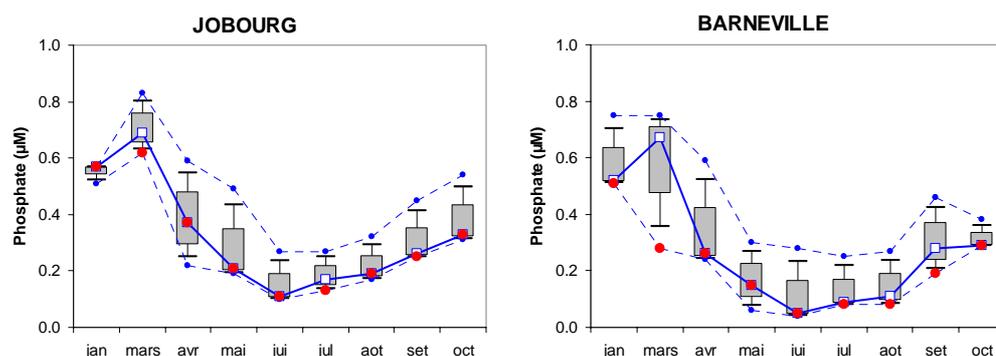


Figure 1.24 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de phosphate de surface à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

De même que pour le nitrate et le nitrite, et bien que les écarts restent faible, la médiane de la concentration de phosphate est supérieure au point Jobourg (figure 1.25).

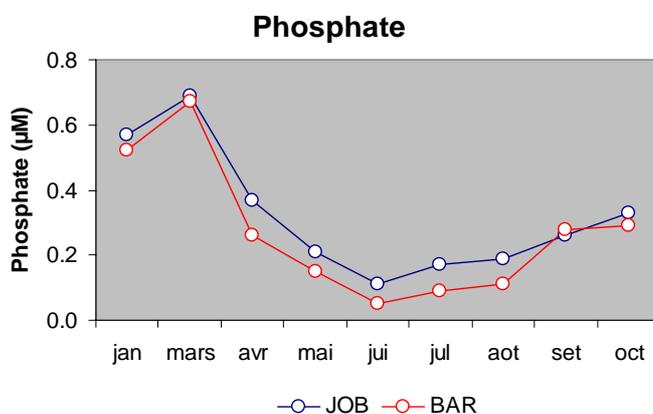
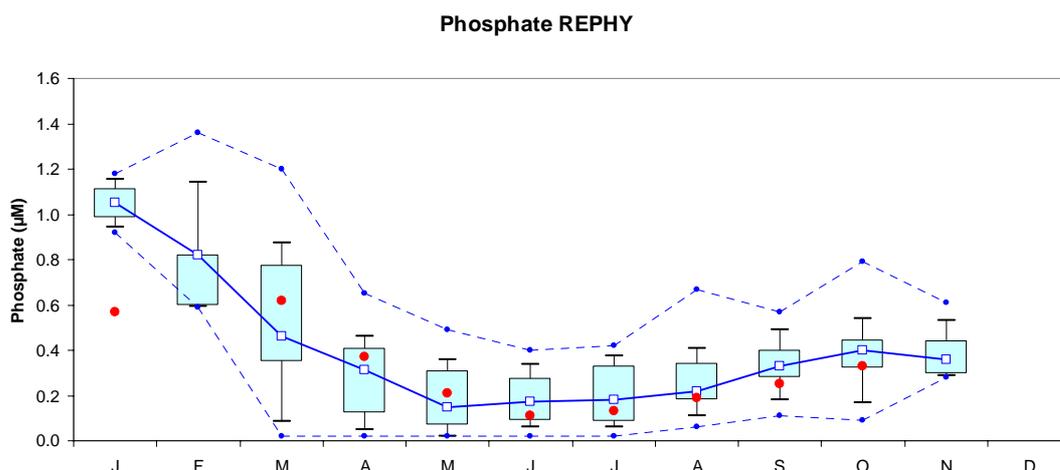


Figure 1.25 : Distribution des médianes du phosphate des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006

### 1.2.7.3. Contexte régional

L'évolution du phosphate dans les eaux côtières de Granville à Barfleur montre l'utilisation du stock hivernal par le phytoplancton entre janvier et avril, et un maintien aux plus bas niveaux pendant la période estivale (figure 1.26). Les valeurs observées au point Jobourg (surface) se situent au-dessous de celles du REPHY de juin à octobre et au-dessus de mars à mai. Nous observons, comme pour l'ammonium et le nitrate+nitrite, des faibles concentrations de ce nutriment au point Jobourg en janvier.



**Figure 1.26 : Valeurs médianes du phosphate et leur dispersion obtenues lors de l'exécution du REPHY entre 2001 et 2006 sur les points d'échantillonnage situés entre Granville et Barfleur (328 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg (2006) aux mêmes périodes**

## **1.2.8. Oxygène dissous**

### 1.2.8.1. Variations spatio-temporelles de l'oxygène dissous en 2006

La plus forte concentration en oxygène dissous (12,3 mg/L) est observée au point Barneville (surface) au mois de juillet (figure 1.27). La plus faible est enregistrée au mois de mai au point Jobourg à mi profondeur (4,8 mg/L).

Une valeur de 0,7 mg/L a été également mesurée au point Jobourg de surface au mois de mars. Nous avons supprimée cette valeur, qui n'est pas compatible avec une activité biologique dans une masse d'eau marine. Cette concentration est d'autant moins probable, que nous constatons une parfaite homogénéité de la masse d'eau en température et salinité. L'oxygène dissous à mi profondeur étant de 8,8 mg/L. Une erreur d'échantillonnage ou de stockage est la cause la plus probable. La valeur de 4,8 mg/L, bien que possible, est à prendre avec précaution pour les mêmes raisons d'homogénéité de la masse d'eau évoquées plus haut.

L'évolution saisonnière présente une diminution des valeurs de janvier à septembre, à nuancer cependant de la valeur maximale de la série enregistrée au

point Barneville (surface) en juillet, et du minimum du mois de mai. Il s'en suit une légère augmentation des valeurs au mois d'octobre.

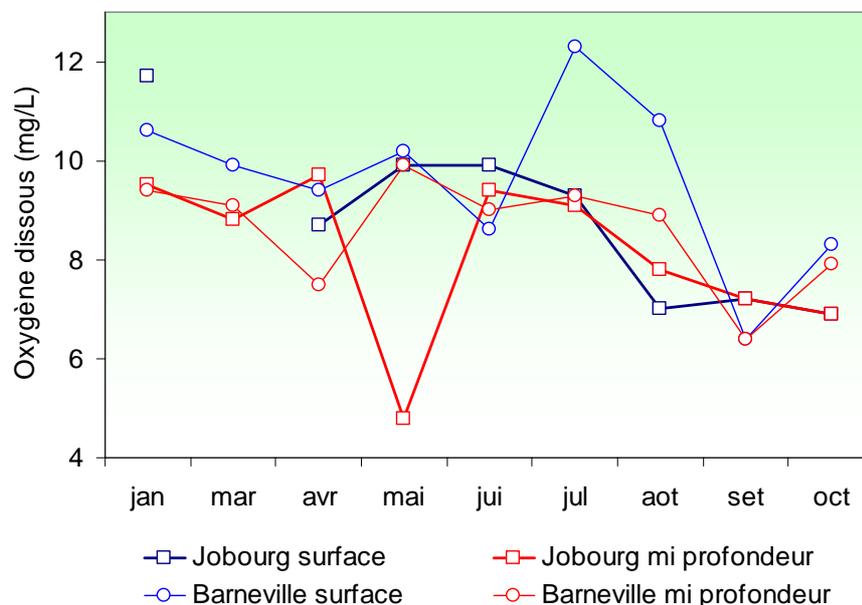


Figure 1.27 : Distribution de l'oxygène dissous (mg/L) par point d'échantillonnage et par mois en 2006

### 1.2.8.2. Variations interannuelles

De forts écarts sont constatés sur ce paramètre, difficile à mesurer du fait de sa sensibilité à l'oxygène atmosphérique (figure 1.28). Sa forte variabilité, ainsi que la faible quantité de valeurs ne permettent pas de caractériser son évolution saisonnière.

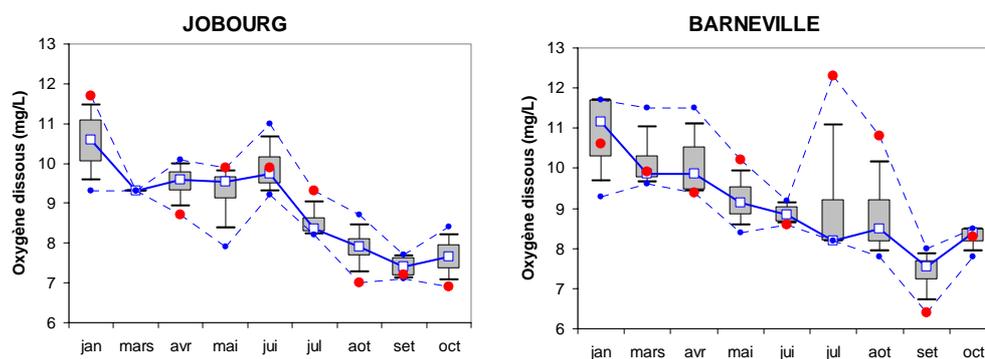
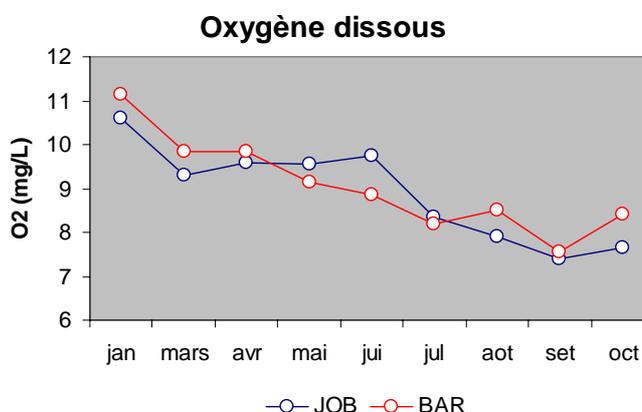


Figure 1.28 : Boîte à moustaches présentant les valeurs d'oxygène dissous de surface à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

Dans la figure 1.29 nous observons la décroissance régulière des valeurs sur les deux points d'échantillonnage, qui sont à tour de rôle, l'un supérieur à l'autre.



**Figure 1.29 : Distribution des médianes d'oxygène dissous des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006**

### 1.2.8.3. Contexte régional

La mesure de l'oxygène dissous dans le cadre du suivi du réseau REPHY est réalisée avec une sonde multiparamètre munie d'une membrane perméable à l'oxygène. Du fait que cette mesure peut diverger de celle réalisée par le laboratoire LDA 50 (méthode de Winkler), nous avons évité de faire des comparaisons, qui resteraient délicates à interpréter.

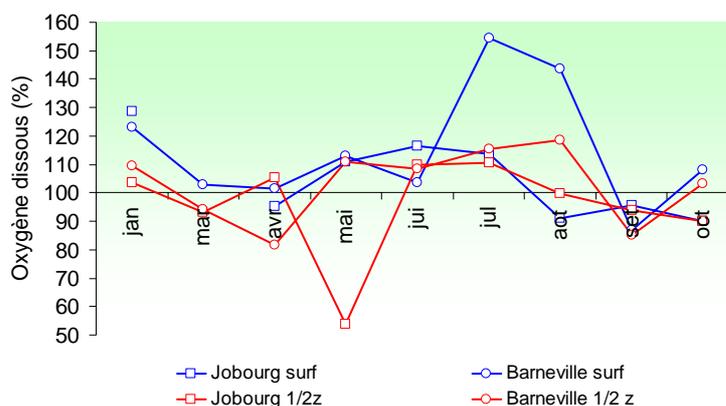
### 1.2.8.4. Pourcentage d'oxygène dissous (%)

La valeur du pourcentage d'oxygène dissous par rapport à la saturation est dépendante des paramètres physiques, chimiques et biologiques tels que les échanges à l'interface air-eau, la température, la salinité, l'utilisation par les organismes aquatiques pour la respiration et la production par la photosynthèse. Ce sont les processus biologiques qui ont une influence prépondérante sur les concentrations en oxygène. Ainsi, une sursaturation suggère une forte activité photosynthétique et une sous-saturation, une consommation d'oxygène lors de processus de dégradation.

Le manque de valeurs de température et de salinité affecte la valeur du pourcentage d'oxygène dissous et interdit son calcul quand l'un des deux paramètres manque.

D'une façon générale, sans que ce soit systématique, les valeurs de saturation d'oxygène sont supérieures au point Jobourg par rapport à Barneville (figure 1.30). Entre janvier et mars nous constatons une diminution de valeurs sur tous les points. Il s'en suit une augmentation progressive, de mai à août, qui place les pourcentages de saturation au-dessus de 100 %. En septembre, tous les points se situent en dessous de cette valeur et remontent en octobre uniquement au point Barneville.

Nous ne pouvons pas expliquer la sous saturation inférieure à 60 % du point Jobourg (mi profondeur) de mai, ni les fortes sur saturations du point Barneville (surface) de juillet et août par l'activité phytoplanctonique (voir chapitre 2).



**Figure 1.30 : Distribution du pourcentage d'oxygène dissous (%) par rapport à la saturation par point d'échantillonnage et par mois en 2006**

## 2.3. Conclusions

L'année 2006 a été caractérisée par des températures de l'air supérieures à la moyenne 1949-2005 en été et automne et des températures inférieures en hiver. La pluviométrie en 2006 évolue près de la moyenne pluriannuelle, avec de fortes précipitations en février et décembre qui placent cette année au-dessus de la moyenne.

La température de l'eau de mer présente une évolution classique avec un minimum de 7,0 °C en mars et un maximum au mois de septembre de 20,0 °C. Les températures fraîches du premier semestre ont laissé la place à des températures de l'eau de mer supérieures aux moyennes en automne. Les salinités se situent entre 34,1 et 35,2, ce qui est courant dans cette partie de la Manche. Nous observons une variation de salinité similaire à celle observée en 2005 et moindre par rapport aux années 2003 et 2004.

Les nutriments minéraux dissous suivent une évolution qui suggère l'action du phytoplancton dans un cycle saisonnier classique : consommation par le phytoplancton des sels nutritifs entre le printemps et l'été à la suite de l'augmentation de l'ensoleillement, suivie en automne des processus de régénération et de mélange. La régénération est la conséquence de l'action des agents bactériens sur les particules détritiques de matière organique. D'autre part c'est en automne que l'augmentation du régime des vents favorise le mélange des eaux au large et ainsi l'arrivée des nutriments du réservoir profond via l'advection

vers les régions plus côtières. Cette disponibilité des nutriments donne lieu aux efflorescences automnales, caractéristiques des régions tempérées.

L'augmentation du débit des fleuves permet aussi une fertilisation des eaux côtières par le lessivage des sols et les apports anthropiques.

L'évolution des médianes 2003-2006 des paramètres suivis sur les eaux de surface de Jobourg et Barneville, met en évidence de plus fortes valeurs de température et salinité à Barneville, tandis que pour les nutriments (nitrate, nitrite et phosphate) nous observons les plus fortes concentrations à Jobourg. L'ammonium et l'oxygène dissous présentent des schémas moins tranchés, où les valeurs oscillent en permanence l'une autour de l'autre.

La comparaison des valeurs observées au point Jobourg par rapport à celles enregistrées par le réseau REPHY, met en évidence des évolutions similaires. Seules les valeurs acquises au mois de janvier à Jobourg présentent des écarts significatifs. La température, supérieure à celle enregistrée par le REPHY, ainsi que les nutriments, inférieures aux valeurs de ce réseau s'expliquent par le caractère océanique de la masse d'eau échantillonnée au point Jobourg par rapport aux points d'échantillonnage très côtiers du réseau REPHY.

Les concentrations en oxygène dissous suivent une variation saisonnière normale, avec une diminution progressive de valeurs de janvier vers septembre. Le calcul des valeurs de saturations d'oxygène ne permet pas cependant de mettre en évidence l'action des peuplements phytoplanctoniques.

L'ensemble des valeurs est conforme à celles observées couramment dans cette partie de la Manche. Les différences observées entre le point Jobourg, proche des rejets de AREVA NC et le point Barneville, considéré comme non influencé par ces rejets, ne permettent pas de conclure à un impact sur le milieu des rejets non actifs de l'usine de La Hague pour les paramètres étudiés.



## 2. Le Phytoplancton

*Rapport* Luis Lampert (LERN).

*Prélèvements et Analyses* Luis Lampert (LERN),  
Vincent Justôme (LERN),  
LASEM – Cherbourg.



La détermination de la biomasse algale et les dénombrements cellulaires, permettent de suivre l'évolution des peuplements phytoplanctoniques et d'évaluer l'influence des facteurs abiotiques. L'activité photosynthétique d'une population phytoplanctonique dépend de la quantité et de la qualité des pigments contenus dans leurs chloroplastes ainsi que de la quantité d'énergie lumineuse reçue. La biomasse phytoplanctonique est souvent exprimée par la concentration de la chlorophylle *a*, présente dans tous les organismes autotrophes.

C'est au moyen des descripteurs précités que ce chapitre traitera des résultats qualitatifs et quantitatifs obtenus pour les populations phytoplanctoniques observées lors des campagnes de surveillance réalisées en 2006.

## 2.1. Matériel et méthode

Les prélèvements d'eau en vue de l'étude du phytoplancton ont été réalisés par le LASEM de Cherbourg à bord du navire *N.R. Coralline* aux mêmes points et niveaux que pour les paramètres physico-chimiques et avec le même matériel (voir § 1.1.1.). Les prélèvements ont été effectués en janvier, mars, avril, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre 2006.

### 2.1.1. Mesure de la chlorophylle et phéopigments

La quantité de chlorophylle *a* est mesurée par la méthode spectrophotométrique monochromatique de Lorenzen (1967), selon Aminot et Kérouel (2004). Un échantillon de deux litres environ est filtré sur un filtre en fibre de verre type GF/F Whatman à bord du bateau si les conditions de mer le permettent, ou immédiatement après la campagne en cas de mauvaise mer. Les filtres sont ensuite congelés à l'obscurité et transférés au laboratoire de l'IFREMER dans les 24h pour dosage. L'extraction se fait par addition de 10 mL d'acétone à 90 % (90/10 acétone/eau) pendant 18 heures à l'obscurité. Après centrifugation à 3 000 tours/min pendant 15 minutes, le surnageant est placé dans une cuve de 10 cm de trajet optique. L'absorption est alors mesurée à différentes longueurs d'onde, dans un premier temps sans acidification, puis après acidification pour obtenir la mesure de phéopigments.

### **2.1.2. Étude systématique du phytoplancton**

100 ml d'échantillon sont fixés par du Lugol acide au moment de l'échantillonnage. Au laboratoire de Port-en-Bessin, 10 ml sont mis à décanter dans des cuves de 10 mL pendant 4 heures selon la technique d'Utermöhl (Utermöhl, 1958). La détermination et le comptage des espèces s'effectuent avec un microscope inversé OLYMPUS à contraste de phase. Au moins 100 cellules sont dénombrées afin d'obtenir une précision d'au moins  $\pm 20\%$  (Lund, 1958). Les résultats sont rendus en nombre de cellules par litre (norme NF EN 15204).

Les valeurs obtenues lors des campagnes sont présentées sous forme de courbes, d'histogrammes et de 'boîtes à moustaches', avec leur variabilités saisonnière et spatiale. Les boîtes à moustaches reprennent l'ensemble des données acquises entre 2003 et 2006, ainsi que celles obtenues depuis 1987 sur le site de l'Anse des Moulinets. L'utilisation de la médiane, qui nous permet de minimiser l'influence des valeurs extrêmes par rapport à la moyenne, nous renseigne sur la tendance pluriannuelle de chaque paramètre sur un site d'échantillonnage.

## 2.2. Résultats

Les résultats obtenus en 2006 sont synthétisés dans le tableau 2.1 ci-dessous :

		JOBOURG		BARNEVILLE	
		SURFACE	MI PROF.	SURFACE	MI PROF.
3 JANVIER	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,40	0,35	0,65	0,75
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,23	0,17	0,39	0,45
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	12 500	---	17 300	---
6 MARS	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,63	0,75	2,22	1,98
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,25	0,28	0,55	0,24
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	38 350	---	108 250	---
3 AVRIL	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	2,96	2,72	5,45	4,20
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,60	0,67	1,25	0,82
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	154 000	---	135 000	---
3 MAI	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,52	0,54	1,11	0,93
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,39	0,57	0,19	0,22
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	18 200	---	40 300	---
6 JUIN	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,86	0,86	0,24	0,40
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,20	0,31	0,07	0,02
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	33 600	---	94 800	---
4 JUILLET	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,54	0,62	0,87	0,65
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,20	0,22	0,00	0,17
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	14 800	---	57 300	---
7 AOÛT	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,68	0,61	1,01	0,91
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,24	0,30	0,28	0,28
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	89 100	---	121 800	---
4 SEPT.	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,70	0,63	1,20	1,38
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,50	0,36	0,24	0,31
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	46 400	---	51 400	---
10 OCT.	<i>Chlorophylle a</i> (µg/L)	0,73	1,07	1,21	1,19
	<i>Phéopigments</i> (µg/L)	0,57	,10	0,58	0,80
	<i>Microphytoplancton</i> (cellules/L)	30 400	---	116 000	---

**Tableau 2.1 : Récapitulatif des résultats obtenus pour les campagnes de 2006**

## 2.2.1. Biomasse chlorophyllienne

### 2.2.1.1. Variations spatio-temporelles de la chlorophylle en 2006

Au cours de l'année 2006, les valeurs de chlorophylle *a* s'échelonnent entre 0,24 µg/L, enregistrée au point Barneville en surface au mois de juin et 5,45 µg/L, au même point au mois d'avril (figure 2.1).

Les concentrations augmentent en mars, pour atteindre le maximum annuel au mois d'avril. Dès le mois de mai les concentrations diminuent à des valeurs proches de 1 µg/L, et augmentent doucement jusqu'au mois d'octobre.

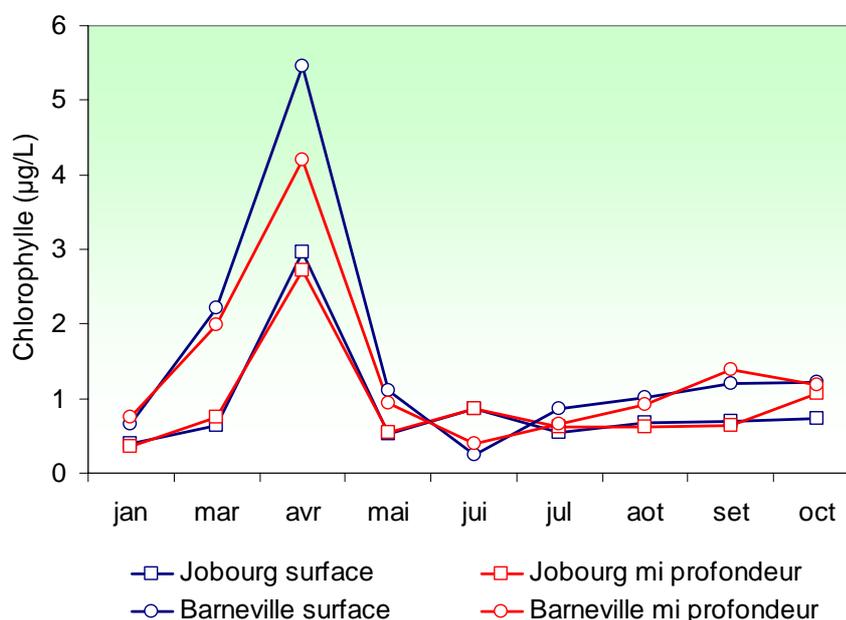


Figure 2.1 : Évolution de la chlorophylle lors des neuf campagnes de surveillance 2006

En règle générale les concentrations observées à Barneville restent supérieures à celles de Jobourg, sauf au mois de juin, où la situation est inversée. Les différences entre les concentrations de surface et mi profondeur restent toutefois faibles. Les plus forts écarts sont observés en avril au point Barneville avec une différence de 1,25 µg/L.

L'augmentation de la biomasse chlorophyllienne est corrélée avec la diminution des concentrations en nitrate et phosphate (§ 1.2.5. et § 1.2.7).

### 2.2.1.2. Variations interannuelles

L'ensemble des valeurs de chlorophylle obtenues entre 2003 et 2006 pour les points Jobourg et Barneville en surface est présenté dans la figure 2.2. Bien qu'encore en faible quantité, ces valeurs permettent d'apprécier la variabilité interannuelle de ce paramètre. Cette variabilité est maximale pendant la période productive (avril à juin), tout particulièrement au point Barneville.

Au point Jobourg, la valeur observée en avril 2006 est supérieure à la médiane pluriannuelle ; celle du mois de mai, au contraire, reste inférieure à celle-ci et le reste de valeurs se situent à proximité de la médiane. A Barneville, les concentrations observées en mars et avril 2006 sont les plus fortes enregistrées depuis 2003, tandis qu'aux mois de mai et juin, ces valeurs ont été les plus faibles de la série.

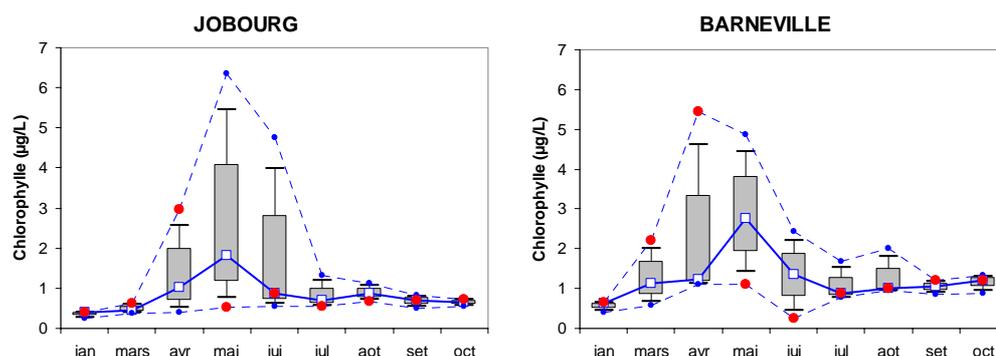


Figure 2.2 : Boîte à moustaches présentant les valeurs de chlorophylle de surface à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

La comparaison des médianes des valeurs de surface des deux sites met en évidence les plus fortes concentrations en chlorophylle présentes au point Barneville le long de l'année (figure 2.3).

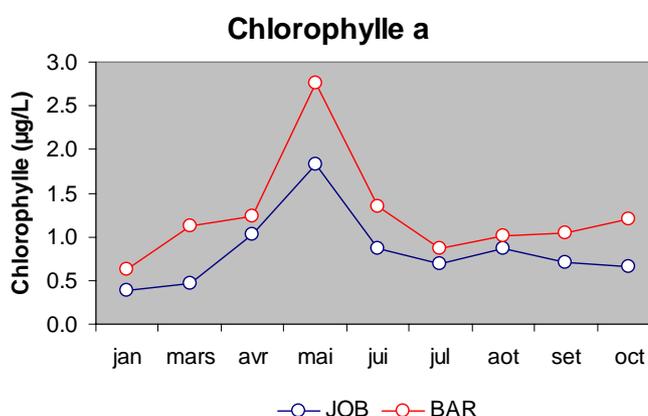
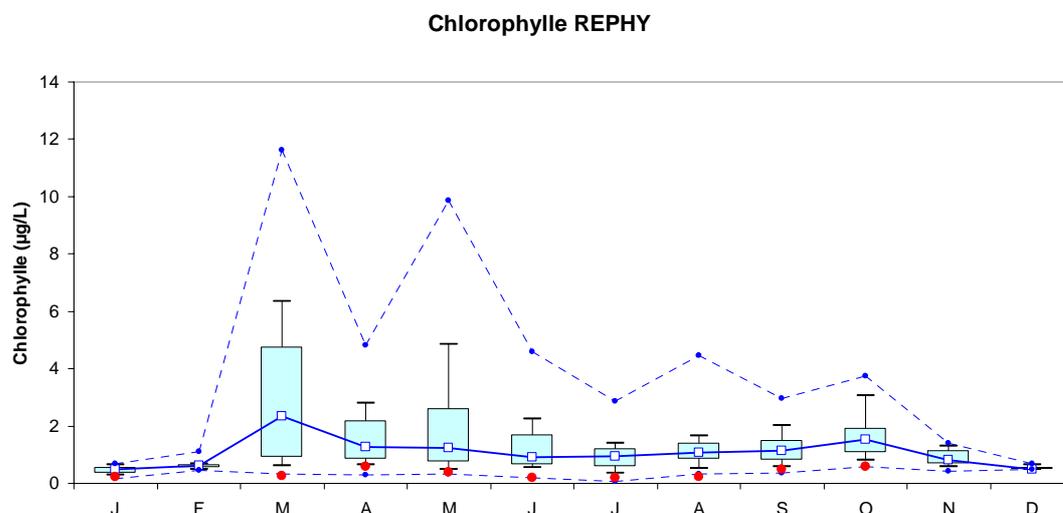


Figure 2.3 : Distribution des médianes de chlorophylle des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006

### 2.2.1.3. Contexte régional

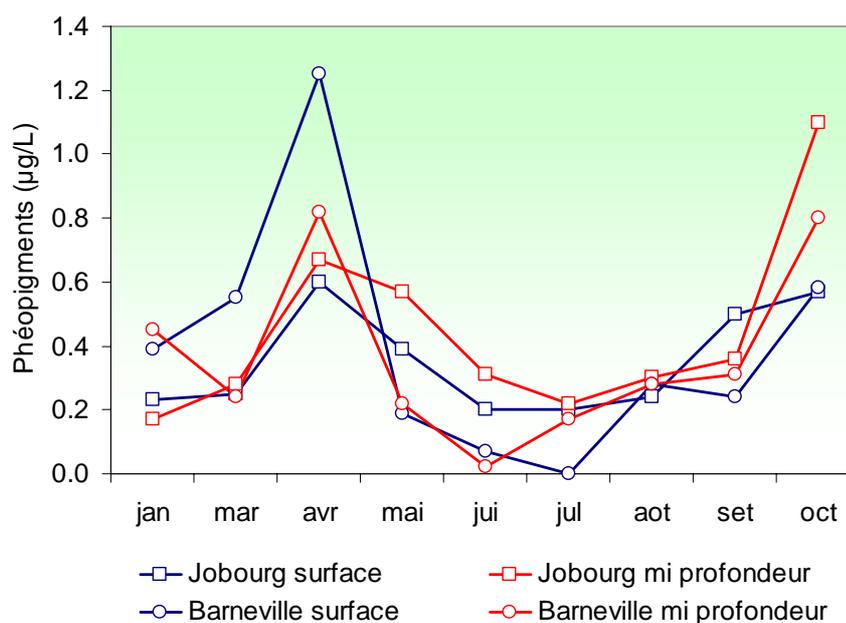
L'évolution de la chlorophylle observée par le REPHY entre Barfleur et Granville, de 2001 à 2006, présente une période productive printanière allant de mars à mai et une période automnale centrée sur le mois d'octobre (figure 2.4). Les maxima observés se situent entre 10 et 12  $\mu\text{g/L}$  en mars et mai. Les valeurs enregistrées à Jobourg se situent donc, dans la partie inférieure de la plage de valeurs observées par le REPHY.



**Figure 2.4 :** Valeurs médianes de chlorophylle et leur dispersion obtenues lors de l'exécution du REPHY entre 2001 et 2006 sur les points d'échantillonnage situés entre Granville et Barfleur (458 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg (2006) aux mêmes périodes

#### *2.2.1.4. Variations spatiales et saisonnières des phéopigments*

La plus forte concentration en phéopigments ( $1,25 \mu\text{g/L}$ ) a été observée au point Barneville en surface au mois d'avril (figure 2.5). La plus faible, inférieure à la limite de détection, a été enregistrée au même point au mois de juillet.



**Figure 2.5 :** Évolution des phéopigments lors des neuf campagnes de surveillance 2006

L'évolution temporelle des phéopigments suit de près celle de la chlorophylle, avec une augmentation des concentrations de janvier à mai, suivie d'une diminution de mai à juillet, et des valeurs qui remontent entre août et octobre. Ce paramètre est cependant difficile à interpréter d'un point de vue écologique à cause des nombreuses interférences analytiques, produites essentiellement par la diversité de pigments présents dans l'échantillon.

## 2.2.2. Microphytoplancton

### 2.2.2.1. Variations spatio-temporelles de l'abondance en 2006

Les dénombrements microphytoplanctoniques effectués en 2006 sont présentés dans la figure 2.6. Ils sont exprimés en nombre de cellules par litre d'eau de mer. Les abondances observées au point Barneville sont en générale supérieures à celles du point Jobourg. Les plus fortes abondances ont été observées au point Jobourg au mois de mai avec 154 000 cellules/L, et les plus faibles, au même point en janvier, avec 12 500 cellules/L.

Les faibles abondances observées en janvier sur les deux points précèdent une augmentation significative en mars, et le maximum annuel du mois d'avril. Le minimum qui s'en suit au mois de mai est suivi d'une succession de poussées en juin, août et octobre. L'évolution annuelle des abondances cellulaires reste proche de celle de la biomasse chlorophyllienne.

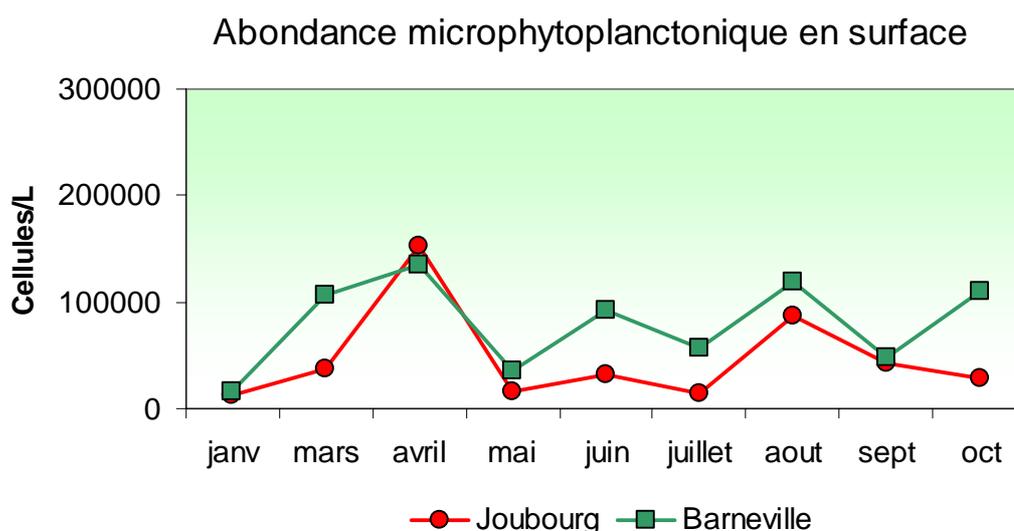
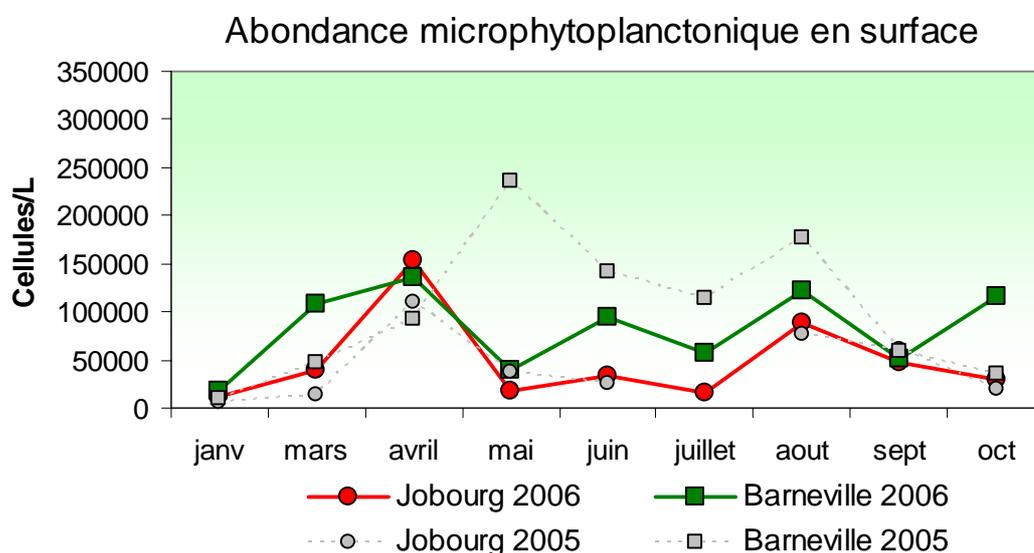


Figure 2.6 : Abondances microphytoplanctoniques de l'année 2006 en nombre de cellules par litre d'eau de mer

Les efflorescences printanières ont comme conséquence la chute des concentrations en nutriments. Il s'en suit une diminution de la biomasse, qui reste en équilibre avec les faibles niveaux de nutriments.

#### 2.2.2.2. Variations interannuelles

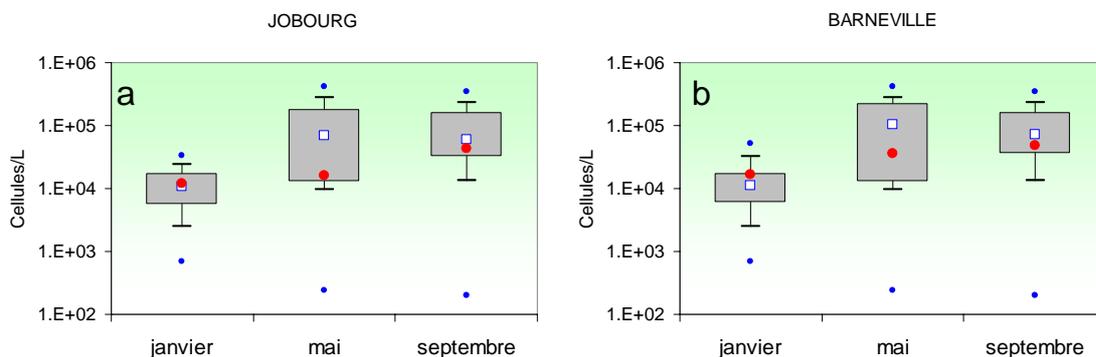
L'évolution des abondances phytoplanctoniques diffère de celle observée en 2005 (figure 2.7). En 2005, la période printanière présentait de plus fortes abondances qu'en 2006, avec un maximum annuel en mai. Les valeurs observées de janvier à avril, ainsi qu'au mois d'octobre 2006, restent cependant comparables à celles de 2005.



**Figure 2.7 : Comparaison des abondances microphytoplanctoniques de 2006 par rapport à 2005**

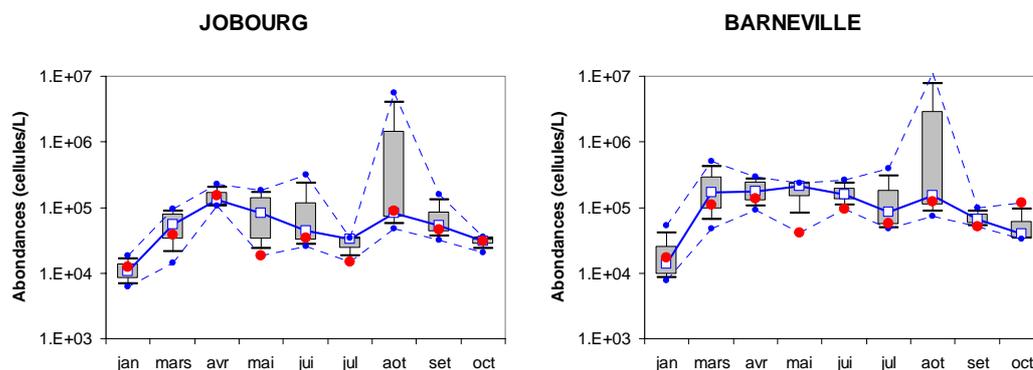
La surveillance des points Jobourg et Barneville a commencé en 2003 suite à l'arrêté interministériel du 10 janvier 2003. Cependant, depuis 1987, un suivi des abondances phytoplanctoniques a été effectué par l'IFREMER à la demande de AREVA NC au droit de l'Anse des Moulinets à trois profondeurs (surface, -4 m et fond), aux mois de janvier, mai et septembre. L'Anse des Moulinets se trouve encadrée géographiquement par les points Jobourg et Barneville, ce qui nous permet de comparer les valeurs observées en janvier, mai et septembre 2006 à l'ensemble des valeurs obtenues sur la période 1987-2005 (figure 2.8).

Les valeurs 2006 se trouvent à l'intérieur des boîtes contenant 50 % des abondances. Au mois de janvier et septembre 2006, elles se situent proches des médianes, tandis qu'au mois de mai, celles-ci sont inférieures aux médianes.



**Figure 2.8 :** Boîte à moustaches présentant les abondances cellulaires sur la série 1987-2002 à l'Anse des Moulinets, plus les valeurs des points Jobourg et Barneville de 2003, 2004 et 2005. Les valeurs de 2006 a Jobourg (a) et Barneville (b) sont en rouge (●)

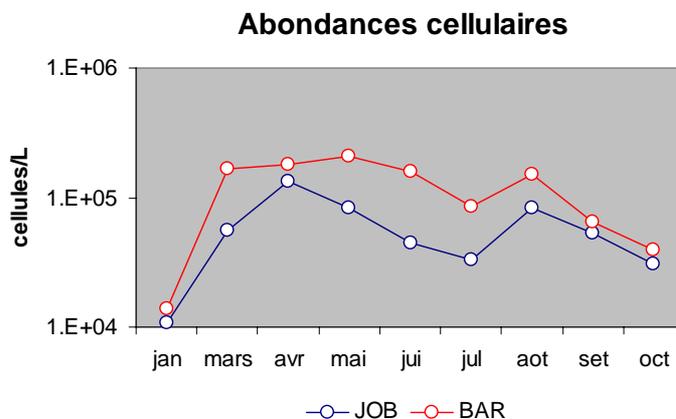
Dans la figure 2.9 sont présentées les valeurs d'abondance cellulaires de la fraction microphytoplanctonique dénombrées entre 2003 et 2006 en surface. Nous pouvons observer une forte variabilité au mois d'août, qui correspond à un phénomène d'efflorescence ponctuel.



**Figure 2.9 :** Boîte à moustaches présentant les valeurs des abondances microphytoplanctoniques de surface à Jobourg et Barneville sur la période 2003-2006, ainsi que les valeurs 2006 en rouge

Au point Jobourg, les valeurs observées en 2006 sont proches de la médiane pluriannuelle ou en dessous (mai à juillet). A Barneville, seul les valeurs des mois de janvier et octobre se situent au-dessus de la médiane. Toutes les autres valeurs se trouvent au-dessous.

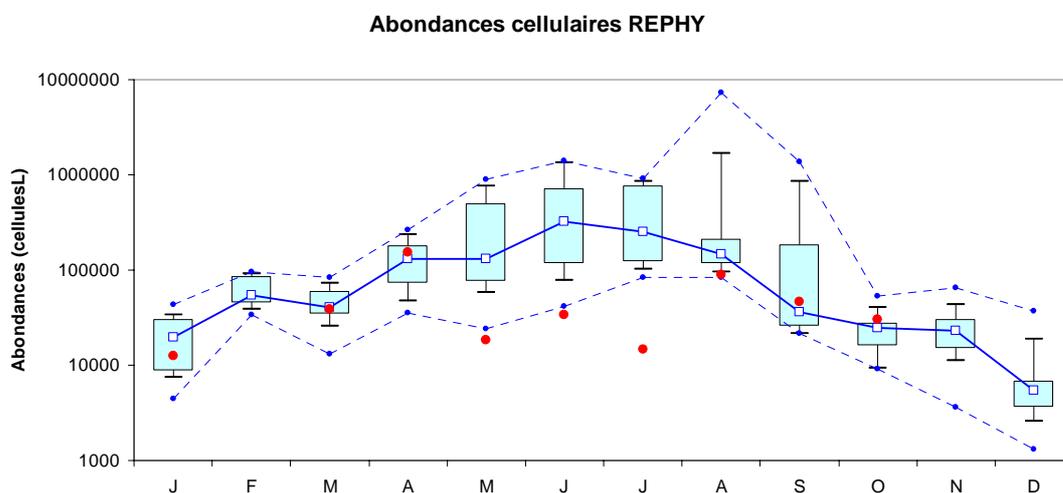
A l'image de ce que nous avons déjà vu pour la biomasse chlorophyllienne, toutes les médianes d'abondance cellulaire de la série 2003-2006 présentent une valeur supérieure au point Barneville par rapport à Jobourg (figure 2.10).



**Figure 2.10 : Distribution des médianes de l'abondance cellulaire microphytoplanctonique des points Jobourg et Barneville de surface pour la série 2002-2006**

### 2.2.2.3. Contexte régional

L'évolution des abondances phytoplanctoniques dans les points de suivi REPHY qui encadrent Jobourg et Barneville est présentée dans la figure 2.11 pour la période 2001-2006. Nous remarquons les valeurs de mai à juillet du point Jobourg (en rouge), qui se situent en dessous des valeurs observées par le REPHY. Ceci peut s'expliquer par le caractère plus océanique de cette masse d'eau, mais aussi par la faible quantité de valeurs dont nous disposons pour ce paramètre.



**Figure 2.11 : Valeurs médianes des abondances cellulaires microphytoplanctoniques et leur dispersion obtenues lors de l'exécution du REPHY entre 2001 et 2006 sur les points d'échantillonnage Donville et Gêfosse (101 valeurs). Les points rouges représentent les valeurs du point Jobourg (2006) aux mêmes périodes**

### 2.2.3. Peuplements phytoplanctoniques observées en 2006

#### Successions phytoplanctoniques

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

Il faut noter que certaines espèces ont été groupées car difficilement identifiables en microscopie optique. Pour d'autres, l'identification a été arrêtée au niveau du genre ou du groupe algal (classes algales). La fraction microphytoplanctonique en 2006 a été répartie en cinq grands groupes : Diatomées, Dinoflagellés, Euglénophycées, Silicoflagellés et Autres (tableau 2.2). Environ 60 taxons (taxons et 'classes algales') ont été dénombrés. Les diatomées représentent plus de 87 % de la communauté microphytoplanctonique en 2006, ce qui fait d'elles, la classe dominante. Au mois de juin, lors d'une forte efflorescence de dinoflagellés, la dominance de ceux-ci a atteint 12 %.

Sur les zones côtières de l'Atlantique Nord-est l'essentiel du microphytoplancton est composé par des diatomées. Cependant il faut garder à l'esprit que bien souvent la fraction nanophytoplanctonique (espèces algales dont la taille est comprise entre 2 et 20  $\mu\text{m}$ ), difficilement accessible par microscopie optique, peut devenir majoritaire, tant par son abondance que par sa biomasse (Lampert, 2001). Les cryptophycées, représentantes du nanophytoplancton, ont été dénombrées avec 293 000 cellules/L au point Barneville en septembre, ce qui donne la mesure de l'importance de la fraction nanophytoplanctonique.

Date	Point	MICROPHYTOPLANCTON					TOTAL	Dinoflagellés %	Diatomées %
		diatomées	dinoflagellés	eugenes	silicoflagellés	autres			
3/1/06	Jobourg	11800	300	100	300	0	12500	2	94
3/1/06	Barneville	16400	600	200	100	0	17300	3	95
6/3/06	Jobourg	37500	450	200	200	0	38350	1	98
6/3/06	Barneville	106900	900	450	0	0	108250	1	99
3/4/06	Jobourg	151800	450	0	1800	0	154050	0	99
3/4/06	Barneville	135000	0	0	0	0	135000	0	100
3/5/06	Jobourg	15900	2100	200	0	0	18200	12	87
4/5/06	Barneville	36200	3100	1000	0	0	40300	8	90
6/6/06	Jobourg	31600	1800	0	200	0	33600	5	94
6/6/06	Barneville	92100	2400	0	300	0	94800	3	97
4/7/06	Jobourg	14200	600	0	0	0	14800	4	96
4/7/06	Barneville	56600	600	0	100	0	57300	1	99
7/8/06	Jobourg	87000	900	600	600	0	89100	1	98
7/8/06	Barneville	119100	2700	0	0	0	121800	2	98
4/9/06	Jobourg	43000	2800	600	0	0	46400	6	93
4/9/06	Barneville	47800	3400	200	0	0	51400	7	93
10/10/06	Jobourg	28200	2000	0	200	0	30400	7	93
10/10/06	Barneville	110100	4100	1800	0	0	116000	4	95

**Tableau 2.2 : Abondances des principales classes algales pour l'année 2006**

Les principales espèces et genres microphytoplanctoniques dénombrées en 2006 (tableau 2.3 et figure 2.12) ont été les suivantes :

Janvier 2006 : au point Jobourg, *Skeletonema costatum* présente la maximum de dominance avec 32 %, suivi de *Navicula* (14 %), *Thalassiosira* spp. (13 %) et des genres *Melosira* et *Chaetoceros* avec 11 % chacun. Au point Barneville, c'est le genre *Melosira* qui domine avec 31 %, suivi de *Skeletonema costatum* (13 %), *Navicula* (11 %), *Thalassiosira* (11 %) et *Chaetoceros* (7 %). Les dinoflagellés, avec des dominances de 2 et 3 %, sont observés en faible nombre en janvier avec une abondance maximale de 500 cellules/L au point Barneville (*Gyrodinium*).

Mars 2006 : *Skeletonema costatum*, qui domine encore sur Jobourg (42 %), est faiblement représentée à Barneville avec 3 %. Nous observons également à Jobourg les genres *Pseudo-Nitzschia* (17 %), *Thalassiosira* (16 %) et *Nitzschia* (12 %). Le genre *Thalassiosira* domine à Barneville avec 61 %, suivi de loin par *Chaetoceros* (5 %). Les dinoflagellés sont faiblement représentés dans les échantillons du mois de mars (1 %) malgré leur augmentation d'abondance. Au point Barneville, *Protoperidinium bipes* est observée avec 900 cellules/L. Des Euglènes sont également présentes dans les eaux des deux points d'échantillonnage avec respectivement des abondances de 200 et 450 cellules/L à Jobourg et Barneville. Le silicoflagellé *Dictyocha* sp. présente des abondances de 200 cellules/L au point Jobourg.

Date	Point	DIATOMÉES										CUMUL %
		RHIZ	MELO	NITZ	CHAE	THAL	SKELCOS	PSNZ	THAANIT	NAVI	LEPT	
3/1/06	Jobourg	4	11	6	11	13	32	3	1	13	0	94
3/1/06	Barneville	2	31	4	7	11	13	2	0	11	0	81
6/3/06	Jobourg	1	8	12	4	16	42	17	0	0	0	100
6/3/06	Barneville	4	5	1	9	61	3	5	0	0	0	88
3/4/06	Jobourg	2	0	5	12	69	0	1	0	0	0	89
3/4/06	Barneville	2	0	5	20	58	8	0	1	0	0	94
3/5/06	Jobourg	23	3	14	14	8	25	5	4	0	0	96
4/5/06	Barneville	30	5	15	17	3	11	17	1	0	0	99
6/6/06	Jobourg	14	1	14	2	40	7	8	0	0	0	86
6/6/06	Barneville	10	0	4	26	4	35	18	0	0	0	97
4/7/06	Jobourg	27	0	3	29	0	25	8	0	0	0	92
4/7/06	Barneville	75	0	7	6	0	2	8	0	0	0	98
7/8/06	Jobourg	11	1	3	51	7	0	4	14	0	0	91
7/8/06	Barneville	16	0	19	32	0	0	10	13	0	0	90
4/9/06	Jobourg	21	1	5	22	5	29	6	2	0	1	92
4/9/06	Barneville	44	0	10	22	0	7	11	2	0	1	97
10/10/06	Jobourg	5	17	5	1	12	36	0	1	14	0	91
10/10/06	Barneville	8	0	5	8	23	32	1	3	10	0	90

RHIZ : *Rhizosolenia* ; MELO : *Melosira* et *Paralia* ; NITZ : *Nitzschia* ; CHAE : *Chaetoceros* ; THAL : *Thalassiosira* ; SKELCOS : *Skeletonema costatum* ; PSNZ : *Pseudo-Nitzschia* ; THAANIT : *Thalassionema nitzschooides* ; NAVI : *Navicula* ; LEPT : *Leptocylindrus*

**Tableau 2.3 : Abondances des principaux genres de diatomées pour l'année 2006**

Avril 2006 : lors du maximum d'abondance annuelle du mois d'avril nous observons le spectre de dominance composé de *Thalassiosira* (69 %) et *Chaetoceros* (12 %). L'espèce *Thalassiosira gravida* représente à elle seule 32 % de la dominance totale. A Barneville nous observons le même schéma avec des dominances de 58 % pour *Thalassiosira* et 20 % pour *Chaetoceros*. *Skeletonema costatum* est encore présente dans ce point avec 8 %. Les dinoflagellés ont été pratiquement absents de la classe microphytoplanctonique, où seul 450 cellules/L de *Protoperidinium* sp. sont observées à Jobourg. Le silicoflagellé *Dictyocha* sp. est présent avec des abondances de 1800 cellules/L au point Jobourg.

Mai 2006 : au point Jobourg, *Skeletonema costatum* est à nouveau dominante avec 25 %, suivie de très près par *Rhizosolenia* (23 %), *Nitzschia* (14 %) et *Chaetoceros* (14 %) ; *Thalassiosira* est encore présent avec 8 %. A Barneville c'est *Rhizosolenia* qui domine avec 30 %, suivie de *Pseudo-Nitzschia* (17 %), *Chaetoceros* (17 %) et *Nitzschia* (15 %). Les espèces *R. delicatula* et *R. fragilissima* sont les mieux représentées au sein du genre. Ceci est confirmé par la littérature qui signale que de fortes abondances de *R. delicatula* sont observées tous les ans sur les côtes Atlantiques et de la Manche (Klein et Sournia, 1987).

Les plus fortes dominances de dinoflagellés en 2006 ont été observées en mai, avec des valeurs de respectivement 12 % et 8 % à Jobourg et Barneville. Les genres et/ou espèces principalement rencontrés sont *Gyrodinium*, *Protoperidinium bipes* et *Protoperidinium*.

Des nombreuses cellules de *Phaeocystis* sp. sont observées sur toute la zone, avec des valeurs qui atteignent 480 000 cellules/L au point Barneville. Ce même phénomène avait déjà été observé en mai 2005 (530 000 cellules/L).

Aux points Barneville et Jobourg, les Euglènes sont présentes respectivement avec 1000 cellules/L et 200 cellules/L.

Juin 2006 : le genre *Thalassiosira* est à nouveau dominant au point Jobourg avec 40 %, suivi de *Rhizosolenia* (14 %) et *Nitzschia* (14 %). En ce mois de juin le genre *Rhizosolenia* est dominé par l'espèce *R. fragilissima*. L'espèce *S. costatum* et le genre *Pseudo-Nitzschia* sont présents également avec respectivement 7 % et 8 %. Au point Barneville, *S. costatum* est à nouveau majoritaire avec 35 % de dominance sur le peuplement de diatomées. Comme en 2005, le cortège qui s'en suit est composé du genre *Chaetoceros* (26 %), *Pseudo-Nitzschia* (18 %) et *Rhizosolenia* (10 %). *Thalassiosira* n'est présent à ce point qu'avec 4 %.

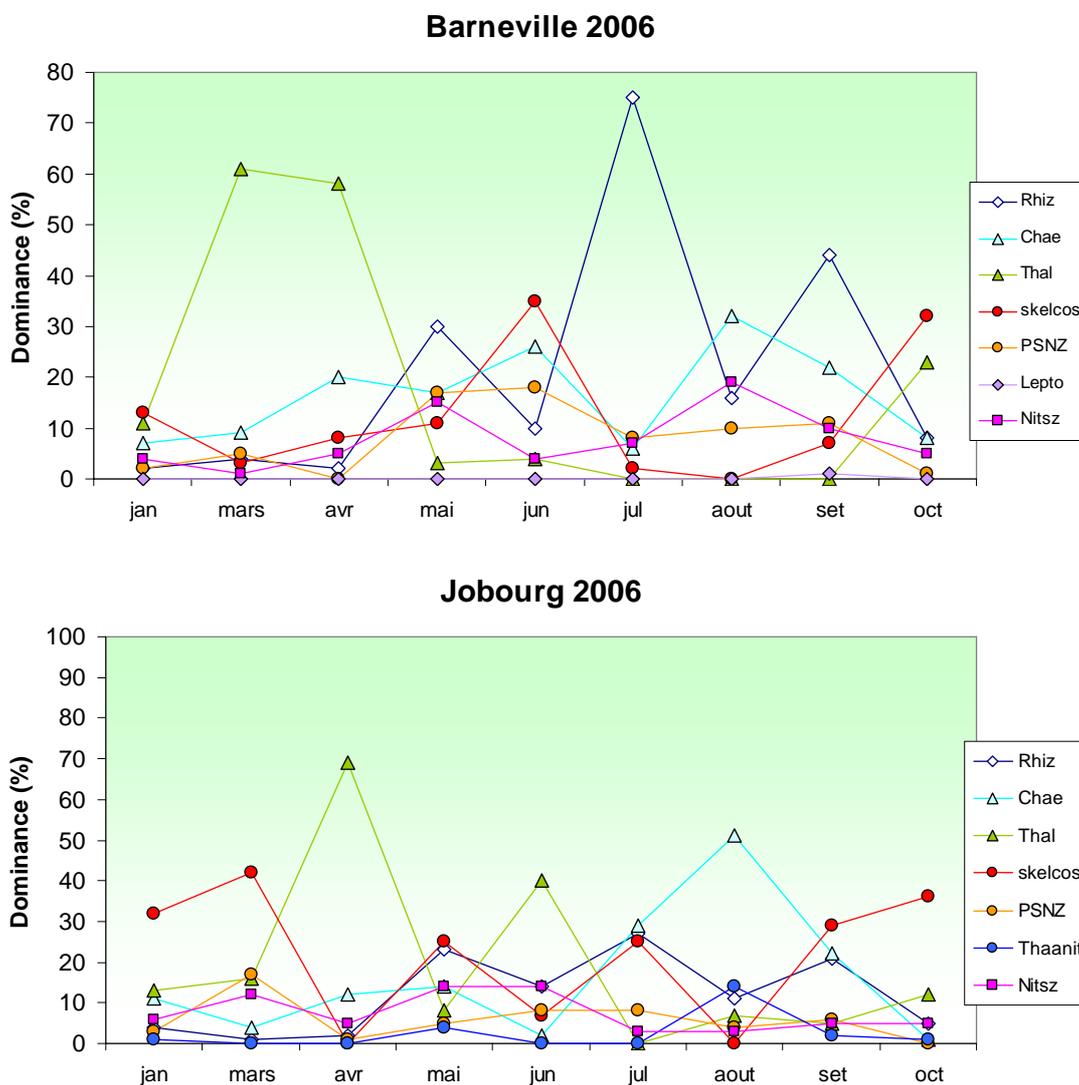


Figure 2.12 : Distribution des abondances de diatomées pour l'année 2006 aux points Jobourg et Barneville

Les dinoflagellés ont des abondances cellulaires respectivement de 1 800 et 2 400 cellules/L à Jobourg et Barneville, ce qui représente 5 et 3 % de la dominance du microphytoplancton. Le genre le plus abondant a été *Prorocentrum* au point Jobourg (1 400 cellules/L). Des silicoflagellés sont également observés à Jobourg (200 cellules/L) et à Barneville (300 cellules/L).

*Phaeocystis sp.* est présent au point Jobourg avec 21 200 cellules/L sous sa forme isolée.

Juillet 2006 : au point Jobourg, les plus fortes dominances sont partagées entre *Chaetoceros* (29 %), *Rhizosolenia* (27 %) et *Skeletonema costatum* (25 %). Au point Barneville c'est *Rhizosolenia fragilissima* qui domine avec 75 %. Des valeurs inférieures de 8 % sont également observées pour *Pseudo-Nitzschia* sur les deux points d'échantillonnage.

Les abondances de dinoflagellés descendent à des valeurs de 600 cellules/L sur les deux points, avec des dominances respectivement de 4 % et 1 % à Jobourg et Barneville.

Août 2006 : dans ce mois d'août, le genre *Chaetoceros* assure la plus forte dominance des diatomées, avec respectivement 51 % et 32 % à Jobourg et Barneville. Au point Jobourg, nous observons également l'espèce *Thalassionema nitzschoïdes* (14 %) et le genre *Rhizosolenia* (11 %). La dominance de *Chaetoceros* au point Barneville est partagée avec *Nitzschia* (19 %), *Rhizosolenia* (16 %), *Thalassionema nitzschoïdes* (13 %) et le genre *Pseudo-Nitzschia* (10 %).

Les dominances des dinoflagellés aux points Jobourg et Barneville en août ont été respectivement de 1 % et 2 % de la fraction microphytoplanctonique. Ces faibles dominances cachent cependant des abondances de jusqu'à 2700 cellules/L au point Barneville. Les genres et espèces les mieux représentés sont *Gymnodinium*, *Gyrodinium*, *Protoperidinium bipes* et *Protoperidinium* sp.

600 cellules/L d'euglènes et de silicoflagellés ont été également dénombrées au point Jobourg.

Septembre 2006 : au point Jobourg, c'est encore *Skeletonema costatum* qui domine les diatomées avec 29 %. Nous observons également *Chaetoceros* (22 %) et *Rhizosolenia* (21 %). Au point Barneville, c'est le genre *Rhizosolenia* qui domine (44 %), avec l'espèce *R. delicatula*, qu'à elle seule compte pour 35 % des diatomées. Elle est suivie de *Chaetoceros* (22 %), *Pseudo-Nitzschia* (11 %) et *Nitzschia* (10 %).

Les dinoflagellés voient leur abondance totale augmenter respectivement à Jobourg et Barneville (2 800 et 3 400 cellules/L), ainsi que leur dominance sur la fraction microphytoplanctonique, avec 6 % et 7 %. Les genres dominants sont *Heterocapsa*, *Gymnodinium* et *Prorocentrum*. Les euglènes sont présentes sur Jobourg avec 600 cellules/L.

Octobre 2006 : une fois encore *Skeletonema costatum* domine les diatomées avec respectivement 36 % et 32 % à Jobourg et Barneville. Au point Jobourg, cette dominance est partagée avec *Melosira* (17 %), *Navicula* (14 %) et *Thalassiosira* (12 %). A Barneville *S. costatum* est suivie de *Thalassiosira* (23 %) et *Navicula* (10 %). *Chaetoceros* et *Rhizosolenia* présentent également une dominance de 8 % sur les deux points.

La plus forte abondance de dinoflagellés de l'année est observée en ce mois d'octobre au point Barneville avec 4 000 cellules/L, bien qu'en dominance ne représente que 4 % de la fraction microphytoplanctonique. Paradoxalement, les 2 000 cellules/L du point Jobourg comptent pour 7 % de dominance. Parmi les dinoflagellés, les genres les mieux représentés sont *Protoperidinium* et *Gymnodinium*. Au point Barneville, les euglènes sont présentes avec 1 800 cellules/L. Les silicoflagellés, avec 200 cellules/L n'ont été observés qu'au point Jobourg.

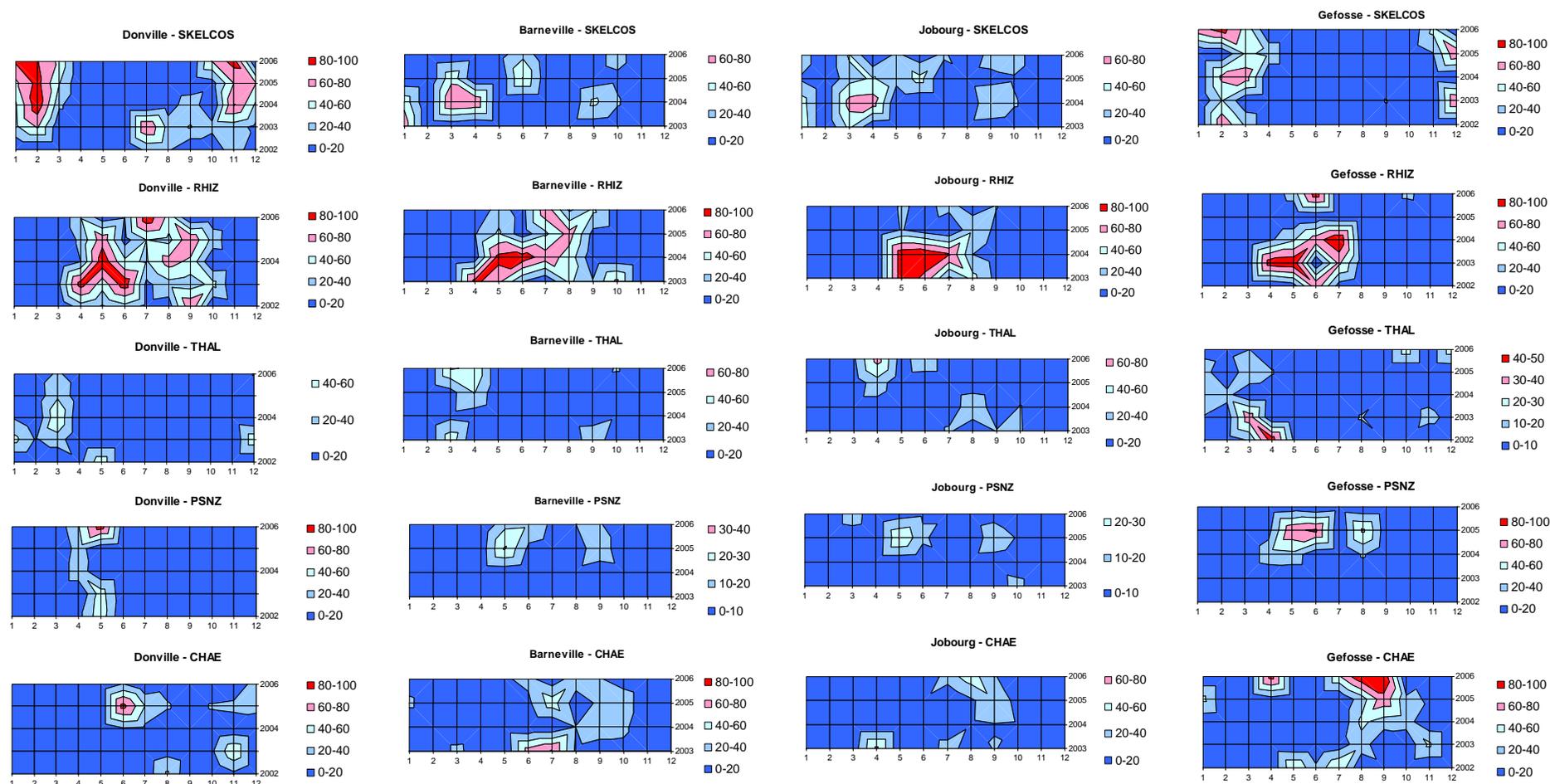
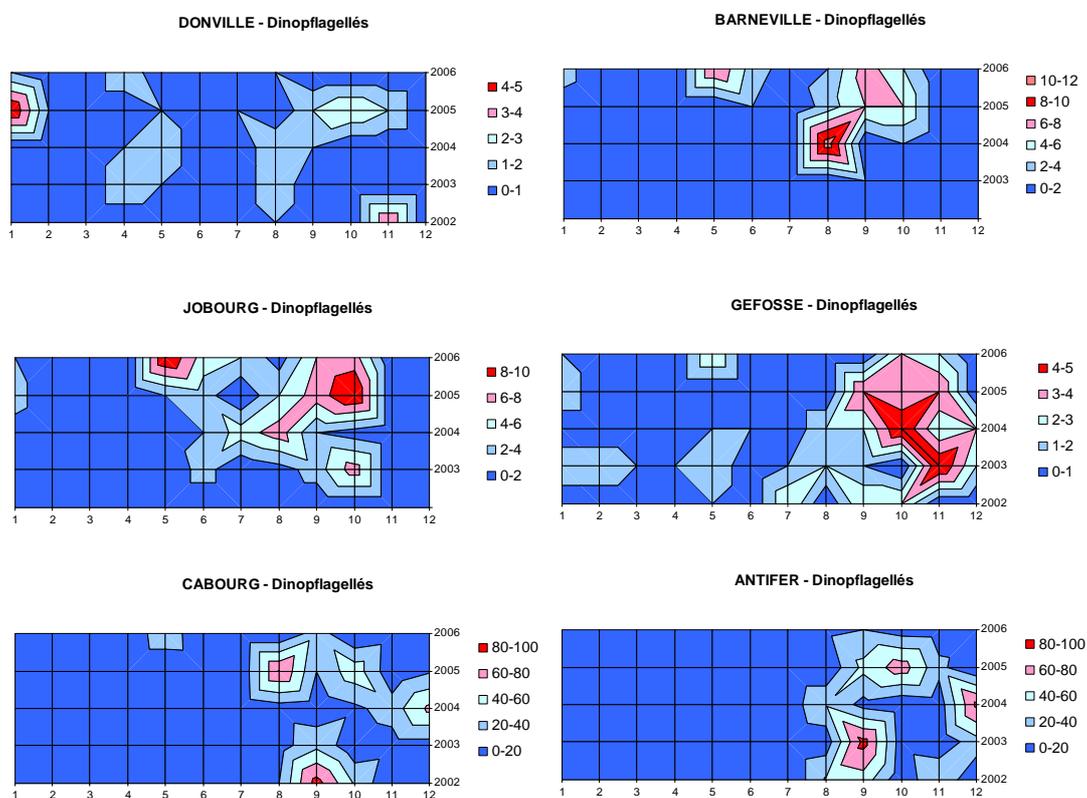


Figure 2.13 : Évolution temporelle, par mois et par année, des dominances des principales espèces et genres de diatomées aux points Jobourg et Barneville, mais également aux points du réseau REPHY de Donville et de Gefosse, points qui encadrent géographiquement les points d'échantillonnage Areva NC

Dans la figure 2.13, nous présentons, pour les points de suivi AREVA NC et les deux points REPHY que les encadrent, l'évolution année sur année (axe des ordonnées) par rapport aux douze mois de l'année (axe des abscisses), des dominances des principaux genres ou espèces de diatomées par rapport au nombre total de diatomées. Nous constatons que, en règle générale, les évolutions temporelles de ces espèces suivent le même schéma sur l'ensemble de points représentés.

L'évolution des dinoflagellés par rapport à la fraction microphytoplanctonique totale est représentée dans la figure 2.14. Nous observons la forte disparité dans les dominances des dinoflagellés aux points influencés par la Dives et la Seine (Cabourg et Antifer), où les valeurs peuvent dépasser 80 %. A Donville et Gêfosse ces dominances sont de l'ordre de 5% maximum et aux points Barneville et Jobourg, jusqu'à 10-12 %.



**Figure 2.14 :** Évolution temporelle, par mois et par année, des dominances des dinoflagellés par rapport aux groupes microphytoplanctoniques aux points Jobourg et Barneville, mais également aux points du réseau REPHY de Donville, Gêfosse, Cabourg et Antifer. Points qui encadrent géographiquement les points d'échantillonnage AREVA NC au niveau régional

L'évolution des paramètres phytoplanctoniques en 2006 ne permet pas, *a priori*, de mettre en évidence un impact de l'activité de l'usine AREVA NC sur la diversité des peuplements phytoplanctoniques.

### 2.3. Conclusion

Avec des valeurs comprises entre 0,24 µg/L, observée à Barneville (surface) au mois de juin et 5,45 µg/L (même point en avril), la biomasse chlorophyllienne moyenne observée en 2006 est similaire à celle observée en 2005 au point Jobourg et supérieure au point Barneville. Elle se situe cependant, dans le cadre du cycle phytoplanctonique classiquement décrit en Atlantique.

Les abondances cellulaires au point Barneville, supérieures à celles du point Jobourg, restent comparables aux valeurs observées à l'Anse des Moulins depuis 1987. Le maximum annuel a lieu au mois d'avril pour la période printanière, tandis que les répliques automnales sont observées en juin, août et octobre.

Les dénombrements microphytoplanctoniques effectués sur les deux sites montrent des dominances des diatomées supérieures à 87 % sur les peuplements microphytoplanctoniques. Les plus fortes dominances de dinoflagellés sont observées aux mois de mai (maximum annuel de 12 %), juin, septembre et octobre. Les abondances absolues de dinoflagellés atteignent cependant, leur maximum en octobre avec 4 100 cellules/L.

Chez les diatomées, *Skeletonema costatum* qui est habituellement observé avec fortes dominances en hiver et en automne, est observée avec des fortes dominances sur toute l'année 2006. Son maximum a eu lieu aux mois de mars à Jobourg. Le genre *Rhizosolenia* n'atteint de fortes dominances qu'au mois de juillet (75 %). Ce genre étant classiquement dominant au printemps et en été. Un autre phénomène marquant en 2006 est la forte dominance de *Thalassiosira* au printemps (maximum de 69 %), voir en été au point Jobourg, où elle atteint 40 %. *Chaetoceros* est également présente de juillet à septembre au point Jobourg et dès le mois d'avril à Barneville. Sa dominance maximale est observée au point Jobourg au mois d'août avec 51 %. Cependant, les abondances par espèce et par point, ainsi que les successions phytoplanctoniques, ne présentent pas de variation pouvant mettre en cause l'activité de l'usine AREVA NC.

A partir des paramètres du compartiment phytoplanctonique étudiés en 2006 nous ne pouvons donc pas conclure à l'existence d'un déséquilibre du milieu généré par l'usine AREVA NC.

## 2.4. Bibliographie

AMINOT, A., KÉROUEL, R. 2004

Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. *Ed. Ifremer*, 336 p.

KLEIN, B. ET SOURNIA, A. 1987

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

LAMPERT, L. 2001

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

LORENZEN, C.J. 1966

A method for the continuous measurements of *in vivo* chlorophyll concentrations. *Deep-Sea Res.* 13: 223-227.

LUND, J.W.G., KIPLING, C., LE CREN, E.D. 1958

The inverted microscope method of estimating algal numbers and the statistical basis of estimations by counting. *Hydrobiologia* 11 : 143-178

SCHERRER, B. 1984

Biostatistique. *Gaëtan Morin* (ed.) Québec. 850 pp.

TRÉGUER P., LE CORRE P. 1975.

Manuel d'analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Utilisation de l'autoanalyseur II Technicon, 2<sup>ème</sup> édition. Université de Bretagne Occidentale, Brest, 110 p.

UTERMOHL, H. 1958

Zur vervollkommung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Verein. Limnol.* 9 : 1-38.

