



## ***Révision du contrôle de surveillance physico-chimique de la DCE***

***Rapport de synthèse***

***Anne Daniel – Ifremer  
Dominique Soudant – Ifremer  
Nicolas Goudard – Ifremer***

***Février 2012***

Département Dynamiques de l'environnement côtier  
Laboratoire PELAGOS

Anne Daniel, Dominique Soudant, Nicolas Goudard

Rapport interne DYNECO/PELAGOS/12.02

Février 2012



**Ifremer**

---

Influence de la fréquence et de la période  
d'échantillonnage sur la classification des  
indicateurs physico-chimiques de la DCE



# Sommaire

<b>1. INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2. PRESENTATION DES BOUEES HAUTE FREQUENCE</b>	<b>4</b>
<b>3. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES</b>	<b>6</b>
3.1. CHLOROPHYLLE	6
3.2. OXYGENE DISSOUS	7
3.3. TURBIDITE	8
3.4. SALINITE	9
3.5. TEMPERATURE	9
<b>4. FILTRAGE</b>	<b>10</b>
4.1. QUALIFICATION DES DONNEES HAUTE FREQUENCE	10
4.2. FILTRES « FREQUENCE DE PRELEVEMENT »	10
4.3. FILTRES « PERIODE DE PRELEVEMENT »	10
4.3.1. Filtre « Week-end »	11
4.3.2. Filtre « Horaire »	11
4.3.3. Filtre « Pleine Mer »	11
4.3.4. Filtre « Débit »	11
4.3.5. Filtre « Période »	11
4.4. APPLICATION DES FILTRES	11
<b>5. RE-ECHANTILLONNAGE</b>	<b>11</b>
<b>6. PROGRAMMATION</b>	<b>12</b>
<b>7. RESULTATS</b>	<b>13</b>
7.1. FLUORESCENCE	13
7.1.1. Evolution saisonnière	15
7.1.2. Application des filtres « fréquence de prélèvement »	15
7.1.3. Application des filtres « Période de prélèvement »	15
7.2. OXYGENE DISSOUS	18
7.2.1. Evolution saisonnière	19
7.2.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »	19
7.2.3. Application des filtres « Période de prélèvement »	19

7.3.	TURBIDITE .....	22
7.3.1.	Evolution saisonnière .....	23
7.3.2.	Application des filtres « Fréquence de prélèvement » .....	23
7.3.3.	Application des filtres « Période de prélèvement » .....	23
7.4.	SALINITE .....	24
7.4.1.	Evolution saisonnière .....	24
7.4.2.	Application des filtres « Fréquence de prélèvement » .....	27
7.4.3.	Application des filtres « Période de prélèvement » .....	27
7.5.	TEMPERATURE .....	28
7.5.1.	Evolution saisonnière .....	28
7.5.2.	Application des filtres « Fréquence de prélèvement » et « Période de prélèvement » .....	28
<b>8.</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>29</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>30</b>

## 1. INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau (DCE 2000/60/CE) du 23 octobre 2000 définit un cadre pour la gestion et la protection des eaux par grand bassin hydrographique au plan européen. Elle fixe un objectif de bon état écologique et chimique pour les eaux superficielles. La Directive s'appuie sur l'évaluation d'un certain nombre d'éléments de qualité pour définir l'état global d'une masse d'eau.

Les éléments de qualité physico-chimique retenus pour la classification de l'état écologique des masses d'eaux littorales, c'est à dire les masses d'eaux côtières (EC) et les masses d'eaux de transition (ET), sont le bilan d'oxygène, la température, la salinité, la transparence et les nutriments. Le phytoplancton figure parmi les éléments de qualité biologique : il est évalué à partir de trois indices (biomasse, abondance et composition).

La fréquence et la période de prélèvement de chaque élément de qualité ont été définies dans la circulaire DCE 2007/20 du 5 mars 2007. Par exemple, il est prévu pour l'oxygène dissous d'effectuer une mesure par mois entre juin et septembre au cours de l'ensemble du plan de gestion de 6 ans. Les métriques et grilles servant à la classification d'un élément de qualité ont été définis (biomasse, oxygène dissous, température, nutriments) dans différents rapports (Soudant et Belin 2009, Daniel et Soudant 2009<sup>ab</sup>, Daniel et Soudant 2011<sup>a,b</sup>). Le terme métrique désigne une méthode de calcul mais aussi le résultat de son application à l'ensemble des données d'un paramètre. La grille de classement est composée de 4 valeurs définissant les seuils entre les états « très bon », « bon », « moyen », « médiocre » et « mauvais ».

Suite à ces premières évaluations, il apparaît que certaines fréquences et périodes de mesure ne sont pas toujours optimales pour décrire l'état écologique du milieu. Aussi, il a semblé important d'étudier l'influence de ces fréquences et périodes de mesure sur la classification des éléments de qualité physico-chimiques en dégradant le signal haute fréquence mesuré par trois bouées automatisées situées en baie de Vilaine, en rade de Brest et dans le port de Boulogne. Pour ce faire, les séries de données haute fréquence ont été ré-échantillonnées à l'aide de la technique du bootstrap en utilisant des filtres modélisant les contraintes d'un prélèvement classique et simulant différentes fréquences et périodes de prélèvement.

## 2. PRESENTATION DES BOUEES HAUTE FREQUENCE

Les données utilisées dans cette étude proviennent de 3 zones ayant une typologie DCE différente : la baie de Vilaine (C03, côte vaseuse modérément exposée), la rade de Brest (C12, côte vaseuse abritée) et le port de Boulogne (T02, grand port macrotidal). Chacune de ces zones dispose d'une bouée automatisée de type MAREL (<http://marelvilaine.ifremer.fr/dif> , <http://marelcarnot.ifremer.fr/dif> <http://www.ifremer.fr/mareliroise/fr> ) développée pour la mesure en continu de paramètres physico-chimiques. Les données y sont acquises de manière automatique avant d'être transmises par liaison GSM numérique à la station de gestion pour y être validées, traitées, archivées et diffusées sur le réseau Internet. Ces dispositifs sont construits autour d'une cellule de mesure placée en surface sur un support flottant et abritant les différents capteurs. La bouée MOLIT déployée en baie de Vilaine pompe les échantillons d'eau en surface et au fond via des tubes réunis dans un flexible.



Figure1 : Bouée MOLIT déployée en baie de Vilaine.



Figure 2 : Système MAREL-Carnot dans le port de Boulogne



Figure 3 : Bouée MAREL-Iroise déployée dans la rade de Brest.

En raison de leur date de déploiement, les séries de données utilisées dans cette étude sont plus ou moins longues suivant les sites :

- Boulogne : 2005, 2006, 2007 et 2008,
- rade de Brest : 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 et 2008,
- baie de Vilaine: 2008.

La fréquence de mesure des différents paramètres varie de 20 min à une heure selon la période et la bouée. Les données de la baie de Vilaine sont présentées sous forme de deux groupes distincts correspondant à des relevés en sub-surface (50 cm) et au fond (environ -1m au dessus du fond). Les données du port de Boulogne et de la rade de Brest correspondent à des prélèvements en sub-surface.

### 3. PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les paramètres physico-chimiques mesurés par ces bouées haute fréquence sont : la température, la salinité, la turbidité, la concentration en oxygène dissous et la fluorescence. Les nutriments n'ont pas pu être pris en compte dans cette étude car les capteurs sont installés ponctuellement sur les bouées de Vilaine et de Boulogne : aucune série annuelle n'est donc disponible.

#### 3.1. Chlorophylle

L'indicateur retenu pour la classification de la biomasse phytoplanctonique est la chlorophylle, principal pigment lié à la photosynthèse des organismes végétaux. La chlorophylle est un paramètre clé en hydrologie car il existe de nombreux liens entre son développement dans les cellules phytoplanctoniques et les variations de paramètres tels que l'intensité lumineuse, la turbidité, les nutriments et l'oxygène dissous.

La mesure de la chlorophylle est effectuée sur la bouée MOLIT par fluorimétrie *in vivo* en raison de la simplicité et de la rapidité de cette méthode. Il s'agit d'une mesure "proxy" qui ne permet pas d'obtenir une valeur quantitative de chlorophylle comme avec les méthodes d'analyse classiques de laboratoire mais qui permet d'observer des variations qualitatives. En admettant que la variabilité de la fluorescence est de même nature que celle de la chlorophylle, l'étude de la fluorescence permet d'évaluer l'évolution de la chlorophylle en terme d'événements ponctuels.

La métrique retenue pour la classification de la chlorophylle est le percentile 90 (P90) car il permet de mettre en évidence les pics de biomasse sans prendre en compte les valeurs maximales exceptionnelles. Les grilles et valeurs de référence pour les différents groupes des masses d'eau françaises sont listées dans le Tableau 1.

Masses d'eau	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Etat mauvais
EC mer du nord 1/26b	0 - 10	10 - 15	15 - 22.5	22.5 - 45	> 45
ET mer du nord	0 - 10	10 - 15	15 - 22.5	22.5 - 45	> 45
EC manche atlantique 1/26a	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40



ET manche atlantique	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
EC méditerranée type 1	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
EC méditerranée type 2A	0 – 2.4	2.4 – 3.6	3.6 – 7.2	7.2 – 14.4	> 14.4
EC méditerranée type 3W	0 – 1.1	1.1 – 1.8	1.8 – 3.6	3.6 – 7.2	> 7.2
EC Corse	0 – 0.75	0.75 – 1.22	1.22 – 2.44	2.44 – 4.88	> 4.88
ET méditerranée type estuaire	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40
ET méditerranée type lagune	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 40	> 40

Tableau 1 : Grille et valeurs de seuils retenus pour la classification de l'élément qualité chlorophylle ( $\mu\text{g/L}$ ).

La fréquence et la période de prélèvement des échantillons de chlorophylle ont été définies dans la circulaire DCE 2007/20 du 5 mars 2007 et sont résumées dans le Tableau 2. Tous les blooms phytoplanctoniques ne peuvent être observés avec la mesure mensuelle imposé par la circulaire. Aussi, il est intéressant de voir si une fréquence de prélèvement hebdomadaire ou bi-mensuelle pourrait améliorer la classification des masses d'eau.

Masses d'eau	Période d'échantillonnage	Fréquence d'échantillonnage	Nbre d'années de suivi sur plan de gestion de 6 ans
EC et ET Manche Atlantique	Mars - Octobre	1/mois	6
EC et ET Méditerranée	Janvier – Décembre	1/mois	6
Lagunes Méditerranée	Juin - Août	1/mois	2 (1/3 ans)

Tableau 2 : Période et fréquence d'échantillonnage de l'élément qualité chlorophylle.

### 3.2. Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre vital qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. En dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent. Les concentrations en oxygène dissous dans l'eau de mer dépendent de facteurs physiques (température, salinité, mélange de la masse d'eau), chimiques (oxydation) et biologiques (photosynthèse, respiration). La mesure de l'oxygène dissous est cruciale notamment à la suite d'efflorescences phytoplanctoniques dont la décomposition peut conduire à une anoxie (épuisement en oxygène dissous) du milieu.

La métrique retenue pour la classification de l'oxygène dissous est le percentile 10 (P10) calculé à partir des données mesurées au fond de la colonne d'eau. La grille et les valeurs de référence pour toutes les masses d'eau françaises sont listées dans le Tableau 3.

Masses d'eau	<b>Très bon état</b>	<b>Bon état</b>	<b>Etat moyen</b>	<b>Etat médiocre</b>	<b>Etat mauvais</b>
Toutes masses d'eau	> 5	3 - 5	2 - 3	1 - 2	< 1

Tableau 3 : Grille et valeurs de seuils retenus pour la classification de l'élément qualité oxygène dissous (mg/L) à partir des données de fond.

La fréquence et la période de prélèvement des échantillons d'oxygène dissous ont été définies dans la circulaire DCE 2007/20 du 5 mars 2007 et sont résumées dans le Tableau 4. Etant donné la fréquence de mesure, il est très difficile de pouvoir détecter des phénomènes d'anoxies qui sont généralement très ponctuels (quelques heures). De plus, en raison du faible nombre de données (18 ou 24) enregistrées sur un plan de gestion de 6 ans, la pertinence de l'intervalle de confiance et la confiance du classement sont discutables (Daniel et Soudant, 2009).

Masses d'eau	Période d'échantillonnage	Fréquence d'échantillonnage	Nbre d'années de suivi sur plan de gestion de 6 ans
EC et ET Manche Atlantique EC Méditerranée	Juin - Septembre	1/mois	6
MET Méditerranée	Juin - Août	1/mois	6

Tableau 4 : Période et fréquence d'échantillonnage de l'élément qualité oxygène dissous.

### 3.3. Turbidité

La turbidité évalue la transparence d'une eau par la perte de lumière résultant de sa traversée. Elle est donc fonction de la quantité, de la taille et de la forme des particules en suspension et varie en fonction des apports des fleuves, de la remise en suspension du sédiment et de la concentration en plancton. La turbidité permet de déterminer la quantité de lumière disponible pour le développement des végétaux aquatiques.

La métrique retenue pour la classification de la turbidité est le percentile 90 (P90). Les masses d'eau ont été regroupées en 3 écotypes (Daniel et Soudant, 2011). Les grilles et valeurs de référence pour ces trois écotypes sont listées dans le Tableau 5.

Masses d'eau	<b>Très bon état</b>	<b>Bon état</b>	<b>Etat moyen</b>
Ecotypes 1 et 2	< 5	[5 - 10[	≥ 10
Ecotype 3	< 30	[30 - 45[	≥ 45

Tableau 5 : Grille et valeurs de seuils retenus pour la classification de l'élément qualité oxygène dissous (NTU).

Une mesure de turbidité est effectuée en parallèle à tout prélèvement pour détermination de la chlorophylle, de l'oxygène dissous et des nutriments (Tableau 6) : ce paramètre est donc mesuré

toute l'année avec une fréquence mensuelle (au minimum). C'est en raison de cette fréquence de prélèvement que la fréquence et la durée des épisodes turbides n'ont pu être retenues comme métrique (Daniel et Soudant, 2011).

Masses d'eau	Période d'échantillonnage	Fréquence d'échantillonnage	Nbre d'années de suivi sur plan de gestion de 6 ans
Toutes	Janvier - Décembre	1/mois (au minimum)	6

Tableau 6 : Période et fréquence d'échantillonnage de l'élément qualité turbidité.

### 3.4. Salinité

Par son influence sur la densité de l'eau de mer, la salinité permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires. La grandeur «salinité» représente la masse de sels dissous contenue dans un kilogramme d'eau de mer. La salinité étant un rapport entre deux grandeurs de mêmes unités, elle s'exprime sans indication d'unité : on ne dit pas qu'une eau a une salinité de 35 pour mille, mais qu'elle a une salinité de 35. Dans les océans, la salinité est voisine de 35 alors que celle des eaux douces est nulle. Dans les estuaires, zone de mélange des eaux continentales et marines, on est en présence d'un gradient de salinité s'étendant de 0 à 35.

Une mesure de salinité est effectuée en parallèle à tout prélèvement pour détermination de la chlorophylle, de l'oxygène dissous et des nutriments (Tableau 7) : ce paramètre est donc mesuré toute l'année avec une fréquence mensuelle (au minimum). Comme l'indicateur de salinité est déclaré non pertinent dans les masses d'eaux côtières et de transition (Daniel et Soudant, 2011), aucune grille de classification n'a été établie. Toutefois, dans le cadre de cette étude, ce paramètre a été évalué en utilisant comme métrique le percentile 10 (P 10).

Masses d'eau	Période d'échantillonnage	Fréquence d'échantillonnage	Nbre d'années de suivi sur plan de gestion de 6 ans
Toutes	Janvier - Décembre	1/mois (au minimum)	6

Tableau 7 : Période et fréquence d'échantillonnage de l'élément qualité salinité.

### 3.5. Température

La température est un paramètre fondamental pour l'évaluation des caractéristiques des masses d'eaux car elle joue un rôle important dans la variabilité des cycles biologiques. La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres (salinité, oxygène dissous,...).

Toutes masses d'eau	<b>Bon état</b>	<b>Mauvais état</b>
Ecological Quality ratio (EQR)	[0 – 0.95[	[0.95 – 1]

Tableau 8 : Grille et valeurs de seuils retenus pour la classification de l'élément qualité température.

La métrique retenue pour la température est le pourcentage de mesures situées en dehors d'une enveloppe considérée comme assurant le bon fonctionnement écologique de l'écosystème. Si le nombre d'observations exceptionnelles dépasse un seuil de 5%, la masse d'eau est classée en mauvais état (Tableau 8).

Une mesure de température est effectuée en parallèle à tout prélèvement pour détermination de la chlorophylle, de l'oxygène dissous et des nutriments (Tableau 9) : ce paramètre est donc mesuré toute l'année avec une fréquence mensuelle (au minimum). Toutefois, cette fréquence de mesure ne permet pas d'observer des phénomènes tels que des rejets ponctuels anthropiques ou des lâchés d'eaux.

Masses d'eau	Période d'échantillonnage	Fréquence d'échantillonnage	Nbre d'années de suivi sur plan de gestion de 6 ans
Toutes	Janvier - Décembre	1/mois (au minimum)	6

Tableau 9 : Période et fréquence d'échantillonnage de l'élément qualité température.

## 4. FILTRAGE

Des filtres ont été élaborés pour simuler différentes périodes et fréquences de prélèvement.

### 4.1. Qualification des données haute fréquence

Les données haute fréquence font l'objet d'une pré-qualification automatique dans leur base de stockage. Une qualification ultérieure a été effectuée pour supprimer toute donnée aberrante (ex : valeurs de température inférieures à 2°C ou supérieures à 30°C, suites de valeurs nulles ou inexistantes, etc...).

### 4.2. Filtres « Fréquence de prélèvement »

Les quatre filtres suivant ont été utilisé pour étudier l'influence de la fréquence de prélèvement : Bimestriel, Mensuel, Bimensuel et Hebdomadaire.

### 4.3. Filtres « Période de prélèvement »

Cinq filtres ont été créés pour modéliser au mieux les contraintes qui pèsent sur un prélèvement manuel ainsi que pour évaluer l'impact de la période de prélèvement sur la classification des masses d'eau.

#### 4.3.1. Filtre « Week-end »

Le filtre Week-end permet de simuler des prélèvements uniquement du lundi au vendredi.

#### 4.3.2. Filtre « Horaire »

Le filtre *Horaire* définit une plage horaire de prélèvement comprise entre 7 et 19 H.

#### 4.3.3. Filtre « Pleine Mer »

Le filtre *PleineMer* est basé sur les horaires et les coefficients de marées pour simuler les consignes de prélèvement données dans le cadre du REPHY : il a pour but de définir un intervalle de prélèvement à +/- 2 H autour de la pleine mer (format UT+0) et de limiter les prélèvements aux coefficients de marée supérieurs à 85.

#### 4.3.4. Filtre « Débit »

Le filtre *Débit* a pour but d'évaluer l'influence des lâchés d'eaux du barrage d'Arzal en baie de Vilaine : il supprime les prélèvements les jours où le débit journalier de la Vilaine est supérieur à 100 m<sup>3</sup>.

#### 4.3.5. Filtre « Période »

Le filtre *Période* limite les prélèvements à la période avril - août et à la période avril - octobre pour simuler différentes durées de période productive. Ce filtre n'est pas appliqué à la turbidité, la salinité et à la température car la métrique utilisée pour évaluer ces paramètres nécessite des données acquises sur toute l'année.

### 4.4. Application des filtres

Seuls les quatre filtres « fréquences de prélèvement » sont appliqués dans un premier temps. Les autres filtres sont ensuite ajoutés individuellement puis par différentes combinaisons de filtres.

## 5. RE-ECHANTILLONNAGE

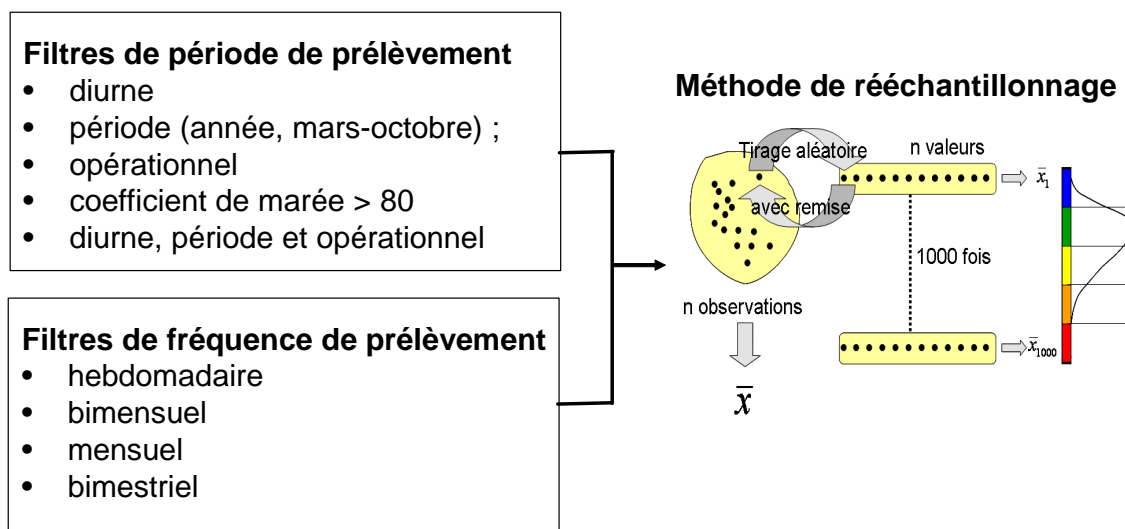


Figure 4 : Schéma de la méthode de ré-échantillonnage basée sur le bootstrap.

Le ré-échantillonnage (Figure 4) est effectué à l'aide de la technique du bootstrap (Davidson et Hinkley, 1997). L'intérêt de cette méthode est de pouvoir disposer de la variabilité d'un paramètre à partir de sa seule définition. Son principe consiste à créer des échantillons de même taille que l'échantillon observé. Pour ce faire, des tirages aléatoires sont effectués avec remise. Cette étape de ré-échantillonnage est réalisée dans cette étude 1000 fois de façon à obtenir des intervalles de confiance à 5%. A partir de chacun des 1000 échantillons créés, la métrique de l'élément de qualité est calculée. Il est alors possible d'apprécier la distribution de la métrique sur un histogramme. La moyenne et la médiane des 1000 métriques calculées sont déterminées pour être comparées à la métrique « réelle » (c'est-à-dire calculée à partir de l'ensemble des données réellement mesurées).

Il est possible de déterminer des strates dans lesquelles les tirages aléatoires seront répartis de manière homogène, c'est à dire qu'il y aura un même nombre de valeurs par strate. Cette option est utilisée ici afin de prendre en compte la saisonnalité des paramètres physico-chimiques et pour simuler les différentes fréquences d'échantillonnage. Ainsi, en fonction du filtre de fréquence de prélèvement appliqué, les données de l'année 2008 (seule année civile ayant une série de données complète au moment de l'étude) sont réparties dans 52 groupes de semaines, 26 groupes de quinzaines, 12 groupes de mois ou 6 groupes de bimestres.

De manière à apprécier la variabilité des estimations, les intervalles de confiance sont calculés selon la « méthode du percentile » (Davison et Hinkley, 1997). Cette méthode est équivalente aux méthodes utilisées dans le cas de grands échantillons.

## **6. PROGRAMMATION**

Cette étude a nécessité une étape de programmation visant à comprendre et adapter les procédures disponibles sous le logiciel R. Le package « boot » propose une mise en oeuvre du bootstrap ainsi que le calcul d'intervalles de confiance.

Les données brutes utilisées par le programme doivent répondre à des normes de présentation et d'écriture dont certaines sont liées au langage R lui-même. La principale contrainte d'écriture des fichiers de données est l'application du système anglo-saxon avec le point décimal et l'utilisation des noms anglais abrégés (3 lettres) pour désigner les mois. Les fichiers doivent présenter une architecture précise pour être correctement lus par le programme. Toutes les informations concernant la présentation des fichiers de données sont détaillées dans un manuel d'utilisation (document de travail DYNECO/PELAGOS).

Le code écrit pour ce projet s'inscrit dans l'architecture de travail mis en place au sein du service DYNECO/VIGIES. L'intérêt de cette architecture est de structurer le travail de programmation pour pouvoir reprendre facilement un travail réalisé précédemment et l'adapter selon des nouveaux besoins ou pour une étude plus récente.

## 7. RESULTATS

Les données brutes sont présentées sous forme d'évolution saisonnière. La métrique « réelle » a été déterminée avec l'ensemble des données haute fréquence : elle est considérée comme la valeur de référence.

Dans un premier temps, l'influence de la fréquence de prélèvement a été étudiée en appliquant uniquement les filtres bimestriel, mensuel, bimensuel, hebdomadaire. Les moyennes et médianes des 1000 métriques créés par le bootstrap sont calculées pour chacune de ces fréquences de prélèvement. Les graphes de répartition des 1000 métriques sont présentés en Annexes.

Les filtres « période de prélèvement » sont ensuite ajoutés individuellement puis par combinaison (ex : Horaire + Week end + saison). La taille de chaque échantillon obtenu après application d'un filtre et les résultats obtenus sont présentés dans des tableaux récapitulatifs pour chaque paramètre. Il faut noter que la taille des échantillons en baie de Vilaine est plus faible que celles des deux autres sites notamment lors de l'application des combinaisons de filtres.

### 7.1. Fluorescence

*Avertissement* : Cette première étude n'a pas pris en compte les différences de mesure induites par les différents modèles de fluorimètres utilisés sur les bouées (compte rendu journée fluorescence, Ifremer Brest, septembre 2006). De plus, une attention particulière doit être portée au fait qu'il existe un déphasage entre les valeurs de fluorescence et celles de chlorophylle-a : si les maxima de chlorophylle-a sont observés le jour, les maxima de fluorescence sont observés en début de nuit (Blasco, 1973 ; Estrada, 1974 ; Blain et al. 2004). Il a en effet été démontré que les valeurs de fluorescence mesurées lors du midi solaire sont largement sous-estimées en raison de l'effet de la lumière sur le rendement de la fluorescence des cellules. Ces cycles nycthémeraux sont illustrés par la Figure 5. Les variations nycthémeraales sont variables d'un site à l'autre : les plus faibles sont observées à Boulogne.

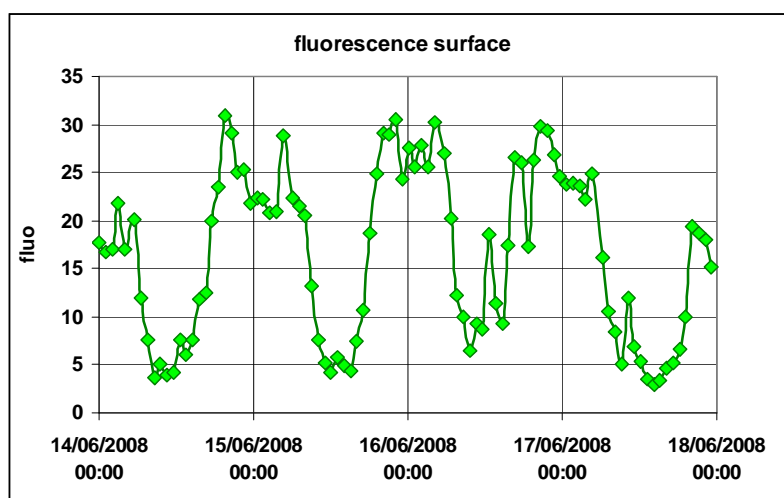


Figure 5 : Variations nycthémeraales de la fluorescence (FFU) mesurée en surface en baie de Vilaine

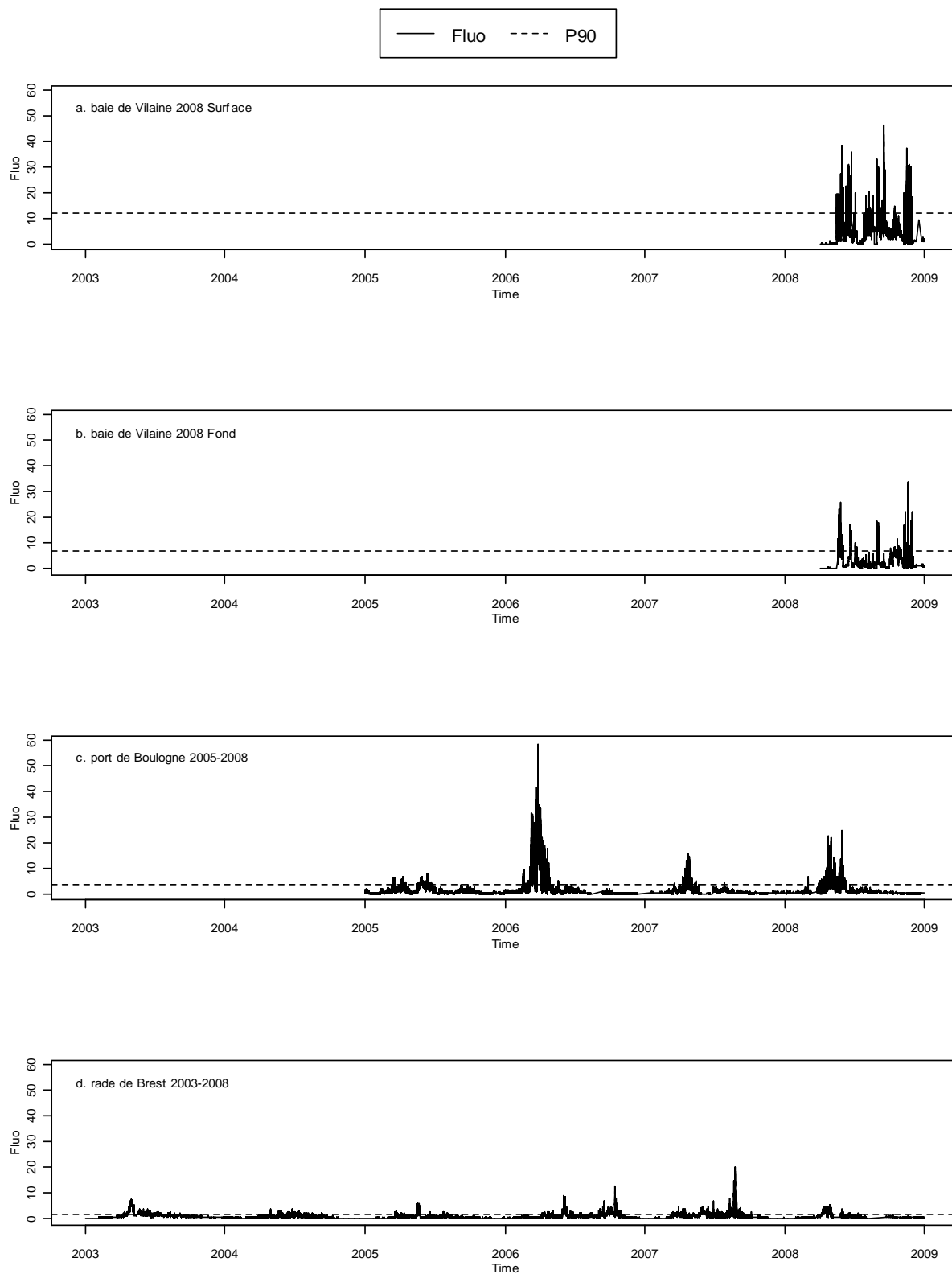


Figure 6 : Evolution de la fluorescence (FFU) sur les différents sites d'étude. Les P90 sont calculés sur l'ensemble des données de chaque site.



La valeur de chlorophylle a été estimée à environ 2.3 x fluorescence pour la bouée de Boulogne à l'aide des mesures satellites alors qu'elle est estimée à (1.54 x fluorescence + 0.62) par Blain et al. (2004) en rade de Brest. Aucune estimation de cette relation n'a encore été menée en baie de Vilaine. Aussi, cette étude se base uniquement sur les variations qualitatives de la fluorescence qui peuvent être comparées à celles de la chlorophylle.

#### 7.1.1. Evolution saisonnière

Les trois sites montrent des variations de fluorescence très différentes à la fois en intensité et en durée (Figure 6) :

- la fluorescence est relativement faible en rade de Brest (< 5 FFU) et met en évidence 1 à 4 floraisons au cours des périodes productives 2003-2008 ;
- les variations interannuelles observées à Boulogne sont très importantes notamment entre les années 2005 (< 5FFU) et 2006 (max > 50 FFU). Les maxima sont plutôt observés en début de printemps ;
- la baie de Vilaine montre de mai à octobre 2008 de nombreuses floraisons ayant une fluorescence supérieure à 30 FFU (la fluorescence de surface étant plus élevée que celle du fond).

#### 7.1.2. Application des filtres « fréquence de prélèvement »

L'application des 4 filtres « Fréquence de prélèvement » aux données de fluorescence (Annexe 1 et Tableau 11 « sans filtre ») montre que plus la fréquence de prélèvement est élevée, plus les percentiles 90 calculés se rapprochent de la valeur du P90 « réel ». Les intervalles de confiance sont également plus faibles lorsque la fréquence de prélèvement est hebdomadaire.

#### 7.1.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
Sans filtre (N)	5851	5783	86564	139493
<i>PleineMer</i> (PM.85)	356	348	5233	8390
<i>Horaire</i> (H.7.19)	3235	3201	46555	75584
<i>Periode</i> : avril/octobre (P.4.10)	4781	4711	51755	84404
<i>Periode</i> : avril/août (P.4.8)	3387	3316	36906	60725
<i>Weekend</i> (WE)	5660	5585	83726	134938
<i>Debit</i> (D.100)	5173	5092	XXX	XXX
H.7.19 + WE	3133	3095	45041	73127
H.7.19 + P.4.10 + WE	2559	2523	26978	44578
H.7.19 + P.4.8 + WE	1814	1776	19256	32058
PM.85 + H.7.19 + WE	201	198	2531	4380
D.100 + H.7.19 + WE	2762	2722	XXX	XXX
PM.85 + H.7.19 + P.4.10 + WE	201	198	1476	2657
PM.85 + H.7.19 + P.4.8 + WE	162	159	1081	1797
D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	1455	1415	XXX	XXX
D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	2200	2162	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	167	162	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	167	162	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	127	123	XXX	XXX

Tableau 10 : Taille des échantillons pour le paramètre "fluorescence".

Le filtre coefficient de marée « PM85 » sous-estime légèrement les P90 obtenus en surface en Vilaine et en rade de Brest mais augmente les P90 obtenus en Vilaine au fond et à Boulogne.

Le filtre « Horaire » (diurne) a une grande influence sur l'évaluation du P90 : comme les valeurs de fluorescence sont plus fortes la nuit que le jour, les P90 calculés avec le filtre « horaire » sont sous estimés notamment en surface et au fond en Vilaine. Ce filtre a moins d'effet sur les P90 mesurés à Boulogne et à Brest.

Les filtres « Période : avril-octobre » (4-10) et « Période : avril-août (4-8) » ont pour effet d'augmenter les P90 sur tous les sites sauf au fond en Vilaine. Les P90 obtenus avec ces filtres permettent de se rapprocher significativement du P90 réel en Vilaine. Ils sont par contre plus fort que le P90 réel en rade de Brest et à Boulogne.

Les filtres « week end » et « Débit » n'ont pas de réelle influence sur les P90 de fluorescence.

La période de prélèvement actuellement en cours dans le cadre du contrôle de surveillance de la DCE correspond à la combinaison [« période avril-octobre » + « pleine mer » + « horaire » + « week end »]. Avec cette combinaison, un prélèvement bimensuel ou hebdomadaire permet d'atteindre le P90 réel en baie de Vilaine (surface et fond). Les prélèvements bimestriels et mensuels ont pour effet de sous-estimer le P90 sur ce site. En rade de Brest, les P90 calculés avec cette combinaison surestiment très légèrement le P90 réel et la fréquence de prélèvement n'a aucun impact sur le P90. A Boulogne, cette combinaison surestime le P90 pour toutes les fréquences de prélèvement. La combinaison permettant d'approcher au mieux le P90 réel à Boulogne est la combinaison [« pleine mer » + « horaire » + « week end »] avec une fréquence mensuelle.

Ces résultats montrent que la période et fréquence de prélèvement actuellement mises en œuvre dans le cadre de la DCE ne sont pas toujours optimales suivant les sites. Une fréquence de prélèvement mensuelle sur l'ensemble de l'année serait plus appropriée à Boulogne alors qu'en baie de Vilaine, il serait souhaitable d'avoir une fréquence de prélèvement bimensuelle au cours de la période productive (avril-octobre). En rade de Brest, une fréquence de prélèvement bimestrielle au cours de la période productive serait suffisante pour représenter le P90 réel.

P90 réel		Vilaine 2008 Surface		Vilaine 2008 Fond		Boulogne 2005-2008		Brest 2003-2008	
		12.25		6.88		3.53		2.06	
Sans filtre (N)	BMT	10.55	[ 5.98 ; 17.71 ]	5.84	[ 2.56 ; 9.01 ]	3.29	[ 1.69 ; 6.25 ]	1.98	[ 1.45 ; 2.78 ]
	M	11.49	[ 7.9 ; 15.82 ]	6.42	[ 4.09 ; 8.52 ]	3.33	[ 2.01 ; 5.57 ]	2.01	[ 1.59 ; 2.53 ]
	BMS	11.66	[ 9.02 ; 14.86 ]	6.55	[ 5.28 ; 7.95 ]	3.36	[ 2.35 ; 4.78 ]	2.02	[ 1.74 ; 2.41 ]
	H	11.83	[ 10.13 ; 13.73 ]	6.51	[ 5.68 ; 7.4 ]	3.39	[ 2.64 ; 4.26 ]	2.03	[ 1.83 ; 2.28 ]
PleineMer (PM.85)	BMT	10.77	[ 6.86 ; 14.7 ]	6.44	[ 4.84 ; 7.87 ]	3.67	[ 1.88 ; 6.39 ]	1.86	[ 1.44 ; 2.46 ]
	M	9.85	[ 6.75 ; 13.58 ]	6.34	[ 5.04 ; 7.42 ]	3.73	[ 2.39 ; 5.55 ]	1.86	[ 1.55 ; 2.25 ]
	BMS	10.76	[ 8.13 ; 13.55 ]	6.68	[ 5.86 ; 7.46 ]	3.89	[ 2.88 ; 4.97 ]	1.87	[ 1.63 ; 2.15 ]
	H	10.82	[ 8.89 ; 13.62 ]	6.5	[ 5.76 ; 7.17 ]	3.59	[ 2.82 ; 4.41 ]	1.9	[ 1.75 ; 2.1 ]
Horaire (H.7.19)	BMT	8.99	[ 5.23 ; 14.3 ]	5.73	[ 2.59 ; 9.09 ]	3.45	[ 1.74 ; 6.59 ]	1.87	[ 1.38 ; 2.63 ]
	M	9.91	[ 6.63 ; 13.99 ]	6.27	[ 3.85 ; 8.51 ]	3.39	[ 2.09 ; 5.56 ]	1.89	[ 1.52 ; 2.42 ]
	BMS	10.14	[ 7.69 ; 12.94 ]	6.41	[ 5.07 ; 7.87 ]	3.38	[ 2.42 ; 4.77 ]	1.93	[ 1.65 ; 2.24 ]
	H	10.3	[ 8.58 ; 12.2 ]	6.36	[ 5.54 ; 7.32 ]	3.41	[ 2.71 ; 4.41 ]	1.93	[ 1.73 ; 2.15 ]
Periode : avril/octobre (P.4.10)	BMT	11.45	[ 6.47 ; 18.43 ]	6.13	[ 2.76 ; 9.76 ]	4.6	[ 2.34 ; 7.86 ]	2.46	[ 1.72 ; 3.82 ]
	M	12.5	[ 8.44 ; 18.47 ]	6.9	[ 4.12 ; 9.68 ]	3.84	[ 2.23 ; 6.19 ]	2.43	[ 1.86 ; 3.31 ]
	BMS	12.64	[ 9.94 ; 16.33 ]	7.03	[ 5.56 ; 8.33 ]	3.93	[ 2.7 ; 5.57 ]	2.43	[ 1.97 ; 3.1 ]
	H	12.9	[ 11.04 ; 15.18 ]	6.91	[ 5.99 ; 7.83 ]	3.9	[ 3 ; 5.02 ]	2.43	[ 2.1 ; 2.85 ]
Periode : avril/août (P.4.8)	BMT	10.03	[ 4.64 ; 18.7 ]	4.63	[ 1.55 ; 9.55 ]	5.4	[ 2.62 ; 9.63 ]	2.58	[ 1.69 ; 4.31 ]
	M	11.85	[ 7.02 ; 19.44 ]	5.77	[ 2.29 ; 9.87 ]	4.69	[ 2.61 ; 8.15 ]	2.54	[ 1.78 ; 3.89 ]
	BMS	11.83	[ 8.41 ; 16.88 ]	6.19	[ 3.68 ; 8.55 ]	4.77	[ 3.07 ; 6.97 ]	2.57	[ 1.99 ; 3.49 ]
	H	12.22	[ 9.69 ; 15.06 ]	5.83	[ 4.18 ; 7.36 ]	4.83	[ 3.56 ; 6.31 ]	2.57	[ 2.15 ; 3.07 ]
Weekend (WE)	BMT	10.56	[ 6.31 ; 18.12 ]	5.84	[ 2.65 ; 9.12 ]	3.33	[ 1.65 ; 6.12 ]	1.97	[ 1.44 ; 2.69 ]
	M	11.56	[ 7.81 ; 15.99 ]	6.43	[ 4.06 ; 8.9 ]	3.32	[ 2.13 ; 5.36 ]	2.01	[ 1.58 ; 2.57 ]
	BMS	11.61	[ 8.99 ; 14.67 ]	6.55	[ 5.1 ; 7.95 ]	3.36	[ 2.35 ; 4.68 ]	2.03	[ 1.73 ; 2.37 ]
	H	11.88	[ 10.26 ; 13.75 ]	6.44	[ 5.56 ; 7.31 ]	3.39	[ 2.65 ; 4.42 ]	2.03	[ 1.83 ; 2.26 ]
Debit D.100	BMT	10.89	[ 6.22 ; 19.04 ]	5.63	[ 2.54 ; 9.15 ]	/	/	/	/
	M	11.64	[ 7.88 ; 16.26 ]	6.22	[ 3.7 ; 8.92 ]	/	/	/	/
	BMS	11.87	[ 9.24 ; 14.8 ]	6.33	[ 4.91 ; 7.97 ]	/	/	/	/
	H	11.79	[ 10.22 ; 13.68 ]	6.72	[ 5.76 ; 7.72 ]	/	/	/	/
H.7.19 + WE	BMT	9.21	[ 5.33 ; 14.56 ]	5.76	[ 2.75 ; 9.09 ]	3.39	[ 1.73 ; 6.59 ]	1.87	[ 1.37 ; 2.61 ]
	M	10.05	[ 6.92 ; 14.02 ]	6.3	[ 4.05 ; 8.75 ]	3.34	[ 2.07 ; 5.63 ]	1.89	[ 1.5 ; 2.41 ]
	BMS	10.19	[ 7.61 ; 12.89 ]	6.43	[ 5.01 ; 8.02 ]	3.38	[ 2.43 ; 4.83 ]	1.92	[ 1.66 ; 2.25 ]
	H	10.41	[ 8.74 ; 12.14 ]	6.35	[ 5.55 ; 7.38 ]	3.38	[ 2.68 ; 4.34 ]	1.93	[ 1.73 ; 2.13 ]
P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	10.03	[ 5.81 ; 16.08 ]	6.02	[ 2.72 ; 9.17 ]	4.67	[ 2.33 ; 8.53 ]	2.33	[ 1.59 ; 3.65 ]
	M	11.02	[ 7.44 ; 15.91 ]	6.77	[ 4.32 ; 9.55 ]	4.01	[ 2.29 ; 6.56 ]	2.25	[ 1.71 ; 3.12 ]
	BMS	11.24	[ 8.21 ; 14.19 ]	6.89	[ 5.5 ; 8.37 ]	3.97	[ 2.69 ; 5.82 ]	2.28	[ 1.86 ; 2.94 ]
	H	11.4	[ 9.4 ; 13.41 ]	6.74	[ 5.82 ; 7.78 ]	3.99	[ 2.99 ; 5.24 ]	2.27	[ 1.97 ; 2.68 ]
P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	8.35	[ 3.74 ; 14.47 ]	4.55	[ 1.61 ; 9.59 ]	5.59	[ 2.79 ; 9.81 ]	2.45	[ 1.62 ; 4.26 ]
	M	9.55	[ 5.66 ; 14.8 ]	5.62	[ 2.27 ; 9.89 ]	4.74	[ 2.65 ; 8.03 ]	2.37	[ 1.69 ; 3.74 ]
	BMS	9.7	[ 6.65 ; 13.53 ]	6.08	[ 3.82 ; 8.98 ]	4.91	[ 3.24 ; 7.18 ]	2.4	[ 1.91 ; 3.26 ]
	H	9.88	[ 7.74 ; 12.21 ]	5.6	[ 4.12 ; 7.17 ]	4.92	[ 3.63 ; 6.44 ]	2.39	[ 2.01 ; 2.93 ]
PM.85 + H.7.19 + WE	BMT	11.59	[ 7.71 ; 14.98 ]	6.49	[ 4.77 ; 7.8 ]	3.66	[ 1.92 ; 6.42 ]	1.87	[ 1.44 ; 2.36 ]
	M	10.61	[ 7.12 ; 14.11 ]	6.3	[ 4.89 ; 7.33 ]	3.8	[ 2.34 ; 5.72 ]	1.88	[ 1.6 ; 2.17 ]
	BMS	12.28	[ 9.94 ; 14.05 ]	6.84	[ 6.26 ; 7.37 ]	3.99	[ 2.96 ; 5.04 ]	1.88	[ 1.68 ; 2.09 ]
	H	12.31	[ 10.3 ; 14.05 ]	6.62	[ 5.89 ; 7.28 ]	3.73	[ 2.9 ; 4.41 ]	1.91	[ 1.78 ; 2.07 ]
D.100 + H.7.19 + WE	BMT	9.26	[ 5.19 ; 15.17 ]	5.57	[ 2.35 ; 9.62 ]	/	/	/	/
	M	10.11	[ 6.85 ; 14.02 ]	6.13	[ 3.72 ; 8.87 ]	/	/	/	/
	BMS	10.34	[ 7.9 ; 13.16 ]	6.24	[ 4.76 ; 7.9 ]	/	/	/	/
	H	10.48	[ 8.8 ; 12.16 ]	6.62	[ 5.71 ; 7.68 ]	/	/	/	/
PM.85 + P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	11.66	[ 7.66 ; 14.81 ]	6.48	[ 4.78 ; 7.83 ]	4.81	[ 2.45 ; 8.3 ]	2.12	[ 1.66 ; 2.79 ]
	M	10.59	[ 7.01 ; 14.05 ]	6.28	[ 4.9 ; 7.34 ]	4.24	[ 2.59 ; 6.19 ]	2.12	[ 1.77 ; 2.62 ]
	BMS	12.39	[ 9.76 ; 14.19 ]	6.85	[ 6.26 ; 7.46 ]	4.52	[ 3.38 ; 5.93 ]	2.12	[ 1.85 ; 2.48 ]
	H	12.24	[ 10.19 ; 14.05 ]	6.61	[ 5.87 ; 7.28 ]	4.36	[ 3.51 ; 5.23 ]	2.14	[ 1.97 ; 2.39 ]
PM.85 + P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	9.44	[ 5.41 ; 16.6 ]	2.77	[ 1.05 ; 6.39 ]	5.57	[ 2.78 ; 10.24 ]	2.17	[ 1.66 ; 2.89 ]
	M	7.96	[ 5.39 ; 13.14 ]	4.72	[ 3.2 ; 6.39 ]	4.8	[ 2.91 ; 7.38 ]	2.18	[ 1.77 ; 2.73 ]
	BMS	8.7	[ 5.82 ; 13 ]	4.24	[ 2.82 ; 6.34 ]	5.27	[ 4.07 ; 7.15 ]	2.18	[ 1.88 ; 2.58 ]
	H	10.43	[ 6.77 ; 13.6 ]	3.89	[ 2.4 ; 5.88 ]	5.17	[ 4.16 ; 6.59 ]	2.23	[ 2.02 ; 2.55 ]
D.100 + P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	8.45	[ 3.62 ; 15.08 ]	4.4	[ 1.54 ; 10.44 ]	/	/	/	/
	M	9.57	[ 5.46 ; 14.6 ]	5.22	[ 2.02 ; 10.41 ]	/	/	/	/
	BMS	9.9	[ 6.79 ; 14.12 ]	5.59	[ 3.21 ; 9.09 ]	/	/	/	/
	H	10.01	[ 7.86 ; 12.12 ]	6.12	[ 4.25 ; 8.71 ]	/	/	/	/
D.100 + P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	10.28	[ 5.96 ; 16.71 ]	5.8	[ 2.42 ; 9.78 ]	/	/	/	/
	M	11	[ 7.46 ; 15.38 ]	6.65	[ 4.07 ; 9.88 ]	/	/	/	/
	BMS	11.29	[ 8.63 ; 14.29 ]	6.8	[ 5.28 ; 8.72 ]	/	/	/	/
	H	11.43	[ 9.6 ; 13.25 ]	7.11	[ 6.01 ; 8.12 ]	/	/	/	/
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	BMT	11.42	[ 7.35 ; 14.86 ]	6.46	[ 4.74 ; 7.91 ]	/	/	/	/
	M	11.06	[ 7.38 ; 14.3 ]	6.62	[ 5.09 ; 7.8 ]	/	/	/	/
	BMS	12.83	[ 10.64 ; 14.6 ]	7.16	[ 6.42 ; 8.08 ]	/	/	/	/
	H	12.55	[ 10.64 ; 14.26 ]	6.92	[ 6.16 ; 7.71 ]	/	/	/	/
PM.85 + D.100 + P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	11.44	[ 7.47 ; 14.81 ]	6.48	[ 4.64 ; 8.08 ]	/	/	/	/
	M	11.15	[ 7.38 ; 14.42 ]	6.58	[ 5.06 ; 7.8 ]	/	/	/	/
	BMS	12.73	[ 10.51 ; 14.36 ]	7.18	[ 6.42 ; 8.08 ]	/	/	/	/
	H	12.55	[ 10.62 ; 14.25 ]	6.91	[ 6.29 ; 7.72 ]	/	/	/	/
PM.85 + D.100 + P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	9.19	[ 4.46 ; 17.13 ]	2.88	[ 0.71 ; 6.47 ]	/	/	/	/
	M	9.23	[ 5.31 ; 15.81 ]	5.31	[ 3.49 ; 7.08 ]	/	/	/	/
	BMS	10.65	[ 6.58 ; 15.15 ]	5.18	[ 3.29 ; 6.9 ]	/	/	/	/
	H	11.78	[ 7.36 ; 15.06 ]	4.62	[ 2.94 ; 6.38 ]	/	/	/	/

Tableau 11 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P90 estimées pour le paramètre "fluorescence" (FFU) après application des filtres « périodes de prélèvement » pour chaque fréquence de prélèvement (bimestrielle, mensuelle, bimensuelle, hebdomadaire).

## 7.2. Oxygène dissous

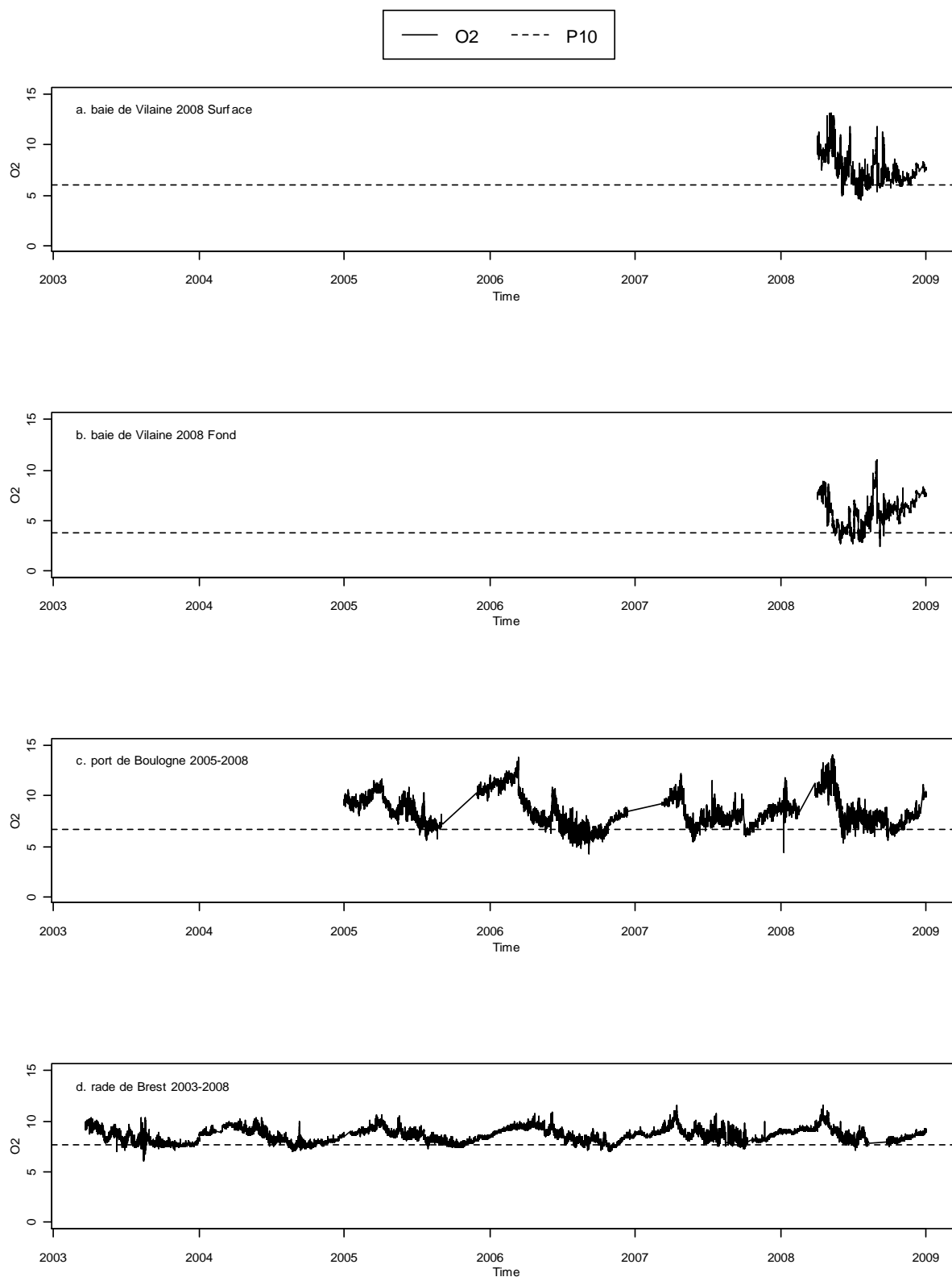


Figure 7 : Evolution de la concentration en oxygène dissous (mg/l) sur les différents sites d'étude. Les P10 sont calculés sur l'ensemble des données de chaque site.

### 7.2.1. Evolution saisonnière

Les données d'oxygène dissous comparables à la stratégie actuelle de prélèvement DCE sont celles mesurées au fond de la colonne d'eau par la bouée de Vilaine. Les mesures obtenues en surface surestiment les P10 qui auraient été mesurés au fond.

Une nette stratification des concentrations en oxygène dissous est observée en baie de Vilaine entre mai et août 2008 avec des teneurs en surface comprises entre 5 et 10 mg/l, alors qu'au fond les valeurs peuvent descendre à 3 mg/l reflétant un début d'hypoxie pouvant constituer une gêne pour la faune.

La stratification estivale des données est également observée en surface à Boulogne mais avec une gamme de valeurs (6 – 12 mg/L) supérieure à celles de la Vilaine.

Les variations saisonnières des concentrations en oxygène dissous sont beaucoup plus faibles en rade de Brest (7 - 10 mg//L)

### 7.2.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »

L'application des 4 filtres « Fréquence de prélèvement » aux données d'oxygène dissous des trois sites n'a pratiquement aucune incidence sur le percentile 10 (P10 calculé = P10 réel). Les intervalles de confiance sont par contre meilleurs lorsque la fréquence de prélèvement augmente.

### 7.2.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
Sans filtre (N)	5797	5838	76676	120779
<i>PleineMer</i> (PM.85)	361	360	4362	7078
<i>Horaire</i> (H.7.19)	3198	3230	41193	65345
<i>Periode</i> : avril/octobre (P.4.10)	4712	4752	49619	76638
<i>Periode</i> : avril/août (P.4.8)	3308	3348	38187	55381
<i>Weekend</i> (WE)	5606	5641	74177	116828
<i>Debit</i> (D.100)	5139	5146	XXX	XXX
H.7.19 + WE	3095	3122	39852	63205
H.7.19 + P.4.10 + WE	2514	2539	25833	40335
H.7.19 + P.4.8 + WE	1762	1787	19873	29095
PM.85 + H.7.19 + WE	204	208	2145	3690
D.100 + H.7.19 + WE	2742	2750	XXX	XXX
PM.85 + H.7.19 + P.4.10 + WE	200	205	1391	2366
PM.85 + H.7.19 + P.4.8 + WE	161	165	1087	1614
D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	1420	1428	XXX	XXX
D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	2174	2180	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	171	170	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.10 + WE	167	167	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + P.4.8 + WE	127	129	XXX	XXX

Tableau 12 : Taille des échantillons pour le paramètre "oxygène dissous".

Le filtre coefficient de marée « PM85 » surestime légèrement les P10 obtenus en surface (sauf à Brest) mais plus fortement ceux obtenus au fond. La fréquence de prélèvement n'influe pas sur ce filtre.

Le filtre « Horaire » (diurne) surestime très légèrement les P10 obtenus en surface mais n'a pas d'influence sur les P10 observés au fond.

Les filtres « Période : avril-octobre » (4-10) et « Période : avril-août (4-8) » sous-estiment les P10 mesurés en Vilaine notamment celui de la période avril-août. A Boulogne, si le filtre « avril-octobre » sous-estime légèrement le P10, le filtre « avril-août » ne produit aucun effet.

Le filtre « week end » n'a aucune incidence sur le P10.

Le filtre « débit » surestime le P10 mesuré au fond en Vilaine alors qu'il n'a pas d'influence sur celui mesuré en surface.

La combinaison de filtres permettant d'obtenir un P10 très proche du P10 réel en Vilaine et en rade de Brest est [« période avril-octobre » + « horaire » + « week end »], la fréquence de prélèvement n'ayant aucune influence. A Boulogne, c'est la combinaison [« période avril-août » + « horaire » + « week end »] qui propose un P10 comparable au P10 réel.

L'ajout du filtre coefficient de marée (« PM 85 ») a pour effet de surestimer la majorité des P10 calculés.

Le bilan de ce test est que la fréquence de prélèvement n'a pratiquement aucune influence sur la valeur du P10 quelque soit la période de prélèvement prise en compte. La période de mesure actuellement opérationnelle pour la DCE « juin-septembre » n'a pas pu être testée. Au vu des résultats obtenus avec la période « avril-août », elle pourrait induire une sous-estimation du P10 en Vilaine alors qu'elle surestimerait légèrement le P10 de Boulogne. Il serait également préférable de ne pas effectuer les prélèvements uniquement lors des coefficients de marée supérieurs à 85 pour éviter de surévaluer le P10.

P10 réel		Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
		6.03	3.78	6.64	7.7
Sans filtre (N)	BMT	6.05 [ 5.59 ; 6.44 ]	3.79 [ 3.18 ; 4.48 ]	6.56 [ 6.1 ; 7.09 ]	7.71 [ 7.54 ; 7.92 ]
	M	6.04 [ 5.77 ; 6.32 ]	3.75 [ 3.31 ; 4.17 ]	6.59 [ 6.23 ; 6.97 ]	7.71 [ 7.59 ; 7.87 ]
	BMS	6.03 [ 5.88 ; 6.22 ]	3.79 [ 3.46 ; 4.06 ]	6.6 [ 6.33 ; 6.89 ]	7.72 [ 7.63 ; 7.83 ]
	H	6.02 [ 5.92 ; 6.12 ]	3.84 [ 3.63 ; 3.99 ]	6.61 [ 6.43 ; 6.8 ]	7.72 [ 7.66 ; 7.8 ]
PleineMer (PM.85)	BMT	6.14 [ 5.84 ; 6.52 ]	4.22 [ 3.8 ; 5.11 ]	6.76 [ 6.22 ; 7.28 ]	7.72 [ 7.56 ; 7.91 ]
	M	6.08 [ 5.84 ; 6.38 ]	4 [ 3.72 ; 4.38 ]	6.79 [ 6.41 ; 7.12 ]	7.73 [ 7.6 ; 7.89 ]
	BMS	6.07 [ 5.88 ; 6.35 ]	4.14 [ 3.82 ; 4.62 ]	6.81 [ 6.55 ; 7.03 ]	7.73 [ 7.64 ; 7.84 ]
	H	6.12 [ 5.94 ; 6.34 ]	4.68 [ 4.07 ; 5.06 ]	6.79 [ 6.62 ; 6.94 ]	7.73 [ 7.67 ; 7.8 ]
Horaire (H.7.19)	BMT	6.12 [ 5.71 ; 6.49 ]	3.79 [ 3.21 ; 4.53 ]	6.6 [ 6.11 ; 7.1 ]	7.75 [ 7.56 ; 8 ]
	M	6.11 [ 5.89 ; 6.3 ]	3.75 [ 3.31 ; 4.14 ]	6.63 [ 6.27 ; 7 ]	7.75 [ 7.63 ; 7.91 ]
	BMS	6.1 [ 5.95 ; 6.3 ]	3.81 [ 3.48 ; 4.06 ]	6.63 [ 6.37 ; 6.9 ]	7.76 [ 7.67 ; 7.87 ]
	H	6.09 [ 5.98 ; 6.24 ]	3.85 [ 3.65 ; 3.99 ]	6.65 [ 6.46 ; 6.84 ]	7.76 [ 7.7 ; 7.84 ]
Periode : avril/octobre (P.4.10)	BMT	5.94 [ 5.42 ; 6.39 ]	3.62 [ 3.1 ; 4.26 ]	6.33 [ 5.86 ; 6.89 ]	7.66 [ 7.45 ; 7.91 ]
	M	5.94 [ 5.58 ; 6.25 ]	3.61 [ 3.19 ; 4.05 ]	6.3 [ 5.95 ; 6.71 ]	7.66 [ 7.51 ; 7.81 ]
	BMS	5.95 [ 5.74 ; 6.13 ]	3.63 [ 3.34 ; 3.93 ]	6.32 [ 6.08 ; 6.57 ]	7.66 [ 7.55 ; 7.78 ]
	H	5.96 [ 5.84 ; 6.06 ]	3.7 [ 3.49 ; 3.89 ]	6.32 [ 6.16 ; 6.51 ]	7.68 [ 7.61 ; 7.76 ]
Periode : avril/août P.4.8	BMT	5.85 [ 5.2 ; 6.46 ]	3.49 [ 2.96 ; 4.14 ]	6.59 [ 5.81 ; 7.31 ]	7.91 [ 7.52 ; 8.22 ]
	M	5.84 [ 5.31 ; 6.3 ]	3.43 [ 3.02 ; 3.9 ]	6.57 [ 5.9 ; 7.16 ]	7.89 [ 7.59 ; 8.12 ]
	BMS	5.87 [ 5.57 ; 6.14 ]	3.46 [ 3.19 ; 3.8 ]	6.63 [ 6.16 ; 7.04 ]	7.92 [ 7.73 ; 8.1 ]
	H	5.87 [ 5.67 ; 6.03 ]	3.51 [ 3.32 ; 3.73 ]	6.67 [ 6.33 ; 6.98 ]	7.94 [ 7.82 ; 8.06 ]
Weekend WE	BMT	6.05 [ 5.61 ; 6.42 ]	3.79 [ 3.18 ; 4.51 ]	6.57 [ 6.08 ; 7.08 ]	7.72 [ 7.55 ; 7.95 ]
	M	6.04 [ 5.76 ; 6.33 ]	3.74 [ 3.3 ; 4.14 ]	6.59 [ 6.23 ; 6.99 ]	7.71 [ 7.59 ; 7.87 ]
	BMS	6.03 [ 5.87 ; 6.23 ]	3.8 [ 3.47 ; 4.07 ]	6.6 [ 6.35 ; 6.86 ]	7.72 [ 7.63 ; 7.83 ]
	H	6.03 [ 5.92 ; 6.13 ]	3.83 [ 3.64 ; 3.96 ]	6.61 [ 6.43 ; 6.81 ]	7.72 [ 7.66 ; 7.8 ]
Débit D.100	BMT	6.07 [ 5.67 ; 6.45 ]	3.88 [ 3.24 ; 4.5 ]	/	/
	M	6.07 [ 5.81 ; 6.34 ]	3.86 [ 3.47 ; 4.22 ]	/	/
	BMS	6.06 [ 5.9 ; 6.27 ]	3.93 [ 3.73 ; 4.12 ]	/	/
	H	6.04 [ 5.94 ; 6.14 ]	3.95 [ 3.83 ; 4.11 ]	/	/
H.7.19 + WE	BMT	6.12 [ 5.7 ; 6.5 ]	3.8 [ 3.21 ; 4.54 ]	6.62 [ 6.12 ; 7.15 ]	7.75 [ 7.57 ; 7.97 ]
	M	6.11 [ 5.86 ; 6.42 ]	3.76 [ 3.31 ; 4.16 ]	6.64 [ 6.28 ; 6.99 ]	7.75 [ 7.62 ; 7.92 ]
	BMS	6.1 [ 5.94 ; 6.32 ]	3.81 [ 3.47 ; 4.07 ]	6.64 [ 6.4 ; 6.91 ]	7.76 [ 7.67 ; 7.87 ]
	H	6.09 [ 5.98 ; 6.23 ]	3.86 [ 3.68 ; 4 ]	6.65 [ 6.44 ; 6.84 ]	7.77 [ 7.69 ; 7.85 ]
P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	6.02 [ 5.56 ; 6.45 ]	3.65 [ 3.1 ; 4.26 ]	6.38 [ 5.92 ; 6.88 ]	7.72 [ 7.47 ; 7.97 ]
	M	6.02 [ 5.74 ; 6.32 ]	3.6 [ 3.18 ; 4.04 ]	6.34 [ 6 ; 6.74 ]	7.7 [ 7.54 ; 7.87 ]
	BMS	6.01 [ 5.85 ; 6.22 ]	3.64 [ 3.32 ; 3.93 ]	6.35 [ 6.12 ; 6.61 ]	7.71 [ 7.61 ; 7.82 ]
	H	6.02 [ 5.91 ; 6.14 ]	3.73 [ 3.47 ; 3.89 ]	6.36 [ 6.2 ; 6.54 ]	7.72 [ 7.65 ; 7.81 ]
P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	5.97 [ 5.29 ; 6.6 ]	3.48 [ 2.96 ; 4.1 ]	6.63 [ 5.82 ; 7.39 ]	7.97 [ 7.57 ; 8.32 ]
	M	5.95 [ 5.47 ; 6.44 ]	3.44 [ 3.05 ; 3.93 ]	6.62 [ 5.95 ; 7.22 ]	7.96 [ 7.63 ; 8.21 ]
	BMS	5.96 [ 5.69 ; 6.25 ]	3.45 [ 3.19 ; 3.84 ]	6.68 [ 6.16 ; 7.1 ]	7.99 [ 7.77 ; 8.17 ]
	H	5.96 [ 5.79 ; 6.13 ]	3.52 [ 3.31 ; 3.78 ]	6.73 [ 6.38 ; 7.04 ]	8.01 [ 7.85 ; 8.14 ]
PM.85 + H.7.19 + WE	BMT	6.36 [ 5.9 ; 6.67 ]	4.16 [ 3.8 ; 5.11 ]	6.85 [ 6.26 ; 7.35 ]	7.8 [ 7.65 ; 7.99 ]
	M	6.31 [ 5.99 ; 6.59 ]	3.96 [ 3.75 ; 4.36 ]	6.9 [ 6.49 ; 7.15 ]	7.8 [ 7.68 ; 7.92 ]
	BMS	6.27 [ 5.98 ; 6.46 ]	4.13 [ 3.82 ; 4.39 ]	6.9 [ 6.68 ; 7.08 ]	7.8 [ 7.72 ; 7.89 ]
	H	6.28 [ 6.04 ; 6.42 ]	4.52 [ 4.01 ; 5.12 ]	6.83 [ 6.64 ; 6.93 ]	7.81 [ 7.75 ; 7.86 ]
D.100 + H.7.19 + WE	BMT	6.14 [ 5.81 ; 6.49 ]	3.88 [ 3.22 ; 4.53 ]	/	/
	M	6.13 [ 5.89 ; 6.42 ]	3.88 [ 3.45 ; 4.18 ]	/	/
	BMS	6.12 [ 5.95 ; 6.33 ]	3.94 [ 3.81 ; 4.12 ]	/	/
	H	6.11 [ 6 ; 6.23 ]	3.95 [ 3.84 ; 4.1 ]	/	/
PM.85 + P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	6.26 [ 5.86 ; 6.57 ]	4.06 [ 3.78 ; 4.7 ]	6.56 [ 5.9 ; 7.13 ]	7.76 [ 7.58 ; 7.97 ]
	M	6.24 [ 5.91 ; 6.53 ]	3.9 [ 3.62 ; 4.35 ]	6.54 [ 6.01 ; 6.96 ]	7.75 [ 7.64 ; 7.91 ]
	BMS	6.22 [ 5.94 ; 6.44 ]	4.06 [ 3.82 ; 4.38 ]	6.53 [ 6.35 ; 6.79 ]	7.75 [ 7.67 ; 7.86 ]
	H	6.25 [ 6 ; 6.39 ]	4.42 [ 3.9 ; 5.07 ]	6.51 [ 6.41 ; 6.65 ]	7.76 [ 7.71 ; 7.83 ]
PM.85 + P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	6.27 [ 5.86 ; 6.57 ]	3.93 [ 3.5 ; 4.36 ]	6.94 [ 5.7 ; 7.47 ]	8.03 [ 7.68 ; 8.31 ]
	M	6.24 [ 5.97 ; 6.53 ]	3.85 [ 3.45 ; 4.3 ]	7 [ 6.58 ; 7.34 ]	8.01 [ 7.74 ; 8.28 ]
	BMS	6.2 [ 5.98 ; 6.41 ]	3.95 [ 3.75 ; 4.36 ]	7.02 [ 6.84 ; 7.2 ]	8.02 [ 7.82 ; 8.22 ]
	H	6.31 [ 6.11 ; 6.41 ]	4.18 [ 3.86 ; 4.47 ]	7.05 [ 6.92 ; 7.17 ]	8.06 [ 7.92 ; 8.19 ]
D.100 + P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	6.02 [ 5.43 ; 6.71 ]	3.6 [ 3.05 ; 4.14 ]	/	/
	M	6 [ 5.57 ; 6.48 ]	3.57 [ 3.13 ; 3.97 ]	/	/
	BMS	5.99 [ 5.73 ; 6.29 ]	3.67 [ 3.31 ; 3.91 ]	/	/
	H	5.98 [ 5.8 ; 6.17 ]	3.66 [ 3.42 ; 3.86 ]	/	/
D.100 + P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	6.06 [ 5.63 ; 6.49 ]	3.75 [ 3.19 ; 4.36 ]	/	/
	M	6.04 [ 5.77 ; 6.36 ]	3.75 [ 3.27 ; 4.09 ]	/	/
	BMS	6.04 [ 5.86 ; 6.23 ]	3.84 [ 3.54 ; 4.01 ]	/	/
	H	6.03 [ 5.91 ; 6.14 ]	3.85 [ 3.66 ; 3.97 ]	/	/
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	BMT	6.43 [ 5.88 ; 7.19 ]	5.56 [ 4.03 ; 6.09 ]	/	/
	M	6.23 [ 5.84 ; 6.63 ]	4.78 [ 3.67 ; 5.88 ]	/	/
	BMS	6.16 [ 5.85 ; 6.44 ]	4.85 [ 3.86 ; 5.59 ]	/	/
	H	6.22 [ 5.95 ; 6.37 ]	5.27 [ 4.96 ; 5.79 ]	/	/
PM.85 + D.100 + P.4.10 + H.7.19 + WE	BMT	6.3 [ 5.84 ; 6.82 ]	5.31 [ 4.05 ; 6 ]	/	/
	M	6.15 [ 5.83 ; 6.53 ]	4.48 [ 3.45 ; 5.8 ]	/	/
	BMS	6.1 [ 5.84 ; 6.4 ]	4.69 [ 3.76 ; 5.39 ]	/	/
	H	6.18 [ 5.88 ; 6.35 ]	5.21 [ 4.73 ; 5.73 ]	/	/
PM.85 + D.100 + P.4.8 + H.7.19 + WE	BMT	6.35 [ 5.8 ; 7.18 ]	4.98 [ 3.73 ; 5.96 ]	/	/
	M	6.12 [ 5.74 ; 6.52 ]	4.21 [ 3.41 ; 5.62 ]	/	/
	BMS	6.07 [ 5.73 ; 6.38 ]	4.24 [ 3.45 ; 5.22 ]	/	/
	H	6.24 [ 5.97 ; 6.36 ]	4.91 [ 3.88 ; 5.39 ]	/	/

Tableau 13 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P10 estimées pour le paramètre "oxygène dissous" (mg/l) après application des filtres « périodes de prélèvement » pour chaque fréquence de prélèvement (bimestrielle, mensuelle, bimensuelle, hebdomadaire).

### 7.3. Turbidité

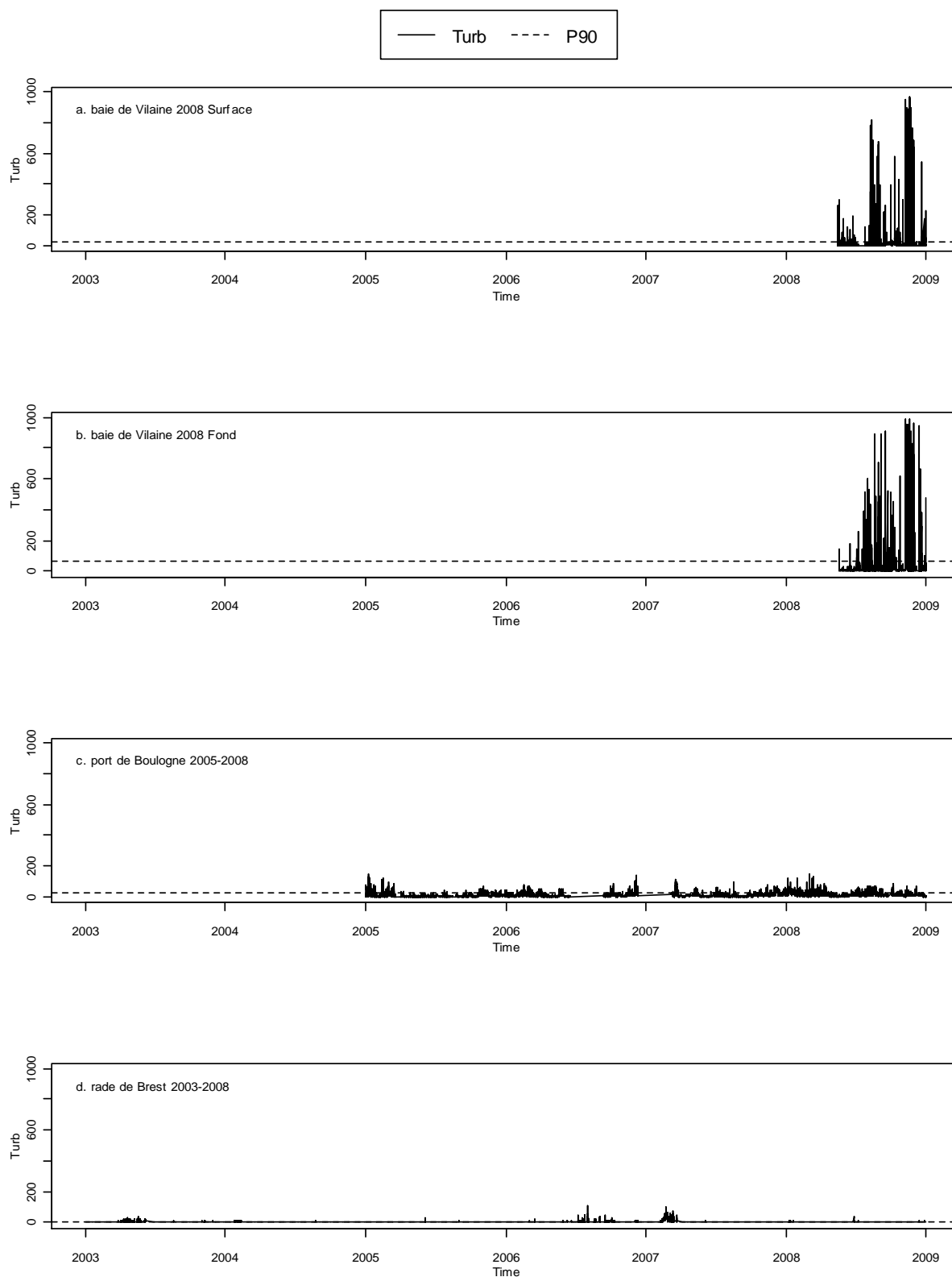


Figure 8 : Evolution de la turbidité (NTU) sur les différents sites d'étude. Les P90 sont calculés sur l'ensemble des données de chaque site.



### 7.3.1. Evolution saisonnière

Les valeurs de turbidité mesurées en Vilaine par la bouée MOLIT sont très élevées par rapport aux données mesurées habituellement par le REPHY sur cette zone. Un retour sur capteurs étant nécessaire pour valider quantitativement les valeurs, seules les variations qualitatives ont été évaluées sur ce site.

Sur l'ensemble des sites, l'évolution de la turbidité révèle des remises en suspension du sédiment par les houles suite au passage de coups de vent. Cette remise en suspension est plus importante au fond qu'en surface en Vilaine. Elle est plus fréquemment observée à Boulogne qu'en rade de Brest.

### 7.3.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »

Plus on augmente la fréquence de prélèvement en Vilaine, plus on se rapproche du P90 réel. C'est l'inverse à Boulogne : le P90 réel est atteint avec une fréquence de prélèvement bimestrielle alors que les fréquences de prélèvement plus élevées surestiment le P90. A Brest, la fréquence de prélèvement n'a pas d'influence sur le P90 calculé.

### 7.3.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
Sans filtre (N)	5224	5541	76351	98302
PleineMer (PM.85)	392	391	4546	5591
Horaire (H.7.19)	3334	3278	40928	52494
Weekend (WE)	5827	5717	73838	95053
Debit (D.100)	5343	5229	XXX	XXX
H.7.19 + WE	3225	3164	39578	50775
PM.85 + H.7.19 + WE	221	223	2202	2864
D.100 + H.7.19 + WE	2852	2794	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	187	189	XXX	XXX

Tableau 14 : Taille des échantillons pour le paramètre "turbidité".

Le filtre coefficient de marée « PM85 » surestime les P90 à Boulogne et à Brest

Les filtres « Horaire » (diurne) et « week end » n'ont aucune incidence sur le P90.

La combinaison de filtres permettant d'obtenir un P10 le plus proche du P10 réel sur l'ensemble des sites est [« horaire » + « week end »] avec une fréquence de mesure bimestrielle.

P90 réel		Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
		92.54	104.36	25.8	4.6
Sans filtre (N)	BMT	96.94 [ 89.82 ; 109.85 ]	111.21 [ 97.27 ; 153.11 ]	25.55 [ 15.04 ; 40.51 ]	4.49 [ 3.44 ; 6.5 ]
	M	92.9 [ 84.31 ; 100.54 ]	106.42 [ 94.13 ; 136.12 ]	26.93 [ 18.26 ; 39.68 ]	4.52 [ 3.7 ; 5.8 ]
	BMS	94.16 [ 88.79 ; 99.58 ]	105.34 [ 97.45 ; 119.09 ]	27.33 [ 20.66 ; 35.82 ]	4.52 [ 3.9 ; 5.3 ]
	H	94.62 [ 91.6 ; 97.82 ]	105.89 [ 100.26 ; 114.36 ]	28.01 [ 22.98 ; 33.58 ]	4.5 [ 4.1 ; 5.1 ]
PleineMer (PM.85)	BMT	96.57 [ 90.85 ; 103.56 ]	107.66 [ 98.79 ; 114.36 ]	31.98 [ 20.86 ; 47.02 ]	5.21 [ 4 ; 7.08 ]
	M	93.88 [ 88.37 ; 100.67 ]	104.27 [ 96.98 ; 112.32 ]	33.32 [ 24.28 ; 42.98 ]	5.2 [ 4.2 ; 6.64 ]
	BMS	95.93 [ 92.35 ; 98.9 ]	107.1 [ 101.22 ; 112.75 ]	35.02 [ 27.3 ; 41.94 ]	5.08 [ 4.26 ; 6.08 ]
	H	96.3 [ 94.05 ; 100.47 ]	108.12 [ 103.01 ; 112.74 ]	31.16 [ 26.1 ; 37.72 ]	5.34 [ 4.7 ; 6 ]
Horaire (H.7.19)	BMT	96.69 [ 89.74 ; 110.68 ]	112.48 [ 97.27 ; 159.26 ]	26.33 [ 15.26 ; 40.94 ]	4.63 [ 3.44 ; 7.14 ]
	M	93.34 [ 84.74 ; 105.23 ]	108.07 [ 94.06 ; 145.74 ]	26.87 [ 18.14 ; 38.54 ]	4.59 [ 3.76 ; 6.16 ]
	BMS	93.89 [ 88.15 ; 98.99 ]	107.11 [ 98.2 ; 125.64 ]	27.86 [ 20.44 ; 35.82 ]	4.59 [ 4 ; 5.52 ]
	H	94.84 [ 91.5 ; 98.03 ]	107.15 [ 101.05 ; 117.24 ]	28.6 [ 23.1 ; 34.72 ]	4.58 [ 4.1 ; 5.2 ]
Weekend (WE)	BMT	97.65 [ 89.86 ; 108.29 ]	111.51 [ 97.05 ; 163.71 ]	25.67 [ 14.98 ; 40.38 ]	4.52 [ 3.4 ; 6.67 ]
	M	92.99 [ 85.07 ; 101.59 ]	106.49 [ 93.7 ; 138.92 ]	26.48 [ 17.86 ; 39.26 ]	4.47 [ 3.6 ; 5.92 ]
	BMS	93.95 [ 88.89 ; 99.11 ]	105.31 [ 96.91 ; 120 ]	27.15 [ 20.08 ; 35.48 ]	4.49 [ 3.9 ; 5.44 ]
	H	94.68 [ 91.4 ; 98.11 ]	105.77 [ 99.91 ; 114.79 ]	27.73 [ 22.34 ; 33.76 ]	4.49 [ 4.04 ; 5.06 ]
Debit (D.100)	BMT	97.49 [ 89.74 ; 112.49 ]	108.35 [ 95.48 ; 164.26 ]	/	/
	M	92.94 [ 84.73 ; 100.77 ]	104.35 [ 91.22 ; 146.49 ]	/	/
	BMS	93.57 [ 88.25 ; 98.14 ]	103.21 [ 95.61 ; 115.76 ]	/	/
	H	94.13 [ 90.54 ; 97.12 ]	103.88 [ 98.76 ; 112.82 ]	/	/
H.7.19 + WE	BMT	98.58 [ 89.62 ; 115.34 ]	113.35 [ 97.92 ; 172.64 ]	25.89 [ 14.92 ; 40.9 ]	4.63 [ 3.54 ; 7.28 ]
	M	92.97 [ 84.6 ; 102.64 ]	108.01 [ 94.79 ; 144.7 ]	27.27 [ 18.34 ; 40.06 ]	4.63 [ 3.76 ; 6.18 ]
	BMS	93.75 [ 88.37 ; 98.9 ]	106.46 [ 97.67 ; 120.25 ]	27.81 [ 20.38 ; 35.82 ]	4.63 [ 4 ; 5.64 ]
	H	94.74 [ 91.14 ; 97.93 ]	107.2 [ 100.91 ; 117.66 ]	28.54 [ 23.42 ; 34.44 ]	4.61 [ 4.1 ; 5.3 ]
PM.85 + H.7.19 + WE	BMT	97.01 [ 90.27 ; 103.56 ]	109.48 [ 98.06 ; 154.08 ]	34.22 [ 21.27 ; 46.36 ]	5.4 [ 4 ; 7.88 ]
	M	94.44 [ 88.21 ; 100.76 ]	106.56 [ 97.52 ; 113.58 ]	35.6 [ 26.02 ; 44.66 ]	5.35 [ 4.28 ; 6.76 ]
	BMS	96.26 [ 94.75 ; 100.39 ]	108.63 [ 102.32 ; 114.74 ]	37.43 [ 30.28 ; 42.36 ]	5.41 [ 4.5 ; 6.44 ]
	H	97.41 [ 94.9 ; 102.26 ]	107.7 [ 103.82 ; 111.36 ]	33.64 [ 27.88 ; 39 ]	5.55 [ 5 ; 6.1 ]
D.100 + H.7.19 + WE	BMT	98.07 [ 89.91 ; 113.86 ]	109.17 [ 95.56 ; 169.86 ]	/	/
	M	93.71 [ 85.12 ; 106.45 ]	105.03 [ 91.9 ; 143.76 ]	/	/
	BMS	93.69 [ 88.3 ; 98.25 ]	104.7 [ 96.64 ; 121.08 ]	/	/
	H	94.31 [ 90.54 ; 97.82 ]	105 [ 99.68 ; 115.09 ]	/	/
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	BMT	95.38 [ 88.37 ; 103.56 ]	103.78 [ 97.32 ; 112.7 ]	/	/
	M	93.78 [ 87.89 ; 102.95 ]	102.38 [ 96.43 ; 110.92 ]	/	/
	BMS	88.83 [ 84.95 ; 99.57 ]	100.73 [ 95.2 ; 109.91 ]	/	/
	H	96.21 [ 89.51 ; 103.56 ]	104.96 [ 98.51 ; 109.73 ]	/	/

Tableau 15 : Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P90 estimées pour le paramètre "turbidité" (NTU) après application des filtres « périodes de prélèvement » pour chaque fréquence de prélèvement (bimestrielle, mensuelle, bimensuelle, hebdomadaire).

## 7.4. Salinité

### 7.4.1. Evolution saisonnière

Le débit des fleuves adjacents aux masses d'eau contribue largement à expliquer les variations de salinité. Le débit de la Vilaine est présenté en exemple (Figure 9). Par rapport à un débit moyen annuel de 80 m<sup>3</sup>/s, la Vilaine a connu début mai et fin mai/début juin 2008 deux épisodes de débits soutenus, respectivement voisins 200 m<sup>3</sup>/s et de 250 m<sup>3</sup>/s. Ces apports d'eaux douces entraînent une chute importante des salinités de surface et une nette augmentation de la stratification ; la salinité des eaux de fond est peu affectée. En fin de période, la stratification haline est peu marquée du fait de la faiblesse des apports d'eau douce.

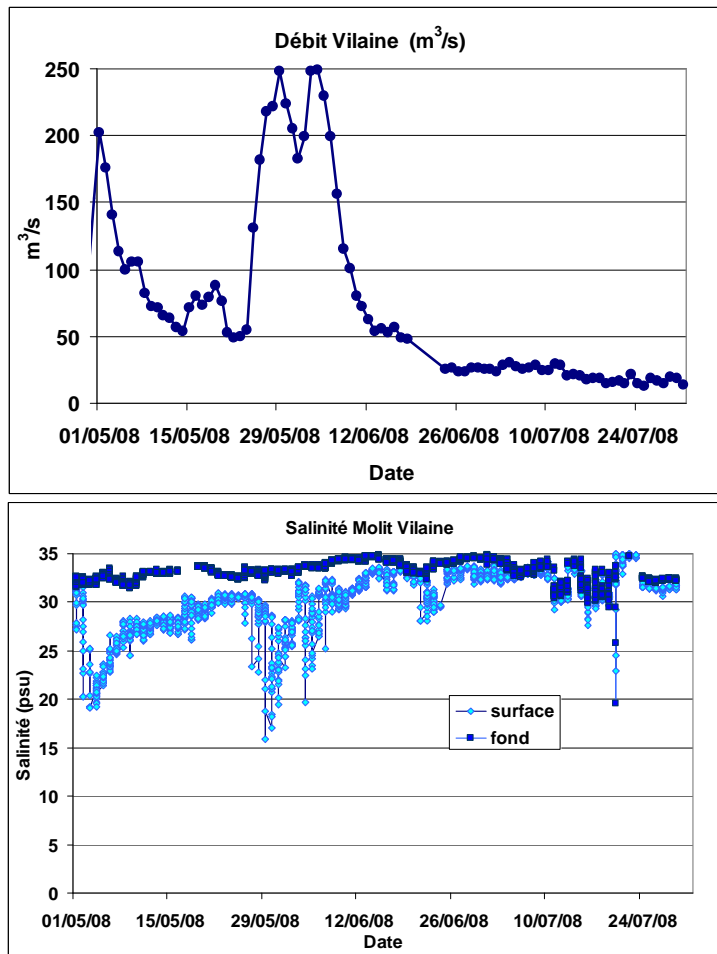


Figure 9 : Zoom sur la période juin-juillet du débit de la Vilaine et de la salinité mesurée en surface et au fond de la bouée MOLIT.

Suivant la localisation de la bouée dans la masse d'eau, la salinité est plus ou moins dépendante de l'influence des apports d'eaux douces. Ainsi, la bouée située à l'entrée de la rade de Brest subit moins l'influence des fleuves que la bouée située dans le port de Boulogne.

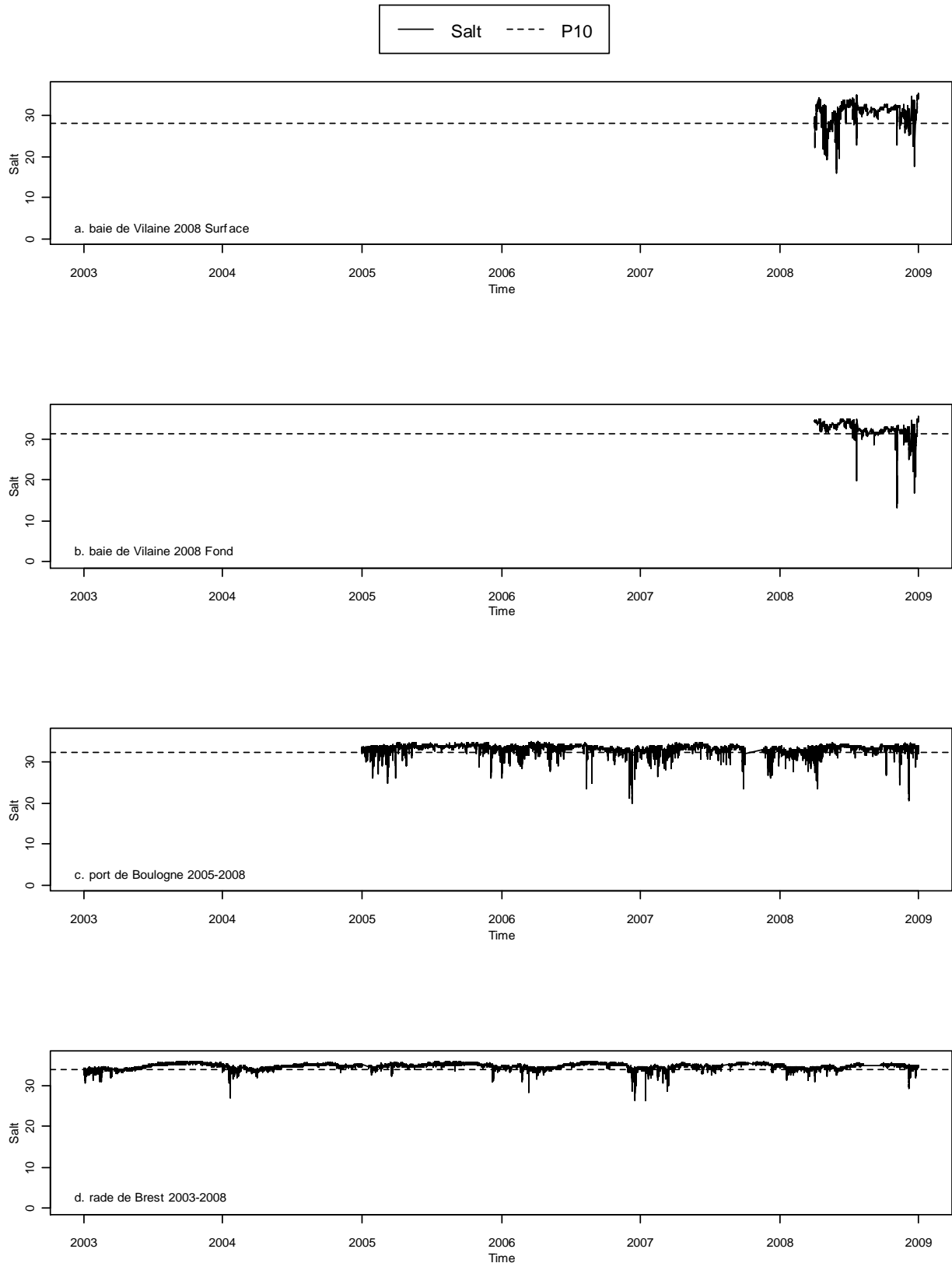


Figure 10 : Evolution de la salinité sur les différents sites d'étude. Les P10 sont calculés sur l'ensemble des données de chaque site.

#### 7.4.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement »

La fréquence de prélèvement n'a pratiquement aucune importance sur les P10 de salinité mesurés à Boulogne et en rade de Brest. En Vilaine, c'est la fréquence de prélèvement hebdomadaire qui permet d'approcher au mieux le P10 réel.

#### 7.4.3. Application des filtres « Période de prélèvement »

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
Sans filtre (N)	6056	5974	88956	125345
PleineMer (PM.85)	394	360	5289	7377
Horaire (H.7.19)	3345	3230	47866	68073
Weekend (WE)	5849	5641	86043	121221
Debit (D.100)	5391	5146	XXX	XXX
H.7.19 + WE	3231	3122	46304	65836
PM.85 + H.7.19 + WE	222	208	2553	3869
D.100 + H.7.19 + WE	2869	2750	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	186	170	XXX	XXX

Tableau 16: Taille des échantillons pour le paramètre "salinité".

		Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
P10 réel		27.01	30.71	32.48	33.8
Sans filtre (N)	BMT	25.23 [0.01 ; 29.52]	28.73 [0.01 ; 31.71]	32.32 [31.37 ; 32.9]	33.63 [32.98 ; 34.02]
	M	26.26 [21.46 ; 29.05]	30.13 [26.88 ; 31.5]	32.42 [31.82 ; 32.84]	33.69 [33.36 ; 33.92]
	BMS	26.81 [24.76 ; 28.31]	30.63 [29.47 ; 31.35]	32.43 [32.11 ; 32.71]	33.7 [33.5 ; 33.9]
	H	26.95 [25.89 ; 27.92]	30.75 [30.03 ; 31.27]	32.45 [32.22 ; 32.66]	33.71 [33.6 ; 33.8]
PleineMer (PM.85)	BMT	25.14 [0.02 ; 29.29]	30.4 [0.02 ; 31.98]	32.5 [31.77 ; 32.95]	33.79 [33.56 ; 34.02]
	M	24.16 [20.49 ; 27.69]	31.41 [31.03 ; 31.93]	32.55 [32.14 ; 32.84]	33.82 [33.62 ; 34]
	BMS	26.47 [21.86 ; 28.03]	31.61 [31.29 ; 31.84]	32.58 [32.35 ; 32.77]	33.82 [33.7 ; 33.94]
	H	24.69 [21.55 ; 27.67]	31.56 [31.38 ; 31.65]	32.64 [32.49 ; 32.77]	33.87 [33.8 ; 33.9]
Horaire (H.7.19)	BMT	25.24 [0.01 ; 29.52]	28.73 [0.01 ; 31.71]	32.33 [31.45 ; 32.89]	33.66 [33.1 ; 34.02]
	M	26.49 [22.61 ; 29.04]	30.13 [27 ; 31.45]	32.43 [31.9 ; 32.82]	33.71 [33.4 ; 34]
	BMS	26.91 [24.97 ; 28.28]	30.53 [29.18 ; 31.34]	32.46 [32.13 ; 32.71]	33.73 [33.5 ; 33.9]
	H	27.02 [25.95 ; 27.96]	30.61 [29.73 ; 31.22]	32.47 [32.25 ; 32.67]	33.74 [33.6 ; 33.9]
Weekend (WE)	BMT	25.1 [0.01 ; 29.55]	28.95 [0.01 ; 31.69]	32.32 [31.33 ; 32.91]	33.65 [33 ; 34.04]
	M	26.31 [21.38 ; 29.01]	30.15 [27.33 ; 31.44]	32.41 [31.83 ; 32.79]	33.69 [33.4 ; 34]
	BMS	26.79 [25.12 ; 28.22]	30.63 [29.36 ; 31.37]	32.43 [32.1 ; 32.73]	33.71 [33.5 ; 33.9]
	H	26.95 [25.87 ; 27.94]	30.77 [30.09 ; 31.28]	32.46 [32.21 ; 32.66]	33.72 [33.6 ; 33.8]
Debit (D.100)	BMT	25.21 [0.01 ; 29.78]	28.54 [0.01 ; 31.7]	/	/
	M	26.86 [22.4 ; 29.17]	30.33 [28.03 ; 31.48]	/	/
	BMS	27.41 [26.08 ; 28.56]	30.69 [29.67 ; 31.36]	/	/
	H	27.2 [26.31 ; 28.09]	30.73 [29.9 ; 31.24]	/	/
H.7.19 + WE	BMT	25.27 [0.01 ; 29.53]	29.11 [0.01 ; 31.7]	32.34 [31.46 ; 32.91]	33.66 [33.06 ; 34.02]
	M	26.63 [22.66 ; 28.94]	30.04 [26.85 ; 31.41]	32.44 [31.91 ; 32.83]	33.72 [33.4 ; 34]
	BMS	26.92 [25.22 ; 28.27]	30.49 [29.21 ; 31.35]	32.47 [32.12 ; 32.73]	33.73 [33.54 ; 33.9]
	H	27.05 [25.98 ; 27.94]	30.64 [29.81 ; 31.24]	32.48 [32.25 ; 32.67]	33.74 [33.6 ; 33.9]
PM.85 + H.7.19 + WE	BMT	26.17 [20.62 ; 29.62]	30.73 [30.64 ; 31.93]	32.52 [31.73 ; 32.95]	33.83 [33.56 ; 34.06]
	M	24.02 [20.82 ; 27.8]	31.43 [30.97 ; 31.82]	32.58 [32.21 ; 32.84]	33.85 [33.7 ; 34]
	BMS	26.46 [21.96 ; 28.49]	31.52 [31.15 ; 31.76]	32.62 [32.43 ; 32.8]	33.87 [33.74 ; 34]
	H	25 [21.64 ; 27.4]	31.5 [31.25 ; 31.73]	32.65 [32.5 ; 32.77]	33.89 [33.8 ; 34]
D.100 + H.7.19 + WE	BMT	25.47 [0.01 ; 29.73]	29.02 [0.01 ; 31.68]	/	/
	M	26.79 [22.64 ; 29.21]	30.09 [27.09 ; 31.44]	/	/
	BMS	27.36 [26.02 ; 28.53]	30.57 [29.34 ; 31.35]	/	/
	H	27.07 [26.15 ; 27.99]	30.6 [29.76 ; 31.22]	/	/
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	BMT	22.35 [20.62 ; 26.73]	30.93 [30.64 ; 31.79]	/	/
	M	23.01 [12.38 ; 27.46]	31.12 [28 ; 31.77]	/	/
	BMS	25.18 [21.24 ; 28]	31.34 [30.84 ; 31.7]	/	/
	H	23.58 [21.03 ; 26.65]	31.42 [31.13 ; 31.7]	/	/

Tableau 17: Moyennes et intervalles de confiance des valeurs de P10 estimées pour le paramètre "salinité" (PSU) après application des filtres « périodes de prélèvement » pour chaque fréquence de prélèvement (bimestrielle, mensuelle, bimensuelle, hebdomadaire).

Aucun filtre « période » n'a de réelle influence sur les P10 mesurés à Boulogne et en rade de Brest. Le filtre coefficient de marée « PM85 » sous-estime les salinités mesurées en surface en Vilaine alors qu'il surestime les données mesurées au fond.

## 7.5. Température

### 7.5.1. Evolution saisonnière

La variation saisonnière des données de température met en évidence sur tous les sites une sinusoïde présentant des valeurs basses en hiver et hautes en été.

Les températures observées en Vilaine en surface et au fond (Figure 13) montrent une rupture de la stratification thermique pendant quelques jours entre mai et juillet. Durant cet épisode de mélange vertical, les salinités de surface et de fond étaient également très proches. En période estivale, la stratification thermique semble donc relativement robuste en Vilaine.

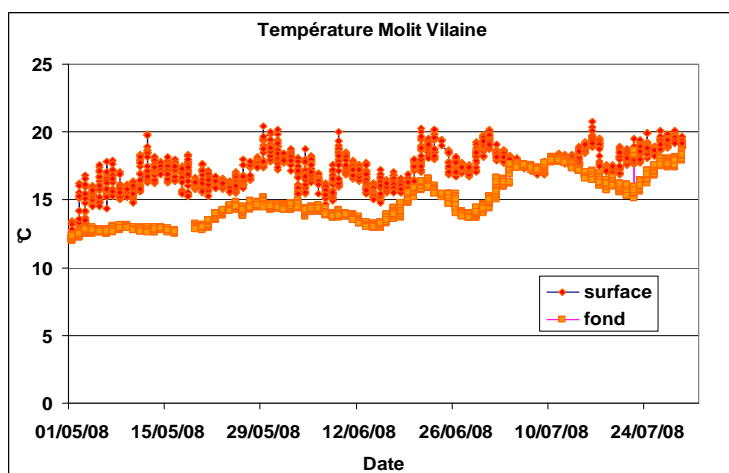


Figure 13 : Variations de la température de surface et de fond en Vilaine au cours des mois de juin et juillet 2008.

### 7.5.2. Application des filtres « Fréquence de prélèvement » et « Période de prélèvement »

Aucune évolution significative des modèles sinusoïdaux n'est observé sur les trois sites quelque soit le filtre « fréquence de prélèvement » ou « période de prélèvement. » appliqué.

Filtre	Vilaine 2008 Surface	Vilaine 2008 Fond	Boulogne 2005-2008	Brest 2003-2008
Sans filtre (N)	6124	6060	92078	127326
PleineMer (PM.85)	394	393	5397	7566
Horaire (H.7.19)	3386	3351	49580	69134
Weekend (WE)	5914	5851	89071	123147
Debit D.100	5435	5368	XXX	XXX
H.7.19 + WE	3275	3238	47969	66881
PM.85 + H.7.19 + WE	222	225	2606	3960
D.100 + H.7.19 + WE	2902	2866	XXX	XXX
PM.85 + D.100 + H.7.19 + WE	186	187	XXX	XXX

Tableau 17 : Taille des échantillons pour le paramètre "température".

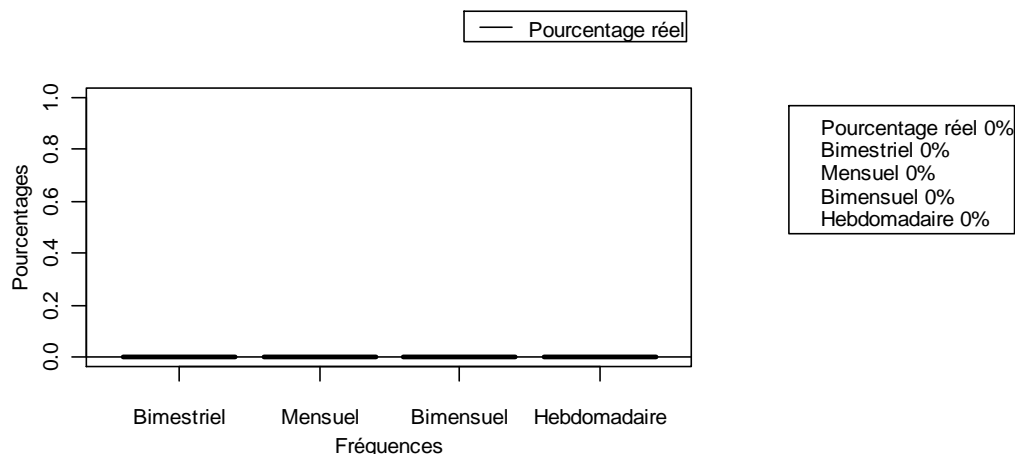


Figure 14 : Boîtes à moustaches des variations du paramètre "température" par rapport au modèle des eaux de surface et de fond de la baie de Vilaine en 2008, du port de Boulogne entre 2005 et 2008 et en rade de Brest entre 2003 et 2008.

## 8. CONCLUSION

Il est important de noter que les résultats issus des données prélevées par la bouée MOLIT en baie de Vilaine (surface et fond) ne sont déterminés qu'à partir de la seule année 2008 : ces résultats doivent donc être traités avec précaution en attendant de disposer de données supplémentaires.

Les fréquences de prélèvements hebdomadaires et bimensuelles permettent de diminuer la variabilité au sein de la distribution en présentant un intervalle de confiance plus faible que les fréquences mensuelles et bimestrielles. Par contre, ces fréquences ne permettent pas forcément d'avoir une valeur de métrique plus proche de la valeur réelle. Ainsi, une fréquence de prélèvement mensuelle de la fluorescence sur l'ensemble de l'année serait plus appropriée à Boulogne alors qu'en baie de Vilaine, il serait souhaitable d'avoir une fréquence de prélèvement bimensuelle au cours de la période productive (avril-octobre). En rade de Brest, une fréquence de prélèvement bimestrielle de la fluorescence au cours de la période productive serait suffisante pour représenter le P90 réel.

La fréquence de prélèvement n'a par contre pratiquement aucune influence sur l'estimation de l'oxygène dissous et de la turbidité. La prise en compte de prélèvements effectués uniquement lors de coefficients de marée supérieurs à 85 entraîne une surestimation de l'oxygène dissous et de la turbidité. La période de prélèvement optimale de l'oxygène dissous varie d'un site à l'autre : elle se situe plutôt d'avril à octobre en Vilaine et à Brest et plutôt d'avril à août à Boulogne.

Cette première étude a permis de créer un outil permettant de tester différentes fréquences et périodes de prélèvement. Cet outil pourrait être utilisé pour d'autres bouées automatisées haute fréquence en particulier celles de la Loire et la Gironde qui sont situées dans des masses d'eaux de transition.

## 9. BIBLIOGRAPHIE

Blain S., Guillou J., Tréguer P., Woerther P., Delauney L., Follenfant E., Gontier O., Hamon M., Leildé B., Masson A., Tartu C., Vuillemin R. (2004). High frequency monitoring of the coastal marine environment using the MAREL buoy. *J. Environ. Monit.* 6 : 569-575.

Blasco D. 1973. Estudio de las variaciones de la relación fluorescencia in vivo/chlorofila a y su aplicación en oceanografía. Influencia de la limitación de diferentes nutrientes, efecto del día y noche y dependencia de la especie estudiada. *Inv. Pesq.* 37 : 533-556.

Chernick, M.R. (2007). *Bootstrap Methods: A Guide for Practitioners and Researchers*, 2nd Edition. Wiley, New York.

Circulaire DCE 2007/20 du 5 mars 2007, relative à la constitution et la mise en œuvre du programme de surveillance (contrôle de surveillance, contrôles opérationnels, contrôles d'enquête et contrôles additionnels) pour les eaux littorales (eaux de transition et eaux côtières) en application de la directive 2000/60/DCE du 23 octobre 2000.

Daniel A., Soudant D. (2009). Evaluation DCE avril 2010. Elément de qualité température, Rapport Ifremer DYNECO/PELAGOS/09.03

Daniel A., Soudant D. (2009). Evaluation DCE avril 2010. Elément de qualité oxygène, Rapport Ifremer DYNECO/PELAGOS/09.04

Daniel A., Soudant D. (2011). Evaluation DCE février 2011. Elément de qualité : transparence. Rapport Ifremer DYNECO/PELAGOS/11.01

Daniel A., Soudant D. (2011). Evaluation DCE février 2011. Elément de qualité : salinité. Rapport Ifremer DYNECO/PELAGOS/11.02

Davidson A., Hinkley D.V. (1997). *Bootstrap methods and their application*. Cambridge University Press.

Directive n°2000/60/CE du 23/10/2000 du Parlement européen et du Conseil, établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.

Estrada M. (1974). Photosynthetic pigments and productivity in the upwelling region of NW Africa. *Tethys* 6 : 247-260.

Guillaud J.-F. (2008). MAREL Vilaine : Résultats obtenus de mai à juillet 2008 sur la bouée MOLIT. RST.DYNECO Pélagos 08-01.

Soudant A., Soudant D., Lefebvre A. (2008). Influence de la période et de la fréquence d'étalonnage sur le percentile 90 de la fluorescence. Rapport Ifremer DYNECO/VIGIES 2008-

Soudant D., Belin C. (2010). Evaluation DCE janvier 2010. Elément de qualité phytoplancton; R.INT.DIR/DYNECO/VIGIES/10-03/DS



## Annexe 1 : Graphes de répartition des P90 estimés pour le paramètre « fluorescence »

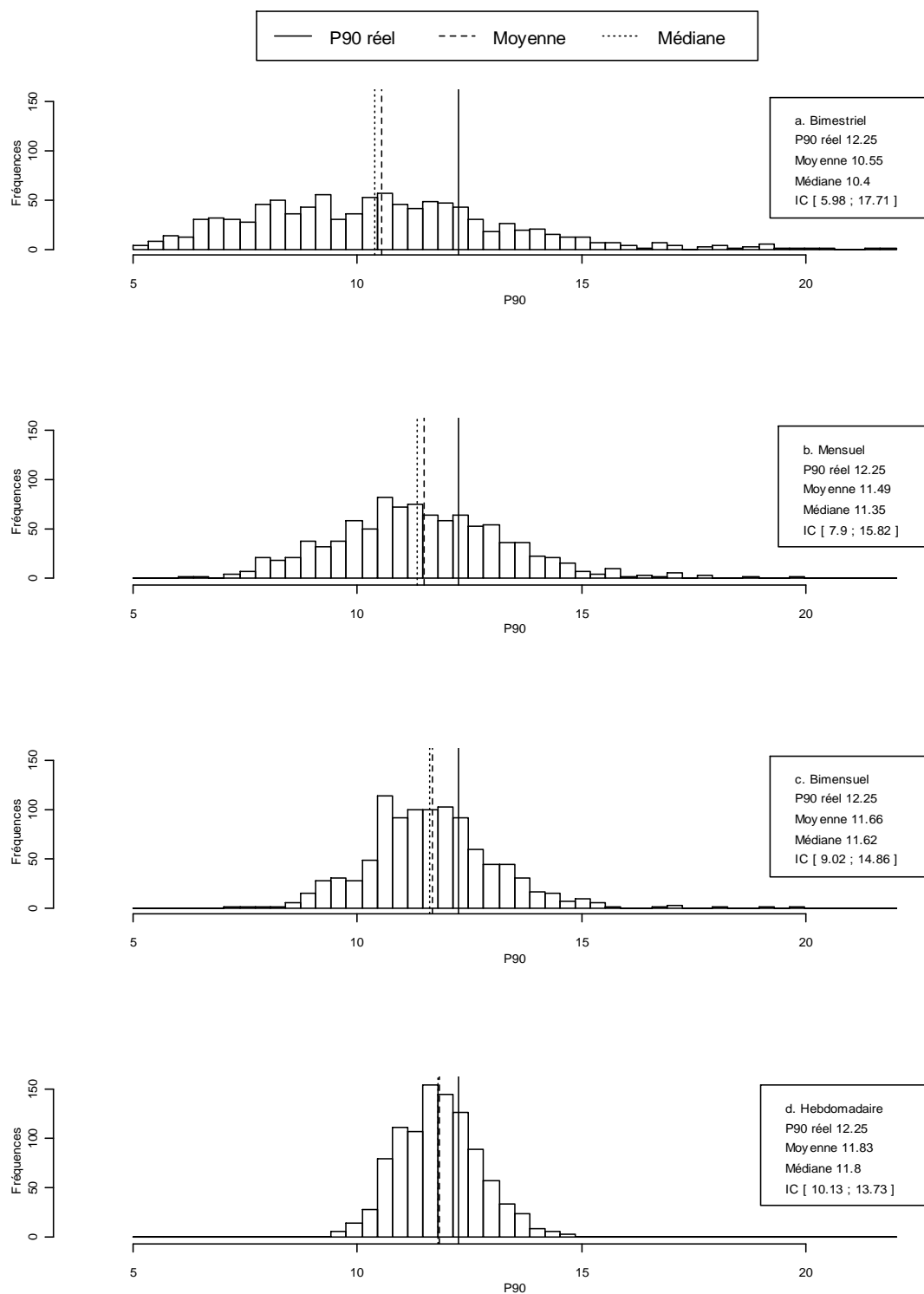


Figure 1 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de fluorescence (FFU) mesurées dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

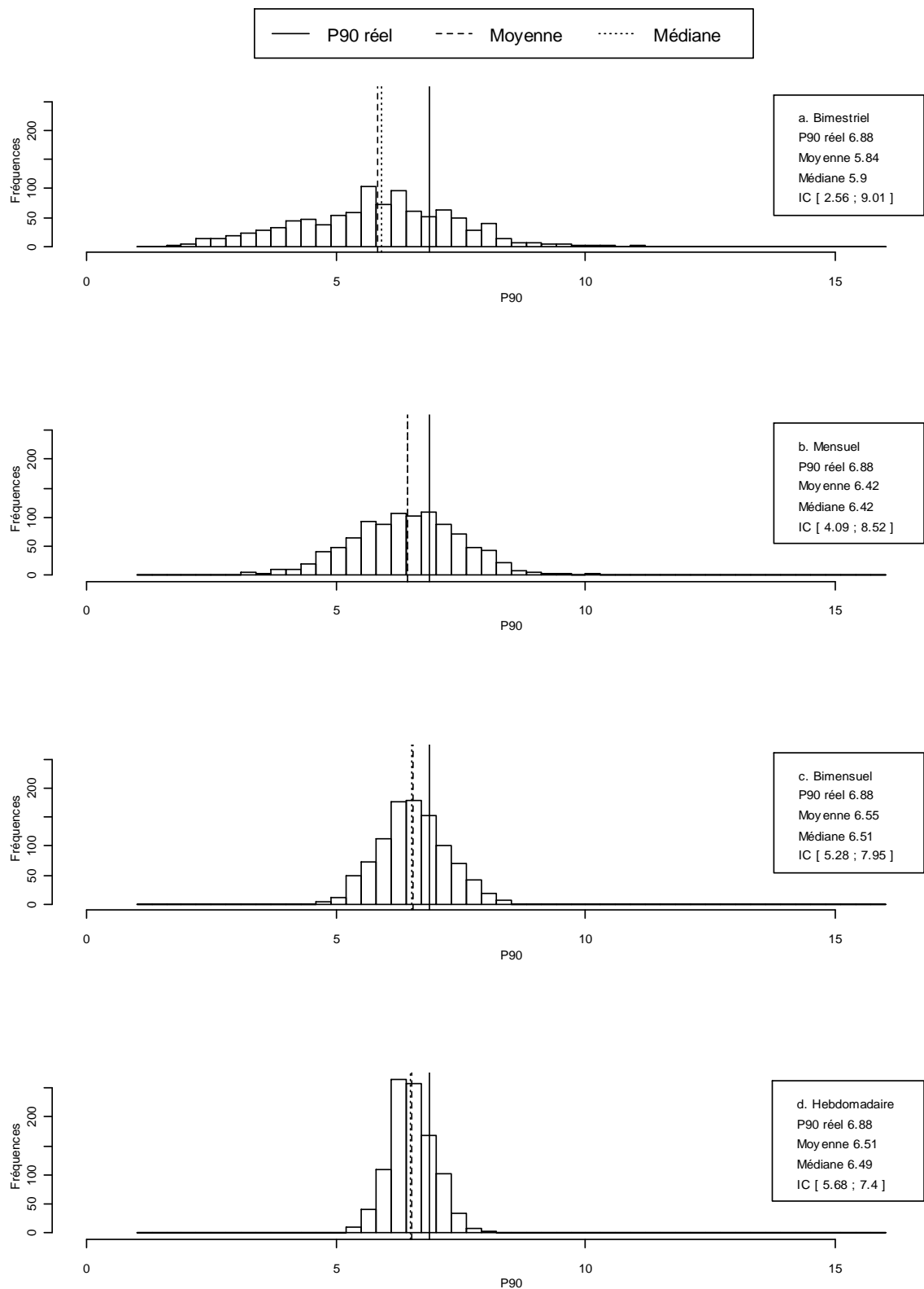


Figure 2 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de fluorescence (FFU) mesurées dans les eaux de fond de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

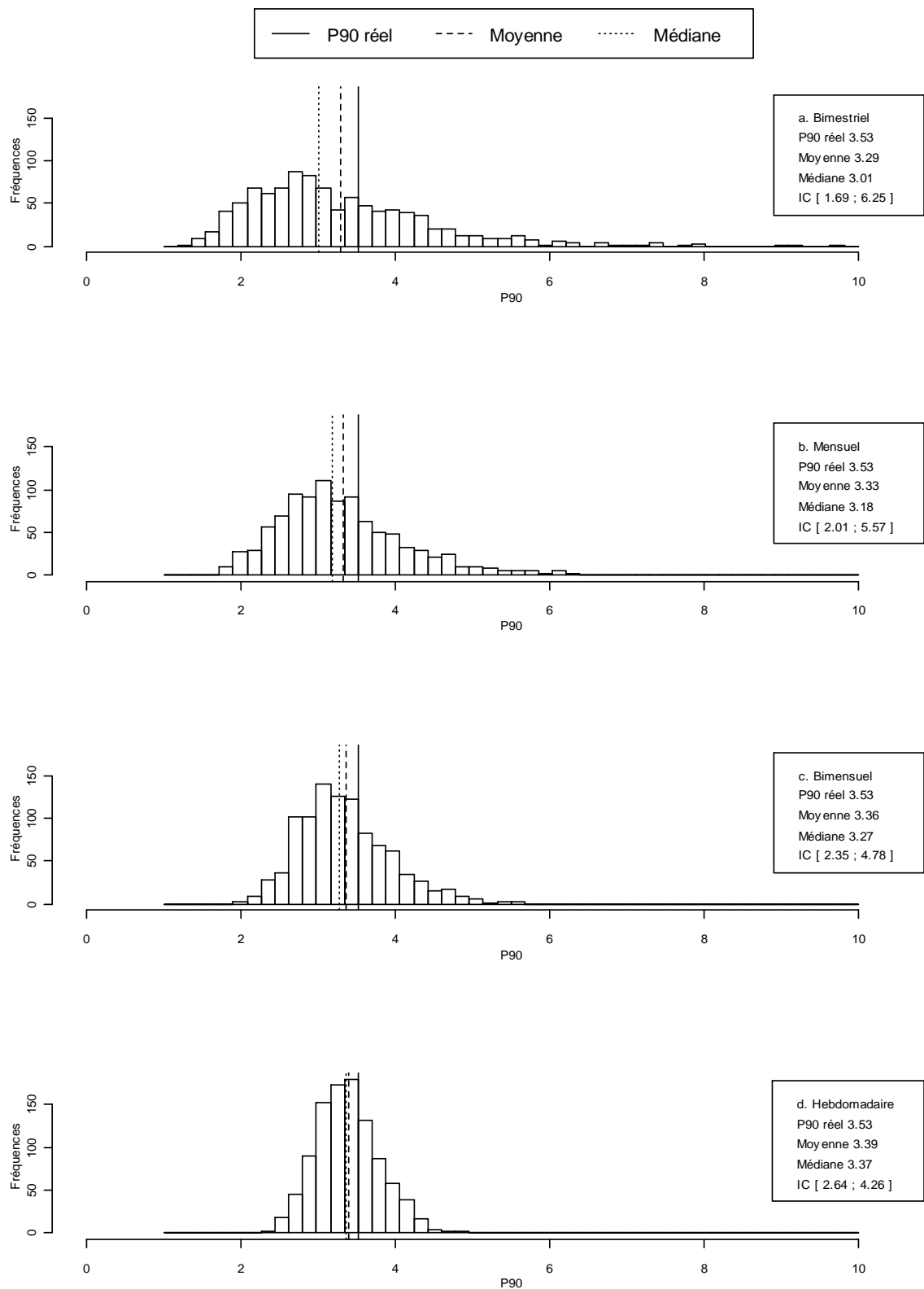


Figure 3 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de fluorescence (FFU) mesurées dans les eaux de surface du port de Boulogne entre 2005 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

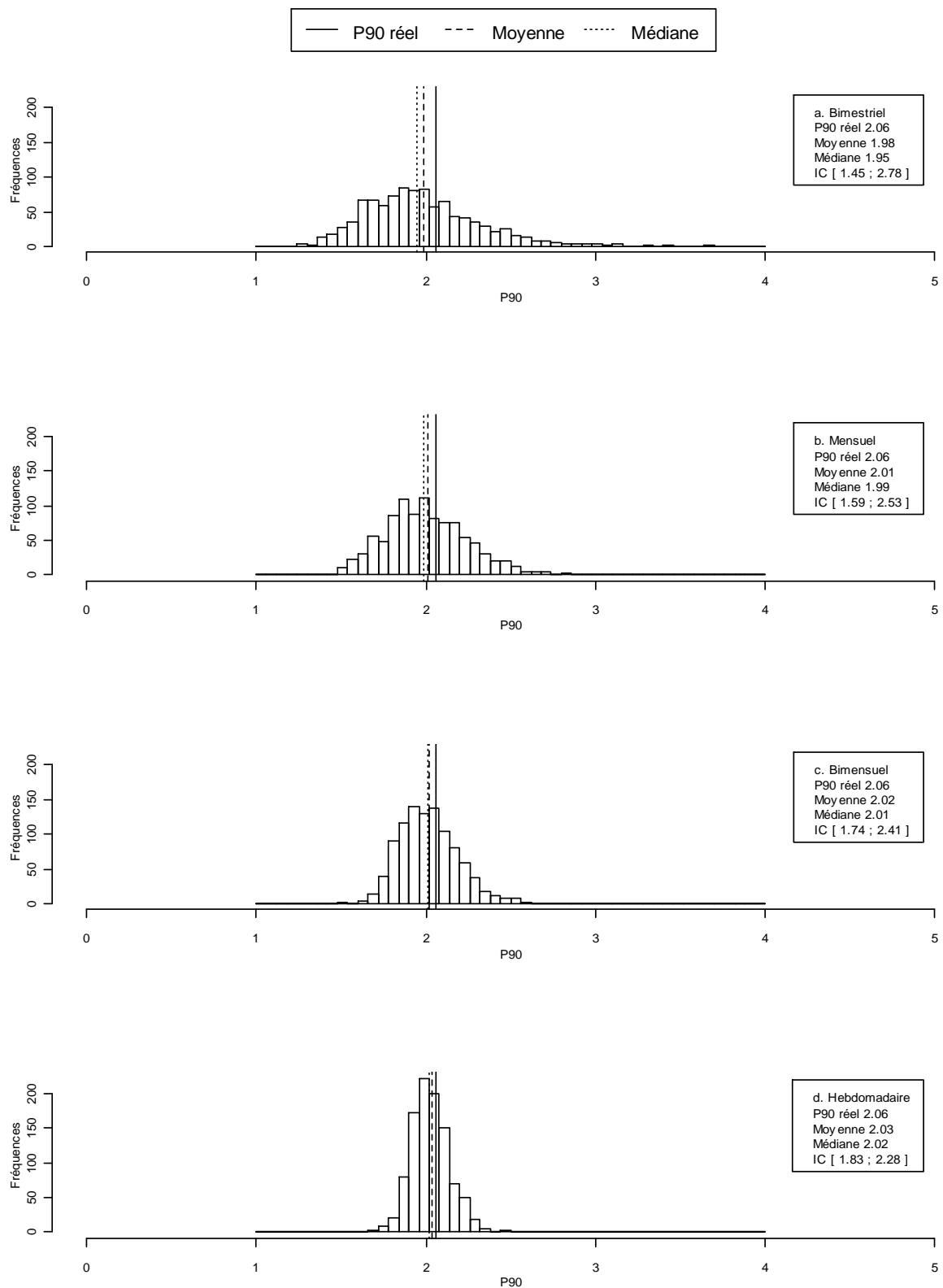


Figure 4 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de fluorescence (FFU) mesurées dans les eaux de surface de la rade de Brest entre 2003 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

## Annexe 2 : Graphes de répartition des P10 estimés pour le paramètre oxygène dissous

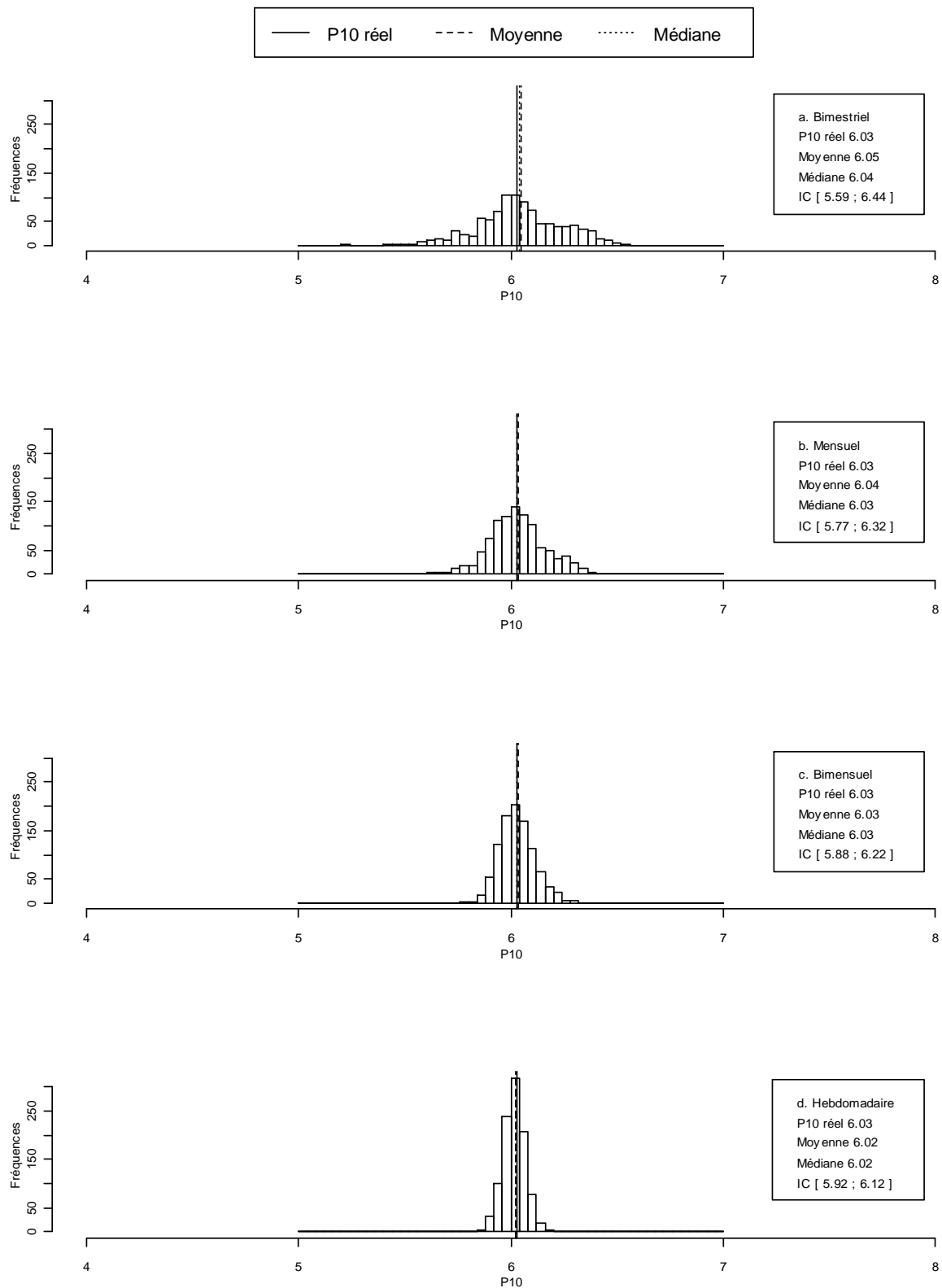


Figure 1 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données d'oxygène dissous (mg/L) mesurées dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

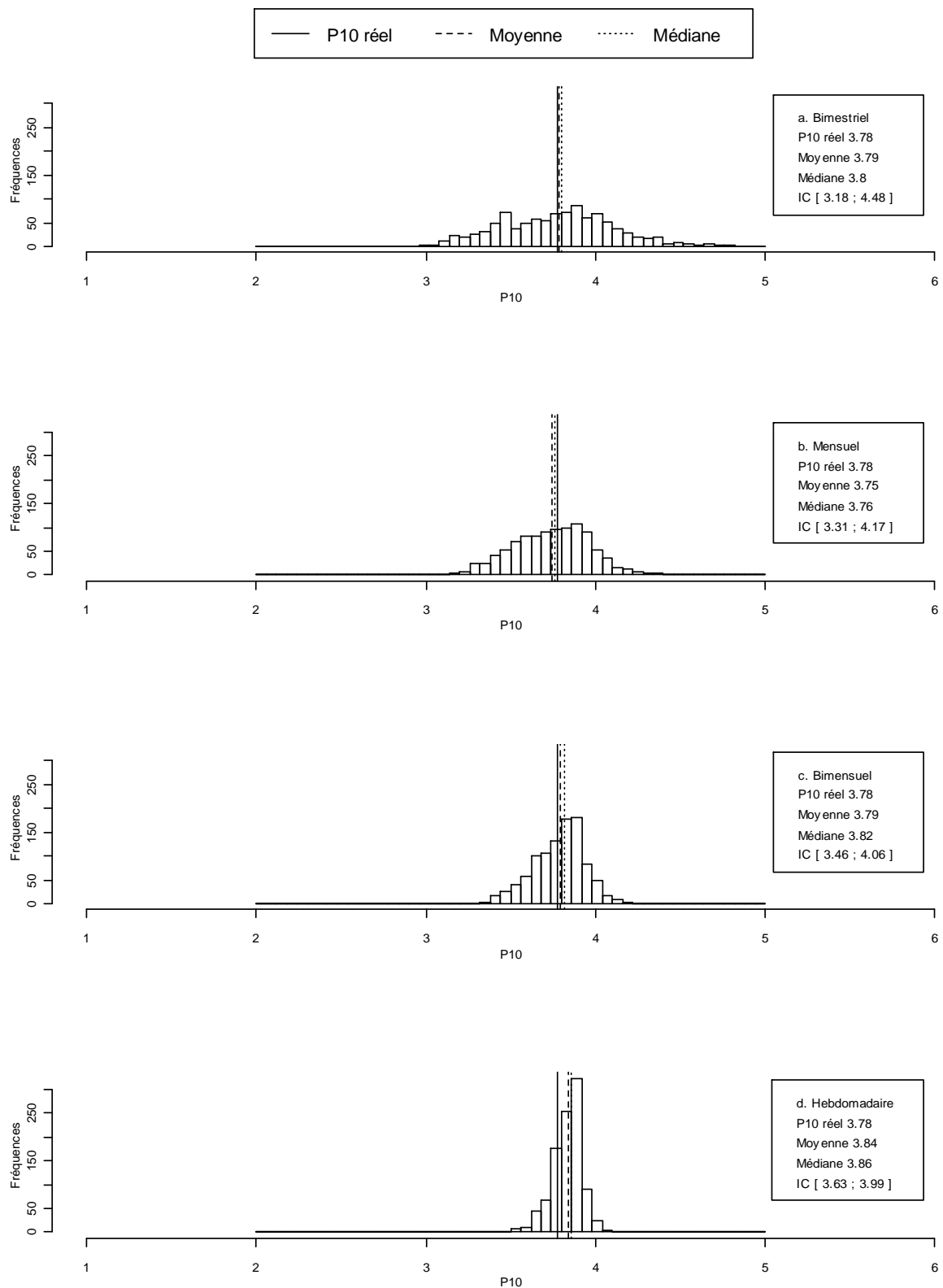


Figure 2 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données d'oxygène dissous (mg/L) mesurées dans les eaux du fond de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

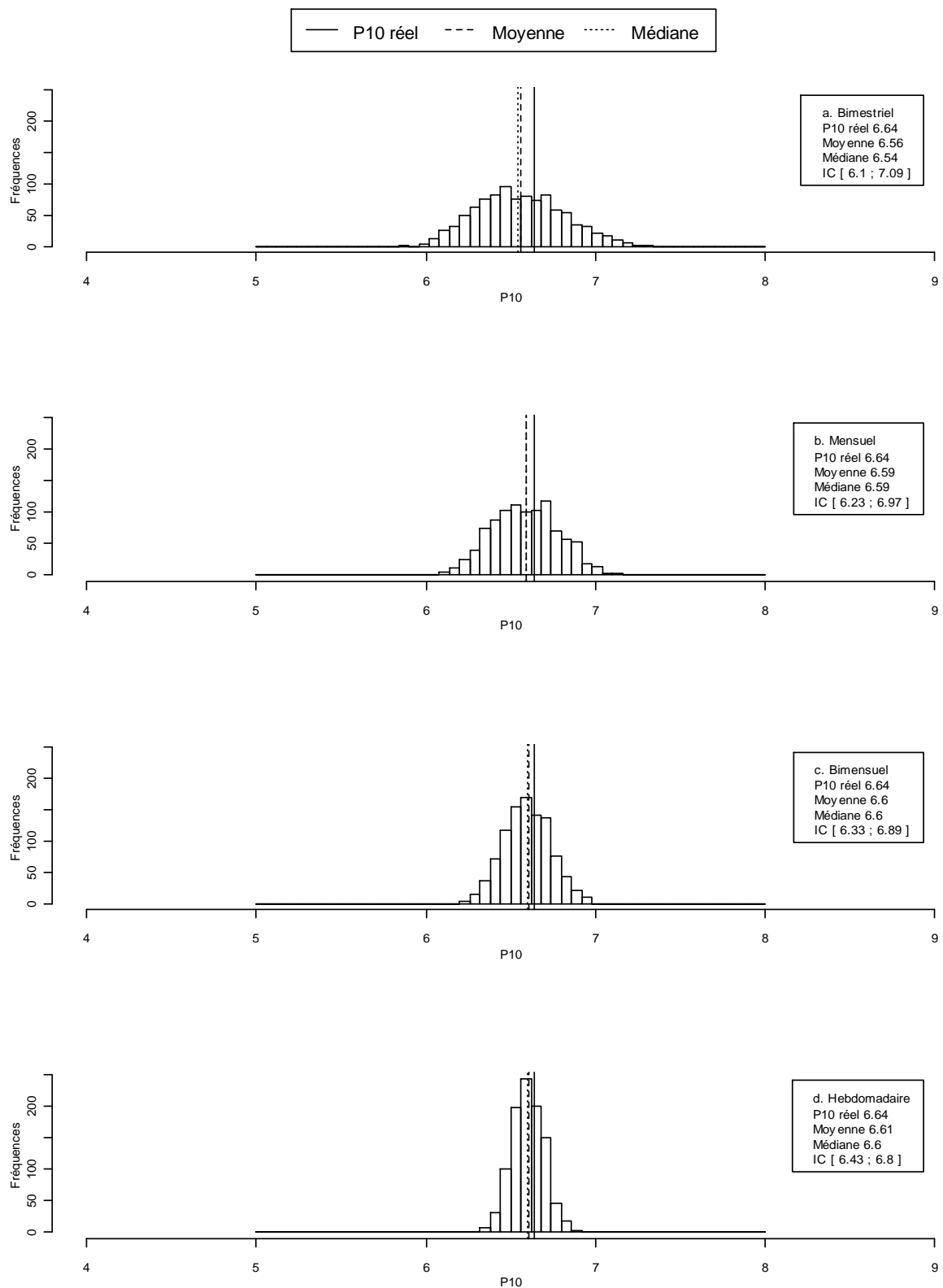


Figure 3 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données d'oxygène dissous (mg/L) mesurées dans les eaux de surface du port de Boulogne entre 2005 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

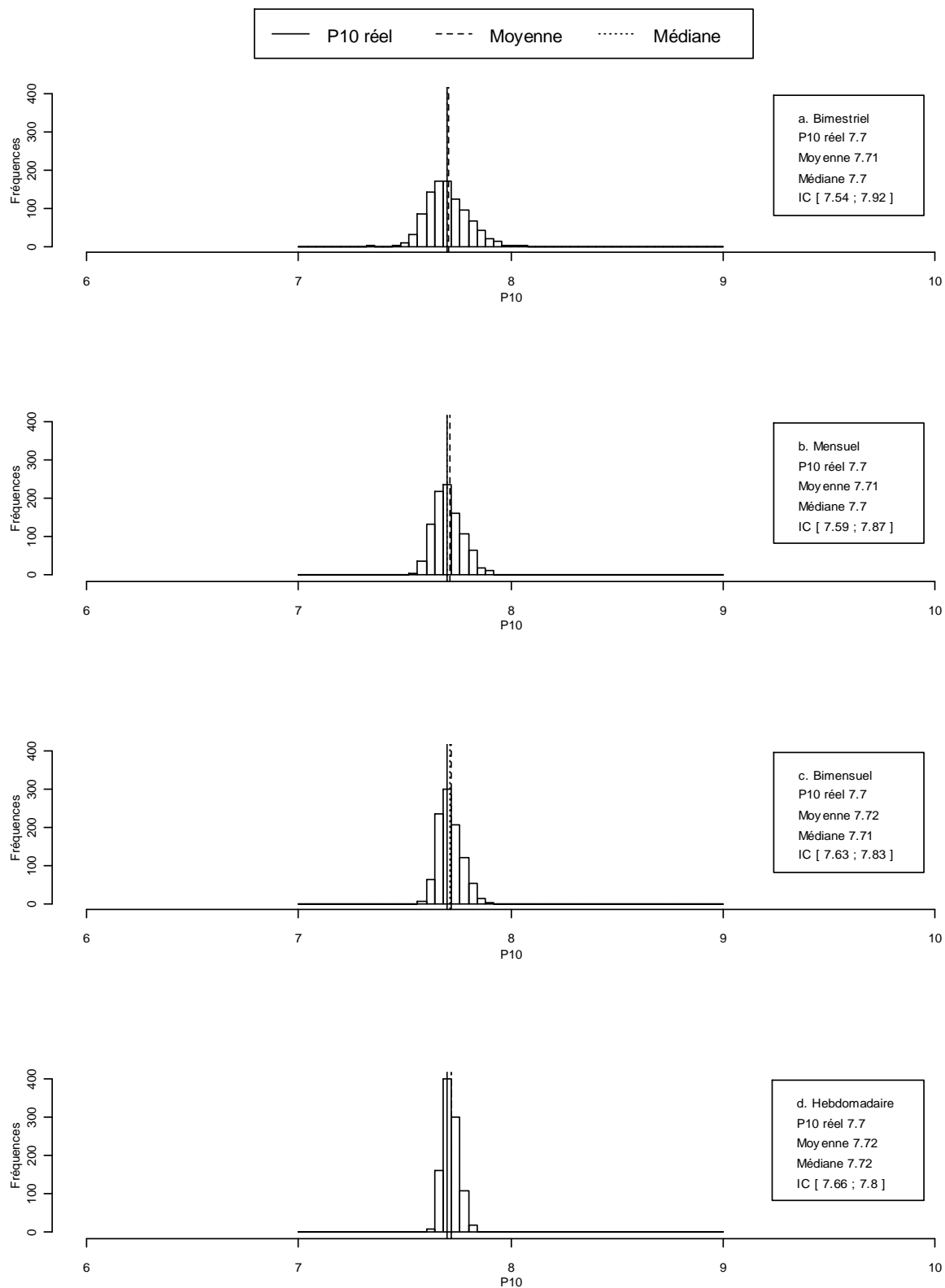


Figure 4 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données d'oxygène dissous(mg/L) mesurées dans les eaux de surface de la rade de Brest entre 2003 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.



### Annexe 3 : Graphes de répartition des P90 estimés pour le paramètre turbidité

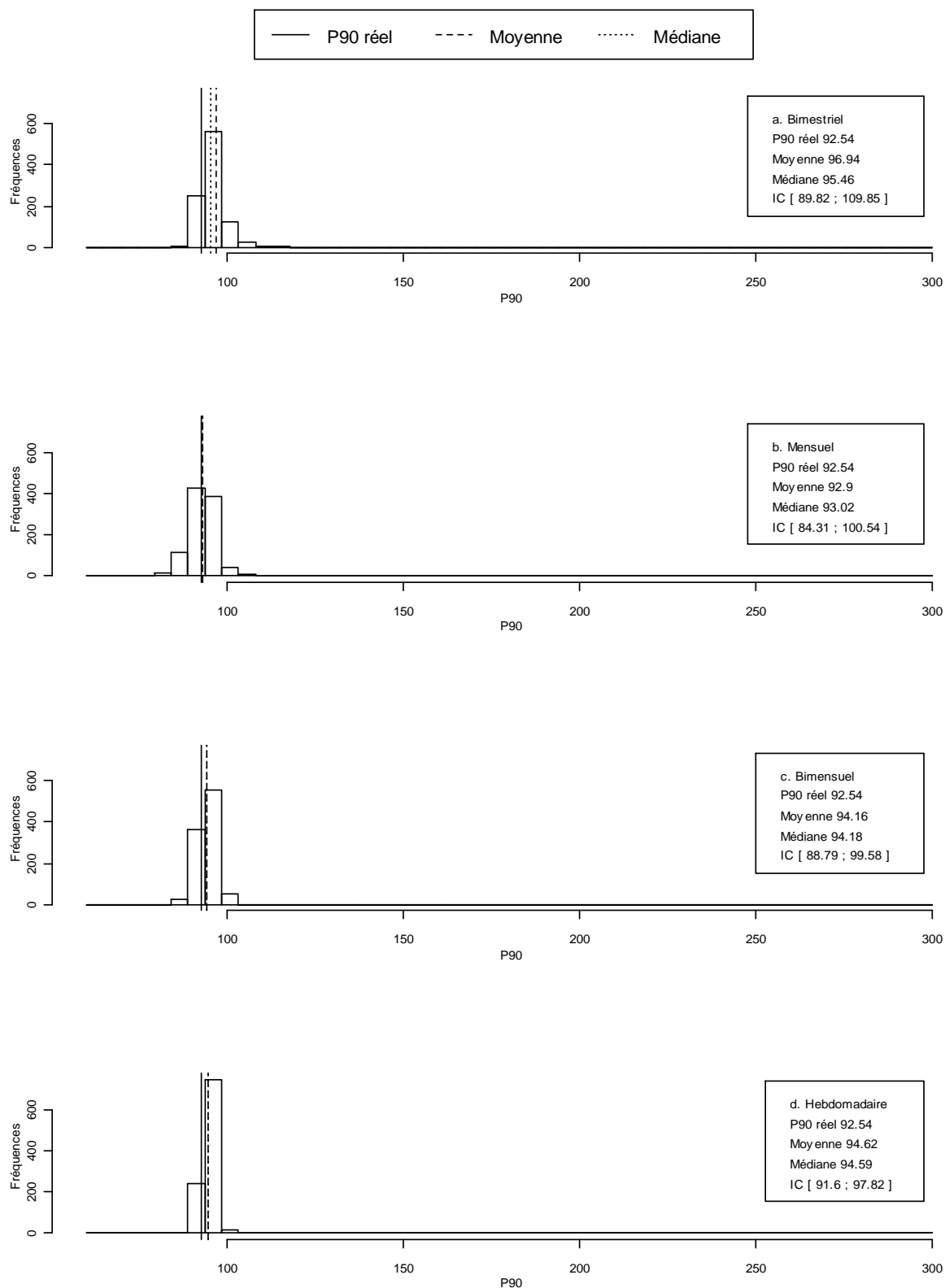


Figure 1 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de turbidité (NTU) mesurées dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

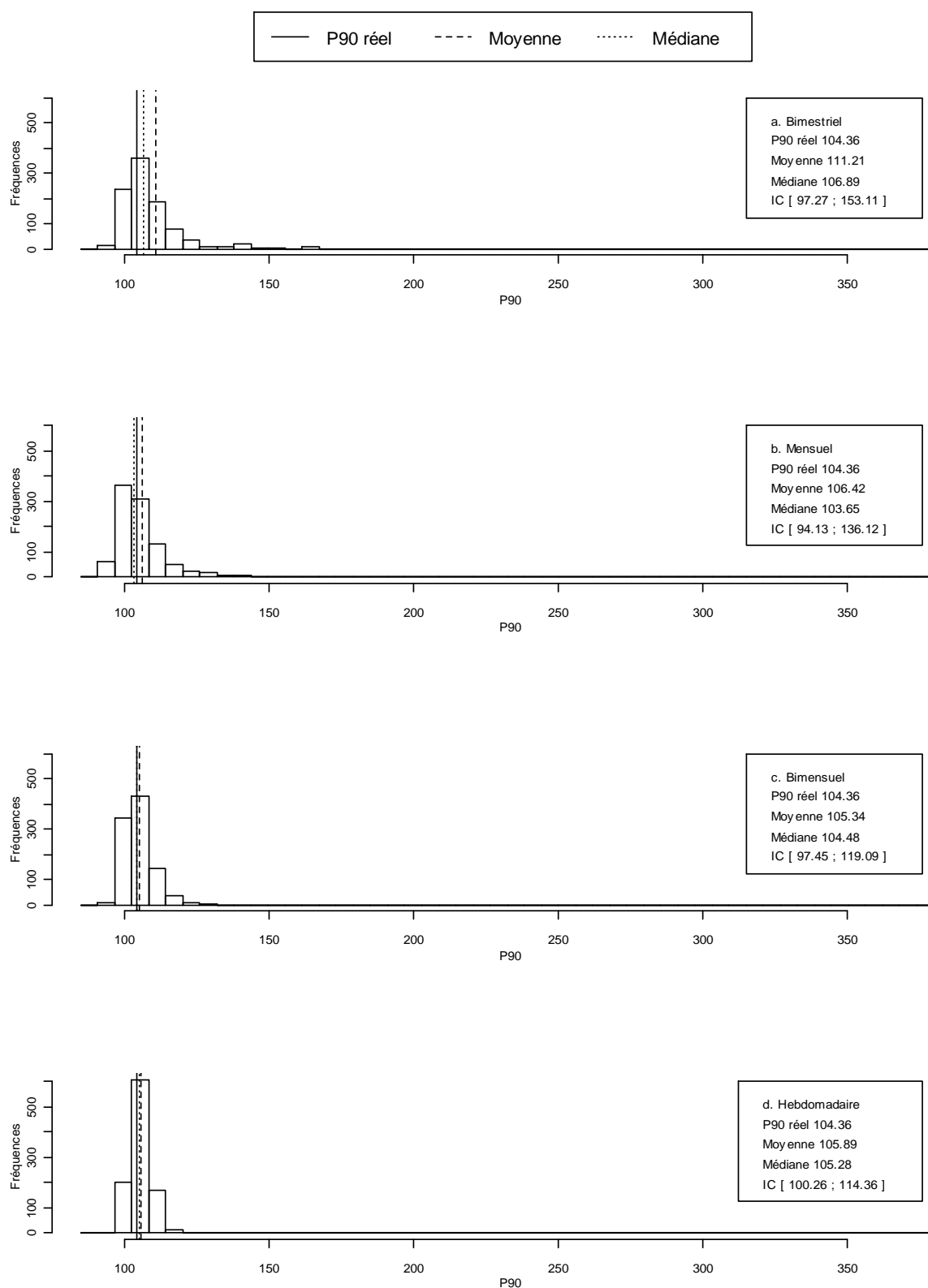


Figure 2 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de turbidité (NTU) mesurées dans les eaux du fond de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

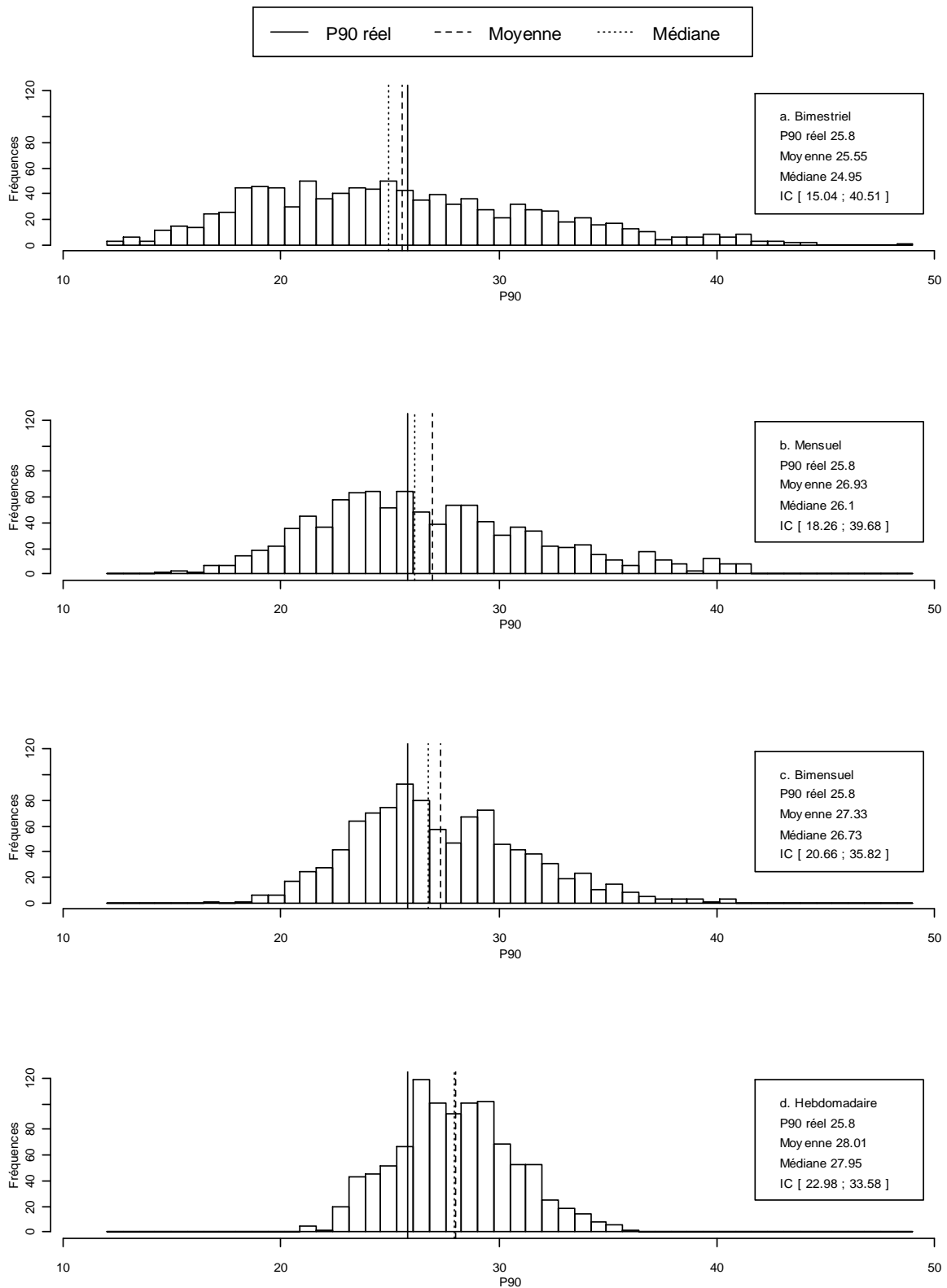


Figure 3 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de turbidité (NTU) mesurées dans les eaux de surface du port de Boulogne entre 2005 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

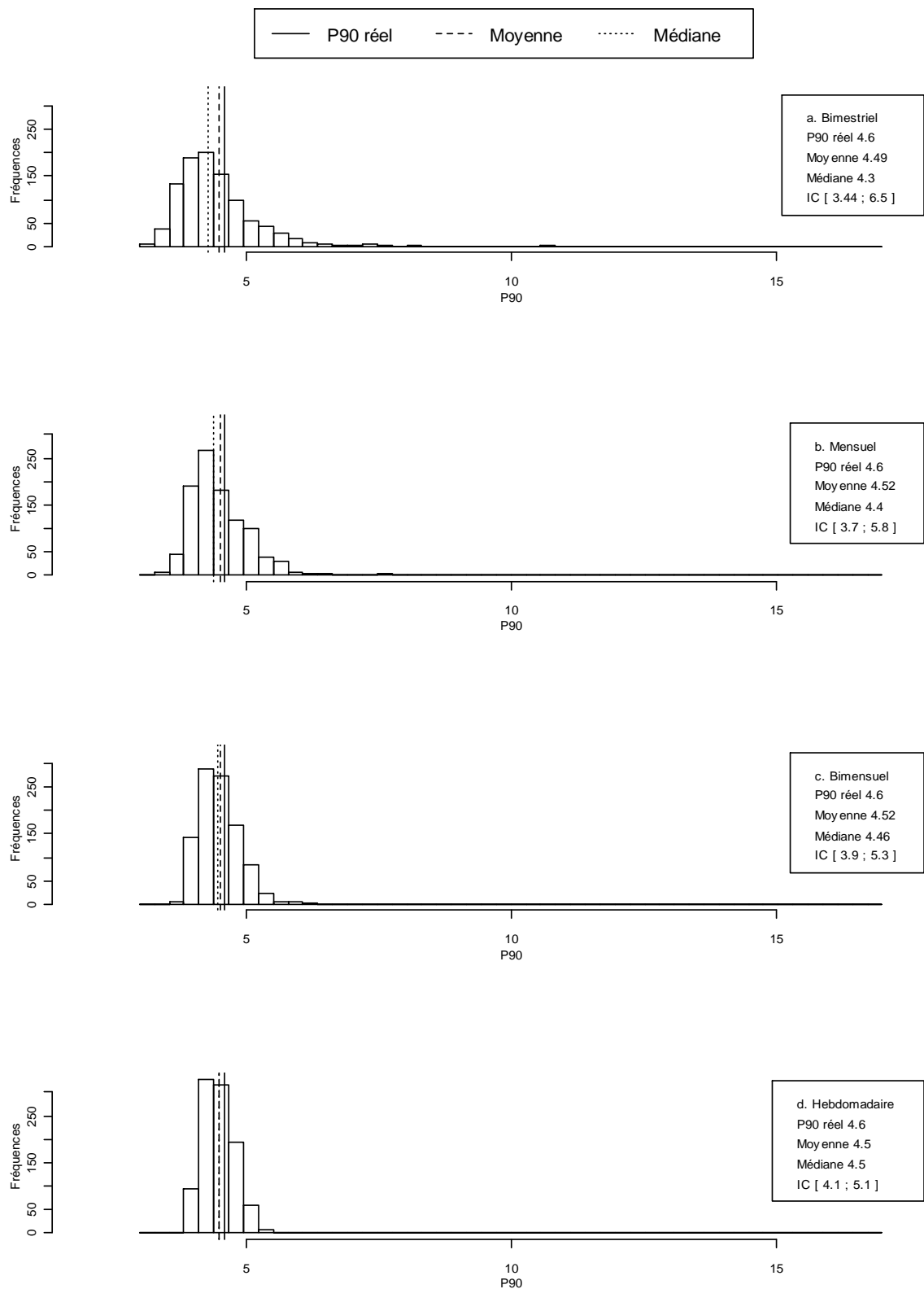


Figure 4 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 90 obtenues à partir des données de turbidité (NTU) mesurées dans les eaux de surface de la rade de Brest entre 2003 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

## Annexe 4 : Graphes de répartition des P10 estimés pour le paramètre salinité

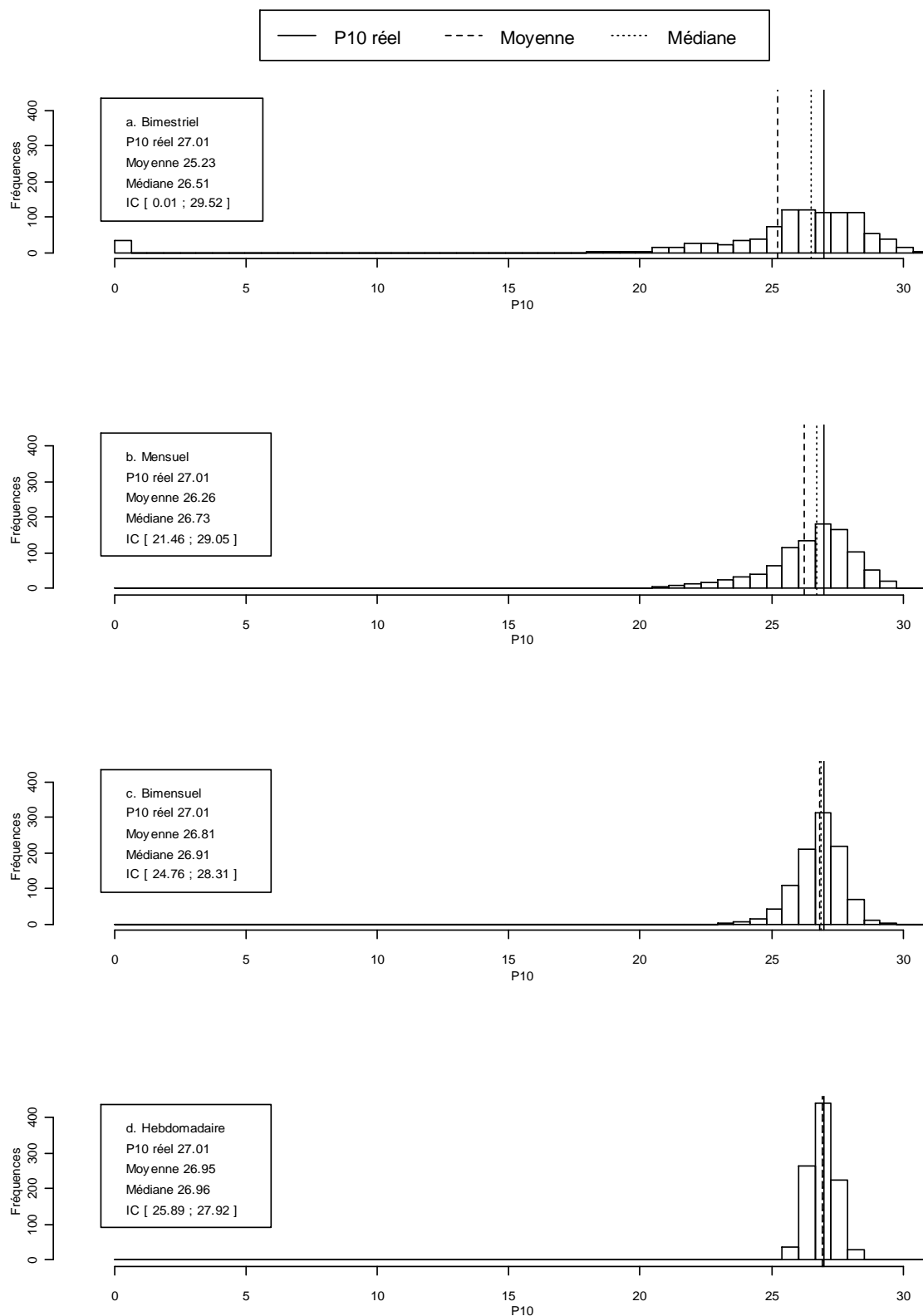


Figure 1 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données de salinité mesurées dans les eaux de surface de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

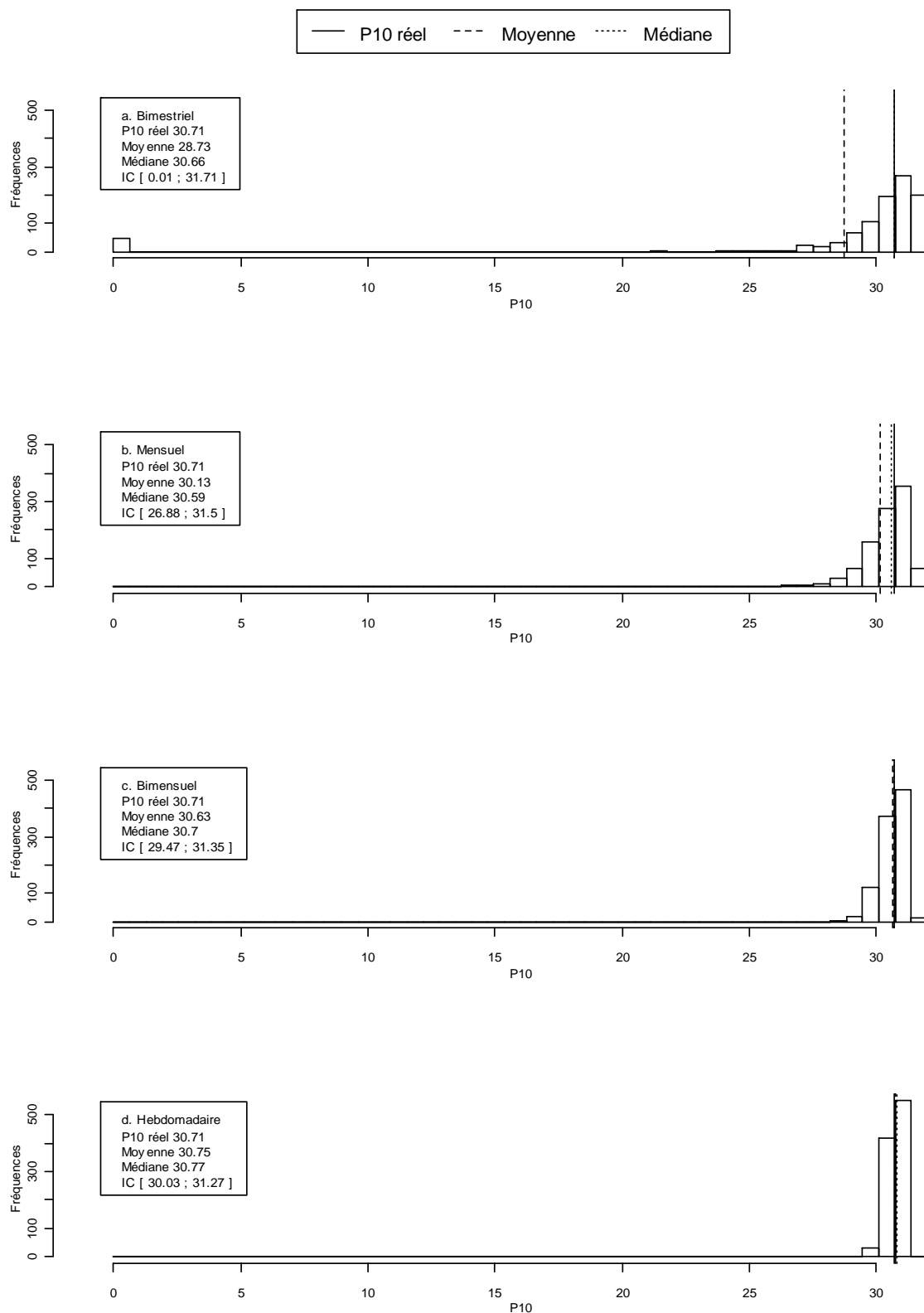


Figure 2 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données de salinité mesurées dans les eaux du fond de la baie de Vilaine en 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

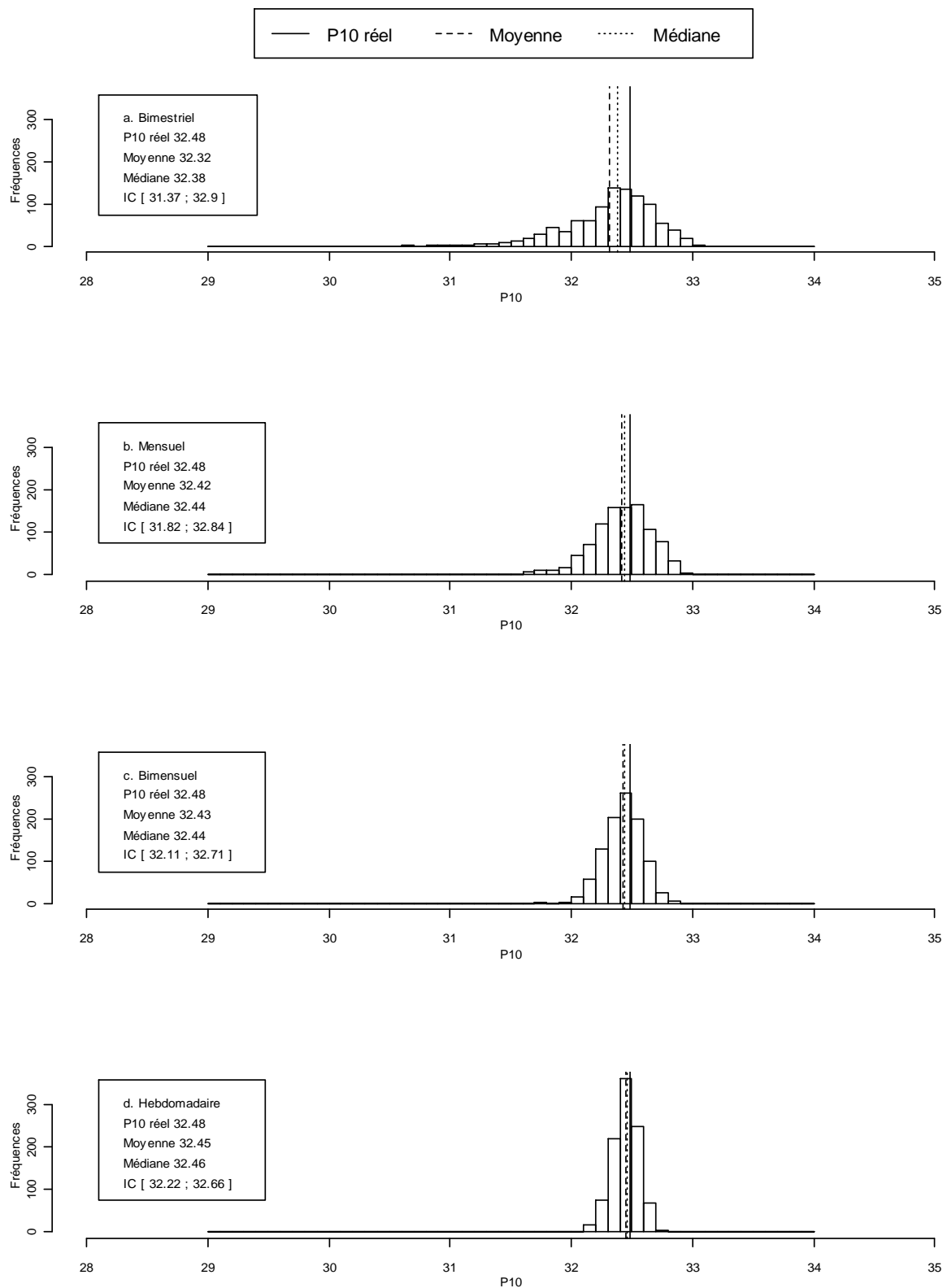


Figure 3 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données de salinité mesurées dans les eaux de surface du port de Boulogne entre 2005 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.

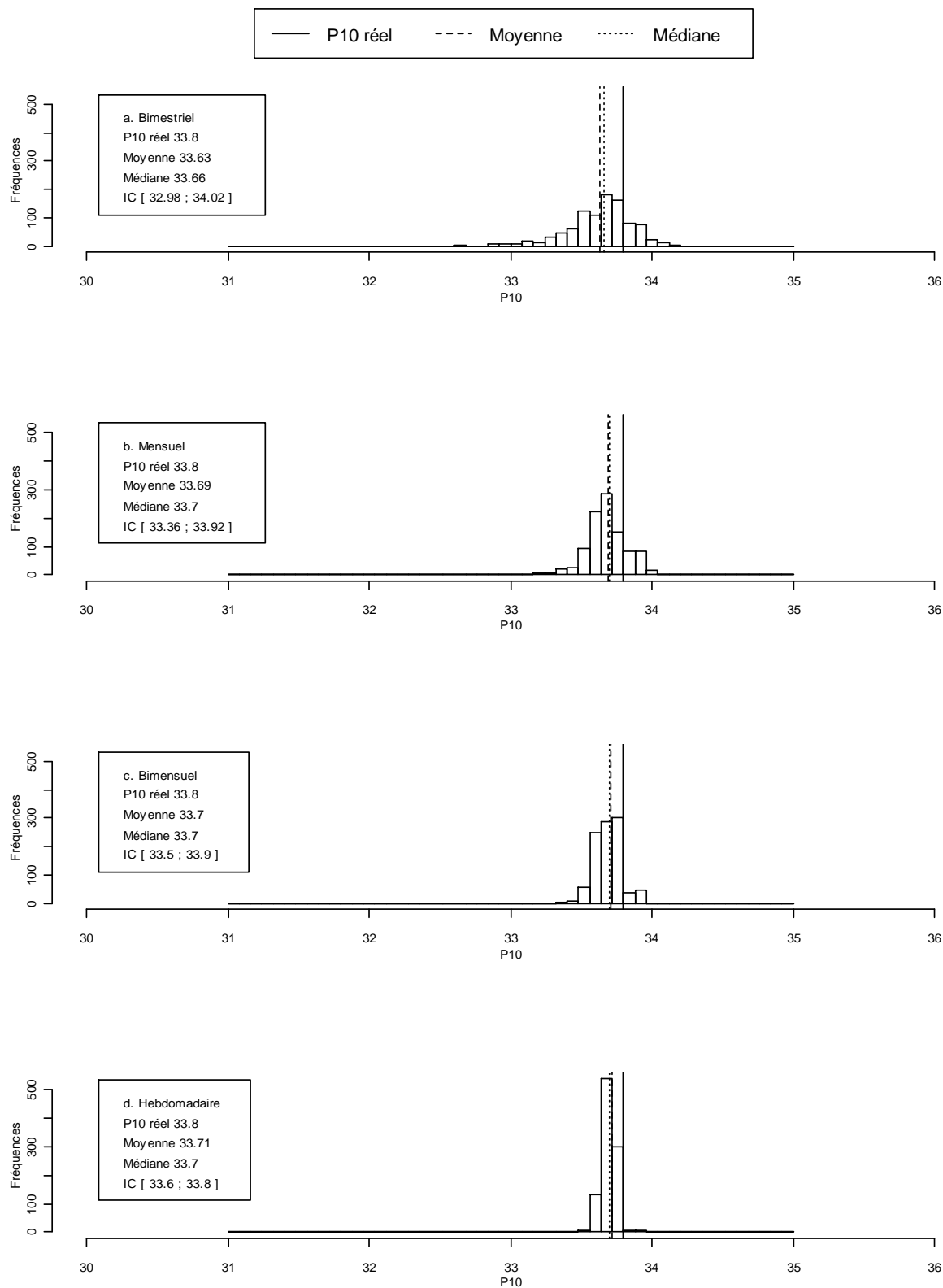


Figure 4 : Histogramme des valeurs simulées de percentile 10 obtenues à partir des données de salinité mesurées dans les eaux de surface de la rade de Brest entre 2003 et 2008 pour les fréquences d'échantillonnage bimestrielle, mensuelle, bimensuelle et hebdomadaire.